

Bettina UHLIG

***Calocedrus decurrens* (TORREY) FLORIN
und
Austrocedrus chilensis (D. DON) Pic. SERM. & BIZZARRI**

**Ein pflanzengeographischer und ökologischer Vergleich
zweier Reliktconiferen in den nord- und südamerikanischen
Winterregen-Subtropen**

Herausgeber • Editor:
Geographisches Institut der Universität Bonn
Department of Geography, University of Bonn

Verantwortlicher Herausgeber • *Editor-in-Chief* W. Schenk
Schriftleitung • *Editorial Management* A. Lunkenheimer



Calocedrus decurrens (TORREY) FLORIN
und
Austrocedrus chilensis (D. DON) PIC. SERM. & BIZZARRI

Ein pflanzengeographischer und ökologischer Vergleich
zweier Reliktconiferen in den nord- und südamerikanischen
Winterregen-Subtropen

BONNER GEOGRAPHISCHE ABHANDLUNGEN

Heft 119

ISSN 0373-0468

Bettina UHLIG

***Calocedrus decurrens* (TORREY) FLORIN
und
Austrocedrus chilensis (D. DON) PIC. SERM. & BIZZARRI**

**Ein pflanzengeographischer und ökologischer Vergleich
zweier Reliktconiferen in den nord- und südamerikanischen
Winterregen-Subtropen**

Herausgeber • *Editor*

Geographisches Institut der Universität Bonn
Department of Geography, University of Bonn

Verantwortlicher Herausgeber • *Editor-in-Chief* W. Schenk
Schriftleitung • *Editorial Management* A. Lunkenheimer



ASGARD-VERLAG SANKT AUGUSTIN 2008

***Calocedrus decurrens* (TORREY) FLORIN
und
Austrocedrus chilensis (D. DON) PIC. SERM. & BIZZARRI**

**Ein pflanzengeographischer und ökologischer Vergleich
zweier Reliktconiferen in den nord- und südamerikanischen
Winterregen-Subtropen**

von • by

Bettina UHLIG

mit 59 Tabellen und 34 Abbildungen, 22 Tafeln und 33 Profilen,
sowie 2 Beilagen und einer Materialband-CD-ROM
*with 59 tables, 34 figures, 22 plates and 33 profiles,
2 supplements and a data-CD-ROM*

In Kommission bei • *on consignment by* Asgard-Verlag, Sankt Augustin
Asgard-Verlag • Sankt Augustin

alle Rechte vorbehalten
all rights reserved

ISBN: 978-3-537-87669-0

© 2008 Asgard-Verlag Dr. Werner Hippe GmbH, 53757 Sankt Augustin

Druck • *Print* Druckerei Martin Roesberg, 53347 Alfter-Impekoven



Calocedrus decurrens (TORREY) FLORIN (Sierra Juárez, Baja California Norte, Mexiko)



Austrocedrus chilensis (D. DON) PIC. SERM. & BIZZARRI (Sierras de Bellavista, Cordillera de los Andes, Chile)

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abbildungen	5
Verzeichnis der Tabellen	7
Verzeichnis der Tafeln	11
Verzeichnis der Vegetationsprofile	13
Inhaltsverzeichnis Materialband-CD-ROM	15
Vorwort	30
ERSTER TEIL: GRUNDLAGEN	33
1 Einleitung	33
1.1 Problemstellung und Zielsetzung	33
1.2 Aufbau der Arbeit	38
2 Systematische Stellung und Merkmale	41
2.1 <i>Calocedrus decurrens</i>	41
2.2 <i>Austrocedrus chilensis</i>	42
3 Verbreitungsgebiete	47
3.1 <i>Calocedrus decurrens</i> in den USA und Mexiko	47
3.2 <i>Austrocedrus chilensis</i> in Chile und Argentinien	48
ZWEITER TEIL: METHODEN	54
4 Methoden	54
4.1 Beobachtungen in der Landschaft	54
4.2 Auswahl der Untersuchungsgebiete	56
4.3 Geländearbeit	59
4.4 Labormethoden	61
DRITTER TEIL: ERGEBNISSE	62
5 Die Standortverhältnisse von <i>Calocedrus decurrens</i> und <i>Austrocedrus chilensis</i>	62
5.1 Die Standortverhältnisse von <i>Calocedrus decurrens</i>	62
5.1.1 Klimatische Verhältnisse und Witterung	62
5.1.1.1 Klimadynamik	62
5.1.1.2 Das Klima der montanen Stufe in der Sierra Nevada	65
5.1.1.3 Jahreszeitliches Klimageschehen und Witterung	68
5.1.1.4 Topoklimate und Biotopwechsel an den Arealrändern	70
5.1.2 Orographisch-geologische und petrographische Grundlagen	75

5.1.2.1	Geologie und Ausgangsgesteine im Verbreitungsgebiet von <i>Calocedrus</i>	75
5.1.2.2	Sierra Nevada: <i>Calocedrus</i> auf granitoiden und vulkanischen Gesteinen	76
5.1.2.3	Cascade Ranges: <i>Calocedrus</i> auf Vulkaniten	77
5.1.2.4	Klamath Mountains: <i>Calocedrus</i> auf Serpentiniten und anderen Gesteinen	78
5.1.3	Böden	80
5.1.3.1	Allgemeines	80
5.1.3.2	Böden auf granitoiden Gesteinen	82
5.1.3.3	Böden auf Vulkaniten und vulkanischen Aschen	85
5.1.3.4	<i>Calocedrus decurrens</i> auf Serpentinböden	86
5.1.4	Vegetation	88
5.1.4.1	W-E-Transecte durch das zentrale, nördliche und südliche Areal	88
5.1.4.2	<i>Alnus</i> und <i>Populus</i> als Begleiter von <i>Calocedrus</i>	90
5.1.4.3	Feuer im <i>Calocedrus</i> -Wald	93
5.2	Die Standortverhältnisse von <i>Austrocedrus chilensis</i>	97
5.2.1	Klimatische Verhältnisse und Witterung	97
5.2.1.1	Klimadynamik	97
5.2.1.2	Das Klima der montanen Stufe in den zentralchilenischen Anden	99
5.2.1.3	Jahreszeitliches Klimageschehen und Witterung	102
5.2.1.4	Topoklimate und Biotopwechsel an den Arealrändern	107
5.2.2	Orographisch-geologische und petrographische Grundlagen	111
5.2.2.1	Geologie und Ausgangsgesteine im Verbreitungsgebiet von <i>Austrocedrus</i>	111
5.2.2.2	Chilenische Zentralzone (N): <i>Austrocedrus</i> auf vor allem granitoiden Gesteinen	112
5.2.2.3	Chilenische Zentralzone (S): <i>Austrocedrus</i> auf v.a. Vulkaniten und Laven	114
5.2.3	Böden	115
5.2.3.1	Allgemeines	115
5.2.3.2	Böden auf granitoiden Gesteinen	117
5.2.3.3	Böden auf Vulkaniten und vulkanischen Aschen	118
5.2.4	Vegetation	121
5.2.4.1	W-E-Transecte durch das zentrale, nördliche und südliche Areal	121
5.2.4.2	<i>Nothofagus</i> als Begleiter von <i>Austrocedrus</i>	122
5.2.4.3	Feuer im <i>Austrocedrus</i> -Wald	123

6	Vergleich der pflanzengeographisch und ökologisch einander entsprechenden Teilareale beider Arten	127
6.1	Übersicht der Teilareale und Untersuchungsgebiete	127
6.1.1	<i>Calocedrus decurrens</i>	127
6.1.2	<i>Austrocedrus chilensis</i>	128
6.1.3	Gemeinsamkeiten und Unterschiede beider Areale	128
6.2	Die Hauptverbreitungsgebiete	129
6.2.1	<i>Calocedrus</i> : Sierra Nevada, Transverse Ranges	129
6.2.2	<i>Austrocedrus</i> : zentralchilenische Anden, westargentinisches Seengebiet	141
6.2.3	Zusammenfassender Vergleich	168
6.3	Der Wechsel vom Luv ins Lee der Kaskaden bzw. der Anden	169
6.3.1	<i>Calocedrus</i> : Klamath Mountains	169
6.3.2	<i>Austrocedrus</i> : chilenisch-argentinische Anden am Volcán Lanín	184
6.3.3	Zusammenfassender Vergleich	186
6.4	Die polwärtigen Vorkommen	187
6.4.1	<i>Calocedrus</i> : Mount Hood	187
6.4.2	<i>Austrocedrus</i> : Río Palena	189
6.4.3	Zusammenfassender Vergleich	193
6.5	Die äquatorwärtigen Vorkommen	194
6.5.1	<i>Calocedrus</i> : Sierra Juárez, Sierra San Pedro Mártir	194
6.5.2	<i>Austrocedrus</i> : Cerro Tabaco	196
6.5.3	Zusammenfassender Vergleich	202
6.6	Die westlichen Vorkommen im Übergang zu feuchten Coniferenwäldern	203
6.6.1	<i>Calocedrus</i> : Santa Lucia Mountains	203
6.6.2	<i>Austrocedrus</i> : Lago Menéndez	204
6.6.3	Zusammenfassender Vergleich	208
6.7	Die östlichen Vorkommen im Übergang zur Steppe	208
6.7.1	<i>Calocedrus</i> : Warner Mountains, Bergland östlich Bend	208
6.7.2	<i>Austrocedrus</i> : westargentinisches Andenvorland	211
6.7.3	Zusammenfassender Vergleich	213
6.8	Die Vorkommen entlang von Flussläufen in den Küstengebirgen	214
6.8.1	<i>Calocedrus</i> : Santa Lucia Mountains	214
6.8.2	<i>Austrocedrus</i> : Cordillera de Nahuelbuta	216

6.8.3	Zusammenfassender Vergleich	217
VIERTER TEIL: AUSWERTUNGEN		218
7	Auswertung der Erkenntnisse aus dem Vergleich der Teilareale	218
8	Lebenszyklen und ökophysiologische Beziehungen	223
8.1	Reproduktive Prozesse im jahreszeitlichen Zyklus	223
8.2	Ausbleiben der Verjüngung	228
8.3	Vegetative Prozesse unter räumlichen und zeitlichen Aspekten	229
8.4	Beziehungen im System Klima – Boden – <i>Calocedrus / Austrocedrus</i>	232
9	Die Verwandten: Verbreitung, Ursprung, Wanderwege und Paläoklima	239
FÜNFTER TEIL: ZUSAMMENFASSUNG		246
10	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	246
	Exkurs Ökoton: Die Palmenoasen mit <i>Erythea armata</i> (S. WATSON) WATSON in der südlichen Sierra San Pedro Mártir (Baja California/Mexiko)	252
SECHSTER TEIL: LITERATURVERZEICHNISSE		256
	Literaturverzeichnis (<i>Calocedrus decurrens</i>)	256
	Literaturverzeichnis (<i>Austrocedrus chilensis</i>)	267
	Literaturverzeichnis (allgemeine Werke)	276
	Kartenverzeichnis	280

Beilage 1

Karte 1 Verbreitungsgebiet von *Calocedrus decurrens*

Karte 2 Verbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis*

Beilage 2

Verbreitung der Cupressoideae RICH. EX SWEET

Materialband-CD-Rom

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1	Die symmetrische Anordnung der Kordillerenlandschaften Nord- und Südamerikas	35
Abb. 2	Zweig, Pollenzapfen (Mikrosporophyll), Zapfen (Megasperophyll) und Same von <i>Calocedrus decurrens</i>	43
Abb. 3	Zweig, Mikrosporophyll, Zapfen (Megasperophyll) und Same von <i>Austrocedrus chilensis</i>	46
Abb. 4	Horizontales und vertikales Verbreitungsgebiet von <i>Calocedrus decurrens</i>	48
Abb. 5	Horizontales und vertikales Verbreitungsgebiet von <i>Austrocedrus chilensis</i> und Lage der Baumgrenze in den südlichen Anden	50
Abb. 6	Verbreitungsgebiet von <i>Austrocedrus chilensis</i> mit den disjunkten mediterranen Wäldern in Chile und den transandinen Wäldern in Argentinien	51
Abb. 7	Verbreitungsgebiet des „Tipo forestal Ciprés de la Cordillera (<i>Austrocedrus chilensis</i>)“ in Argentinien	52
Abb. 8	Lage der Westwinddrift und des Subtropenhochs an der nordamerikanischen Pazifikküste während der Sommermonate	62
Abb. 9	Jährliche Niederschlagsverteilung für die Klamath Mountains, die nördliche Sierra Nevada, die südliche Sierra Nevada und die Gebirge Südkaliforniens	66
Abb. 10	Klimadiagramme von Torrey Pines, Mount Laguna und Ocotillo in Südkalifornien	67
Abb. 11	Klimadiagramme der Sierra Juárez und der Sierra San Pedro Mártir	73
Abb. 12	Geologische Karte der Sierra Nevada	76
Abb. 13	Schematische Darstellung der relativen Wasserführung verschiedener Bodenarten in ariden und humiden Gebieten	84
Abb. 14	Lage der Hoch- und Tiefdruckgebiete, Fronten und Zyklonenbahnen im südöstlichen Pazifik während der Monate Januar und Juli	97
Abb. 15	Klimadiagramm von Central los Cipreses (1000 m ü.NN) in der Kordillere von Talca	98
Abb. 16	Maximum- und Minimumtemperaturen im Januar und Juli des Jahres 1995 in Central los Cipreses in 1000 m ü.NN	99
Abb. 17	Klimadiagramme von Papudo, Cerro Roble und El Tofo am Nordrand der chilenischen Zentralzone	100
Abb. 18	Niederschlagsverteilung in Abhängigkeit von der Höhe und der geographischen Lage in der Kordillere von Talca und Linares	101
Abb. 19	Die horizontale und vertikale Anordnung der Vegetation auf der Westabdachung der südlichen Anden	103

Abb. 20	Bodenwetterkarten vom 23.4.1982 und vom 2.5.1982 der Estación Meteorológica Bellavista, Concepción	104
Abb. 21	Klimadiagramme von Bariloche in Argentinien und Bullileo in der Kordillere von Parral in Chile	105
Abb. 22	Geologische Karte der zentral-chilenischen Provinzen Aconcagua, Valparaiso, Santiago, O'Higgins und Colchagua	113
Abb. 23	Schema der – durch klimatische und bodenökologische Faktoren begründeten – vertikalen und horizontalen Verbreitungsgrenzen von <i>Calocedrus decurrens</i> und <i>Austrocedrus chilensis</i> und ihre damit verbundenen Biotopwechsel	219
Abb. 24	Coniferen des kühlt temperierten Nordwestens und des kontinentalen Ostens, mit denen <i>Calocedrus decurrens</i> an ihren Arealrändern in Zusammenhang mit ihrem Biotopwechsel zusammentrifft	220
Abb. 25	Jahreszeitlicher Gang des Niederschlags, der potentiellen Verdunstung und des Bodenwasserhaushalts bei Bariloche	223
Abb. 26	Wirkungsgefüge der Standortfaktoren im Winter	224
Abb. 27	Wirkungsgefüge der Standortfaktoren im Frühjahr	225
Abb. 28	Wirkungsgefüge der Standortfaktoren im Sommer	226
Abb. 29	Die reproduktiven und vegetativen Prozesse von <i>Calocedrus decurrens</i> und <i>Austrocedrus chilensis</i> im jahreszeitlichen Zyklus	227
Abb. 30	Der <i>Calocedrus decurrens</i> - bzw. <i>Austrocedrus chilensis</i> -Wald im Wirkungsgefüge der verschiedenen Standortfaktoren	233
Abb. 31	Ökologischer Hintergrund der Sommerdürre mit Blick auf die entsprechenden Anpassungsmerkmale von <i>Calocedrus</i> und <i>Austrocedrus</i>	235
Abb. 32	Einfluss der Bodenart auf die Wasseraufnahme von <i>Calocedrus</i> und <i>Austrocedrus</i> mit Blick auf ihre Wasserleitungssysteme	235
Abb. 33	Wechselwirkungen bodenhydrologischer und witterungsklimatischer Verhältnisse während des Frühjahrs und ihr Einfluss auf die Keimung von <i>Calocedrus</i> und <i>Austrocedrus</i>	236
Abb. 34	Wirkungsgefüge klimatischer und bodenhydrologischer Faktoren und die ökologischen Konsequenzen für <i>Calocedrus decurrens</i> und <i>Austrocedrus chilensis</i>	237

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1	Die symmetrische Anordnung der Kordillerenlandschaften Nord- und Südamerikas mit den für die jeweilige Zone charakteristischen Coniferen	36
Tab. 2	Jahre der Erst- und Neubeschreibungen mit den entsprechenden Synonymen von <i>Calocedrus decurrens</i>	41
Tab. 3	Jahre der Erst- und Neubeschreibungen mit den entsprechenden Synonymen von <i>Austrocedrus chilensis</i>	44
Tab. 4	Teilareale von <i>Calocedrus decurrens</i> und <i>Austrocedrus chilensis</i> nach den Kategorien des geographischen Formenwandels nach LAUTENSACH (1952) und dessen Ausprägung bezüglich Klima, Lage, Physiognomie und floristischer Zusammensetzung der <i>Calocedrus</i> - bzw. <i>Austrocedrus</i> -Bestände	57
Tab. 5	Labormethoden für die Bodenanalysen	61
Tab. 6	Die Nord-Süd-Erstreckung der mediterranen Klimate an den Westküsten Nord- und Südamerikas	63
Tab. 7	Klimatische Besonderheiten bezüglich des Niederschlagsregimes in den verschiedenen Teilen des Verbreitungsgebietes von <i>Calocedrus decurrens</i>	65
Tab. 8	Das Areal von <i>Calocedrus decurrens</i> zwischen maritimem und kontinentalem Witterungsgeschehen bezüglich Lage, Winter- und Sommertemperaturen, täglichen und jahreszeitlichen Temperaturschwankungen und Luftfeuchte	67
Tab. 9	Limitierende Klimafaktoren an den submediterranen Arealrändern von <i>Calocedrus decurrens</i> in Gegenüberstellung mit den sich jeweils anschließenden Klimazonen und den an den jeweiligen Arealrändern von <i>Calocedrus decurrens</i> besiedelten Meso- und Topoklimaten	71
Tab. 10	Limitierende Klimafaktoren an den vertikalen Arealrändern von <i>Calocedrus decurrens</i> in Gegenüberstellung mit den sich jeweils anschließenden Höhenstufen und Vegetationszonen und den in den jeweiligen Höhenstufen von <i>Calocedrus decurrens</i> besiedelten Meso- und Topoklimaten	72
Tab. 11	Vergleich der Temperatur- und Niederschlagswerte des kalifornischen und des nordwestlichen Gelbkiefer-Mischwaldes	72
Tab. 12	Prozentualer Anteil der jährlich als Schnee fallenden Niederschlagsmenge, Menge der Winterniederschläge im Verhältnis mit mesischen Stationen in Südkalifornien und Durchschnittstemperaturen im Sommer und Winter in der Sierra San Pedro Mártir	74
Tab. 13	Korngrößenmaxima der Kornfraktionen in Böden von <i>Calocedrus</i> -Beständen auf granitoiden, vulkanischen und serpentinitischen Muttergesteinen	81

Tab. 14	Farben der Böden von <i>Calocedrus</i> -Beständen auf granitoiden, vulkanischen und serpentinitischen Ausgangsgesteinen	81
Tab. 15	Die unterschiedliche Verteilung der pH-Werte von Böden auf granitoiden Muttergesteinen unter <i>Calocedrus</i> -Beständen in den Klamath Mountains, der Sierra Nevada und der Sierra Juárez / Sierra San Pedro Mártir	82
Tab. 16	Die unterschiedliche Verteilung der pH-Werte von Böden auf vulkanischen Gesteinen und Aschen / Tuffen unter <i>Calocedrus</i> -Beständen in den Lee- und Luvlagen der südlichen Kaskaden Kaliforniens und Oregons	85
Tab. 17	Skelettanteil der untersuchten Serpentinböden unter <i>Calocedrus</i> -Beständen	87
Tab. 18	Tonanteil der untersuchten Serpentinböden unter <i>Calocedrus</i> -Beständen	87
Tab. 19	Die unterschiedliche Verteilung der pH-Werte von Böden auf Serpentiniten unter <i>Calocedrus</i> -Beständen in den östlichen und westlichen Klamath Mountains sowie im nordkalifornischen Küstenbergland	87
Tab. 20	Ausgewählte Vegetationseinheiten, denen <i>Calocedrus decurrens</i> beigemischt ist	89
Tab. 21	Vergleich der Lebenszyklen von <i>Calocedrus decurrens</i> und <i>Populus tremuloides</i>	92
Tab. 22	Charakteristika und Reaktion von <i>Calocedrus decurrens</i> auf Feuer	96
Tab. 23	Das Areal von <i>Austrocedrus chilensis</i> zwischen maritimem und kontinentalem Witterungsgeschehen bezüglich Lage, Winter- und Sommertemperaturen, täglichen und jahreszeitlichen Temperaturschwankungen und Luftfeuchte	100
Tab. 24	Temperaturmittel im Januar und Juli von Bariloche, der Laguna del Laja und Bullileo im Vergleich	105
Tab. 25	Limitierende Klimafaktoren an den submediterranen Arealrändern von <i>Austrocedrus chilensis</i> in Gegenüberstellung mit den sich jeweils anschließenden Klimazonen und den an den jeweiligen Arealrändern von <i>Austrocedrus chilensis</i> besiedelten Meso- und Topoklimaten	107
Tab. 26	Limitierende Klimafaktoren an den vertikalen Arealrändern von <i>Austrocedrus chilensis</i> in Gegenüberstellung mit den sich jeweils anschließenden Höhenstufen und Vegetationszonen und den in den jeweiligen Höhenstufen von <i>Austrocedrus chilensis</i> besiedelten Meso- und Topoklimaten	108
Tab. 27	Korngrößenmaxima der Kornfraktionen in Böden von <i>Austrocedrus</i> Beständen auf granitoiden und vulkanischen Muttergesteinen sowie gebrannten Böden	116
Tab. 28	Farben der Böden von <i>Austrocedrus</i> -Beständen auf granitoiden und vulkanischen Ausgangsgesteinen sowie gebrannten Böden	116
Tab. 29	Die unterschiedliche Verteilung der pH-Werte von Böden auf granitoiden Muttergesteinen unter <i>Austrocedrus</i> -Beständen	118

Tab. 30	Die unterschiedliche Verteilung der pH-Werte von Böden auf vulkanischen Gesteinen und Aschen / Tuffen unter <i>Austrocedrus</i> -Beständen	119
Tab. 31	Bezeichnungen, Horizontabfolge, Profilverkmale und Hauptkomponenten der Tonfraktion der ersten drei Haupttypen der Andosol-Gruppe, aufgelistet nach steigendem Entwicklungsstand	120
Tab. 32	Vergleich der Lebenszyklen von <i>Austrocedrus chilensis</i> , <i>Nothofagus obliqua</i> und <i>Nothofagus dombeyi</i>	122
Tab. 33	Teilareale und ausgewählte Untersuchungsgebiete von <i>Calocedrus decurrens</i> nach den Kategorien des geographischen Formenwandels	127
Tab. 34	Teilareale und ausgewählte Untersuchungsgebiete von <i>Austrocedrus chilensis</i> nach den Kategorien des geographischen Formenwandels	128
Tab. 35	Höhenlage der kalifornischen Gelbkiefer-Mischwälder	131
Tab. 36	Höhenlage der kalifornischen „Mixed Conifer Phase“	131
Tab. 37	Geographische und klimatische Parameter in der Höhenlage des „Mixed Conifer Forest“, dem Hauptverbreitungsgebiet von <i>Calocedrus decurrens</i> , an zwei Stationen im Yosemite National Park	135
Tab. 38	Gliederung des Ciprés (<i>Austrocedrus chilensis</i>)-Waldes nach seiner floristischen Zusammensetzung	142
Tab. 39	Gliederung des Ciprés (<i>Austrocedrus chilensis</i>)-Waldes nach seiner Struktur und Dynamik	142
Tab. 40	Gliederung des Ciprés (<i>Austrocedrus chilensis</i>)-Waldes Argentiniens gemäß dem ansteigenden Feuchtegradienten von Osten nach Westen in „tipos forestales“	143
Tab. 41	Einordnung der vier Typen des Ciprés (<i>Austrocedrus chilensis</i>)-Waldes in übergeordnete Pflanzengesellschaften, Subregionen und Regionen nach pflanzensoziologischen und vegetationsgeographischen Gesichtspunkten	143
Tab. 42	„Ciprés-Roble“ (<i>Austrocedrus chilensis</i> - <i>Nothofagus obliqua</i>)-Gesellschaft	146
Tab. 43	„Ciprés-Hualo“ (<i>Austrocedrus chilensis</i> - <i>Nothofagus glauca</i>)-Gesellschaft	150
Tab. 44	Die von Westen nach Osten meridional verlaufenden Niederschlagsregime der Klamath Mountains und der Siskiyou Mountains	170
Tab. 45	Klimadaten innerhalb der „Mixed-Conifer-Zone“ im Süden Oregons	170
Tab. 46	Übersicht der unterschiedlichen Wuchsorte von <i>Calocedrus decurrens</i> in den Klamath Mountains in Bezug auf den geologischen Untergrund, die Topographie mit ihren topoklimatischen Besonderheiten sowie ihre Stellung innerhalb des untersuchten Transektes	172
Tab. 47	Vegetationsabfolge am Mount Hood / N-Oregon von den ozeanisch geprägten feucht-temperierten Regen- bzw. Nadelwäldern über die trockenen Coniferengehölze der lichten Gelbkieferwälder – einschließlich <i>Calocedrus decurrens</i> – bis zur offenen Wacholder-Steppe	188

Tab. 48	„Ciprés-Litrecillo“ (<i>Austrocedrus chilensis</i> - <i>Schinus montanus</i>)- Gesellschaft	202
Tab. 49	Klimazonen der jeweiligen Verbreitungsgebiete von <i>Austrocedrus chilensis</i> , <i>Araucaria araucana</i> , <i>Fitzroya cupressoides</i> und <i>Pilgerodendron uviferum</i> mit Angaben zur jährlichen Niederschlagsverteilung	207
Tab. 50	Baum- und Strauchdichte [point-to-tree/shrub] entlang dreier Transekte in einem „woodland-forest transition area“ südlich des Lava Beds National Monuments	210
Tab. 51	Dominante und codominante Arten, welche jeweils <i>Calocedrus decurrens</i> und <i>Austrocedrus chilensis</i> über weite Teile oder durch ihre gesamten Verbreitungsgebiete begleiten	220
Tab. 52	Seltene bis gelegentlich auftretende Arten, welche jeweils mit <i>Calocedrus decurrens</i> und <i>Austrocedrus chilensis</i> an ihren Arealrändern zusammentreffen	220
Tab. 53	Anforderungen der einzelnen vegetativen und reproduktiven Ent- wicklungsprozesse an Temperatur, Bodenwasser und Lichtverhältnisse	229
Tab. 54	Höhen- und D.B.H.-Zuwachs von <i>Calocedrus decurrens</i> in Abhängigkeit vom Alter	229
Tab. 55	Höhe und Stammumfang von <i>Calocedrus decurrens</i> innerhalb verschiedener Teile ihres Verbreitungsgebietes	232
Tab. 56	Durchschnittliches Seiten- und Höhenwachstum und Beginn der Wachstumsperiode von <i>Calocedrus decurrens</i>	232
Tab. 57	Systematik der Cupressoideae RICH. EX SWEET	240
Tab. 58	Abkömmlinge der fossilen tertiären Waldflora, welche heute den „Mixed Conifer Forest“ und den „Subalpine Forest“ der Klamath- und Siskiyou Mountains besiedeln	242
Tab. 59	Die Konsequenzen der tertiären Orogenese und der quartären Klimaänderung für die Entwicklung der Vegetation	243

Verzeichnis der Tafeln

Tafel 1	Vegetationszusammensetzung der <i>Calocedrus</i> -Bestände im Stanislaus National Forest in der zentralen Sierra Nevada Kaliforniens	131
Tafel 2	Vegetationszusammensetzung eines <i>Calocedrus</i> -Bestandes im Kings Canyon National Park in der südlichen Sierra Nevada Kaliforniens	133
Tafel 3	Vegetationszusammensetzung zweier <i>Calocedrus</i> -Bestände in den San Jacinto Mountains in Südkalifornien	140
Tafel 4	Vegetationszusammensetzung eines <i>Calocedrus</i> -Bestandes in den San Bernardino Mountains in Südkalifornien	141
Tafel 5	Vegetationszusammensetzung eines <i>Austrocedrus</i> -Bestandes in Sierras de Bellavista in der Kordillere von San Fernando in Chile	144
Tafel 6	Vegetationszusammensetzung eines <i>Austrocedrus</i> -Bestandes in Central los Cipreses in der östlichen Kordillere von Talca	152
Tafel 7	Vegetationszusammensetzung eines <i>Austrocedrus</i> -Bestandes im Parque Nacional Laguna del Laja in der Kordillere von Talca in Chile	158
Tafel 8	Vegetationszusammensetzung eines <i>Austrocedrus</i> -Bestandes am Lago Traful in der argentinischen Andenpräkordillere	165
Tafel 9	Vegetationszusammensetzung von <i>Calocedrus</i> -Beständen in den Klamath Mountains und den Siskiyou Mountains in Nordkalifornien und Südoregon	178
Tafel 10	Vegetationszusammensetzung von <i>Austrocedrus</i> -Beständen zwischen dem Volcán Lanín und dem Río Aluminé im chilenisch-argentinischen Grenzgebiet	186
Tafel 11	Vegetationszusammensetzung von <i>Austrocedrus</i> -Beständen am Lago Currhué in der Präkordillere der argentinischen Anden	187
Tafel 12	Vegetationszusammensetzung von <i>Calocedrus</i> -Beständen am Mount Hood in der nördlichen Cascade Range von Oregon	189
Tafel 13	Vegetationszusammensetzung von <i>Austrocedrus</i> -Beständen am Río Palena und am Río Futaleufú im chilenisch-argentinischen Grenzgebiet	193
Tafel 14	Vegetationszusammensetzung von <i>Calocedrus</i> -Beständen in der Sierra Juárez im nördlichen Baja California / Mexiko	196
Tafel 15	Vegetationszusammensetzung von <i>Calocedrus</i> -Beständen in der Sierra San Pedro Mártir im nördlichen Baja California / Mexiko	197
Tafel 16	Vegetationszusammensetzung des <i>Austrocedrus</i> -Bestandes am Cerro Tabaco in der nördlichen Zentralzone Chiles	201
Tafel 17	Vegetationszusammensetzung von <i>Calocedrus</i> -Beständen in der Gegend östlich von Big Sur im südkalifornischen Küstenbergland	205

Tafel 18	Vegetationszusammensetzung des <i>Austrocedrus</i> -Bestandes an der Mündung des Río Arrayanes in den Lago Menéndez in der argentinischen Andenpräkordillere	208
Tafel 19	Vegetationszusammensetzung von <i>Calocedrus</i> -Beständen in den Warner Mountains im äußersten Nordosten Kaliforniens	211
Tafel 20	Vegetationszusammensetzung von <i>Austrocedrus</i> -Beständen entlang des Río Limay und des Río Chubut im westargentinischen Andenvorland	214
Tafel 21	Vegetationszusammensetzung des <i>Calocedrus</i> -Bestandes in den Santa Lucia Mountains im südkalifornischen Küstenbergland	215
Tafel 22	Vegetationszusammensetzung des <i>Austrocedrus</i> -Bestandes in der Cordillera de Nahuelbuta im chilenischen Küstenbergland	216

Verzeichnis der Vegetationsprofile

Profil 1	West-Ost-Transekt durch das zentrale Verbreitungsgebiet von <i>Calocedrus decurrens</i>	91
Profil 2	West-Ost-Transekt durch das polwärtige bzw. nördliche Verbreitungsgebiet von <i>Calocedrus decurrens</i>	91
Profil 3	West-Ost-Transekt durch das äquatorwärtige bzw. südliche Verbreitungsgebiet von <i>Calocedrus decurrens</i>	91
Profil 4	West-Ost-Transekt durch das zentrale Verbreitungsgebiet von <i>Austrocedrus chilensis</i>	124
Profil 5	West-Ost-Transekt durch das polwärtige bzw. südliche Verbreitungsgebiet von <i>Austrocedrus chilensis</i>	124
Profil 6	West-Ost-Transekt durch das äquatorwärtige bzw. nördliche Verbreitungsgebiet von <i>Austrocedrus chilensis</i>	124
Profil 7	Transekt: North Grove / Calaveras State Park (zentrales montanes Hauptverbreitungsgebiet von <i>Calocedrus decurrens</i>)	136
Profil 8	Aufriss: South Grove / Calaveras State Park (zentrales montanes Hauptverbreitungsgebiet von <i>Calocedrus decurrens</i>)	137
Profil 9	Aufriss: Lava Bluffs / Calaveras State Park (zentrales montanes Hauptverbreitungsgebiet von <i>Calocedrus decurrens</i>)	138
Profil 10	Aufsicht: Lava Bluffs / Calaveras State Park (zentrales montanes Hauptverbreitungsgebiet von <i>Calocedrus decurrens</i>)	139
Profil 11	Transekt: Sierras de Bellavista, Río Claro / Cordillera de San Fernando (nördliches montanes Hauptverbreitungsgebiet von <i>Austrocedrus chilensis</i>)	147
Profil 12	Aufriss: Sierras de Bellavista, Río Claro / Cordillera de San Fernando (nördliches montanes Hauptverbreitungsgebiet von <i>Austrocedrus chilensis</i>)	148
Profil 13	Aufsicht: Sierras de Bellavista, Río Claro / Cordillera de San Fernando (nördliches montanes Hauptverbreitungsgebiet von <i>Austrocedrus chilensis</i>)	149
Profil 14	Transekt: Central los Cipreses / Cordillera de Talca (zentrales montanes Hauptverbreitungsgebiet von <i>Austrocedrus chilensis</i>)	153
Profil 15	Aufriss: Central los Cipreses / Cordillera de Talca (zentrales montanes Hauptverbreitungsgebiet von <i>Austrocedrus chilensis</i>)	154
Profil 16	Aufsicht: Central los Cipreses / Cordillera de Talca (zentrales montanes Hauptverbreitungsgebiet von <i>Austrocedrus chilensis</i>)	155
Profil 17	Transekt: Laguna Invernada / Cordillera de Talca (östliches montan- / hochmontanes Hauptverbreitungsgebiet von <i>Austrocedrus chilensis</i>)	156

Profil 18	Transekt: Río Laja, Parque Nacional Laguna del Laja (südliches montanes Hauptverbreitungsgebiet von <i>Austrocedrus chilensis</i>)	159
Profil 19	Aufriss: Río Laja, Parque Nacional Laguna del Laja, Hanglage südliches montanes Hauptverbreitungsgebiet von <i>Austrocedrus chilensis</i>)	160
Profil 20	Aufsicht: Río Laja, Parque Nacional Laguna del Laja, Hanglage (südliches montanes Hauptverbreitungsgebiet von <i>Austrocedrus chilensis</i>)	161
Profil 21	Aufsicht: Río Laja, Parque Nacional Laguna del Laja, Wasserfall (südliches montanes Hauptverbreitungsgebiet von <i>Austrocedrus chilensis</i>)	162
Profil 22	Aufsicht: Río Laja, Parque Nacional Laguna del Laja, Lavastrom (südliches montanes Hauptverbreitungsgebiet von <i>Austrocedrus chilensis</i>)	163
Profil 23	Transekt: west-argentinische Präkordillere (leewärtiges submontan- / montanes Hauptverbreitungsgebiet von <i>Austrocedrus chilensis</i>)	167
Profil 24	Schema: Mount Hood, N-Oregon (polwärtigstes Vorkommen von <i>Calocedrus decurrens</i>)	190
Profil 25	Aufriss: Mount Hood, N-Oregon (polwärtigstes Vorkommen von <i>Calocedrus decurrens</i>)	191
Profil 26	Aufsicht: Mount Hood, N-Oregon (polwärtigstes Vorkommen von <i>Calocedrus decurrens</i>)	192
Profil 27	Transekt: La Tasajera, Baja California, Mexiko (äquatorwärtigstes Vorkommen von <i>Calocedrus decurrens</i>)	198
Profil 28	Aufriss: La Tasajera, Baja California, Mexiko (äquatorwärtigstes Vorkommen von <i>Calocedrus decurrens</i>)	199
Profil 29	Aufsicht: La Tasajera, Baja California, Mexiko (äquatorwärtigstes Vorkommen von <i>Calocedrus decurrens</i>)	200
Profil 30	Blockschema: Big Sur, kalifornische Coast Ranges (westlichstes Vorkommen von <i>Calocedrus decurrens</i>)	206
Profil 31	Aufriss: Lago Menéndez, W-Argentinien (westlichstes Vorkommen von <i>Austrocedrus chilensis</i>)	209
Profil 32	Transekt: Warner Mountains, NE-Kalifornien (östlichstes Vorkommen von <i>Calocedrus decurrens</i>)	212
Profil 33	Aufriss: Warner Mountains, NE-Kalifornien (östlichstes Vorkommen von <i>Calocedrus decurrens</i>)	213

Inhaltsverzeichnis Materialband-CD-ROM

Anhang

- Anhang 1 Klimadiagramme / Tagesgang (*Calocedrus decurrens*)
- Anhang 2 Korngrößensummenkurven (*Calocedrus decurrens*)
- Anhang 3 Klimadiagramme / Tagesgang (*Austrocedrus chilensis*)
- Anhang 4 Korngrößensummenkurven (*Austrocedrus chilensis*)
- Anhang 5 Messungen klimatischer Parameter / Tagesgang (*Calocedrus decurrens*)
- Anhang 6 Bodenanalysen (*Calocedrus decurrens*)
- Anhang 7 Pflanzenlisten (*Calocedrus decurrens*)
- Anhang 8 Messungen klimatischer Parameter / Tagesgang (*Austrocedrus chilensis*)
- Anhang 9 Bodenanalysen (*Austrocedrus chilensis*)
- Anhang 10 Pflanzenlisten (*Austrocedrus chilensis*)
- Anhang 11 Liste der aufgesuchten Bestände mit *Calocedrus decurrens*
- Anhang 12 Liste der aufgesuchten Bestände mit *Austrocedrus chilensis*

Verzeichnis der Photos (Materialband / CD)

- Photo 1 40 m hohe, circa 700 Jahre alte Incense Cedar (*Calocedrus decurrens*) am Mattenrand oberhalb vom Devils Canyon (1600 m) in den zentralen Klamath Mountains
- Photo 2 Knapp 20 m hohe, 400 Jahre alte Ciprés de la Cordillera (*Austrocedrus chilensis*) oberhalb des Dorfes Bellavista (1100 m) in der Cordillere von San Fernando
- Photo 3 Gruppe 10-25 m hohe Exemplare von *Calocedrus* auf Serpentin im Lee des nördlichen kalifornischen Küstenberglandes auf Serpentin nahe Boonville (500 m)
- Photo 4 Typische 8-12 m hohe Kegel von *Austrocedrus* auf vulkanischer Asche am Fuß des Antuco (1200 m) im Parque Nacional Laguna del Laja
- Photo 5 Zimfarbene, zerrufte Rinde der bisher mächtigsten Incense Cedar innerhalb eines „Old Growth Forest“ im Devils Canyon (1500 m) in den Klamath Mountains
- Photo 6 Graue, rissige Rinde von *Austrocedrus chilensis* im Ciprés-Wald von Sierras de Bellavista (1100 m)
- Photo 7 Die biegsamen, winzige Schuppenblättchen tragenden Zweige einer Incense Cedar im Calaveras State Park / North Grove (1450 m) beugen sich unter der Schneelast
- Photo 8 Alter und junger, stark kutinierter Zweig einer Ciprés de la Cordillera aus Sierras de Bellavista (1100 m)

- Photo 9 Typischer Wintertag am Paradise Lake (1900 m) in den zentralen Klamath Mountains mit einem wolkenlose Himmel
- Photo 10 Erste Schneefälle in den südlichen Klamath Mts. (Red Rock Trail Head, 1600 m) oberhalb des Salmon River westlich von Callahan
- Photo 11 Calaveras Big Trees State Park (North Grove, 1550 m) im Winter nach tagelangen, leichten bis mittleren Schneefällen
- Photo 12 Die ersten herbstlichen Zyklone über dem nördlichen Kalifornien, hier am Duck Lake (2200 m) in der Russian Wilderness / Klamath Mountains
- Photo 13 Von Gletscherschliff und Wollsackverwitterung geprägte Granitlandschaft der hohen Sierra Nevada, hier am Pine Crest Lake (1700 m) oberhalb Twain Harte
- Photo 14 Kangaroo Lake (1700 m) in den südöstlichen Klamath Mountains mit u.a. *Calocedrus* in der Kontaktzone Granit / Serpentin
- Photo 15 Aktiver Vulkanismus: Schwefelquellen bei Bumpers Hell am Mount Lassen mit *Tsuga mertensiana* an der Waldgrenze
- Photo 16 *Calocedrus* auf Basalt in den Kaskaden Oregons, hier westlich Sisters / Road 1120 innerhalb des Yellow Pine Forest
- Photo 17 Circa 2 qkm großer Reinbestand von *Calocedrus decurrens* auf Serpentin südlich von Boonville (500 m) im Lee des nördlichen kalifornischen Küstenberglandes
- Photo 18 Mixed Conifer Forest mit *Calocedrus decurrens*, *Pinus jeffreyi*, *Pseudotsuga menziesii* und *Abies concolor* auf Serpentin am Klamath River / Mündung Scott River
- Photo 19 Offener, parkartiger Bestand mit *Calocedrus decurrens*, *Pinus jeffreyi* und *Pseudotsuga menziesii* auf Serpentin („Red Rocks“) 2 km östlich von Fort Jones (1000 m)
- Photo 20 Offener Yellow Pine Forest bei El Tule (1600 m) in der Sierra Juárez /Mexiko nach einem intensiven Grundfeuer („intensive ground fire“)
- Photo 21 Verbrannter Stamm einer 35-40 Jahre alten „Pino Colorado“ (*Calocedrus decurrens*) bei El Tule (1600 m) nach einem intensiven Grundfeuer
- Photo 22 Vom Feuer gezeichnete Chaparrallandschaften auf dem Weg zum über 2000 m liegenden „Mixed Conifer Forest“ der Sierra San Pedro Mártir
- Photo 23 Chamise (*Adenostoma spec.*) wenige Wochen nach einem Feuer, welches meistens durch westliche anabatische Winde verbreitet wird
- Photo 24 Ciprés-Wald am Fuße des Antuco (1300 m) im Parque Nacional Laguna del Laja während einer winterlichen Schönwetterperioden
- Photo 25 Aufsteigender Nebel im Ciprés-Wald Bellavistas (1100 m) während des Frühsommers bei Sonnenaufgang
- Photo 26 Starke Bewölkung und erste Regenfälle Anfang April im Parque Nacional Laguna del Laja / südliche Zentralzone

- Photo 27 Feuchte, teilweise aufgequollene Zapfen (Mitte April) von *Austrocedrus chilensis* am Río Laja (1100 m)
- Photo 28 Stark verbuschter, sehr feuergefährdeter Ciprés-Wald (1100 m) oberhalb des Dorfes Bellavista im Frühling 1995
- Photo 29 Ciprés-Wald Bellavistas (1100 m) 1,5 Jahre nach einem verheerenden Kronenfeuer, ausgelöst durch ein Lagerfeuer
- Photo 30 Ciprés-Wald östlich von Sierras de Bellavista (1300 m) nach dem Feuer: exponierte, auf Felsrücken stehende Bäume überlebten das Feuer
- Photo 31 Niedergebrannter Ciprés-Roble-Mischwald östlich von Sierras de Bellavista; der ursprüngliche Wald wird sich nur schwer regenerieren
- Photo 32 Blick nach Osten auf die Granitlandschaft und in das von Gletschern geformte U-Tal des Merced River im Yosemite National Park (1100- 1700 m)
- Photo 33 Granitlandschaft an der Waldgrenze westlich des Lake Tahoe kurz vor dem steilen Westufer des Sees (1700-1900 m)
- Photo 34 Cedar Grove (1200 m) im Kings Canyon National Park in der tiefen, östlichen Sierra Nevada, wo die Incense Cedar überwiegend entlang von Wasserläufen gedeiht
- Photo 35 „Grove“ im Kings Canyon National Park (1500 m) mit *Sequoiadendron giganteum*, *Abies concolor*, *Calocedrus decurrens*, *Pinus lambertiana* und *P. ponderosa*
- Photo 36 Stamm einer 15-20 Jahre alten Incense Cedar in einem „Grove“ im Kings Canyon National Park
- Photo 37 Herbstfärbung des Mountain Dogwood (*Cornus nuttallii*) im Calaveras State Park am Rande der North Grove (1450 m)
- Photo 38 Yellow Pine (*Pinus ponderosa*) und junge Incense Cedar am Pinecrest Lake (1700 m) in der zentralen Sierra Nevada auf wenig entwickeltem Ranker (Granit)
- Photo 39 Blick Richtung Osten auf die schneebedeckten Gipfel der Kordillere von San Fernando vom Ciprés-Wald oberhalb Sierras de Bellavista (1100 m)
- Photo 40 Junge 5-6 Wochen alte, nur wenige Millimeter große, noch weiche, grüne Zapfen von *Austrocedrus chilensis* und brauner, bereits verholzter Zapfen vom Vorjahr
- Photo 41 Sämling von *Austrocedrus chilensis*, ausgegraben in Colorado / San Clemente in der Präkordillere von Talca mit noch sehr langen, weichen Nadeln
- Photo 42 Mischwald in der Cordillera Rubiana östlich von Bellavista mit der Ciprés und dem sommergrünen Roble (*Nothofagus obliqua*)
- Photo 43 *Lithraea caustica* (hier mit rot-beigen Knospen) als häufiger Strauch im Ciprés-Wald bei Sierras de Bellavista (900-1400 m)
- Photo 44 Kaktus und *Acaena*-Polster auf Rhyolith in Sierras de Bellavista (1100 m)

- Photo 45 Lavastrom mit einem offenen Bestand von *Austrocedrus chilensis* im Tal des Río Cipreses (1100 m) östlich von Central los Cipreses in der Kordillere von Talca
- Photo 46 Der im Spätsommer / Herbst blauschwarze Kegel des Volcán Antuco (2985 m) im Parque Nacional Laguna del Laja mit Lavastrom (1750 m)
- Photo 47 Tal des Río Laja (1200 m) am Fuße der Nordwestflanke des Volcán Antuco im Parque Nacional Laguna del Laja
- Photo 48 Der Ciprés-Wald oberhalb des Río Laja (1300 m) im Parque Nacional Laguna del Laja mit *Lomatia hirsuta*, *Orites myrtoidea* und *Gaultheria pumila*
- Photo 49 Der untere Waldgürtel mit der Ciprés am Lago Futralaufquén in Westpatagonien nahe ihrer südlichsten Verbreitungsgrenze am Río Palena
- Photo 50 Ciprés-Wald in Form eines niedrigen, offenen Trockenwaldes östlich vom Río Desaguadero Richtung Lago Terraplén / Esquel
- Photo 51 Lichte Ciprés-Wälder im Valle Encantado („Verzaubertes Tal“) nördlich von Confluencia im Parque Nacional Nahuel Huapi nahe ihrer östlichen Verbreitungsgrenze
- Photo 52 Blick vom Etna Summit (2300 m) nach SE auf die Russian Wilderness / Marble Mountains mit 17 Coniferenarten
- Photo 53 „Mixed Evergreen Forest“ entlang des Scott River (1000 m) in den zentralen Klamath Mountains
- Photo 54 Parkland mit *Araucaria araucana* vor dem Volcán Lanín am Paso Tromen, wo sich subtropisches und kühlgemäßigtes Witterungsgeschehen überschneiden
- Photo 55 Am Rande der Subtropen südlich des 38. Breitengrades wechselt *Austrocedrus* ins Lee der Anden, hier am Río Aluminé (39°15' S) mit *Araucaria araucana*
- Photo 56 Reicher Coniferenwald südlich des Mt. Hood mit *Tsuga heterophylla*, *Abies grandis*, *Larix occidentalis*, *Pinus monticola*, *Taxus brevifolia*, *Thuja occidentalis* u.a.
- Photo 57 *Acer circinatum* als Bestandteil der nordwestlichen temperierten Regenwälder, welche im Luv des Mount Hood gedeihen
- Photo 58 Nördlichstes Vorkommen der Incense Cedar bei 45°10' N an der Südostflanke des Mount Hood entlang der Old Barlow Road (900 m)
- Photo 59 Westflanke des Cerro Boscoso (1912 m) am Lago Menéndez / Mündung Río Arrayanes (550 m)
- Photo 60 Westufer des Lago Futralaufquén (500 m) mit *Nothofagus antarctica* in Seenähe und *Austrocedrus* mit *Nothofagus dombeyi* und *Lomatia hirsuta* in Hanglagen

- Photo 61 Ostufer des Lago Futralauquén (500 m) mit Reinbeständen der Ciprés, welche sich als breiter Gürtel im Lee der Kordillere vom 39. bis 44. Breitengrad fortsetzen
- Photo 62 Stark verbuschte „Lichtungen“ mit *Chusquea*, *Aristolelia*, *Lomatia*, *Colletia*, *Retanilla*, *Baccharis*, *Berberis* u.a., die gelegentlich den Ciprés-Wald vom Lago Rivadavia bis zum Río Palena unterbrechen
- Photo 63 Zwei sehr alte Exemplare der Pino Colorado (*Calocedrus decurrens*) nahe der Rancho Pino Colorado oberhalb des Río El Tule (1600 m) in der Sierra Juárez / Mexiko auf Granit
- Photo 64 Mischnadelwald auf Granitgrus bei La Tasajera (2500 m) am Mattenrand von Vallecitos in der Sierra San Pedro Mártir / Mexiko
- Photo 65 Südlichste *Calocedrus* (10 m) am Arroyo El Horno (1700 m) nahe der Misión San Pedro Mártir bei 30°47' N in der Sierra San Pedro Mártir / Baja California / Mexiko
- Photo 66 Zonale Vegetation an der südlichen Verbreitungsgrenze von *Calocedrus* in Baja California *Ferocactus* an einer Oase mit der blauen Fächerpalme *Erythea armata*
- Photo 67 Lower Bee Camp (1000 m) mit einem kleinen Bestand von *Calocedrus decurrens* in den südlichen Coast Ranges nahe Big Sur
- Photo 68 Lower Bee Camp mit der Incense Cedar und immergrünen Eichen oberhalb des 20 m tiefen Canyons
- Photo 69 Bisher einziger Fundort am Lago Menéndez, wo *Austrocedrus chilensis* und *Fitzroya cupressoides* zusammentreffen
- Photo 70 Inselchen im Lago Menéndez / Río Arrayanes mit einem kleinen Alerzal (*Fitzroya cupressoides*), dem einige Cipreses untergemischt sind
- Photo 71 Die Sierra Nevada als scharfe Klimascheide: Steppen des Great Basin mit dem Joshua Tree am Fuße der steilen Ostabdachung der Sierra Nevada
- Photo 72 Offenes Wacholder-Parkland (*Juniperus occidentalis*) in den mittleren Lagen (1000-1500 m) der Warner Mountains im NE Kaliforniens im Lee der südlichen Kaskaden und der Klamath Mountains
- Photo 73 Ostabdachung der Warner Mountains mit dem vorgelagerten Salt Lake zwischen Cedar City und Lake City
- Photo 74 Galeriewald (1600 m) mit v.a. *Calocedrus* und *Abies* sowie sommergrünen Laubbäumen (*Alnus*, *Populus*, *Prunus*) entlang des Mill Creek westlich von Fort Bidwell in den Warner Mountains
- Photo 75 Südexponierte Hanglage mit *Juniperus occidentalis* oberhalb des Mill Creek westlich von Fort Bidwell in den östlichen Warner Mountains
- Photo 76 Lake City Canyon westlich von Lake City / Warner Mountains im Frühjahr mit vorherrschend Incense Cedar und White Fir
- Photo 77 Südexponierter Hang (1700 m) oberhalb des Lake City Canyon im Frühjahr mit überwiegend *Juniperus occidentalis* und *Pinus ponderosa*

- Photo 78 Die östlichsten Vorkommen von *Austrocedrus chilensis* entlang von episodischen Wasserläufen oberhalb des Río Limay (1000 m) im Valle Encantado / Provinz Neuquén, Argentinien
- Photo 79 Vereinzelte Exemplare der Ciprés am Fuße des steilen Tufffelsens „El Catedral“ im Valle Encantado / Argentinien
- Photo 80 Im Schatten eines steilen Felsens (Nordseite) herangewachsene Ciprés an ihrer östlichsten Verbreitungsgrenze zwischen Confluencia und Casa de Piedra
- Photo 81 Im Schatten herangewachsene Ciprés zwischen Confluencia und Casa de Piedra: am Standort der Ciprés herrschten 15°C, wenige Meter weiter in der Sonne 28°C

Verzeichnis der Diagramme im Anhang (Materialband / CD)

Anhang 1

- Diag. 1a Tagesgang der Luft- und Bodentemperaturen im Calaveras National Park (1450 m) im Frühjahr
- Diag. 1b Tagesgang der relativen Luftfeuchte und der Verdunstung im Calaveras National Park (1450 m) im Frühjahr
- Diag. 2a Tagesgang der Luft- und Bodentemperaturen im Calaveras National Park (1450 m) im Sommer
- Diag. 2b Tagesgang der relativen Luftfeuchte und der Verdunstung im Calaveras National Park (1450 m) im Sommer
- Diag. 3a Tagesgang der Luft- und Bodentemperaturen im Calaveras National Park (1450 m) im Spätsommer / Herbst
- Diag. 3b Tagesgang der relativen Luftfeuchte und der Verdunstung im Calaveras National Park (1450 m) im Spätsommer / Herbst
- Diag. 4a Tagesgang der Luft- und Bodentemperaturen im Calaveras National Park (1450 m) im Frühwinter
- Diag. 4b Tagesgang der relativen Luftfeuchte und der Verdunstung im Calaveras National Park (1450 m) im Frühwinter
- Diag. 5a Tagesgang der Luft- und Bodentemperaturen im Calaveras National Park (1450 m) im Spätwinter
- Diag. 5b Tagesgang der relativen Luftfeuchte und der Verdunstung im Calaveras National Park (1450 m) im Spätwinter
- Diag. 6a Tagesgang der Luft- und Bodentemperaturen im Castle Crags National Park (900 m) im Frühjahr
- Diag. 6b Tagesgang der relativen Luftfeuchte und der Verdunstung im Castle Crags National Park (900 m) im Frühjahr
- Diag. 7a Tagesgang der Luft- und Bodentemperaturen im Castle Crags National Park (900 m) im Sommer

- Diag. 7b Tagesgang der relativen Luftfeuchte und der Verdunstung im Castle Crags National Park (900 m) im Sommer
- Diag. 8a Tagesgang der Luft- und Bodentemperaturen im Castle Crags National Park (900 m) im Spätsommer / Herbst
- Diag. 8b Tagesgang der relativen Luftfeuchte und der Verdunstung im Castle Crags National Park (900 m) im Spätsommer / Herbst
- Diag. 9a Tagesgang der Luft- und Bodentemperaturen im Castle Crags National Park (900 m) im Frühwinter
- Diag. 9b Tagesgang der relativen Luftfeuchte und der Verdunstung im Castle Crags National Park (900 m) im Frühwinter
- Diag. 10a Tagesgang der Luft- und Bodentemperaturen im Castle Crags National Park (900 m) im Spätwinter
- Diag. 10b Tagesgang der relativen Luftfeuchte und der Verdunstung im Castle Crags National Park (900 m) im Spätwinter

Anhang 2

(Nr. entspricht Numerierung der Bodenproben)

- Nr. 1 Korngrößensummenkurve, South Russian Creek, Granitgrus
- Nr. 2a Korngrößensummenkurve, South Russian Creek, Granitgrus
- Nr. 2b Korngrößensummenkurve, South Russian Creek, Granitgrus
- Nr. 3 Korngrößensummenkurve, Moffet Creek, Serpentin
- Nr. 4 Korngrößensummenkurve, Forest Summit, Serpentin
- Nr. 5 Korngrößensummenkurve, Forest Summit, Serpentin
- Nr. 6 Korngrößensummenkurve, Indian Springs, Granodiorit
- Nr. 7 Korngrößensummenkurve, Indian Springs, Granodiorit
- Nr. 8 Korngrößensummenkurve, Indian Springs, Granodiorit
- Nr. 9 Korngrößensummenkurve, Crags Trail, Serpentin
- Nr. 10 Korngrößensummenkurve, Kettlebelly, Serpentin
- Nr. 11 Korngrößensummenkurve, Lake Shastina, Tuff
- Nr. 12 Korngrößensummenkurve, Lake Shastina, vulkan. Asche
- Nr. 13 Korngrößensummenkurve, Lake Shastina, vulkan. Asche
- Nr. 14 Korngrößensummenkurve, Mt. Shasta, Andesit
- Nr. 16 Korngrößensummenkurve, Castle Lake, Endmoränenschotter
- Nr. 17 Korngrößensummenkurve, Devil's Canyon, Granodioritgrus
- Nr. 18a Korngrößensummenkurve, Castle Crags St. P., Serpentin
- Nr. 18b Korngrößensummenkurve, Castle Crags St. P., Serpentin

- Nr. 19a Korngroßensummenkurve, Castle Crags St. P., Serpentin
- Nr. 19b Korngroßensummenkurve, Castle Crags St. P., Serpentin
- Nr. 20a Korngroßensummenkurve, Calaveras St. P., Metamorphit
- Nr. 20b Korngroßensummenkurve, Calaveras St. P., Metamorphit
- Nr. 21a Korngroßensummenkurve, Calaveras St. P., Granit
- Nr. 21b Korngroßensummenkurve, Calaveras St. P., Granit
- Nr. 22a Korngroßensummenkurve, Calaveras St. P., Tuff
- Nr. 22b Korngroßensummenkurve, Calaveras St. P., Tuff
- Nr. 23 Korngroßensummenkurve, Sequoia N. F., Granitgrus
- Nr. 24 Korngroßensummenkurve, Morgan Summit, Tuff
- Nr. 25 Korngroßensummenkurve, Childs Meadow, Basalt
- Nr. 26 Korngroßensummenkurve, Lake Almanor, Basalt
- Nr. 27 Korngroßensummenkurve, Cedar Grove, Granit
- Nr. 28 Korngroßensummenkurve, Cedar Grove, Granit
- Nr. 29 Korngroßensummenkurve, Cedar Grove, granit. Flußgeröll
- Nr. 30 Korngroßensummenkurve, Cedar Grove, granit. Flußgeröll
- Nr. 31 Korngroßensummenkurve, Lake City Creek, Basalt
- Nr. 32 Korngroßensummenkurve, Lake City Creek, Basalt
- Nr. 33 Korngroßensummenkurve, Fort Bidwell, Basalt
- Nr. 34 Korngroßensummenkurve, Fort Bidwell, Basalt
- Nr. 35 Korngroßensummenkurve, Camp Sherman, Andesit
- Nr. 36 Korngroßensummenkurve, Camp Sherman, Andesit
- Nr. 37 Korngroßensummenkurve, Mt. Hood, Basalt
- Nr. 38 Korngroßensummenkurve, Mt. Hood, Basalt
- Nr. 39 Korngroßensummenkurve, Union Creek, Basalt
- Nr. 40 Korngroßensummenkurve, Union Creek, Basalt
- Nr. 41a Korngroßensummenkurve, La Tasajera, Granitgrus
- Nr. 41b Korngroßensummenkurve, La Tasajera, Granitgrus
- Nr. 42 Korngroßensummenkurve, La Tasajera, Granitgrus
- Nr. 43 Korngroßensummenkurve, La Tasajera, Granitgrus
- Nr. 44 Korngroßensummenkurve, La Tasajera, Granitgrus
- Nr. 45 Korngroßensummenkurve, Misión San Pedro Mártir, Granit
- Nr. 46 Korngroßensummenkurve, Misión San Pedro Mártir, Granit
- Nr. 47 Korngroßensummenkurve, Misión San Pedro Mártir, Granit

- Nr. 48 Korngößensummenkurve, Idyllwild County Park, Granitgrus
- Nr. 49 Korngößensummenkurve, Idyllwild County Park, Granitgrus
- Nr. 50 Korngößensummenkurve, Idyllwild / Dark Canyon, Granit
- Nr. 51 Korngößensummenkurve, Idyllwild / Dark Canyon, Granit
- Nr. 52 Korngößensummenkurve, Santa Lucia Mts., Sandstein
- Nr. 53 Korngößensummenkurve, Santa Lucia Mts., Sandstein
- Nr. 54 Korngößensummenkurve, R. L. Stevenson St. P., Serpentin
- Nr. 55 Korngößensummenkurve, R. L. Stevenson St. P., Serpentin
- Nr. 56 Korngößensummenkurve, R. L. Stevenson St. P., Serpentin
- Nr. 57 Korngößensummenkurve, R. L. Stevenson St. P., Serpentin
- Nr. 58 Korngößensummenkurve, Port Orford Cedar B. A., Serpentin
- Nr. 59 Korngößensummenkurve, Port Orford Cedar B. A., Serpentin
- Nr. 60 Korngößensummenkurve, Baker Cypress B. A., Serpentin
- Nr. 61 Korngößensummenkurve, Baker Cypress B. A., Serpentin
- Nr. 62 Korngößensummenkurve, Lovers Camp, Gneis
- Nr. 63 Korngößensummenkurve, Lovers Camp, Gneis
- Nr. 64 Korngößensummenkurve, Taylor Lake, Granodiorit
- Nr. 65 Korngößensummenkurve, Taylor Lake, Granodiorit
- Nr. 66 Korngößensummenkurve, Etna, Granitgrus
- Nr. 67 Korngößensummenkurve, Etna, Granitgrus
- Nr. 68 Korngößensummenkurve, Gray Pine B. A.
- Nr. 69 Korngößensummenkurve, Gray Pine B. A.
- Nr. 70 Korngößensummenkurve, Trinity River, Flußufersand
- Nr. 71 Korngößensummenkurve, Trinity River, Flußufersand
- Nr. 72 Korngößensummenkurve, Big Flat, Moränenschotter
- Nr. 73 Korngößensummenkurve, Big Flat, Moränenschotter
- Nr. 74 Korngößensummenkurve, Boulder Lake, Granit
- Nr. 75 Korngößensummenkurve, Boulder Lake, Granit
- Nr. 76 Korngößensummenkurve, Kangaroo Lake, Granit-Serpentin
- Nr. 77 Korngößensummenkurve, Kangaroo Lake, Granit-Serpentin
- Nr. 78 Korngößensummenkurve, El Tule, Granitgrus
- Nr. 79 Korngößensummenkurve, El Tule, Granitgrus
- Nr. 80 Korngößensummenkurve, La Matanza, quarzit. Granit
- Nr. 81 Korngößensummenkurve, La Matanza, quarzit. Granit

- Nr. 82 Korngrößensummenkurve, La Matanza, Granit (unger. Bachschotter)
- Nr. 83 Korngrößensummenkurve, La Matanza, Granit (unger. Bachschotter)
- Nr. 84 Korngrößensummenkurve, La Matanza, Granitgrus
- Nr. 85 Korngrößensummenkurve, La Matanza, Granitgrus

Anhang 3

- Diag. 11a Tagesgang der Luft- und Bodentemperaturen im Parque Nacional Laguna del Laja (1220 m) im Frühsommer
- Diag. 11b Tagesgang der relativen Luftfeuchte und der Verdunstung im Parque Nacional Laguna del Laja (1220 m) im Frühsommer
- Diag. 12a Tagesgang der Luft- und Bodentemperaturen im Parque Nacional Laguna del Laja (1220 m) im Spätsommer / Herbst
- Diag. 12b Tagesgang der relativen Luftfeuchte und der Verdunstung im Parque Nacional Laguna del Laja (1220 m) im Spätsommer / Herbst
- Diag. 13a Tagesgang der Luft- und Bodentemperaturen im Parque Nacional Laguna del Laja (1220 m) im Winter
- Diag. 13b Tagesgang der relativen Luftfeuchte und der Verdunstung im Parque Nacional Laguna del Laja (1220 m) im Winter

Anhang 4

(Nr. entspricht Numerierung der Bodenproben)

- Nr. 86 Korngrößensummenkurve, Sierras de Bellavista, gefritt. Vulkanit
- Nr. 87 Korngrößensummenkurve, Sierras de Bellavista, Basalt
- Nr. 88 Korngrößensummenkurve, Sierras de Bellavista, Rhyolith
- Nr. 89 Korngrößensummenkurve, Cordillera Rubiana, Basalt (+ umg. Siltstein)
- Nr. 90a Korngrößensummenkurve, Sierras de Bellavista, Tuffit
- Nr. 90b Korngrößensummenkurve, Sierras de Bellavista, Tuffit
- Nr. 91a Korngrößensummenkurve, Colorado, gefritt. intermed. Vulkanit
- Nr. 91b Korngrößensummenkurve, Colorado, gefritt. intermed. Vulkanit
- Nr. 92 Korngrößensummenkurve, Nahuelbuta, Granodioritgrus
- Nr. 93 Korngrößensummenkurve, Cerro Tabaco, mikrokristall. Granit
- Nr. 94 Korngrößensummenkurve, Central los Cipreses, vulkan. Asche
- Nr. 95 Korngrößensummenkurve, Central los Cipreses, vulkan. Asche
- Nr. 96 Korngrößensummenkurve, Central los Cipreses, vulkan. Asche
- Nr. 97 Korngrößensummenkurve, Río Laja, vulkan. Asche
- Nr. 98 Korngrößensummenkurve, Río Laja, vulkan. Asche

- Nr. 99 Korngrößensummenkurve, Río Laja, vulkan. Asche
- Nr. 100 Korngrößensummenkurve, Río Laja, vulkan. Asche
- Nr. 101a Korngrößensummenkurve, Sierras de Bellavista, (verbrannter Boden)
- Nr. 101b Korngrößensummenkurve, Sierras de Bellavista, (verbrannter Boden)
- Nr. 102a Korngrößensummenkurve, Sierras de Bellavista, (verbrannter Boden)
- Nr. 102b Korngrößensummenkurve, Sierras de Bellavista, (verbrannter Boden)
- Nr. 103a Korngrößensummenkurve, Sierras de Bellavista, (verbrannter Boden)
- Nr. 103b Korngrößensummenkurve, Sierras de Bellavista, (verbrannter Boden)
- Nr. 104a Korngrößensummenkurve, Villa Traful, Granodiorit
- Nr. 104b Korngrößensummenkurve, Villa Traful, Granodiorit
- Nr. 105 Korngrößensummenkurve, Lago Meliquina, Granit
- Nr. 106 Korngrößensummenkurve, Río Caleufú, Tuffit
- Nr. 107 Korngrößensummenkurve, Río Meliquina, Tuffit
- Nr. 108a Korngrößensummenkurve, Lago Rivadavia, intermed. Vulkanit
- Nr. 108b Korngrößensummenkurve, Lago Rivadavia, intermed. Vulkanit
- Nr. 108c Korngrößensummenkurve, Lago Rivadavia, intermed. Vulkanit
- Nr. 109a Korngrößensummenkurve, Lago Rivadavia, intermed. Vulkanit
- Nr. 109b Korngrößensummenkurve, Lago Rivadavia, intermed. Vulkanit
- Nr. 110a Korngrößensummenkurve, Lago Menéndez, Flußgeröll (v.a. Granit)
- Nr. 110b Korngrößensummenkurve, Lago Menéndez, Flußgeröll (v.a. Granit)
- Nr. 111 Korngrößensummenkurve, Villa Futalaufquen, Metamorphit
- Nr. 112 Korngrößensummenkurve, Río Palena, Granit
- Nr. 113a Korngrößensummenkurve, Río Aluminé, Bimsstein
- Nr. 113b Korngrößensummenkurve, Río Aluminé, Bimsstein
- Nr. 114a Korngrößensummenkurve, Río Aluminé, Bimsstein
- Nr. 114b Korngrößensummenkurve, Río Aluminé, Bimsstein
- Nr. 115 Korngrößensummenkurve, Río Aluminé, Andesit
- Nr. 116 Korngrößensummenkurve, Río Aluminé, Andesit

Verzeichnis der Tabellen im Anhang (Materialband / CD)

Anhang 5

- Tab. 64a Tagesgang (1. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Spätsommer / Herbst, Calaveras State Park

- Tab. 64b Tagesgang (2. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Spätsommer / Herbst, Calaveras State Park
- Tab. 64c Tagesgang (3. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Spätsommer / Herbst, Calaveras State Park
- Tab. 65a Tagesgang (1. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Frühwinter, Calaveras State Park
- Tab. 65b Tagesgang (2. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Frühwinter, Calaveras State Park
- Tab. 65c Tagesgang (3. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Frühwinter, Calaveras State Park
- Tab. 66a Tagesgang (1. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Spätwinter, Calaveras State Park
- Tab. 66b Tagesgang (2. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Spätwinter, Calaveras State Park
- Tab. 66c Tagesgang (3. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Spätwinter, Calaveras State Park
- Tab. 67a Tagesgang (1. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Frühjahr, Calaveras State Park
- Tab. 67b Tagesgang (2. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Frühjahr, Calaveras State Park
- Tab. 67c Tagesgang (3. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Frühjahr, Calaveras State Park
- Tab. 68a Tagesgang (1. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Sommer, Calaveras State Park
- Tab. 68b Tagesgang (2. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Sommer, Calaveras State Park
- Tab. 68c Tagesgang (3. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Sommer, Calaveras State Park

- Tab. 69a Tagesgang (1. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Spätsommer / Herbst, Castle Crags State Park
- Tab. 69b Tagesgang (2. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Spätsommer / Herbst, Castle Crags State Park
- Tab. 69c Tagesgang (3. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Spätsommer / Herbst, Castle Crags State Park
- Tab. 70a Tagesgang (1. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Frühwinter, Castle Crags State Park
- Tab. 70b Tagesgang (2. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Frühwinter, Castle Crags State Park
- Tab. 70c Tagesgang (3. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Frühwinter, Castle Crags State Park
- Tab. 71a Tagesgang (1. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Spätwinter, Castle Crags State Park
- Tab. 71b Tagesgang (2. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Spätwinter, Castle Crags State Park
- Tab. 71c Tagesgang (3. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Spätwinter, Castle Crags State Park
- Tab. 72a Tagesgang (1. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Frühjahr, Castle Crags State Park
- Tab. 72b Tagesgang (2. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Frühjahr, Castle Crags State Park
- Tab. 72c Tagesgang (3. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Frühjahr, Castle Crags State Park
- Tab. 73a Tagesgang (1. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Sommer, Castle Crags State Park
- Tab. 73b Tagesgang (2. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Sommer, Castle Crags State Park

- Tab. 73c Tagesgang (3. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Sommer, Castle Crags State Park

Anhang 6

- Tab. 74 Bodenanalysen (Farbe, pH-Wert, Korngröße, Humus, org. Kohlenstoff, Stickstoff, C / N-Verhältnis) der Böden aus Oregon, Kalifornien und Baja California (Mexiko)

Anhang 7

- Tab. 75 Pflanzenlisten der Begleitvegetation (Baum-, Strauch- und Krautschicht) in den verschiedenen Teilarealen von *Calocedrus decurrens*

Anhang 8

- Tab. 76a Tagesgang (1. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Frühsommer, Parque Nacional Laguna del Laja
- Tab. 76b Tagesgang (2. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Frühsommer, Parque Nacional Laguna del Laja
- Tab. 76c Tagesgang (3. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Frühsommer, Parque Nacional Laguna del Laja
- Tab. 77a Tagesgang (1. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Spätsommer / Herbst, Parque Nacional Laguna del Laja
- Tab. 77b Tagesgang (2. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Spätsommer / Herbst, Parque Nacional Laguna del Laja
- Tab. 77c Tagesgang (3. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Spätsommer / Herbst, Parque Nacional Laguna del Laja
- Tab. 78a Tagesgang (1. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Winter, Parque Nacional Laguna del Laja
- Tab. 78b Tagesgang (2. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Winter, Parque Nacional Laguna del Laja
- Tab. 78c Tagesgang (3. Tag) klimatischer Parameter (Lufttemperatur, Bodentemperaturen, relative Luftfeuchte, Verdunstung, Windstärke, Bewölkungsgrad) im Winter, Parque Nacional Laguna del Laja

Anhang 9

Tab. 79 Bodenanalysen (Farbe, pH-Wert, Korngröße, Humus, org. Kohlenstoff, Stickstoff, C / N-Verhältnis) der Böden aus Chile und Argentinien

Anhang 10

Tab. 80 Pflanzenlisten der Begleitvegetation (Baum-, Strauch- und Krautschicht) in den verschiedenen Teilarealen von *Austrocedrus chilensis*

Vorwort

Die Ergebnisse dieser Arbeit konnten auf mehreren Reisen nach Nord- und Südamerika gewonnen werden. Auf Vorschlag meines Doktorvaters AOR Priv.-Doz. Dr. W. Golte wurden zuerst die Standortansprüche von *Austrocedrus chilensis* (D. DON) PIC. SERM. & BIZZARRI während eines vom Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD) unterstützten dreimonatigen Aufenthaltes in Chile / Argentinien 1995 / 96 untersucht und in einer Diplomarbeit (1997) vorgestellt. Die überraschende Ähnlichkeit von *Calocedrus decurrens* (TORREY) FLORIN hinsichtlich Physiognomie und Verbreitungsmuster an der nordamerikanischen Westseite forderte einen ökologischen Vergleich geradezu heraus, welcher nun Gegenstand vorliegender Dissertation ist.

November 1995 - Februar 1996	3 Monate	Chile, Argentinien (Diplomarbeit)
Juni 1998	3 Wochen	Kalifornien
September - November 1998	10 Wochen	Kalifornien, Oregon, Nevada
Februar 1999	4 Wochen	Kalifornien, Oregon
Mai - Oktober 1999	6 Monate	Kalifornien, Oregon, Baja California (Mexiko)
März - April 2000	2 Monate	Chile, Argentinien
Juli - August 2000	2 Monate	Kalifornien, Baja California (Mexiko)
März - April 2001	2 Monate	Kalifornien, Baja California (Mexiko)
Juli - August 2001	4 Wochen	Chile, Argentinien

Zahlreiche Personen und Institutionen haben die Entstehung dieser Arbeit maßgeblich unterstützt. An erster Stelle möchte ich mich bei Herrn Priv.-Doz. Dr. W. Golte für die Betreuung der Arbeit und anregende Diskussionen sehr herzlich bedanken. Herrn Prof. Dr. G. Menz gebührt mein herzlichster Dank für die bereitwillige Übernahme des Zweitgutachtens. Der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) bin ich für die finanzielle Unterstützung des Projekts zu großem Dank verpflichtet.

Prof. Dr. Ernesto Franco-Vizcaino (California State University, Monterey Bay und CICESE, Ensenada, Baja California, Mexiko) verdanke ich die Teilnahme an fünf mehrtägigen Expeditionen in die Sierra San Pedro Mártir. Dort konnte ich außer dem Studium der südlichsten, sehr versteckt gelegenen *Calocedrus*-Bestände auch die Palmenoasen mit *Erythea armata* und die Sukkulentevegetation der Sonorawüste von Baja California kennenlernen, deren Schönheit keine Beschreibung gerecht wird und der ich oft nur sprachlos gegenüber stand. Mit seinen beiden Mitarbeitern Celerino Montes (Ensenda) und Jorge Domínguez-Torres (Ensenada) war jede Exkursion ein besonderes Erlebnis. Unvergessen bleibt uns der 2-tägige 40 km lange Marsch von unserem Camp in Vallecitos zur Misión San Pedro Mártir (siehe MONTES 2000).

Wayne Harrison und Patti Raggio sowie alle anderen Ökologen, Ranger und Mitarbeiter des Calaveras Big Trees State Park (Sierra Nevada) haben mir durch ihr freundliches Interesse und Entgegenkommen, unentgeltlichen Zutritt einschließlich ungehinderter Arbeitens auf nicht für das Publikum zugelassenen Pfaden mein erstes Zuhause

in Kalifornien geschaffen. Gerne denke ich auch an die stillen Wintertage in meinem warmen Holzhäuschen zurück. Zudem verdanke ich Wayne Harrison den Kontakt zu Ernesto Franco. Beide erweiterten in anregenden Diskussionen meine Kenntnisse zur Feuerökologie Kaliforniens und Niederkaliforniens (Mexiko). Ebenfalls danke ich Susan Grove vom Castle Crags State Park in Nordkalifornien. Der Ranger Station (U.S.D.A.) in Fort Jones gilt für die Hilfe und Anregungen bei der Routenplanung in den Klamath Mountains mein herzlicher Dank, allen voran Leslie Burkart und ihrer Familie für ihre große Gastfreundschaft, Marla Knight für die Hilfe bei der Pflanzenbestimmung, Keith Ray (vgl. auch RAY 1998) für seine Begleitung zum Devil's Canyon und anderen schwer zugänglichen Gebieten sowie Sue Maurer für das Überlassen ihres Holzhäuschens am Dark Canyon (Klamath Mountains) und anderen Mitarbeitern. John Smiley (Big Creek Reserve, University of California, Big Sur) gebührt mein Dank für die detaillierte Routenbeschreibung zum Lower Bee Camp und seine freundliche Aufnahme in der Forschungsstation, Jeff Norman (Big Sur) für seine ausführlichen Informationen zur Begleitflora der *Calocedrus*-Bestände in den Santa Lucia Mountains. Dory und Bill Spitzig, die mich nach nur kurzer Bekanntschaft in ihr Haus in San Francisco aufgenommen haben, danke ich sehr herzlich.

Carlos und Nora Mühe (Sierras de Bellavista, Chile) haben mir mit einer kleinen Cabaña, einem Pferdchen und ihrem Hund Max, der mich ungern alleine losziehen lassen wollte, ein kleines Paradies geschaffen. Bei ihren Verwandten Alicia Olivares Robertson und Jaime Silva (Talca) empfing mich große Gastfreundschaft auf der Reise nach Central los Cipreses. René Becker Salvo und seine Frau Ingeborg (Endesa, Central los Cipreses) waren stets um mein Wohlergehen und eine glückliche tägliche Heimkehr besorgt und stellten mir für entlegene Gebiete ein Auto der chilenischen Elektrizitätsgesellschaft zur Verfügung. Außerdem danke ich Erasmo Espinoza Briones und seinen Mitarbeiter der CONAF im Parque Nacional Laguna del Laja. Für anregende Diskussionen und organisatorische Hilfe danke ich Dr. Ricardo Riesco Jaramillo und Dr. Jose Ignacio Gonzales Leiva (Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile) sowie Dr. Roberto Godoy (Universidad Austral de Chile, Valdivia).

Elfriede Mainz, LTA an der Universität Bonn, danke ich sehr herzlich für ihre weit über das erforderliche Maß hinausreichende Hilfe bei den Bodenanalysen während meiner insgesamt fünfmonatigen Laborarbeit. Klaus Weikinat danke ich für spontane Einsätze bei Computerproblemen, mehr noch für seine Besuche in Chile und Kalifornien und seine Begleitung zu abgelegenen Coniferenstandorten. Dipl.-Geograph Dirk Ferber danke ich für das Korrekturlesen und für die Benutzung technischer Geräte. Dipl.-Geograph Dr. Jochen Geibel danke ich ebenfalls für das Korrekturlesen dieser Arbeit. Frau Bräuer-Jux, (Kartographie, Universität Bonn), danke ich für das Umzeichnen der Abbildungen. Meine Familie schließlich hat mit großem Engagement die Fertigstellung der Arbeit begleitet.

Während der Feldarbeiten in den nord- und südamerikanischen Kordillern empfand ich die Tage und Nächte absoluter Ruhe zwischen Granitfelsen und den Silhouetten der Baumkronen sowie zwischen Menschen und Landschaften, die mich berührten, als großen persönlichen Gewinn dieser Arbeit.

Visitas

*A través de la noche urbana de piedra y sequía
entra el campo a mi cuarto.
Alarga brazos verdes con pulseras de pájaros,
con pulseras de hojas.
Lleva un río de la mano.
El cielo del campo también entra,
con su cesta de joyas acabadas de cortar.
Y el mar se sienta junto a mí,
extendiendo su cola blanquísima en el suelo.
Del silencio brota un árbol de música.
Del árbol cuelgan todas las palabras hermosas,
que brillan, maduran, caen.
En mi frente, cueva que habita un relámpago ...
Pero todo se ha poblado de alas.
Dime, ¿es de veras el campo que viene de tan lejos
o ..., son los sueños ...?*

Octavio Paz

ERSTER TEIL: GRUNDLAGEN

1 Einleitung

1.1 Problemstellung und Zielsetzung

„For many people, coniferous trees constitute a large fraction of all the living material they will see in a lifetime. Naturalists are accustomed to seeing coniferous trees by the tens of millions, whether they consciously notice them or not. There are many kinds of naturalists, and within each group are specialists and superspecialists. Specialists tend to specialize in >interesting< items. Because of this preoccupation with the hard-to-find, the beautiful, and the unusual, most of the commonest objects in nature are apt to be ignored. They are simply *there*, part of the background. But to assume that because a thing is common it is therefore uninteresting is a mistake.“ E. C. PIELOU (1994, S. 1; aus: The World of Northern Evergreens.)

Der bihemisparische, ökologische und pflanzengeographische Vergleich von *Calocedrus decurrens* (TORREY) FLORIN und *Austrocedrus chilensis* (D. DON) PIC. SERM. & BIZZARRI in den meridionalen Kordillerenlandschaften der nord- bzw. südamerikanischen Westseite möchte einen Beitrag zum Verständnis großräumiger, ökologischer Zusammenhänge liefern. Die Verbreitungsgebiete beider Reliktconiferen reichen mit auffallend ähnlichen Arealformen vom äquatorwärtigen Rande der Subtropen bis in die kühlgemäßigten Außertropen. Jeweils ein Schwerpunkt ihrer Verbreitung liegt in den Gebirgen der Winterregen-Subtropen zwischen 36° und 40° N bzw. 34° und 38° S (Klimazone IV1 nach TROLL & PAFFEN 1964); *Calocedrus decurrens* hat einen zweiten Verbreitungsschwerpunkt im Übergang der Subtropen zur kühlgemäßigten Zone (IV1 / III2), *Austrocedrus chilensis* am äquatorwärtigen Rand der kühlgemäßigten Zone (III2). Nadelhölzer (Coniferopsida), speziell die Cupressaceae bzw. Cupressoideae, sind weltweit in fast allen Klimazonen verbreitet und vereinigen nicht nur gemeinsame anatomisch-morphologische, sondern auch ökophysiologische Merkmale.

Die Arbeiten Carl TROLLS (1966a + b) zur von ihm begründeten „Vergleichenden Hochgebirgsforschung“ und seine Abhandlungen zum asymmetrischen Landschaftsaufbau von Nord- und Südhalbkugel (TROLL 1948) sowie zur orographisch-morphologischen und klimatischen Symmetrie der nord- und südamerikanischen Kordillerenlandschaften (TROLL 1957) verweisen auf eine Fülle von ökologischen Parallelen beider Großräume. Seinen orographisch und klimaökologisch vergleichbaren Landschaften Nord- und Südamerikas (Abb. 1) lassen sich bestimmte landschaftsprägende Coniferen zuordnen (Tab. 1). Wie zu zeigen sein wird, ist der ökologische und pflanzengeographische Vergleich der beiden o.g. Zypressengewächse – mit bemerkenswert ausgedehnten Verbreitungsgebieten – in diesem Zusammenhang besonders geeignet, Aufschluss über die Standortansprüche der häufig als „anspruchlos“ und „konkurrenzschwach“ geltenden Nadelhölzer zu geben.

In der zunehmenden Diskussion über Biodiversität und Geodiversität (WILSON 1992, S. 1984-2000; BARTHLOTT, LAUER & PLACKE 1996, S. 317-327; BARTHLOTT & WINIGER 1998, S. 3-32, 83-108) im Zusammenhang mit der ungleichen Verteilung

der Lebewesen und der Phytomasse auf der Erde wurden die Coniferen, insbesondere die entwicklungsgeschichtlich alten, sogenannten Reliktconiferen, bislang wenig beachtet. Nadelhölzer prägen jedoch in allen Erdteilen von den kalt- bzw. kühlgemäßigten Außertropen bis in die Gebirge der Tropen die Vegetation weiter Teile der Kontinente. Die geoökologischen Beziehungen zwischen der temperierten Zone und den Tropengebirgen sowie ihre floristischen Gemeinsamkeiten wurden von TROLL (1948), BADER (1960a + b) und weiteren Autoren (in: TROLL & Lauer 1978) untersucht. Beiden Hemisphären gemeinsam sind die in den tropischen, subtropischen und gemäßigten Klimaten verbreiteten Gebirgsnadelwälder, heutige Heimstatt vieler schon im Tertiär verbreiteter Coniferen, so auch *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* in den subtropischen und kühlgemäßigten Gebirgen auf der Westseite des amerikanischen Doppelkontinents. Vergleichende ökologische Arbeiten zu den nord- und südamerikanischen Winterregen-Subtropen beschäftigen sich hauptsächlich mit der konvergenten Evolution der kalifornischen und chilenischen Hartlaubflora (ARROYO, CAVIERES, MARTICORENA & MUÑOS-SCHICK 1995; ASCHMANN 1973; CANADELL & ZEDLER 1995; COWLING & CAMPBELL 1980; COWLING & al. 1996; DALLMANN 1998; Di Castri 1973; MOONEY 1977; MOONEY, DUNN, SHROPSHIRE & SONG 1970; PARSONS 1976; PARSON & MOLDENKE 1975; THROWER & BRADBURY 1973, 1977), während großräumige Vergleiche der zwei so unterschiedlichen Wald- und Coniferenfloren der symmetrisch angeordneten nord- und südamerikanischen Kordillerenlandschaften (vgl. TROLL 1957; Abb. 1; Tab. 1) noch ausstehen. Kann man nun angesichts des ähnlichen Landschaftsaufbaus der beiden Westseiten mit jedoch unterschiedlichen floristischen Verhältnissen Gemeinsamkeiten bezüglich der Verbreitung und der Standortansprüche von *Calocedrus decurrens* (Photo 1 u. 3) und *Austrocedrus chilensis* (Photo 2 u. 4) erwarten?

Angesichts der Tatsache, dass Menschen das natürliche Pflanzenkleid durch starke Eingriffe teilweise irreversibel zerstört oder verändert haben, muss differenziert werden, inwieweit neben anthropogenen Eingriffen auch natürliche Vorgänge im Laufe der Erdgeschichte (Entstehung des subtropischen Winterregenklimas, tertiäre Orogenese, quartäre Klimaschwankungen) die Verbreitungsgebiete alter Taxa einerseits dezimiert, auf der anderen Seite jedoch ihr Überleben erst ermöglicht haben. Außerdem bleibt die Frage, ob sich die Areale von *Calocedrus decurrens* in Kalifornien/Oregon und *Austrocedrus chilensis* in Chile/Argentinien nicht sogar ausgedehnt haben (zu den Tertiärfloren Kaliforniens vgl. AXELROD 1973, S. 227-236), obwohl die weltweite Verbreitung der Sippen erheblich dezimiert worden sein muss, wie die nordamerikanisch-ostasiatische Großdisjunktion der Gattung *Calocedrus* sowie die isolierte Stellung der monotypischen Gattung *Austrocedrus* zeigen. Die Untersuchung der Standortansprüche zweier Reliktconiferen in dem gegenüber Störungen sehr empfindlichen klimatischen Übergangsraum der Winterregen-Subtropen möchte zeigen, welche Faktoren ihnen einerseits das Überleben ermöglicht haben und andererseits ihr rezentes Verbreitungsgebiet begrenzen. Die Antwort auf die Frage, warum beide Zypressengewächse dort wachsen – wo sie gedeihen und sich vor allem erfolgreich reproduzieren können – erfordert ökologische und ökophysiologische Untersuchungen und Begründungen. Zugleich soll die verbreitete Vorstellung aufgegriffen und anhand der beiden Cupressaceen exemplarisch untersucht werden, inwieweit die interspezi-

fische Konkurrenz tatsächlich die Verbreitung der Coniferen mitbestimmt (z. B. SCHMITHÜSEN 1978, S. 127). Zur Lösung des Konkurrenzproblems könnte besonders die Tatsache beitragen, dass die nordamerikanische Art überwiegend Bestandteil eines artenreichen Coniferen- und Laubmischwaldes ist, während die südamerikanische Spezies einen eigenen Waldgürtel bildet, welcher lediglich in bestimmten Gebieten von sommer- oder immergrünen Südbuchen (*Nothofagus*) unterwandert wird.



Abb. 1 Die symmetrische Anordnung der Cordillerenlandschaften Nord- und Südamerikas (umgezeichnet nach: TROLL 1957)

Tab. 1 Die symmetrische Anordnung der Kordillerenlandschaften Nord- und Südamerikas (nach TROLL 1957) mit den für die jeweilige Zone charakteristischen Coniferen (vgl. hierzu Profil 1-3 bzgl. *Calocedrus decurrens* und Profil 4-6 bzgl. *Austrocedrus chilensis*). Die römisch-arabischen Ziffern bezeichnen die Klimazone in der Karte der Jahreszeitenklimate nach TROLL & PAFFEN (1964)

Amerikas Kordillerenlandschaften (TROLL 1957)	Coniferen der nordamerikanischen Westseite	Coniferen der südamerikanischen Westseite
Regenwald-Fjord-Küste III2	<u>Küste (WA, BC):</u> <i>Picea sitchensis, Pseudotsuga menziesii, Thuja plicata, Tsuga heterophylla</i> <u>Bergland (WA, BC):</u> <i>Abies lasiocarpa, A. procera, Xanthocyparis (Chamaecyparis) nootkatensis, Tsuga mertensiana</i>	<u>Küstengebirge (CL, AR):</u> <i>Lepidothamnus (Dacrydium) fonckii, Fitzroya cupressoides, Pilgerodendron uviferum</i>
Übergangs-Zone IV1/III2	<u>Küstenbergland (CA, OR):</u> <i>Chamaecyparis lawsoniana, Sequoia sempervirens</i> <u>Bergland (CA, OR):</u> <i>Abies concolor, A. magnifica, Calocedrus decurrens, Pinus jeffreyi, P. lambertiana, P. ponderosa, Pseudotsuga menziesii</i>	<u>Gebirge (CL, AR):</u> <i>Araucaria araucana</i> <u>Küstenbergland (CL, AR):</u> <i>Podocarpus nubigena, P. saligna, Prumnopitys (Podocarpus) andina, Saxegothea conspiciua</i>
Mediterrane Klimazone IV1	<u>Küste (CA):</u> <i>Cupressus forbesii, C. macrocarpa, C. sargentii, Pinus attenuata, P. radiata, P. torreyana, Sequoia sempervirens</i> <u>Küstenbergland (CA):</u> <i>Abies bracteata, Pinus coulteri, P. sabiniana, Pseudotsuga macrocarpa</i> <u>Gebirge (CA, MEX):</u> <i>Abies concolor, A. magnifica, Calocedrus decurrens, Juniperus occidentalis, Pinus jeffreyi, P. lambertiana, P. ponderosa, Pseudotsuga menziesii, Sequoiadendron giganteum</i>	<u>Gebirge (CL, AR):</u> <i>Austrocedrus chilensis</i>
Trockengürtel IV2/IV5	<u>Gebirge (CA, AR, MEX):</u> <i>Juniperus occidentalis, J. osteosperma, Pinus edulis, P. monophylla, P. quadrifolia</i>	- keine -
Mexikanische Meseta/ Peruanisch-bolivianischer Altiplano	<u>Meseta (MEX)*:</u> <i>Pinus arizonica var. stormiae, P. edulis, P. johannis, P. remota</i> <u>Sierra Madre / Meseta (MEX)*:</u> <i>Pinus ayacahuite var. brachyptera, P. cembroides, P. chihuahuana, P. cooperi, P. discolor, P. durangensis, P. engelmannii, P. lumboltzii, P. strobiformis, P. teocote</i>	- keine -

*) nach PERRY (1991, S. 46-49, 60-64, 69-71, 92-94, 99-100, 104-107, 191)

„ [...] Dabei stellen wir nicht nur die symmetrische Anordnung der klimatischen Erscheinungen auf den beiden Hemisphären fest, sondern auch eine gewisse Symmetrie in der orographisch-morphologischen Gestaltung (Karte). Der Fjordküste Südalaskas und British Columbias bis zur Insel Vancouver mit ihrer starken Beregnung durch die ständigen Westwinde, ihrem hochozeanischen Klima, ihrem dichten Waldkleid und ihren bis zum Meeresspiegel herabstoßenden Gletschern entspricht auf der Südhalbkugel die Fjord-, Urwald- und Gletscherwelt von Westpatagonien und Feuerland bis zur Insel Chiloé. Im Bereich des sommertrockenen Mediterranklimas ordnen sich auf der Nordhalbkugel in Californien Küstenkordillere, Längstalsenke und Sierra Nevada in küstenparallelen Zonen an, auf der Südhalbkugel in Mittelchile ganz entsprechend Küstenkordillere, Längstalsenke und Cordillera in Los Andes. Im Randgebiet der Tropen schließlich schalten sich zwischen West- und Ostkordilleren breite Binnenhochländer ein, die Meseta Mexikos zwischen der Sierra Madre Occidental und der Sierra Madre Oriental, der Altiplano von Bolivien und Peru zwischen der West- und Ostkordillere.“
 C. TROLL (1957, S. 192; aus: Forschungen in Zentralmexiko.)

Welche Umwelteinflüsse bestimmen die Verbreitung der „Incense Cedar“ (*Calocedrus decurrens*) und der „Ciprés de la Cordillera“ (*Austrocedrus chilensis*)? Wie sind sie an die herrschenden klimatischen und edaphischen Verhältnisse angepasst? Liegen den Verbreitungsmustern von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* ähnliche klimatische und bodenökologische Standortansprüche zugrunde? Handelt es sich um eine konvergente und bis zu einem gewissen Grade parallele Evolution (vgl. JOHNSON 1973, S. 3) beider Zypressengewächse? Ungeachtet der Zugehörigkeit zu verschiedenen Florenreichen sind beide Arten relativ nah miteinander verwandt, auch wenn sie nach der jüngsten Revision innerhalb der Cupressaceae (FARJON 2005) nicht mehr der gleichen Tribus, sondern nur noch der gleichen Unterfamilie angehören.

Die beiden in erstaunlich ähnlicher Art und Weise über 11 bzw. 15 Breitengrade verbreiteten Cupressaceen drängen die Vermutung auf, dass hierbei vergleichbare Standortverhältnisse zugrundeliegen. Sollte dies tatsächlich der Fall sein, könnten *Calocedrus* und *Austrocedrus* die klimaökologischen Bedingungen und die Besonderheiten der von TROLL (1957) herausgestellten subtropischen und temperierten Großräume anzeigen, welche die Mittelwertsklimatologie nicht erfassen kann (WEISCHET 1996, S. 328-329; vgl. LAUER & RAFIQPOOR 2002, S. 20-21).

„Dies bestätigt einmal mehr die Bedeutung der Vegetation als dem besten Indikator des Klimas. Mit der Berücksichtigung der Vegetation als Anzeiger der klimatischen Standortbedingungen kommt man über die Rückkopplungsmechanismen im System Klima-Boden-Vegetation den ökoklimatischen Besonderheiten eines Gebietes näher.“
 (LAUER & RAFIQPOOR 2002, S. 87).

Als äquatornächste außertropische Conifere führt *Austrocedrus chilensis* (D. DON) PIC. SERM. & BIZZARRI die streng dem klimatischen Gradienten folgende Reihe der ausnahmslos endemischen südandinen Nadelgehölze an (vgl. SCHMITHÜSEN 1960, S. 318; 1966, S. 192; 1978, S. 125; HUECK 1966, S. 327; GOLTE 1978a, S. 107-108; QUINTANILLA 1974, S. 49; 1983, S. 97, 99, 136; GRAF 1986, S. 54, 67). Sie ist die Conifere der „Zona Central“ Chiles (HOFFMANN 1994, S. 50-51; 1995, S. 48-49) mit ausgeprägtem

mediterranen Klima, nach V. HUSEN (1967, S. 16-17, 94) die Zone „regelmäßiger, subtropischer Winterregen“ (34°-38° S) mit periodischer Sommertrockenheit. Dort besiedelt sie das montane bis hochmontane Gebirgsland mit entsprechend abgewandeltem Klima, denn das typische eumediterrane Tieflandsklima sagt ihr nicht zu, wie es die angepflanzten kümmerlichen Bäumchen in den Plazas und Parks der zentralchilenischen Städte – trotz zuverlässig wässernder Gärtner – zeigen. Im Hochgebirge jedoch wächst sie zu kräftigen Bäumen heran und bildet eine eigene Pflanzenformation, den Waldtyp „Tipo Forestal Ciprés de la Cordillera“. Diese Tatsache wirft die Frage auf, an welche klimatischen und edaphischen Verhältnisse die Ciprés angepasst ist, warum sie also gerade dort gedeiht.

Anders als die häufig Reinbestände bildende *Austrocedrus chilensis* ist *Calocedrus decurrens* (TORREY) FLORIN lediglich Bestandteil des „Mixed Conifer Forest“, welcher als typisches Pflanzenkleid die montane Stufe der Sierra Nevada bedeckt (BARBOUR 1988, S. 131-164; BARBOUR & MAJOR 1977, S. 916-923; DAUBENMIRE 1978, S. 54, 144-145, 156-157, 164; FRANKLIN 1988, S. 103-130; HUNT 1974, S. 27-57, 79-93, 121-135, 149-179, 573-617; JOHNSTON 1994; 1998; KNAPP 1959, S. 12; 1965, S. 1-22, 125-171; KRICHER & MORRISON 1993, S. 281-310, 381-450; LANNER 1999; RAVEN 1977, S. 109-137; ROCKWELL 1998; SCHOENHERR 1992, S. 1-166, 228-260, 278; SMITH 1985, S. 96-97; WHITNEY 1997, S. 65-79, 367). Abgesehen von der sie umgebenden reichen Coniferenflora spiegelt sich das Verbreitungsmuster der Incense Cedar auf der nördlichen Hemisphäre in demjenigen der Ciprés de la Cordillera auf der Südhalbkugel wider.

Die Verbreitungsgebiete beider Arten reichen im Lee der Kordilleren bis in die temperierte Klimazone. Diese offensichtliche Symmetrie beider Areale – welche a priori die Bedeutung der „Konkurrenz“ als Standortfaktor relativiert – fordert eine vergleichende ökologische Untersuchung beider Coniferen geradezu heraus.

Welche Rolle spielt die klimatische Periodizität für die Verjüngung beider Zypressengewächse (siehe Kapitel 5.1.1, 5.2.1 und 8.1)? Denn letztlich bestimmt nur die Fähigkeit zur Reproduktion, ob sich eine Art an ihrem Standort erhalten kann, was freilich wiederum voraussetzt, dass sich der Baum als Individuum unter annähernd guten – nicht notwendigerweise optimalen – Bedingungen entwickeln, sprich keimen, heranwachsen, Infloreszenzen und Zapfen ausbilden und reife Samen produzieren kann. Folglich sind *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* an ihren Standort solange angepasst, wie das herrschende Klima ihre Zapfen reifen und aufspringen lässt und der Boden ihre Verwurzelung und Keimung gestattet, sie also zur Reproduktion befähigt sind. In diesem Zusammenhang muss auf die häufige Beobachtung hingewiesen werden, dass alte Coniferentaxa, „wenn sie angepflanzt werden, in einem sehr viel weiteren Bereich“ (SCHMITHÜSEN 1978, S. 127) gedeihen können. Entscheidend für die Arterhaltung bleibt jedoch letztlich, ob es der jeweiligen Conifere möglich ist, sich in diesem „weiteren Bereich“ auch zu verjüngen.

1.2 Aufbau der Arbeit

Wie sehen Incense Cedar und Ciprés de la Cordillera aus? Welche systematische Stellung nehmen *Calocedrus decurrens* (TORREY) FLORIN und *Austrocedrus chilensis* (D.

DON) PIC. SERM. & BIZZARRI innerhalb der Familie der Cupressaceae ein? Wo wachsen sie? Grundlegende Erkenntnisse zur Systematik und Verbreitung beider Coniferen werden in den Kapiteln 2 und 3 vorgestellt. Welchen orographischen Verhältnissen innerhalb der diesbezüglich symmetrischen nord- und südamerikanischen Westseiten (vgl. TROLL 1957, S. 192; vgl. Tab. 1) folgen beide Zypressengewächse in verblüffend ähnlicher Art und Weise?

Vorgehensweisen im Gelände und Labormethoden erläutert Kapitel 4. Die ökologischen Untersuchungen auf zwei Kontinenten über in Nord-Süd-Richtung 1800 km bzw. 1400 km (Luftlinie) ausgedehnte, teils schwer zugängliche, ausschließlich gebirgige Verbreitungsgebiete erfordern eine flexible Logistik und unterschiedliche, den jeweiligen natürlichen und sonstigen Gegebenheiten angepasste Mobilitätsformen. Feldmethoden und die entsprechenden Geräte mussten derart ausgewählt werden, dass sie von einer Person auf mehrstündigen bzw. -tägigen Wanderungen transportiert werden konnten. Beobachtungen und Ergebnisse der Feldforschungen (Tafel 1-22, Vegetationsprofile in Kapitel 6, Zusammenstellung der Photos und Anhang 1-12) werden in das Gesetz der relativen Standortkonstanz nach WALTER & WALTER (1953) und in die Kategorien des Geographischen Formenwandels im Sinne von H. LAUTENSACH (1952) eingebunden.

Mit den jeweiligen Standortverhältnissen in den Verbreitungsgebieten von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* beschäftigen sich Kapitel 5.1 und 5.2. Im Zentrum der Untersuchungen stehen die physisch-geographischen Standort- bzw. Ökofaktoren, also die klimatischen, geologischen, pedologischen, bodenhydrologischen und floristischen Verhältnisse. Die Stellung beider Coniferen innerhalb der allgemeinen atmosphärischen Zirkulation (Kapitel 5.1.1.1 und 5.2.1.1), die Hochgebirgsvariante des subtropischen Winterregenklimas in der Sierra Nevada (Kapitel 5.1.1.2) und den zentralchilenischen Anden (Kapitel 5.2.1.2) sowie das jahreszeitliche Witterungsgeschehen (Kapitel 5.1.1.3 und 5.2.1.3) werden erläutert. Entsprechend der relativen Standortkonstanz werden an den Arealrändern die für *Calocedrus* und *Austrocedrus* ungünstigen großklimatischen Verhältnisse durch einen Biotopwechsel (Topoklimate) ausgeglichen (Kapitel 5.1.1.4 und 5.2.1.4). Die geologischen Verhältnisse umreißen Tektonik und Schichtenfolge der wichtigsten Formationen, auf denen Ciprés und Incense Cedar stocken (Kapitel 5.1.2 und 5.2.2). Anschließend werden die Böden und Bodenanalysen der vor allem granitoiden, vulkanischen und teilweise serpentinitischen Gesteinen vorgestellt (Kapitel 5.1.3 und 5.2.3). Ein Abriss über die Vegetation mit jeweils drei West-Ost-Transekten durch das zentrale, nördliche und südliche Verbreitungsgebiet von *Calocedrus decurrens* (Profil 1-3) und *Austrocedrus chilensis* (Profil 4-6) ergänzen die ökologischen Untersuchungen zu beiden Coniferen (Kapitel 5.1.4 und 5.2.4).

Auf dieser Grundlage werden die nach den Kategorien des Formenwandels (LAUTENSACH 1952) ausgewählten Wuchsorte von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* in einem pflanzengeographischen Vergleich gegenübergestellt (Kapitel 6). Im Zentrum dieser ökologischen Gegenüberstellung stehen die jeweils analogen nord- und südamerikanischen Teilareale (Kapitel 6.1 bis 6.8) mit ausgewählten Untersuchungsräumen, welche diverse Biotope mit *Calocedrus* bzw. *Austrocedrus* beinhalten (siehe Tab. 33 in Kapitel 6.1.1 und Tab. 34 in Kapitel 6.1.2). Aus der vergleichenden Gegenüberstellung

der jeweiligen Teilareale werden interessante Schlussfolgerungen bezüglich der Standortansprüche beider Coniferen erwartet (Kapitel 7). Aufeinander abgestimmte Tafeln der Begleitflora, Vegetationsprofile (Kapitel 6.2 bis 6.8) und Photos (CD) illustrieren unterschiedliche Standorte der Incense Cedar und der Ciprés in den jeweiligen Hauptverbreitungsgebieten und an den Arealrändern.

Die Ökophysiologie, die vegetativen und reproduktiven Prozesse sowie die Lebenszyklen („life histories“) beider Coniferen demonstrieren, wie die Funktionsweisen ihrer Organe an bestimmte Lebensraumbedingungen angepasst sind (Kapitel 8).

Als Rückblick im erdgeschichtlichen Sinne und als Ausblick auf jeweils nahestehende Sippen von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* (s. Beilage 2) wird schließlich die Gattung *Calocedrus* KURZ insgesamt und die *Libocedrinae* FARJON (stat. nov.) (Tribus der Libocedreae) vorgestellt (Kapitel 9). Ein Überblick behandelt deren Verbreitung von der Kreidezeit bis zur Gegenwart. Als Ergänzung zu den Untersuchungen über die Incense Cedar und die Ciprés de la Cordillera eröffnen diese Betrachtungen interessante Ausblicke zur Ökologie der Cupressaceen (Kapitel 10).

2 Systematische Stellung und Merkmale

2.1 *Calocedrus decurrens*

„But if you would see the *Libocedrus* [*Calocedrus*] in all its glory, you must go to the woods in winter. Then it is laden with myriads of four-sided staminate cones about the size of wheat-grains – winter wheat – producing a golden tinge, and forming a noble illustration of Nature’s immortal vigour and virility.“ J. MUIR (1894; aus: The mountains of California.)

Bis in die jüngste Zeit zählte man *Calocedrus decurrens* (TORREY) FLORIN, die wie *Austrocedrus chilensis* (D. DON) PIC. SERM. & BIZZARRI den Cupressaceen angehört, zur Tribus der Libocedreae und damit zur ausschließlich südhemisphärischen Unterfamilie der Callitroideae – eine bezüglich ihrer Verbreitungsgeschichte schon erstaunliche Tatsache. Nach der jüngsten Revision der Cupressaceae GRAY (FARJON 2005, Kew Botanical Garden, London; siehe Tab. 57 in Kapitel 9) wird die Gattung *Calocedrus* KURZ jedoch zu der sowohl auf der Nord- als auch auf der Südhalbkugel verbreiteten neuen Unterfamilie der Cupressoideae RICH. EX. SWEET gestellt und innerhalb dieser den Cupresseae RICH. EX DUMORT. zugerechnet (FARJON 2005, S. 53), was auch der weltweiten Verbreitung der nordhemisphärischen Cupresseae RICH. EX DUMORT. und der lediglich auf der Südhalbkugel beheimateten Callitrideae FARJON (stat. nov.) entspricht (vgl. hierzu auch DRUDE 1890; zur Genetik der Incense Cedar siehe HARRY 1984).

In die Systematik (siehe Tab. 2) wurde die Incense Cedar im Jahre 1853 unter dem Namen *Libocedrus decurrens* TORR. (Smithson. Contr. (Fremont.), pl. 3. Apr., Vol. 6, H. 2, S. 7) eingeführt. Noch im gleichen Jahr wurde sie als *Thuja craigana* GREV. & BALF. (A. Murr. Bot. Exp. Oreg., Vol. 2, pl. 3, No. 750) neu beschrieben. Zwanzig Jahre später, 1873, erhielt sie den Namen *Heyderia decurrens* K. KOCH (Dendr. H. 2, S. 179). 1907 taufte man sie in *Thuja decurrens* VOSS (Mitt. Deuts. Dendrol. Ges. 1907, S. 88) um, bevor sie 1956 ihren seitdem gültigen Namen *Calocedrus decurrens* (TORREY) FLORIN (Taxon, H. 5, S. 192) bekam.

Tab. 2 Jahre der Erst- und Neubeschreibungen mit den entsprechenden Synonymen von *Calocedrus decurrens*

Jahr	Name	Erste Veröffentlichung
1853	<i>Libocedrus decurrens</i> TORREY	Smithson. Contr. (Fremont.) 6,2: 7, pl. 3
1853	<i>Thuja craigana</i> GREV. & BALF.	A. Murr. Bot. Exp. Oreg. 2, no. 750, pl. 3
1873	<i>Heyderia decurrens</i> K. KOCH	Dendr. 2: 17
1907	<i>Thuja decurrens</i> VOSS	Mitt. Deuts. Dendrol. Ges. 1907: 88
1956	<i>Calocedrus decurrens</i> (TORREY) FLORIN	Taxon 5 (8): 19

Kurzbeschreibungen von *Calocedrus decurrens* gibt es von ARNO (1973, S. 44-46), ARNO & HAMMERLY (1977, S. 111-116), BREIMHORST (1992, S. 56-58), COOMBES (1992, S. 35-36), FOWELLS (1965, S. 242-247), HICKMAN (1996), HITCHCOCK & al. (1969,

S. 109-111), LITTLE (1994, S. 58, 319, 453), MITCHEL (1918), MOSKOVITZ (2001), MUNZ & KECK (1973), POWERS & OLIVER (1990), RECORD & HESS (1943, S. 5-11), SUDWORTH (1967, S. 148-153), WEEDEN (1996) und WITHMAN (1997, S. 32-33).

Calocedrus decurrens ist mit durchschnittlich 20 bis 50 m Höhe etwas größer als *Austrocedrus chilensis* (zum unterschiedlichen Höhen- und Breitenwachstum in den jeweils verschiedenen Teilarealen beider Bäume siehe Kapitel 8.3). Der junge Baum hat wie auch die Krone des alten Baumes eine breit-konische Form. Mit zunehmendem Alter wird diese in Relation zur Höhe des Baumes schmaler, und die unteren Zweige werden vermehrt abgeworfen. Der spitz zulaufende Stamm kann im Extremfall einen Durchmesser von bis zu 4 m erreichen (Klamath Mountains) und ist von einer 1 bis 2,5 cm dicken, faserigen, rotbraunen bis zimtroten Borke umgeben (Photo 5). Bei jungen Bäumen mit Stammdurchmessern von 5 bis 7 cm ist die Borke noch glatt und von silbergrauer Farbe. Die Äste erster Ordnung, besonders die tiefer angesetzten, sind ähnlich wie bei *Austrocedrus chilensis* s-förmig nach unten gebogen.

Die Schuppenblättchen (Photo 7) sind je nach Alter 3 bis 10 mm lang (die Keimblätter bis 15 mm) und in vierzähligen Wirteln (quirlig) angeordnet. Allerdings sind sie eher scheinbar vierständig. FITSCHEN (2002) bezeichnet diese Blattstellung als kantständig. Sie sind dicht aneinander gepreßt und überlappend. Der exponierte Teil ist länger als breit. Besonders die jungen Schuppenblättchen an den Zweigenden und bei Sämlingen sind stark kutinisiert. Die weißen bis beige Kutinstreifen verlaufen auf der Blattoberseite entlang der Blattachse (vgl. Schuppenblättchen von *Austrocedrus chilensis* auf Photo 8). Bei einjährigen, wenige Zentimeter großen Sämlingen kann man einen ausgeprägten Blattdimorphismus beobachten. Über den beiden langen Kotyledonen liegen kurze, spitze Nadeln und darüber folgen schließlich die Schuppenblättchen an der Triebspitze.

Die gelblichen, ovalen Pollenzapfen werden 5 bis 7 mm lang und circa 3 mm breit. Die winzigen, rötlich-braunen weiblichen Infloreszenzen sind zur Zeit der Bestäubung im Spätwinter recht unscheinbar und nur wenige Millimeter groß. Die ovalen Samenzapfen reifen im ersten Jahr und werden 15 bis 25 mm lang und circa 5 bis 8 mm breit (geschlossener Zustand vor dem Aufspringen). Die weiblichen Zapfen bestehen aus drei teils überlappenden Paaren von Zapfenschuppen, von denen das mittlere Paar fruchtbar ist. Im Herbst reifen pro Zapfen vier jeweils 8 bis 12 mm lange, rötlich-braune Samen heran (zwei pro fruchtbare Schuppe). Sie sind flach und ungleich geflügelt (zweiflügelig), wobei ein Flügel als schwach ausgebildeter Saum kaum ausgeprägt ist (Abb. 2).

2.2 *Austrocedrus chilensis*

Austrocedrus chilensis (D. DON) PIC. SERM. & BIZZARRI gehörte bislang unter den Cupressaceen zur südhemisphärischen Unterfamilie der Callitroideae (Tribus der Libocedreae), welche mit den meisten Arten im austral-pazifischen Raum zu finden ist. Nach der jüngsten Revision der Cupressaceae GRAY (FARJON 2005, Kew Botanical Garden, London; siehe Tab. 57 in Kapitel 9) wird die monotypische Gattung *Austrocedrus* FLORIN & BOUTELJE wie auch die Gattung *Calocedrus* KURZ zu der sowohl auf der Nord- als auch auf der Südhalbkugel verbreiteten neuen Unterfamilie der Cupressoideae RICH. EX. SWEET gestellt und innerhalb dieser den Callitrideae FARJON

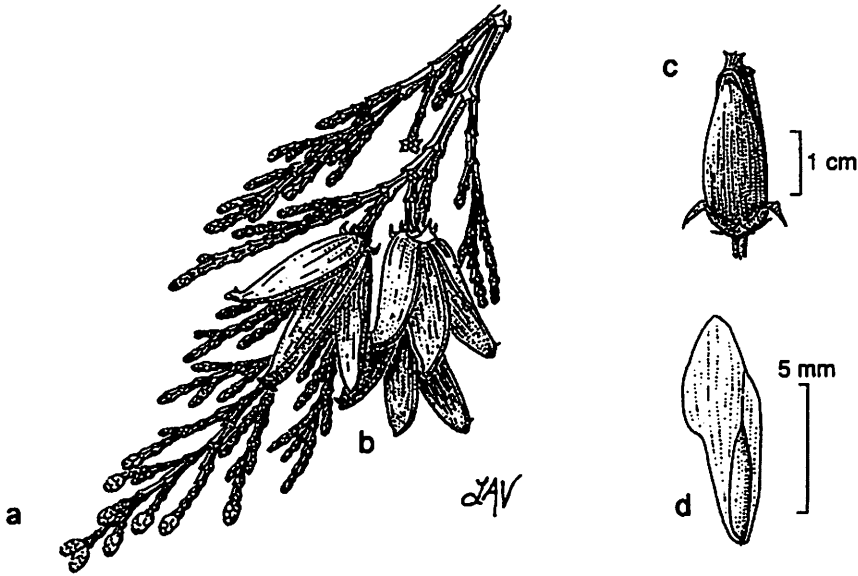


Abb. 2 Zweig, Pollenzapfen (Mikrosporophyll), Zapfen (Megasporophyll) und Same von *Calocedrus decurrens* (aus: HICKMAN 1996)

- a) Zweig mit Pollenzapfen (Mikrosporophyll) und
- b) aufgesprungenen weiblichen Zapfen (Megasporophyll) mit bereits entlassenen Samen,
- c) geschlossener weiblicher Zapfen mit vier Samen (mittlere fruchtbare Zapfenschuppe),
- d) ungleich geflügelter Same, dessen zweiter Flügel lediglich als schmaler Saum ausgebildet ist (Schraubenfliegertyp).

(stat. nov.) zugerechnet, was der weltweiten Verbreitung der südhemisphärischen Callitrideae FARJON (stat. nov.) und der lediglich auf der Nordhalbkugel beheimateten Cupresseae RICH. EX DUMORT. gerecht wird (vgl. hierzu auch DRUDE 1890). Die Callitrideae FARJON (stat. nov.) teilen sich in die Libocedrinae FARJON (stat. nov.) und die Callitrinae MASTERS. *Austrocedrus chilensis* (D. DON) PIC. SERM. & BIZZARRI gehört zu den Libocedrinae FARJON (stat. nov.) bzw. wie bisher mit *Libocedrus* ENDL., *Papuacedrus* H. L. LI und *Pilgerodendron* FLORIN zur Tribus der Libocedreae (FARJON 2005, S. 53).

In der Systematik trat sie erstmals im Jahre 1843 unter dem Namen *Thuja chilensis* HOOK. (London J. Bot., H. 2, S. 199) auf (Tab. 3). 1845 wurde sie als *Thuja andina* POEPP. (Nova gen. Sp. Pl. 3, S.17) neu beschrieben. Wiederum zwei Jahre später, 1847, erhielt sie ihren lange gültigen Namen *Libocedrus chilensis* (D. DON) ENDL. (Synop. Conif. 44), welcher noch bis in die 60er Jahre des 20. Jahrhunderts in der Literatur erwähnt wird (BADER 1960, DALLIMORE & JACKSON 1961, HUECK 1966). 1954 bekam sie ihre lange gültige Bezeichnung *Austrocedrus chilensis* (D. DON) FLORIN et BOUTELJE (Acta Horti Berg., H. 17, S. 29) und gilt dementsprechend als monotypische Gattung (siehe RODRÍGUEZ, MATTHEI & QUEZADA 1983, S. 73). Seit 1978 heißt der Baum *Austrocedrus chilensis* (D. DON) PIC. SERM. & BIZZARRI.

Tab. 3 Jahre der Erst- und Neubeschreibungen mit den entsprechenden Synonymen von *Austrocedrus chilensis*

Jahr	Name	Erste Veröffentlichung
1843	<i>Thuja chilensis</i> HOOK.	London J. Bot. 2, S. 199
1845	<i>Thuja andina</i> POEPP.	Nova gen. Sp. Pl. 3, S. 17
1847	<i>Libocedrus chilensis</i> (D. DON) ENDL.	Synop. Conif. 44
1954	<i>Austrocedrus chilensis</i> (D. DON) FLORIN & BOUTELJE	Acta Horti Berg. 17, S. 29
1978	<i>Austrocedrus chilensis</i> (D. DON) PIC. SERM. & BIZZARRI	Webbia 32 (2): 482

Kurzbeschreibungen (Icones) von *Austrocedrus chilensis* liegen von DIMITRI (1977, S. 26), DONOSO (1994c, S. 16-17), ENRIGHT & HILL (1995, S. 136-142), GONZÁLEZ, RODRÍGUEZ & BAEZA (1991, S. 29-30), HOFFMANN (1994, S. 50-51; 1995, S. 48-49), HORA (1980, S. 96), KRÜSSMANN (1983, S. 14 u. 56), MUÑOZ PIZARRO (1966, S. 42) sowie RODRÍGUEZ, MATTHEI & QUEZADA (1983, S. 73-75) vor; aus xylotomischer Sicht von GREGUSS (1955, S. 55-59).

Mit ihrer relativ zierlichen Gestalt wirkt die Ciprés im Verhältnis zu den mächtigen und imposanten Gestalten der Alerce und Araukarien eher unscheinbar. Doch verbirgt sich hinter den biegsamen, im Winde winkenden Zweigen ein ausgesprochen hartes und widerstandsfähiges Stammholz mit schmalen, oft nur 1 bis 2 mm breiten Jahresringen, welche das langsame Wachstum bekunden (siehe hierzu Kapitel 8.3).

Krumme, teils kriechende, jedoch durchaus kräftige Stämme charakterisieren eine große Anzahl Cipreses an ihrem nördlichsten Standort am Cerro Tabaco bei 32°39' S (vgl. SCHLEGEL 1962, S. 43-45) oberhalb des Dörfchens El Asiento. Geradegewachsene Bäume erreichen dort eine Höhe von etwa 5 m. Mächtige, kerzengerade Exemplare von circa 25 m Höhe und einem Stammumfang von über 5 m kennzeichnen hingegen die Bestände am Lago Traful im Parque Nacional (P. N.) Nahuel Huapi (Argentinien). SEIBERT (1977, S. 514) gibt sogar für den *Austrocedrus*-Wald am Lago Nahuel Huapi eine durchschnittliche Höhe von über 30 m an, HUECK (1966, S. 356) ein Längenwachstum von 20 bis 25 m. In Chile wird der Baum gewöhnlich nicht höher als 15 bis 20 m bei 50 bis 100 cm Brusthöhendurchmesser (BHD).

Der in der Regel aufrechte, gerade Stamm läuft bis zur Spitze leicht konisch zu und wird meistens von einem ebenmäßigen, kegelförmigen Blättermantel umkleidet (Photo 2 u. 4). Oftmals verhüllen die bis auf die Erde reichenden, wippenden Äste gänzlich den Stamm. Erst sehr alte Bäume – die Ciprés kann bis zu knapp 1000 Jahre alt werden (HOLMES 1968; in: VEBLEN & SCHLEGEL 1982, S. 95) – werfen die unteren Äste ab, sodass nur das obere Drittel des Astwerks als Baumkrone verbleibt. Folglich tauscht die Ciprés mit zunehmendem Alter ihr juveniles, mehr oder weniger breites, kegelförmiges Blätterkleid gegen eine bisweilen recht flache Krone ein (Photo 2), welche sodann dem oft nackten Stamm aufsitzt. Die Borke ist von aschgrauer Farbe (Photo 6) und ihre vertikalen Risse winden sich spiralförmig den Stamm hinauf. Die Äste erster Ordnung strecken sich horizontal in wechsel- oder gegenständiger Anordnung aus und streben an ihren Enden leicht aufwärts. Dort greift besonders oberseitig eine üppige, fächerförmige Verzweigung in Richtung des einfallenden Sonnenlichts. Oft ist die zweizeilige

Verzweigung hier so dicht, dass sich die schwach konkaven Fächer ineinander schieben und die dadurch entstehenden halbrunden Blätterschalen dem Baum im Ganzen eine weiche Form verleihen. Die äußerst dicht gebündelten, teilweise recht unregelmäßigen lateralen Zweigsysteme sind typisch für *Austrocedrus*, die sich hierdurch erheblich von den *Libocedrus*-Arten unterscheidet (FLORIN & BOUTELJE 1954, S. 28).

Die schuppenförmigen Blätter ordnen sich gegenständig in vierzeiliger Art und Weise um die geschmeidigen Zweige an (Photo 8). Die wesentlich längeren, beidseitig gefurchten Kantenblätter stehen etwas ab, während sich die ausgeprägt eingebogenen Blattspitzen dieser Schuppenblättchen wieder dem Zweige zuwenden. Dicht hingegen schmiegen sich die viel kleineren Flächenblätter an die Zweige an. Sie werden fast vollständig von den stengelumfassenden Kantenblättern verdeckt, sodass meistens nur eine 1 mm lange stumpfe Spitze mit einer wenig markanten Drüse auf der Blattunterseite sichtbar ist (KRÜSSMANN 1983, S. 56). Die Keimblätter des Sämlings („plantin“) und die darauf folgenden jungen Nadeln sind mit einer Länge von teilweise über 1 cm wesentlich größer und von anderer Gestalt als die älteren Schuppenblätter. So zeigen die Sämlinge noch einen ausgeprägten Blattdimorphismus (Photo 41), wie es auch vom Wacholder (*Juniperus*) bekannt ist. Generell sind die Schuppenblätter jüngerer Bäume und die der frischeren Zweige größer als die älteren Zweige der älteren Cipreses (Photo 8). Die Kantenblätter juveniler Bäume haben einen wesentlich stumpferen Winkel zur Zweigachse als die der älteren Exemplare.

Die winzigen länglichen, bisweilen auch kugeligen Infloreszenzen sitzen einzeln und endständig an kurzen Seitenzweigen (Photo 40). Der Baum ist meistens einhäusig (es kommen aber auch zweihäusige Exemplare vor; siehe hierzu CASTOR, CUEVAS, ARROYO, RAFII, DODD & PENALOZA 1996, S. 89-95), die männlichen und weiblichen Infloreszenzen entspringen jedoch verschiedenen Zweigen. Letztere bringen eine Vielzahl kleiner Zapfen von circa 1 cm Länge hervor, die sich aus einer einzigen Infloreszenz entwickeln. Die Zapfen bestehen aus vier Schuppen, denen auf der Rückseite direkt unter der Spitze je eine kleine Warze entwächst (Abb. 3; Photo 40). Diese winzigen Tuberkel auf dem Rücken der Zapfenschuppen, welche circa 1,5 mm lang und ebenso breit sind, unterscheiden sich von den *Libocedrus*-Arten (FLORIN & BOUTELJE 1954, S. 27). Aufgereiht stehen die vier ungleich geflügelten Samen parallel zu den beiden großen Deckschuppen. Ein einzelner Same wiegt etwa 4 mg (GOBBI & SANCHOLUZ 1992, S. 27). Von den zwei Flügeln ist nur der größere mit circa 7 bis 8 mm Länge deutlich sichtbar, während der zweite lediglich als schmaler Saum ausgebildet ist (Abb. 3).

Die wesentlichen Merkmale, wodurch sich *Austrocedrus* von der Gattung *Libocedrus* unterscheidet, betreffen größtenteils die Blattmorphologie. So enden alle erwachsenen Blätter in einer stumpfen Spitze. Eine mehr oder weniger gut markierte Längsdepression auf beiden Blattseiten zeichnet die adulten randlichen Schuppenblätter aus. Die Kutinisierung wird bei den alten, oft winzigen Blättchen zunehmend schwächer, während sie bei den großwüchsigen jungen Blättern häufig sehr ausgeprägt ist (Photo 8). Eine weitere morphologische Eigenheit von *Austrocedrus* sind die uniform entwickelten Stomatabänder auf der Unterseite der erwachsenen randlichen Blätter.

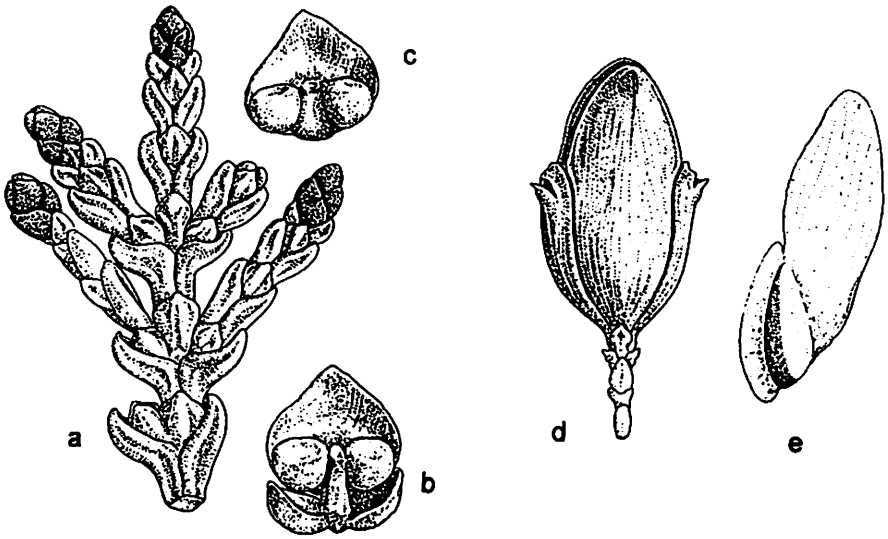


Abb. 3 Zweig, Mikrosporophyll, Zapfen (Megasporophyll) und Same von *Austrocedrus chilensis* (aus: MUÑOZ PIZARRO 1966)

- a) blühender männlicher Zweig mit Mikrosporophyllen,
- b) Mikrosporophyll mit zwei Tragblättern,
- c) Mikrosporophyll mit Sporensäckchen, welche die Mikrosporen enthalten,
- d) weiblicher Zapfen mit deutlich sichtbaren Warzen auf den Schuppen unterhalb der Spitzen,
- e) ungleich geflügelter Same, dessen zweiter Flügel nur als schmaler Saum ausgebildet ist (Schraubenfliegertyp).

3 Verbreitungsgebiete

3.1 *Calocedrus decurrens* in den USA und Mexiko

Calocedrus decurrens ist Bestandteil des gemischten Nadelwaldes („Mixed Conifer Forest“) in der Sierra Nevada (Photo 35), wo sie in Form eingestreuter Individuen oder in kleinen Gruppen wächst. Ihr gesamtes Verbreitungsgebiet erstreckt sich über 15 Breitengrade von der kühlgemäßigten Klimazone durch die Subtropen vom Südosthang des Mount Hood in Oregon, weiter südwärts durch die östlichen Kaskaden über die Klamath-, Siskiyou- und Warner Mountains sowie die Sierra Nevada, die Transverse Ranges bis zur Sierra Juárez und zur Sierra San Pedro Mártir in Baja California / Mexiko (Abb. 4). Nähert man sich von Westen her dem polnächsten Fundort von *Calocedrus decurrens* am Mount Hood (45°10' N), führt der Weg durch feuchte, moosbeladene temperierte Regenwälder (Photo 56 u. 57). Zum äquatornächsten Vorkommen der Incense Cedar in der Sierra San Pedro Mártir (30°47' N) durchquert der Reisende Kakteenvegetation (Photo 66) und die für Baja California typischen unterschiedlichen Chaparral-Landschaften (Photo 22 u. 23), bis die ersten Ansammlungen von Pinyon Pines (*Pinus quadrifolia*) zunehmende Feuchtigkeit bzw. Niederschläge und damit die Nadelwälder der montanen und hochmontanen Stufe (*Pinus jeffreyi*) ankündigen, denen *Calocedrus decurrens* beigemischt ist (Photo 20 u. 64). Von Westen nach Osten gedeiht sie – ebenfalls in den jeweils für sie passenden Topoklimaten – vom Nebelgürtel („fog belt“) an der Küste (Profil 30; Photo 67) ostwärts bis zum Rande der Wüste / Prärie (Photo 71 u. 73). An ihrer nördlichen Verbreitungsgrenze besiedelt sie Höhen zwischen 500 und 1000 m, an der südlichen Höhenlagen über 2000 m (siehe Abb. 4; vgl. auch die West-Ost-Transekte (Profil 1, 2 u. 3) durch das zentrale, nördliche und südliche Areal von *Calocedrus decurrens* mit den jeweils angrenzenden Vegetationszonen).

Mit einem circa 12 m hohen Stamm, einem Kronendurchmesser (Basis) von 5 bis 6 m und mit wahrscheinlich vom Hurrikan gekappter Krone stellt *Calocedrus decurrens* an ihrem südlichsten Fundort in der Sierra San Pedro Mártir / Baja California bei 30°47' N das erste Exemplar ihrer Art vor (vgl. Abb. 4; Photo 65). Dort gedeiht sie als isolierter Baum am Oberlauf des Arroyo el Horno in einer Höhe von 1700 m. Zwischen 1800 und 2200 m ü. NN findet man, wenn auch selten, Baumgruppen und kleinere Bestände der „Pino Colorado“ entlang perennierender Bachläufe, so bei Alcatraz und La Grulla. In einer Höhe von 2500 m schließlich gedeiht sie auch abseits wasserführender Schluchten in kühleren und feuchteren Muldenlagen bei La Tasajera nördlich von Vallecitos (Profil 27, 28 u. 29; Photo 64). Zwei Breitengrade nördlicher in der Sierra Juárez (La Matanza, El Tule) besiedelt *Calocedrus* Mulden und Schatthänge mit günstigen Bodenwasserverhältnissen schon bei 1600 m (Photo 20).

Die ersten größeren zusammenhängenden Mischwälder, in denen die Incense Cedar häufig vorkommt, findet man um den 34. Breitengrad in den Transverse Ranges, so in den San Jacinto-, den westlichen San Bernardino- und den östlichen San Gabriel Mountains (vgl. Abb. 4). In den San Jacintos sichtet man die ersten vereinzelt Exemplare oberhalb 1500 bis 1600 m ü. NN ausschließlich in schattigen, kühlen Lagen entlang von Wasserläufen. Bei 1750 m wurzelt sie sowohl im nordexponierten „Mixed Conifer Forest“ mit vornehmlich *Abies concolor* als auch im offenen, der Mittagssonne zugeneigten „Yellow Pine Forest“ (*Pinus ponderosa*).

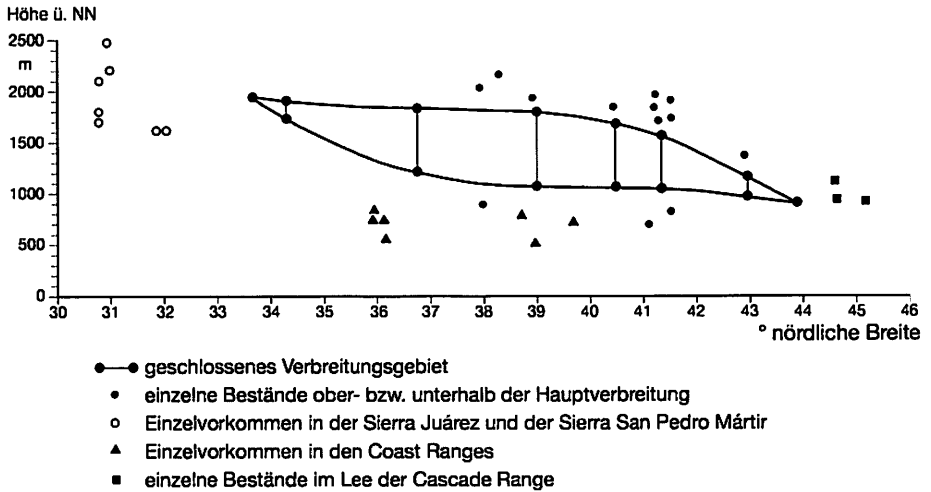


Abb. 4 Horizontales und vertikales Verbreitungsgebiet von *Calocedrus decurrens*

Im folgenden Abschnitt des sich nördlich von 36° N fortsetzenden Hauptareals in der Sierra Nevada steigt die Incense Cedar mit zunehmenden Niederschlägen Richtung Norden bis in die untere montane Stufe herab, wobei sich ihre Hauptverbreitung jedoch über die montanen (nördliche Sierra) bis hochmontanen (südliche Sierra) Lagen erstreckt (vgl. Abb. 4). In der zentralen Sierra Nevada in Höhe des 38. Breitengrades gedeiht *Calocedrus* von 750 m (Murphys / Angels Creek) bis 2050 m ü. NN (Hells Kitchen). An ihrer unteren Verbreitungsgrenze kommt sie nur an Wasserläufen, an der Obergrenze lediglich an sonnigen, exponierten Stellen vor. Zwischen 1100 und 1600 m besiedelt sie alle Lagen und Expositionen (zur Verbreitung von *Calocedrus decurrens* in Kalifornien siehe auch das Arealkärtchen von GRIFFIN & CRITCHFIELD 1972; in: LANNER 1999, S. 211).

Die Nordgrenze der luvseitigen geschlossenen *Calocedrus*-Wälder liegt in den Klamath- und Siskiyou Mountains im Grenzgebiet Kalifornien / Oregon am 42. Breitengrad. Im Lee der südlichen Kaskaden Oregons setzt sich das Verbreitungsgebiet von *Calocedrus decurrens* nur noch punktiert in Form disjunkter kleinerer Vorkommen fort, welche ausnahmslos im Wald-Steppe-Ökoton liegen. Der nördlichste dieser Bestände liegt an der Südost-Flanke des Mount Hood in 900 m ü. NN und ist gleichzeitig der nördlichste Fundort der Incense Cedar (Photo 58). Unter bestimmten lokalklimatischen und bodenhydrologischen Bedingungen erscheint *Calocedrus decurrens* ausnahmsweise auch in den süd- und nordkalifornischen Coast Ranges (siehe Kapitel 5.1.3.4 und 6.8.1).

3.2 *Austrocedrus chilensis* in Chile und Argentinien

Austrocedrus chilensis bildet einen eigenen Waldgürtel („Tipo Forestal Ciprés de la Cordillera“) in der montanen bis hochmontanen Höhenstufe der zentralchilenischen Anden, wo sie als dominanter Baum und einzige Conifere mehr oder weniger offene Trockenwälder, teilweise gemeinsam mit sommer- oder immergrünen Südbuchen (*Nothofagus spp.*), bildet. Ihr gesamtes Verbreitungsgebiet erstreckt sich über 11

Breitengrade von 32°39' bis 43°44' S und durchläuft die subtropische und kühlgemäßigte Klimazone vom Cerro Tabaco bei El Asiento im äußersten Norden der Zentralzone südwärts weiter bis zum 38. Breitengrad, dann auf argentinischer Seite von der westpatagonischen Seenplatte bis hin zum Río Palena im Kleinen Süden Chiles bzw. im chilenisch-argentinischen Grenzgebiet. Nähert man sich dem polnächsten Fundort von *Austrocedrus chilensis* an den E- und NE-exponierten Hanglagen im Bergland am Lago Yelcho von Westen her, führt die schmale Straße durch eine sanftgewellte, feuchte Moorlandschaft (*Sphagnum*) mit *Pilgerodendron wuiferum*, der südlichsten Conifere der Erde. Zum äquatornächsten Vorkommen der Ciprés am Cerro Tabaco durchquert man in drei bis vier Stunden Kakteenvegetation und Hartlaubformationen, bis erste vereinzelte Baumgruppen (*Cryptocaraya alba*) zunehmende Feuchtigkeit bzw. Niederschläge anzeigen. An einem Steilhang in knapp 2000 m Höhe sieht man schließlich die ersten Cipreses. Von Westen nach Osten gedeiht sie – ebenfalls in den jeweils für sie passenden Topoklimaten – vom Verbreitungsgebiet der Alerce (*Fitzroya cupressoides*) an der Küste ostwärts bis zum Rand der Steppe. An ihrer nördlichen Verbreitungsgrenze besiedelt *Austrocedrus chilensis* Höhenlagen zwischen 2000 m und 2300 m, an der südlichen zwischen 400 und 700 m (vgl. auch die West-Ost-Transekte durch das zentrale, südliche und nördliche Areal (Profil 4, 5 u. 6) von *Austrocedrus chilensis* mit den jeweils angrenzenden Vegetationszonen).

In der Cordillera de los Andes bildet die Ciprés zwischen ihrem nördlichsten Fundort und circa 36°30' S den obersten Waldgürtel bzw. die Baumgrenze (siehe Abb. 5), wobei südlich des 34. Breitengrades noch Höhen bis 1500 m (Bellavista, Central los Cipreses) erreicht werden, die geschlossenen Wälder jedoch zwischen 1000 und 1300 m liegen. Am Volcán Antuco läuft der Ciprés-Wald in Form eines schmalen Waldsaumes aus (Photo 47), welcher als 200 bis 300 Höhenmeter breites Band der 1200 m- bis 1400 m-Isohypse folgt. An der Baumgrenze wurzeln dort als Krummhölzer *Nothofagus pumilio* (Lenga) und *N. antarctica* (Nirre). Die beiden sommergrünen Südbuchen bilden ab 36°30' S bis nach Feuerland die obere Wald- und Baumgrenze (um den 39. Breitengrad mit *Araucaria araucana*), welche in der Kordillere von Chillán bei 2000 m liegt und in Feuerland auf 450 m abfällt (GOLTE 1983a, S. 34-35). Folglich schiebt sich der nördlichste Ausläufer des Lenga-Waldes zwischen 36° und 37° S über den polwärts absteigenden, obersten Waldgürtel von *Austrocedrus chilensis*. So unternimmt die Baumgrenze in dieser Breitenlage einen großen Sprung von 1200 m auf 2000 m (Abb. 5).

Mit skurrilen Formen wie krummen Stämmchen und gewundenen, die Felsen umgreifenden Wurzeln stellt *Austrocedrus chilensis* am nördlichsten Fundort bei 32°39' S (SCHLEGEL 1962, S. 43) die ersten Vertreter ihrer Spezies vor (Abb. 5 u. 6), welche die wenigen Einwohner des Dörfchens El Asiento als „los primeros cipreses“ bezeichnen. Sie wurzeln als isolierte Bäume oder in kleinen Gruppen am Oberlauf der Quebrada del Asiento auf der Südflanke des Cerro Tabaco in einer Höhe von 1700 bis 2000 m. Am 5. Dezember des Jahres 1926 meldete MONTERO (1926, S. 298) seine „glückliche Entdeckung“ dieses „herrlichen Baumes“ nahe San Gabriel bei 33°45' S. Er berichtet von 2,5 bis 3,5 m großen Bäumchen in „schätzbarer Menge“. Auch SCHMITHÜSEN (1960, S. 317) erwähnt hier bei 33°30' S die Ciprés, ebenfalls in südlicher Exposition. In ungefährr gleicher Breitenlage stockt *Austrocedrus* auf der Nordseite – also in Südexposition

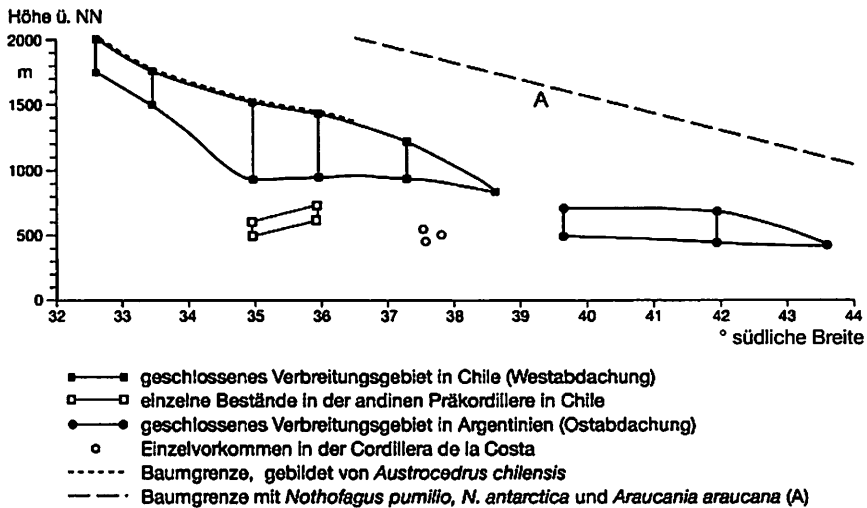


Abb. 5 Horizontales und vertikales Verbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis* und Lage der Baumgrenze in den südlichen Anden

– des Maipotales in 1700 m ü. NN (WALTER & BRECKLE 1991b, S. 144), bevorzugt also wiederum den Schatthang.

Die ersten zusammenhängenden Wälder findet man in der Kordillere von San Fernando bei den Termas del Flaco und bei Sierras de Bellavista (34°48' S) (URBAN 1929, S. 169; OBERDORFER 1960, S. 26-28; SCHMITHÜSEN 1960, S. 320; 1978, S. 126-127; DONOSO 1981, S. 14; 1982, S. 132; 1984, S. 16; 1994b, S. 414; QUINTANILLA 1983b, S. 105). Ausgedehnte Ciprés- und Ciprés-Roble-Mischwälder gibt es außerdem in der Cordillera Rubiana. In Sierras de Bellavista stocken die geschlossenen Ciprés-Bestände von 900 bis 1100 m ü. NN in allen Expositionen, in Höhenlagen bis 1350 m vor allem westexponiert (Abb. 5 u. 6). Einzelne Bäume reichen bis 1500 m hinauf (vgl. auch SCHMITHÜSEN 1960, S. 320-321).

Im folgenden, sich südlich des 35. Breitengrades fortsetzenden Areal gedeiht die Ciprés sowohl in der unteren montanen Stufe zwischen 500 und 700 m als auch hochmontan bis 1500 m (Abb. 5 u. 6). HUECK (1966, S. 355) beschreibt die Ciprés als Baum des „niedereren Berglands“. So steigt *Austrocedrus* von 35° S polwärts bis in die untere montane Stufe herab, wie es auch DONOSO (1982, S. 133) für die Präkordillere von Curicó angibt, wo er ein Vorkommen dieses Baumes in 500 bis 600 m Höhe erwähnt. BERNINGER (1929, S. 45) bestätigt für die Präkordillere von Chillán oberhalb von Pinto ebenfalls, dass die Ciprés in den breiten Trogtälern schon unterhalb von 600 m zu finden ist. In Colorado (35°36' S, 650 m) nahe San Clemente (vgl. auch TRICIO 1991, S. 17) ist ein *Austrocedrus*-Wald in einer Höhe von 700 bis 750 m zu finden. In gleicher Breitenlage zeigen Vegetationsprofile von QUINTANILLA (1983a; 1985) Ciprés-Bestände in der montanen bis hochmontanen Stufe: in der Kordillere von Talca bei 35°50' S (oberhalb San Clemente), in der Kordillere von Parral bei 36°15' S (Nevado de Longavi) und in der Kordillere von Linares bei 36°20' S (Río Melado). Oberhalb von

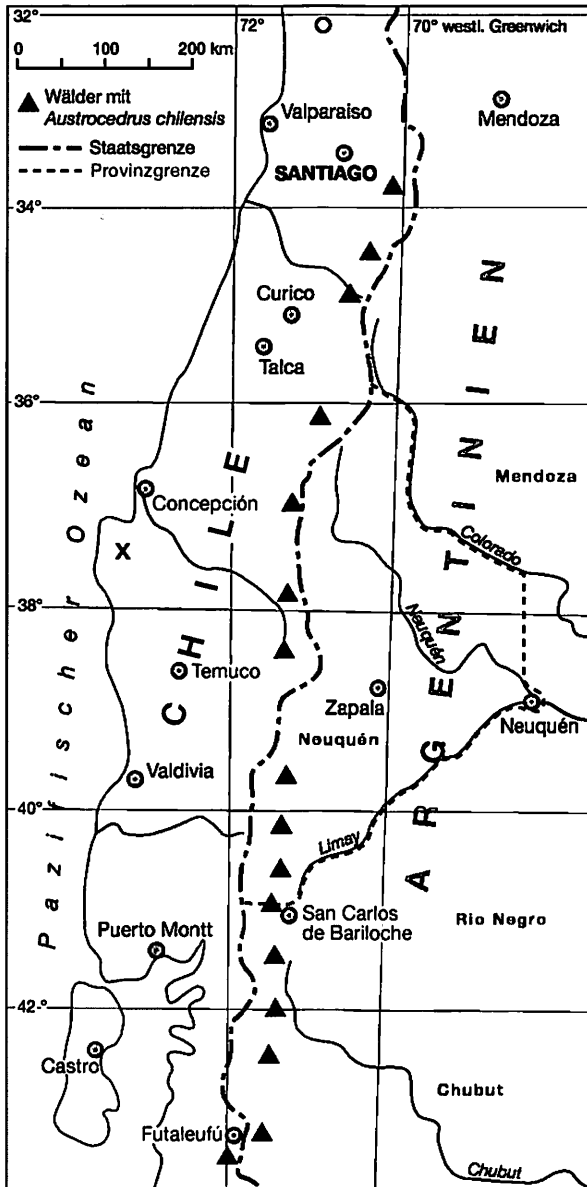


Abb. 6 Verbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis* mit den disjunkten mediterranen Wäldern in Chile und den transandinen Wäldern in Argentinien (umgezeichnet nach: Dokoso 1994b)

Ergänzt sind die Fundorte am Cerro Tabaco (o) nördlich von Santiago und in der Cordillera de Nahuelbuta (x).

Linares in der Umgebung von Central los Cipreses ($35^{\circ}47' S$) wurden Ciprés-Bestände zwischen 900 und 1200 m ü. NN untersucht. Vereinzelte Bäumchen an der Laguna Invernada reichen bis 1450 m.

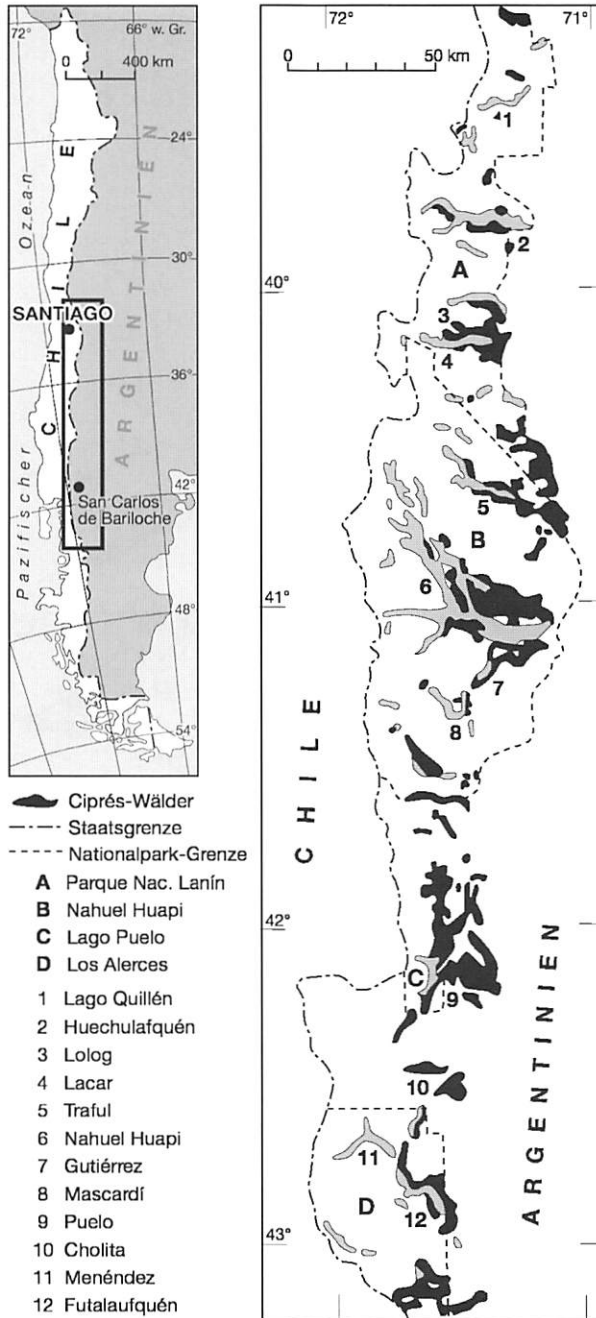


Abb. 7 Verbreitungsgebiet des „Tipo forestal Ciprés de la Cordillera (*Austrocedrus chilensis*)“ in Argentinien (umgezeichnet nach: DEZOTTI & SANCHOLUZ 1991)

Die Ciprés-Wälder werden unterteilt in „bosques marginales“ (östliche Offenwälder von *Austrocedrus chilensis* im Übergang zur Steppe), „bosques compactos“ (geschlossene Wälder von *Austrocedrus chilensis*) und „bosques mixtos“ (Mischwälder mit *Nothofagus*-Arten).

Die Südgrenze der geschlossenen *Austrocedrus*-Wälder in Chile deckt sich beim 38. Breitengrad in etwa mit der des Hartlaubgebietes. Bei 37°23' S gedeihen im Einzugsgebiet des Río Laja noch recht dichte, mit einer reichen Strauchschicht durchsetzte Ciprés-Wälder (vgl. CONAF 1995, S. 137-142). Am Volcán Llaima beschreibt DONOSO (1994b, S. 417) isolierte Exemplare und kleine Grüppchen von *Austrocedrus*. Dieser Fund fällt mit der Südgrenze von *Austrocedrus chilensis* in Chile bei 38°38' S zusammen (nach VEULEN & SCHLEGEL 1982, S. 94). DONOSO (1994b, S. 416-417) berichtet jedoch noch von vereinzelt Vorkommen der Ciprés am Volcán Villarica (39°30' S) und am Ostufer des Lago Ranco (40°15' S).

Für den größten Teil des Areals von *Austrocedrus chilensis* in Argentinien (39°- 43°15' S) gibt es eine Verbreitungskarte von DEZOTTI & SANCHOLUZ (1991, S. 46), die auch in DONOSO (1994b, S. 415) abgedruckt ist (Abb. 7). Genannte Autoren unterteilen die Wälder in „bosques marginales“ (siehe Kapitel 6.3.2 und 6.7.2), „bosques compactos“ (siehe Kapitel 6.2.2 und 6.4.2) und „bosques mixtos“ (siehe Kapitel 6.2.2). Zudem haben HAVRYLENKO, ROSSO & FONTENLA (1989, S. 32) Ciprés-Standorte innerhalb des Parque Nacional Nahuel Huapi kartiert.

Nach HUECK (1966, S. 355) erstreckt sich das argentinische Verbreitungsgebiet der Ciprés von 36°30' bis 43°35' S. Während die Polargrenze nicht sonderlich von den Angaben anderer Autoren abweicht, wirkt die Äquatorgrenze des argentinischen Teils des Areals erstaunlich, weil – fährt man vom Lago Nahuel Huapi Richtung Norden – bereits bei 39°30' S die Araukarie (*Araucaria araucana*) aus ihrer hochgelegenen Heimstatt in die tieferen Lagen der östlichen Pampa herabsteigt (vgl. auch ERIKSEN 1970, S. 18; DONOSO 1994b, S. 326) und in dieser Breitenlage sich in Form parkähnlicher Bestände (Photo 54) den nordöstlichsten Vertretern von *Austrocedrus chilensis* annähert. Bei genauer Betrachtung der Topographie erklärt sich dieser Fundort jedoch als Verlängerung des chilenischen und somit im Luv liegenden Verbreitungsgebietes der Ciprés, da die Staatsgrenze dort westlich der Hauptwasserscheide verläuft. Eine vergleichbare Situation gilt für den Ciprés-Bestand am Paso de Atacalco bei 37°15' S nordöstlich der Laguna del Laja (QUINTANILLA 1973, vgl. Mapa fitogeográfico y ecológico de Chile templado).

Als Ausnahme gedeiht *Austrocedrus chilensis* in der Cordillera de Nahuelbuta (37°45' S), da ansonsten die Küstenkordillere – bis auf den Fund am Cerro Tabaco, welcher geomorphologisch auch zur Cordillera de la Costa gehört (siehe Profil 6) – gemieden wird. Symmetrische, 15 bis 20 m hohe, bis zum Boden reichende, dunkelgrüne Kegel begleiten einzeln oder in kleinen Ansammlungen die verschlungenen Wasserläufe im Lee des Alto de Nahuelbuta (1533 m ü. NN), wo sie weithin sichtbar stets die angiospermen Begleiter überragen. Nie findet man sie mehr als zehn Meter vom Ufer des Flusses entfernt.

ZWEITER TEIL: METHODEN

4 Methoden

„Die Schwierigkeit ist, daß es nicht genügt, wenn Sie genau den Regeln entsprechend leben.“ M. HOUELLEBECQ (1999, S. 14; aus: Ausweitung der Kampfzone.)

4.1 Beobachtungen in der Landschaft

„Ich behaupte nur, wenn wir uns in einer komplexen Welt orientieren wollen, dann können wir das nie mit unserem Detailwissen. Es ist trotz seiner Fülle dafür viel zu dürftig. Das Detailwissen haben wir im Hintergrund, es kann uns Hilfestellung geben, ganz konkret aber auch als Beispiel und Gleichnis. Wenn wir uns orientieren, dann müssen wir der Wirklichkeit anders gegenüberreten, mehr überschauend als blickend, mehr fühlend und tastend als greifend, mehr ahnend als rechnend. Wichtig ist: Wir können beides. Einmal ist es der nächste Schritt auf dem Weg, und das andere Mal geht es um die ganze Landschaft. Und die Orientierung in der Landschaft und der nächste Schritt – beides ist wichtig. Die Orientierung haben wir zu lange vernachlässigt.“ H.-P. Dürr (2001, S. 91; aus: Wir erleben mehr als wir begreifen.)

Die Verbreitungsgebiete von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* auf einem Doppelkontinent über 14 bzw. 11 Breitengrade in ausschließlich gebirgigen, teils schwer zugänglichen Untersuchungsgebieten durch nur eine Person verlangen angepasste Feldmethoden. Hierzu zählen vor allem möglichst leichte Geräte, die Beherrschung diverser Mobilitätsformen (zu Fuß, mit Pferd und Hund, Auto bzw. Geländewagen, Fahrrad, Motorrad, nach Möglichkeit lokale Busse und per Anhalter) sowie eine flexible Logistik. Die immer wiederkehrende Abfolge „Sehen – Erkennen – Handeln“ beschreibt die Vorgehensweise am treffendsten. Als groben Überblick kann man vier Schritte aufführen, welche oftmals wiederholt bearbeitet werden mußten:

- Schritt 1 Möglichkeiten des Vergleichs: ein erster großräumiger Überblick.
- Schritt 2 Ansätze des Vergleichs: nähere groß- und kleinräumige Beobachtungen.
- Schritt 3 Untermauern der Beobachtungen: Gelände- und Laborarbeiten.
- Schritt 4 Einbettung des Vergleichs in ökologische Gesetzmäßigkeiten.

Schritt 1

Ein erster großräumiger Überblick über das Verbreitungsgebiet von *Calocedrus decurrens* vor dem Hintergrund des bereits näher bekannten Areal von *Austrocedrus chilensis* (UHLIG 1997, unveröff. Diplomarbeit) soll die Möglichkeiten eines Vergleiches der beiden Zypressengewächse einschätzen. Wo wachsen sie? In welcher Höhe und Exposition liegen ihre Vorkommen? Welche Arten bestimmen die Begleitvegetation und welche Spezies sind nur selten eingestreut? Sind die phänologischen Beobachtungen zu *Austrocedrus* mit denen zu *Calocedrus* vergleichbar? Unter besonderer Berücksichtigung der klimaökologischen, geologischen und bodenhydrologischen Verhältnisse in den jeweiligen Teilarealen beider Coniferen soll untersucht werden, ob und wenn ja wie sich die Vegetationszusammensetzung und die Physiognomie der Incense Cedar- bzw.

Ciprés-Wälder bei einer Nord-Süd-Erstreckung von 1800 km bzw. 1400 km verändern. Während der Bereisung und Untersuchung der Hauptbestände sowie der nördlichsten, südlichsten, östlichsten und westlichsten Vorkommen von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* steht folgender Fragenkomplex im Vordergrund: gibt es erstens bezüglich der Verbreitungsmuster bzw. Arealformen, zweitens der Physiognomie des Waldes und drittens der Vegetationszusammensetzung beider Zypressengewächse Gemeinsamkeiten bzw. Unterschiede? Wie gestaltet sich die Dominanz bzw. das nur seltene Auftreten von „mediterranen“, hartlaubigen (Hauptverbreitungsgebiet) bzw. temperierten (westliche und polwärtige Vorkommen) sowie von Wüsten- (äquatorwärtige Vorkommen) und Steppenelementen (östliche und polwärtige Vorkommen) in den jeweiligen Teilarealen?

Schritt 2

Welche groß- und kleinräumigen Übereinstimmungen bzw. Unterschiede zeigt nun der Überblick beider Verbreitungsgebiete? Nach näheren Beobachtungen an den nord- und südamerikanischen Westseiten, auch über die Verbreitungsgebiete von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* hinaus, können vier Denk- bzw. Arbeitsansätze für den Vergleich formuliert werden.

Ansatz 1) erfasst die **g r o ß r ä u m i g e n Ü b e r e i n s t i m m u n g e n** der Verbreitungsgebiete von *Calocedrus decurrens* und von *Austrocedrus chilensis*. Auffallend sind hierbei die enorme Nord-Süd-Erstreckung beider Areale in vergleichbarer Breitenlage und die dazu relativ schmale West-Ost-Ausdehnung, verursacht durch den steilen west-östlichen klimatischen Gradienten der meridional verlaufenden Gebirgsketten. Der Wechsel vom Luv ins Lee der Sierra Nevada / Kaskaden bzw. der zentralchilenischen Andenkordillere erfolgt ebenfalls in vergleichbarer Breitenlage, wobei es sich jeweils um Gebiete handelt, in denen sich das Klimageschehen der mediterranen Subtropen und der kühlgemäßigten Außertropen überschneidet. Im Verbreitungsgebiet der Incense Cedar liegt diese Zone in den Klamath Mountains / Nordkalifornien zwischen 41° und 42° N, im Verbreitungsgebiet der Ciprés am Volcán Lonquimay / Provinz Malleco zwischen 38° und 39° S in der südlichen Zentralzone Chiles.

Ansatz 2) erfasst die **g r o ß r ä u m i g e n U n t e r s c h i e d e** in den Verbreitungsgebieten der Incense Cedar und der Ciprés. Nur vereinzelte Vorkommen der Incense Cedar im Lee der Kaskaden Oregons stehen in einem auffälligen Gegensatz zu den ausgedehnten Ciprés-Wäldern im Lee der Andenkordillere im westpatagonischen Andenvorland Argentiniens. Wo liegen die Gründe hierfür?

Ansatz 3) erfasst die **k l e i n r ä u m i g e n Ü b e r e i n s t i m m u n g e n** der Verbreitungsgebiete beider Zypressengewächse. Die westlichsten Vorkommen von *Calocedrus* bzw. *Austrocedrus* treffen sich mit den östlichsten Exemplaren von *Sequoia sempervirens* bzw. *Fitzroya cupressoides* (Alerce) entlang tiefeingeschnittener Wasserläufe im Lee des kalifornischen bzw. chilenischen Küstenberglandes. Es handelt sich hierbei um eine in gleich doppelter Hinsicht erstaunliche Tatsache, zumal sich die ähnlichen Standortansprüche des kalifornischen Coastal Redwood und der chilenischen Alerce erheblich von denen der Incense Cedar und der Ciprés unterscheiden. Wie können sie trotzdem so nahe beieinander gedeihen? Drei weitere Parallelen beider Areale er-

scheinen plausibler: der relativen Standortskonstanz folgend findet man die östlichsten Vorkommen von *Calocedrus* und *Austrocedrus* im Übergang zur Steppe in kühlen und schattigen Lagen, die äquatorwärtigen Vorkommen in der hochmontanen Gebirgsstufe oberhalb der subtropischen Wüsten des Tieflandes und die polwärtigen Vorkommen als Bestandteil der östlichen Wuchsorte im Übergang zur Steppe.

Ansatz 4) erfasst die kleinräumigen Unterschiede in den Verbreitungsgebieten der beiden Cupressaceen. Hierzu zählen die Vorkommen der Incense Cedar im Lee des kalifornischen Küstenberglandes, wo sie ausschließlich auf Serpentinböden gedeiht. Welche Eigenschaften machen diese Serpentinstandorte so geschaffen für *Calocedrus decurrens*?

Frage: Worin sind die offensichtlichen Übereinstimmungen und die dazu im Vergleich relativ feinen Unterschiede der Arealformen beider Cupressaceen begründet?

These: Die Übereinstimmungen betonen ähnliche klimaökologische, geologische und bodenhydrologische Verhältnisse; die Unterschiede zeigen v.a. pedologische und klimabedingte Differenzen an und beruhen weniger auf unterschiedlichen Ansprüchen von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis*.

Beweisführung: Untersuchung topoklimatischer, pedologischer, topographischer, geologischer und floristischer Verhältnisse.

Beweis: Handelt es sich tatsächlich um ähnliche ökologische Verhältnisse, so sind die Unterschiede in feinen, vor allem klimatischen und den Boden betreffenden Charakteristika bzw. Differenzierungen zu finden.

Schritt 3

Das Untermauern der Beobachtungen und Vermutungen, sprich die Überprüfung der oben aufgestellten These fällt nun den Gelände- und Laborarbeiten zu. Welche Methoden werden einem pflanzengeographischen Vergleich zweier so großer Areale auf zwei Kontinenten gerecht? Nach welchen Kriterien kann eine Unterteilung in vergleichbare Waldgemeinschaften von *Calocedrus decurrens* (überwiegend Bestandteil von Mischwäldern) und *Austrocedrus chilensis* (überwiegend Reinbestände) vorgenommen werden? Hinzu kommen detaillierte Untersuchungen im Gelände wie Messungen klimatischer Parameter, die Entnahme von Bodenproben, floristische Bestandsaufnahmen und die Erstellung von Vegetationsprofilen (siehe Kapitel 4.3) sowie Laboranalysen (siehe Kapitel 4.4). Wo liegen repräsentative Standorte?

Schritt 4

Die Einbettung des Vergleichs in ökologische Gesetzmäßigkeiten: die Ergebnisse der detaillierten Untersuchungen werden im Lichte des Geographischen Formenwandels nach LAUTENSACH (1952) und des Gesetzes der relativen Standortskonstanz nach WALTER & WALTER (1953) untersucht.

4.2 Auswahl der Untersuchungsgebiete

„Diese Feststellungen über den „asymmetrischen Aufbau der Vegetationszonen und Vegetationsstufen auf der Nord- und Südhalbkugel“ bilden eine der bisher wichtigsten

Leistungen in Carl Troll's Forscherleben. Zu meiner großen Befriedigung kann ich feststellen, daß die Ideen meines Formenwandels mit den 4 Richtungskategorien implizite in all diesen Ergebnissen enthalten sind.“ H. LAUTENSACH (1959, S. 248; aus: Carl Troll – Ein Forscherleben.)

Als Vorgehensweise hat sich die bereits von OSTWALD (1908) beschriebene sogenannte „unvollständige induktive“ bzw. „schwach deduktive“ Methode als sinnvoll herausgestellt, welche nach einem vorher unternommenen Gesamtüberblick gezielte Untersuchungen erfordert (Kontextualisierung und Generalisierung nach WIESMANN 2004). Im vorliegenden Fall bedeutet dies möglichst viele Probenahmen und Untersuchungen im Gelände und im Labor, phänologische Beobachtungen sowie Messungen der klimatischen Verhältnisse zu allen Jahreszeiten – an gezielt ausgewählten Standorten. Im Zentrum der Gesamtschau stehen das Gesetz der relativen Standortskonstanz nach WALTER & WALTER (1953) und die Kategorien des Geographischen Formenwandels im Sinne von H. LAUTENSACH (1952).

Bei der Auswahl der Untersuchungsgebiete wurde nach den Kategorien des Geographischen Formenwandels im Sinne von H. LAUTENSACH (1952) verfahren. Auf diese Weise konnten die innerhalb beider Areale auftretenden gesetzmäßigen Veränderungen ausgehend vom Hauptverbreitungsgebiet, welches dem „Kerngebiet“ (PAFFEN 1951; in: LAUTENSACH 1952, S. 5) entspricht, erfasst werden. Die vor allem klimatischen Ausprägungen des Formenwandels zeigen die Auswirkungen auf die geographische Lage (Höhe ü.NN, geographische Breite, Exposition, Topographie, Luv- bzw. Leelage, Relief), Physiognomie und floristische Zusammensetzung (Artengefälle, Vikarianz) der *Calocedrus*- bzw. *Austrocedrus*-Bestände. Mit Hilfe der „landschaftlichen Gesamtuntersuchung“ (LAUTENSACH 1952, S. 5) werden also Wege gesucht, welche zum Verständnis der Standortansprüche von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* führen. Die hierfür angewandten Methoden werden in Kapitel 4.3 und 4.4 vorgestellt.

Tab. 4 Teilareale von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* nach den Kategorien des geographischen Formenwandels (FW) nach LAUTENSACH (1952) und dessen Ausprägung bezüglich Klima, Lage, Physiognomie und floristischer Zusammensetzung der *Calocedrus*- bzw. *Austrocedrus*-Bestände

Teilareal	Kategorien des FW	Klimatische Ausprägungen des FW	Auswirkungen auf die geogr. Lage von <i>Calocedrus</i> bzw. <i>Austrocedrus</i>	Auswirkungen auf die Begleitvegetation von <i>Calocedrus</i> bzw. <i>Austrocedrus</i>
H	hypsomtrischer FW (innerhalb des Kerngebietes H)	mit der Höhe zunehmende Niederschläge und abnehmende Temperaturen	submontan: Wasserläufe; montan: alle Expositionen; hochmontan: Südhänge	sommergrüner Galeriewald; Nadelwald mit sklerophyllen Sträuchern; hochstämmiger Nadelwald
Ü	planetarischer / west-östlicher / peripher-zentraler FW (gleichsinnige Interferenz)	polwärts zunehmende Niederschläge, nach Osten Wolkenauflösung und zunehmende Kontinentalität	zunehmende Niederschläge bedingen den Wechsel vom Luv ins Lee der Kordilleren	von Westen nach Osten Abnahme temperierter und Zunahme kontinentaler Steppenelemente

Teilareal	Kategorien des FW	Klimatische Ausprägungen des FW	Auswirkungen auf die geogr. Lage von <i>Calocedrus</i> bzw. <i>Austrocedrus</i>	Auswirkungen auf die Begleitvegetation von <i>Calocedrus</i> bzw. <i>Austrocedrus</i>
P	planetarischer / west-östlicher / peripher-zentraler FW (gleichsinnige Interferenz)	polwärts zunehmende Niederschläge und Bewölkung, geringere Strahlungsintensität, abnehmende Temperaturen	zunehmende Niederschläge und zu feuchte Sommer werden durch die Lage im Lee der Kordilleren gemildert, abnehmende Temperaturen durch ein Absteigen in die submontane Stufe kompensiert	offener Trockenwald mit Hartlaubsträuchern und Steppenelementen
Ä	planetarischer / hypsometrischer FW (gleichsinnige Interferenz)	äquatorwärts abnehmende Niederschläge, hohe Strahlungsintensität, ansteigende Temperaturen	abnehmende Niederschläge und ansteigende Temperaturen werden durch hochmontane Lagen ausgeglichen	offener Trockenwald mit Hartlaubsträuchern und Wüstenelementen (Kakteen)
W	peripher-zentraler / west-östlicher FW	nach Westen zunehmende Maritimität und Bewölkung, bei circa 600 m Obergrenze der Küstennebel	noch ausreichende Luftfeuchte für <i>Sequoia</i> und <i>Fitzroya</i> , schon ausreichende Sommertrockenheit für <i>Calocedrus</i> und <i>Austrocedrus</i>	Trockenwälder grenzen an feuchte Nadel- bzw. Lorbeerwälder
E	peripher-zentraler / west-östlicher FW	nach Osten zunehmende Kontinentalität und Wolkenauflösung	kühle, feuchte Schatthänge in mittleren Lagen, keine Kaltluftsenken	stark aufgelichteter Trockenwald bis hin zu Einzelexemplaren mit dichter Krautschicht
K	west-östlicher / peripher-zentraler FW	im Lee / Osten und im Luv / Westen stark ausgeprägte Expositionsunterschiede bzgl. Wärme- und Niederschlagsmengen	ausschließlich in extrem trockenen Leelagen entlang von Wasserläufen	sommergrüner Galeriewald (<i>Calocedrus</i>), sommergrüner <i>Nothofagus</i> -Wald (<i>Austrocedrus</i>)
S	west-östlicher / peripher-zentraler FW	im Lee / Osten und im Luv / Westen stark ausgeprägte Expositionsunterschiede	Beschränkung auf ein Substrat: Serpentin als „kaltes“ Gestein mit hoher Wasserspeicherkapazität	Trockenwald mit kleinblättrigen Dornsträuchern (<i>Ceanothus</i>)

Teilareale von *Calocedrus* bzw. *Austrocedrus* nach den Kategorien des FW:

H Hauptverbreitungsgebiete

Ü Übergangsbereiche von der Luv- zur Leeseite der Sierra-Kaskaden-Achse bzw. der Andenkordillere

P Polwärtige Vorkommen

Ä Äquatorwärtige Vorkommen

W Westliche Vorkommen im Übergang zu den feuchten Coniferenwäldern mit *Sequoia sempervirens* bzw. *Fitzroya cupressoides*

E Östliche Vorkommen im Übergang zur Steppe

K Vorkommen in den Küstengebirgen entlang von Flussläufen

S *Calocedrus decurrens* auf Serpentinböden

In ihren Hauptverbreitungsgebieten (H) gedeihen beide Coniferen von der submontanen bis zur hochmontanen Stufe zwischen 700 und 2000 m ü.NN. In der Vertikalen (hypsometrischer Formenwandel im Sinne von LAUTENSACH 1952) ändert sich folglich die Artenzusammensetzung der Begleitflora. In den klimatischen Übergangsgebieten (Ü) der Sierra-Kaskaden-Achse bzw. der Andenkordillere verursachen zunehmende Niederschläge (planetarischer Formenwandel) den Wechsel von der Luv- auf die Leeseite. Jedoch wirkt sich in der Zusammensetzung der Vegetation mit einer Zunahme von Steppenelementen und der Auffichtung der Bestände der west-östliche Formenwandel aus. Das Gesetz der relativen Standortskonstanz nach WALTER & WALTER (1953) folgt der nach dem Prinzip des Formenwandels „gleichsinnigen Interferenz“ nach LAUTENSACH (1952).

- H *Calocedrus*: Westabdachung der kalifornischen Sierra Nevada, Transverse Ranges;
Austrocedrus: zentralchilenischen Anden, westargentinisches Seengebiet
 Ü *Calocedrus*: Klamath Mountains; *Austrocedrus*: Volcán Lanín bis Río Aluminé

Die Wuchsorte beider Coniferen an den Arealrändern sind an bestimmte Reliefformen, eng begrenzte Höhenintervalle und Expositionen sowie mitunter an spezielle Bodenbeschaffenheiten gebunden, d.h. an spezielle Topo-, Meso- und teilweise Mikroklimata. Dies betrifft ihre polwärtigen (P), äquatorwärtigen (Ä), westlichen (W, K) und östlichen (E) Vorkommen. Auffällige floristische Gemeinsamkeiten an den genannten Arealrändern unterstreichen die relative Standortskonstanz beider Coniferen. Seltene, vor allem in der Strauch- und Krautschicht auftretende Spezies an den jeweiligen nördlichen und südlichen (planetarischer Formenwandel) sowie westlichen und östlichen Wuchsorten (peripher-zentraler Formenwandel) unterstreichen die Verbreitungsgrenzen im Übergang zu den kühlgemäßigten Außertropen (P), den subtropischen Wüsten (Ä), den ozeanischen Westküsten (W, K) und den kontinentalen Steppenklimate im Osten (E).

- P *Calocedrus*: Mount Hood; *Austrocedrus*: Río Palena
 Ä *Calocedrus*: Sierra San Pedro Mártir; *Austrocedrus*: Cerro Tabaco
 W *Calocedrus*: Santa Lucia Mountains; *Austrocedrus*: Lago Menéndez
 E *Calocedrus*: Warner Mountains; *Austrocedrus*: westargentinisches Andenvorland
 K *Calocedrus*: Santa Lucia Mountains; *Austrocedrus*: Cordillera de Nahuelbuta

4.3 Geländearbeit

*„Ihr Instrumente freilich spottet mein,
 Mit Rad und Kämmen, Walz' und Bügel.
 Ich stand am Thor, ihr solltet Schlüssel sein;
 Zwar euer Bart ist kraus, doch hebt ihr nicht die Riegel.
 Geheimnisvoll am lichten Tag,
 Läßt sich Natur des Schleiers nicht berauben,
 Und was sie deinem Geist nicht offenbaren mag,
 Das zwingst du ihr nicht ab mit Hebeln und mit Schrauben.“*
 J. W. v. GOETHE (Faust, Teil I)

Messungen der klimatischen Verhältnisse

Zu allen Jahreszeiten wurde der Tagesgang während drei Tagen und zwei Nächten im zentralen und nördlichen (polwärtigen) Hauptverbreitungsgebiet von *Calocedrus decurrens* (Klimadiagramme zum Tagesgang der nachfolgend aufgeführten Parameter siehe Anhang 1, dazugehörige Messergebnisse siehe Anhang 5) und im südlichen (polwärtigen) Hauptverbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis* (Klimadiagramme zum Tagesgang der nachfolgend aufgeführten Parameter siehe Anhang 3, dazugehörige Messergebnisse siehe Anhang 8) gemessen:

- Bodentemperatur an drei Messpunkten in 5, 10 und 15 cm Tiefe [°C]
- Lufttemperatur [°C]
- Relative Luftfeuchte [%] nach ASSMANN
- Verdunstung [mm] nach PICHÉ
- Bewölkungsgrad (10-stufige Skala nach KASSNER 1926)
- Windstärke (6-stufige Skala nach BEAUFORT 1806)

Bodenentnahmen

In den jeweiligen Teilarealen wurden in Beständen von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* Bodenproben entnommen (Entnahmeorte und Substrate der untersuchten *Calocedrus*- und *Austrocedrus*-Bestände siehe Anhang 6 und 9). Es handelt sich überwiegend um schwach bis sehr gut entwickelte Gebirgsrunker über durchlässigen magmatischen Ausgangsgesteinen (Korngrößensummenkurven zu den Böden unter *Calocedrus*-Beständen siehe Anhang 2, unter *Austrocedrus*-Beständen siehe Anhang 4). Die angewandten Labormethoden werden in Kapitel 4.4 näher erläutert.

Vegetationsaufnahmen

Innerhalb der floristischen Bestandsaufnahmen wird nach Baum-, Strauch- und Krautschicht unterschieden und die jeweils dominanten, codominanten sowie die gelegentlichen und seltenen Arten aufgelistet (Tafel 1 bis 22 in Kapitel 6). Tuschezeichnungen von Vegetationsprofilen (Transekte, Aufrisse und Aufsichten) illustrieren ausgewählte Bestände der in Kapitel 6 gegenübergestellten, sich ökologisch entsprechenden Teilareale von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* (siehe Vegetationsprofile in Kapitel 6). Die Transekte (zwischen 2 und 10 km) geben einen Überblick über die Lage der *Calocedrus*- und *Austrocedrus*-Bestände innerhalb der zonalen Vegetation und über Besonderheiten des Reliefs. Die Zusammensetzung der Bestände wird mit Hilfe von Aufrissen (50 m lang, 5 m tief) veranschaulicht. In einer Nord-Süd-Abfolge zeigen Aufsichten (30x30 m) den Aufbau der Mischnadelwälder mit der Incense Cedar und der Ciprés-Wälder. Die Minimumarealkurve hat sich in den *Austrocedrus*-Beständen häufig bei 30x30 m abgeflacht. Den häufig sehr heterogenen *Calocedrus*-Beständen war mit dieser Methode nicht gerecht zu werden. Während der Feldarbeiten hat sich jedoch das 900 qm-Quadrat für einen direkten Vergleich als sinnvoll herausgestellt. Bezüglich *Calocedrus* zeigen die Aufsichten drei Bestände im Hauptverbreitungsgebiet, an der nördlichen und nahe ihrer südlichen Verbreitungsgrenze. *Austrocedrus* betref-

fend stellen drei Aufsichten die Ciprés-Wälder im zentralen, nördlichen (nördlichstes Vorkommen der geschlossenen Wälder) und südlichen (Südrand der geschlossenen Wälder in Chile) Hauptverbreitungsgebiet in Chile dar. Zwei weitere Aufsichten am luvwärtigen südlichen Arealrand von *Austrocedrus* zeigen exemplarisch, wie Relief, geologischer Untergrund und Topoklimate die Zusammensetzung der Vegetation auf kurzer Distanz verändern können. Die Pflanzenlisten stellen jeweils für *Calocedrus decurrens* (Anhang 7) und *Austrocedrus chilensis* (Anhang 10) die Zusammensetzung der Begleitflora im Hauptverbreitungsgebiet und an den Arealrändern gegenüber.

Zur Bestimmung der Begleitflora von *Calocedrus decurrens* dienten vor allem „The Jepson Manual“, herausgegeben von HICKMAN (1996) und „A California Flora“ von MUNZ & KECK (1973). Außerdem wurden die Bestimmungsbücher von BROCKMAN (1949), BURN (1992), HENDERSON & al. (1995), HITCHCOCK & CRONQUIST (1973), HITCHCOCK & al. (1969), JENSEN (1999), LYONS (1962), MUNZ (1961; 1963), NIEHAUS & RIPPER (1976), PEATTIE (1981), POJAR & MACKINNON (1994), STRICKLER (1993), STUHL (1981), THOMSEN (1997), WATTS (1973), WEEDEN (1996), WILSON & al. (1994) und WITHMAN (1996; 1997) verwendet.

Zur Bestimmung der Begleitflora von *Austrocedrus chilensis* sind insbesondere die Werke von A. HOFFMANN „Flora silvestre de Chile: Zona central“ (1994) und „Flora silvestre de Chile: Zona araucana“ (1995) benutzt worden. Außerdem dienten die Bestimmungsbücher von BENOIT (1989), DIMITRI (1977), DIMITRI & al. (1998), DONOSO (1994c), DONOSO & RAMIREZ (1994), MARTICORENA & QUEZADA (1985) und MUÑOZ (1985) zur Identifizierung. Eine Einführung in die lokale Geographie der Nationalparke geben die Hefte der CONAF (1970; 1985; 1993a; 1993b; 1995).

4.4 Labormethoden

Tabelle 5 zeigt die Parameter und Methoden der vorgenommenen Bodenanalysen (siehe Anhang 6 für *Calocedrus decurrens* und Anhang 9 für *Austrocedrus chilensis*).

Tab. 5 Labormethoden für die Bodenanalysen

Parameter	Methode
Farbe	Munsell Soil Color Charts
pH-Wert	Calciumchlorid (CaCl ₂)
Skelettanteil [%]	Sieb (> 2 mm)
Kornfraktion des Feinbodens [%]	Schlemmanalyse nach KÖHN
Kohlenstoff (C _{org}) [%]	Nasse Veraschung nach LICHTERFELD (Milton Roy Spectronic 1201)
Humus [%]	Berechnung aus C _{org} (Faktor 1,72)
Stickstoff (N) [%]	Stickstoffbestimmung nach KJELDAHL (Büchi 316)
C / N –Verhältnis	Berechnung des Verhältnisses

DRITTER TEIL: ERGEBNISSE

5 Die Standortverhältnisse von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis*

5.1 Die Standortverhältnisse von *Calocedrus decurrens*

5.1.1 Klimatische Verhältnisse und Witterung

5.1.1.1 Klimadynamik

In der Karte der Klimaklassifikation von TROLL & PAFFEN (1964) gehört Kalifornien zum sommertrocknen, subtropischen Winterregenklima mit regelmäßigen winterlichen Niederschlägen bzw. Schneefällen und periodisch trockenen Sommermonaten (vgl. auch WEISCHET 1996, S. 124). Im Sommer (Abb. 8) liegt Kalifornien im Einflussbereich des nordpazifischen Hochdruckgebietes (siehe hierzu ENDLICHER 1991, S. 187). Es herrscht antizyklonale Witterung. Mögliche Zyklone treten erst nördlich Kaliforniens auf (WHITNEY 1979, S. 111). Wenn der Winter sich nähert, verlagert sich das Pazifikhoch südwärts, sodass Frontensysteme der Westwindzone nach Kalifornien eindringen können (WEISCHET 1996, S. 124; WHITNEY 1979, S. 114). Gemäß der zonalen Zirkulation nehmen Intensität und Menge der Niederschläge von Norden nach Süden ab. Die Temperaturen und damit die Anzahl der ariden Monate nehmen zu.

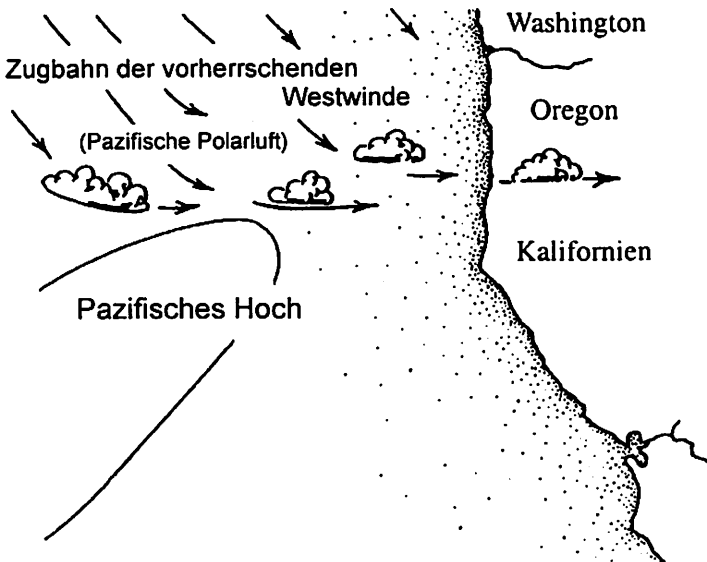


Abb. 8 Lage der Westwinddrift und des Subtropenhochs an der nordamerikanischen Pazifikküste während der Sommermonate (GILLIAM 1962)

Im Winter verschiebt sich das pazifische Subtropenhoch weiter südwärts, sodass die Zyklone der Westwindzone bis nach Südkalifornien vorgreifen können. Im Sommer beschränkt sich die zyklonale Witterung auf den pazifischen Nordwesten. Dort wo sich beide Windgürtel treffen, wechselt *Calocedrus* ins Lee der Kaskaden.

Südkalifornien wird außerdem von den sich östlich anschließenden kontinentalen Luftmassen des Great Basin beeinflusst (WEISCHET 1996, S. 137-145; ORNDUFF 1974, S. 37). Das winterliche Hochdruckgebiet über Nevada ist verantwortlich für die heißen, trockenen Santa Ana-Winde, welche alljährlich in der Gebirgsumrahmung von Los Angeles vernichtende Brände auslösen (siehe hierzu Kapitel 5.1.4.3). Die typischen winterlichen Luftströmungen bringen warme tropische Luftmassen an die Küste Kaliforniens. Gelegentlich reichen polare Luftmassen über die Rocky Mountains bis in den Südwesten. Diese Situation bringt klare kalte Luft (Hochdruck) in die westlichen Wüsten und ist Auslöser für eben diese Santa Ana Winde, welche in das Becken von Los Angeles fließen.

Die nördliche Begrenzung der nordamerikanischen Winterregen-Subtropen erstreckt sich weiter polwärts als die der übrigen vier Winterregengebiete und liegt circa zwischen 42° und 43° N (Tab. 6). Grund dafür ist die ungewöhnlich polwärtige Lage eines Ausläufers des nordpazifischen Hochs (MOONEY, DUNN, SHROPSHIRE & SONG 1970, S. 484). Auch das Verbreitungsgebiet von *Calocedrus decurrens* reicht im Vergleich zu demjenigen von *Austrocedrus chilensis* weiter polwärts. Nicht nur die polwärts zunehmende Ozeanität Patagoniens, sondern möglicherweise vielmehr die Auswirkungen der energiereichen Westwindzirkulation begrenzen die Verbreitung von *Austrocedrus*. Hierzu zählen bei SW-Lagen der durch hohe Windgeschwindigkeiten verursachte Wind-Chill-Effekt und nächtliche Ausstrahlungsfrost, bei SSW-Lagen gar direkte Polarluft einbrüche in den chilenischen Subtropen (ENDLICHER 1991, S. 187-188), welche dem nordhemisphärischen Winterregengebiet wegen der sich polwärts anschließenden Landmassen fehlen. Der äquatorwärtige Rand der nordamerikanischen subtropischen Klimazone mit regelmäßigen Winterregen und periodischer Sommertrockenheit liegt in der nördlichen Baja California (MINNICH & FRANCO-VIZCAÍNO 1997a, S. 4), nahezu deckungsgleich mit dem südlichsten Vorkommen von *Calocedrus decurrens*.

Tab. 6 Die Nord-Süd-Erstreckung der mediterranen Klimate an den Westküsten Nord- und Südamerikas (DI CASTRI 1973)

perarid - arid - semiarid - subhumid - humid - perhumid				
Westküste Nordamerikas	27° 30' - 28° N	bis	49° N	21 Breitengrade
Westküste Südamerikas	25° 30' - 26° S	bis	38° 30' - 39° S	13 Breitengrade
arid - semiarid - subhumid - humid				
Westküste Nordamerikas	30° 30' N	bis	44° - 45° N	14 Breitengrade
Westküste Südamerikas	29° 30' S	bis	37° 30' S	8 Breitengrade
semiarid - subhumid (eumediterran)				
Westküste Nordamerikas	32° - 32° 30' N	bis	39° - 40° N	7-8 Breitengrade
Westküste Südamerikas	31° - 31° 30' S	bis	36° 30' S	5 Breitengrade

Die Winterregen-Subtropen Kaliforniens (zum „Frühjahrsklima“ als Hauptluftmassengrenze vgl. WEISCHET 1996, S. 10, 84-86) liegen in meridionaler Erstreckung zwischen dem feuchten ozeanischen Westküstenklima des pazifischen Nordwestens

(Oregon, Washington, Idaho) und dem trockenen subtropischen Wüstenklima des Colorado-Basin im Osten der San Jacinto Mountains (vgl. WEISCHET 1996, S. 124-125, 135-136; vgl. auch AXELROD 1973, S. 254 im Zusammenhang mit der Entstehung des mediterranen Klimas) sowie der Sonora Wüste im Süden der Sierra San Pedro Mártir in Baja California. Mit Annäherung an diese beiden Klimaregime besiedelt *Calocedrus decurrens* nach dem „Gesetz der relativen Standortskonstanz“ (WALTER & WALTER 1953) und dem Geographischen Formenwandel folgend (LAUTENSACH 1952) die für sie entsprechenden Topo- und Mesoklimate (siehe Kapitel 5.1.1.4).

Reproduktion, Wachstum und damit die Verbreitung von *Calocedrus decurrens* stehen in einer direkten Beziehung zur jahreszeitlichen Verschiebung der Luftmassen über dem nördlichen Pazifik und mit dem daraus resultierenden Zyklus von winterlichen Niederschlägen und ausgeprägter Sommertrockenheit (vgl. ORNDUFF 1974, S. 37; siehe Kapitel 8.1). Mit diesem Rhythmus laufen die einzelnen Phasen der reproduktiven Entwicklungsprozesse konform, während die vegetativen Organe und Prozesse an die für das Wachstum ungünstigen Witterungsabschnitte hervorragend angepasst sind (siehe Kapitel 8.4). Dabei sind *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* über die Klimazone des „echten“ subtropischen Winterregenklimas hinaus verbreitet. Lee- bzw. Luv-Lagen, Höhe ü.NN und anderweitige diverse Ausprägungen des Reliefs (z. B. Mulden, Schluchten, Steilhänge, Hochplateaus usw.) erhalten jenen Rhythmus in Richtung der jeweiligen pol- und äquatorwärtigen Arealränder an zunehmend enger begrenzten Standorten, wenn klimadynamisch schon ganzjährige Regenfälle oder die Anzahl der Trockenmonate zunehmen. Die Sierra Nevada und die Kaskaden bilden die Ostgrenze des mediterranen Niederschlagsregimes mit einem Niederschlagsmaximum und Verdunstungsminimum im Winter und einem Niederschlagsminimum und Verdunstungsmaximum im Sommer (JÄTZOLD 1961, S. 41). WEISCHET (1996, S. 124) berichtet, dass die Niederschlagsmenge an der Ostabdachung (Reno, Nevada, 1300 m) aus zyklonalen Westlagen im Januar nur noch 38 mm erreicht, die Sommerniederschläge dagegen mit 6 bzw. 4 mm (Juli bzw. August) höher ausfallen als am Westabfall. Die Konvektionsbewölkung des Ferrel'schen Hitzetiefs spendet wegen der Wasserarmut des trockenen Hochplateaus nur spärliche Niederschläge (WEISCHET 1996, S. 124-125). Trotzdem beobachtet man in Zusammenhang mit dem Wachstum der Incense Cedar, dass überall dort, wo auch nur minimale Sommerregen fallen, mächtige, über 30 bis 50 m hohe Bäume heranwachsen. So am Lake Tahoe (Hitzetief), in den Klamath Mountains (Zyklone der Westwinddrift) und in der Sierra Juárez in Baja California, Mexiko (feuchte, tropische Luftmassen).

Die Witterung und besonders das Niederschlagsregime der in nordsüdlicher Richtung extrem langgestreckten Verbreitungsgebiete von *Calocedrus* und *Austrocedrus* werden also nicht nur von der jahreszeitlichen Verschiebung der Windgürtel beeinflusst, sondern auch von den nord-süd-verlaufenden, hochaufragenden Kordilleren (zum Einfluss der Topographie auf Klima und Wetter in der Sierra Nevada siehe auch SCHOENHERR 1992, S. 41). Wie sehr Topographie und Relief von Westen nach Osten die Niederschlagsmenge und ihre Verteilung und damit das Vorkommen und die Zusammensetzung der *Calocedrus*- bzw. *Austrocedrus*-Wälder bestimmen, werden die Untersuchungen ihrer Standorte an den Arealrändern zeigen (Kapitel 6.3 bis 6.7). Besonders die stark ausgeprägten Luv- und Leelagen innerhalb des Küstenberglandes

(Kapitel 6.8) schaffen nicht nur feuchtere bzw. trockenere Habitate, sondern auch maritimere bzw. kontinentalere geprägte Topo- und Mesoklimate (vgl. auch MAJOR 1977, S. 21).

5.1.1.2 Das Klima der montanen Stufe in der Sierra Nevada

Als „Inseln der Feuchte und Kühle“ bezeichnet RATHJENS (1980, S. 23) aufgrund ihrer Geofaktoren die subtropischen Hochgebirge (zur Höhenstufung vgl. HÖLLERMANN 1980; 1990). DI CASTRI (1973, S. 29) diskutiert, bis zu welcher Ausdehnung ein Gebirgssystem – gelegen in einer Region mediterranen Klimas – aus bioklimatischer und biologischer Sicht als „mediterran“ bezeichnet werden kann. In den Bergen liegt die Periode größter biologischer Aktivität im (Früh-)Sommer und nicht im Winter oder in den Übergangsjahreszeiten, wie es im Tiefland der Fall ist. In „The climates of California according to the KÖPPEN classification“ greift auch KESSELI (1942, S. 477, 480; vgl. auch ACKERMANN 1941, S. 105-111) diese Fragestellung auf. Das montane Gebirgsklima der Sierra Nevada unterscheidet sich von dem der Längssenke durch kühlere Sommer und starke Schneefälle (vgl. hierzu auch MILLER 1955). Letztere sind aufgrund ihrer enormen Massen je nach Höhenlage erst im Frühsommer vollständig abgetaut und dienen so als Ersatz für fehlende Sommerniederschläge. Dieser Umstand beschert der montanen Vegetation einen noch gut durchfeuchteten Boden bei gleichzeitig hoher sommerlicher Einstrahlung. So definiert KESSELI (1942) das Klima der Längssenke mit heißen Sommern als Csa-Klima, das der Foothills bis zur unteren montanen Stufe mit kühleren Sommern als Csb-Klima und schließlich das Klima der mittleren bis zur oberen montanen Stufe und höher mit starken Schneefällen als Dsb/Dsc-Klima.

Der mediterrane Niederschlagsgang durchzieht das gesamte montane bis hochmontane Verbreitungsgebiet von *Calocedrus decurrens*. Alle Teilgebiete, auch die nördliche Arealhälfte in der bereits kühlgemäßigten Klimazone, zeichnen sich durch warme, trockene Sommer und ein Niederschlagsmaximum im Winter, meistens als Schnee, aus (vgl. die Klimadiagramme in Abb. 9). Phänologische Beobachtungen zeigen, dass es sich durchweg um Sommertrockenheit, keineswegs um Sommerdürre handelt. Tabelle 7 zeigt die klimatischen Varianten und Besonderheiten in verschiedenen Teilen des Verbreitungsgebietes der Incense Cedar.

Tab. 7 Klimatische Besonderheiten bezüglich des Niederschlagsregimes in den verschiedenen Teilen des Verbreitungsgebietes von *Calocedrus decurrens* (BAKER 1944, mit Ergänzungen)

Gebirgskette	Varianten des Niederschlagsregimes
Westabdachung der Kaskaden in Oregon	Die südlichen Kaskaden liegen im tiefen Regenschatten der Klamath Mountains.
Klamath Mountains und inneres Küstenbergland von Nord-Kalifornien	Die jährliche Niederschlagsmenge variiert sehr in den unterschiedlichen Teilen des Gebietes: großräumig z. B. vom Westhang der Siskiyou Mountains (2540 mm) und an ihrer östlichen Basis (weniger als 510 mm); kleinräumig z. B. den Klamath River aufwärts Richtung Salmon River, vom Russian River zum Mount St. Helena.

Gebirgskette	Varianten des Niederschlagsregimes
Westabdachung der nördlichen und südlichen Sierra Nevada	Das Gebirge der südlichen Sierra Nevada ist etwas wärmer und die Niederschläge sind geringer als im nördlichen Teil. Die Niederschläge in der südlichen Sierra Nevada erreichen ihr Maximum bei 1550 m.
Süd-Kalifornien	Die südkalifornischen Gebirge / Transversalketten sind wiederum wärmer als die südliche Sierra. Die zur Wüste exponierten Hänge erreichen mehr Sommer- als Winterregen.
Zentral-Oregon	Ein Übergangsbereich; die Klimafaktoren variieren stark je nach Lage und Höhe.
Oberes Klamath-Pit-Feather Basin	Diese hochgelegenen Becken liegen im großen Regenschatten der Sierra Nevada.

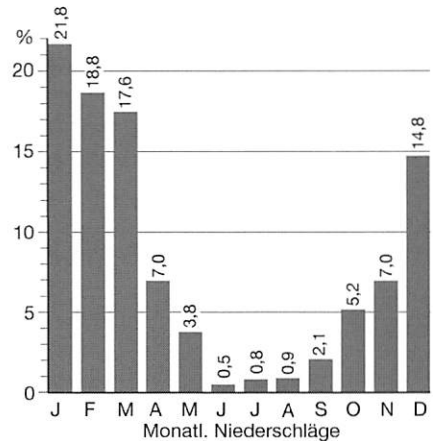
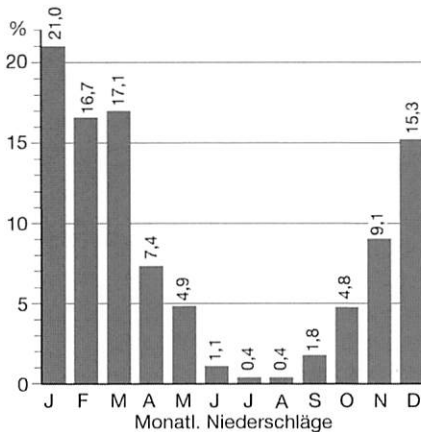
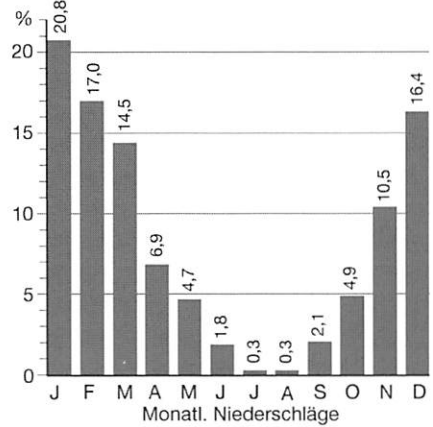
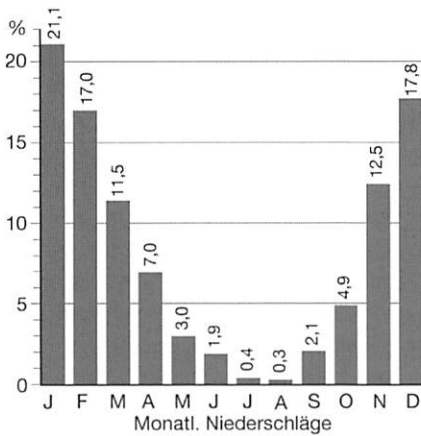


Abb. 9 Jährliche Niederschlagsverteilung für die Klamath Mountains (oben links), die nördliche Sierra Nevada (oben rechts), die südliche Sierra Nevada (unten links) und die Gebirge Südkaliforniens (unten rechts) (umgezeichnet nach: BAKER 1944)

Allen Niederschlagsdiagrammen gemeinsam sind die Maxima während der Wintermonate und die ausgeprägten sommerlichen Trockenperioden.

Die Temperatur- und Niederschlagswerte der kalifornischen Gebirge (Abb. 9 u. 10; vgl. bezüglich *Austrocedrus chilensis* auch Abb. 17) in Zusammenhang mit der Verbreitung von *Calocedrus decurrens* und mit besonderem Augenmerk auf ihr Fehlen im Luv des Küstenberglandes einerseits und in den weiter östlich gelegenen Rincon Mountains Arizonas (vgl. ELMORE & JANISH 1976, S. 12-19) sowie den Rocky Mountains andererseits zeigen, dass sie eine bestimmte Position zwischen dem maritimen und dem kontinentalen Klimaregime einnimmt (siehe hierzu Tab. 8 u. Abb. 10; vgl. bezüglich *Austrocedrus chilensis* Kapitel 5.2.1.2; vgl. auch ORNDUFF 1974, S. 37). An der Westflanke der Sierra Nevada nimmt der kontinentale Charakter mit zunehmender Höhe und den damit verbundenen sinkenden Temperaturen, ansteigenden Niederschlägen sowie der höheren Luftfeuchte ab. Diese Beobachtungen sind gängige Erscheinungen in Hochgebirgen mit ungehindertem Luftabfluss (MAJOR 1977, S. 53).

Tab. 8 Das Areal von *Calocedrus decurrens* zwischen maritimem und kontinentalem Witterungsgeschehen bezüglich Lage, Winter- und Sommertemperaturen, täglichen und jahreszeitlichen Temperaturschwankungen und Luftfeuchte

	maritim	Areal von <i>Calocedrus</i>	kontinental
Lage	cismontanes Küstenbergland	cismontane Sierra Nevada, transmontanes Küstenbergland	transmontane Sierra Nevada
Wintertemperaturen	mäßig warm	kühl – kalt	sehr kalt
Sommertemperaturen	mäßig kühl	warm	heiß
Tägliche Temperaturschwankungen	niedrig	mittel	hoch
Jahreszeitliche Temperaturschwankungen	niedrig	mittel	hoch
Luftfeuchte	hoch	mittel	niedrig

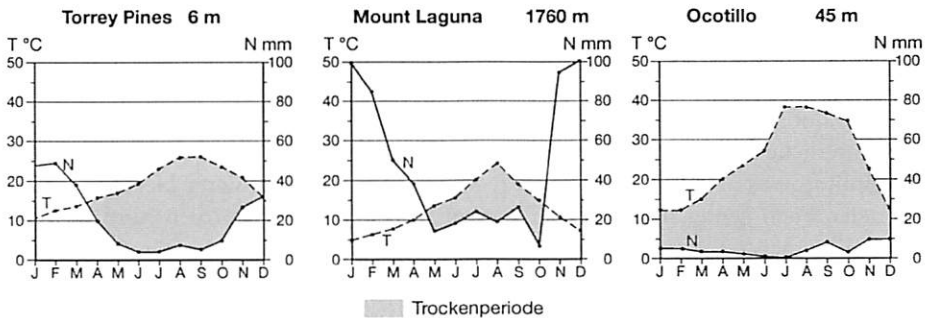


Abb. 10 Klimadiagramme von Torrey Pines (Pazifikküste, maritim), Mount Laguna (Gebirge, Zwischenposition maritimer und kontinentaler Klimaverhältnisse) und Ocotillo (Wüste, kontinental) in Südkalifornien (umgezeichnet nach: COWLING & CAMPBELL 1980)

Die klimatischen Verhältnisse von Mt. Laguna sind repräsentativ für *Calocedrus decurrens*.

Vom thermischen Standpunkt aus gesehen besitzen die kalifornischen Gebirge und ihr leewärtiges Hinterland einen eher kontinentaleren Charakter als die zentralchilenischen Anden (siehe auch DI CASTRI 1973, S. 29). Das verwundert nicht, ist doch – neben der enormen Landmasse des nordamerikanischen Kontinents – das kalifornische Küstengebirge höher, steiler und breiter sowie die kalifornische Längssenke um ein Dreifaches breiter. Auch der Abstand der montanen Nadelwälder zur Pazifikküste misst durchschnittlich die doppelte Entfernung wie in Chile. Diese Tatsache zeigt sich besonders eindrucksvoll bei vergleichender Betrachtung der jeweils polwärtigen, transmontanen Verbreitungsgebiete von *Calocedrus decurrens* (Kapitel 6.7.1) und *Austrocedrus chilensis* (Kapitel 6.2.2 und 6.7.2) bezüglich Arealausdehnung, Physiognomie der Bestände, Begleitvegetation und floristischer Zusammensetzung.

5.1.1.3 Jahreszeitliches Klimageschehen und Witterung

Warme, trockene Sommer und schneereiche Winter mit milden Temperaturen charakterisieren das Klima (siehe Anhang 1 u. 5) der montanen und hochmontanen Sierra Nevada. Mehr als 95 % der jährlichen Niederschlagsmenge fällt zwischen Oktober und Mai (WHITNEY 1979, S. 109-110). Im späten Oktober ziehen die ersten Zyklone, gewöhnlich in Form heftiger Stürme, über Kalifornien hinweg und nehmen an Häufigkeit und Intensität bis Ende Januar zu. Zur gleichen Zeit werden auch die Pollen von *Calocedrus decurrens* verbreitet. Die im Spätherbst (Ende Oktober / Anfang November) einsetzenden Niederschläge fallen in der sub- bis mittmontanen Stufe als Regen, in den mitt- bis hochmontanen Lagen kommt es zu ersten leichten Schneefällen. Da der Boden noch warm ist, schmilzt der Schnee in wenigen Tagen oder gar Stunden. Mitte November ist der Boden meistens so kalt, dass sich eine Schneedecke halten kann. Diese wächst während der Wintermonate an und erreicht ihr Maximum Mitte bis Ende März. Zu dieser Zeit lassen die Winterstürme nach und die Schmelzrate übersteigt die Akkumulation (WHITNEY 1979, S. 115). In den meisten Jahren verringern sich die Niederschläge während des Aprils und sind Ende Mai abgeklungen.

Generell sind die Winter in Kalifornien erstaunlich sonnig. In diesem Zusammenhang sind die Beobachtungen zum relativ kontinuierlichen Austreiben der Triebspitzen von *Calocedrus* interessant, denn ihr Wachstum muss im Herbst noch nicht abgeschlossen sein (siehe hierzu Kapitel 8.3). Nur ab und zu werden die Schönwetterperioden durch zyklonale Witterung unterbrochen. Ursache für dieses Witterungsgeschehen ist das winterliche Hochdruckgebiet über dem Great Basin, welches viele Zyklone nördlich Kaliforniens ablenkt (MAJOR 1977, S. 23). Während die Sierra Nevada und die Kaskaden hoch genug sind, um den cismontanen Westen Kaliforniens und Oregons gegen die meisten kontinentalen Einflüsse abzuschildern, bieten die niedrigeren Transversalketten Kerben (z. B. Cajón Pass), welche kontinentale Klimateinflüsse bis in das Becken von Los Angeles gelangen lassen. Bekannt sind die heißen, trockenen Santa Ana Winde, die vor allem im Herbst bei niedriger Luftfeuchte und während der Wintermonate aus dem Wüstenhochbecken über die Berge (Pässe) bis in die Küstenbecken Kaliforniens wehen (MINNICH 1988, S. 10). Unter dem Einfluss dieser Fallwinde kann die Luftfeuchte – auch im Gebirge – auf 2 bis 5 % absinken (BAUER 1978, S. 10-11), was oft verheerende Brände zur Folge hat (zum „Feuerwetter“ siehe auch Kapitel 5.1.4.3).

Zwischen Mitte und Ende März, wenn die Schneebedeckung ihr Maximum erreicht hat (zu den Bodentemperaturen unter Schneebedeckung siehe Anhang 1, Diag. 4a, 5a und Anhang 5, Tab. 65a,b+c, 66a,b+c), lassen die Stürme über der Sierra Nevada nach, und die Schneeoberfläche ist der starken Insolation ausgesetzt. Im Verlauf des Frühjahrs und Frühsommers schreitet die Schneeschmelze rasch voran, umso mehr, als die Schneeoberfläche im Verlauf des Tauprozesses unregelmäßiger und vermehrt mit Staub und Blättern überdeckt wird. All das reduziert die Reflektion der Schneeoberfläche exakt zu der Zeit, wenn Intensität und Dauer der Sonneneinstrahlung von Tag zu Tag zunehmen (siehe Anhang 1, Diag. 1a+b, 6a+b und Anhang 5, Tab. 67a,b+c, 72a,b+c). In dem Maße, wie die Lufttemperatur ansteigt, schmelzen auch größere Schneemengen als Folge der „eddy conduction“ (siehe hierzu auch WHITNEY 1979, S. 120-121). Außerdem sind die letzten Tiefdrucklagen im Frühjahr am wärmsten, sodass, je näher der Sommer rückt, die Schneefälle allmählich in Regen übergehen. Der Regen wiederum fördert das Abtauen des Schnees. Während der fortschreitenden Schneeschmelze akkumuliert sich Wasser auf der Schneeoberfläche und erwärmt die darunter liegende Schicht und fließt Rinnen und Gullies bildend hangabwärts.

Die Sommer in der Sierra Nevada und in den Klamath Mountains sind mit großer Regelmäßigkeit warm und trocken. Die Tage sind in Abhängigkeit von Höhe ü.NN und topographischer Lage warm bis heiß, die Nächte lau oder kühl (siehe Anhang 1, Diag. 2a+b, 7a+b und Anhang 5, Tab. 68a,b+c, 73a,b+c). Der Juli ist der heißeste Monat in der Sierra Nevada. Die Bergseen sind aufgetaut und der Schnee ist bis auf die höchsten Gipfel und Kaltluftbecken geschmolzen. Gemäß ihrer Breitenlage bzw. Lage innerhalb der zonalen Zirkulation sind die Sommer in der Sierra Nevada wärmer und trockener als in den Cascade Ranges und etwas kühler und feuchter als die Sommermonate im Süden und Osten Kaliforniens. Weniger als 5 % der jährlichen Niederschlagsmenge in der Sierra Nevada fallen während der sommerlichen Jahreszeit (WHITNEY 1979, S. 126). Ein typischer Julitag in der Sierra beginnt mit klarem Himmel. Unmittelbar nach Sonnenaufgang ist die Luft noch kühl und feucht, wärmt sich aber sehr schnell auf. Am späten Vormittag setzen hangaufwärts wehende Talwinde ein und über dem Hauptkamm bilden sich isolierte Cumulus-Wölkchen, die langsam ostwärts ziehen. Nachmittags formieren sich an Tagen mit leichten Luftbewegungen durch verstärkt hangaufwärts wehende Berg-Tal-Winde häufig größere Cumulus-Wolken, welche am späten Nachmittag breite Schatten über die Wälder, Matten und Seen werfen. Sobald eine Wolke vorüberzieht, kühlt sich die Luft sehr schnell ab, wärmt sich aber ebenso schnell wieder auf, sobald die Sonne zurückkehrt. Bezüglich *Calocedrus decurrens* führt die, wenn auch leichte, nachmittägliche Bewölkung zu einer Verringerung der Transpiration (zum „indirekten“ Wachstum siehe Kapitel 8.3).

In manchen Jahren kann es einen oder mehrere sommerliche Tropenstürme („Chubascos“) geben, welche von Süden her nach Kalifornien eindringen (maritime tropische Luftmassen). Sie bringen vereinzelte, oft heftige Gewitter oder manchmal nur relativ ausgedehnte Bewölkung bis nach Zentralkalifornien. Solche Stürme können den oberen Hanglagen große Niederschlagsmengen bringen, mildern aber auf lange Sicht die andauernde Sommertrockenheit Kaliforniens nur geringfügig ab (vgl. WHITNEY 1979, S. 104). Meistens handelt es sich um Starkregen, welcher rasch oberflächlich abfließt, ohne dass nennenswerte Mengen an Feuchtigkeit in die zudem ausgetrockneten

und mit Luft gefüllten Poren des Bodens eindringen. Bei Starkregen sind die obersten Zentimeter des Bodens schnell gesättigt, sodass Adhäsions- und Kohäsionskräfte des Wasserfilms an den Porenwänden der obersten Bodenschichten das weitere Eindringen des Wassers verhindern. Das übrige Wasser muss dann den Weg des geringsten Widerstandes gehen und oberflächlich abfließen. In groben Sandböden ist zwar viel Bodenluft enthalten, sie haben jedoch weitständige Kapillaren und das Wasser kann somit bei Starkregen tiefer eindringen als in Tonböden. Diese wiederum enthalten nur wenig Bodenluft, die engen Kapillare unterbinden jedoch das schnelle Eindringen des Bodenwassers. Die meisten Gewitter entwickeln sich zwischen Juli und September aus feuchten tropischen Luftmassen bzw. Strömungen, welche durch vorherrschende Südwinde vom äquatorialen Pazifik und vom Golf von Kalifornien nach Südkalifornien gebracht werden. Gemäß ihrer Lage nahe am nördlichen Tropenrand sind die sommerlichen Niederschläge in der Sierra San Pedro Mártir / Baja California (Mexiko) höher als im Süden Kaliforniens. Doch Lysimeter-Daten aus der Sierra San Pedro Mártir zeigen, dass Sommerregen die Böden unter anderem wegen der hohen Evaporationsraten weniger als 50 cm tief durchfeuchten (MINNICH & FRANCO-VIZCAÍNO 1997b, S. 14). Folglich sind auch dort, am südlichen Arealrand der Incense Cedar, winterliche Zyklone die Garanten für pflanzenverfügbares Bodenwasser.

Im Verlauf des Herbstes werden die Nächte zunehmend kühler, während die Tagestemperaturen noch bis spät in den Oktober oder bis in den frühen November warm bleiben können (siehe Anhang 1, Diag. 3a+b, 8a+b und Anhang 5, Tab. 64a,b+c, 69a,b+c). Wenn der Spätsommer in die herbstliche Jahreszeit übergeht, werden Gewitter seltener. Typisch für den September und Oktober sind lange Abfolgen klarer, sonniger Tage. Die tiefstehende Sonne taucht die grauweiße Granitlandschaft und die sich rot und gelb färbenden Blätter der sommergrünen Pappeln (*Populus tremuloides*), Erlen (*Alnus rhombifolia*), Ahorne (*Acer macrophyllum*) und Eichen (*Quercus kelloggii*, *Qu. garryana*) in ein bronzefarbenes Licht.

5.1.1.4 Topoklimate und Biotopwechsel an den Arealrändern

An ihren horizontalen bzw. submediterranen und vertikalen Arealrändern beschränkt sich *Calocedrus decurrens* nach dem Gesetz der relativen Standortskonstanz auf teilweise sehr eng begrenzte ökologische Nischen (siehe Tab. 9 und 10).

Tab. 9 Limitierende Klimafaktoren an den submediterranen Arealrändern von *Calocedrus decurrens* in Gegenüberstellung mit den sich jeweils anschließenden Klimazonen und den an den jeweiligen Arealrändern von *Calocedrus decurrens* besiedelten Meso- und Topoklimaten

Submediterraner Arealrand von <i>Calocedrus decurrens</i>	Limitierende Klimafaktoren	Angrenzende Klimazone bzw. Topoklima (TROLL & PAFFEN 1964) / Zonale Vegetation	Ökoton mit <i>Calocedrus decurrens</i> als extrazonale Vegetation
<p><u>Östlicher Arealrand:</u> Warner Mountains im äußersten Nordosten Kaliforniens</p>	<p>zu starke Winter- und Spätfröste bei zu dünner oder nicht vorhandener Schneedecke</p>	<p>Sommerdürres Trockensteppenklima (III 10); weniger als 6 Monate feucht als schmaler topoklimatisch bedingter Saum <u>zwischen IV 1 und III 10</u> => Kontinental-winterkaltes Klima mit feuchtem, warmem Sommer (III 4); kältester Monat -3° bis -13° C, Jahresschwankung 20° bis 30° C; kontinentaler Falllaub- und Mischwald</p>	<p>feuchte, im Winter schneereiche Schluchten innerhalb des Öktons III 4 / III 10; als Galeriewald mit Coniferen (<i>Abies</i>, <i>Pinus</i>) und sommergrünen Laubbäumen (<i>Populus</i>)</p>
<p><u>Äquatorwärtiger (südlicher) Arealrand:</u> Sierra San Pedro Mártir in der nördlichen Baja California</p>	<p>zu lange Trockenperioden</p>	<p>Subtropisches Halbwüsten- und Wüstenklima (IV 5) als schmaler topoklimatisch bedingter Saum <u>zwischen IV 1 und IV 5</u> => Gebirgsnadelwälder</p>	<p>nahes Ufer perenner Wasserläufe innerhalb des Öktons IV 1 / IV 5; als vereinzelt Bäume</p>
<p><u>Polwärtiger (nördlicher) Arealrand:</u> Südostflanke des Mount Hood im Norden Oregons</p>	<p>zu feucht / Niederschlag zu gleichmäßig über das Jahr verteilt</p>	<p>Ozeanisches Klima (III 2); kältester Monat über 2° C, jährliche Schwankung unter 16° C; sommergrüner Laubwald als schmaler topoklimatisch bedingter Saum <u>zwischen III 10 und III 2</u> => Kontinental-winterkaltes Klima mit feuchtem, warmem Sommer (III 4); kältester Monat -3° bis -13° C, Jahresschwankung 20° bis 30° C; kontinentaler Falllaub- und Mischwald</p>	<p>Leelage zu den regenbringenden Westwinden im Ökoton III 4 / III 10; als Bestandteil offener Kiefern-Trockenwälder mit laubwerfenden Eichen (<i>Quercus garryana</i>)</p>
<p><u>Westlicher Arealrand:</u> Santa Lucia Mountains in den südlichen Coast Ranges</p>	<p>zu feuchte und zu kühle Sommer</p>	<p>Nebelreiche Küstenvariante des Winterregenklimas (IV 1 + Sommernebel) als schmale, N-S-verlaufende, topoklimatisch bedingte Streifen <u>innerhalb IV 1</u> => Winterfeuchtes Steppenklima (IV 2); meist weniger als 5 Monate feucht; Gras- und Strauchsteppe</p>	<p>extreme Leelage, hochgelegene nebelfreie Schluchten im Ökoton IV 1 / IV 2; als Galeriewald mit immer- und sommergrünen Laubbäumen</p>

Tab. 10 Limitierende Klimafaktoren an den vertikalen Arealrändern von *Calocedrus decurrens* in Gegenüberstellung mit den sich jeweils anschließenden Höhenstufen und Vegetationszonen und den in den jeweiligen Höhenstufen von *Calocedrus decurrens* besiedelten Meso- und Topoklimaten

Vertikaler Arealrand von <i>Calocedrus decurrens</i>	Limitierende Klimafaktoren	Angrenzende Höhenstufe / Zonale Vegetation	Meso- bzw. Topoklima
Untere Verbreitungsgrenze	zu trocken	Untere montane Stufe; Chaparral, <i>Pinus sabiniana</i> – Offenwald	feuchte, schattige Schluchten
Obere Verbreitungsgrenze	zu kalt, Spätfröste	Obere montane / subalpine Stufe; <i>Abies magnifica</i> - Wald	südexponierte Hanglagen

Der östliche Arealrand: Die östlichsten Bestände von *Calocedrus decurrens* sind punktförmige Vorkommen in den transmontanen Warner Mountains im äußersten Nordosten Kaliforniens und im Bergland östlich von Bend im Lee der Kaskaden (siehe Kapitel 6.7.1). Das subtropische Winterregenklima Kaliforniens (IV 1) grenzt hier an die sommerdürren Trockensteppen (III 10) des Great Basin. Zwischen diese beiden Klimate schiebt sich im Lee der Sierra Nevada und der Kaskaden ein nord-süd-verlaufender, topoklimatisch bedingter Saum bzw. ein westlicher Ausläufer des III 4 - Klimas mit Falllaub- und Mischwäldern als zonaler Vegetation. *Calocedrus* erfährt hier, an ihrem östlichen Arealrand, im Ökoton III 4 / III 10 einen Biotopwechsel in feuchte, wasserführende, im Winter schneereiche Schluchten, wo sie als Galeriewald mit *Abies concolor*, *Pinus ponderosa* und sommergrünen Laubbäumen (u.a. *Populus trichocarpa*) gedeiht. Zu starke Winterfröste bzw. Spätfröste bei dünner oder ausbleibender Schneebedeckung, verbunden mit tiefen Temperaturen (zunehmende Kontinentalität; siehe hierzu Tab. 11) einerseits und aufsteigende Bodenwasserbewegung (Versalzung) während der heißen Sommermonate andererseits, verhindern eine weitere Ausdehnung der Incense Cedar Richtung Osten.

Tab. 11 Vergleich der Temperatur- und Niederschlagswerte des kalifornischen und des nordwestlichen Gelbkiefer-Mischwaldes (KNAPP 1965)

	Kalifornischer Gelbkiefer-Mischwald	Nordwestlicher Gelbkiefer-Mischwald
Mittlere Jahrestemperatur	10,4° C	7,1° C
Temperaturmittel Januar	3,0° C	- 4,3° C
Temperaturmittel Juli	20,3° C	18,8° C
Monate mit Temperaturmittel weniger als 0° C	0	3
Monate mit Temperaturmittel weniger als 10° C	5,7	7
Mittlerer Jahresniederschlag	865 mm	615 mm
Trockenmonate	4,6	3,7
Dürremonate	4,1	2,6
fast regenlose Monate	2,4	0,1

Der kalifornische Gelbkiefer-Mischwald gehört zum Hauptverbreitungsgebiet von *Calocedrus decurrens*; der nordwestliche schließt die östlichsten Vorkommen der Incense Cedar in Nordost-Kalifornien (Warner Mountains) und in Ost-Oregon (Berge östlich Bend) ein.

Der äquatorwärtige (südliche) Arealrand: Die südlichste, etwa 15 m hohe Incense Cedar, hier Pino Colorado genannt, steht an einem perennierenden Bach nahe der Misión San Pedro Mártir (siehe Kapitel 6.5.1). Circa 200 m flussaufwärts wurzeln zwei 3 bis 4 m hohe Exemplare. Die Winterregen-Subtropen der nordamerikanischen Westküste gehen an der südlichen Verbreitungsgrenze von *Calocedrus* in das subtropische Halbwüsten- und Wüstenklima (IV 5) über. Die N-S-verlaufenden Gebirgszüge der Sierra Juárez und der Sierra San Pedro Mártir im Norden Bajas bilden beispielhaft die von RATHJENS (1980) beschriebenen „Inseln der Feuchte und Kühle“ (Kapitel 5.1.1.2), wo sich aufgrund der topoklimatischen Verhältnisse (winterliche Schneefälle in der hochmontanen Stufe, verursacht durch die Westwinddrift) Nadelwälder „über der Wüste“ etablieren können. An ihrem südlichen Arealrand wächst *Calocedrus* in kühlen, feuchten Muldenlagen (Sierra Juárez und zentrale Sierra San Pedro Mártir) und mit Annäherung an ihre südliche Verbreitungsgrenze ausschließlich entlang von Wasserläufen (südliche Sierra San Pedro Mártir). Als limitierende Klimafaktoren gelten erstens die zu geringe jährliche Niederschlagsmenge (< 600 mm) und zweitens die zu langen v.a. sommerlichen Trockenperioden. Kollidieren außertropische Strömungen mit relativ warmen Luftmassen tropischen Ursprungs, resultieren daraus intensive, meist sommerliche Starkregen („Chubascos“; vgl. Kapitel 5.1.1.3), welche die Flüsse innerhalb weniger Stunden zu reißenden, unpassierbaren Strömen anschwellen lassen (DELGADILLO 1998, S. 43). Diese sommerlichen Niederschläge kommen deutlich in den Klimadiagrammen der Sierra Juárez und der Sierra San Pedro Mártir zum Ausdruck (siehe Abb. 11; vgl. Tab. 12).

Der polwärtsige (nördliche) Arealrand: Der nördlichste Fundort von *Calocedrus decurrens* ist ein wenige Quadratkilometer umfassendes Gebiet an der Südostflanke des Mount Hood im Norden Oregons (siehe Kapitel 6.4.1). Hier vollzieht sich von Westen nach Osten in relativ kurzer Entfernung der Übergang vom kühlgemäßigten, ozeanischen Klima (III 2) zum sommerdürren Trockensteppenklima (III 10). Ähnlich wie

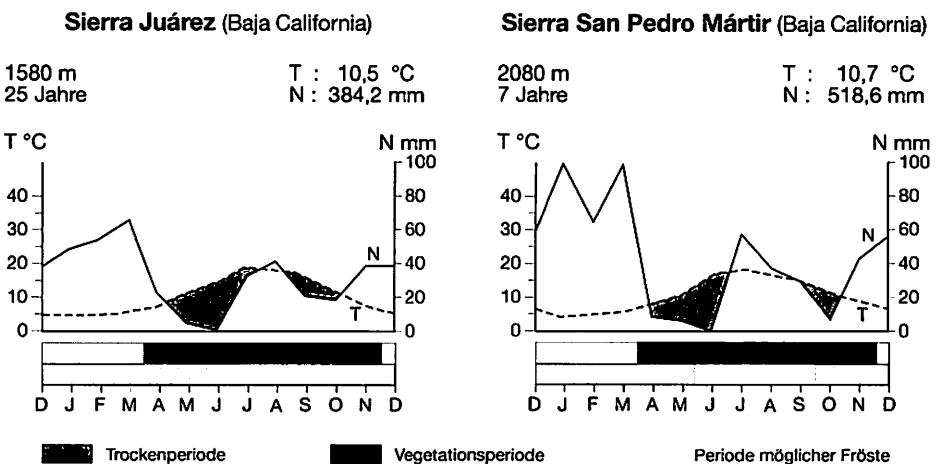


Abb. 11 Klimadiagramme der Sierra Juárez und der Sierra San Pedro Mártir (umgezeichnet nach: DELGADILLO 1998)

am östlichen Arealrand der Incense Cedar liegt zwischen beiden Klimaten im Lee der Kaskaden ein schmales Band des III 4 - Klimas. Auch an der Fußstufe des Mount Hood findet man die Incense Cedar im Ökoton III 4 / III 10.

Tab 12 Prozentualer Anteil der jährlich als Schnee fallenden Niederschlagsmenge, Menge der Winterniederschläge im Verhältnis mit mesischen Stationen in Südkalifornien und Durchschnittstemperaturen im Sommer und Winter in der Sierra San Pedro Mártir (MINNICH & FRANCO-VIZCAÍNO 1997)

Hygrische und thermische Parameter	Sierra San Pedro Mártir
Jährliche Niederschlagsmenge, die als Schnee fällt (bei 1700 m)	15,00%
Jährliche Niederschlagsmenge, die als Schnee fällt (bei 2600 m)	80,00%
Menge der Winterniederschläge im Verhältnis mit mesischen Stationen in Südkalifornien	60-80 %
Durchschnittstemperatur im Sommer	16° C
Durchschnittstemperatur im Winter	0° C

Der westliche Arealrand: An ihrem westlichen Arealrand ist *Calocedrus decurrens* auf extreme Leelagen des nördlichen und südlichen kalifornischen Küstenberglandes beschränkt. Abgesehen von den pedologischen Besonderheiten (Serpentinböden, siehe Kapitel 5.1.2 und 5.1.3), herrscht durch die scharf abgegrenzten Luv- und Leelagen eine große topoklimatische Vielfalt. Unter anderem als Folge des Zusammentreffens bodenhydrologischer und topoklimatischer Eigentümlichkeiten liegen innerhalb der Coast Ranges viele Entwicklungszentren lokaler Endemiten (STEBBINS & MAJOR 1965, S. 23-24). Drei dieser Gebiete sind zugleich Erhaltungsgebiete der Incense Cedar:

- die Berge oberhalb Calistoga im Napa Valley,
- die Gegend östlich von Big Sur in den Santa Lucia Mountains sowie
- die San Benito Mountains oberhalb Idria (vgl. STEBBINS & MAJOR 1965, S. 30-31, 34-35).

Als Folge des Regenschattens auf den Ostseiten der Berge erhalten die trockensten Lagen nur 30 bis 35 % jener Niederschlagsmengen, die in den nur 5 bis 10 km entfernten feuchtesten Gegenden fallen. Die Küstengebiete sind in weiten Teilen kühl und feucht mit sommerlichem Küstennebel (vgl. WEISCHET 1996, S. 129-130), teilweise durch steil aufragende Gebirgszüge jedoch während der langen, regenlosen Sommerzeit auch extrem heiß und trocken (Lower Bee Camp im Big Sur Area, Arroyo Seco in den südlichen Santa Lucia Mountains). Das Napa-Valley (Weinanbaugebiet) erhält vergleichsweise hohe Winterniederschläge und keine Sommernebel (zur relativen „Kontinentalität“ des Napa Valley innerhalb des Küstenberglandes vgl. die Spätfrostdaten von ELFORD 1974, in: WEISCHET 1996, S. 130). Bemerkenswert ist, dass *Calocedrus* in den südlichen kalifornischen Coast Ranges nur die extrem leeseitigen, sehr trockenen Lagen entlang von Wasserläufen besiedelt. Dieser Umstand weist darauf hin, dass neben den krassen Gegensätzen der feuchten, nebelgespeisten Luv- und der trockenen, dem Meer abgewandten Leehänge jene Zwischenlagen fehlen, welche eine für die Zapfenreife ausreichend lange sommerliche Trockenperiode, verbunden mit einer für das Wachstum ausreichenden Bodenfeuchte, liefern.

5.1.2 Orographisch-geologische und petrographische Grundlagen

5.1.2.1 Geologie und Ausgangsgesteine im Verbreitungsgebiet von *Calocedrus*

Das Verbreitungsgebiet von *Calocedrus decurrens* führt durch sechs geologische Provinzen (HUNT 1974, S. 27-57; NORRIS & WEBB 1990, S. 52-53, 62-125): die Sierra Nevada, die Cascade Ranges, die Klamath Mountains, die nördlichen und südlichen Coast Ranges sowie die Sierra Juárez und die Sierra San Pedro Mártir in der Baja California als Fortsetzung des kalifornischen Küstenberglandes. Es fällt auf, dass *Calocedrus decurrens* häufig auf magmatischen Substraten gedeiht, jedoch nicht auf diese angewiesen zu sein scheint. Die Vorkommen von *Calocedrus* bzw. *Austrocedrus* auf saurem nährstoffarmem Sandstein und auf Serpentin im Küstenbergland Kaliforniens bzw. auf vergrustem Granodiorit in Chile zeigen, dass das Klima eine übergeordnete, wenn auch nicht ausschließliche Rolle spielt. Die dem Meer abgewandten Küstenstandorte beider Coniferen entlang perennierender Wasserläufe innerhalb kühler Schluchten bei ausgeprägter Leelage lassen erkennen, dass die Topographie und demzufolge das Topoklima ebenfalls entscheidend sind. Allen Ausgangsgesteinen gemeinsam ist allerdings ihre hohe Durchlässigkeit, was für die Wasseraufnahme durch die Tracheiden entscheidend ist (siehe Kapitel 8).

Weite Teile der Sierra Nevada bestehen aus granitoiden Batholithen (Abb. 12), welche im späten Mesozoikum / frühen Känozoikum intrudiert waren (zur Entstehung des Yosemite-Tals siehe HUBER 1991 und JONES 1990; zur Geologie der Sierra Nevada siehe HILL 1975). Die jüngeren Cascade Ranges setzen sich größtenteils aus vulkanischen Gesteinen und einigen kleinen, meist känozoischen Intrusionen zusammen (zur Geologie Oregons und den südlichen Kaskaden siehe ALT & HYNDMAN 1996b; zum Mount Lassen siehe EGENHOFF 1970, S. 225-227 und HILL 1970, S. 211-224). In den nicht nur pflanzengeographisch, sondern auch geologisch eigentümlichen Klamath Mountains findet man ein buntes Mosaik aus diversen, teilweise beträchtlich gefalteten paläozoischen metamorphen Gesteinen, mehr oder weniger stark serpentinisierten Peridotiten bzw. ultramafischen Gesteinen, Kontaktzonen zwischen Serpentin und Granit sowie kleineren Kalkinseln (ohne *Calocedrus decurrens*) mit den jeweils typischen Pflanzengemeinschaften. In den Klamath Mountains kann man bereits aus großer Entfernung von der Vegetation – besonders anhand der Zusammensetzung der Coniferen – auf den geologischen Untergrund schließen (zur Geologie Nordkaliforniens und der Klamath Mountains siehe ALT & HYNDMAN 1996a). Die südlichen Coast Ranges werden aus tertiären, teilweise marinen Sedimenten aufgebaut (*Calocedrus decurrens* auf nährstoffarmen, sauren Sandsteinen), das nördliche Küstenbergland vor allem aus mesozoischen Sedimenten (*Calocedrus* ausschließlich auf den wenigen Serpentinvorkommen). Das die hochmontanen Standorte der Incense Cedar betreffende Rückrat der Sierra Juárez und der Sierra San Pedro Mártir besteht aus einer granitischen terrassenförmigen Hochgebirgslandschaft mit ausgedehnten Matten (*Calocedrus* an Mattenrändern), Felsrippen mit eindrucksvoller Wollsackverwitterung, Steilhängen, Becken und tiefeingeschnittenen, teilweise wasserführenden Canyons (mit *Calocedrus*).

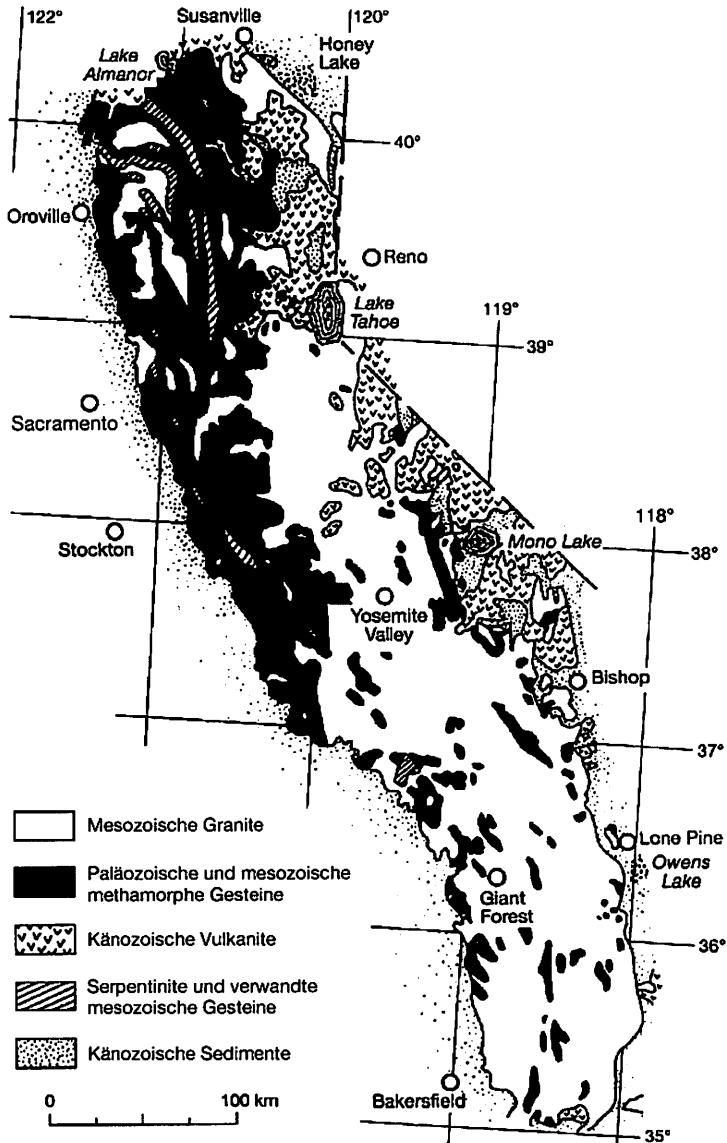


Abb. 12 Geologische Karte der Sierra Nevada (umgezeichnet nach: WHITNEY 1979)

5.1.2.2 Sierra Nevada: *Calocedrus* auf granitoiden und vulkanischen Gesteinen

Die Sierra Nevada ist ein nach Westen geneigter und nach Norden abfallender kreidezeitlicher Verwerfungsblock. Die steile Ostabdachung bildet eine nord-süd-verlaufende Verwerfungslinie (Aufschiebung), die das Gebirge vom Great Basin abgrenzt. Die nach Westen fallenden Schichten schneiden schräg einen mesozoischen granodioritischen

Batholithen, der sich diskontinuierlich über den Verwerfungsblock der Sierra Nevada ausdehnt. Dieser Struktur folgend verläuft die Drainage in tief eingeschnittenen Flusstälern Richtung Westen (HUNT 1974, S. 577-579).

Im späten Jura – kurz nach dem Erscheinen der ersten Coniferen auf der Erde – intrudierte die granitische Masse in die bereits teilweise gefalteten, verworfenen und metamorphisierten älteren und jurassischen Sedimente, welche das Dach des Gebirges formten. Zur Kreidezeit waren Teile der Sierra hoch genug, um mächtige Sedimente (Chico Formation, 7580 m) in küstenparallelen Becken abzulagern. Der obere Teil der Chico Formation enthält zunehmend Kalifeldspat (wie der Feldspat des Sierragranits), was indiziert, dass sich die Erosion durch das Dach des Batholithen geschnitten hat. Zu jener Zeit war das Great Basin noch ein Gebirge, dessen westliche Kante die Sierra Nevada bildete. Plutone, die jünger als die Chico Formation sind, bilden den höchsten Teil der Sierra und stammen aus der späten Kreide (HUNT 1974, S. 580).

Im Tertiär / Eozän blieb die Sierra hoch genug, um Sedimente westwärts zu schütten. Während des Miozäns wurde die Sierra Nevada größtenteils unter vulkanischen Aschen und Lavaflüssen begraben. In dieser Zeit brach das Great Basin als Folge oligozäner Verwerfungen ein. Die Drainage über die alte Sierra wurde so unterbrochen und das heutige Relief bildete sich langsam heraus. Mit Beginn des Pliozäns wurde die Sierra als deutlicher Verwerfungsblock sichtbar – mit 2100 m (heute 3300 bis 4250 m) hohen Gipfeln und 300 m tiefen Canyons. Die tektonischen Bewegungen wurden von Vulkanismus begleitet. Durch manche Canyons flossen Lavaströme talwärts (HUNT 1974, S. 580-581).

Im Verlauf des Pleistozäns / Quartär erreichte die Sierra ihre jetzige Höhe. Die Gletscher formten „hanging valleys“ (U-Täler) wie z. B. das Yosemite Tal. Dort, wo einst tertiäre Lavaströme Canyons hinuntergeflossen waren und ausfüllten, findet man heute eine Inversion der Topographie: die Lavaströme bildeten Felsrücken und das weichere umgebende granitische Terrain erodierte. Der Fluss suchte sich daraufhin seitlich oder beiderseits (und teilweise unterirdisch wie auch am Río Laja / Volcán Antuco in Zentralchile) des Lavarückens sein neues Bett (HUNT 1974, S. 581).

Das Ergebnis der geologischen Historie sind topographische Unkonformitäten, welche sich in einem alten und einem neuen Relief ausprägen. Das sanfte alte Relief formt Hochländer zwischen den Canyons. Das zerklüftete junge Relief entstand durch subsequente Hebung und westwärtiges Fallen, sodass sich Gletscher und Flüsse tief in die alte Oberfläche einschneiden konnten und ein raues, felsiges Relief zwischen der alten Oberfläche ausbildeten (HUNT 1974, S. 581). Ein schönes Beispiel für derartige Prozesse sind die Klamath Mountains, wo die daraus resultierende Topographie im „Westentaschenformat“ beobachtet werden kann – mit der entsprechenden Vielfalt ökologischer Nischen für dicht beieinander auftretende, unterschiedliche Pflanzengemeinschaften (Kapitel 6.3.1).

5.1.2.3 Cascade Ranges: *Calocedrus* auf Vulkaniten

Die südlichen Kaskaden („Southern Cascades“) sind eine lavabedeckte tektonische Senke innerhalb der Sierra-Kaskaden-Aufschubung. Sie bestehen aus einem knapp

1700 m hohen Lavafeld mit aufgesetzten Vulkankegeln, so der Mount Shasta (4250 m) und der Mount Lassen (3180 m) im Nordosten Kaliforniens. Sie entstanden im späten Tertiär und im Quartär (HUNT 1974, S. 581).

Die Laven der mittleren Kaskaden („Middle Cascades“) entsprechen den nördlichen Kaskaden Oregons mit dem Mount Hood (siehe hierzu auch das geologische Profil durch die nördlichen Kaskaden Oregons von ALT & HYNDMAN 1996b, S. 142) und stammen aus dem frühen und mittleren Tertiär. Sie liegen Richtung Norden unterhalb jüngerer spättertiärer und quartärer Laven. So bilden die mittleren Kaskaden einen tektonischen Horst aus mitteltertiären Laven, überdeckt mit großen Vulkankegeln pleistozänen Alters. Die Hebung begann im Miozän. Am Ende dieser Epoche waren die Kaskaden hoch genug, um dem Columbia-Plateau Feuchtigkeit abzuschneiden, sodass es zunehmend trockener wurde. Die miozänen Laven bestanden aus sehr flüssigem Basalt und formten breite, niedrige Schildvulkane. Die späteren Eruptionen lieferten mehr viskose Andesite, welche auf den flachen Schildvulkanen hohe, steile Kegel bildeten. Der Crater Lake in Südoregon war einst ein hoher Vulkankegel namens „Mount Mazama“. Eine Eruption im späten Pleistozän zerstörte den Kegel und warf große Mengen Asche aus, von denen ein Teil in den Vulkanschlund zurückfiel. Heute sieht man eine wassergefüllte Caldera, deren Seetiefe mehr als 700 m beträgt. Während des Pleistozäns waren alle Gipfel über 3000 m mit Gletschern bedeckt; die Kegelform blieb jedoch größtenteils erhalten (HUNT 1974, S. 581-583).

5.1.2.4 Klamath Mountains: *Calocedrus* auf Serpentiniten und anderen Gesteinen

Als „confusion of broken mountain ridges with steep and stony slopes“ beschreibt PECK (1941) die Siskiyou Mountains. Die Klamath Mountains sind ein tektonischer Horst, der im Süden unter die mesozoischen Coast Ranges Nordkaliforniens und im Norden unter das tertiäre Küstenbergland von Südoregon abtaucht. Östlich erstreckt er sich unterhalb der quartären Laven der Cascade Mountains (HUNT 1974, S. 591-592). Geographisch gehören die Klamath Mountains zum Küstengebirge, unterscheiden sich aber vom Küstenbergland bezüglich Alter, Genese, Höhe ü.NN, ihrer geologischen Komplexität und der Ost-West-Erstreckung (WHITTAKER 1960, S. 280). Gesteine und Strukturen ähneln vielmehr der nördlichen Sierra Nevada, mit der die Klamath Mountains bis vor 130 Millionen Jahren verbunden waren (ALT & HYNDMAN 1996a, S. 87-88). Paläozoische und frühmesozoische eugeosynklinale, teils stark deformierte und metamorphisierte Formationen wurden von spätmesozoischen Graniten intrudiert. Während des Tertiärs und des Quartärs wurden ältere Gesteine und Strukturen durch Hebung und andere Deformationsprozesse modifiziert, welche das Gebirge in seine heutige Lage gehoben haben (HUNT 1974, S. 591).

Der Klamath-Komplex einschließlich der Siskiyou Mountains und der Trinity Alps wird in vier geologische Subprovinzen unterteilt:

- die östliche paläozoische (paläozoischer und mesozoischer vulkanischer Bogen),
- die zentrale metamorphe (Fragment subduzierter devonischer Ozeankruste),
- die westliche paläozoische und triassische (akkreditierte ozeanische Gesteine),

- die westliche jurassische Subprovinz (Gemisch aus ophiolithischen Gesteinen, moderat- bis hochmetamorphen Gesteinen und klastischen Sedimenten).

Diese Gürtel werden durch nach Osten fallende und nach Westen kippende Bruchlinien begrenzt, welche Richtung Westen jünger werden (ALT & HYNDMAN 1996a, S. 87-88; IRWIN 1966, 1981; SAWYER & THORNBURGH 1977, S. 701; VENNUM 1994, S. 31-32). Granitintrusionen sind meist dioritisch. Ultrabasische Intrusionen, hauptsächlich Peridotite und Duniten, sind mehr oder weniger stark serpentinisiert. In der montanen Zone (Hauptverbreitung von *Calocedrus decurrens*) beeinflussen metamorphe, granitische und ultrabasische Ausgangsgesteine in unterschiedlicher Weise die Vegetationszusammensetzung. Die Pflanzengemeinschaften auf ultrabasischen Gesteinen unterscheiden sich am stärksten (SAWYER & THORNBURGH 1977, S. 701).

Vor circa 130 bis 140 Millionen Jahren trennten sich die Klamath Mountains von der Sierra Nevada – zu einer Zeit, als beide Gebirge noch jung und die sie schaffenden Prozesse noch aktiv waren. Offensichtlich brach eine einzige Gebirgskette in zwei Teile. Die Klamath Mountains verschoben sich durch Extension ungefähr 100 Kilometer nordwestwärts von ihrer ursprünglichen Lage und bilden heute eine Linie mit den nördlichen Coast Ranges. Die Gesteine entlang des südlichen Randes der Klamath Mountains entsprechen denen der nördlichen Sierra Nevada. Nahezu jeder der genannten Gesteinsgürtel findet sein Gegenstück an der nördlichen Kante der Sierra Nevada (ALT & HYNDMAN 1996a, S. 87-88). Der Grund, weshalb die Klamath Mountains heute morphologisch anders erscheinen als die Sierra Nevada – trotz ihres gemeinsamen Ursprungs und ähnlicher Tektonik –, liegt darin, dass sie keine zweite Anhebung und die damit einherlaufende Erosion erfahren haben. Die Klamath-Provinz ist das Ergebnis Millionen von Jahren andauernder Erosion unter dichter Waldbedeckung (SCHOENHERR 1992, S. 232-233).

Bezeichnend für die östlichen Klamath Mountains mit dem Trinity-Komplex sind mehr als 20 Granitstöcke und kleinere Batholithe, welche in die ultramafischen Gesteine des Trinity-Komplexes intrudiert sind. Als häufig besiedelte und (bodenhydrologisch) ökologisch bedeutsame Standorte von *Calocedrus decurrens* sollen diese Kontaktzonen granitischer und häufig stark serpentinisierter ultramafischer Gesteine genauer betrachtet werden – zumal ein augenfälliger Wechsel in der Vegetationszusammensetzung stattfindet (siehe auch Kapitel 5.1.3.4 und 6.3).

Durch die für die Verwitterung von Granit ungewöhnlich steil aufragende und kantige Form sind die Castle Crags eine imposante geomorphologische Ausnahme in den südöstlichen Klamath Mountains. Grund für die ungewöhnliche Morphologie sind zwei vertikale tektonische Bruchlinien, welche den Granitstock im 90°-Winkel durchschneiden. Beide Brüche sind möglicherweise durch Kontraktion während der Abkühlung des Magmas entstanden. Der Castle Dome hat nicht die klassische symmetrisch-gerundete Form, die allein durch Exfoliation hervorgerufen wird. In diesem Zusammenhang ist der Castle Dome eine kleinere Version des Half Dome (Yosemite Valley), ein „Exfoliation Dome“, dessen Form durch Jointing modifiziert worden ist (VENNUM 1994, S. 34-35).

Vor 170 bis 130 Millionen Jahren ist der Castle Crags-Pluton entstanden. Doch bevor das Magma zu Granodiorit und Trondhjemit kristallisierte, durchlief es einige ungewöhnliche Prozesse. Das Magma drang 1,5 bis 3 km unter die Erdoberfläche vor. Der äußere Teil des Magmas kühlte dort ab, wo es den umgebenden relativ kalten soliden Serpentin kontaktierte. An dieser Stelle bildete sich eine Hülle aus festem, feinkörnigem Granodiorit um das verbliebene flüssige Magma. Die dem Magma entweichende Hitze oxydierte ein Teil des Eisens im angrenzenden Serpentin. Das oxydierte Eisen färbte die Böden im Verlauf der Verwitterung rötlich (siehe Anhang 6, Bodenprobe Nr. 18a+b, 19a+b). Die restliche Hitze war unterhalb der Hülle feinkörnigen Granodiorits „gefangen“ und kühlte langsam ab. So konnten sich große Kristalle aus rosafarbenem Kalifeldspat bilden, die dem Granodiorit eine porphyritische Textur gaben.

Gletscherschliffe gibt es besonders im Norden und Osten der Crags, Moränen unterhalb des Castle Lake (siehe Anhang 6, Bodenprobe Nr. 16). Beide Täler, der North Fork Castle Creek und der Little Castle Creek (siehe VENNUM 1994, S. 33), folgen der Kontaktzone zwischen dem Pluton und den ultramafischen Gesteinen des Trinity-Komplexes. Die Castle Crags erheben sich so imposant über ihre Umgebung, weil sie der Erosion durch die Gletscher besser als das weichere ultramafische Gestein widerstehen konnten (VENNUM 1994, S. 35-36).

5.1.3 Böden

5.1.3.1 Allgemeines

Die Böden unter *Calocedrus*-Beständen sind vorwiegend als Gebirgsranker anzusprechen, welche sich fast ausnahmslos auf plutonischen und vulkanischen Ausgangsgesteinen entwickelt haben (diverse Granite, Granodiorite und Diorite; Basalt, vulkanische Aschen und Laven; teils metamorphe Gesteine, seltener Sedimente wie z. B. in den südlichen kalifornischen Coast Ranges; siehe Kapitel 5.1.2). Im Nordwesten Kaliforniens (zu den Böden des Klamath National Forest vgl. U.S.D.A. Soil Survey 1994a) findet man sie auch auf Serpentinböden unterschiedlicher Entwicklungsstufen. In ihrem Hauptverbreitungsgebiet, der Sierra Nevada (zu den Böden des Stanislaus National Forest vgl. U.S.D.A. Soil Survey 1994b), und den weiter südlich gelegenen Vorkommen in den Transverse Ranges bis hin zum äquatorwärtigen Arealrand in der Sierra San Pedro Mártir wurzelt *Calocedrus* nahezu ausschließlich auf granitoiden Gesteinen. Im nördlichen Drittel ihres Areals stockt die Incense Cedar vermehrt auf vulkanischen Gesteinen, so auf jungen vulkanischen Aschen in den südlichen Kaskaden am Mount Lassen und am Mount Shasta sowie auf tiefgründigeren Böden über Basalt am Union Creek im Umqua National Forest im Süden Oregons und in der Nähe von Sisters in den nördlichen Kaskaden Oregons. Auf überwiegend schwach entwickelten Gebirgsrankern über Basalt gedeiht sie in den Warner Mountains („Warner Basalt“) im Nordosten Kaliforniens bis hin zum polwärtigen Arealrand am Mount Hood. Der häufigste Bodentyp ist der gut entwickelte Gebirgsranker über durchlässigen Ausgangsgesteinen mit teilweise schwach ausgeprägtem Verwitterungshorizont (A-B/C-C-Profil), wobei das Korngrößenmaximum in Abhängigkeit von Muttergestein und Verwitterungsgrad zwischen Grobsand (gS) und Grobschluff (gU) liegt (siehe Tab. 13). Der pH-Wert liegt im sauren bis schwach sauren Bereich. In steileren Lagen herrschen

schwach entwickelte Ranker und Syroseme mit geringer Bodenentwicklung vor (vgl. BARBOUR 1988, S. 144-145; EDMONDS 1982, S. 3).

Tab. 13 Korngrößenmaxima der Kornfraktionen in Böden von *Calocedrus*-Beständen auf granitoiden, vulkanischen und serpentinitischen Muttergesteinen [n = 78, ¹Gneis, ²zweites Maximum innerhalb der Korngrößensummenkurve]

Kornfraktion	Granite	Vulkanite	Serpentinite
gS (Grobsand)	IIII IIII IIII IIII IIII II	III	
mS (Mittelsand)	IIII IIII	I	
fS (Feinsand)	IIII	IIII IIII	II
gU (Grobschluff)	II ¹⁾	III	III
mU (Mittelschluff)			IIII IIII I
fU (Feinschluff)			
T (Ton)			IIII IIII IIII II ²⁾

Die Farben der Böden unter den *Calocedrus*-Beständen (siehe Tab. 14) spiegeln den hohen Humusanteil einerseits und den Verwitterungsgrad der jeweiligen Ausgangsgesteine andererseits wider. Über Graniten und Granodioriten haben sich braune bis dunkelbraune Böden entwickelt, über Vulkaniten dunkelbraune bis braungraue, fast schwarze Böden und über Serpentinitten dunkelrote Böden. Die überwiegend dunkelbraune Farbe weist auf den generell hohen Anteil von Huminstoffen im Oberboden (A-Horizont) hin.

Tab. 14 Farben der Böden von *Calocedrus*-Beständen auf granitoiden, vulkanischen und serpentinitischen Ausgangsgesteinen [n = 81]

Farbe	Granite	Vulkanite	Serpentinite
5 YR 2/2 dark reddish brown		II	
5 YR 3/3 dark reddish brown			IIII IIII III
5 YR 4/4 reddish brown	II		
7,5 YR 3/2 dark brown	II	IIII II	I
7,5 YR 4/4 brown / dark brown			II
10 YR 2/1 black	II	II	
10 YR 2/2 very dark brown	I	I	
10 YR 3/1 very dark gray	I	I	
10 YR 3/2 very dark grayish brown	IIII I	IIII I	
10 YR 3/3 dark brown	IIII IIII I		
10 YR 3/4 dark yellowish brown			I
10 YR 4/2 dark grayish brown	IIII		
10 YR 4/4 dark yellowish brown	IIII IIII		
10 YR 5/2 grayish brown		I	
10 YR 5/4 yellowish brown	I		
10 YR 6/6 brownish yellow	III		

Eine schon hellbraune Färbung zeigt bereits die Bildung von Gelb- oder Nadeleisenerz (FeO[OH]) an, wie im South Russian Creek in der Russian Wilderness (Anhang 6; Bodenprobe Nr. 2a+b), im Dark Canyon (Anhang 6; Bodenprobe Nr. 50 u. 51) und im County Park (Anhang 6; Bodenprobe Nr. 48 u. 49) bei Idyllwild. Die auffallend dominierende rötlich-braune Farbe des Oberbodens der serpentinierten Böden deutet darauf hin, dass schon grünes zweiwertiges Eisen (Fe²⁺) in rotes dreiwertiges Eisen (Fe³⁺) oxydiert worden ist, sprich Verwitterung stattgefunden hat – eigentlich typisches Merkmal des B-Horizontes. Der häufig hohe Skelett- und Grobsandanteil sowie der ebenfalls große Humus- und Kohlenstoffanteil vereinen allerdings Merkmale des C_v- und des A- bzw. O-Horizontes. Zerschlägt man die roten Gesteinsbröckchen, erscheint unter dem dünnen roten Mantel die dunkelgrüne Farbe des Serpentin.

5.1.3.2 Böden auf granitoiden Gesteinen

Besonders in den sommertrockenen Gebieten der Winterregen-Subtropen kommen die günstigen hydrologischen Eigenschaften des Granits zum tragen.

„In general, granitic zones support more mesic species than metamorphic units. The coarse, sandy soils that develop in the granitic zones have higher rates of water infiltration, and hold water less tightly, than the finer loamy soils that develop on metamorphic rocks. Moreover, the impermeable granite channels runoff towards the inter-rock zones and prevents deep percolation from overlying soil“ (MINNICH & FRANCO-VIZCAÍNO 1997b, S. 18).

In Kalifornien und Niederkalifornien (Mexiko) bilden die unterschiedlichsten Arten der granitoiden Gesteinsfamilie (siehe Kapitel 5.1.2) das Ausgangsgestein für die Bodenbildung. Der pH-Wert liegt in Abhängigkeit von der jährlichen Niederschlagsmenge im schwach sauren bis sauren Bereich. Tabelle 15 belegt, dass die Acidität des Bodens generell mit steigenden Niederschlägen zunimmt, was wiederum mit der überwiegend perkolierenden Wasserbewegung in humiden (Auswaschung) bzw. der hauptsächlich ascendierenden Wasserbewegung in ariden Gebieten zusammenhängt.

Tab. 15 Die unterschiedliche Verteilung der pH-Werte von Böden auf granitoiden Muttergesteinen unter *Calocedrus*-Beständen (dominant oder codominant bis gelegentlich eingemischt) in den Klamath Mountains, der Sierra Nevada und der Sierra Juárez / Sierra San Pedro Mártir in Baja California [n = 43]

pH-Wert	Klamath Mountains	Sierra Nevada	Baja California	Summe
< 4,51	I			I
4,51 - 5,00	III	I	I	IIII
5,01 - 5,50	IIII I	III		IIII IIII
5,51 - 6,00	IIII	II	III	IIII IIII
6,01 - 6,50	III	II	IIII	IIII IIIII
6,51 - 7,00		II	IIII I	IIII III
> 7,00		I		I
Mittelwert	5,4	5,92	6,09	5,78

An sehr steilen Hängen mit über 30° Neigung bilden sich über dem granitisch-dioritischen Muttergestein flachgründige, grobkörnige Böden mit Einzelkornstruktur. Der A-Horizont ist mit Gesteinsstückchen durchsetzt, welche circa 10 % der Bodenoberfläche einnehmen. Bei flacheren Neigungen und metamorphen Ausgangsgesteinen wie z. B. bei Gneisen sind die Böden etwas tiefgründiger und weisen einen Anteil der Tonfraktion von mehr als 10 % auf. Bei Bodenbildungen über Gneis unter *Calocedrus*-Beständen liegt das Korngrößenmaximum im Grobschluff (siehe Anhang 2).

Das durch Verwitterung fragmentierte Muttergestein und die häufig geologischen Bruchlinien folgenden Klüfte besitzen – besonders hinsichtlich des schwachen Leitungssystems der Coniferen – insofern günstige hydrologische Eigenschaften, als der 2 bis 3 Meter mächtige, hydrographisch aktive Mantel große Wassermengen aufnehmen und leiten kann. Die Infiltrationskapazität dieser grobkörnigen Substrate ist sehr hoch (vgl. BAUER 1978, S. 11-12). Die Intensität der ersten winterlichen zyklonalen Regen- bzw. Schneefälle Ende Oktober ist gering. Die dünne Schneedecke unterliegt eher der Sublimation, als dass die oberste Bodenschicht nennenswert durchfeuchtet wird. Im weiteren Verlauf des Winters fallen die Niederschläge fast ausschließlich als Schnee, welcher allmählich abtaut und teils in den Boden sickert, teils sublimiert wird. Diese Schmelzvorgänge ereignen sich zum einen während der winterlichen Schönwetterperioden (im Wechsel mit erneuter Schneeakkumulation bei zyklonaler Witterung), zum anderen bei ansteigenden Lufttemperaturen im Frühjahr und Frühsommer. Im Frühjahr ist der Boden gut durchfeuchtet. Die weiten Kapillaren der Böden und der langsame Tauprozess gewährleisten ein kontinuierliches Einsickern des Wassers. Das mächtige Schneereservoir ermöglicht bei zunehmend antizyklonaler Witterung mit ansteigenden Temperaturen und verstärkter Evapotranspiration ein allmähliches Nachfüllen der Bodenporen bzw. der Kapillaren in jenem Zeitraum, in dem die Pflanzenwelt ihre höchste Aktivität bzw. Stoffproduktion erreicht – und die Samen der Incense Cedar keimen.

„Einem jeden, der aus dem humiden Gebiet in ein arides Wüsten- oder Steppengebiet kommt, fällt sofort auf, daß bestimmte, bei uns als trocken geltende Standorte, wie z. B. Felsstandorte und Sandböden, in den ariden Gebieten zu denjenigen gehören, die eine Vegetation tragen, welche einem feuchteren Klima entspricht. ... Ebenso treten in diesem Gebiete auf herausragenden Felsrücken stets Nadelbäume auf, die sich sonst erst in den Gebirgen in höheren Lagen einfinden“ (WALTER 1932, S. 495).

WALTER weist auf das bei Felsstandorten sehr gute Retentionsvermögen für Wasser hin. Dieser Sachverhalt soll hier einfürend hervorgehoben werden, da Felsstandorte überwiegend als ungünstige „Extremstandorte“ klassifiziert werden, gerade noch gut genug für „konkurrenzschwache“ Arten. Vertreter dieser Ansicht ist SCHMITHÜSEN (1978). Er vertritt die Meinung, die rezenten Standorte der u.a. kalifornischen und chilenischen Reliktconiferen seien

„nicht durch ihre eigenen Optimalbedingungen bestimmt, sondern durch die Pessimbedingungen anderer Arten oder Gesellschaften, die in dem größeren Teil des Areals infolge ihrer stärkeren Konkurrenzkraft dominieren und den Reliktarten nur noch die ungünstigen Teile ihres ursprünglichen Areals überlassen, z. B. an der oberen Waldgrenze oder [...] Felswänden, Graten, Felsrippen oder dergleichen“ (SCHMITHÜSEN 1978, S. 133-134).

Auch FUCHS (1991, S. 207) beschreibt den roten Trias-Sandstein im Valle Encantado nördlich des Lago Nahuel Huapi wie folgt: „Die felsigen Hänge sind trocken und wenig fruchtbar, genügen aber auf großer Fläche noch den bescheidenen Standortansprüchen von *Austrocedrus chilensis*.“

GOLTE (1974, S. 95-96) weist bei den „vermeintlich trockenen“ grobporigen Böden auf ihre „geringen Adsorptionskräfte, die während des Wachstums eine gleichmäßige Wasseraufnahme gegen minimalen Widerstand ermöglichen“, hin. Es gilt festzuhalten, dass – immer mit Blick auf die Tracheiden als nicht sehr leistungsfähiges Leitungssystem der Coniferen (vgl. GREGUSS 1955; GOLTE 1984) – die weiten Kapillaren der Substrate pflanzenverfügbares Wasser speichern und gegen geringe Adsorptionskräfte wieder abgeben können. Beide Voraussetzungen werden von grobkörnigen Böden mit hoher Kapillarität und Felsstandorten in trockenen Gebieten erfüllt (Abb. 13).

In trockenen Gebieten hängt es vor allem von der Bodenart ab, wie tief das Wasser in den Boden eindringen kann. Handelt es sich um schwere Tonböden, kann Wasser nur schwer oder gar nicht in die ausgetrocknete, schwer durchlässige und harte Oberfläche eindringen, sodass die Abflussmenge immens ansteigt. Dringt das Wasser in den Tonboden ein, wird es schon in den obersten Schichten zurückgehalten. Die gleiche Wassermenge dringt in Sandböden viel tiefer ein und auf felsigem Untergrund läuft es den Spalten entlang noch tiefer (zum Eindringen der Niederschläge in verschiedene Bodenarten siehe WALTER 1932, S. 500).

An den groben Kapillaren ist das Bodenwasser nur mit niedrigen pF-Werten gebunden und lässt sich somit leicht ablösen. Ganz anders im Tonboden. Hier findet man ein weitverzweigtes Klein-Kapillarsystem, welches Wasser mit hohen pF-Werten bindet, sodass es sich selbst im Trockenschrank bei 105° C nicht ablösen läßt (Totwasser). Tonböden haben daher in der Regel einen höheren Wassergehalt als Sandböden, ist

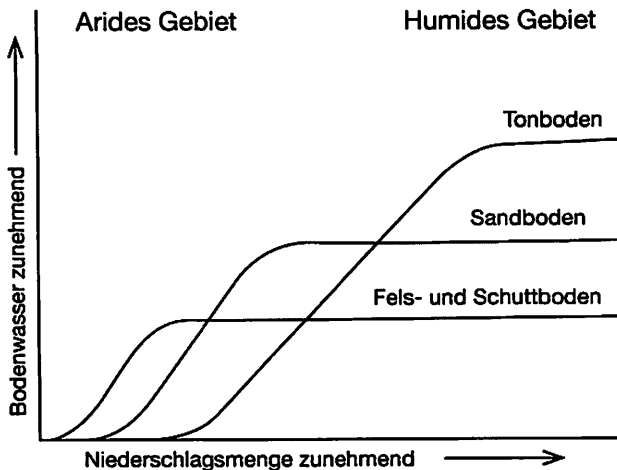


Abb. 13 Schematische Darstellung der relativen Wasserführung verschiedener Bodenarten in ariden und humiden Gebieten (WALTER 1932)

jedoch zu einem großen Anteil nicht pflanzenverfügbar (pF-Wert < 4,2). Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass Sandböden einen höheren Anteil pflanzenverfügbaren Wassers aufweisen, wobei Felsspalten besonders geeignet sind, das für Wurzeln erreichbare Wasser aufzufangen.

Bei einer mehr oder weniger steilen Hanglage auf Felsgestein, wie sie häufig von beiden Zypressengewächsen besiedelt wird, wird die Ablaufmenge des Wassers durch das leichtere Eindringen reduziert. Auch ist der Wasservorrat in den tiefen Felsspalten besser vor Verdunstung geschützt. Der aride Sommer kann dementsprechend durch relativ humide bodenhydrologische Bedingungen kompensiert werden.

„Reicht der humide Klimazustand für die Vegetation nicht mehr allein aus, treten edaphische Faktoren hinzu, um das Überleben der Vegetation zu gewährleisten. Dies ist besonders dort möglich, wo z. B. das Relief eine Konfluenz von Niederschlagswasser ermöglicht, wodurch für die Pflanze für kurze Zeit edaphische Humidität verursacht wird, die der Pflanze ein Überleben ermöglicht“ (LAUER 1986, S. 30).

5.1.3.3 Böden auf Vulkaniten und vulkanischen Aschen

In ihrem nördlichen Verbreitungsgebiet in den Kaskaden Oregons bis zur östlichen Verbreitungsgrenze in den Warner Mountains und bis zum polwärtigen Arealrand am Mount Hood gedeiht *Calocedrus decurrens* ausschließlich auf Basalten, Andesiten, Laven und vulkanischen Aschen.

Tab. 16 Die unterschiedliche Verteilung der pH-Werte von Böden auf vulkanischen Gesteinen und Aschen / Tuffen unter *Calocedrus*-Beständen (dominant oder codominant bis gelegentlich eingemischt) in den Lee- und Luvlagen der südlichen Kaskaden Kaliforniens und Oregons [n = 20]

pH-Wert	Leelagen der südlichen Kaskaden Kaliforniens und Oregons	Luvlagen der südlichen Kaskaden Kaliforniens und Oregons	Summe
< 4,51			
4,51 - 5,00			
5,01 - 5,50		III	III
5,51 - 6,00	III	IIIII	IIIII III
6,01 - 6,50	IIII	I	IIIII
6,51 - 7,00	III		III
> 7,00	I		I
Mittelwert	6,31	5,67	6,02

In den Klamath Mountains und den Siskiyou Mountains Nordkaliforniens und Südoregons, wo es in Abhängigkeit von der topographischen Lage schon zu episodischen Sommerniederschlägen kommen kann, wurzelt *Calocedrus decurrens* oft auf braunen Waldböden („Western brown forest soils“), auf Lithosolen („Reddish brown Lateritics“) und auf Regosolen. Auf ersteren gedeiht sie v.a. mit *Abies concolor*, auf den beiden letzteren v.a. im „Mixed Conifer Forest“ mit überwiegend *Pinus ponderosa* (vgl. FRANKLIN & DYRNESS 1988, S. 137, 150). Die Gebirgsranker im Süden Oregons

zeichnen sich durch dünne organische Auflagen von 2 bis 5 cm aus. Der Oberboden ist „dark reddish brown“, leicht sauer und enthält 4 bis 5 % organische Substanz. Der Unterboden ist „red-dark red“ und hat einen sauren bis stark sauren pH-Wert (siehe Tab. 16; zu den Bodenanalysen siehe Anhang 6, Bodenprobe Nr. 12-15, 25, 26, 31-40; zu den Korngrößensummenkurven Anhang 2, Nr. 12-14, 25, 26, 31-40).

5.1.3.4 *Calocedrus decurrens* auf Serpentinböden

*„Imagine the serpentine form
of the crest of the coastal mountains.
Imagine the serpentine form of the Pacific coast.
Imagine some of the rivers
really watershed ensembles
extending from crest to coast
connecting the serpentines
as nearly leaf shaped rungs
or cross members of the Lattice.“*

N. & H. HARRISON (1998, S. 16; aus: Biodiversity. A challenge for development research and policy.)

Serpentingesteine findet man in den Klamath Mountains Nordwest-Kaliforniens sowie in den nördlichen und südlichen kalifornischen Coast Ranges. Im kühleren, feuchten Klima Nordwest-Kaliforniens dominieren Mischnadelwälder („Mixed Conifer Forests“) auf Serpentinböden. Oft handelt es sich um felsige Landschaften (vgl. Tab. 17) mit offenen Beständen von *Pinus jeffreyi*, *Calocedrus decurrens* und *Pseudotsuga menziesii* (zu den Bodenanalysen siehe Anhang 6, Bodenprobe Nr. 3-5, 9, 10, 18a+b, 19a+b, 54-61, 76, 77; zu den Korngrößensummenkurven Anhang 2, Nr. 3-5, 9, 10, 18a+b, 19a+b, 54-61, 76, 77). Das „Serpentine Environment“ wird durch die einzigartige chemische Zusammensetzung des Ausgangsgesteins beeinflusst. Ultramafische Gesteine, Serpentinite und serpentinierte Peridotite weisen hohe Anteile an Magnesium (Mg) und Eisen (Fe) und nur wenig oder kein Calcium (Ca) auf. In den Klamath Mountains liegt die größte Entblößung ultramafischer Gesteine Nordamerikas, teils als Fragmente, teils als komplette Ophiolithe (Peridotite, serpentinierte Peridotite und Serpentinite). Es gibt vier subparallele „Exposures“, die von Osten nach Westen jünger werden. Die jüngste ultramafische Einheit stellt der „Josephine Ophiolith“ dar, die älteste und größte der „Trinity Ophiolith“. Während geologisch inaktiver Phasen im Miozän erodierte der „Josephine Ophiolith“ und hinterließ die flachgipfelnden Gebirgskämme der „Klamath Penepain“ (DILLER 1902; IRWIN & HOTZ 1981). Im Küstenbergland Nordkaliforniens existieren Serpentinvorkommen bei Boonville und Calistoga. In den San Benito Mountains in den östlichen, südkalifornischen Coast Ranges liegt südlich von Idria das stark serpentinierte Black Mountain-Gebiet (zur Verbreitung der Serpentinböden in Kalifornien siehe SCHOENHERR 1992, S. 279).

Als „Serpentine Syndrom“ (JENNY 1980) bezeichnet man die physikalischen, chemischen und biologischen Faktoren, welche den Boden bzw. die Bodenbildung und letztlich auch das Pflanzenleben der Serpentinlandschaften beeinflussen. Hierzu zählt

nicht nur der geringe Gehalt an verfügbarem Calcium sondern auch die Verarmung an Elementen wie Phosphor (P), Kalium (K) und Stickstoff (N). Die Serpentinböden Nordwest-Kaliforniens enthalten vor allem Fe-reiche Montmorillonite (WILDMAN & al. 1968), welche sehr aufweitbar sind und eine relativ hohe Kationenaustauschkapazität (KAK) aufweisen (KRUCKEBERG 1954, BRADY 1990). Wegen dieser Tonminerale (vgl. Tab. 18) haben einige Serpentinite eine hohe Wasserspeicherkapazität (siehe auch DANIEL, JIMERSON, HOOVER, MC GEE, DE NITTO, CREASY, ERICKSEN 1995). *Calocedrus decurrens* findet man hier besonders auf mehr oder weniger entwickelten Rankern, seltener auf Syrosemern. Bezüglich *Calocedrus decurrens* stellt sich nun die Frage, inwiefern sie an die chemischen und physikalischen Eigenschaften angepasst ist und ob diese lediglich toleriert oder gar benötigt werden. Offenkundig ist die häufige Kombination von immergrünem Habitus und nährstoffarmen Böden (COWLING & CAMPBELL 1980; vgl. auch MONK 1966, S. 504-505).

Tab. 17 Skelettanteil der untersuchten Serpentinböden unter *Calocedrus*-Beständen [n = 17]

< 5 %	5 - 20 %	21 - 35 %	36 - 50 %	> 50 %
I	II	II	IIII II	IIII

Tab. 18 Tonanteil der untersuchten Serpentinböden unter *Calocedrus*-Beständen [n = 17]

≤ 10 %	11 - 15 %	16 - 20 %	21 - 25 %	26 - 30 %	31 - 35 %	≥ 36 %
I	II	II	IIII I	III	II	I

Der pH-Wert der Serpentinböden unter *Calocedrus*-Beständen (Tab. 19) liegt im sauren bis schwach sauren Bereich. In den niederschlagsärmeren östlichen Klamath Mountains und im Lee des nordkalifornischen Küstenberglandes misst man eine fast neutrale Bodenreaktion, während diese im regenreicheren Nordwesten eindeutig sauer ausfällt.

Tab. 19 Die unterschiedliche Verteilung der pH-Werte von Böden auf Serpentiniten unter *Calocedrus*-Beständen (dominant oder codominant bis gelegentlich eingemischt) in den östlichen und westlichen Klamath Mountains sowie im nordkalifornischen Küstenbergland [n = 17]

pH-Wert	Östliche Klamath Mountains und nordkalifornisches Küstenbergland	Nordwestliche und südwestliche Klamath Mountains	Summe
< 4,51			
4,51 – 5,00		I	I
5,01 – 5,50		III	III
5,51 – 6,00	I	III	IIII
6,01 – 6,50	IIII II	I	IIII III
6,51 – 7,00	I		I
> 7,00			
Mittelwert	6,35	5,48	5,94

Abgesehen von den Serpentinstandorten von *Calocedrus decurrens* in den Klamath Mountains (siehe auch Kapitel 6.3.1) gibt es im nordwestlichen Kalifornien noch kleinere, kaum einen Quadratkilometer große Ansammlungen der Incense Cedar, welche tatsächlich auf die wenigen Serpentininseln des nördlichen Küstenberglandes beschränkt sind. Die Vorkommen liegen sämtlich in der submontanen Stufe (500-800 m) und leewärtig zu den regenbringenden Westwinden. Topographisch handelt es sich um ein heterogenes Berghügelrelief. Die Böden sind überwiegend flachgründig, enthalten in vielen Fällen noch unverwitterte Gesteinsbröckchen (zum hohen Skelettanteil siehe Tab. 17) und können als Lithosole bezeichnet werden. Einen recht ausgedehnten Reinbestand von *Calocedrus decurrens* gibt es auf den hochserpentinisierten Peridotiten der San Benito Mountains südwestlich von Idria in der mittmontanen Stufe (vgl. SCHOENHERR 1992, S. 278-280). Über die Serpentinflora der San Benito Mountains berichtet auch GRIFFIN (1971). Ökologische Aspekte der Serpentinlandschaften erläutern KRUCKEBERG (1954), WALKER (1954) und WHITTAKER (1954a+b).

Im Napa Valley oberhalb Calistoga (Robert Louis Stevenson State Park, 38°40' N, 122°38' W, 700-800 m) gedeiht *Calocedrus decurrens* mit *Pseudotsuga menziesii* (dominant) als geschlossener, teils offener Wald auf Schatthängen. Eine kleinere Baumschicht besteht aus *Arbutus menziesii*; an Bachläufen tritt *Prunus spec.* hinzu. In der Strauchschicht herrschen *Symphoricarpos spec.* und *Toxicodendron diversiloba* vor. In sonnigeren Lagen ragen hier und dort *Pinus jeffreyi* und *Pinus sabiniana* aus dem Unterwuchs mit v.a. *Ceanothus spec.* Auf den Südhängen dominiert *Pinus sabiniana* als sehr offener Bestand in einem dichten hochgewachsenen Chaparral aus vor allem *Arctostaphylos nevadense*, außerdem *Heteromelis arbutifolia* und *Quercus dumosa*. *Pseudotsuga menziesii* ist codominante Conifere. Gelegentlich kommen *Pinus jeffreyi* und *Calocedrus decurrens* vor. Nordwestlich von Boonville existiert ein kleiner Reinbestand von *Calocedrus decurrens*; an den Bachläufen tritt *Quercus kelloggii* hinzu und in höheren Lagen mischt sich *Pseudotsuga menziesii* unter.

5.1.4 Vegetation

5.1.4.1 W-E-Transecte durch das zentrale, nördliche und südliche Areal

Das Verbreitungsgebiet von *Calocedrus decurrens* durchläuft bzw. grenzt an fünf floristische Provinzen (nach BARBOUR & MAJOR 1977; siehe Tab. 20). Der Schwerpunkt liegt in der „Sierran Floristic Province“, in welcher *Calocedrus* den montanen Nadelwäldern der Sierra Nevada, der südlichen Kaskaden und der Transversalketten beigemischt ist. Außerdem kommt sie in der „Pacific Northwest Floristic Province“ vor, wo sie die Klamath Mountains besiedelt. Punktuell trifft man die Incense Cedar in der „Californian Floristic Province“ an. Hier wächst sie an ihrem westlichen Arealrand auf Serpentinstandorten als Bestandteil des Mixed-Evergreen-Forest im kalifornischen Küstenbergland. An ihrem östlichen Arealrand grenzt das Areal der Incense Cedar an die „Great Basin Floristic Province“. Dort gedeiht sie in (sub-)montanen Lagen im Wald-Steppe-Ökoton (am Sonora Pass auch hochmontan mit *Juniperus occidentalis ssp. australis*). An ihrer südlichen Verbreitungsgrenze gedeihen die versteckten Vorkommen von *Calocedrus decurrens* in der Sierra San Pedro Mártir oberhalb der „Sonoran Floristic Province“.

Calocedrus decurrens nimmt ökologisch und pflanzengeographisch eine Zwischenstellung ein. Ihr Ökotoncharakter wird noch dadurch unterstrichen, dass sie sich, ebenso wie *Austrocedrus chilensis* (siehe Kapitel 5.2.4.1), zwischen die Obergrenze der immergrünen Hartlaubvegetation und die südliche bzw. obere Verbreitungsgrenze der sommergrünen Laubbäume schiebt. Es handelt sich hierbei um zwei ökologisch grundlegend verschiedene Vegetationseinheiten, da die sklerophyllen Sträucher des Chaparral einen langsamen, kontinuierlichen, und die kurzlebigen Blätter der Sommergrünen einen schnellen, diskontinuierlichen Stoffkreislauf durchlaufen. Dieser Sachverhalt wird im anschließenden Kapitel 5.1.4.2 näher betrachtet.

Die drei jeweils von Westen nach Osten verlaufenden Vegetationsprofile durch das zentrale (Profil 1), nördliche (Profil 2) und südliche Verbreitungsgebiet (Profil 3) von *Calocedrus decurrens* verdeutlichen den Ökotoncharakter der Incense Cedar (vgl. hierzu bzgl. *Austrocedrus chilensis* auch Profil 4, 5 u. 6). Demnach gedeiht sie in meridionaler Richtung der relativen Standortkonstanz folgend zwischen den temperierten Nadelwäldern an ihrer nördlichen, und den Wüsten- und Chaparral-Landschaften von Baja California an ihrer südlichen Verbreitungsgrenze. Die Steppen Oregons begrenzen ihre östlichsten Vorkommen. Von den pol- (vgl. Kapitel 6.4) bis zu den äquatornächsten Vorkommen (vgl. Kapitel 6.5) sowie an den westlichsten (vgl. Kapitel 6.6) und östlichsten Wuchsorten (vgl. Kapitel 6.7) dominieren einerseits sklerophylle Sträucher im Unterwuchs, andererseits unterwandern sommergrüne Laubbäume den Nadelwald oder gedeihen in unmittelbarer Nachbarschaft – ein eindrucksvoller Biotopwechsel von *Calocedrus decurrens* auf einer Entfernung von 1700 Kilometer.

Tab. 20 Ausgewählte Vegetationseinheiten (nach BARBOUR & MAJOR 1977), denen *Calocedrus decurrens* beigemischt ist

Teilareal	Vegetationseinheit (nach BARBOUR & MAJOR 1977)	Dominante (Coniferen-) Arten	Geographische Lage	Standort von <i>Calocedrus decurrens</i>
E (südlich)	Northern Jeffreyi Pine Forest	<i>Pinus jeffreyi</i>	Ostabdachung der Sierra Nevada, Modoc Plateau	niederschlagsrei- che Hochlagen
S (hochmon- tan bis subalpin)	Southern Jeffreyi Pine Forest	<i>Pinus jeffreyi</i>	Transverse- und Peninsular Ranges in Südkalifornien (2135- 2590 m)	sonnenexponier- te Hänge und Hochlagen
N	Northern Yellow Pine Forest	<i>Pinus ponderosa</i>	Westabdachung der Cascade Mountains (500-1000 m)	auf Lichtungen, entlang breiter Wege und Flüsse
S (mittmon- tan)	Southern Yellow Pine Forest	<i>Pinus ponderosa</i>	Süd- und westexponierte Hänge der San Gabriel-, San Bernardino- und San Jacinto Mountains (1375-2015 m)	W- und NW- exponierte Hänge und in kühlen, feuchten Schluchten
H (tief- bis mittmon- tan)	Sierran Yellow Pine Forest	<i>Pinus ponderosa</i>	Untere bis mittlere montane Stufe auf der Westabdachung der Sierra Nevada	vor allem auf Schatthängen, tiefer vermehrt an Wasserläufen

Teilareal	Vegetationseinheit (nach BARBOUR & MAJOR 1977)	Dominante (Coniferen-) Arten	Geographische Lage	Standort von <i>Calocedrus decurrens</i>
E (nördlich)	Yellow Pine-Shrub Forest	<i>Pinus ponderosa</i> , <i>Purshia tridentata</i>	Östlich der Cascade Mountains	Tief eingeschnittene, kühle Flusstäler
W (Serpentin)	San Benito Forest	<i>Calocedrus decurrens</i> (<i>Pinus coulteri</i> , <i>P. jeffreyi</i> , <i>P. sabini-ana</i>)	San Benito Mountains / südöstliches San Benito County	ausschließlich auf Serpentin (hochmontan) als vorherrschender Baum
H (mitt- bis hochmontan)	Sierran Montane Forest	<i>Abies concolor</i> , <i>Calocedrus decurrens</i> , <i>Pinus lambertiana</i>	Westabdachung der Sierra Nevada und der Cascade Mountains	Hauptverbreitungsgebiet: alle Lagen und Expositionen
H (hochmontan bis subalpin)	Southern Montane Subalpine Forest	<i>Abies concolor</i> , <i>Pinus lambertiana</i> , <i>P. contorta</i> (Krummholz)	San Gabriel-, San Bernardino- und San Jacinto Mountains (gewöhnl. über 2400 m)	sonnenexponierte Plateaus und Kämme

5.1.4.2 *Alnus* und *Populus* als Begleiter von *Calocedrus*

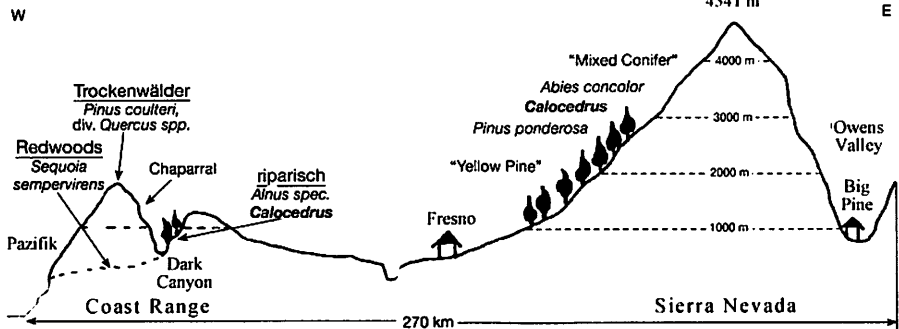
„It is born on the wind to female cones (seed cones) awaiting fertilization. ... it blows everywhere.“ E.C. PIELOU (1994, S. 57; aus: The world of northern evergreens.)

Sommergrüne Laubbäume, vor allem Eichen (*Quercus garryana*, *Qu. kelloggii*), Ahorne (*Acer macrophyllum*, *A. glabrum*), Pappeln (*Populus tremuloides*, *P. trichocarpa*) und Erlen (*Alnus rhombifolia*, *A. tenuifolia*) unterwandern den „Mixed Conifer Forest“ in nicht unerheblicher Anzahl. Die Gattungen *Populus* (Salicaceae) und *Alnus* (Betulaceae) sollen hier besonders hervorgehoben werden. Sie begleiten *Calocedrus decurrens* durch ihr gesamtes Verbreitungsgebiet in unmittelbar benachbarten Biotopen. Ähnlich verhält es sich mit der den Betulaceen nahe verwandten und morphologisch ähnlichen Gattung *Nothofagus* (Nothofagaceae), welche in vergleichbaren benachbarten Biotopen *Austrocedrus chilensis* fast durch ihr gesamtes Areal flankiert (siehe Kapitel 5.2.4.2).

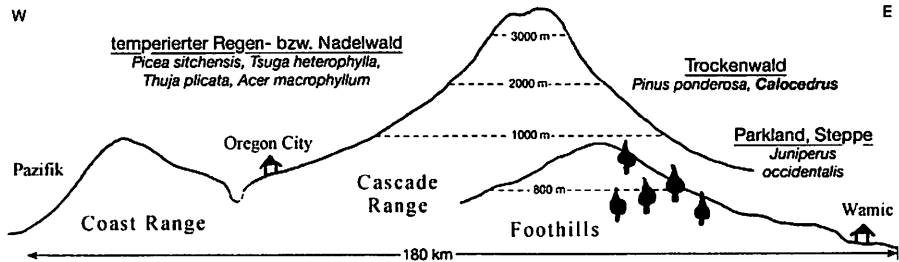
Die auffallend konträren Lebenszyklen (siehe Tab. 21) einerseits und die sehr ähnlichen morphologischen Merkmale ihrer Reproduktionsorgane der häufig in unmittelbarer Nachbarschaft wachsenden *Calocedrus decurrens*, *Alnus rhombifolia* und *Populus tremuloides* andererseits verdienen eine kurze Analyse ihrer Standorte.

Die Erlen (*Alnus spp.*) eskortieren im Hauptverbreitungsgebiet von *Calocedrus decurrens* fast ausschließlich die zahlreichen Wasserläufe. Auch andere Habitate, an denen der Boden ganzjährig gut durchfeuchtet ist, werden bevorzugt besiedelt. In der zentralen Sierra Nevada handelt es sich um *Alnus rhombifolia*, weiter nördlich um *A. tenuifolia*. Die Pappeln (*Populus spp.*) säumen besonders Mattenränder am Fuße von Felsrücken und steinigten Bergflanken (hohe Durchlässigkeit des Substrats!), wo sich das Wasser am Hangfuß akkumuliert. *Populus tremuloides* kommt in Kalifornien und in Baja California häufig in der mittleren bis hochmontanen Stufe vor. *Populus trichocarpa* gedeiht am östlichen Arealrand von *Calocedrus decurrens* ausschließlich entlang von Bachläufen (siehe Kapitel 6.7.1).

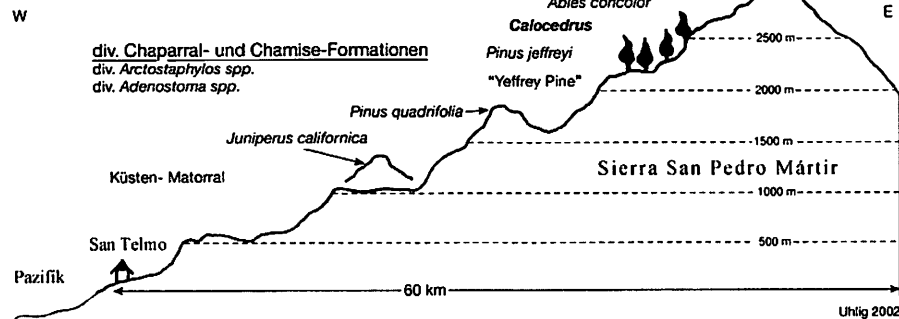
36°10' - 36°20' N



45°10' - 45°20' N



30°50' - 31°00' N



Uhlig 2002

- Profil 1** West-Ost-Transekt durch das zentrale Verbreitungsgebiet von *Calocedrus decurrens* (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)
- Profil 2** West-Ost-Transekt durch das polwärtige bzw. nördliche Verbreitungsgebiet von *Calocedrus decurrens* (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)
- Profil 3** West-Ost-Transekt durch das äquatorwärtige bzw. südliche Verbreitungsgebiet von *Calocedrus decurrens* (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)

Populus (zweihäusig) und *Alnus* (einhäusig) sind bei Betrachtung ihrer Reproduktionsorgane in mancher Hinsicht den Coniferen sehr ähnlich. Sie tragen männliche und weibliche „Kätzchen“ („catkins“), welche aus jeweils pollenproduzierenden und samentragenden Infloreszenzen bestehen. Eine bemerkenswerte Tatsache besteht darin, dass einige verholzte Früchte wie kleine Coniferenzapfen aussehen. Diese morphologische Ähnlichkeit fällt besonders im Falle der weiblichen „Cones“ von *Alnus* auf. Auch viele männliche Kätzchen ähneln in ihrer Erscheinung den Pollenzapfen der Coniferen.

Die Ähnlichkeiten der Kätzchen und der Pollen- bzw. Samenzapfen sind nicht überraschend, wenn man ihren Zweck und ihre Funktion (siehe auch Kapitel 8.1) betrachtet. Beides sind reproduktive Organe von Pflanzen, welche in größeren Höhen oder höheren Breiten wachsen, in denen Windbestäubung vorherrscht. Die weiblichen Infloreszenzen müssen früh im Jahr, bei *Calocedrus* im Spätwinter, bestäubt werden, damit die Samen in der kurzen Wachstumsperiode reifen können. Zapfen und Kätzchen sind an Windbestäubung angepasst und sowohl *Calocedrus* als auch *Populus* und *Alnus* sind für eine erfolgreiche Befruchtung und Fortpflanzung in erster Linie vollständig vom Wind abhängig (vgl. PIELOU 1994, S. 154-155).

Tab. 21 Vergleich der Lebenszyklen von *Calocedrus decurrens* und *Populus tremuloides*

<i>Calocedrus decurrens</i>	<i>Populus tremuloides</i>
langlebig (über 500 Jahre)	kurzlebig (selten älter als 100 Jahre)
langsamwüchsig	schnellwüchsig
immergrün: Verlängerung der Internodien vom Frühjahr bis zum Spätherbst	sommergrün: Laubentfaltung im April, Laubfall im November
langsamer, kontinuierlicher Stoffkreislauf („waste not – want not“)	schneller, diskontinuierlicher Stoffkreislauf („easy come – easy go“)
Bestäubung: Spätwinter (Januar-Februar)	Bestäubung: Frühling (April)
lange Samenreife: 8-10 Monate (Januar-Oktober)	kurze Samenreife: 2-3 Monate (April-Juni)
Anabiose der Samen bis zur Keimung	keimen d i r e k t nach der Samenverbreitung
Keimung im Frühjahr	Keimung im Sommer
langer Lebenszyklus	kurzer Lebenszyklus

Den auffälligen morphologischen und funktionalen Gemeinsamkeiten bzw. Anpassungserscheinungen der Reproduktionsorgane stehen erhebliche Unterschiede hinsichtlich Zeitpunkt der Keimung, Wachstum und Lebenszyklen von *Calocedrus* einerseits und *Alnus* sowie *Populus* andererseits gegenüber (siehe Tab. 21). Im Gegensatz zu *Calocedrus decurrens* ist *Populus tremuloides* schnellwachsend und kurzlebig. Ein interessanter Aspekt ist, dass sie schnell wächst und sich in großer Anzahl erfolgreich reproduziert, solange das für sie optimale Zusammenspiel der Ökofaktoren keinen bzw. höchstens minimalen Schwankungen im Zeitraum von Jahrzehnten unterworfen ist. *Calocedrus* kann ihre Bestandserhaltung in für sie ungünstigen Perioden innerhalb von bis zu vier Jahrhunderten ausschließlich durch ihre Langlebigkeit sichern. So müssen die Samen von *Populus tremuloides* innerhalb ihrer zwei- bis dreiwöchigen Verbreitung exakt in diesem Zeitraum optimale ökologische Bedingungen für die Keimung vorfin-

den, d.h. vor allem reichliche Mengen an Licht und Bodenfeuchte. PIELOU (1994, S. 157) beschreibt diesen Sachverhalt prägnant: „[...] they must have plenty of light and moisture without delay; they will not wait“. Dieser Vorgang steht im krassen Gegensatz zur Keimung der Samen von *Calocedrus decurrens*, welche w a r t e n, bis ihnen optimale Bedingungen zur Keimung geboten werden.

Betrachtet man die im Übergangsbereich vom Wald zur Matte häufig mit *Calocedrus decurrens* vergesellschaftete *Populus tremuloides*, findet man erhebliche, vor allem bodenhydrologische standörtliche Differenzen der beiden dort sehr dicht beieinanderstehenden Arten. Besonders augenfällig geschieht dies in den kleinräumig gekammerten Klamath Mountains und am Mattenrand von Vallecitos in der Sierra San Pedro Mártir (siehe Kapitel 6.5.1).

5.1.4.3 Feuer im *Calocedrus*-Wald

Welche Ursachen haben Brände im *Calocedrus*-Wald bzw. „Mixed Conifer Forest“? Welche Auswirkungen haben die Feuer? Wie ist die Incense Cedar an Feuer angepasst? Was passiert, wenn Brände unterdrückt werden? Brauchen diese Wälder Feuer oder sind sie lediglich feuertolerant?

Was den Schutz und die Erhaltung der Wälder Kaliforniens angeht, genießt kaum ein anderer Aspekt soviel Aufmerksamkeit wie das Feuer. Höchste Priorität hat das „Fire Management“, wozu nicht nur die Bekämpfung der Brände, sondern auch Präventivmaßnahmen (z. B. „prescribed fires“) und Ursachenforschung gehören. Letztere beschäftigt sich vor allem mit der Feuerökologie und der Historie von Bränden (AGEE, WAKIMOTO & BISWELL 1977; ATZET & WHEELER 1982; BAUER 1978; HÖLLERMANN 1993; KILGORE 1973; KILGORE & TAYLOR 1979; WEISE, GELOBTER, HAASE & SACKETT 1997). Untersucht werden verschiedene Aspekte zur Feueraktivität, z. B. die Zeiträume zwischen den Bränden („fire rotation period“), die Feuerintensität („spot-, surface-, ground-, crown fire“ verschiedener Intensitäten) und die Feuerverbreitung („fire pattern“) in Abhängigkeit von der Bestandsphysiognomie, dem Sukzessionsstadium („postfire succession“), der Mächtigkeit der Streuschicht als Teil der Menge des brennbaren Materials („fuel“), dem Klima, der Topographie sowie der Alterszusammensetzung der Bestände („age class structure“), welche besonders in den langsam wachsenden und langlebigen Coniferenwäldern eine große Rolle bezüglich der Feuerökologie spielt. Hierzu sind vor allem die Arbeiten von MINNICH & FRANCO-VIZCAÍNO (1997b), MINNICH (1998, S. 133-158) und MINNICH, BARBOUR, BURK & SOSA-RAMÍREZ (2001) aufschlussreich, welche Beobachtungen zur Physiognomie der Nadelwälder und Untersuchungen von Brandnarben („fire scars“) diverser Coniferen beinhalten und interessante Schlussfolgerungen diskutieren. Dabei steht der Vergleich der offenen parkartigen, aus überwiegend alten Bäumen zusammengesetzten Wälder der Sierra San Pedro Mártir mit den verbuschten, relativ jungen Beständen Südkaliforniens im Vordergrund.

Die Ausdehnung der Peninsular Range in zwei Kulturkreise – den nordamerikanischen und den mexikanischen – hat ein hochsignifikantes wissenschaftliches Experiment geschaffen. Während Feuerunterdrückung die Wälder Kaliforniens („Alta California“) verbuscht („thickened“) hat, haben dagegen immer wiederkehrende Feuer in der Sierra

San Pedro Mártir / Niederkalifornien („Baja California“) einen offenen, parkartigen Wald mit großen Baumkronen-Durchmessern (siehe hierzu MINNICH, BARBOUR, BURK & SOSA-RAMÍREZ 2001, S. 23) mit vor allem *Pinus jeffreyi* geschaffen. Forschungen zeigen, dass die Waldstruktur in der Sierra San Pedro Mártir eine Folge seltener, intensiver Oberflächenfeuer („surface fire“) ist (MINNICH, BARBOUR, BURK & SOSA-RAMÍREZ 2001; MINNICH & FRANCO-VIZCAÍNO 1997a+b; MINNICH, FRANCO-VIZCAÍNO, SOSA-RAMÍREZ, BURK, BARRY, BARBOUR & CUEVA SALCEDO 1997). Dieses kontrastiert mit dem Modell häufiger Feuer niedriger Intensität, welches für die kalifornischen Wälder postuliert worden ist. MINNICH, BARBOUR, BURK & SOSA-RAMÍREZ (2001, S. 3) stellen die Hypothese auf, dass die Wälder der Sierra San Pedro Mártir durch in langen Intervallen wiederkehrende Oberflächenfeuer mit großer räumlicher Ausdehnung und ausreichender Intensität, das meiste Unterholz zu zerstören, als offener parkartiger Bestand erhalten werden.

MINNICH et. al. (1997) haben für die San Bernardino Mountains gezeigt, dass sich die Verbuschungsrate direkt proportional zur jährlichen Niederschlagsmenge verhält. In den San Bernardinos und in der Sierra Nevada verjüngen sich unter dem „Mixed Conifer Forest“ und unter dem „Yellow Pine Forest“ überwiegend *Abies concolor* und *Calocedrus decurrens*. In der Sierra San Pedro Mártir gleichen die Schösslinge floristisch der oberen Baumschicht, welche hauptsächlich von *Pinus jeffreyi* gebildet wird. Die durchschnittliche Feuerrotationsperiode („Fire Rotation Period“, FRP) wird im „Mixed Conifer Forest“ auf 52 (38-85) Jahre geschätzt, diejenige im Waldtyp des „Mixed Incense Cedar Forest“ (*Calocedrus decurrens*, *Abies concolor*, *Pinus jeffreyi*) auf 38 Jahre.

Wie sieht nun das „Feuerwetter“ im südlichen Kalifornien und in der nördlichen Baja California Mexikos aus? Welche Auswirkungen hat es auf die Bestände von *Calocedrus decurrens*? Wie man weiß, erfahren unterschiedliche Ökosysteme bezüglich Klima, Phytomasse, Sukzession und Physiognomie der Bestände auch unterschiedliche Feuerregime, was Häufigkeit, Intensität sowie jahreszeitliche und räumliche Verteilung betrifft (vgl. auch KILGORE 1973). *Calocedrus* ist in Südkalifornien Bestandteil genannter häufig verbuschter Offenwälder, während sie in der Sierra San Pedro Mártir und in der Sierra Juárez fast ausschließlich in unmittelbarer Nähe der wenigen perennierenden Wasserläufe wächst. Südlich der Staatsgrenze der USA gibt es abseits von Wasserläufen nur noch versteckte, schwer auffindbare disjunkte Vorkommen des Waldtyps „Mixed Incense Cedar“ (MINNICH, BARBOUR, BURK & SOSA-RAMÍREZ 2001, S. 7), welche jeweils oft in kühlen, feuchten Muldenlagen nur Flächen von 1 bis 3 Quadratkilometer einnehmen, so bei La Matanza in der Sierra Juárez und La Tasajera in der Sierra San Pedro Mártir (siehe Kapitel 6.5.1).

Neben zunehmend anthropogen verursachten Waldbränden sind in den San Bernardino Mountains Südkaliforniens Gewitter („lightning fires“) häufig Ursache für Feuer (MINNICH 1988, S. 14-15). Die meisten Gewitter entwickeln sich zwischen Juli und September aus feuchten tropischen Luftmassen, welche durch vorherrschende Südwinde vom äquatorialen Pazifik und vom Golf von Kalifornien nach Südkalifornien gelangen. Durch die Gebirgsmasse der Kordillere werden diese zum Aufsteigen gezwungen und geraten so in kühlere Luftschichten. Es kommt zur Kondensation von Wassertropfchen und somit zur Wolkenbildung. Normalerweise bilden sich während

der Nachmittagsstunden Cumulonimbus-Wolken über den Berggipfeln und zerstreuen sich wieder, wenn umgebende Winde den Sturm von den Hochlagen trennen. Gewitter häufen sich vor allem über den östlichen San Bernardino Mountains. Die Westhänge nahe Lake Arrowhead sind seltener betroffen. Während der Gewitter bleiben Niederschläge oft aus, weil sich die feuchten tropischen Ausläufer meist in der mittleren Troposphäre aufhalten. Die Basis konvektiver Bewölkung liegt zwischen 3000 und 4000 m. Die relative Luftfeuchte bleibt normalerweise unter 40 %, ausgenommen während kurzer Schauer (Sommerniederschläge zwischen 5 und 60 mm). Die Häufigkeit der Blitzeinschläge („lightning ignition“) ist im „Mixed Conifer Forest“ mit 9,9 / 1000 ha am größten. Die heißen, trockenen Santa Ana-Winde verursachen alljährlich wiederkehrende, oft weit um sich greifende Kronenfeuer in der Gebirgsumrahmung von Los Angeles. Es handelt sich um ostwest-verlaufende Fallwinde, welche aus dem Wüsteninneren über die Berge bzw. durch die Pässe in die Küstenbecken Südkaliforniens wehen und dort in der herbstlichen und teilweise auch winterlichen Jahreszeit (Hoch über dem Great Basin) die marinen Luftmassen ersetzen (zur jahreszeitlichen Witterung siehe Kapitel 5.1.1.3). In den Bergen wird die an sich trockene Luft durch niedrigere Temperaturen und dadurch höhere relative Luftfeuchte sowie leichte Winde etwas kompensiert.

Das „Feuerwetter“ in der Sierra San Pedro Mártir (MINNICH, BARBOUR, BURK & SOSA-RAMÍREZ 2001, S. 14-19), mit einer Dominanz west-ost-gerichteter Feuer, gestaltet sich derart, dass die meisten Brände sich mit den westlichen anabatischen Winden verbreiten, welche tagsüber von Juni bis September vorherrschen. Während der Feuersaison erwärmen sich die Hänge im Laufe des Tages, sodass die oberflächen-nahe Luftschicht schwungvoll hangaufwärts von Westen nach Osten über die Sierra San Pedro Mártir fegt. Die Windgeschwindigkeiten liegen zwischen 5 und 10 m⁻¹, die Lufttemperaturen bei 25 bis 35° C und die relative Luftfeuchte zwischen 20 und 40 %. Durch Blitzeinschläge können kleine lokale „spot fires“ ausgelöst werden, die aber nur Streu verbrennen. Feuer können sich auch während kühl-feuchten Wetters in umgefallenen Baumstämmen, Wurzeln und dergleichen halten. Erst Winterzyklone oder starke Sommergewitter löschen es endgültig. Einzelne Brände können teilweise monatelang anhalten. Zwei Feuer im Jahre 1989 hielten sich von Juni bis in den frühen August. Die Feuer verändern sich je nach Wetterbedingungen und Brandmaterial. Aktive Brandherde („flame lines“) verstärken sich mittags unter maximalen Temperaturen, minimaler relativer Luftfeuchte und starken Hangwinden. Ansonsten schwelt das Feuer in umgefallenen Baumstämmen oder stehenden toten Bäumen weiter. Nach dem Brand entwickeln sich wieder grüne Kronen, aber Unterwuchs, junge Bäume und Streu sind vernichtet (siehe Tab. 22). Man hat beobachtet, dass Borke 5 bis 10 m stammaufwärts angebrannt und die Nadeln bis in 20 m Höhe angesengt wurden (MINNICH, BARBOUR, BURK & SOSA-RAMÍREZ 2001, S. 9).

Die wiederkehrenden Feuer sind der Hauptgrund für die Offenheit der Waldbestände in der Sierra San Pedro Mártir. Brände dauern oft Wochen oder Monate an. Die Oberflächenfeuer zerstören sowohl Sämlinge als auch dünnstämmige junge Bäumchen (bis 5 cm Stammdurchmesser), verschonen aber die Baumkronen, weshalb das Wachstum eines neuen Baumes immer von einer hohen Mortalitätsrate begleitet wird. Lokal gibt es Waldstücke in der Sierra San Pedro Mártir, welche mehr als 70 Jahre nicht gebrannt haben und demzufolge Bestandsdichten von mehr als 2500 Stämmen / ha aufweisen

– im Gegensatz zu 50 bis 150 Stämmen / ha bei einer FRP von 50 Jahren (MINNICH & FRANCO-VIZCAÍNO 1997b, S. 19-20). Im Gegensatz zur Sierra San Pedro Mártir führte in Kalifornien das letzte Jahrhundert der Feuerunterdrückung zur Verbuschung bzw. Verdichtung des „Mixed Conifer Forest“. Diese Zunahme des brennbaren Materials hatte rasch ansteigende Feuerintervalle zur Folge. Die Konsequenzen sind eine Abnahme ausgewachsener („mature“) Gelbkiefern, in Kalifornien vor allem *Pinus ponderosa*, hin zu einer Dominanz junger Bäume („pole-size“) von *Abies concolor* und *Calocedrus decurrens*. Die durch Verbuschung entstandenen vertikalen „Feuerleitern“ („fuel ladders“) haben das Feuerregime von lückenhaften Oberflächenfeuern („patchy surface fires“) in Richtung ausgedehnter Kronenfeuer („extensive stand-replacement fires“) verschoben.

„Forest harvesting in California mixed-conifer forest must recognize that a mature tree is a small residual from the selective elimination by fire of hundreds or perhaps thousands of young individuals“ (MINNICH & FRANCO-VIZCAÍNO 1997a, S. 11-12).

Tab. 22 Charakteristika und Reaktion von *Calocedrus decurrens* auf Feuer (ATZET & WHEELER 1982)

Charakteristika	Reaktion
Sukzessionsstadium	Früh bis spät (kein Klimax)
Hauptsächliche Regenerationsart	Über Samen
Bevorzugtes Keimbett	Alle Typen (organische u. mineralische Böden)
Schaden durch leichte Brände	Resistent (abhängig von der Größe)
Reaktion auf leichte Brände	Stimuliert Aussamung oder Keimung
Schaden durch moderate Brände	Leicht
Reaktion auf moderate Brände	–
Anfälligkeit bei nachfolgenden Bränden	Niedrig
Aufbaurrate	Niedrig
Brennbarkeit	Gut

5.2 Die Standortverhältnisse von *Austrocedrus chilensis*

5.2.1 Klimatische Verhältnisse und Witterung

5.2.1.1 Klimadynamik

Das Hauptverbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis* liegt in den Winterregen-Subtropen und markiert exakt die von v. HUSEN (1967) festgestellte Zone periodischer Sommertrockenheit mit regelmäßigen winterlichen Niederschlägen (vgl. Abb. 14 u. 15). Im jahreszeitlichen Wechsel wird die chilenische Zentralzone vom „allochthonen Zirkulations- bzw. Witterungsklima“ und dem „autochthonen, subtropischen Strahlungsklima“ (WEISCHET 1959, S. 9) beherrscht. Es handelt sich somit um ein alternierendes oder winterfeuchtes Wechselklima, welches während des Winters von der ekotropischen Westwinddrift und in den Sommermonaten von der quasistationären subtropischen Hochdruckzelle beeinflusst wird (LAUER 1986, S. 41; vgl. auch ROMERO 1985).

Im Unterschied zu den klimadynamischen Verhältnissen in Kalifornien unterliegt die chilenische Subtropenzone der Fernwirkung der Antarktis, welche ein wesentlich größeres Temperatur- und Druckgefälle zwischen den Tropen und der Polarregion verursacht als auf der Nordhalbkugel. Daraus resultieren eine enorm energiereiche Westwinddrift mit hoher Zyklonogenese und Zyklonenfrequenz, hohe Windgeschwindigkeiten und schließlich das subtropische südpazifische Hochdruckgebiet als eines der stabilsten

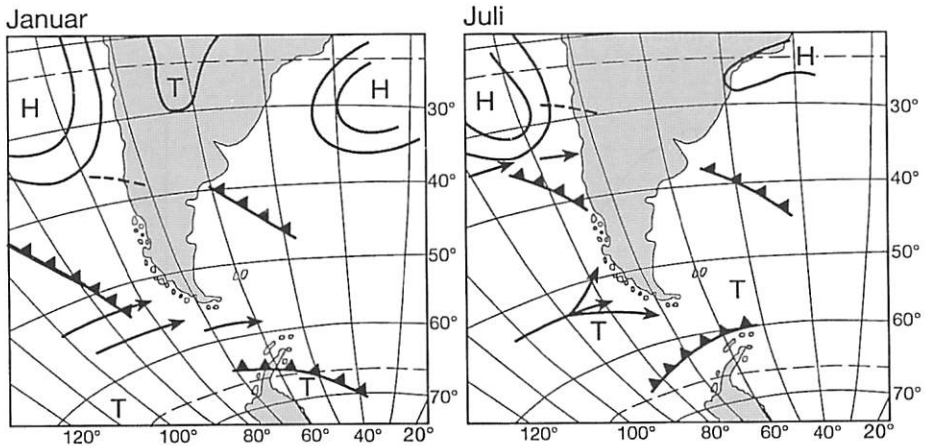


Abb. 14 Lage der Hoch- und Tiefdruckgebiete, Fronten und Zyklonenbahnen im südöstlichen Pazifik während der Monate Januar und Juli (umgezeichnet nach: ROMERO & ZEPEDA, aus: 1974 aus VILLAGRÁN 1980)

Im Januar wird das chilenische Winterregengebiet vom pazifischen Subtrophenhoch beeinflusst. Die Polarfront liegt südlich des 40. Breitengrades. Die 1. und 2. Zugstraße der zyklonalen Westwinddrift schwanken stetig zwischen 50° und 60° S. Im Juli rückt die Polarfront bis etwa 35° S nordwärts und mit ihr die nördliche Zugstraße der Westwinddrift, welche im 90°-Winkel frontal auf die Kordillere trifft. Das Hochdruckgebiet verschiebt sich nur etwas nach Norden, sodass es sich ab und zu mit Schönwetterperioden durchsetzen kann.

Luftdrucksysteme innerhalb der allgemeinen Zirkulation (siehe WEISCHET 1996, S. 303-306; ENDLICHER 1991, S. 186-190; vgl. HOFFMANN 1992, S. 40-51). Drittes Aktionszentrum ist das nord-süd-verlaufende Tief über der Paraguay-Paraná-Senke.

Die Westwindzirkulation der südhemisphärischen hohen Mittelbreiten bringt dem südchilenischen immergrünen Lorbeer- bzw. Regenwald ganzjährig hohe Niederschläge. Der trübe Himmel im Winter und die gebrochene Bewölkung im Sommer (KNOCHE 1927) verursachen einen nur schwach oszillierenden Temperaturgang. Südlich des 38. Breitengrades dominiert ganzjährig die Westwinddrift. Zwischen 38° und 39° S liegt die Feuchtegrenze der Ciprés: sie weicht den zunehmenden Niederschlägen durch einen Wechsel ins Lee der Anden aus. Der große Norden Chiles hingegen steht ganzjährig unter dem Einfluss des „semipermanenten Subtropenhochs“ (ENDLICHER 1983, S. 259), dessen Kern im Januar (Südsommer) bei circa 30° S feste Position bezieht und sich im Juli (Südwinter) bis ungefähr 27° S äquatorwärts verlagert, deshalb auch als „quasistationär“ bezeichnet. Nach WEISCHET (1996, S. 305) herrscht das Hoch vom 25. bis zum 30. Breitengrad ganzjährig bis zum Andenstrand. Dort stößt *Austrocedrus* an ihre Trockengrenze; der nördlichste Fundort liegt bei 32°39' S. So wird die chilenische Zentralzone während des Sommers ganz vom antizyklonalen Witterungsgeschehen unter dem Einfluss des Subtropenhochs mit Strahlungswetter geprägt und im Winter von den zyklonalen Niederschlägen der außerordentlich energiereichen südhemisphärischen Westwinddrift genährt (LAUER 1995, S. 147). Ihre schnellen, dicht aufeinander folgenden Zyklone werden nur selten unterbrochen (WEISCHET 1978, S. 271) oder gar blockiert („blocking-action“), was aber besonders Ende Juni durchaus geschehen kann. Dieses Gastspiel einer Hochdruckwetterlage während des Winters wird als „Veranito de San Juan“ („Kleiner Johannisommer“) bezeichnet (ENDLICHER 1983, S. 267).

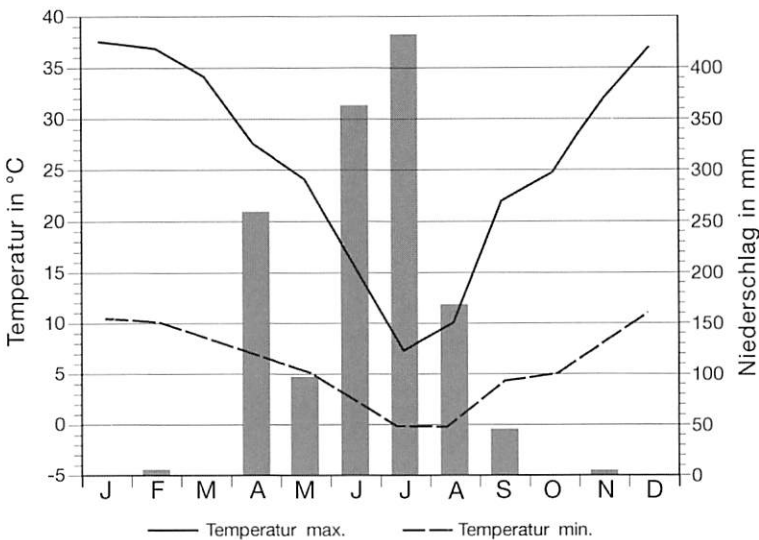


Abb. 15 Klimadiagramm von Central los Cipreses (1000 m ü.NN) in der Kordillere von Talca (Datenquelle: ENDESA 1995)

5.2.1.2 Das Klima der montanen Stufe in den zentralchilenischen Anden

Im subtropischen Winterregengebiet verursachen hohe Niederschläge während der kühlen Jahreszeit und ausgesprochene Trockenheit verbunden mit hohen Temperaturen während der Sommerzeit scharfe jahreszeitliche Gegensätze. Die Ciprés-Wälder unterliegen jedoch den Einflüssen der Hochgebirgsvariante des Winterregenklimas. Abbildung 15 zeigt, dass die Niederschläge mit zunehmender Gebirgshöhe steigen und die Temperaturwerte sinken. Gerade in den subtropischen Gebirgen herrschen extreme Expositionsunterschiede hinsichtlich Temperatur, Niederschlagsverteilung, Wärmeeinstrahlung und Lichtintensität (vgl. SCHIMPER & FABER 1935, S. 1251; FRANZ 1979). Das Gebirgsrelief ermöglicht das Abfließen der durch starke nächtliche Ausstrahlung verursachten Kaltluft und verhindert, dass die aus der mittäglichen Einstrahlung resultierende Wärme akkumuliert wird (WEISCHET 1970, S. 174-175), sodass die täglichen und nächtlichen Temperaturamplituden etwas gestaucht werden (vgl. auch Abb. 16).

Für den reproduktiven Zyklus von *Austrocedrus* und *Calocedrus* spielt die Abfolge von Schneefall, Schneeakkumulation, Schneeschmelze und anschließender Trockenheit eine erhebliche Rolle (vgl. zur Betrachtung von Klimadiagrammen subtropischer Gebirge auch LAUER 1960, S. 241; siehe Kapitel 8.1). Wie bereits in Kapitel 5.1.1.2 bezüglich *Calocedrus decurrens* dargestellt, nimmt auch das Verbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis* eine Stellung zwischen ozeanischen und kontinentalen Klimaverhältnissen ein (siehe Tab. 23 u. Abb. 17).

Der Niederschlag fällt als Schnee (vgl. Abb. 18). So wird eine gleichmäßige Wasserabgabe an den Boden gewährleistet, welcher somit bis in das späte Frühjahr hinein feucht bleibt, wenn das Subtropenhoch schon die Trockenzeit eingeleitet hat. Dies kommt der Keimung von *Austrocedrus chilensis* zugute. Die Schneeschmelze setzt etwa in den ersten beiden Oktoberwochen ein (KNAPP 1966, S. 163), wobei sich in den Subtropen, wo der größte Gegensatz zwischen Sonn- und Schatthang herrscht, die unterschiedlichen „Expositionsklimate“ (GEIGER 1961, S. 437-441) auswirken.

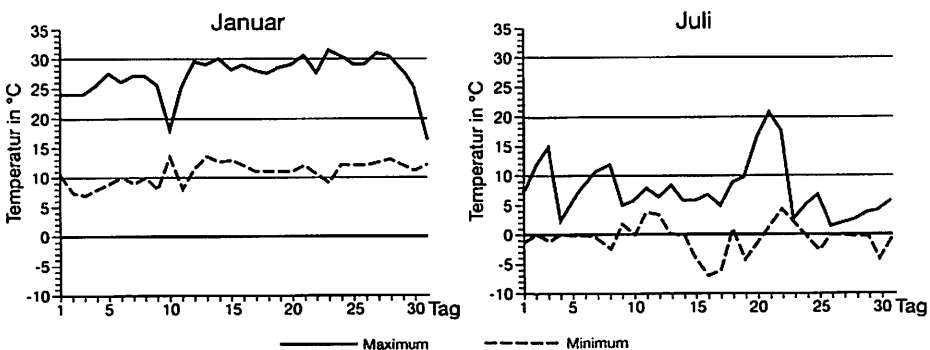


Abb. 16 Maximum- und Minimumtemperaturen im Januar und Juli des Jahres 1995 in Central los Cipreses in 1000 m ü.NN (Datenquelle: ENDESA 1995)

Tab. 23 Das Areal von *Austrocedrus chilensis* zwischen maritimem und kontinentalem Witterungsgeschehen bezüglich Lage, Winter- und Sommertemperaturen, täglichen und jahreszeitlichen Temperaturschwankungen und Luftfeuchte

	maritim	Areal von <i>Austrocedrus</i>	kontinental
Lage	cismontane Küstenkordillere	cismontane Andenkordillere, transmontane Küstenkordillere	transmontane Andenkordillere
Wintertemperaturen	mäßig warm	kühl – kalt	sehr kalt
Sommertemperaturen	mäßig kühl	warm	heiß
Tägliche Temperaturschwankungen	niedrig	mittel	hoch
Jahreszeitliche Temperaturschwankungen	niedrig	mittel	hoch
Luftfeuchte	hoch	mittel	niedrig

Dass der sonnenexponierte Nordhang früher ausapert als der schattige Gegenhang, ist für die Verbreitung der Ciprés-Wälder bedeutsam. Einerseits benötigt der Baum den kontinuierlich abtauenden Schneevorrat, andererseits jedoch laufen größere Schneemengen mit stärkerer Bewölkung einher und führen zum Astbruch (ESKUCHE 1973, S. 106; SEIBERT 1979, S. 17). So vollzieht die Ciprés einen Biotopwechsel, indem sie die steigenden Niederschläge südlich 34° S mit einem Expositionswechsel auf die nordexponierten Hänge ausgleicht.

Im nördlichen Verbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis* wird die Lichtmenge einerseits durch die Nähe zum Wendekreis (zum Strahlungsmaximum siehe LAUER 1986, S. 22) und andererseits durch die Höhe über dem Meeresspiegel gesteigert. Wegen der geringen Bewölkung und der dünnen durchstrahlten Luftmasse übersteigt die direkte Sonnenstrahlung die diffuse Himmelsstrahlung (vgl. KESSLER 1978, S. 55). Doch wird

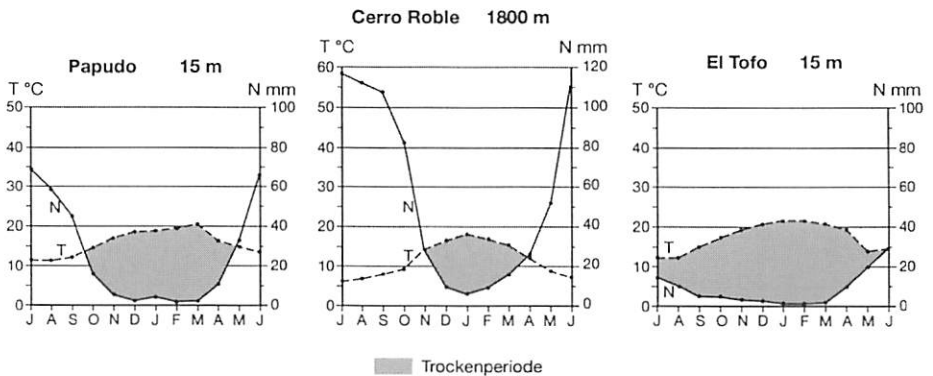


Abb. 17 Klimadiagramme von Papudo (Pazifikküste, maritim), Cerro Roble (Gebirge, Zwischenposition maritimer und kontinentaler Klimaverhältnisse) und El Tofo (Wüste, kontinental) am Nordrand der chilenischen Zentralzone (umgezeichnet nach: COWLING & CAMPBELL 1980)

Die klimatischen Verhältnisse vom Cerro Roble sind repräsentativ für *Austrocedrus chilensis*.

gerade in Wendekreisnähe die Strahlungssumme durch die ungehinderte nächtliche Ausstrahlung stark reduziert (siehe hierzu LAUER 1986, S. 22-24). Lediglich weiter südlich dämpft eine winterliche Wolkendecke die nächtliche Ausstrahlung, wodurch extreme Minustemperaturen und starke Fröste vermieden und tagsüber Transpiration und Evaporation verringert werden.

Die nächtliche Abkühlung bewirkt eine Einschränkung der Atmungsverluste und damit einen indirekten Stoffzuwachs. SCHWABE (1956, S. 140) spricht von einer für das Hochgebirgsklima typischen „klimatischen Diskordanz“, welche durch intensive Einstrahlung, verbunden mit relativ niedrigen Lufttemperaturen, verursacht wird. Wie sich diese Diskordanz auf den Pflanzenwuchs auswirkt, hat genannter Autor treffend formuliert:

„Die der Diskordanz entsprechende relativ große Temperaturamplitude, die nach hohen Tagestemperaturen tiefe Nachttemperaturen bringt, vermindert offenbar bei

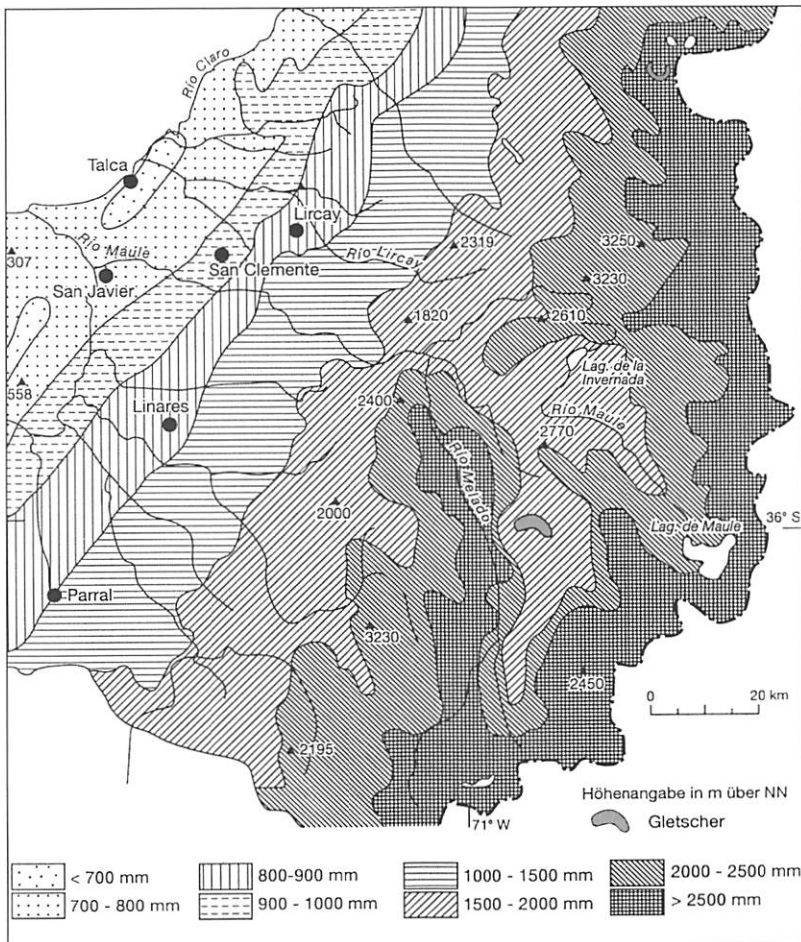


Abb. 18 Niederschlagsverteilung in Abhängigkeit von der Höhe und der geographischen Lage in der Cordillere von Talca und Linares (umgezeichnet nach: QUINTANILLA 1983)

zahlreichen Arten nächtliche atmungsbedingte Verluste an organischer Substanz und bedeutet damit einen indirekten Zuwachs“ (SCHWABE 1956, S. 173).

Auch die häufigen Frühnebel, wie sie im November in Sierras de Bellavista zu beobachten waren (siehe Photo 25), wirken sich evaporationsmindernd auf die Vegetation aus. In Zusammenhang mit der Verdunstung spielen auch die Windverhältnisse eine wesentliche Rolle. Das Zusammenspiel kräftiger Winde mit intensiver Sonneneinstrahlung wirkt sich in der zentralchilenischen Hochkordillere noch stärker auf die Verdunstung aus als in den südlichen Anden.

5.2.1.3 Jahreszeitliches Klimageschehen und Witterung

In gleicher Weise wie *Araucaria araucana*, *Fitzroya cupressoides* und *Pilgerodendron uviferum* reiht sich *Austrocedrus chilensis* in die von bestimmten Klimarhythmen bzw. Witterungsverhältnissen beherrschte Abfolge der südandinen Coniferen ein (SCHMITHÜSEN 1956a; 1960; 1966; GOLTE 1974; 1978a). HUECK (1966, S. 325 ff.) erkannte den großen ökologischen Indikatorwert der drei Cupressaceen sowie von *Araucaria araucana*. Dies veranlasste ihn dazu, seine Vegetationsgliederung Chiles unter starker Berücksichtigung der Verbreitung dieser vier Coniferen vorzunehmen (vgl. auch Abb. 19).

Das Hauptverbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis* liegt in der Zone mit regelmäßigen winterlichen Niederschlägen und ausgesprochenen sommerlicher Trockenheit (vgl. WEISCHET 1996, S. 331). Nach v. HUSEN (1967, S. 108) wird diese Zone „regelmäßiger subtropischer Winterregen bei periodischer Sommertrockenheit“ (34° bis 38° S) im Norden von der „Polargrenze episodisch möglicher Wintertrockenheit“ und im Süden von der „Polargrenze regelmäßiger Sommertrockenheit“ begrenzt. Klimageographisch umfasst das Areal von *Austrocedrus chilensis* also den Raum, in dem sich im streng jahreszeitlichen Turnus zyklonale (siehe Anhang 3, Diag. 13a+b und Anhang 8, Tab. 78a,b+c) und antizyklonale Witterung (siehe Anhang 3, Diag. 11a+b und Anhang 8, Tab. 76a,b+c) miteinander abwechseln. Nördlich und südlich davon gedeiht die Ciprés nur noch solange, wie ihre Standorte von beiden aufgeführten Klimagürteln – auch wenn einer offensichtlich die Oberhand gewinnt – bedient werden.

Im Winter dringt die Westwinddrift bis nach Mittelchile vor und beendet, wenn auch nur durch eine kurzfristige Überlagerung hohen Wärme- und Wasserangebotes, die Fastenzeit der Vegetation. Die herbstliche Jahreszeit ist kaum ausgeprägt (zur Witterung siehe Anhang 3, Diag. 12a+b und Anhang 8, Tab. 77a,b+c). Auf den noch relativ trockenen und warmen März folgen Anfang April schon die ersten intensiven Niederschläge, verbunden mit sinkenden Temperaturen (vgl. Abb. 20). Zum Sommer hingegen dominiert die antizyklonale Witterung und die chilenische Zentralzone wird von der strahlungsintensiven Tätigkeit des kontinentalen Hochdruckrückens beherrscht. Der Frühsommer mit ansteigenden Temperaturen aber nachlassender Wasserversorgung führt in der Pflanzenwelt zu morphologischen Anomalien wie Napf- und Löffelform der Blätter sowie Spitzeneinziehung (zur „Frühsommerkrise“ vgl. SCHWABE 1956, S. 167-169).

Der Wechsel von der feuchten zur trockenen Jahreszeit tritt dann ein, wenn die nun wieder südlich des 50. Breitengrades produzierten Störungen mit zunehmender Entfernung Richtung Norden ermüden und sich nicht mehr gegen die subtropische Hochdruckzelle

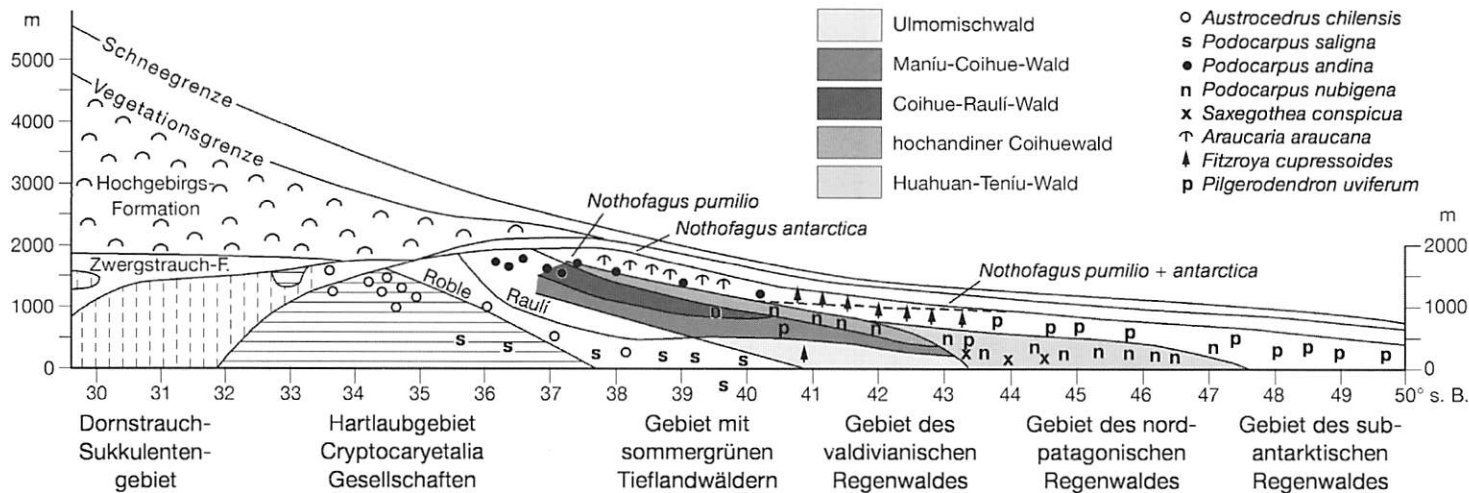


Abb. 19 Die horizontale und vertikale Anordnung der Vegetation auf der Westabdachung der südlichen Anden (umgezeichnet nach SCHMITHÜSEN 1956)

durchsetzen können. Da Wärme- und Wasseroptimum demgemäß zeitlich nicht zusammenfallen, liegt das Hauptproblem der Pflanzen in der Überbrückung des trockenen Sommers, an den die Ciprés mit ihren kleinen, xeromorphen Schuppenblättchen angepasst ist (siehe hierzu Kapitel 8.4).

„Das im Naturhaushalt entscheidende Faktum ist die Trockenzeit gerade dann, wenn aus thermischen Gründen die Hauptwachstumszeit der Pflanze sein sollte“ (WEISCHET 1970, S. 187).

LAUER (1995, S. 148) führt neben der sommerlichen Trockenheit auch die Niederschlagsvariabilität als „ökologischen Stressfaktor“ an. So bleibt es immer ungewiss, ob der Winter mit Katastrophengüssen oder relativer Trockenheit aufwartet (HUECK 1966, S. 328). Denn auch in der winterlichen Jahreszeit wird die zyklonale Tätigkeit immer wieder durch Schönwetterperioden unterbrochen, die ein bis zwei Wochen anhalten können.

In meridionaler Ausbreitung erstreckt sich das Areal von *Austrocedrus chilensis* etwa über 1400 km Länge, im Gegensatz zu den wesentlich kleineren Arealen der südwärts folgenden Coniferen *Araucaria araucana* und *Fitzroya cupressoides* also eine gewaltige Ausdehnung. Die Ursache liegt darin, dass die Winterregen-Subtropen einen größeren Raum einnehmen als die klimatischen Übergangsbereiche der beiden anderen Coniferen.

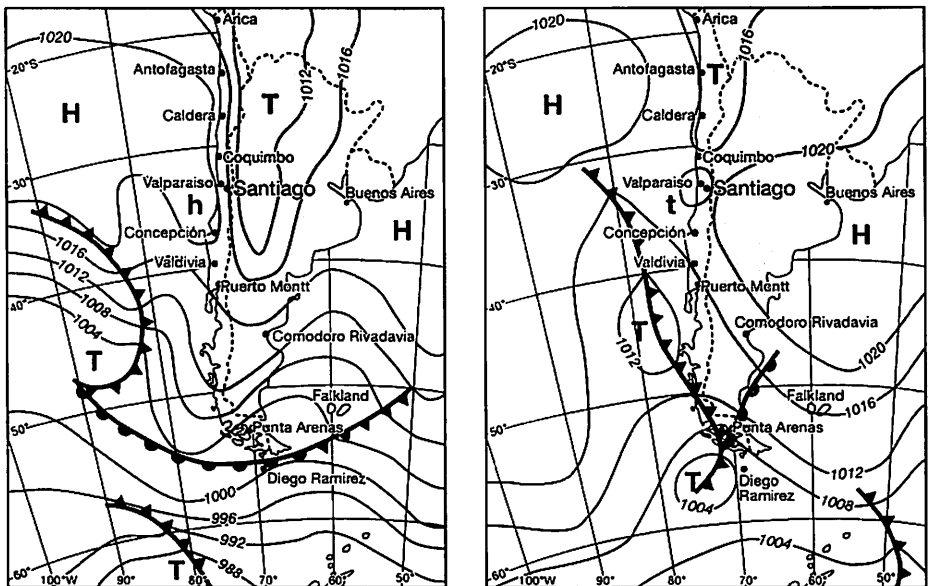


Abb. 20 Bodenwetterkarten vom 23.4.1982 (links) und vom 25.5.1982 (rechts) der Estación Meteorológica Bellavista, Concepción (umgezeichnet nach: ENDLICHER 1983)

Die linke Karte zeigt den „último verano“ in der letzten Aprilwoche. Das pazifische Hochdruckgebiet beherrscht noch Zentralchile bis Concepción, obwohl es schon recht weit äquatorwärts verlagert ist. Auf der rechten Karte beeinflusst das inzwischen vorgerückte Tiefdruckgebiet die chilenische Zentralzone, während das Hochdruckgebiet die äquatornahe winterliche Lage eingenommen hat.

Das langgestreckte Areal spiegelt also nicht eine besonders große ökologische Valenz von *Austrocedrus chilensis* wider. Die Anpassung an den jahreszeitlichen Rhythmus des Winterregenklimas wird dadurch unterstrichen, dass sich das Areal der Ciprés südlich der polaren Subtropengrenze in Argentinien fortsetzt, wo die orographischen Voraussetzungen ebenbürtige, wenn auch unter veränderten Strahlungsbedingungen, hygri-sche Verhältnisse schaffen. Betrachtet man in Abbildung 21 das Klimadiagramm von Bariloche (825 m) hinsichtlich der Temperaturverhältnisse, so wird durch die im Vergleich zu Bullileo (900 m) in der Kordillere von Parral niedrigeren monatlichen Durchschnittstemperaturen die kühlgemäßigte Breitenlage ersichtlich. Diesbezüglich ergibt sich eine interessante Konsequenz mit Blick auf den Biotopwechsel von *Austrocedrus chilensis*. Da das chilenische Hauptverbreitungsgebiet der Ciprés in der hohen Kordillere oberhalb 1000 m liegt, sind dort tiefere monatliche und jährliche Temperaturmittel zu erwarten als das Diagramm von Bullileo zeigt (Abb. 21). Den Vergleich der Temperaturmittel im Januar und Juli von Bariloche (HUECK 1966), der Laguna del Laja (CONAF 1995, S. 137) und Bullileo (DONOSO 1994b, S. 420) zeigt Tabelle 24:

Tab. 24 Temperaturmittel im Januar und Juli von Bariloche (HUECK 1966), der Laguna del Laja (CONAF 1995) und Bullileo (DONOSO 1994b) im Vergleich

	Temperaturmittel im Januar	Temperaturmittel im Juli
Bariloche (825 m)	14° C	2,5° C
Laguna del Laja (1100 m)	13,6° C	-0,3° C
Bullileo (900 m)	20° C	10° C

Daraus wird ersichtlich, dass die Mitteltemperaturen in der chilenischen Kordillere (Westabdachung) und in der argentinischen Präkordillere (Ostabdachung) nicht sonderlich voneinander abweichen, während die von Bullileo deutlich höher liegen. Die Ciprés folgt also auch bezüglich der Temperaturverhältnisse einem Kontinuum.

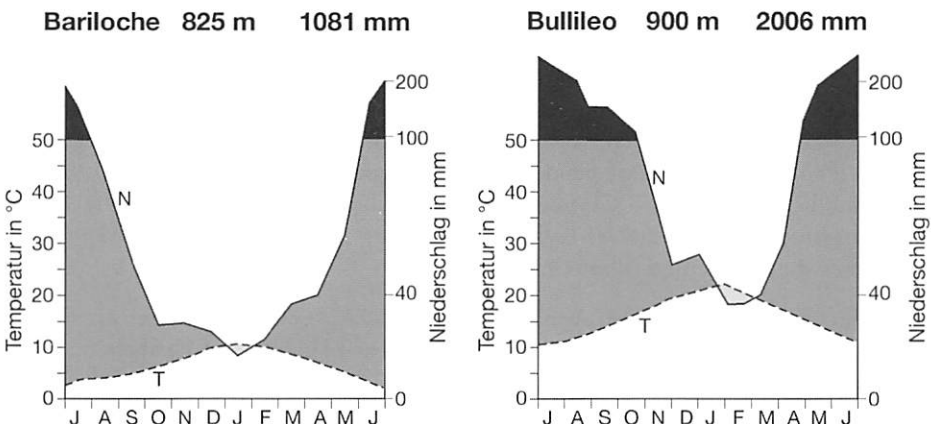


Abb. 21 Klimadiagramme von Bariloche in Argentinien und Bullileo in der Kordillere von Parral in Chile (umgezeichnet nach DONOSO 1994b)

Lediglich hinsichtlich der Strahlungssumme wird eine ökologische Valenz ersichtlich, stellt man die äquator- und polnächsten Wuchsorte am Cerro Tabaco (32°39' S, 2000 m ü.NN) und in der Provinz Palena (43°44' S, 400 m ü.NN) gegenüber.

Betrachtet man die Verteilung der Ciprés-Bestände innerhalb ihres gesamten Areals mit Hinblick auf Exposition und Meereshöhe, so wird das Bedürfnis nach einem gewissen Maß an Trockenheit dadurch ersichtlich, dass sie im südlichen Verbreitungsgebiet die trockenen Nord- und Nordwesthänge bevorzugt, während sie im Norden Süd- und Südostexpositionen besiedelt.

Im Gebiet episodischer Wintertrockenheit zwischen 30° und 34° S, wo sich auch im Winter zunehmend die autochthone antizyklonale Witterung durchsetzt, wächst *Austrocedrus* auf den feuchteren südexponierten Hängen der hochmontanen Stufe. In der Zone regelmäßiger Winterregen von 34° bis 38° S besiedelt sie im Norden alle Expositionen. Weiter polwärts wandert sie zuerst auf die West- und Nordwesthänge, während sie in der südlichen Zentralzone die Nordflanken aufsucht. Dort in der Zone periodischer Winterniederschläge gedeiht sie in der montanen und hochmontanen Stufe. Südlich des 38. Breitengrades bis 41° S stocken Ciprés-Bestände bei episodischer Sommertrockenheit nur noch im Lee zu den Westwinden, wie es DONOSO (1994b) von Wuchsorten an den Vulkanen Llaima und Villarrica und am Ostufer des Lago Ranco (38°40' bis 40°15' S) berichtet. In der Zone ganzjähriger Niederschläge mit Wintermaximum von 41° bis 45° S liegt der südlichste Fundort von *Austrocedrus chilensis* bei 43°44' S am Río Yelcho und am Río Palena im Lee der regenbringenden Westwinde (SKOTTSBERG 1910; SCHMITHÜSEN 1960).

Die Vielzahl sklerophyller Sträucher im Ciprés-Wald ist Ausdruck jahreszeitlicher Schwankungen des Niederschlags. Laubwerfende Bäume (*Nothofagus obliqua*, *N. glauca*, *N. alpina*) deuten auf einen „jahreszeitlichen Gang der Wachstumsbedingungen“ (GOLTE 1993, S. 25; vgl. auch GOLTE 1983, S. 25) hin. Im nördlichen mittelchilenischen Hartlaubgebiet kommt *Austrocedrus chilensis* zusammen mit dem laubwerfenden „Roble Pellín“ (*Nothofagus obliqua*) vor. Hinzu treten typische Hartlaubgewächse wie *Lithraea caustica* (Anarcadiaceae), *Quillaya saponaria* (Rosaceae), *Lomatia hirsuta* (Proteaceae), *Cryptocarya alba* (Lauraceae) und *Azara petiolaris* (Flacourtiaceae). Mit *Nothofagus obliqua* bildet *Austrocedrus chilensis* auf den südexponierten (feuchten) Hängen oftmals auffallend farblich kontrastierende Mischbestände. In der Umgebung von Sierras de Bellavista und der südlich davon gelegenen Cordillera Rubiana konnte besonders eindrucksvoll beobachtet werden, wie auf den Schatthängen die olivgrünen – wegen der enormen Fülle der an den Zweigenden dichtgedrängten, alten aufgesprungenen Zapfen fast bräunlich wirkenden – Cipreses von der frischen, leuchtend grünen Tracht des sommergrünen Roble Pellín (*Nothofagus obliqua*), der nördlichsten andinen *Nothofagus*-Art, unterwandert werden (Photo 42).

Im südlichen Zentralchile, mit Annäherung an den 38. Breitengrad, treten zu den genannten Hartlaubgehölzen, die sich dort ihrer Südgrenze nähern, Lorbeergehölze sowie Arten der sommergrünen Laubwälder (zur räumlichen Anordnung der Gehölzflora im mittleren Chile vgl. SCHMITHÜSEN 1956a, S. 74). Letztere setzen sich südlich des 39. Breitengrades in Argentinien fort, was die Ähnlichkeit bezüglich der floristischen Zusammensetzung der südlichen chilenischen *Austrocedrus*-Bestände (Parque Nacional

Laguna del Laja) mit den argentinischen Ciprés-Wäldern unterstreicht (*Gaultheria pumila*, *Escallonia rubra*, *Fuchsia magellanica*).

5.2.1.4 Topoklimate und Biotopwechsel an den Arealrändern

Mit Sicherheit gehört die „Ciprés de la Cordillera“ zu den „species representativas“ (GAJARDO 1993, S. 39, 62, 64, 87) der mittelchilenischen Anden. Mehr noch: sie ist die Conifere der „zona central“ schlechthin. Ihr gesamtes Verbreitungsgebiet reicht jedoch viel weiter von 32°39' bis 43°44' S. Bei dieser enormen meridionalen Arealerstreckung von etwa 1400 km wachsen die nördlichsten Bäume in einem Gebiet mit xerophytischer Strauchvegetation (Zonoökoton (ZÖ) III / IV nach WALTER & BRECKLE 1991b) in einer Höhe von knapp 2000 m und die südlichsten Cipreses in der Region der immergrünen Regenwälder (Zonoökoton (ZÖ) V / VIII), wo sie bis in die untere montane Stufe herabsteigen. An ihrer nördlichsten Verbreitungsgrenze ist sie in unmittelbarer Nachbarschaft mit der Cactacee *Trichocereus chilensis* zu sehen, wo ihre kräftigen Wurzeln die Felsen umspannen. Demgegenüber scheinen am Río Laja bei 37°20' S ihre Stämme in einem weichen Farnsee von *Rumohra adiantiformis* zu versinken, während ihre Äste von Bartflechten der Gattung *Usnea* erobert sind und mit *Fuchsia magellanica* und *Escallonia rubra* bereits charakteristische Elemente des südlichen Regenwaldes mit typisch roten Blütenkelchen (vgl. auch ZÖLLNER 1991, S. 25) auffallen. So bleibt noch zu klären, welche klimatischen Bedingungen sich nördlich des 34. und südlich des 38. Breitengrades sowie östlich und westlich an das „echte“ Winterregenklima mit regelmäßigen winterlichen Niederschlägen und periodischer Sommer Trockenheit anschließen (submediterrane Arealränder; siehe Tab. 25 u. 26).

Tab. 25 Limitierende Klimafaktoren an den submediterranen Arealrändern von *Austrocedrus chilensis* in Gegenüberstellung mit den sich jeweils anschließenden Klimazonen und den an den jeweiligen Arealrändern von *Austrocedrus chilensis* besiedelten Meso- und Topoklimaten

Submediterraner Arealrand von <i>Austrocedrus chilensis</i>	Limitierende Klimafaktoren	Angrenzende Klimazone bzw. Topoklima (TROLL & PAFFEN 1964)/Zonale Vegetation	Ökoton mit <i>Austrocedrus chilensis</i> als extrazonale Vegetation
Östlicher Arealrand: Valle Encantado (West-Argentinien)	zu starke Winter- und Spätfröste bei zu dünner oder nicht vorhandener Schneedecke	Sommerdürres Trockensteppenklima (III 10); weniger als 6 Monate feucht als schmaler topoklimatisch bedingter Saum zwischen III 1 und III 10 => Ozeanisches Klima (III 2) kältester Monat über 2° C, jährliche Schwankung unter 16° C; sommergrüner Laubwald	Vereinzelte Bäume entlang von Wasserläufen und parkartige Bestände auf Schatthängen innerhalb des Ökotons III 2 / III 10
Äquatorwärtiger (nördlicher) Arealrand: Cerro Tabaco / Quebrado El Asiento	zu lange Trockenperioden	Subtropisches Halbwüsten- und Wüstenklima (IV 5) als relativ breite Zone (Kleiner Norden) zwischen IV 1 und IV 5 => Winterfeuchtes Steppenklima (IV 2); meist weniger als 5 Monate feucht; Gras- und Strauchsteppe	Kleine, offene Bestände auf Schatthängen innerhalb des Ökotons IV 2 / IV 5; als vereinzelte Bäume

Submediterraner Arealrand von <i>Austrocedrus chilensis</i>	Limitierende Klimafaktoren	Angrenzende Klimazone bzw. Topoklima (TROLL & PAFFEN 1964)/Zonale Vegetation	Ökoton mit <i>Austrocedrus chilensis</i> als extrazonale Vegetation
Polwärtiger (südlicher) Arealrand: Río Palena (West-Argentinien)	zu feucht / Niederschlag zu gleichmäßig über das Jahr verteilt	Extrem ozeanisches Küstenklima (III 1); fast frostfrei, jährliche Schwankung unter 10° C; immergrüner Regenwald als schmaler topoklimatisch bedingter Saum zwischen III 1 und III 10 => Ozeanisches Klima (III 2) kältester Monat über 2° C, jährliche Schwankung unter 16° C; sommergrüner Laubwald	Leelage zu den regenbringenden Westwinden im Ökoton III 2 / III 10; als Offenwald mit immergrünen Bäumen und Sträuchern
Westlicher Arealrand: Cordillera de Nahuelbuta / Cordillera de la Costa	zu feuchte und zu kühle Sommer	Küstenvariante des Winterregenklimas (IV 1) als schmale, N-S-verlaufende, topoklimatisch bedingte Streifen innerhalb IV 1 => Winterfeuchtes Steppenklima (IV 2); meist weniger als 5 Monate feucht; Gras- und Strauchsteppe	extreme Leelage, entlang von Wasserläufen innerhalb des Ökoton IV 2 / IV 1; im Wald mit sommergrünen Südbuchen (<i>Nothofagus alpina</i>)

Tab. 26 Limitierende Klimafaktoren an den vertikalen Arealrändern von *Austrocedrus chilensis* in Gegenüberstellung mit den sich jeweils anschließenden Höhenstufen und Vegetationszonen und den in den jeweiligen Höhenstufen von *Austrocedrus chilensis* besiedelten Meso- und Topoklimaten

Vertikaler Arealrand von <i>Austrocedrus chilensis</i>	Limitierende Klimafaktoren	Angrenzende Höhenstufe/Zonale Vegetation	Meso- bzw. Topoklima
Untere Verbreitungsgrenze	zu trocken	Untere montane Stufe; Hartlaubvegetation	Entlang von Wasserläufen
Obere Verbreitungsgrenze	zu kalt, Spätfroste	Obere montane / subalpine Stufe; sommergrüne Südbuchen (<i>Nothofagus antarctica</i> , <i>N. pumilio</i>)	nordexponierte Hanglagen

Der östliche Arealrand: Südlich des 38. Breitengrades setzt sich ein Klima mit winterlichen Niederschlägen bzw. Schneefällen und ausgeprägter sommerlicher Trockenheit östlich des Andenhauptkamms in Ostpatagonien fort. ERIKSEN (1983, S. 47) bezeichnet es als „ein azonales, orographisch bedingtes Trockengebiet.“ Das Verbreitungsgebiet der Ciprés westlich der Hauptwasserscheide läuft in Form kleiner, isolierter Gruppen südlich von 38° S im Regenschatten der großen Vulkankegel aus und lässt sich von dort an östlich der Andenkordillere als ausgedehntes Waldgebiet bis knapp zum 44. Breitengrad weiter verfolgen. Nach ERIKSEN (1983, S. 47) fallen dort im Sommerhalbjahr von Oktober bis März weniger als 33 % des Jahresniederschlags. Wie es südlich der Subtropengrenze im Lee zu den regenbringenden Westwinden noch zu einem derar-

tigen, wenn auch nicht subtropischen Winterregenklima kommt, erklären am besten die Überlegungen von ERIKSEN (1979) zur Wolkenauflösung und zum „foehn de altura“ östlich des zerfurchten südandinen Hauptkammes.

So beschäftigen ERIKSEN (1979) die klassischen Föhnwolken (*Alto cumulus lenticularis*), welche sich aus der mächtigen westlichen Staubewölkung (*Nimbostratus*) Richtung Osten herauslösen (im Lee *Stratocumulus lenticularis*). Seine Beobachtungen lauten wie folgt:

„Während sich über dem Hauptkamm der Kordillere (meist am Westrand der zahlreichen Andenseen) oft tagelang eine Staubewölkung mit hoher „Föhnmauer“ stationär hält und Dauerregen registriert wird, löst sich die Bewölkung nach Osten noch über den niedrigeren Randketten des Gebirges rasch auf. Modellhaft geformte stationäre Föhnwolken (*Alto cumulus lenticularis*) bilden den Ostrand der Wolkendecke, aus der kein Regen mehr fällt. Schon in 50 bis 60 km Entfernung vom tief verhangenen Hauptkamm des Gebirges, der teilweise zusammenfällt mit der chilenisch-argentinischen Grenze, herrscht zu dieser Zeit völlig heiteres Wetter mit außergewöhnlicher Fernsicht“ (ERIKSEN 1979, S. 68).

Diese Beobachtungen werden zudem durch die Satellitenbilder von BREUER (1974) bestätigt, welche exakt jene Wolkenauflösung östlich der südandinen Kordillere zeigen (vgl. hierzu auch ENDLICHER 1991, S. 183). Ökologisch bedeutsam für die Ciprés sind allerdings weniger die „föhnigen Eigenschaften der Westwinde“ (BREUER 1974, S. 53) als vielmehr die damit verbundene Wolkenauflösung und die daraus resultierende Trockenheit Ostpatagoniens. Die Absinkbewegungen warmer Luftmassen als „abgeschwächter Föhn der Südkordillere“ (ERIKSEN 1983, S. 65) beschränken sich nämlich lediglich auf Höhen zwischen 1500 und 2000 m im Lee der Hauptkette und auf die Passregion. Dementsprechend messen auch die Klimastationen Cerro Catedral (1950 m) und Bariloche (823 m) weder entsprechende Temperaturmaxima noch abnehmende relative Luftfeuchte als charakteristische Anzeichen für Föhnwinde. Folglich werden nur die *Nothofagus*-Wälder von plötzlich einsetzenden orkanartigen Winden und schneller Schneeschmelze erfasst, nicht aber die *Austrocedrus*-Bestände. Wichtig für die Vorkommen der weiter östlich gelegenen Ciprés-Wälder ist, bei Richtung Süden abnehmender Gebirgshöhe und steigender Zyklonenfrequenz (vgl. ERIKSEN 1979, S. 64), dass die Höhe der Anden zwischen 2000 und 3000 m ausreicht, um an der chilenischen Westflanke orographisch verursachte Staubewölkung mit Steigungsregen zu verursachen. Die Wolken verlieren also bereits dort ihre Wasserfracht, weshalb in Ostpatagonien ein wolkenfreier Himmel herrscht.

Nach der Klimaklassifikation von TROLL & PAFFEN (1964) liegt das westargentinische Verbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis* bereits in der kühlgemäßigten Zone (III) mit sommergrünen Laubwäldern (III 2) als charakteristischer Pflanzenformation. Dies bedeutet, dass zwar Niederschlags- und Temperaturgang das typische Winterregenklima nachzeichnen, jedoch lediglich wegen der gegebenen orographisch-topographischen Voraussetzungen und nicht wie im subtropischen Winterregengebiet der chilenischen Zentralzone allein durch die herrschenden klimadynamischen Verhältnisse. Ersichtlich wird diese Tatsache durch eine niedrigere Jahrestemperatur, da die subtropischen Strahlungssummen nicht erreicht werden (vgl. hierzu auch Abb. 21 u. Tab. 24). Dass

die Verbreitungsgebiete der Ciprés-Wälder in der subtropischen Andenkordillere Chiles und in der kühlgemäßigten Präkordillere Argentiniens – respektive die Bestände der Incense Cedar in der Sierra Nevada und östlich der Kaskaden Oregons – nicht notwendigerweise ein Paradoxon bilden, sondern wiederum das Gesetz der relativen Standortskonstanz unterstreichen, wird in Kapitel 8 zu den Lebenszyklen und zur Ökophysiologie von *Austrocedrus chilensis* und *Calocedrus decurrens* erörtert.

Der äquatorwärtige (nördliche) Arealrand: Nördlich von 34° S im südlichen Teil der Zone episodischer Wintertrockenheit (30° bis 34° S) läuft das Verbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis* bei 32°39' S gegen Norden aus. Hier taucht nach v. HUSEN (1967) erstmalig, wenn man sich von Süden her nähert, auch im Winter die Kategorie „kein Niederschlag“ auf. Dies bedeutet, dass Winterniederschläge nicht garantiert sind, denn auch während der Wintermonate unterliegt das nördliche Winterregengebiet zwischen 33° und 20° S häufig antizyklonaler Tätigkeit (BREUER 1974, S. 82). Folglich kann auch für die Ciprés-Bestände im Winter nicht mit gesicherter Schneebedeckung gerechnet werden. Am Cerro Tabaco gab es in den letzten fünf Jahren keinen Schneefall in Höhe der *Austrocedrus*-Gruppen. Die Quebrada del Asiento war im Sommer 1995 / 96 völlig ausgetrocknet. Dennoch liegt der von SCHLEGEL (1962) entdeckte Fundort auf einem, von v. HUSEN (1967, S. 23) ermittelten klimatischen Sprung zwischen 32° und 33° S, wo die Häufigkeit eines regenlosen Sommermonates von 90 % auf 75 % sinkt. KNOCHE (1927) gibt die Äquatorgrenze der gebrochenen Bewölkung im Juli bei 30° S an, woraus man schließen kann, dass während der Wintermonate die Westwinddrift gelegentlich bis dorthin vorgreifen kann. Die labile nördliche Begrenzung der südhemisphärischen Westwinddrift untermauern auch die Ausführungen von HERMES (1954, S. 223) zur Lage der oberen Schneegrenze in Höhe des 33. Breitengrades. Genannter Autor gibt diesbezüglich Werte verschiedener Literaturquellen an, welche sich auf Höhen zwischen 3000 und 4500 m berufen. Auch nach STEFFEN (1905; in: HERMES 1954, S. 223) kann die Schneegrenze in dieser Breitenlage von Jahr zu Jahr bis zu 1000 m schwanken.

Beobachtungen zur Bewölkung zeigen für die Andenstationen Potrerillos, Los Andes und El Teniente ein Maximum zur Mittagszeit (13^{oo} Uhr-Termin), was auf sommerliche Konvektionsbewölkung über dem Gebirge hindeutet (v. HUSEN 1967, S. 52). Für die Cipreses von Vorteil ist, dass gerade um die heiße Mittagszeit auf diese Weise die Transpiration gedrosselt werden kann. An diesem für die Ciprés relativ trockenen Standort findet man sie infolgedessen an den schattigeren, feuchten Südhängen. Zudem bleibt hier eventueller Schnee länger liegen, während die Nordhänge bei der intensiven Strahlung recht schnell abtauen.

Der polwärtige (südliche) Arealrand: Relativ abrupt endet das chilenische Winterregengebiet am 38. Breitengrad. Dieser trennt als markante Grenzlinie und „Landschafts- und Kulturscheide“ (BERNINGER 1933) die Subtropen von der kühlgemäßigten Zone. Südlich von 38° S sinkt der Anteil der Winterregen in den Monaten Mai bis Juli unter 50 %. Der nördliche Teil des Kleinen Südens wird nach v. HUSEN (1967) von der Zone episodisch möglicher Sommertrockenheit (38° bis 41° S) eingenommen. Während im Winter die Westwinddrift vorherrscht, werden die Sommermonate durch das Alternieren zyklonaler und antizyklonaler Witterung bestimmt. Dort kann in länge-

ren Beobachtungszeiträumen während eines Sommermonats der Niederschlag ausbleiben (v. HUSEN 1967, S. 19). Dies kann der Fall sein, wenn ein Ausläufer des Chacotiefs nach Süden (maximal bis 37° S) vorgreift und den pazifischen Hochdruckrücken bis zum 42. Breitengrad polwärts drückt (ENDLICHER 1983, S. 261; 1991, S. 187-189). Die von v. HUSEN (1967) festgelegte, sich südlich anschließende Zone ganzjähriger Niederschläge mit Wintermaximum von 41° bis 45° S wird im Süden von der Zone ganzjähriger Feuchtigkeit begrenzt. Nördlich des 45. Breitengrades registriert v. HUSEN (1967) besonders in den Sommermonaten bereits eine Abnahme der Niederschlagstage. Durch das Wintermaximum und das Sommerminimum der Niederschläge treten demnach noch jahreszeitliche Schwankungen auf. In dieser Breitenlage trifft man *Austrocedrus* auf der chilenischen Westabdachung nur noch in kleinen Gruppen im Regenschatten großer Vulkane an, während sich die großen Waldländer der Ciprés de la Cordillera erst wieder östlich der Hauptwasserscheide im argentinischen Seengebiet ausdehnen (siehe hierzu Kapitel 6.2.2 u. 6.7.2).

Der westliche Arealrand: Ihre westliche Verbreitungsgrenze erreicht *Austrocedrus chilensis* in der Cordillera de Nahuelbuta im chilenischen Küstenbergland. Dort wächst sie im Lee der höchsten Erhebung der Cordillera de la Costa, dem Alto de Nahuelbuta (1533 m). Wie in den kalifornischen Coast Ranges sind die Sommer im Luv zu kühl und zu feucht, um die Zapfen der Ciprés bzw. der Incense Cedar reifen zu lassen. Innerhalb der meridional verlaufenden Küstengebirgsketten werden von TROLL & PAFFEN (1964) ebenfalls küstenparallele, topoklimatisch bedingte Streifen des „Winterfeuchten Steppenklimas“ (IV 2) mit weniger als 5 feuchten Monaten (Trockengrenzwerte nach DE MARTONNE und LAUER) ausgewiesen. Der Standort von *Austrocedrus chilensis* am Río Pleoiquén (Ökoton IV 2 / IV 1) liegt zwar ebenso wie der von *Calocedrus decurrens* am Arroyo Seco in extremer Leelage, jedoch innerhalb eines sommergrünen Südbuchen-Waldes mit *Nothofagus alpina* (Raulí) und nicht wie die vereinzelt flussbegleitenden Exemplare der Incense Cedar innerhalb der Trollschen Gras- und Strauchsteppe mit überwiegend Chamise (*Adenostoma fasciculatum*) sowie diversen ein- und mehrjährigen sonnenhungrigen Steppenkräutern. Eine zweite Westgrenze erreicht die Ciprés nahe ihrer südlichsten Verbreitungsgrenze am Lago Menéndez in unmittelbarer Nachbarschaft mit der Alerce (*Fitzroya cupressoides*). Hier handelt es sich aufgrund der zunehmenden Bewölkung um eine Feuchte- und Lichtmangelgrenze (siehe Kapitel 6.6.2).

5.2.2 Orographisch-geologische und petrographische Grundlagen

5.2.2.1 Geologie und Ausgangsgesteine im Verbreitungsgebiet von *Austrocedrus*

Die tektonischen und geomorphologischen Verhältnisse Chiles werden im wesentlichen von Bruchformen mit großen vertikalen Verwerfungen bestimmt. Augenfälligstes Beispiel hierfür ist der zum Ende des Pliozäns erfolgte Einbruch der Längssenke (siehe ZEIL 1964, S. 135; WEISCHET 1970, S. 161) mit Verschiebungen bis zu 2000 m, wodurch die typische Gliederung in das Küstenbergland (geologischer Horst), die Längssenke (Grabenbruch) und die Hochcordillere (geologischer Horst) verursacht worden ist. Letzterer sitzen die tertiären und quartären Vulkankegel auf als Folgeerscheinungen der Subduktion der pazifischen Platte unter den südamerikanischen Kontinentalsockel

(siehe Abb. 22). Offenkundig ist die Ähnlichkeit mit den Gesteinen und dem Bau des kalifornischen Küstenberglandes und der Sierra-Kaskaden-Achse (vgl. hierzu Kapitel 5.1.2).

Seit der mittleren Kreidezeit bis ins Oligozän intrudierten vor allem saure und intermediäre, weniger basische Plutonite des Andenbatholithen in das nur schwach gefaltete Deckgebirge. An den Kontaktzonen zwischen den granitoiden Intrusionen und dem Nebengestein hatten sich Erzlagerstätten, vor allem Kupfer, gebildet (vgl. WEISCHET 1970, S. 153-155).

Arbeiten zur Tektonik Mittelchiles gibt es von AGUIRRE (1960), der die Andenkordillere zwischen 32°45' und 33°36' S untersuchte sowie von KLOHN-GIEHM (1960), der selbige zwischen 33°15' und 35°23' S kartierte (in: ZEIL 1964, S. 134-135). Aus beiden Arbeiten geht hervor, dass alle Formationen, die der andinen Faltung unterlagen, ein offensichtliches N-S-Generalstreichen zeigen. Bis einschließlich Unterkreide sind alle Serien stark gefaltet. Vornehmlich im Zeitraum zwischen der Mittel- und der Oberkreide sind die heftigsten Auffaltungen anzusetzen. Im Pliozän und im Pleistozän erzeugten Hebungen bis zu 2000 m (nördlich von Santiago) mächtige Brüche. Der Einbruch der Längssenke führte ebenfalls zu N-S-streichenden, parallelen Störungen in der Cordillera de los Andes (ZEIL 1964, S. 135). Richtung Osten im chilenisch-argentinischen Grenzgebiet überwiegt, verursacht durch sehr lebhaftes Orogenese, eine sehr komplexe Bruchtektonik (siehe ZEIL 1979, S. 52). Die folgenden geologischen Karten und Profile (Abb. 22) zeigen Tektonik und Schichtenfolge der Hochkordillere in der chilenischen Zentralzone.

Ein Ausschnitt über die geologischen Verhältnisse der südlichen chilenisch-argentinischen Anden in Höhe des Lago Nahuel Huapi im argentinischen Verbreitungsgebiet der Ciprés ist in GRAF (1986) abgebildet. Das Nahuel Huapi-Massiv wird im Westen größtenteils von der kristallinen Zentralzone der patagonischen Kordillere aufgebaut, im Osten dagegen von ausgedehnten granitischen und granodioritischen Intrusionen gebildet (GERTH 1955, S. 17). So fällt die Ostabdachung der patagonischen Kordillere in die Zone präkambrischer und paläozoischer metamorpher Gesteine aus überwiegend kristallinen Schiefern und Falkschiefern (GERTH 1932, S. 74). Der Lago Nahuel Huapi ist ebenso wie die nördlicher gelegenen, von Westen nach Osten verlaufenden Andenseen (Lago Traful, Lago Falkner, Lago Hernos) von glazialer Entstehung und Überformung. Als Zeugen jener Zeit existieren im Osten vieler Andenseen fluvioglaziale Schotterflächen, Moränenwälle und Flussterrassen pleistozänen Ursprungs (ERIKSEN 1970, S. 19-20).

5.2.2.2 Chilenische Zentralzone (N): *Austrocedrus* auf vor allem granitoiden Gesteinen

Während die Andenkordillere nur gelegentlich von kleinen plutonischen Intrusionen durchdrungen wird, bestimmen neben präkambrischen und paläozoischen Gesteinen mesozoische Tiefengesteine zwischen 33° und 38° S über weite Teile den Bau der Küstenkordillere (anders als im kalifornischen Küstenbergland). Der allerdings auch im Untergrund der Hochkordillere weit ausgedehnte Andenbatholith, auch Andenpluton

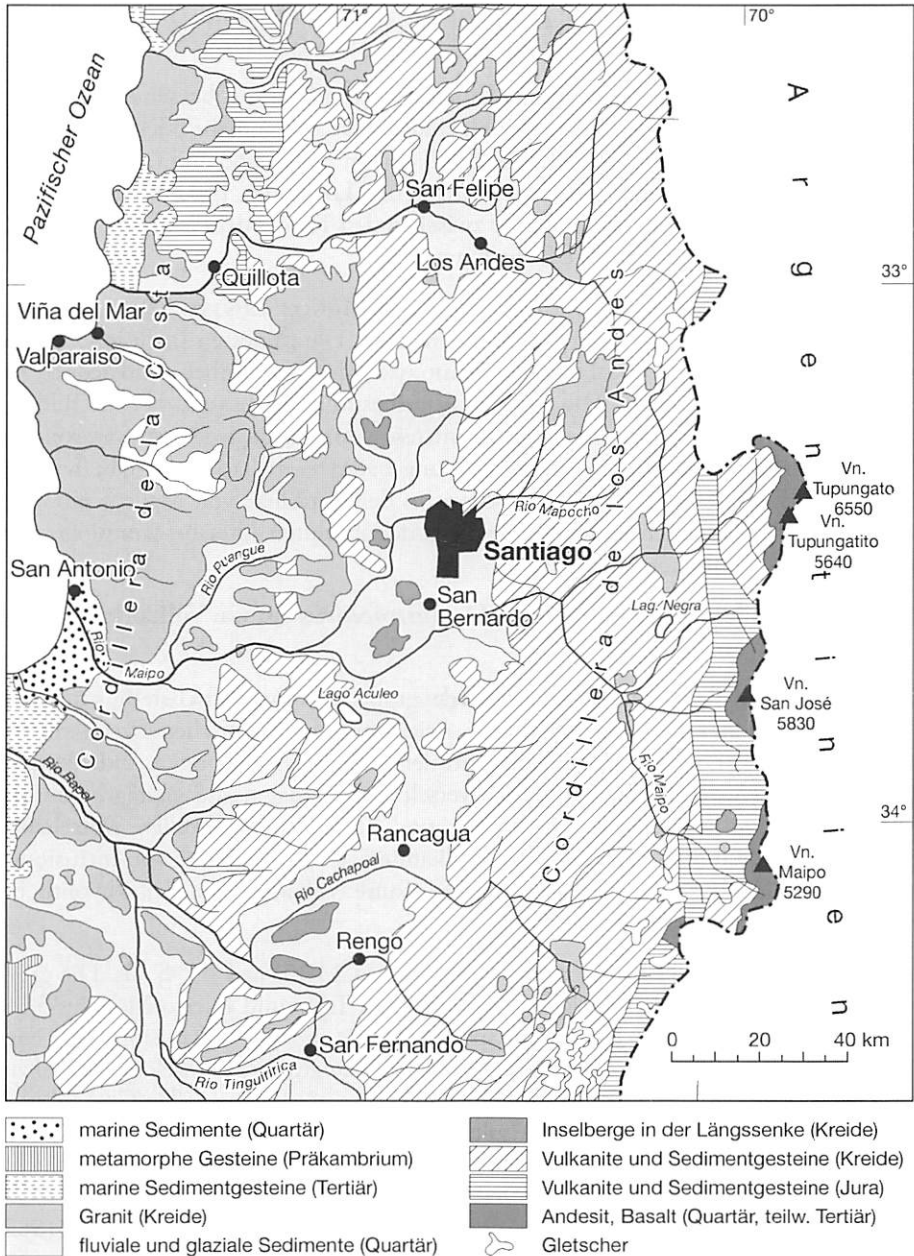


Abb. 22 Geologische Karte der zentral-chilenischen Provinzen Aconcagua, Valparaíso, Santiago, O'Higgins und Colchagua (umgezeichnet nach: Sociedad Chilena de Historia y Geografía 1991)

oder Andengranit genannt, enthält nach COBBING & PITCHER (1972) und AGUIRRE (1974) nur zwischen 0,6 und 4 % Granit (in: ZEIL 1979, S. 38, 50). Vielmehr besteht der größte Teil aus Granodioriten, Tonaliten und Adamelliten. Hinzu kommen ihre

sauren und basischen Abkömmlinge wie Aplite, aplitische Granite, Gabbros, porphyrische Diorite, Amphibolite, Kersantite und Spessartite (ZEIL 1964, S. 81).

Der Batholith durchzieht den gesamten Untergrund von Chile, wobei seine Obergrenze nicht als Ebene zu verstehen ist. In der Hochkordillere treten mehr oder weniger ausgedehnte Massive hervor, beispielsweise nördlich von San Felipe und östlich von Los Andes sowie in der Kordillere zwischen Santiago und Los Andes. 100 km weiter südlich sind in der Kordillere von San Fernando zwischen den Termas del Flaco und Sierras de Bellavista mehrere kleine Plutone freigewittert.

Das Alter des Zentralgranits Mittelchiles schätzt MUÑOZ CHRISTI (1962, in: ZEIL 1964, S. 86) auf circa 115 bis 145 Millionen Jahre. Die frühesten Intrusionen fallen also in die Mittelkreide; die Hauptentstehungszeit des Batholithen wird jedoch für die Oberkreide veranschlagt. Die absolute Altersbestimmung besagt, dass die Bildung des Andenbatholithen nicht als einmalige Intrusion vonstatten gegangen war, sondern mehrere solcher Prozesse zu seiner Entstehung beigetragen haben. So gibt KLOHN-GIEHM (in: ZEIL 1964) für den Granodiorit in der Kordillere von Malleco ein Alter von 80 bis 100 Millionen Jahre an. Die Skala der absoluten Altersbestimmung reicht von 50 bis 140 Millionen Jahren.

5.2.2.3 Chilenische Zentralzone (S): *Austrocedrus* auf v.a. Vulkaniten und Laven

Das chilenische Vulkangebiet ist Bestandteil des großen zirkumpazifischen Vulkangürtels („Ring of Fire“), der die Küsten Amerikas, Asiens und den pazifischen Ozean mit seinen Inseln umfasst. Dementsprechend wird der Aufbau des mächtigen Andenkörpers hauptsächlich von einer bunten Palette verschiedener Magmatite geprägt, während Sedimentgesteine nur gelegentlich beteiligt sind. In der Hochkordillere Mittelchiles dominieren andesitische und basaltische Vulkanite, welche sporadisch von Intrusionen granitoider Tiefengesteine perforiert werden. Saure Vulkanite wie der Rhyolith bei Sierras de Bellavista sind seltener.

Die südchilenische Vulkankette dehnt sich zwischen 33°15' und 45° S aus. Die größte Anhäufung vulkanischer Tätigkeit liegt zwischen Talca und Puerto Montt (35°30' bis 41°30' S). Offensichtlich zeigt der spättertiäre bis rezente Vulkanismus eine enge Kopplung an den Einbruch der Längssenke („Valle Longitudinal“), welche parallel zur andinen Vulkankette verläuft. Im Anschluss an den spättertiären großen Grabenbruch folgte die liquide Förderphase im Altpleistozän. Seit dem Jungpleistozän bis in die Neuzeit hinein haben sich die Stratovulkane gebildet. In der jüngsten erdgeschichtlichen Vergangenheit ereigneten sich lediglich Locker- und Aschenausbrüche (ILLIES 1960). Der Höhepunkt des südchilenischen Vulkanismus fällt nach CASERTANO (1962) und STONE (1934) zwischen das Miozän und das Pliozän.

Die Vulkanite der zentral- und südchilenischen Cordillera de los Andes lassen sich in zwei Serien unterteilen: die mesozoische Porphyritformation, welche gemeinsam mit wenigen Intrusionen des Andenplutons den Unterbau des Gebirges bildet, sowie die spättertiären und subrezent bis rezenten Ablagerungen andesitischen und basaltischen Charakters (WEISCHET 1970, S. 153).

Die Porphyritformation reicht vom mittleren Jura bis in die untere Kreide und besteht überwiegend aus intermediären bis basischen Effusivgesteinen, welche teilweise unter (sub-) marinen Bedingungen abgelagert wurden (vgl. MUÑOZ CHRISTI 1972; in: ROVIRA 1984, S. 31). In der mittelchilenischen Hochkordillere zwischen San Felipe und Curicó stehen vor allem kretazische Vulkanite, seltener auch sedimentäre Silt- und Sandsteine an. Die jurassischen Sedimente streichen im chilenisch-argentinischen Grenzgebiet aus. Terrestrische und marine Sedimente, wie zum Beispiel der sehr feine Siltstein in der Cordillera Rubiana südlich von Sierras de Bellavista, treten als dünne Zwischenlagen volumenmäßig erheblich hinter den mehrere Kilometer mächtigen Vulkaniten zurück.

Der tertiäre und quartäre Vulkanismus überlagert in mehr oder weniger großer Mächtigkeit das mesozoische Deckgebirge und, etwas südlich des 38. Breitengrades, plutonische Gesteine des Andenbatholithen, welcher dort den Unterbau der Cordillera de los Andes bildet. Wiederum herrschen andesitische und basaltische Vulkanite vor. Die rotvioletten Lavaströme, die mit noch jungen Aschen ummantelten Krater sowie mächtige, meist saure Tuffablagerungen und faust- bis kopfgroße Bimssteine (Laguna Invernada) verleihen der vulkanischen Landschaft ein lebhaftes Gepräge.

5.2.3 Böden

5.2.3.1 Allgemeines

Den komplexen geologischen Verhältnissen und Ausgangsgesteinen entsprechend sind Art und Beschaffenheit der Bodenbildungen vielgestaltig (vgl. auch ROBERTS & DÍAZ 1959, S. 7-36), wenn auch – wie bereits bei den Böden unter Beständen von *Calocedrus decurrens* erörtert (vgl. Kapitel 5.1.3) – alle Böden bezüglich der Wasserleitfähigkeit, ihrem Retentionsvermögen, dem pH-Wert und der Bodenart (siehe Tab. 27) verblüffende Ähnlichkeiten aufweisen. Bestände der Ciprés de la Cordillera stocken auf Syrosemen und Gebirgsrankern sowie auf jungen vulkanischen Aschen, welche im Falle der Ciprés-Standorte reich an vulkanischen Gläsern (über 60 Vol.%) und noch ohne oder recht arm an Allophan sind.

Gebirgsranker, Syroseme und braune Waldböden, in der chilenischen Nomenklatur als „suelos pardos forestales“ bezeichnet (siehe auch Tab. 28), haben sich vor allem über mesozoischen Sedimenten und Vulkaniten gebildet. Auch auf freigewitterten sauren Plutoniten gedeihen Bestände der Ciprés. Südlich des 35. Breitengrades stocken die *Austrocedrus*-Wälder vermehrt auf vulkanischen Aschen, welche in unterschiedlicher Mächtigkeit mesozoischen oder tertiären Vulkaniten und Sedimenten aufliegen. Nach DONOSO (1994b) und SEIBERT (1979, S. 4) wächst die Ciprés de la Cordillera auch auf tiefgründigen Aschen. Doch da der Baum in den meisten Fällen Hanglagen besiedelt, wo die Aschen nur schwerlich liegen bleiben, ist deren Mächtigkeit über dem anstehenden Gestein meistens nicht sehr groß, sodass das Wurzelwerk oft noch in den anstehenden Fels hineinreicht.

Die Böden über magmatischen Festgesteinen haben sich überwiegend aus kretazischen Vulkaniten der Porphyrit-Formation und aus ebenfalls in der Kreidezeit intrudierten Graniten und Granodioriten des Andenbatholithen entwickelt. Sie sind typisch für die

Hochkordillere im mittleren Zentralchile. Die vulkanischen Aschen wurden im Tertiär, teilweise auch im Quartär gefördert. Hier haben sich die Böden über einem lockeren Ausgangsgestein entwickelt. Diese regosolischen Böden häufen sich im südlichen Zentralchile.

Tab. 27 Korngrößenmaxima der Kornfraktionen in Böden von *Austrocedrus*-Beständen auf granitoiden und vulkanischen Muttergesteinen sowie gebrannten Böden [n = 44, ^{1,2} zweites Maximum innerhalb der Korngrößensummenkurve]

Kornfraktion	Granite	Vulkanite	gebrannt
gS (Grobsand)	II	IIII I	
mS (Mittelsand)	II	IIII I	
fS (Feinsand)	IIII	IIII IIII II	
gU (Grobschluff)		III	II
mU (Mittelschluff)		II	IIII
fU (Feinschluff)		I	
T (Ton)		IIII III ¹⁾	IIII I ²⁾

Tab. 28 Farben der Böden von *Austrocedrus*-Beständen auf granitoiden und vulkanischen Ausgangsgesteinen sowie gebrannten Böden [n = 43, ¹⁾Oberboden, ²⁾Unterboden]

	Farbe	Granite	Vulkanite	gebrannt
2,5 Y 2/1	black			II ¹⁾
2,5 Y 3/1	brownish black			I ¹⁾
2,5 Y 3/2	brownish black		I	
5 YR 4/8	reddish brown		I	
7,5 YR 2/1	black		I	
7,5 YR 2/3	very dark brown	I		
7,5 YR 3/3	dark brown	I		
7,5 YR 3/4	dark brown		I	
7,5 YR 4/6	brown		III	
7,5 YR 5/6	strong brown	I		
10 YR 1,7/1	black		I	
10 YR 2/1	black	I	II	
10 YR 2/2	very dark brown		III	
10 YR 3/1	very dark gray		II	
10 YR 3/2	very dark grayish brown		IIII I	
10 YR 3/3	dark brown		II	
10 YR 3/4	dark yellowish brown	I	IIII	
10 YR 4/4	dark yellowish brown	I		
10 YR 4/6	brown		I	III ²⁾
10 YR 5/8	yellowish brown	I	I	
10 YR 6/8	bright yellowish brown	I		

5.2.3.2 Böden auf granitoiden Gesteinen

Ciprés-Wälder auf sauren Plutoniten, über denen das mesozoische Deckgebirge abgetragen wurde, findet man beispielsweise am Cerro Tabaco, in der Cordillera de Nahuelbuta und am Lago Meliquina (Argentinien). Am Cerro Tabaco handelt es sich um festen, mikrokristallinen Granit (vgl. SCHLEGEL 1962, S. 44), welcher im auslaufenden Mesozoikum oder zu Beginn des Tertiärs intrudierte (vgl. auch MUÑOZ CHRISTI 1972; in: ROVIRA 1984, S. 31). In der Cordillera de Nahuelbuta wurzelt *Austrocedrus chilensis* auf kretazischem, stark vergrustem Granodiorit. Ebenfalls tiefgründig verwitterter Granitgrus ist entlang der Straße am Lago Meliquina aufgeschlossen. Es handelt sich um sehr durchlässige Böden mit einem sauren bis schwach sauren pH-Wert zwischen 5,5 und 6,0 (siehe Tab. 29; zu den physikalischen Eigenschaften von Böden über granitoiden Gesteinen siehe Kapitel 5.1.3.2).

Vorherrschende Bodentypen sind Gebirgsranker, in der hochmontanen Stufe stellenweise auch Syroranker (A-Horizont < 5 cm) wie z. B. am Cerro Tabaco und an der Laguna Invernada (östlich von Central los Cipreses). In der sub- und mittmontanen Stufe kann die Bodenbildung soweit fortschreiten, dass ein schwacher Verwitterungshorizont (B/C-Horizont) zu diagnostizieren ist (zu den Bodenanalysen siehe Anhang 9, Bodenprobe Nr. 92-93, 104a+b, 105, 110a+b, 112; zu den Korngrößensummenkurven Anhang 4, Nr. 92-93, 104a+b, 105, 110a+b, 112).

Auf stark geneigten Hängen schreitet die Bodenbildung nicht über das Initialstadium hinaus. Häufig steht der nackte Fels an, in dessen Spalten und Rissen sich die Ciprés verwurzelt hat. Dort erreicht der A-Horizont teilweise höchstens 2 cm oder ist stellenweise nur lückig vorhanden, sodass der Boden als Syrosem angesprochen werden muss mit einem A_1 - (Nano A- oder (A)*-) Horizont als diagnostischem Horizont der Rohböden. Der C-Horizont ist höchstens in den ersten 10 bis 30 cm etwas bröckelig, oft liegt der A-Horizont direkt dem kompakten Felsen auf. Gut entwickelte Ranker können bei fortschreitender Humusanreicherung und Gesteinsverwitterung einen relativ mächtigen, mehr als 10 cm tiefen A-Horizont mit teils dünner, teils dicker Humusaufgabe ausbilden. Die Horizontabfolge der Syroseme unter dem Ciprés-Wald ist mit A_1 - qmC zu beschreiben, die der Gebirgsranker und Syroranker mit A_h - qmC. Tests mit verdünnter Salzsäure zeigen in allen Fällen carbonatfreie Gesteine an. Auf den süd- und südwest-exponierten Hängen, hauptsächlich unter den Mischwäldern von *Austrocedrus chilensis* mit *Nothofagus spp.*, ist der A-Horizont generell etwas mächtiger. Die aufliegende Nadel- und Hartlaubstreu tendiert schon zum mullförmigen Humustyp (vgl. hierzu auch LE QUESNE 1988).

Tab. 29 Die unterschiedliche Verteilung der pH-Werte von Böden auf granitoiden Muttergesteinen unter *Austrocedrus*-Beständen [n = 8]

pH-Wert	Luvlagen der zentral-chilenischen Anden	Leelagen der westargentinischen Anden	Summe
< 4,51	I		I
4,51 - 5,00		I	I
5,01 - 5,50	I		I
5,51 - 6,00		III	III
6,01 - 6,50		I	I
6,51 - 7,00		I	I
> 7,00			
Mittelwert	4,6	5,88	5,56

5.2.3.3 Böden auf Vulkaniten und vulkanischen Aschen

Besonders in der südlichen Hälfte des chilenischen Winterregengebietes spielen Basalte, Laven und saure vulkanische Aschen (siehe Tab. 30) als Ausgangsmaterial für die Bodenbildung eine wichtige Rolle, so in Central los Cipreses nahe der Laguna Invernada, an der Laguna del Laja am Fuße des tiefschwarzen Vulkankegels Antuco, dem Hausberg von Abanico, und nicht zuletzt im nordwestlichen Argentinien in den Provinzen Río Negro, Neuquén und Chubut (zu den Bodenanalysen siehe Anhang 9, Bodenprobe Nr. 86-91b, 94-100, 106-109b, 113a-116; zu den Korngrößensummenkurven Anhang 4, Nr. 86-91b, 94-100, 106-109b, 113a-116).

Das Ausgangsmaterial für die Bodenbildung sind „nichtverfestigte vulkanische Aschen mit hohem Glasgehalt“ (BESOAIN 1969, S. 26). Vulkanische Aschen gelten als „starkes Ausgangsmaterial“ (BESOAIN 1969, S. 58), d.h. das regionale Klima lichtet sich nur schwach in den Böden ab. Die Andosole (japanisch: an = dunkel, do = Boden) sind dementsprechend intrazonale Böden. Intensiv verwitterte Aschenböden zeichnen sich durch einen dunklen A-Horizont aus und sind reich an Ton. Charakteristikum des Andosols ist Allophan in der Tonfraktion. SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1992, S. 34) definieren Allophane als

„wasserreiche, sekundäre Aluminiumsilikate mit einem Si/Al-Molverhältnis von 0,5-1, die vor allem bei der Verwitterung vulkanischer Gläser entstehen. Sie bestehen aus winzigen Hohlkugeln mit 3,5-5 nm Durchmesser. Die Wände der Hohlkugeln bestehen aus einer Al-O-OH-Oktäederschicht, deren Innen- und Außenseiten über Si-O-OH-Tetraeder und O-Brücken miteinander verbunden sind.“

Tab. 30 Die unterschiedliche Verteilung der pH-Werte von Böden auf vulkanischen Gesteinen und Aschen / Tuffen unter *Austrocedrus*-Beständen [n = 23]

pH-Wert	Luvlagen der zentralchilenischen Anden	Leelagen der westargentinischen Anden	Summe
< 4,51	I		I
4,51 - 5,00	II		II
5,01 - 5,50	IIII I	II	IIII III
5,51 - 6,00	III	III	IIII II
6,01 - 6,50	II	III	IIII
6,51 - 7,00			
> 7,00			
Mittelwert	5,39	5,8	5,55

Die vulkanischen Aschenböden Südchiles werden ausführlich von BESOAIN (1969) beschrieben. Über Merkmale und Entstehung vulkanischer Aschen berichtet weiterhin GREZ (1977) und über ihre Mineralogie und den Chemismus BESOAIN & SEPULVEDA (1983). Die physikalischen Eigenschaften der Aschen unter dem Ciprés- und Ciprés-Coihue-Mischwald in Argentinien nördlich und südlich des Lago Nahuel Huapi untersucht ESKUCHE (1973).

Was die Aschenböden für die Ciprés so geeignet macht, sind insbesondere ihr großes Wasserspeichervermögen und ihr hohes Poren- und folglich Luftvolumen (vgl. ESKUCHE 1973, S. 80). Durch die Schneeschmelze sinkt die Bodenluft ins Minimum, ohne jedoch wie bei Böden anderer Korngrößen ganz luftleer zu werden, wodurch Staunässe vermieden wird. Das Tauwasser durchtränkt intensiv den Boden, lockert ihn auf und verbessert dadurch erheblich die Wasserverfügbarkeit (ESKUCHE 1973, S. 80; SEIBERT 1979, S. 4). Die ökologische Rolle des Schnees in Zusammenhang mit den Aschenböden und seine Bedeutsamkeit für den Wasserhaushalt der Ciprés ist also unbestritten (siehe hierzu ELLIES 1975). Erstens dient er als Wasserreservoir bis in das späte Frühjahr bzw. den Frühsommer hinein. Zweitens – bedenkt man das hohe Luftvolumen zum Sommerende/Winteranfang der Aschenböden – kann die langanhaltende Schneedecke die Bodenluft langsam durch Wasser ersetzen.

Vulkanische Aschenböden zeichnen sich durch hohe Porosität aus. Makro- und Mikroporen ergeben eine Porosität von 75 % (BESOAIN 1969, S. 51). Daher rührt eine entsprechend hohe Durchlässigkeit des Bodens, welche bei jungen Böden der des Sandes gleicht. Die groben Körner der Sandfraktion haben unregelmäßige Umriss, eine runzelige Oberfläche, sind blasenförmig, undurchsichtig und von schwarzer, grauer oder roter Farbe (ESKUCHE 1973, S. 79). Die Wassersorptionsfähigkeit ist immens: das Wasserspeichervermögen beträgt 100 bis 160 % des Bodengewichtes. Bei chilenischen Andosolen hat man eine maximale Wasserkapazität von 260 % festgestellt (BESOAIN 1969, S. 27, 51). Hinsichtlich der aufgeführten physikalischen Eigenschaften wird offensichtlich, dass Aschenböden Coniferenstandorte schlechthin sind, bedingt durch ihre primäre Basenarmut, den sauren pH-Wert und ihre hohe Durchlässigkeit (vgl. GOLTE 1978a, S. 97-98).

Bei den Standorten von *Austrocedrus chilensis* handelt es sich weniger um die mächtigen, tiefgründig verwitterten Andosole, als vielmehr um „Syrosem-Ranker“ und „Ranker-Andosole“ (streng bodenkundlich ein Regosol) im Sinne von BESOAIN (1969). Sie werden auch als „junge vulkanische Aschenböden“ (WRIGHT 1967) und „regosolische amorphe Böden“ (TAYLOR 1965) bezeichnet.

Für einen echten Andosol wird Allophan in der Tonfraktion vorausgesetzt, was für den Syrosem-Andosol sicher nicht zutrifft. Es wird sich im folgenden an der Systematik von BESOAIN (1969) orientiert, der alle Böden über vulkanischen Aschen als Andosole bezeichnet (vgl. auch GREZ 1977). Die Syrosem-Andosole oder vitrischen Andosole bestehen aus jungen, meist grobkörnigen vulkanischen Aschen. Der A_h -Horizont ist nur angedeutet oder fehlt ganz. Die Tonfraktion beinhaltet nur primäre Minerale wie vulkanische Gläser und Feldspäte. Der Ranker-Andosol oder Humus-Andosol zeichnet sich durch einen deutlichen A_h -Horizont aus. Die Tonfraktion enthält schon etwas Allophan (GREZ 1977, S. 153). In den höheren Lagen über 1000 m ist unter dem Ciprés-Wald immer ein circa 1 bis 3 cm mächtiger O-Horizont zu finden. Der Braune Andosol (Trumao) mit seinem voll entwickelten Verwitterungshorizont entwickelt sich unter *Austrocedrus*-Beständen dagegen seltener (siehe Tab. 31).

Tab. 31 Bezeichnungen, Horizontabfolge, Profilm Merkmale und Hauptkomponenten der Tonfraktion der ersten drei Haupttypen der Andosol-Gruppe, aufgelistet nach steigendem Entwicklungsstand (GREZ 1977)

Bodentyp	Bodenhorizonte	Merkmale des Bodenprofils	Hauptkomponenten der Tonfraktion
Syrosem-Andosol (vitrischer Andosol)	$(A_h) C_v$	geschichtetes, junges, lockeres, grobkörniges, humusarmes vulkanisches Material	Primärminerale (vulkanisches Glas, Feldspat u.a.)
Ranker-Andosol (Humus-Andosol)	$(O) A_h C_v$	wie Syrosem-Andosol, jedoch mit deutlicher Humusakkumulation; in höheren Lagen gelegentlich mit organischer Auflage	Primärminerale und etwas Allophan
Brauner Andosol (Trumao)	$A_h B_v C_v$	feinkörnige, relativ junge Aschen im mittleren Entwicklungsstadium; mittlerer Tongehalt	überwiegend Allophan und etwas Gibbsit

Ciprés-Wälder auf recht tiefgründigen Aschen findet man in der Umgebung von El Bolsón (SEIBERT 1979, S. 4). Die Aschenprofile bestehen häufig aus mehreren übereinander gelagerten Schichtpaketen, welche jeweils an der ehemaligen Oberfläche zumindest Ansätze einer Bodenbildung zeigen. Je größer die zeitlichen Abstände zwischen den einzelnen Ausbrüchen waren, umso stärker konnte die Verwitterung eingreifen. ESKUCHE (1973, S. 80) konstatiert zwar unter seiner Gavileo-Austrocedretum-Gesellschaft diverse mächtige Aschenschichten, stellt jedoch nur geringe Anzeichen für eine Bodenentwicklung fest.

Die große spezifische Oberfläche der lockeren und pulvrigen Aschen bewirkt eine zügige Verwitterung der primären Minerale, abgesehen von der starken Verwitterungsanfälligkeit und der chemischen Labilität des Glases. So dauert die Bodenentwicklung

von einem Syrosem mit (A)-C-Profil bis zu einem „rankerähnlichen“ A-C-Profil nur wenige Jahre (BESOAIN 1969, S. 27).

Bei den analysierten Aschenböden von Central los Cipreses (35°45' S) in der Kordillere von Talca und von der Laguna del Laja (37°30' S) in der Kordillere von Los Ángeles handelt es sich um „Ranker“-Andosole (Humus-Andosole) mit Tendenzen zum Syrosem-Andosol oder zum Trumao. Bei allen Bodenproben liegt das Korngrößenmaximum in der Sandfraktion, was besagt, dass es sich hier ausnahmslos um junge vulkanische Aschen handelt (siehe Anhang 9, Bodenprobe Nr. 94-100; zu den Korngrößensummenkurven siehe Anhang 4, Nr. 94-100).

Die Tonfraktion ist erwartungsgemäß niedrig, da durch die relativ steile Hanglage und durch die klimatischen Verhältnisse die Bodenbildung erschwert wird. Allophan kann sich lediglich im Frühjahr bilden, wenn der Boden noch feucht ist und die Temperaturen bereits ansteigen. Zur tiefgründigen Verwitterung und Auswaschung der Böden kommt es nur im südlichen Zentralchile, wo bei episodischer Sommer trockenheit und ansteigenden Niederschlagssummen eine längere Überlagerung schon höherer Temperaturen und noch ausreichender Bodenfeuchte gewährleistet ist (vgl. GREZ 1977, S. 30).

Die Sandfraktion enthält ausschließlich die primären Minerale, vor allem Feldspäte und Quarz sowie Pyroxene, Amphibole, Magnetit und einen mehr oder weniger großen Glasanteil. Je höher letzterer ist, umso jünger sind die Böden (vgl. BESOAIN & SEPULVEDA 1983, S. 37). In der Schlufffraktion findet man schon Sekundärminerale. Gibbsit und hydrierte Eisenoxide nehmen zu. Die Tonteilchen fügen sich oft zu größeren Aggregaten in Schluffgröße zusammen. In der Tonfraktion dominieren dann die Sekundärminerale, z. B. Allophan in jungen Böden und kaolinitische Minerale, v.a. Halloysit, in älteren Böden (vgl. auch BESOAIN 1969, S. 57, 69).

5.2.4 Vegetation

5.2.4.1 W-E-Transekte durch das zentrale, nördliche und südliche Areal

Das Verbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis* durchquert bzw. grenzt – analog zu dem von *Calocedrus decurrens* – an fünf floristische bzw. pflanzengeographische Einheiten (vgl. hierzu Abb. 19). Der Verbreitungsschwerpunkt in Chile liegt an der Obergrenze der chilenischen Hartlaubvegetation und an der Nord- und Obergrenze der sommergrünen Laubwälder aus *Nothofagus obliqua*. Dort, wo sich diese beiden Vegetationseinheiten treffen, schiebt sich der Waldgürtel mit *Austrocedrus chilensis* dazwischen. Ein zweiter Verbreitungsschwerpunkt in Form eines dichten, geschlossenen Waldes entlang der argentinischen Ostabdachung erstreckt sich südlich des 38. Breitengrades, wo *Austrocedrus* in der unteren bis mittleren montanen Stufe einen eigenen in meridionaler Richtung verlaufenden Gürtel innerhalb der transmontanen Wälder bildet. Im westlichen zentralchilenischen Küstenbergland trifft man sie nur punktuell an. An ihrem östlichen Arealrand grenzt *Austrocedrus* an die argentinische Steppe mit u.a. *Mulinum spinosum*. An ihrer nördlichen Verbreitungsgrenze gedeihen wenige Vorkommen der Ciprés am Cerro Tabaco nördlich von San Felipe oberhalb der Übergangszone der Halbwüsten- und Hartlaubvegetation nahe der polwärtigen Begrenzung der „zona central“. Das südlichste bisher bekannte Vorkommen der Ciprés

grenzt an den valdivianischen Regenwald bzw. liegt innerhalb eines sehr kleinräumigen, durch Luv- und Leelagen hervorgerufenen Vegetationsmosaiks aus Steppenelementen, immergrüner Hartlaubvegetation, Elementen des Lorbeerwaldes und *Sphagnum*-Mooren mit den nördlichen Vorkommen von *Pilgerodendron uviferum*, der Conifere des nordpatagonischen und subantarktischen Regenwaldes.

Die drei jeweils von Westen nach Osten verlaufenden Vegetationsprofile durch das zentrale (Profil 4), südliche (Profil 5) und nördliche Verbreitungsgebiet (Profil 6) von *Austrocedrus chilensis* zeigen den Ökotoncharakter der Ciprés: gemäß der relativen Standortskonstanz gedeihen die polnächsten Vorkommen zwischen den Lorbeerwäldern und der Steppe Westpatagoniens; oberhalb der Wüsten- und Matorral-Landschaften der nördlichen chilenischen Zentralzone erreicht sie ihre äquatorwärtige Verbreitungsgrenze. Wie in den Kapiteln 6.4 (polwärtige Vorkommen) und 6.5 (äquatorwärtige Vorkommen) gezeigt wird, dominieren an den Arealrändern, ebenso wie im Hauptverbreitungsgebiet, sklerophylle Sträucher im Unterwuchs. Gleichzeitig begleiten sommergrüne Laubbäume den Nadelwald oder gedeihen in seiner unmittelbaren Nachbarschaft – ein anschaulicher Biotopwechsel von *Austrocedrus chilensis* auf einer Entfernung von 1400 Kilometer.

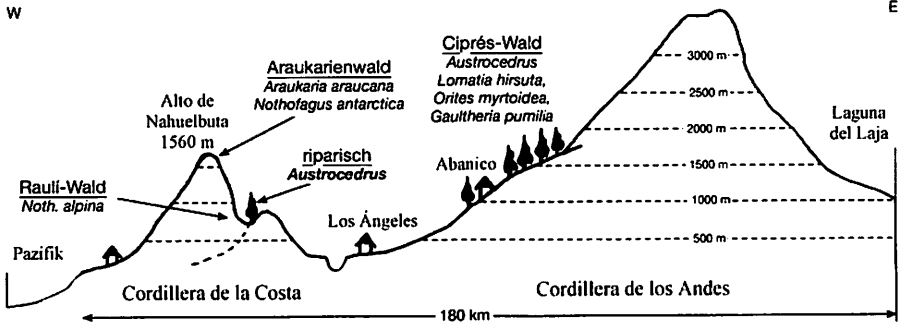
5.2.4.2 *Nothofagus* als Begleiter von *Austrocedrus*

Interessant ist, dass sich im chilenischen Hauptverbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis* die Verbreitungsgebiete des sommergrünen Roble Pellín (*Nothofagus obliqua*) und der immergrünen Coihue (*Nothofagus dombeyi*) in großen Teilen, auch in dreidimensionaler Sicht, überschneiden (siehe Abb. 19; vgl. auch GOLTE 1983, S. 11).

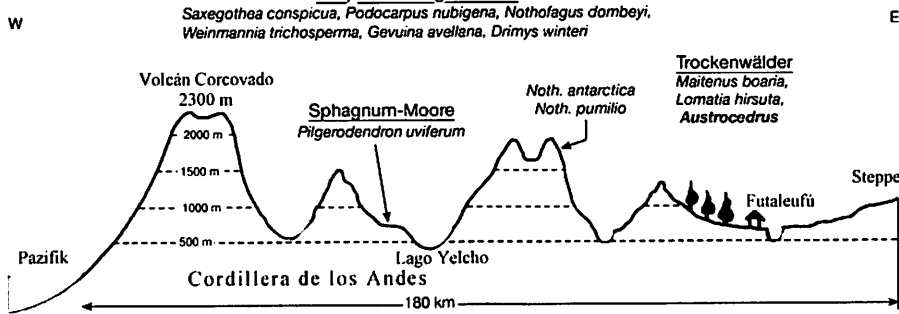
Tab. 32 Vergleich der Lebenszyklen von *Austrocedrus chilensis*, *Nothofagus obliqua* und *Nothofagus dombeyi* (Angaben zur Bestäubung und Samenreife von *Nothofagus obliqua* und *N. dombeyi* aus VELEN, DONOSO, KITZBERGER & REBERTUS 1996, S. 293-353)

<i>Austrocedrus chilensis</i>	<i>Nothofagus obliqua</i>	<i>Nothofagus dombeyi</i>
langlebig (über 600 Jahre)	recht langlebig (max. 450 J.)	langlebig (500-600 Jahre)
langsamwüchsig	?	?
immergrün: Verlängerung der Internodien vom Frühjahr bis zum Spätherbst	sommergrün: Laubentfaltung im September / Oktober, Laubfall im April / Mai	immergrün
langsamer, kontinuierlicher Stoffkreislauf („waste not - want not“)	schneller, diskontinuierlicher Stoffkreislauf („easy come - easy go“)	langsamer, kontinuierlicher Stoffkreislauf („waste not - want not“)
Bestäubung: Spätwinter (August-September)	Blüte und Bestäubung: zeitiges Frühjahr (September-Oktober)	Blüte und Bestäubung: zeitiges Frühjahr (September-Oktober)
lange Samenreife: 8-9 Monate (August-März / April)	Samenreife bzw. Samenfall: Mitte Februar bis April	Samenreife bzw. Samenfall: Januar bis Mai
Anabiose der Samen bis zur Keimung	Anabiose der Samen bis zur Keimung	Anabiose der Samen bis zur Keimung
Keimung im Frühjahr	Keimung im Frühjahr	Keimung im Frühjahr

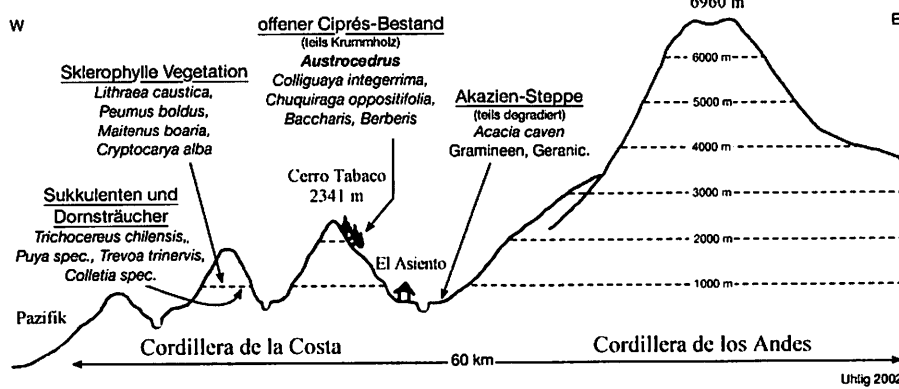
37°10' - 37°30' S



43°10' - 43°20' S



32°39' S



Uhlig 2002

- Profil 4 West-Ost-Transpekt durch das zentrale Verbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis* (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)
- Profil 5 West-Ost-Transpekt durch das polwärtige bzw. südliche Verbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis* (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)
- Profil 6 West-Ost-Transpekt durch das äquatorwärtige bzw. nördliche Verbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis* (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)

In ihrem nördlichen chilenischen Verbreitungsgebiet bei Sierras de Bellavista und in der Cordillera Rubiana bildet *Austrocedrus* Mischbestände mit *Nothofagus obliqua*. In der südlichen Zentralzone Chiles nahe der Laguna del Laja gedeiht *Austrocedrus* zusammen mit *Nothofagus dombeyi*. Bei genauer Beobachtung ist zu sehen, dass zwar alle drei Bäume nebeneinander am gleichen Standort wachsen können, „ihr jeweiliges Optimum jedoch unter deutlich divergierenden Standortbedingungen finden“ (GOLTE 1983, S. 13; bezüglich *Nothofagus obliqua* und *N. dombeyi*). Die Beobachtungen zur Ökologie der begleitenden Laubbaumarten von *Austrocedrus* (siehe Tab. 32; bzgl. *Calocedrus* siehe Kapitel 5.1.4.2) unterstreichen die Tatsache, dass beide Coniferen klimatische Übergangsräume mit einer bestimmten Interferenz thermischer und hygri-scher Jahreszeiten besiedeln. Diese ausgeprägten Jahresschwankungen bezüglich Niederschlag und Temperatur sind unerlässlich für eine erfolgreiche reproduktive und vegetative Entwicklung der Ciprés wie der Incense Cedar (Kapitel 8.1 und 8.4).

„Das Nebeneinander sommergrüner und immergrüner Arten, besonders das der verschiedenen Vertreter der Gattung *Nothofagus*, zeigt, daß – anders als etwa in Mitteleuropa – im Kleinen Süden Chiles in der Tat annähernd ein Gleichgewicht der klimatischen Wachstumsbedingungen für beide Lebensformen herrscht, das sich nur unter bestimmten Voraussetzungen des Substrates (bzw. des Bodens), der Höhenlage und der Exposition stärker zugunsten der einen oder der anderen Seite neigt“ (GOLTE 1983, S. 27).

5.2.4.3 Feuer im *Austrocedrus*-Wald

Es bleibt die Frage nach Ausmaß und Intensität von Feuer und sein Einfluss auf die Entwicklung des Ciprés-Waldes. Vorweg sei erwähnt, dass sich *Austrocedrus* weder auf Brand- noch auf Brachflächen erfolgreich gleich einer Pionierbaumart verjüngt (vgl. auch GOBBI & SANCHOLUZ 1992, S. 25-32). Außerdem spielt das Feuer in Mittelchile nicht die wichtige ökologische Rolle wie in Kalifornien und Südwest-Australien. Trotzdem kann man davon ausgehen, dass in erdgeschichtlicher Vergangenheit in größeren Abständen kräftige Feuer gewütet haben, bevor in Zentralchile die menschliche Besiedlung einsetzte (MAY 1992, S. 321). Auffallend ist im Ciprés-Wald das Vorkommen zahlreicher perenner Pflanzen in der Krautschicht, die aus unterirdischen Organen oder stark verholzten Stengeln wieder neu austreiben. Zu ersteren zählen die zahlreichen *Alstroemeria*-Arten (vgl. HOFFMANN 1978, S. 190-193) und die Orchideen, im Ciprés-Wald vor allem die Gattungen *Gavilea* und *Chloraea* (vgl. HOFFMANN 1978, S. 144-147; ESKUCHE 1973, S. 71). Zu den verholzten Kräutern gehören die unzähligen *Calceolaria*-Arten („Pantoffelblümchen“) und die Polygalacee *Monnina angustifolia*. Diesen Lebensformen schreibt MAY (1992, S. 321) mit Hinblick auf das Feuer eine „Platzhalter-Strategie“ zu. Auch *Austrocedrus chilensis* kann, wenn auch selten zu beobachten (Sierras de Bellavista), aus ihren horizontalen Wurzeln neu austreiben.

Auslöser für natürliche Waldbrände in Chile sind und waren vor allem Vulkanausbrüche, seltener Gewitter. Die Gewittertätigkeit ist über das ganze Jahr nur recht schwach ausgeprägt. Zur häufigeren Gewittertätigkeit vor allem in Südkalifornien beachte man erstens, dass die Entfernung der kalifornischen Sierra Nevada zur Pazifikküste größer ist als die der zentralchilenischen Anden zum Ozean. Zweitens besitzt Nordamerika die

größeren Landmassen. Diese heizen sich während der Sommermonate stärker auf als der schmale Keil des südlichen Südamerikas. So sind in Zusammenhang mit den kalten Auftriebswässern beider Küsten die Luftmassengegensätze an der nordamerikanischen Westseite wesentlich größer als in Südpatagonien.

Über die Regeneration der Ciprés de la Cordillera nach Bränden in Argentinien berichten GOBBI & SANCHOLUZ (1992). Über die anthropogenen Einflüsse auf die Feuerhistorie der *Austrocedrus*-Bestände Nordpatagoniens schreiben KITZBERGER & VEBLEN (1997, S. 508-520). Bei den untersuchten Wäldern nahe von San Carlos de Bariloche handelt es sich um Reinbestände der Ciprés, in denen die letzten Feuer höchstens 15 Jahre zurückliegen. Die Beobachtungen zeigen, dass sich *Austrocedrus chilensis* in kürzlich vom Feuer heimgesuchten Gebieten schlecht oder gar nicht regeneriert. Ebenfalls lassen sich kaum Samen in den verbrannten Böden finden (GOBBI & SANCHOLUZ 1992, S. 25). Neue Untersuchungen zu den pH-Werten kürzlich ausgebrannter Böden Bellavistas (siehe Anhang 9, Bodenprobe Nr. 101a+b, 102a+b, 103a+b) legen die Vermutung nahe, dass auch ein neutraler bis schwach basischer pH-Wert eine erfolgreiche Verjüngung unterbindet. Vermutlich spielen zudem die veränderten Licht- und Feuchtigkeitsverhältnisse in Zusammenhang mit dem veränderten Nährstoffgehalt eine nicht zu unterschätzende Rolle. In der obersten Bodenschicht, in die sich die lange, dünne Pfahlwurzel des Sämlings in die Tiefe arbeiten muss (siehe hierzu Photo 41), wirken sich die Schwankungen von Temperatur und Feuchte gerade auf nahezu vegetationslose Flächen am gravierendsten aus. Der Boden wird tagsüber in den oberen Zentimetern stark erhitzt und damit auch ausgetrocknet (vgl. KOZLOWSKI & AHLGREN 1971; in: GOBBI & SANCHOLUZ 1992, S. 25-26). Untersuchungen in *Nothofagus dombeji*-*Austrocedrus chilensis*-Mischwäldern zeigen, dass sich nach Bränden, welche die Wälder weitgehend zerstört haben, eine reichhaltige Regeneration beider Arten anschließt, die der Ciprés jedoch zeitlich verzögert (VEBLEN & LORENZ 1987; 1988; VEBLEN & MARKGRAF 1988; in: DONOSO 1994b, S. 424). So dominiert auf den Brandflächen in den ersten 20 bis 30 Jahren der Wiederbesiedlung generell die Coihue, während die Ciprés erst in den folgenden zwei bis drei Jahrzehnten hinzutritt. Nach diesem zweiten Stadium entwickelt sich allmählich eine geschlossene Baumschicht. *Nothofagus antarctica* besiedelt, gleich einer Pionierart, direkt nach dem Feuer die Brandflächen.

In der am meisten vom Feuer betroffenen Zone („quemado“) existieren nur noch wenige überlebende Bäume und ein großer Teil der abgestorbenen Exemplare ist umgestürzt. In den Randzonen („borde“) sind zwar deutliche Anzeichen und Schäden durch das Feuer zu sehen, die Mehrheit der Bäume ist jedoch nicht abgestorben (GOBBI & SANCHOLUZ 1992, S. 26). Nach Bränden entwickelt sich zuerst die Krautschicht, anschließend die Sträucher. Aussaatversuche beweisen, dass nunmehr auch die Ciprés in der Lage ist, sich zu verjüngen, vorzugsweise unter Strauchbedeckung und unter adulten Bäumen. Ohne eben jene Aussaat geschieht allerdings nichts (GOBBI & SANCHOLUZ 1992, S. 27-29). So bleibt noch die Frage offen, ob die Samen überhaupt in der Lage sind, Brände keimfähig zu überdauern. Hierbei geht man davon aus, dass sich zum Zeitpunkt des Feuers reife Zapfen am Baum befinden, was jedoch im Spätsommer und Herbst, der Jahreszeit mit den häufigsten Bränden, wahrscheinlich ist.

Beide Autoren kommen zu dem Schluss, dass die Abwesenheit der Samen, welche dem Feuer anscheinend nicht standhalten können, eine wichtige Variable zu sein scheint und weniger die veränderte Bodenbeschaffenheit (mit Ausnahme der Feuchtigkeit). So wird eine baldige Verjüngung nach dem Brand unterbunden. Allein die Windverbreitung (Anemochorie) der Samen (zum Schraubenfliegertyp siehe auch Abb. 3) erlaubt eine langsame Wiederbesiedlung auch großer Flächen.

6 Vergleich der pflanzengeographisch und ökologisch einander entsprechenden Teilareale beider Arten

„Die gefährlichste Weltanschauung ist die Weltanschauung der Leute, die die Welt nie angeschaut haben.“ A. v. HUMBOLDT (aus: Über die Freiheit des Menschen.)

6.1 Übersicht der Teilareale und Untersuchungsgebiete

6.1.1 *Calocedrus decurrens*

Tab. 33 Teilareale und ausgewählte Untersuchungsgebiete von *Calocedrus decurrens* nach den Kategorien des geographischen Formenwandels

Kürzel	Teilareale von <i>Calocedrus decurrens</i>	Ausgewählte Untersuchungsgebiete innerhalb der Teilareale
H	Westabdachung der kalifornischen Sierra Nevada; Transverse Ranges	Stanislaus National Forest: Murphys / Angels Creek, Calaveras Big Trees State Park, Hells Kitchen; Kings Canyon National Park: Cedar Grove; San Jacinto Mountains: Dark Canyon, Idyllwild County Park
Ü	Klamath Mountains, Trinity Alps und Siskiyou Mountains in N-Kalifornien und SE-Oregon	Rogue River National Forest: Union Creek; Klamath Mountains: Marble Mountain Wilderness, Russian Wilderness, Port Orford Cedar Botanical Area, Seiad Baker Cypress Botanical Area, Taylor Lake, Deacon Lee Ridge; Trinity Alps: East & Middle Boulder Lake Trail, Kangaroo Lake, Big Flat, Gray Pine Botanical Area; Castle Crags
P	S- und SE-Flanke des Mount Hood / Cascade Ranges in NE-Oregon	Mount Hood: Immigrant Spring / Old Barlow Road; Cascade Range: Camp Sherman / Road 1120
Ä	Sierra Juárez und Sierra San Pedro Mártir in Niederkalifornien (Mexiko)	Sierra Juárez: La Matanza, Río El Tule / Pino Colorado; Sierra San Pedro Mártir: La Tasajera, La Grulla, Alcatraz, Misión San Pedro Mártir, Bajío del Venado Blanco
W	Santa Lucia Mountains in den südlichen kalifornischen Coast Ranges	Big Sur River: South Fork Camp, Lower Bee Camp
E	Warner Mountains in NE-Kalifornien; Bergland östlich Bend im zentralen Oregon	Östliche Warner Mountains: Lake City / Lake City Canyon, Fort Bidwell / Mill Creek
K	Santa Lucia Mountains in den südlichen kalifornischen Coast Ranges	Arroyo Seco / Indian Road
S	nördliche Coast Ranges Kaliforniens; San Benito Mountains in S-Kalifornien	Bergland östlich Calistoga: Robert Louis Stevenson State Park

6.1.2 *Austrocedrus chilensis*

Tab. 34 Teilareale und ausgewählte Untersuchungsgebiete von *Austrocedrus chilensis* nach den Kategorien des geographischen Formenwandels

Kürzel	Teilareale von <i>Austrocedrus chilensis</i>	Ausgewählte Untersuchungsgebiete innerhalb der Teilareale
H	Westabdachung der zentralchilenischen Anden; westargentinisches Seengebiet / Fußstufe der Andenostabdachung	Kordillere von San Fernando: Sierras de Bellavista / Río Claro; Kordillere von Talca: Colorado, Central Los Cipreses; Kordillere von Los Ángeles: Parque Nacional Laguna del Laja; Parque Nacional Nahuel Huapi: Lago Nahuel Huapi / Bariloche, Valle Encantado / Confluencia, Lago Traful / Villa Traful, Lago Meliquina; El Bolsón
Ü	chilenisch-argentinische Anden zwischen dem Volcán Lanín und Río Aluminé	Volcán Lanín: Nordflanke / Paso Tromen; Río Aluminé: Estancia Rahué / Arroyo Rahué, Pampa de Lonco Luan; Parque Nacional Lanín: Lago Currué
P	Berge am Río Palena im Kleinen Süden Chiles	Río Palena: Palena, Carrenleufú, Corcovado; Río Futaleufú: Futaleufú, Los Cipreses
Ä	Cerro Tabaco in der nördlichen chilenischen Zentralzone	Südflanke: Quebrada del Asiento
W	Lago Menéndez in W-Argentinien	Östlicher Arm des Lago Menéndez / Río Arrayanes
E	westargentinisches Andenvorland zwischen Aluminé und dem Lago Palena	Valle Encantado: El Catedral; Río Desaguadero / Lago Terraplén
K	Cordillera de Nahuelbuta in der zentralchilenischen Cordillera de la Costa	Río Pleoiquén

6.1.3 Gemeinsamkeiten und Unterschiede beider Areale

Betrachtet man Verbreitung (Kapitel 3) und Standortfaktoren (Kapitel 5.1 und 5.2) von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis*, lassen sich neben überwiegend groß- und kleinräumigen Gemeinsamkeiten sowie einer erstaunlich ähnlichen Ausprägung der Ökofaktoren (siehe Photo 9 bis 31; bzgl. *Calocedrus* siehe Anhang 1, 2, 5, 6 u. 7; bzgl. *Austrocedrus* siehe Anhang 3, 4, 8, 9 u. 10) auch Unterschiede ihrer Verbreitungsmuster erkennen. Worin sind diese Gemeinsamkeiten und Unterschiede begründet? Verweisen die Unterschiede auf eine genetisch festgelegte, wenn auch geringe unterschiedliche ökologische Valenz beider Arten? Oder sind die leicht differierenden Arealformen – bei aller Ähnlichkeit der kalifornischen bzw. chilenischen Topographie und Lage innerhalb der atmosphärischen Zirkulation – auf verschiedene äußere abiotische Faktoren zurückzuführen? Die vergleichende Gegenüberstellung der pflanzengeographisch und ökologisch einander entsprechenden Teilareale (Kapitel 6.2 bis 6.8) soll diese Fragen beantworten. In Zusammenhang mit den für *Calocedrus* und *Austrocedrus* bereits erarbeiteten Ökofaktoren (Kapitel 5.1 und 5.2) und mit der floristischen Stellung beider Arten innerhalb der nord- bzw. südamerikanischen Waldflora (Tafel 1 bis 22; Profil 7

bis 33; Photo 32 bis 81) kann man interessante Schlussfolgerungen hinsichtlich ihrer Standortansprüche und des Konkurrenzproblems erwarten (Kapitel 7).

In Kapitel 6.2 werden die jeweiligen Hauptverbreitungsgebiete mit *Calocedrus decurrens* bzw. *Austrocedrus chilensis* innerhalb der zonalen Vegetation der montanen Winterregen-Subtropen verglichen. Die Besonderheiten der einzelnen Teilareale bzw. der Arealränder werden nachfolgend gegenübergestellt (Kapitel 6.3 bis 6.8). Die Arbeit wird zeigen, ob und wie sich mit der geographischen Breite (ab- bzw. zunehmende Niederschläge) und Länge (ab- bzw. zunehmende Kontinentalität) neben den bereits aufgezeigten Abweichungen des typischen subtropischen Winterregenklimas (siehe Kapitel 5.1.1.4 und 5.2.1.4) auch Höhenlage und Exposition der *Calocedrus*- bzw. *Austrocedrus*-Vorkommen verändern und bestimmte topographische Lagen oder Reliefformen besiedelt werden. Das Hauptaugenmerk wird schließlich auf die Vegetationszusammensetzung gerichtet. Innerhalb der Verbreitungsgebiete beider Zypressengewächse kommen ganz bestimmte Florenelemente vor, welche Indikatoren differenzierter klimatischer Verhältnisse innerhalb der zonalen Vegetation darstellen. Der Biotopwechsel beider Coniferen und ihre relative Standortskonstanz werden so eindrucksvoll veranschaulicht.

6.2 Die Hauptverbreitungsgebiete

6.2.1 *Calocedrus*: Sierra Nevada, Transverse Ranges

„The trees of all the species stand more or less apart in groves, or in small, irregular groups, enabling one to find a way nearly everywhere, along sunny colonnades and through openings that have a smooth, park-like surface, strewn with brown needles and burs. Now you cross a wild garden, now a meadow, now a ferny, willowly stream; and ever and anon you emerge from all the groves and flowers upon some granite pavement or high, bare ridge commanding superb views above the waving sea of evergreens far and near.“ J. MUIR (1894; aus: The mountains of California.)

Ein interessanter Unterschied zwischen den ansonsten auffallend ähnlichen Verbreitungsmustern von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* ergibt sich aus der Tatsache, dass sich südlich des 39. Breitengrades ein geschlossener, nord-süd-verlaufender Waldgürtel der Ciprés de la Cordillera im Lee am Fuße der Ostabdachung der Andenkordillere fortsetzt, während die Incense Cedar im Lee der Kaskaden nördlich des 40. Breitengrades nur sporadisch vorkommt. Nach vergleichender Betrachtung der östlichsten leewärtigen Vorkommen beider Bäume (siehe Kapitel 6.7) – und dem östlichen transmontanen Hauptverbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis* (siehe Kapitel 6.2.2) – kann vermutet werden, dass es sich hierbei nicht zufällig um standörtliche klimaökologische Differenzen innerhalb beider Verbreitungsgebiete handelt. Ein weiterer grundlegender Unterschied betrifft den Bestandsaufbau beider Zypressengewächse. *Austrocedrus chilensis* bildet ausschließlich Reinbestände, d.h. sie dominiert häufig als einzige Conifere die größtenteils niedrigere Baumschicht aus Hartlaubgewächsen. *Calocedrus decurrens* ist Bestandteil eines gemischten (Laub-) Nadelwaldes mit – je nach topographischen, bodenhydrologischen und klimatischen Verhältnissen – wechselnder Dominanz der beteiligten Arten. Die unregelmäßige Zusammensetzung der sechs do-

minanten Coniferen nennt BARBOUR (1988, S. 145) je nach „latitude, region, stand history and microenvironment“ zutreffend „share or shifting dominance“ (vgl. Zitat von MUIR am Anfang des Kapitels).

Das Hauptverbreitungsgebiet von *Calocedrus decurrens* erstreckt sich als relativ breiter Gürtel entlang der sub- bis hochmontanen Stufe (600-2000 m; vgl. auch Tab. 35 u. 36) auf der Westabdachung der Sierra Nevada (Tafel 1; Profil 1; Photo 32 u. 35). Außerdem bildet sie kleine geschlossene Bestände in den Transverse Ranges (San Jacinto Mountains und San Bernardino Mountains) und ist in den Klamath Mountains (Kapitel 6.3.1) weit verbreitet. In der mittleren montanen Stufe gedeiht sie in allen Lagen und Expositionen, an der unteren vertikalen Verbreitungsgrenze und in der östlichen Sierra Nevada nur in kühlen feuchten Schluchten entlang von Flussläufen (zur Trockengrenze siehe Photo 34). An der Obergrenze ist *Calocedrus* nur in sonnigen exponierten Lagen zu finden (zur Kälte- und Frostgrenze vgl. auch Photo 33 u. 38).

In der mittleren montanen Stufe (1000-1400 m) ist *Calocedrus decurrens* Bestandteil des „Mixed Conifer Forest“ (hinreichend beschrieben von BAKKER 1984; BARBOUR 1988, BARBOUR & MAJOR 1977; BARBOUR & al. 1994; CHABOT & MOONEY 1985; DAUBENMIRE 1978; EDMONDS 1982; FRANKLIN 1988; FRANKLIN & DYRNESS 1988; HUNT 1974; JOHNSTON 1994; 1998; KNAPP 1959; 1965; KRICHER & MORRISON 1993; 1998; LASOIE, HINCKLEY & GRIER 1985; MAJOR 1977; MATYAS 1979; MINNICH & FRANCO-VIZCAÍNO 1997a+b; 1998; MUIR 1894; ORNDUFF 1974; RAVEN 1977; ROCKWELL 1998; RUNDEL, PARSONS & GORDON 1977; SAWYER & THORNBURGH 1977; SAWYER, THORNBURGH & GRIFFIN 1977; SCHOENHERR 1992; SMITH 1985; STORER & USINGER 1963; THORNE 1977; WHITNEY 1979; 1997). Je nach klimaökologischen und bodenhydrologischen Verhältnissen herrschen in wechselnden Anteilen *Abies concolor*, *Pinus lambertiana*, *P. ponderosa*, *Pseudotsuga menziesii* (Verbreitungslücke im Calaveras St.P.) und *Sequoiadendron giganteum* vor (Tafel 1; Profil 7 u. 8; Photo 35). In der submontanen Stufe (600-900 m) wurzelt sie vereinzelt in dichten, schattigen Galeriewäldern (mit *Acer macrophyllum*, *Quercus kelloggii*, immergrünen Eichen) wasserführender Schluchten, welche das offene Parkland von *Pinus sabiniana* mit teilweise Chaparral-Unterwuchs durchziehen. In der hochmontanen Stufe (1400-2000 m) reicht sie bis in die höheren Lagen der relativ breiten Übergangszone von *Abies concolor* und *A. magnifica*. An ihrer oberen Verbreitungsgrenze (1800-2200 m) wächst sie hier und da auf den der Morgen- und Mittagssonne zugewandten, sanft gewölbten, zu Wollsäcken verwitterten Granitkuppen (zur Sukzession auf Granitkuppen siehe RUNDEL 1975; zu Wachstum und Entwicklung des Wurzelsystems von *Calocedrus* S. 214-215). Die zonale Vegetation besteht dort aus *Abies magnifica* und *Pinus contorta* ssp. *murrayana* in feuchten Lagen sowie *Pinus jeffreyi* und stellenweise *Juniperus occidentalis* ssp. *australis* in trockenen östlichen Expositionen.

Tab. 35 Höhenlage der kalifornischen Gelbkiefer-Mischwälder (KNAPP 1965)

S-Kalifornien bis NW-Baja California	1500-2700 m ü.NN
Sierra Nevada	700-2300 m ü.NN
N-Coast Ranges (innere Lagen)	1000-2000 m ü.NN
N-Kalifornien bis S-Oregon	400- 800 m ü.NN

Tab. 36 Höhenlage der kalifornischen „Mixed Conifer Phase“ (BARBOUR 1988)

Nördliche Sierra Nevada	1300-1700 m ü.NN (39°30' S)
Zentrale Sierra Nevada (Calaveras St. P.)	1400-1600 m ü.NN (38°20' S)
Südliche Sierra Nevada	1500-2200 m ü.NN (36°30' S)
Östliche Transverse Ranges (San Bernardino Mts.)	1500-2100 m ü.NN (34°15' S)

Tafel 1 zeigt Vegetationsaufnahmen im Stanislaus National Forest (nördliche Sierra), Tafel 2 im Kings Canyon National Park (südöstliche Sierra). Dort wächst *Calocedrus* vom mittmontanen „Yellow Pine Forest“ (vgl. Tab. 35) bis zur hochmontanen Stufe innerhalb des „Mixed Conifer Forest“ (vgl. Tab. 36). In trockenen südexponierten und tieferen Lagen (Lava Bluffs, 1250 m) handelt es sich überwiegend um offene Trockenwälder mit reicher Strauchschicht aus *Arctostaphylos* und *Ceanothus*. Neben *Calocedrus* herrschen vor allem *Pinus ponderosa*, *Quercus kelloggii* und immergrüne Eichen vor (Profil 9). *Abies concolor* dominiert auf feuchteren nordexponierten Hängen und in höheren Lagen.

Tafel 1 Vegetationszusammensetzung der *Calocedrus*-Bestände im Stanislaus National Forest in der zentralen Sierra Nevada Kaliforniens**Stanislaus National Forest (Kalifornien)****Murphys / Angels Creek (38°09' N, 120°26' W, 750 m)**

domin.: Bs: *Pinus sabiniana*

codomin.: Bs: *Pinus ponderosa*, *Quercus chrysolepis*

gelegentl.: Bs: *Quercus kelloggii*

Ss: *Arctostaphylos patula*, *Ceanothus integerrimus*

selten: Bs: Galeriewald: *Acer macrophyllum*, *Alnus rhombifolia*, *Calocedrus decurrens*

Ss: *Amelanchier alnifolia*, *Corylus cornuta*, *Rhus diversiloba*, *Ribes spec.*,
Rosa pinetorum, *Rubus parviflorus*

Calaveras State Park / North Grove (38°17' N, 120°18' W, 1450 m)

domin.: Bs: *Abies concolor*, *Sequoiadendron giganteum*

Ss: *Cornus nuttallii*, *Corylus cornuta ssp. californica*

codomin.: Bs: *Calocedrus decurrens*, *Pinus lambertiana*, *Taxus brevifolia*

Ks: *Adenocaulon bicolor*, *Asarum caudatum*, *Dicentra formosa*, *Fragaria*

californica, *Galium aparine*, *Galium bolanderi*, *Smilacina racemosa*,
Viola glabella

gelegentl.: Bs: *Pinus ponderosa*, *Quercus kelloggii*
Ks: *Calochortus minimus*, *Goodyera oblongifolia*
selten: --

Calaveras State Park / South Grove (38°14' N, 120°15' W, 1550 m)

domin.: Bs: *Abies concolor*, *Sequoiadendron giganteum*
codomin.: Bs: *Acer macrophyllum*, *Calocedrus decurrens*, *Pinus lambertiana*
Ss: *Chamaebatia foliosa*, *Chrysolepis sempervirens*, *Corylus cornuta* ssp.
californica, *Rhododendron occidentale*, *Symphoricarpos spec.*
Ks: *Adenocaulon bicolor*, *Clintonia uniflora*, *Galium aparine*, *Galium*
bolanderi, *Chimaphila umbellata*, *Pyrola picta* ssp. *aphylla*, *Smilacina*
racemosa, *Viola glabella*, *Viola lobata*
gelegentl.: Bs: *Alnus rhombifolia*, *Pinus ponderosa*, *Quercus kelloggii*
Ss: *Ceanothus parviflorus*, *Ceanothus thyrsiflorus*, *Cornus nutallii*, *Ribes*
lobbii
Ks: *Asarum hartwegii*, *Corallorhiza striata*, *Crepis nana*, *Fragaria californi-*
nica, *Goodyera oblongifolia*, *Montia perfoliata*, *Sarcodes sanguinea*
selten: --

Calaveras State Park / Bradley Grove Trail (38°15' N, 120°15' W, 1350 m)

domin.: Bs: *Abies concolor*, *Calocedrus decurrens*, *Pinus lambertiana*, *Pinus*
ponderosa, *Quercus kelloggii*, *Sequoiadendron giganteum*
codomin.: Ss: *Cornus nuttallii*, *Corylus cornuta* ssp. *californica*
Ks: *Diasprum hookeri*, *Dicentra formosa*, *Trillium chloropetalum*,
Trillium hartwegii
gelegentl.: Bs: *Prunus spec.*
Ss: *Ceanothus cuniatus*, *Ceanothus integerrimus*, *Rhododendron*
occidentale, *Ribes spec.*, *Spiraea spec.*
Ks: *Chimaphila umbellata*, *Corallorhiza striata*, *Darmera (Peltiphyllum)*
peltata, *Pyrola picta* ssp. *aphylla*, *Smilacina racemosa*, *Streptopus amplexi-*
folius
selten: --

Calaveras State Park / Stanislaus River (38°16' N, 120°17' W, 1100 m)

domin.: Bs: *Abies concolor*, *Calocedrus decurrens*, *Pinus lambertiana*,
Pinus ponderosa, *Quercus kelloggii*
codomin.: Bs: *Acer macrophyllum*, *Alnus rhombifolia*
gelegentl.: Ss: *Amelanchier alnifolia*, *Rhododendron occidentale*
selten: --

Calaveras State Park / Lava Bluffs (38°16' N, 120°17' W, 1250 m)

- domin.: Bs: *Calocedrus decurrens*, *Pinus ponderosa*, *Quercus kelloggii*
codomin.: Bs: *Abies concolor*, *Pinus lambertiana*, *Quercus chrysolepis*
Ss: *Arctostaphylos patula*, *Ceanothus cuniatus*, *C. integerrimus*
Ks: *Lupinus spec.*
gelegentl.: Ss: *Chamaebatia foliosa*, *Crataegus douglasii*, *Rosa moschata*
Ks: *Crepis nana*, *Eriophyllum lanatum*, *Erysimum capitatum*,
Peltypyllum peltata
selten: --

Hells Kitchen Vista (38°26' N, 120°05' W, 2050 m)

- domin.: Bs: *Abies magnifica*, *Pinus jeffreyi*
codomin.: Bs: *Juniperus occidentalis ssp. australis*
Ss: *Arctostaphylos patula*, *Quercus vaccinifolia*
gelegentl.: Bs: *Calocedrus decurrens*, *Pinus contorta ssp. murrayana*
Ks: *Phlox spec.*
selten: --

Tafel 2 Vegetationszusammensetzung eines *Calocedrus*-Bestandes im Kings Canyon National Park in der südlichen Sierra Nevada Kaliforniens

Kings Canyon National Park (Kalifornien)

Cedar Grove (36°46' N, 118°41' W, 1300-1800 m)

- domin.: Bs: *Abies concolor*, *Calocedrus decurrens*
codomin.: Bs: *Pinus lambertiana*, *Pinus ponderosa*, *Quercus chrysolepis*,
Quercus kelloggii
Ss: *Adenostoma fasciculata*, *Arctostaphylos patula*, *Ceanothus integerrimus*,
Toxicodendron diversilobum
gelegentl.: Bs: *Salix spec.*
Ss: *Cercis occidentalis*, *Cercocarpus betuloides*, *Sambucus spec.*
Ks: *Puya spec.*
selten: --

In kühlen, im Winter schneereichen Muldenlagen (Profil 8; Photo 11), den sogenannten „Groves“, überragen die kuppelförmigen Kronen der Mammutbäume (*Sequoiadendron giganteum*; vgl. BREIMHORST 1991, S. 61-65; vgl. HARTESFELDT & al. 1991) die im Vergleich dazu schwächlich erscheinenden, etwa 30 m hohen Kiefern (*Pinus lambertiana*, *P. ponderosa*), Tannen (*Abies concolor*) und „Weihrauchzedern“ (*Calocedrus decurrens*) (Photo 35). Das Vorkommen von *Taxus brevifolia* am Fuße der „Big Trees“ (North Grove, Profil 7) unterstreicht die günstigen bodenhydrologischen Verhältnisse. Die teils dichte, teils offene Strauch- und Krautschicht bedeckt als unregelmäßiges Mosaik den Waldboden. Licht- und Schattenverhältnisse sowie Feuereinwirkung bestimmen im Calaveras State Park maßgeblich die Zusammensetzung des Unterwuchses.

Charakteristische Sträucher des halbschattigen North Grove (1450 m) sind der Mountain Dogwood (*Cornus nuttallii*) (Photo 37) und *Corylus cornuta*. Typisch für den stellenweise lichtdurchfluteten Waldboden sind insbesondere *Asarum caudatum*, *Dicentra formosa*, *Smilacina racemosa* und *Pyrola picta* (Tafel 1). In dem etwas höher gelegenen South Grove (1550 m, Profil 8) herrscht in Form kleinerer Flächen *Chrysolepis sempervirens* vor. In Bachnähe blüht *Rhododendron occidentale*. Auf der flach abfallenden Westflanke des South Grove verjüngt sich – als Folge der „prescribed fires“ (siehe Kapitel 5.1.4.3) – vor allem *Ceanothus integerrimus*. Außerdem wachsen Rasen aus *Clintonia uniflora* und stellenweise *Calocedrus decurrens* in Form eines dichten Buschwerks. Wegen Licht- und Wassermangels sterben zwischen 95 und 100 % der jungen Bäumchen bei einer Höhe von 1 bis 3 m wieder ab, da sie sich gegenseitig erdrücken. Diese Tatsache zeigt, dass optimale Bedingungen für eine reichhaltige Keimung nicht notwendigerweise ein erfolgreiches Wachstum bzw. Überleben garantieren (zur Reproduktion siehe Kapitel 8.1).

Im Calaveras Big Trees State Park erfährt die Vegetation alljährlich schneereiche Winter mit ausgedehnten sonnigen Episoden (vgl. hierzu ENDLICHER 1988, S. 78) und warme trockene Sommer (vgl. auch Tab. 11). In den Gelbkiefer-Mischwäldern der Sierra Nevada, denen *Calocedrus decurrens* regelmäßig beigemischt ist, liegen die durchschnittlichen Jahresniederschläge zwischen 600 und 1000 mm, im Übergang zum *Abies concolor*-Wald noch höher. Tabelle 37 zeigt unter anderem die jährliche Niederschlagsmenge im Yosemite National Park (zentrale Sierra Nevada). Am Headquarters mit 885 mm/a dominiert die Yellow Pine (*Pinus ponderosa*), während am South Entrance bei 1140 mm/a die White Fir (*Abies concolor*) vorherrscht. Im Frühjahr, nach schneereichen Wintern sogar bis zum Frühsommer, ist der Boden in schattigen Lagen und Mulden (Standorte mit *Sequoiadendron giganteum*: North Grove, South Grove, Bradley Grove; vgl. auch ENGBECK 1978, S. 41 ff. und FLINT 1987) noch gut durchfeuchtet, was in der südlichen Sierra Nevada schon nicht mehr jedes Jahr gewährleistet ist. Entsprechend reichhaltig gestaltet sich die Verjüngung in den Groves. Keimlinge und Sämlinge aller Altersklassen, stellenweise ganze „Rasen“, bedecken den halbschattigen Waldboden.

In der submontanen Stufe (Murphys / Angels Creek) stößt *Calocedrus decurrens* auf ihre Trockengrenze. Dies wird dadurch ersichtlich, dass sie nur entlang von tiefeingeschnittenen, wasserführenden Schluchten wächst, um so die zu geringe Niederschlagsmenge auszugleichen. Ein sehr offenes Parkland mit der Gray Pine (*Pinus sabiniana*) bildet die zonale Vegetation. Entlang von Wasserläufen erstrecken sich Galeriewälder aus überwiegend sommergrünen Bäumen und Sträuchern, die ebenfalls mit zunehmender Trockenheit, d.h. südwärts bzw. abwärts, nur entlang von schattigen, wasserführenden Schluchten vorkommen. Hierzu gehören vor allem Big Leaf Maple (*Acer macrophyllum*) und Black Oak (*Quercus kelloggii*; vgl. PAVLIK, MUICK, JOHNSON & POPPER 1992, S. 13-15; KEATOR & BAZELL 1998, S. 73, 76); hinzu kommen Erlen (*Alnus rhombifolia*) und Weiden (*Salix spec.*). Der Unterwuchs besteht aus dichtverzweigten, ineinandergreifenden Sträuchern der Gattungen *Rubus*, *Rosa*, *Rhus* (*Toxicodendron*) und *Ribes*, vereinzelt auch *Corylus cornuta* sowie an sonnigeren Stellen *Amelanchier alnifolia*.

In der hochmontanen Stufe (Hells Kitchen) erreicht die Incense Cedar ihre Wärmemangelgrenze, dadurch ersichtlich, dass sie ausschließlich sonnenexponierte Granitkuppen

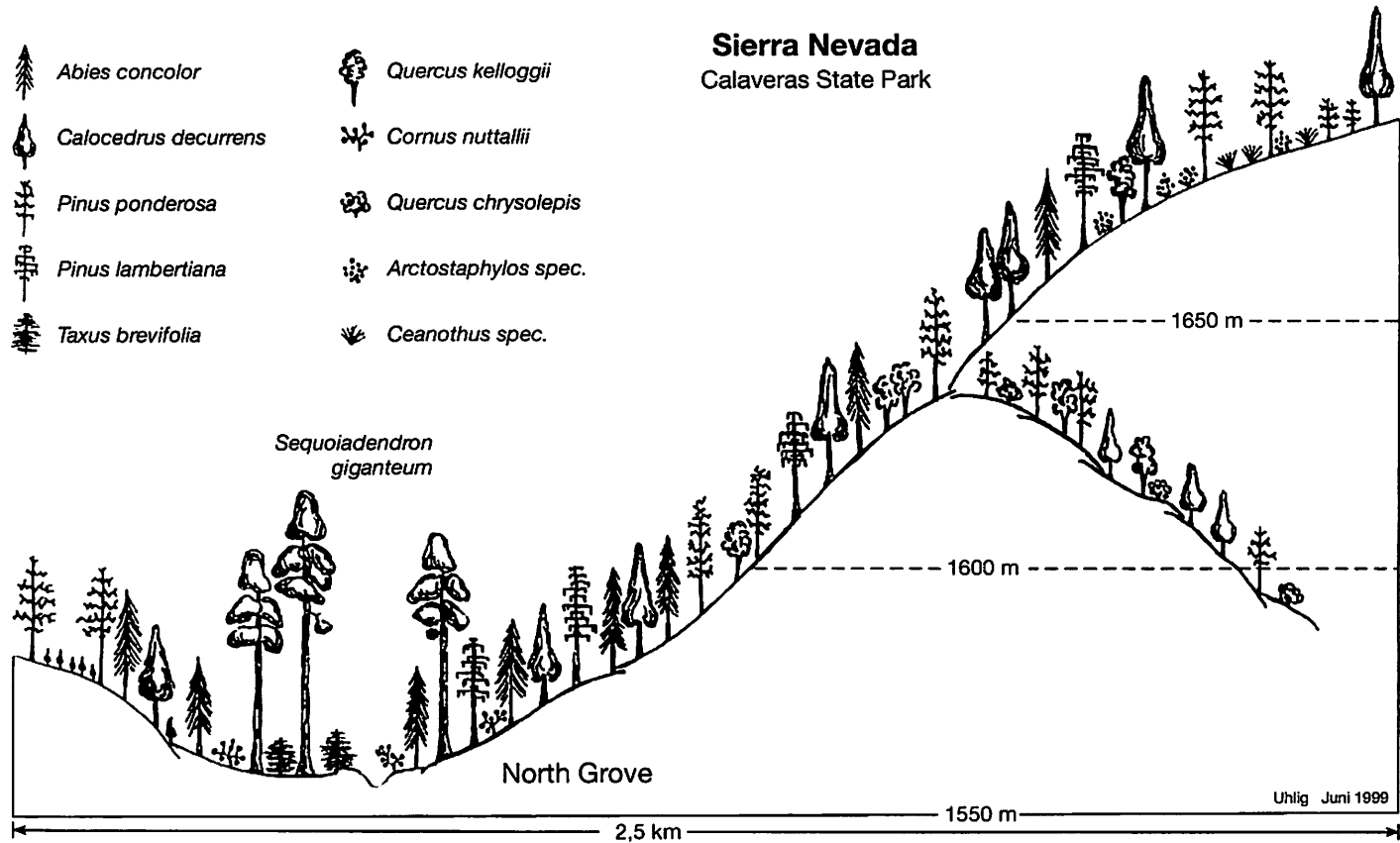
aufsucht. *Pinus jeffreyi* und *Juniperus occidentalis ssp. australis* (vgl. ARNO & HAMMERLY 1993, S. 136-137) sitzen als dominante Bäume in weiträumiger Anordnung der teils unbewachsenen Granitlandschaft auf. Die Bodenbildung ist wenig fortgeschritten. In einigen Felsspalten hat sich etwas Humus akkumuliert (Keimung!). Häufig greifen die Wurzeln direkt in die nackten Spalten und Risse. Wo sich am Fuße eines vergrusten „Boulder“ kniehohe Sträucher von *Quercus vaccinifolia* und *Vaccinium spec.* verankert haben, hat sich ein dünner A-Horizont entwickelt (Photo 38). Enthält der Granit einen hohen Anteil Orthoklas, überzieht die herbstliche Abendsonne die beeindruckende Szenerie mit den sparsam verteilten, aber mächtig aufragenden rötlichen Stämmen der Baumwacholder, Kiefern und Weihrauchzedern mit einem bronzefarbenen Schleier, während in den Tannenwäldern der geschützteren Lagen schon Dämmerung die grauen Stämme von *Abies concolor*, *A. magnifica* und *Pinus contorta ssp. murrayana* umschließt.

Tab. 37 Geographische und klimatische Parameter in der Höhenlage des „Mixed Conifer Forest“, dem Hauptverbreitungsgebiet von *Calocedrus decurrens*, an zwei Stationen im Yosemite National Park (MAJOR 1977)

Ort	Geogr. Breite	Höhe ü. NN	Juli-Temp.	Jan.-Temp.	Jahres-Temp.	Niederschlag	Pot. Evap.	Akt. Evap.
Yosemite N. P. (Headquarters)	37°27' N	1214 m	21,7°C	1,8°C	11,4°C	885 mm/a	675 mm/a	341 mm/a
Yosemite N. P. (South Entr.)	37°30' N	1560 m	19,2°C	2,3°C	9,9°C	1140 mm/a	629 mm/a	343 mm/a

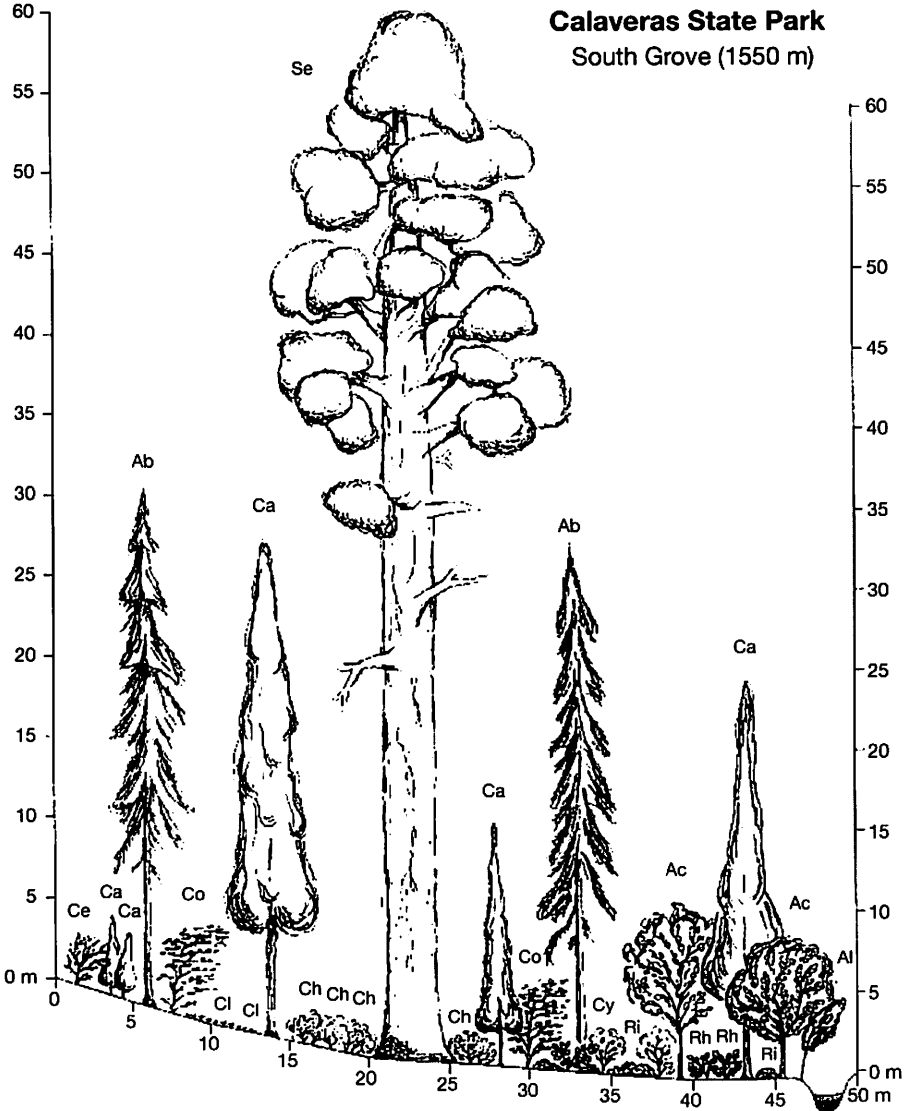
Über die Vegetation der südkalifornischen Gebirge, insbesondere der San Bernardino Mountains unter starker Berücksichtigung des Feuers, schreibt MINNICH (1988). Ausführliche Erläuterungen zu den wichtigsten südkalifornischen, vor allem hartlaubigen Sträuchern findet man bei RAVEN (1966). Einen kurzen Einblick über die Vegetation der San Jacinto Mountains geben BECKER & BIRMINGHAM (1990, S. 1-23) und CORNETT (1996), über die Gebirge Südkaliforniens GERSTENBERG (1983) und HAVERT, GRAY & ADAMS (1996).

Vergleicht man die Höhenlage der *Calocedrus*-Vorkommen innerhalb des „Mixed Conifer Forest“ in den San Jacinto Mountains und den San Bernardino Mountains mit denen der nördlichen Sierra Nevada, wird mit abnehmender jährlicher Niederschlagsmenge nach Süden hin ein Ansteigen der Höhengrenze ersichtlich (siehe Tab. 35 u. 36). Als logische Konsequenz der Standortskonstanz ähnelt die floristische Zusammensetzung des „Yellow Pine Forest“ und des „Mixed Conifer Forest“ mit *Calocedrus decurrens* in den Transverse Ranges (Tafel 3 u. 4) denen der Sierra Nevada (Tafel 1 u. 2). Die steil aufragenden San Jacinto Mountains demonstrieren beispielhaft die von RATHJENS (1980, S. 23) benannten „Inseln der Feuchte und Kühle“ (siehe Kapitel 5.1.1.2), hier umso eindrucksvoller, zumal die Westflanke oberhalb des Beckens von San Bernardino bei circa 1000 m ü.NN die Inversionsschicht durchbricht. Die obere Hälfte des Gebirges ragt abrupt aus dem hellbraunen Smogmeer in einen tiefblauen Himmel. Im Frühjahr steigt die Häufigkeit der Inversionswetterlagen in der Gebirgsumrahmung von Los Angeles auf über 50 % der Tage (WEISCHET 1996, S. 135).



Profil 7 Transekt: North Grove / Calaveras State Park (zentrales montanes Hauptverbreitungsgebiet von *Calocedrus decurrens*), (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)

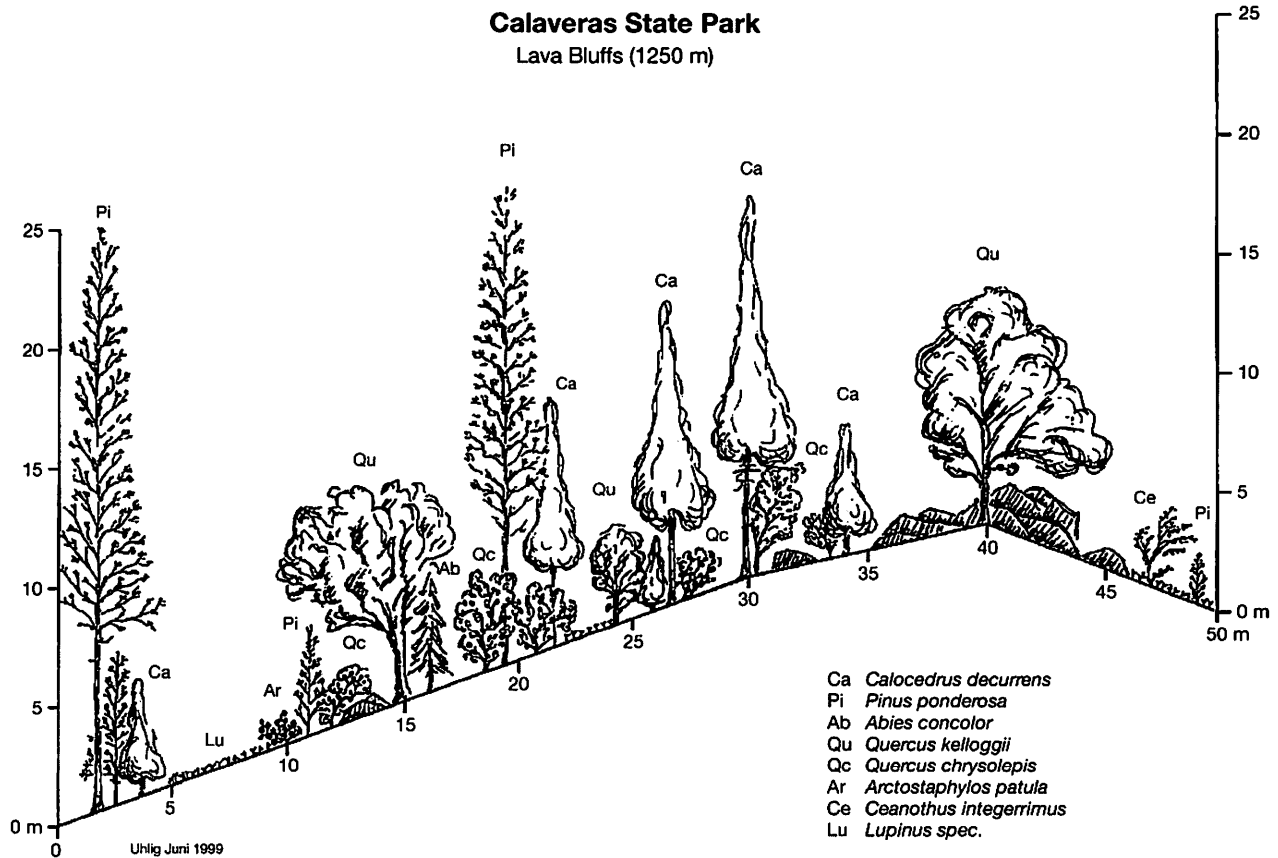
Calaveras State Park
South Grove (1550 m)



- | | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| Ca <i>Calocedrus decurrens</i> | Cy <i>Corylus comuta</i> |
| Se <i>Sequoiadendron giganteum</i> | Ch <i>Chrysolepis sempervirens</i> |
| Ab <i>Abies concolor</i> | Rh <i>Rhododendron occidentale</i> |
| Ac <i>Acer macrophyllum</i> | Ri <i>Ribes spec.</i> |
| Al <i>Alnus rhombifolia</i> | Ce <i>Ceanothus integriramus</i> |
| Co <i>Cornus nuttallii</i> | Cl <i>Clintonia uniflora</i> |

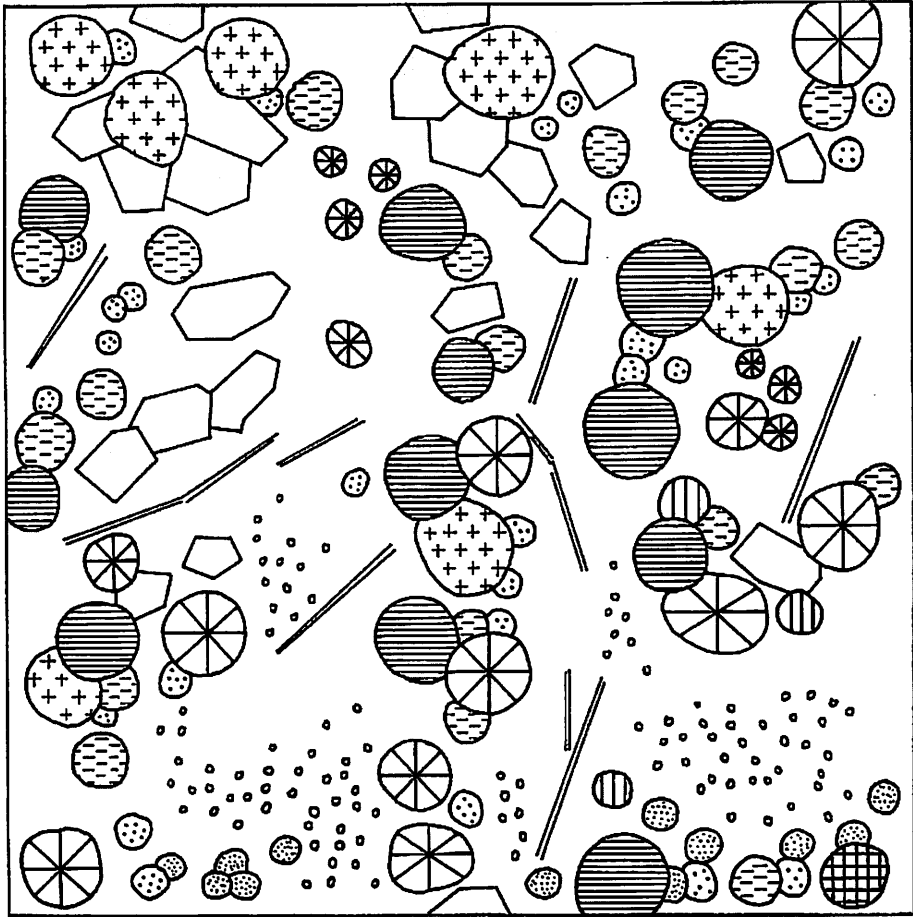
Uhlig Juni 1999






Profil 8 Aufriss: South Grove / Calaveras State Park (zentrales montanes Hauptverbreitungsgebiet von *Calocedrus decurrens*), (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)









Profil 9 Aufriß: Lava Bluffs / Calaveras State Park (zentrales montanes Hauptverbreitungsgebiet von *Calocedrus decurrens*), (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)

Calaveras State Park
Lava Bluffs (1250m)



-  *Calocedrus decurrens*
-  *Pinus ponderosa*
-  *Pinus lambertiana*
-  *Abies concolor*
-  *Quercus kelloggii*

-  *Quercus chrysolepis*
-  *Arctostaphylos patula*
-  *Ceanothus integerrimus*
-  *Lupinus spec.*
-  Baumstamm
-  Basaltfelsen

0 10 m

Uhlig Juni 1999

Profil 10 Aufsicht: Lava Bluffs / Calaveras State Park (zentrales montanes Hauptverbreitungsgebiet von *Calocedrus decurrens*), (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)

Die vertikale Vegetationsabfolge reicht von der Halbwüste im Becken von Banning / San Bernardino über niedrigen und hohen, mit immergrünen Eichen durchsetzten Chaparral, bis zwischen 1300 und 1400 m die ersten Coulter Pines (*Pinus coulteri*) zu finden sind. Das vom lokalen Tourismus als Sommerfrische stark frequentierte Dörfchen Idyllwild (1750 m) schließlich mutet durch seine Lage inmitten eines gemischten Nadelwaldes einschließlich *Calocedrus decurrens* mit schattigen, tiefeingeschnittenen kleinen Tälchen (Strawberry Creek) heimelig an, zumal Luft und Lebewelt der tieferen Lagen durch Smog und immer wiederkehrende, häufig vom Menschen verursachte Feuer stark in Mitleidenschaft gezogen sind. Die Ostflanke der San Jacintos trägt schon die kontinentalen Züge des Great Basin. Ein parkartiger Offenwald aus *Pinus jeffreyi* mit Sage (*Salvia pachyphylla*) und anderen Steppenkräutern als hohe Krautschicht beherrscht die montane Stufe. Darunter schließen sich kleine, niedrige Wäldchen der Nut Pines (*Pinus quadrifolia*, *P. monophylla*) an (vgl. hierzu ELMORE & JANISH 1976, S. 12-19).

Tafel 3 zeigt die Vegetationszusammensetzung zweier Waldbestände mit *Calocedrus decurrens* bei Idyllwild in den San Jacinto Mountains. Dark Canyon ist eine kühle, schattige Schlucht und beherbergt einen „Mixed Conifer Forest“, welcher von *Abies concolor* dominiert wird. Der südexponierte Idyllwild County Park besteht in weiten Teilen aus einem offenen „Yellow Pine Forest“ mit vorherrschend *Pinus ponderosa*. Der Unterwuchs ähnelt in seiner floristischen Zusammensetzung dem der Sierra Nevada. In Bachnähe wurzelt *Rhododendron occidentale*, in schattigen feuchten Lagen *Cornus nuttallii*, hangaufwärts dominiert *Arctostaphylos* und auf sehr trockenen Standorten schließlich tritt Chamise (*Adenostoma fasciculatum*) hinzu. Auf sonnigen Lichtungen und am Straßenrand findet man eine große Anzahl licht- und wärmeliebender Kräuter, häufig teils annuelle, teils perenne Compositen, aber auch schon Steppenelemente wie *Artemisia*, *Castilleja*, *Penstemon* und *Senecio*.

Tafel 3 Vegetationszusammensetzung zweier *Calocedrus*-Bestände in den San Jacinto Mountains in Südkalifornien

San Jacinto Mountains (Kalifornien)

Dark Canyon (33°48' N, 116°44' W, 1800 m)

domin.: Bs: *Abies concolor*, *Calocedrus decurrens*, *Quercus kelloggii*

codomin.: Bs: *Pinus jeffreyi*, *Pinus lambertiana*, *Pinus ponderosa*

Ss: *Arctostaphylos patula*, *Quercus chrysolepis*, *Quercus dumosa*

gelegentl.: Ss: *Cornus nuttallii*, *Rhododendron occidentale*, *Rhus ovata*, *Ribes spec.*

Ks: *Lupinus formosus*, *Lotus scoparius*, *Mimulus brevipes*,
Oenothera hookeri

selten: --

Idyllwild County Park (33°45' N, 116°43' W, 1750 m)

domin.: Bs: *Pinus ponderosa*, *Pinus lambertiana*, *Pinus jeffreyi*

codomin.: Bs: *Abies concolor*, *Calocedrus decurrens*, *Quercus chrysolepis*,
Quercus kelloggii

gelegentl.: Ss: *Adenostoma fasciculatum*, *Arctostaphylos patula*, *Quercus dumosa*
Bs: *Pinus coulteri*
Ss: *Rhododendron occidentale*, *Sambucus mexicana*
Ks: *Abronia villosa*, *Artemisia tridentata*, *Castilleja applegatei*,
Eriogonum fasciculatum, *Eriophyllum confertiflorum*, *Helianthemum*
scoparium, *Helianthus annuus*, *Heterotheca grandiflora*, *Lupinus formosus*,
Mimulus auranticus, *Penstemon ternatus*, *Senecio fluccidus*
selten: --

Tafel 4 Vegetationszusammensetzung eines *Calocedrus*-Bestandes in den San Bernardino Mountains in Südkalifornien

San Bernardino Mountains (Kalifornien)

Cedar Glen (34°20' N, 117°10' W, 1600 m)

domin.: Bs: *Abies concolor*, *Calocedrus decurrens*, *Quercus kelloggii*
codomin.: Bs: *Pinus jeffreyi*, *Pinus lambertiana*, *Pinus ponderosa*
Ss: *Arctostaphylos patula*, *Rhamnus californica*, *Ribes spec.*
gelegentl.: Ss: *Cornus nuttallii*, *Rhododendron occidentale*
selten: --

6.2.2 *Austrocedrus*: zentralchilenische Anden, westargentinisches Seengebiet

Wie bereits bemerkt (Kapitel 6.2.1), bildet *Austrocedrus chilensis* im Gegensatz zu *Calocedrus decurrens* fast ausschließlich Reinbestände, was Veranlassung zu zahlreichen Bezeichnungen und Gliederungskriterien des Ciprés-Waldes gegeben hat. Diese sollen an dieser Stelle kurz vorgestellt werden. Nach pflanzensoziologischen Gesichtspunkten stellt OBERDORFER (1960, S. 23-29) das Austrocedro-Lithraetum ass. nov. („mittelchilenischer Litre-Ciprés-Wald der Anden“) mit der Subassoziation des Libocedro-Lithraetum winteretosum subass. nov. prov. als Bestandteil des von SCHMITHÜSEN (1954b, S. 484) konstruierten Lithraeion-Verbandes („mittelchilenische Litre-Wälder“) auf. SCHMITHÜSEN (1960, S. 313, 320-321) benennt innerhalb seines Lithraeion-Verbandes (Ordnung der Cryptocaryetalia) das Libocedretum chilense („Quillai-Ciprés-Wald“) im Vegetationsgebiet der subtropischen Hartlaub- und Trockengehölze Mittelchiles. HUECK (1966, S. 355-357) führt den „*Libocedrus*wald“ als Teil der „Region der chilenisch-argentinischen Araukarienwälder“ auf. Wiederum der pflanzensoziologischen Namensgebung bedient sich ESKUCHE (1973, S. 71 ff.). Den Ciprés-Wald tauft er nach der Orchidacee *Gavilea glandulifera* in „Gavileo-Austrocedretum“, und den Coihue-Ciprés-Mischwald unterteilt er in ein Austrocedro-Nothofagetum dombeyii pernettyetosum und in ein Austrocedro-Nothofagetum dombeyii chusqueetosum. Die Waldformation der „Ciprés de la Cordillera“ ordnet QUINTANILLA (1973, S. 61-62) der hygrophilen montanen Stufe „Étage Montagnard Mesophile (Nivel montanoso semihumedo)“ zu (vgl. ozeanisch-temperiertes Florenelement nach BADER 1960b).

Lediglich eine kurze Erwähnung findet *Austrocedrus chilensis* in der „Ecoregión de los bosques de fagáceas y coníferas de la Cordillera de los Andes“ und in der „Ecoregión de los bosques boreandinos de coníferas“, beiderseits Bestandteil der übergeordneten „Ecosistemas de caracter templado higromorfo“ (QUNINTANILLA 1983b, S. 105, 116). Als eigenen Waldtyp schließlich beschreibt DONOSO (1981; 1994a+b) den „Tipo forestal Ciprés de la Cordillera“, und in seiner „Clasificación fisionómica-ecológica de los tipos forestales de la región mediterránea de Chile“ (DONOSO 1982, S. 118-119) stellt er den *Austrocedrus*-Wald als „Bosque de coníferas siempreverdes con lluvias invernales y sequía estival pronunciada“ heraus, den er erstens in einen Ciprés-Wald mit sklerophyllem Gebüschwald und zweitens in einen Laub-Nadelmischwald mit *Nothofagus*-Arten (*N. obliqua* und *N. glauca*) gliedert.

Gliederungen des Ciprés-Waldes gibt es von DONOSO (1981, S. 15; 1982, S. 118) und LE QUESNE (1988, S. 3-4, 20 ff.), die beide die Südbuchen zur Differenzierung heranziehen (Tab. 38 u. 39). DEZOTTI & SANCHOLUZ (1991, S. 45) unterscheiden neben den Mischwäldern mit *Nothofagus* auch die randlichen, offenen Ciprés-Bestände (mit größtenteils isolierten Bäumchen) von den reinen, kompakten (lichten bis dichten) Ciprés-Wäldern (Tab. 40). Die Unterteilung von GAJARDO (1993, S. 39, 62, 64, 87) stellt vier Pflanzengesellschaften mit *Austrocedrus* unter den „especies representativas“ auf (Tab. 41).

Tab. 38 Gliederung des Ciprés (*Austrocedrus chilensis*)-Waldes nach seiner floristischen Zusammensetzung (DONOSO 1981)

Waldtyp	Artenzusammensetzung
Mediterraner Wald	<i>Aextoxicon punctatum</i> , <i>Aristotelia chilensis</i> , <i>Cryptocarya alba</i> , <i>Kageneckia oblonga</i> , <i>Lithraea caustica</i> , <i>Lomatia dentata</i> , <i>Lomatia hirsuta</i> , <i>Luma apiculata</i> , <i>Maitenus boaria</i> , <i>Persea lingue</i> , <i>Peumus boldus</i> , <i>Quillaja saponaria</i> , <i>Sophora macrocarpa</i>
Südlicher Wald	<i>Aristotelia chilensis</i> , <i>Azara microphylla</i> , <i>Berberis linearifolia</i> , <i>Berberis spec.</i> , <i>Gaultheria spec.</i> , <i>Gevuina avellana</i> , <i>Lomatia hirsuta</i> , <i>Maitenus boaria</i> , <i>Nothofagus antarctica</i> , <i>Nothofagus dombeyi</i>

Tab. 39 Gliederung des Ciprés (*Austrocedrus chilensis*)-Waldes nach seiner Struktur und Dynamik (DONOSO 1981)

Waldtyp	Kurzbeschreibung
„Bosques puros“	adulte Cipreses mit einer reichhaltigen Strauch- und kleineren Baumschicht („sorobosque“ und „dosel intermedio“)
„Rodales más puros“	reiner Ciprés-Wald mit auffallend viel Jungwuchs
„Rodales mixtos“	Mischwald aus Ciprés und Roble (<i>Nothofagus obliqua</i>)
„Bosquetes mixtos“	Mischwald aus Ciprés und Hualo (<i>Nothofagus glauca</i>)

Tab. 40 Gliederung des Ciprés (*Austrocedrus chilensis*)-Waldes Argentiniens gemäß dem ansteigenden Feuchtegradienten von Osten nach Westen in „tipos forestales“ (DEZOTTI & SANCHOLUZ 1991)

Waldtyp	Niederschlag / a	Kurzbeschreibung
„Bosques marginales“ (BM)	600-900 mm / a	isolierte Individuen oder kleine Gruppen, vorzugsweise auf dem Gipfel von erhabenen Stellen
„Bosques compactos“ (BC)	900-1600 mm / a	reine Ciprés-Wälder, licht bis dicht, abhängig von den herrschenden lokalen Bedingungen
„Bosques mixtos“ (BX)	1600-2000 mm / a	Mischwälder der Ciprés und <i>Nothofagus spp.</i> , relative Zusammensetzung beider Arten hängt von lokalen Bedingungen ab

Tab. 41 Einordnung der vier Typen des Ciprés (*Austrocedrus chilensis*)-Waldes in übergeordnete Pflanzengesellschaften, Subregionen und Regionen nach pflanzensoziologischen und vegetationsgeographischen Gesichtspunkten (GAJARDO 1993)

Typ des Ciprés-Waldes	Pflanzengesellschaft	Subregion	Region
<i>Austrocedrus chilensis</i> - <i>Schinus montanus</i> („Ciprés-Litrecillo“)	Matorral Esclerófilo Andino	Sub-Región de los Andes Mediterráneos	Región de la Estepa Alto-andina
<i>Austrocedrus chilensis</i> - <i>Nothofagus obliqua</i> („Ciprés-Roble“)	Bosque Caducifolio de la Montaña	Sub-Región del Bosque Caducifolio montano	Región del Bosque Caducifolio
<i>Austrocedrus chilensis</i> - <i>Nothofagus glauca</i> („Ciprés-Hualo“)	Bosque Caducifolio de la Pre-Cordillera	Sub-Región del Bosque Caducifolio montano	Región del Bosque Caducifolio
<i>Austrocedrus chilensis</i> - <i>Lomatia hirsuta</i> („Ciprés-Radal“)	Bosque Patagónico con Coníferas	Sub-Región de las Cordilleras Patagónicas	Región del Bosque Andino-Patagónico

Die ersten von Norden her geschlossenen *Austrocedrus*-Wälder bei Sierras de Bellavista leiten das chilenische Hauptverbreitungsgebiet der Ciprés zwischen 34° und 38° S ein, wo sie regelmäßiger Sommertrockenheit ausgesetzt ist und ihr eine alljährlich winterliche Schneedecke zugute kommt. Die *Austrocedrus*-Bestände in Bellavista bilden den Übergang von der eu- zur hygromediterranen Stufe (vgl. WALTER & BRECKLE 1991b, S. 9). In der unteren montanen Stufe kommen dort keine Cipreses vor. Vielmehr wird sie von xerophytischer Hartlaubvegetation bedeckt. Bis 1100 m vereinnahmt *Austrocedrus* alle Expositionen, wobei sie auf den Schatthängen einen Mischwald mit dem sommergrünen „Roble Pellín“ (*Nothofagus obliqua*) bildet. Schon bei 1150 bis 1200 m tendiert sie mehr zu den nach Westen ausgerichteten Bergflanken, teilweise besetzt sie NW- und W-exponierte Hänge. Es ist zu beobachten, dass sie schon in dieser Breitenlage – mit zunehmender Höhe, sprich ansteigender Feuchtigkeit – die trockeneren Hanglagen bevorzugt. In Bellavista wächst der reine Ciprés-Wald in einer Höhe von 1000 m u.a. in ESE-Exposition (Tafel 5; Profil 12 u. 13; Photo 39), während sich der Roble erst in voller Südausrichtung dazugesellt (Tafel 5; Profil 11; Photo 42) um mit der Ciprés einen Mischwald zu bilden. *Nothofagus obliqua* nähert sich dort seiner Nordgrenze, welche bei 33°10' S am Cerro Campaña liegt, wo er in einer Höhe von 900 bis 1900 m

wurzelt und S- und SE-exponierte Hänge bevorzugt (GOLTE 1983, S. 30-31). So vollzieht auch der Roble in ähnlicher Weise wie die Ciprés einen Biotopwechsel, indem er an seinem nördlichen Arealrand auf die schattigeren und feuchteren Bergflanken wechselt, zumal seine südlichen Vorkommen in sonnigen, nordexponierten Lagen und als Parkland wurzeln (siehe GOLTE 1983, S. 32).

Tafel 5 Vegetationszusammensetzung eines *Austrocedrus*-Bestandes in Sierras de Bellavista in der Kordillere von San Fernando in Chile

Sierras de Bellavista (Chile)

Sierras de Bellavista (Ort) / Río Claro (34°48' S, 70°45' W, 900-1300 m)

domin.: Bs: *Austrocedrus chilensis*

codomin.: Bs: *Nothofagus obliqua*

Ss: *Lithraea caustica*, *Lomatia hirsuta*

gelegentl.: Bs: *Drimys winteri*, *Peumus boldus*, *Quillaja saponaria*

Ss: *Adiantum chilense*, *Aextoxicon punctatum*, *Aristotelia chilensis*,

Azara integrifolia, *Azara petiolaris*, *Baccharis concava*, *Baccharis rhomboidalis*, *Berberis spec.*, *Chusquea cumingii*, *Chusquea quila*, *Colletia hysterix*, *Colletia spinosissima*, *Colliguaya integerrima*, *Cryptocarya alba*, *Escallonia pulverulenta*, *Kageneckia oblonga*, *Lomatia dentata*, *Maytenus boaria*, *Myrceugenia spec.*, *Retanilla ephedra*, *Ribes spec.*, *Rosa moschata*, *Schinus montanus*

Ks: *Acaena pinnatifida*, *Adesmia spec.*, *Alstroemeria spec.*, *Calceolaria spec.*, *Chloraea spec.*, *Collomia biflora*, *Conanthera bifolia*, *Conanthera c.f. trimaculata*, *Eryngium paniculatum*, *Monnina angustifolia*, *Quinchamalium chilense*

selten: Ss: *Acacia caven*, *Acrisione denticulata*, *Fabiana imbricata*, *Gevuina avellana*, *Laurelia sempervirens*, *Sophora macrocarpa*

OBERDORFER (1960, S. 26-27) verweist auf den Übergangscharakter des Ciprés-Waldes in Bellavista. Zwischen dem 34. und 35. Breitengrad überschneiden sich in einer Höhe von 900 bis 1900 m die Hartlaubwälder (Lithraeon-Wälder) mit den von Süden vorstoßenden Roble-Wäldern (*Nothofagus obliqua*) (OBERDORFER 1960, S. 26). Er beobachtet die Ciprés mit Quillay (*Quillaja saponaria*) und Litre (*Lithraea caustica*; Photo 43) auf den der Sonne zugewandten Hängen sowie Mischwälder mit *Nothofagus obliqua* auf den Schatthängen. *Austrocedrus* klammert er allerdings aus seiner „Lithraeon-Gesellschaft“ aus.

„*Austrocedrus chilensis* kann also nicht als Lithraeon-Art angesprochen werden. Wie andere altertümliche Coniferen (*Fitzroya*, *Araucaria*, *Pilgerodendron*) und ähnlich dem Verhalten mancher *Pinus*-Arten in Europa, besiedelt der Baum aber in allen Fällen für Laubbölzer ungünstige standörtliche Grenzlagen, die ein reliktsches Überleben ermöglichen“ (OBERDORFER 1960, S. 28-29).

Ebenso sichtet SCHMITHÜSEN (1960, S. 321) den Ciprés-Wald auf „Zwischenlagen (z. B. auf schmalen Graten) zwischen dem Trockenbusch der Sonnenhänge und dem

Roblewald der Schatthänge [...]. In beide geht er [der Ciprés-Wald, d. Verf.] nicht hinein, und auf seinem eigenen Standort machen ihm beide keine Konkurrenz, das typische Bild eines Reliktstandortes.“ Auch dass *Austrocedrus chilensis* bei San Gabriel (33°30' S) am Südhang wächst, interpretiert SCHMITHÜSEN (1960, S. 321) mit dem Verschwinden des Roble in dieser Breitenlage. Dagegen lässt sich aber einwenden, dass *Austrocedrus* mit zunehmender Trockenheit aus Gründen der besseren Wasserversorgung an Schatthängen und in feuchteren Lagen gedeiht (vgl. WALTER & WALTER 1953).

Der verbuschte Ciprés-Wald von Bellavista mit vielen übermannshohen Sträuchern aus Litre (*Lithraea caustica*), Quillay (*Quillaja saponaria*), Maqui (*Aristotelia chilensis*), Colliguaya (*Colliguaja integerrima*) und Cunco (*Colletia spinosissima*) war im Sommer 1995 nahezu undurchdringlich (Photo 28; zu den Hartlaubgehölzen vgl. SCHMITHÜSEN 1954a; SCHLEGEL 1966, S. 183-204). Die Auflage aus trockenen hartlaubigen Blättern war sehr mächtig und der Bestand stark feuergefährdet. Fünf Jahre später vernichtete ein großflächiges, vom Menschen verursachtes Kronenfeuer weite Teile des Waldes (Photo 29).

Durchschnittlich 12 bis 15 m Höhe erreichen die Cipreses in Sierras de Bellavista und sind meistens zu ebenmäßigen Kegeln geformt. Nur sehr alte Exemplare haben kleine flache Kronen, welche die mächtigen rissigen Stämme freilegen (Photo 2). Vereinzelt zeugen tiefer angesetzte, sparrige tote Äste von dem einst fülligen Jugendkleid. Meist stocken die Cipreses in Abständen von zwei bis drei Kronenbreiten zueinander (Profil 12 u. 13), bilden aber auch Gruppen von vier bis sieben Bäumen. Bisweilen machen sie mehr oder weniger großen Lichtungen Platz, auf denen *Rosa moschata* aufblüht, begleitet von *Baccharis rhomboidalis*, *Azara integrifolia* und der klebrigen *Escallonia pulverulenta*. Der Jungwuchs dieser Sträucher drängt sich in erheblicher Anzahl um ältere Bäume, wo in seltenen Fällen auch Absenker bzw. Wurzelanschlag von *Austrocedrus* zu beobachten sind.

Häufigster Strauch im Ciprés-Wald Bellavistas ist der Litre (*Lithraea caustica*), welcher Mitte November seine weiß- bis beigefarbenen Blüten größtenteils noch in den rötlichgelben Knospen bewahrt (Photo 43). Ende Januar / Anfang Februar sind die meisten Litre-Sträucher in Bellavista schon verblüht und tragen reichlich winzige, braune Früchte in Form runder Plättchen. Sie öffnen sich Ende Februar / Anfang März (DONOSO 1994c, S. 54). Die gewellten Blätter von *Lithraea caustica* verraten das ungünstige Zusammentreffen von nachlassendem Wasser- und großzügigem Wärmeangebot im Frühsommer (kein harmonisches Längen- und Spreitenwachstum; siehe SCHWABE 1956, S. 167-168). Ein typischer Begleiter der Ciprés war in Bellavista der Boldo (*Peumus boldus*), der nicht höher als 900 m steigt. Auch seine Blätter haben aus erklärtem Grunde eingerollte Ränder. In dieser Höhe wird er allerdings nicht mehr von den Cipreses, sondern von den nordwestamerikanischen Radiata-Kiefern (*Pinus radiata*) umgeben. Diese neigen besonders in den heißeren tiefen Lagen wegen ihres schnellen (Längen-) Wachstums zu Wipfeldürre (vgl. SCHWABE 1956, S. 168).

GAJARDO (1993, S. 62) gliedert in seiner Klassifikation über die natürliche Vegetation Chiles eine „*Austrocedrus chilensis*-*Nothofagus obliqua*“-Gesellschaft als häufigste und charakteristischste Formation laubwerfender Wälder („Bosque Caducifolio de la mon-

taña“) aus. Aufgeführt sind jene Begleitarten, welche für die noch teilweise intakten Wälder von Bellavista typisch und je nach Lage variabel sind (vgl. Tab. 42).

Tab. 42 „Ciprés-Roble“ (*Austrocedrus chilensis-Nothofagus obliqua*)-Gesellschaft (GAJARDO 1993)

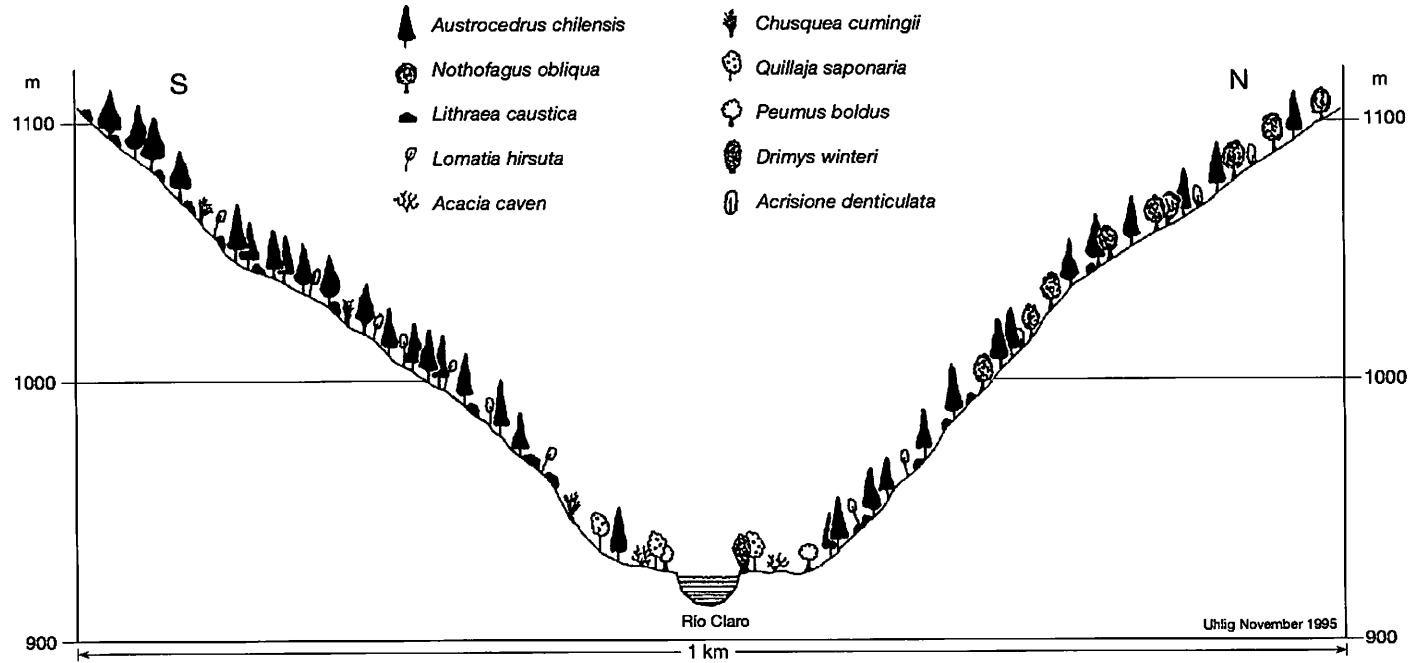
Dominante Arten („Especies representativas“)	<i>Austrocedrus chilensis, Nothofagus obliqua</i>
Codominante Arten („Especies acompañantes“)	<i>Aristotelia chilensis, Azara integrifolia, Baccharis rhomboidalis, Cryptocarya alba, Kageneckia oblonga, Lithraea caustica, Maytenus boaria</i>
Gelegentliche Arten („Especies comunes“)	<i>Escallonia pulverulenta, Hypericum perforatum, Lomatia hirsuta, Quillaja saponaria, Sophora macrocarpa</i>

Zu ergänzen ist noch *Chusquea quila*, eine häufig anzutreffende Bambusacee, die nach ihrer Blüte und Fruchtifizierung alle 15 bis 20 Jahre abstirbt, wie es im November 1995 in Bellavista zu beobachten war. Außerdem ist der stachelige Cunco (*Colletia spinosissima*) öfters eingemischt. Auf Sonnenhängen und stark beweideten Flächen häuft sich *Fabiana imbricata*, eine Solanacee mit winzigen Blütenkelchen und sehr reduzierten schuppenförmigen Blättchen. In der Krautschicht sind die hellgrünen Rosetten von *Eryngium paniculatum* allgegenwärtig, deren kräftige Rhizome sich in die reichlich vorhandenen Felsritzen schieben. Die zierlichen Stängel von *Monnina angustifolia* mit gelb-violetten Blüten treiben aus sehr kräftigen, verholzten und mehrfach verzweigten Stämmchen aus. Auch die meisten Pantoffelblümchen (*Calceolaria spec.*), deren üppiger gelber Blütenschmuck die Hänge betupft, weisen verholzte Stängel auf. Überall leuchten die orangefarbenen Blüten von *Alstroemeria spec.* (Alstroemeriaceae). Unauffälliger, aber recht häufig ist die weißblühende Orchidee *Chloraea spec.* vertreten.

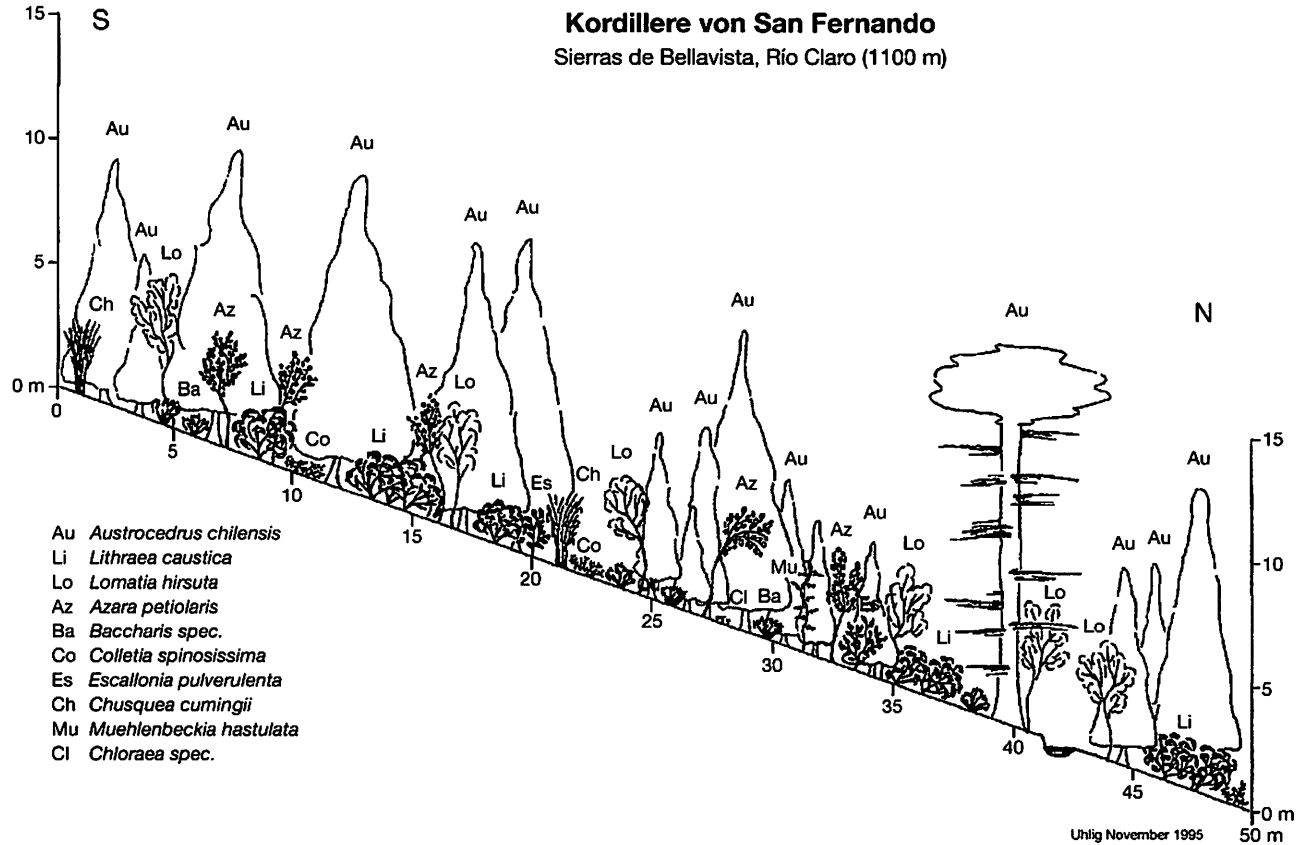
In ihrem Hauptverbreitungsgebiet zwischen 35° und 38° S schließen sich Cipreses zu überwiegend nordexponierten Reinbeständen („bosques puros“) zusammen sowie zu Mischwäldern mit sommergrünen *Nothofagus*-Arten auf nach Süden ausgerichteten Hanglagen. In dieser Breitenlage gedeiht sie an der Obergrenze des Matorral von der submontanen (600-700 m) bis zur hochmontanen Stufe und bildet zwischen 1100 und 1500 m den Grenzsaum zwischen den Südbuchenwäldern und dem niedrigen andinen Matorral („estepa andina“).

Die folgenden drei ausgewählten Standorte veranschaulichen den Biotopwechsel der Ciprés in vertikaler und horizontaler Nord-Süd-Erstreckung (vgl. LAUTENSACH 1952). Der planetarische Formenwandel schlägt sich besonders eindrucksvoll in der sich polwärts ändernden Artenzusammensetzung innerhalb der Ciprés-Wälder nieder, da sich immer mehr Elemente subantarktischer Herkunft in die chilenische Hartlaubflora mischen. Das Vorkommen bei Colorado (35°35' S) in der Präkordillere von Talca liegt in der submontanen Stufe. Die Wälder nordöstlich von Central los Cipreses (35°45' S) in der Kordillere von Talca und die Bestände westlich der Laguna del Laja (37°25' S) in der Kordillere von Los Ángeles gedeihen in der mitt- bis hochmontanen Stufe. Während die beiden ersten Standorte noch periodischer Sommertrockenheit unterliegen, tragen die sommerlichen Trockenzeiten an der Laguna del Laja schon schwach episodischen Charakter, weil sich dort das mediterrane und kühlgemäßigte Klima überschneiden (CONAF 1993b, S. 12; vgl. auch v. HUSEN 1967).

Übersichtsprofil bei Sierras de Bellavista (Kordillere von San Fernando)



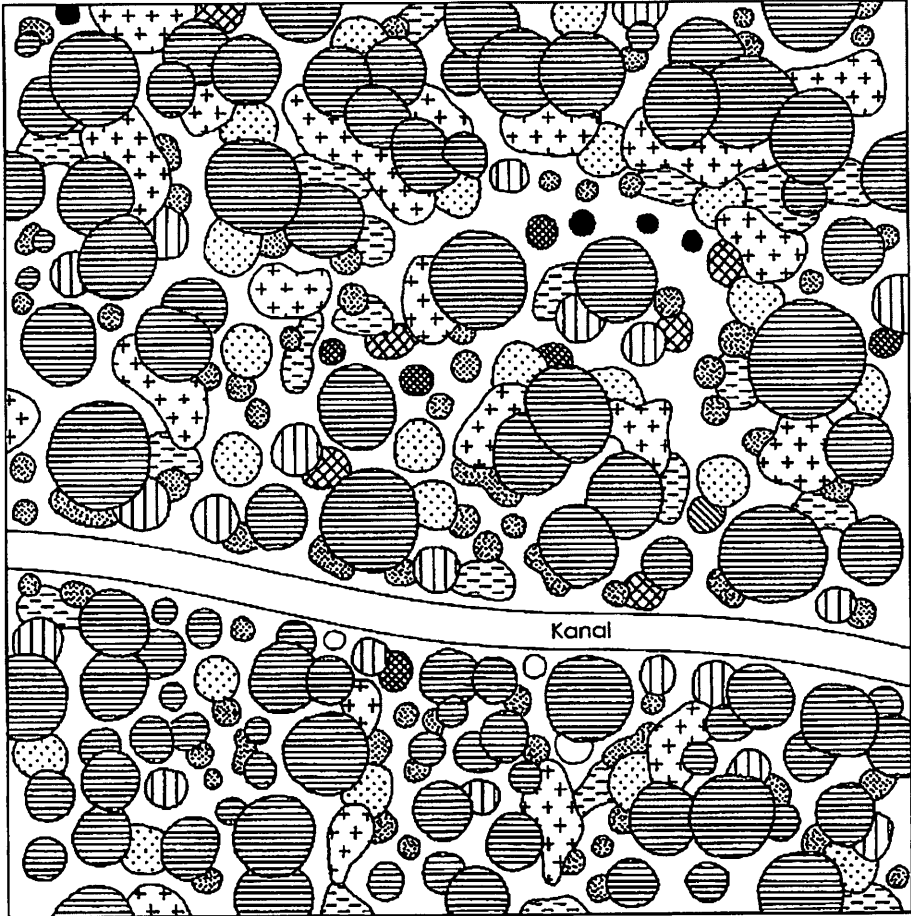
Profil 11 Transekt: Sierras de Bellavista, Río Claro / Cordillera de San Fernando (nördliches montanes Hauptverbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis*), (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)



Profil 12 Aufriss: Sierras de Bellavista, Río Claro / Cordillera de San Fernando (nördliches montanes Hauptverbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis*), (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)

Kordillere von San Fernando

Sierras de Bellavista, Río Claro (1100 m)



Austrocedrus chilensis



Aristotelia chilensis



Lithraea caustica



Colletia spinosissima



Lomatia hirsuta



Escallonia pulverulenta



Azara petiolaris



Cryptocarya alba



Baccharis spec.



Fabiana imbricata

0

10 m



Uhlig November 1995

Profil 13 Aufsicht: Sierras de Bellavista, Río Claro / Cordillera de San Fernando (nördliches montanes Hauptverbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis*), (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)

Bevor man in Colorado die *Austrocedrus*-Wälder erreicht, stocken tiefer in circa 400 m ü.NN dichte Peumo-Wälder (*Cryptocarya alba*), welche einen aromatischen Apfelduft ausströmen. Die immergrünen Blätter des Baumes sind an den stark kutinisierten Blattunterseiten leicht zu identifizieren. Der westexponierte Ciprés-Wald beginnt in knapp 600 m Höhe und mischt sich auf den nach Südwesten ausgerichteten Hängen allmählich unter die sonnendurchfluteten Hualo-Bestände (*Nothofagus glauca*), sommergrüne Südbuchen mit großen, rauen Blättern und einer schaumig wirkenden, rotbraunen Borke (vgl. Tab. 43). Während dem reinen Ciprés-Wald noch die üblichen hartlaubigen Sträucher beiwohnen, welche auch schon in Sierras de Bellavista wurzeln, gedeihen im Ciprés-Hualo-Mischwald bereits südliche Arten wie *Luma apiculata*, *Fuchsia magellanica* und die rotblühende chilenische Nationalblume *Lapageria rosea*. Die durchschnittlichen jährlichen Niederschläge liegen zwischen 1000 und 1500 mm. Im Vergleich dazu betragen diese in Talca, etwa 40 km weiter westlich in der Längssenke, weniger als 700 mm (QUINTANILLA 1983a, S. 53). ULRIKSEN (1979; in: TRICIO 1991, S. 4) gibt für Colorado einen durchschnittlichen Jahresniederschlag von 1442 mm an.

Tab. 43 „Ciprés-Hualo“ (*Austrocedrus chilensis*-*Nothofagus glauca*)-Gesellschaft (GAJARDO 1993)

Dominante Arten („Especies representativas“)	<i>Austrocedrus chilensis</i> , <i>Nothofagus glauca</i>
Codominante Arten („Especies acompañantes“)	<i>Baccharis rhomboidalis</i> , <i>Lomatia hirsuta</i>
Gelegentliche Arten („Especies comunes“)	<i>Colliguaja salicifolia</i> , <i>Gochmatia foliolosa</i> , <i>Lithraea caustica</i> , <i>Myoschilos oblonga</i>

Die Cipreses sind durchschnittlich 10 bis 15 m hoch und von sklerophyllem Unterwuchs umgeben, dessen Dichte variiert. Dort, wo das Gebüsch etwas aufgelichtet ist, stockt *Austrocedrus* auf teils sehr erodiertem Solum, wie es die unregelmäßige Korngrößensummenkurve zeigt (siehe Anhang 4, Nr. 91a+b). In diesem Zusammenhang ist die am Rande der recht großen, mit Erosionsgräben („erosión de cárcavas“) durchfurchten Lichtungen stattfindende reichhaltige Verjüngung der Ciprés interessant. Sämlinge („plantín“), häufig kleiner als 10 cm, säumen schmale Erosionsrinnen. Oft sind die Wurzelhalse durch die erosive Tätigkeit freigelegt. Dies scheint aber, vermutlich wegen der bereits im Keimstadium angelegten langen Pfahlwurzel, die Entwicklung des Bäumchens nicht zu beeinträchtigen. Bei einem Sämling von knapp 2 cm Länge konnte die Verfasserin nach vorsichtigem Ausgraben eine lange, dünne Pfahlwurzel von über 15 cm Länge freilegen (Photo 41). Eben dieses schnelle Wachstum in die Tiefe ist unbedingt notwendig, damit die Wasserversorgung des jungen Baumes gesichert ist.

DONOSO (1982, S. 141) beobachtet, bestätigt durch CHESNEY & al. (nicht veröff.) und IBARRA & MOURGUES (1976), dass sich der *Austrocedrus*-Wald hinsichtlich seiner Altersstruktur zwar offensichtlich gut verjüngen kann, allerdings keine Keimlinge („plántulas“, siehe DONOSO, CORTÉS & SOTO 1980, S. 100) zu finden sind – bis auf die Ausnahmen an jenen Erosionsgräben. Offensichtlich ist die Verjüngung hier sowie auch in Sierras de Bellavista in den letzten 10 bis 20 Jahren ausgefallen (zum Wachstum

der Ciprés in der Präkordillere von Talca siehe auch IBARRA 1991; zum Ausbleiben der Verjüngung siehe Kapitel 8.2).

Oberhalb von Colorado in der Kordillere von Talca stocken in der montanen bis hochmontanen Stufe ausgedehnte Ciprés-Wälder (Profil 14, 15 u. 16). Diese begleiten den Río Cipreses oberhalb seines Zusammenflusses mit dem Río Maule Richtung Osten bis zur Laguna Invernada, wo die Cipreses nur noch vereinzelt über dem tiefblauen Wasser der Talsperre gedeihen und bis knapp 1500 m die steilen Granitflanken erobern.

Im Tal des Río Cipreses kann man in kurzer Entfernung, zwischen Central Los Cipreses und der Laguna Invernada, den geschlossenen Wald und sein langsames Auslaufen gen ENE verfolgen (Photo 45). Die Ciprés wurzelt hier auf verschiedenen vulkanischen Substraten, v.a. auf vulkanischen Aschen, welche in unterschiedlichen Mächtigkeiten dem magmatischen Grundgestein aufliegen, sowie auf Hangschultern und am Fuße des Berges auf relativ tiefgründigen Aschenböden. Auf dem rotvioletten Lavastrom im Tal des Río Cipreses (Photo 45) beeindruckt die olivgrünen Kegel, welche ihre verschlungenen Wurzeln um die porösen Lavablöcke sortieren. Zum Talende hin wachsen gen Osten die letzten Cipreses auf Granit. Am Nordufer der Talsperre findet man nochmals eine kleine Ansammlung aus 30 bis 40 Bäumen auf Asche. Entsprechend den abnehmenden Niederschlägen lichtet sich der geschlossene Wald Richtung Osten stark auf (Profil 17).

Der Wald am nordöstlichen Dorfausgang von Central Los Cipreses (ENDESA) ähnelt in seinem Bestandsaufbau jenem in Bellavista. Teilweise keimen die Bäume in dichten Gruppen gleichen Alters, sodass kaum ein Sonnenstrahl den Boden erreicht. Ansonsten bilden sie die typischen lichtdurchfluteten Trockenwälder. Auf Lichtungen verjüngen sich reichlich *Baccharis* und *Colliguaja*, welche oftmals von *Mutisia* durchsponnen werden. Letztere verwächst auch ohne Stützpflanze an lichten Plätzen zu kniehohen, wirren Knäueln. In der Baumschicht dominieren wie auch in den nördlichen Wäldern diverse *Azara*-Arten und *Lomatia hirsuta*.

Das Flussufer begleitet *Hydrangea serratifolia* zusammen mit der hier seltenen *Escallonia rubra*. Erstere fällt durch ihre traubengroßen, gelbgrünen Knospen auf, welche Anfang Januar aufbrechen und große, weiße Dolden hervorbringen. Ein weiterer typischer Begleiter ausgetrockneter Bachläufe ist *Aristotelia chilensis*, deren Blätter in Form und Größe stark variieren können, jedoch an ihren rötlichen Stängeln und Blattstielen leicht zu erkennen ist. Hinzu kommen *Maytenus boaria*, *Azara serrata*, *Baccharis concava* und *Schinus spec.* In zeitweise nicht wasserführenden Bachbetten leuchten schon Anfang Dezember die gelb-orangen, zu einer Kugel angeordneten Blüten von *Buddleia globosa*.

Auf dem wenig bewachsenen Lavastrom in der Talmitte herrscht *Tetraglochin alatum* vor, ein knöchel- bis kniehocher sparriger Strauch mit winzigen Blüten und rotgelben, dreikantigen Samenkapseln. Auf diesen trockenen Standorten erscheinen auch *Fabiana imbricata*, *Ephedra chilensis (andina)* sowie vereinzelt *Discaria spec.* und eine der unzähligen strauchigen *Adesmia*-Arten.

Zum Talende hin wurzeln auf einem Lavastrom, der mit einer 50 bis 100 cm mächtigen Ascheschicht überlagert ist, neben vereinzelt Cipreses nur *Tetraglochin alatum*

und üppige gelbe Büschel einer weißbehaarten *Senecio*-Art. Erst hangaufwärts über dem anstehenden Granitgestein, wo die Asche sich ob des starken Gefälles nicht halten konnte, nimmt die Artenzahl wieder beträchtlich zu und zeigt ein unter der heißen Sonne schillerndes Farbenspiel. *Puya berteroniana* hält ihren terminalen Blütenstand mit dicht gedrängten blauviolett, klebrigen Blüten, welcher einer dicht beblätterten Rosette entwächst, über den steilen Abgrund (Tafel 6, Photo 45). Unterhalb dieser 2 m hohen Bromeliaceae gedeihen rosafarbene Pantoffelblümchen (*Calceolaria spec.*), besetzt mit winzigen schwarzen Pünktchen. Am Ende des dünnen, bis zu 40 cm langen Stängels wippen 10 bis 15 Blüten. Auch sie sind Rosettenpflanzen, deren Blätter ein silbrigweißes Haarkleid tragen. In Erosionsrinnen, die im Frühjahr das Schmelzwasser ableiten, wächst ein mannshohes Gebüsch aus *Cryptocarya alba*.

Tafel 6 Vegetationszusammensetzung eines *Austrocedrus*-Bestandes in Central los Cipreses in der östlichen Cordillere von Talca (zur Flora des Ciprés-Waldes der westlichen Cordillere von Talca / chilenische Elektrizitätsgesellschaft ENDESA bei 1000 m ü.NN siehe Anhang 12)

Central Los Cipreses

ENDESA / Laguna Invernada (35°43' S, 70°48' W, 1300 m)

domin.: Bs: *Austrocedrus chilensis*

codomin.: Ss: *Cryptocarya alba*, *Discaria trinervis*, *Tetragochin alatum*

Ks: *Adesmia spec.*, *Puya berteroniana*, *Senecio spec.*

gelegentl.: Ss: *Azara petiolaris*, *Buddleja globosa*, *Chuquiraga oppositifolia*,
Retanilla ephedra

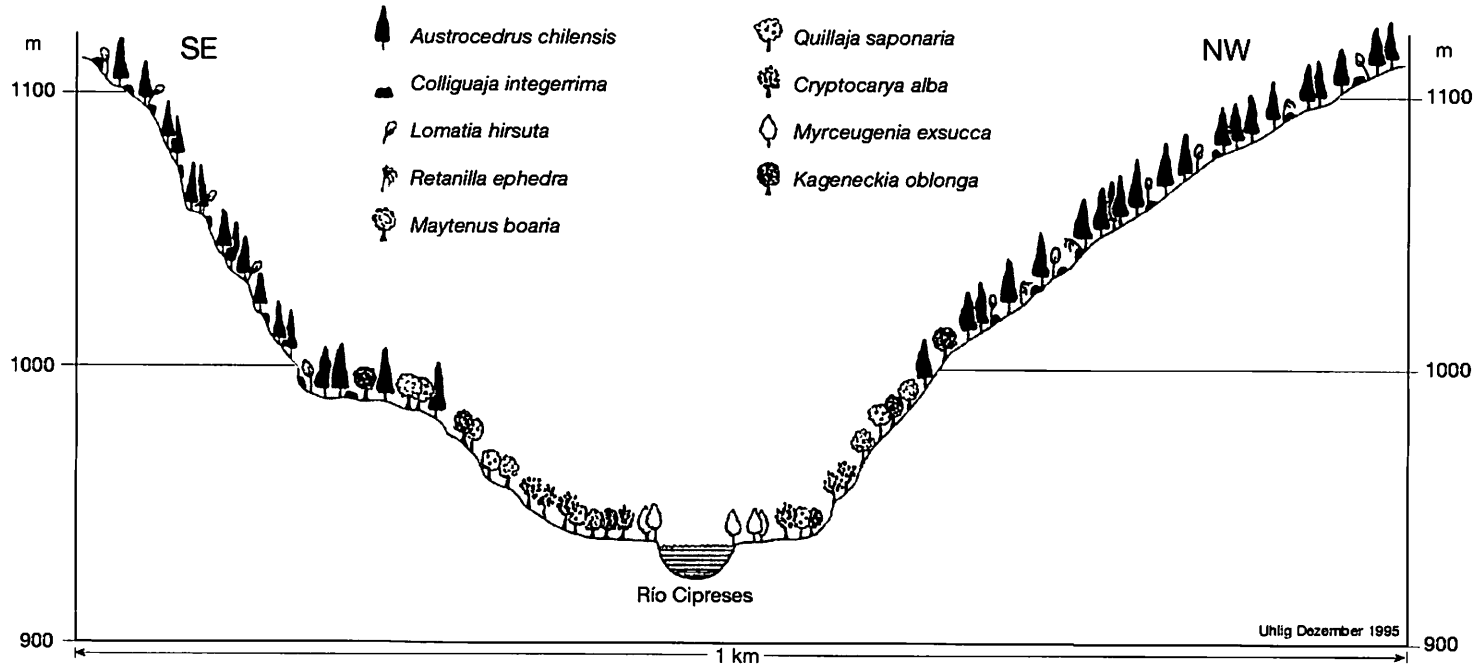
Ks: *Calceolaria spec.*, *Eryngium paniculatum*

selten: Ks: *Chloraea spec.*, *Schizanthus spec.*, *Sisyrinchium spec.*

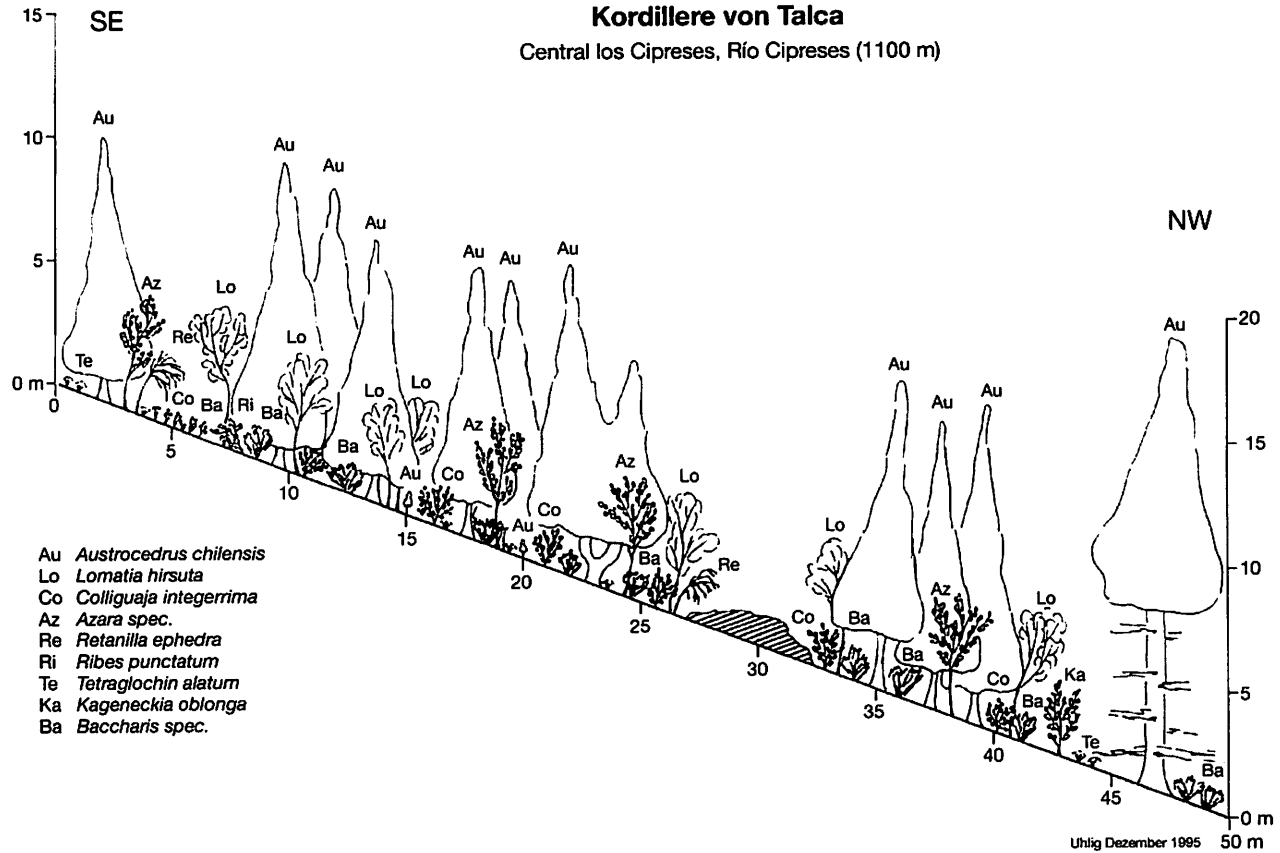
Seine lebendige naturräumliche Ausstattung mit der weithin sichtbaren jüngsten vulkanischen Vergangenheit sowie dem dichten Gewässernetz verleihen dem Parque Nacional Laguna del Laja ein eigenes, mit herrlichen Kontrasten gefülltes Gepräge. Zu beiden Seiten des Río Laja erheben sich mit schwarzen Aschen bekleidete Talflanken, auf denen am Hangfuß und höher in etwa 1000 bis 1500 m ü.NN Ciprés-Wälder stocken (Photo 47 u. 48). Die südexponierten Hänge werden von Ciprés-Coihue-Mischwäldern eingenommen. Auf den nach Norden ausgerichteten Bergflanken wachsen reine *Austrocedrus*-Wälder; *Nothofagus dombeyi* ist dort gelegentlich in Bachnähe anzutreffen. Entlang des Río Laja, von Abanico in Richtung Osten, immer mit Blick auf den ebenmäßigen, schwarzen Vulkankegel des Antuco, wurzeln einzelne Cipreses in weiträumiger Anordnung auf dem das Tal ausfüllenden Lavastrom.

Wasserläufe verschwinden abrupt, verlaufen dann unterirdisch, um sich bald als Wasserfall wieder herabzustürzen. An diesen luftfeuchten Stellen scheint ein Stück des Kleinen Südens gen Norden gerückt zu sein. Drei Meter hohe Fuchsien (*Fuchsia magellanica*) blühen prächtig auf, lassen sich vom Sprühwasser benetzen und von der immergrünen Coihue (*Nothofagus dombeyi*) beschatten. Moosteppiche und große Farne (*Blechnum chilense*) verhüllen die Lavablöcke. *Gunnera chilensis* wurzelt mit ihren imposanten Rhizomen im Bachbett und ihre riesigen Blätter bilden eine ständige Ufereskorte.

Übersichtsprofil bei Central los Cipreses (Kordillere von Talca)

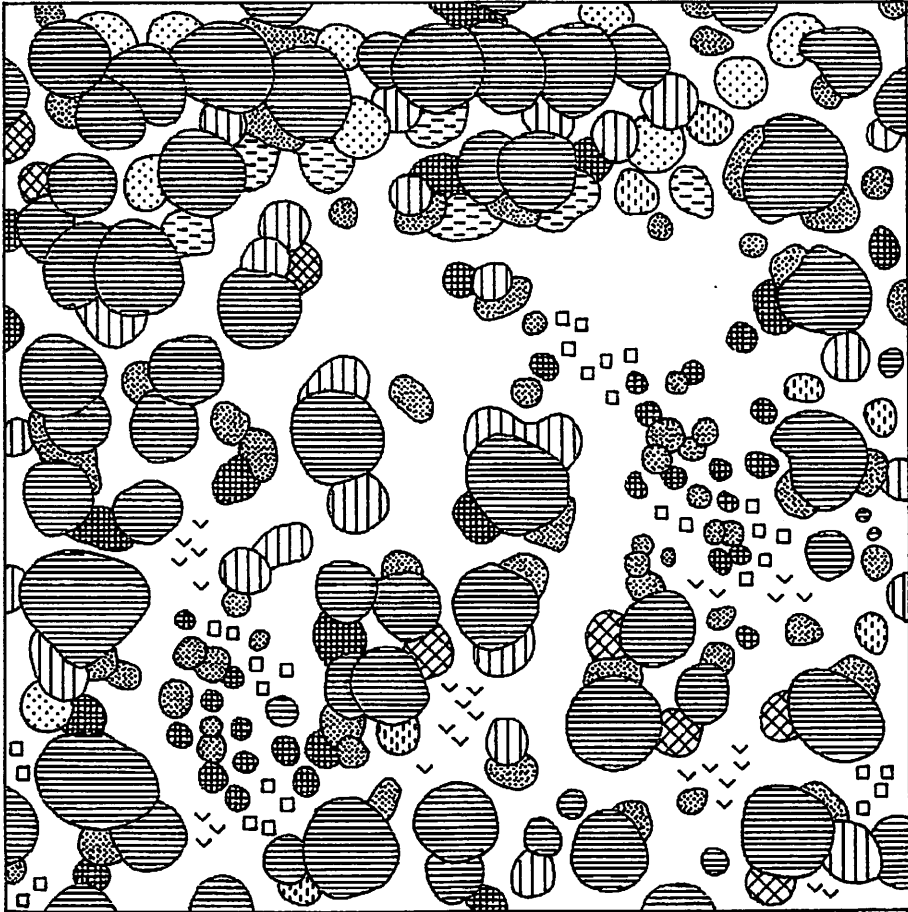












Profil 14 Transekt: Central los Cipreses / Cordillera de Talca (zentrales montanes Hauptverbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis*), (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)



Profil 15 Aufriss: Central los Cipreses / Cordillera de Talca (zentrales montanes Hauptverbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis*), (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)

Kordillere von Talca
 Central los Cipreses, Río Cipreses (1100 m)



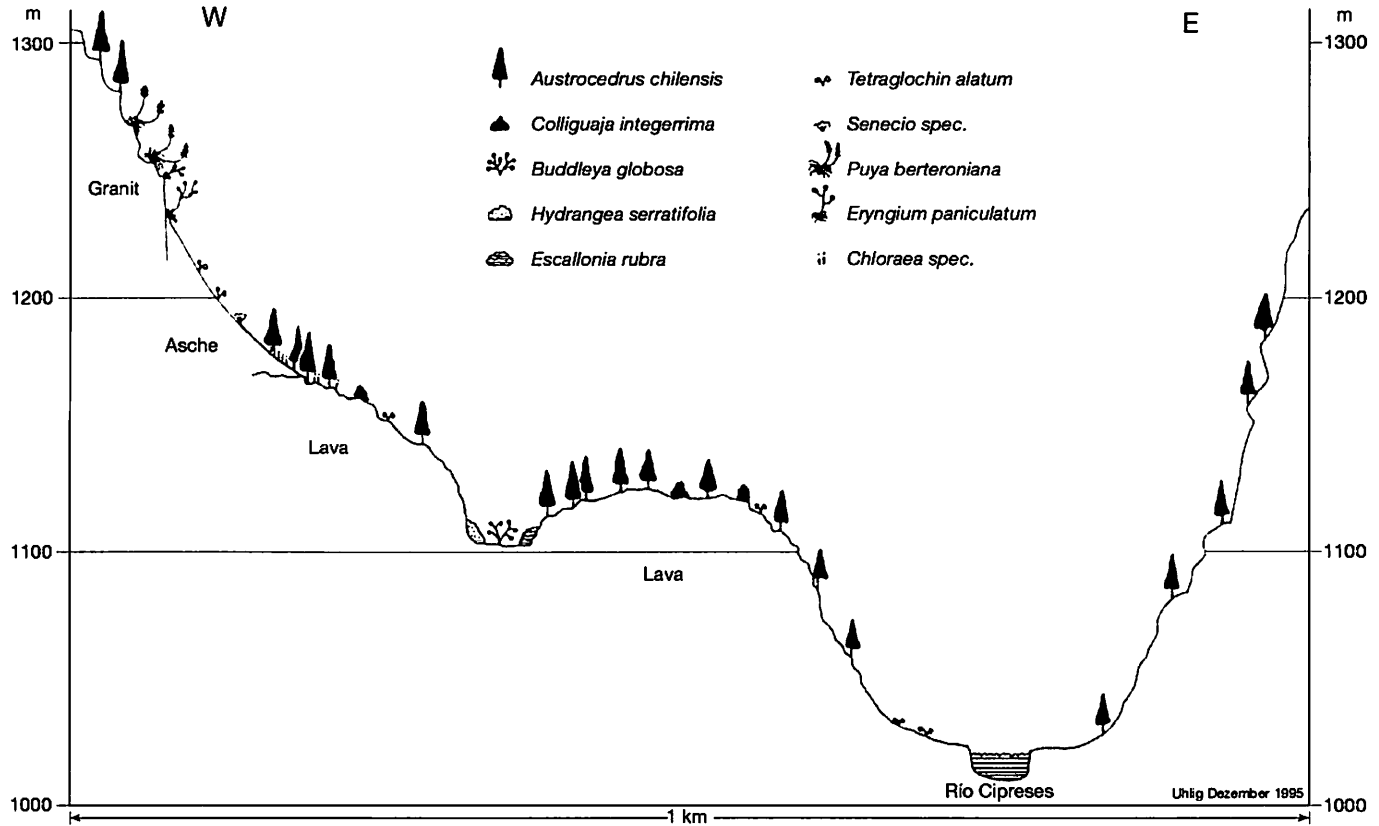
- | | | | |
|--|-------------------------------|---|------------------------------|
|  | <i>Austrocedrus chilensis</i> |  | <i>Baccharis spec.</i> |
|  | <i>Lomatia hirsuta</i> |  | <i>Ribes punctatum</i> |
|  | <i>Colliguaja integerrima</i> |  | <i>Tetraglochin alatum</i> |
|  | <i>Azara spec.</i> |  | <i>Wendtia gracilis</i> |
|  | <i>Colletia spinosissima</i> |  | <i>Aristotelia chilensis</i> |

0 10 m

Uhlig Dezember 1995

Profil 16 Aufsicht: Central los Cipreses / Cordillera de Talca (zentrales montanes Hauptverbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis*), (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)

Übersichtsprüfil südlich der Laguna Invernada (Kordillere von Talca)



Profil 17 Transekt: Laguna Invernada / Cordillera de Talca (östliches montan- / hochmontanes Hauptverbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis*), (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)

Folgend soll der Ciprés-Wald an drei verschiedenen Standorten vorgestellt werden. Der teils dichte, teils lichte Ciprés-Wald auf vulkanischer Asche (Tafel 7; Profil 18, 19 u. 20; Photo 47 u. 48) und der Offenwald auf poröser Lava (Tafel 7, Profil 22, Photo 24) tragen geländeklimatisch und floristisch trockene Züge, während die stark mit Flechten behangenen Cipreses (Tafel 7, Profil 21) am Zusammenfluss (Wasserfall) des Río Laja mit dem Estero el Toro sowie die Begleitvegetation an den Ufern des Río Laja eher ein feuchteres Klimatop darstellen. Allen Standorten gemeinsam ist das reichhaltige Vorkommen der Proteacee *Orites myrtoidea* (Photo 48). Floristisch unterscheiden sich die trockenen von den feuchteren Geländeklimaten insofern, als ersteren xeromorphe Arten beitreten, beispielsweise *Ephedra andina* und der winzige, polsterbildende Kaktus *Maihuenia poeppigii*. Auf südliche Spezies, z. B. *Fuchsia magellanica* und *Escallonia rubra*, trifft man dagegen an Orten mit höherer Luftfeuchte.

Entlang der Schotterstraße von Abanico Richtung Laguna del Laja stocken die Cipreses zumeist als 10 bis 15 m hohe Kegel auf junger vulkanischer Asche (Photo 47). Die Mächtigkeit der Aschendecke über dem basaltischen Gestein variiert je nach Zustand des Reliefs zwischen weniger als 50 cm bis mehr als 100 cm. Häufigster Begleiter der Ciprés ist der Radal enano (*Orites myrtoidea*), eine sehr dicht verzweigte, relativ kleinblättrige Proteacee. Im Winter (weil ehemals an subtropisches Klima mit Sommerregen angepasst) und im Frühling schmückt sich der ein bis zwei Meter hohe Strauch mit üppigen roten Blüten. Mit weitaus kleinerer Gestalt, dafür aber mit unzähligen Individuen, bedeckt *Gaultheria (Pernettya) pumila*, eine Ericacee mit winzigen weißen Blüten, große Flächen des Waldbodens (Photo 48). Sie ist ein sparriger, 15 bis 30 cm hoher Zwergstrauch mit kleinen, weitständig angeordneten Blättchen, sodass der Waldboden nur geringfügig beschattet wird. Folglich wurzeln in ihrer Gesellschaft viele sonnenhungrige Kräuter, z. B. *Senecio spec.* und Erdorchideen sowie Jungwuchs von *Baccharis spec.*, *Fabiana imbricata* oder *Lomatia hirsuta*. Als Vertreter der Cactaceae schließt sich *Maihuenia poeppigii* zu 30 bis 50 cm breiten Polstern zusammen. Neben schon bekannten Arten wie *Aristotelia chilensis*, *Colletia spinosissima*, *Rosa moschata*, *Mutisia spinosa* und *Tetraglochin alatum* kommt *Maitenus chubutensis* hinzu, ein Strauch mit ledrigen, dunkelgrünen Blättern. In seinem argentinischen Verbreitungsgebiet überschreitet er nicht die 1000 m-Isohypse.

Bezüglich der Artenzusammensetzung unterscheidet sich der Ciprés-Bestand auf dem Lavastrom im Tal des Río Laja nur unerheblich von dem oben beschriebenen Ciprés-Wald. Es handelt sich um einen stark aufgelichteten Bestand kleiner, durchschnittlich 3 bis 4 m hoher Bäumchen. Das untere Astwerk ist bis knapp ein Meter Höhe über der Erdoberfläche sehr dicht und üppig, da es durch die mächtige winterliche Schneedecke vor Eisgebläse geschützt ist. Unmittelbar darüber sind die Stämmchen oft kahl, um dann in einer zerzausten Krone zu enden. Gelegentlich sind die Baumwipfel durch Schneebruch gänzlich gekappt. Die schwach ausgeprägte Strauchschicht lässt viel Platz und Licht für bis zu ein Meter breite *Maihuenia*-Polster und die sparrigen Zwergsträucher von *Ephedra andina*. Unter den Kräutern fallen besonders die orange-farbenen Farbtupfer von *Quinchamalium chilense* auf.

Tafel 7 Vegetationszusammensetzung eines *Austrocedrus*-Bestandes im Parque Nacional Laguna del Laja in der Kordillere von Talca in Chile

Parque Nacional Laguna del Laja (Chile)

Río Laja (37°23' S, 71°23' W, 1000-1300 m)

domin.: Bs: *Austrocedrus chilensis*

codomin.: Bs: *Nothofagus dombeyi*

Ss: *Gaultheria pumila*, *Lomatia hirsuta*, *Orites myrtoidea*

gelegentl.: Bs: *Myrceugenia exsucca*, *Salix chilensis*

Ss: *Aristolelia chilensis*, *Baccharis salicifolia*, *Baccharis spec.*, *Buddleya globosa*, *Colletia spinosissima*, *Cortaderia spec.*, *Escallonia rubra*, *Fabiana imbricata*, *Fuchsia magellanica*, *Hydrangea serratifolia*, *Maihuenia poeppigii*, *Rosa moschata*, *Tetraglochin alatum*

Ks: *Blechnum chilense*, *Ephedra andina*, *Gunnera chilensis*, *Mutisia spinosa*, *Quinchamalium chilense*, *Rumohra adiantiformis*, *Wendtia gracilis*

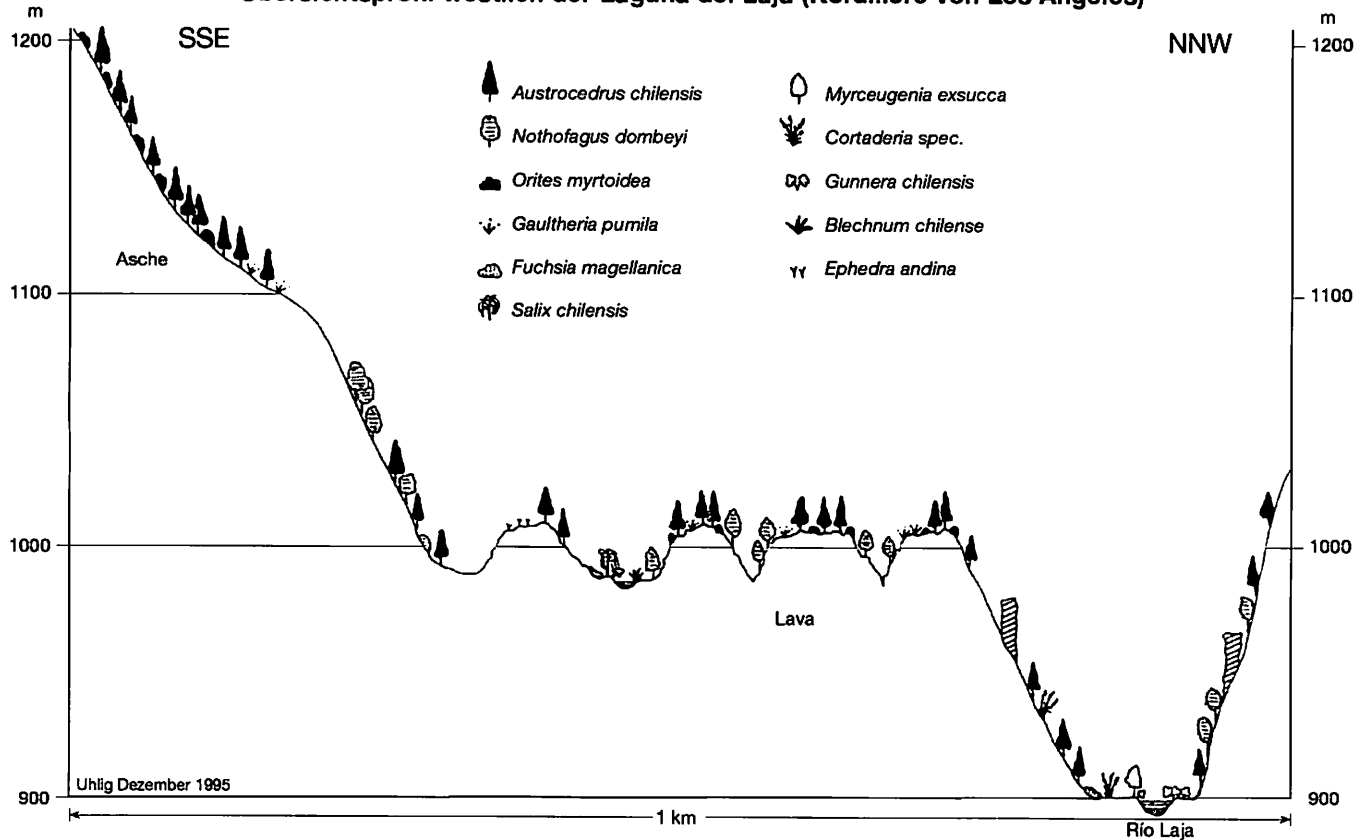
selten: Ss: *Maytenus chubutensis*

Einen urwaldähnlichen Charakter vermitteln dagegen die dicht stehenden Cipreses am Wasserfall des Río Laja (Profil 21), wozu sicherlich die langen gelben Strähnen einer Bartflechte beitragen, die sich in großer Fülle über die Äste legen. Der Waldboden wird völlig von *Rumohra adiantiformis* und einer *Festuca*-Art bedeckt, durchwebt von noch unverholzten jungen Trieben der *Hydrangea serratifolia*, die in ihrer Eigenschaft als Schlingpflanze („enredadera“) ein dichtes Netz von „Fußfallen“ bildet, bis sie auf einen Strauch oder Stamm stößt, der sie zum Licht führt. Häufige Sträucher sind neben dem Radal enano auch *Escallonia rubra* und *Fuchsia magellanica* sowie *Maytenus chubutensis*. *Lomatia hirsuta* erreicht die Größe eines kleinen Bäumchens. An den Bachläufen wächst *Blechnum chilense*, ein Farn mit über ein Meter langen Wedeln.

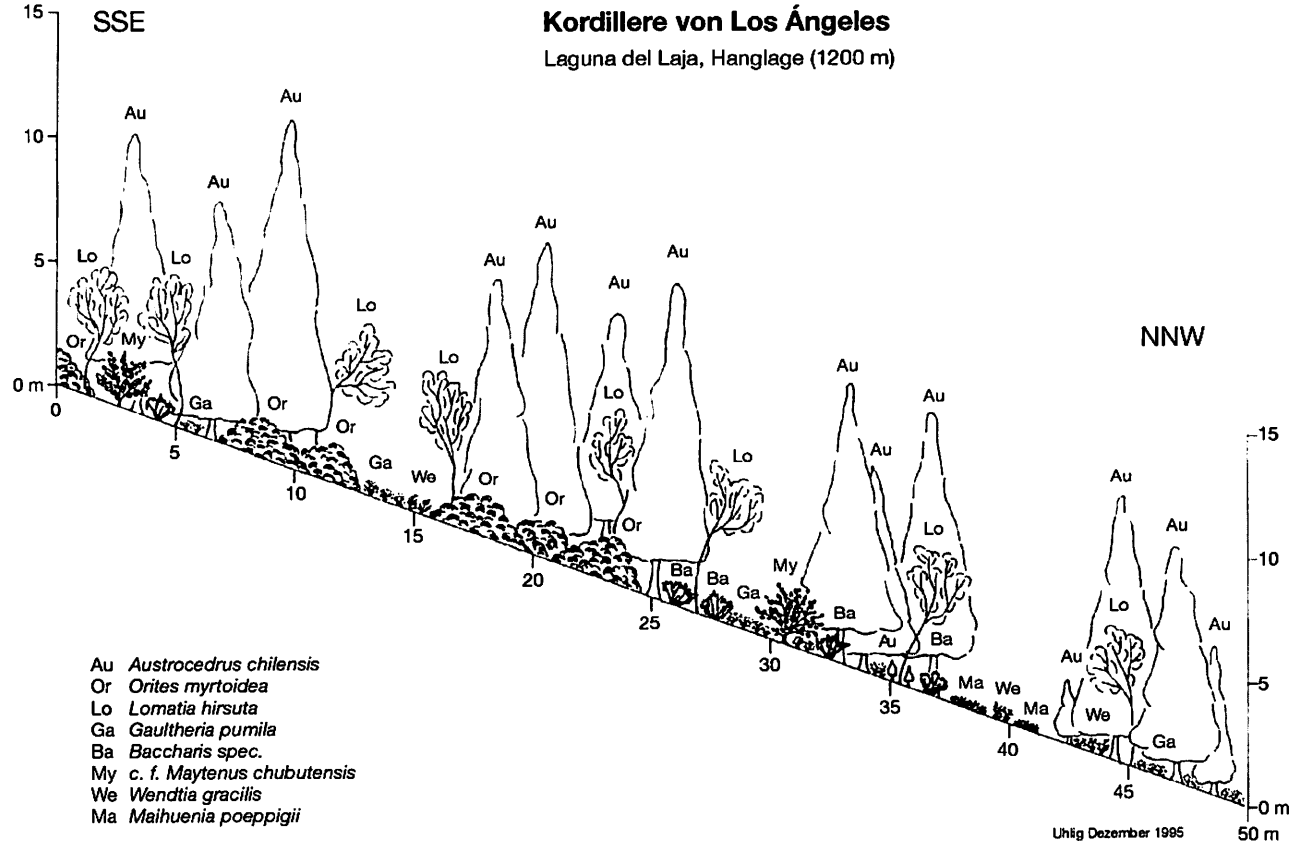
An den Ufern des Río Laja wurzeln mächtige Exemplare von *Austrocedrus chilensis* und *Nothofagus dombeyi*. Neben den genannten typischen Begleitarten kommen *Baccharis salicifolia* und die als „Pampagras“ bekannte Gattung *Cortaderia* hinzu. Unmittelbar am Wasser wurzeln, zwischen Blättermeeren aus *Gunnera spec.*, *Myrceugenia exsucca* und gelegentlich auch *Salix chilensis*.

In Argentinien setzt sich das Verbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis* südlich des 39. bis knapp zum 44. Breitengrad fort – und zwar, in auffälligem Gegensatz zum Verbreitungsmuster von *Calocedrus decurrens*, als geschlossener Waldgürtel. Viel bestaunt und beschrieben ist die sehr rasche Niederschlagsabnahme auf kurzer Distanz mit dem damit verbundenen Wechsel der Vegetationszusammensetzung (LJUNGNER 1959, S. 136; HUECK 1966; SEIBERT 1972, S. 278-291; SEIBERT 1977, S. 513-515; DIMITRI 1972), oft dargestellt in der Breitenlage des Lago Nahuel Huapi (Profil 23). Vom Cerro Otto bei San Carlos de Bariloche kann man den gesamten Übergang von den Urwäldern bei Puerto Blest bis in die patagonische Steppe überblicken.

Übersichtsprofil westlich der Laguna del Laja (Kordillere von Los Ángeles)



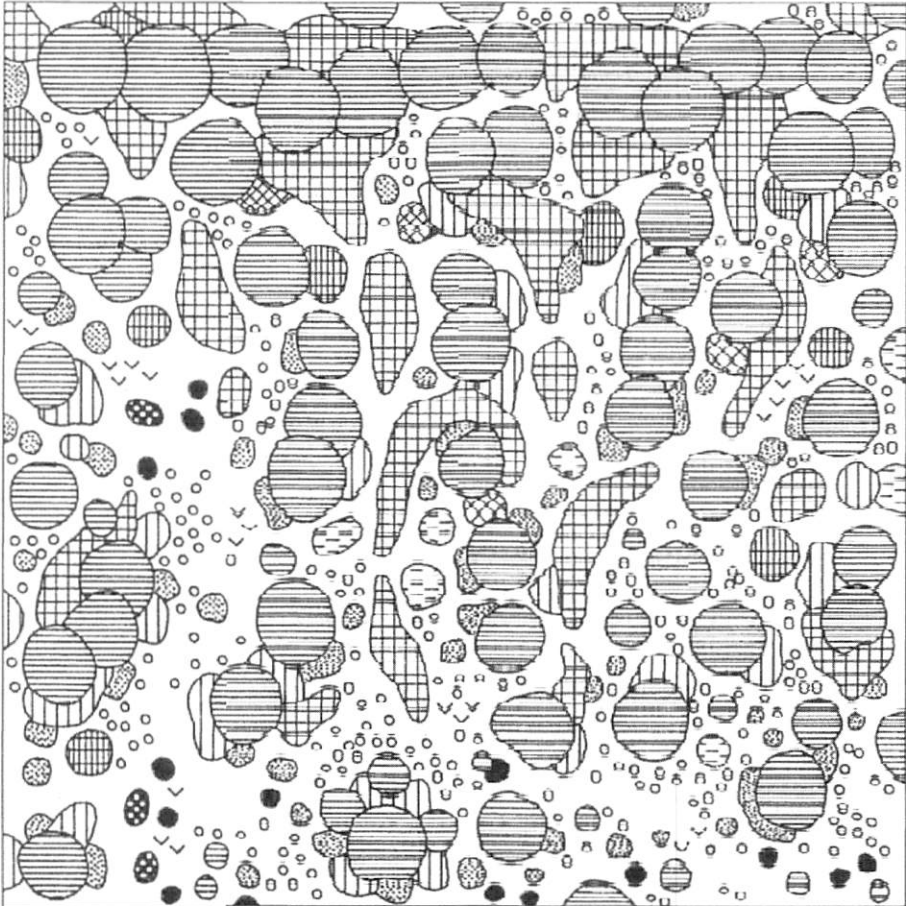
Profil 18 Transekt: Río Laja, Parque Nacional Laguna del Laja (südliches montanes Hauptverbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis*), (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)



Profil 19 Aufritt: Río Laja, Parque Nacional Laguna del Laja, Hanglage (südliches montanes Hauptverbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis*), (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)

Kordillere von Los Ángeles

Laguna del Laja, Hanglage (1200m)



 *Austrocedrus chilensis*

 *Orites myrtoidea*

 *Lomatia hirsuta*


 *Gaultheria pumila*

 *Baccharis spec.*

 *c. f. Maytenus chubutensis*

 *Colletia spinosissima*

 *Tetraglochin alatum*

 *Aristotelia chilensis*

 *Maihuenia poeppigii*

 *Fabiana imbricata*

 *Wendtia gracilis*

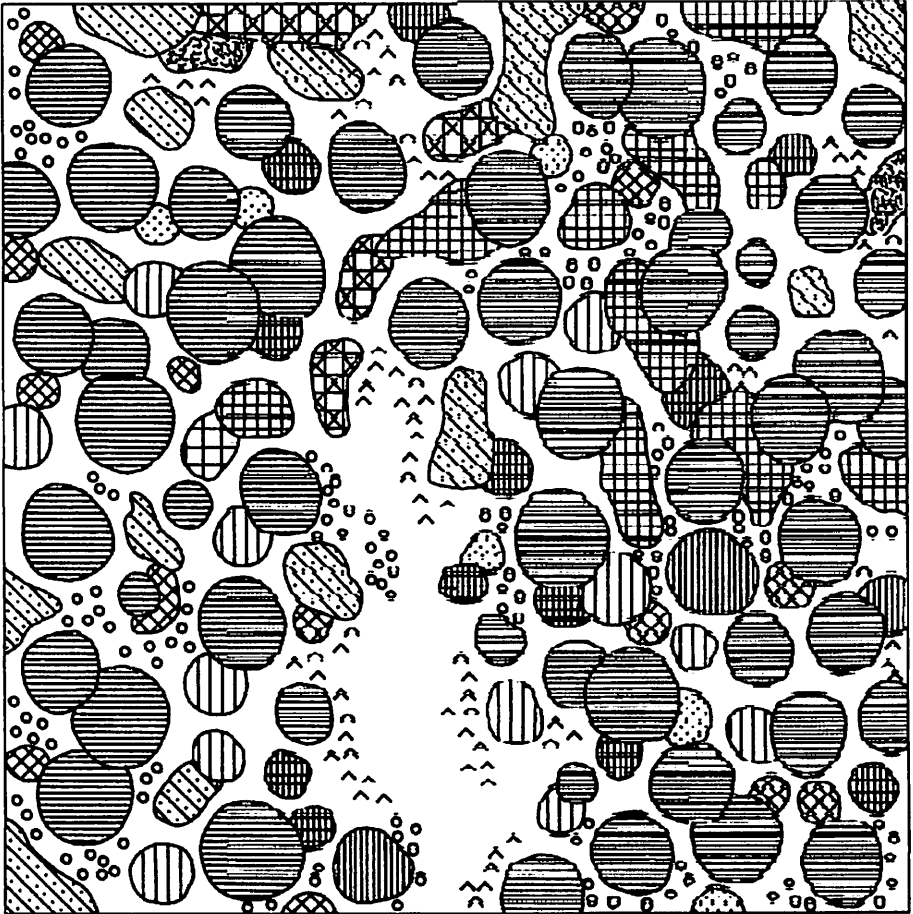
0 10 m

Uhlig Dezember 1995

Profil 20 Aufsicht: Río Laja, Parque Nacional Laguna del Laja, Hanglage (südliches montanes Hauptverbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis*), (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)

Kordillere von Los Ángeles

Laguna del Laja, Wasserfall (1000m)



 *Austrocedrus chilensis*

 *Nothofagus dombeyi*

 *Orites myrtoidea*

 *Lomatia hirsuta*

 *Hydrangea serratifolia*

 *c. f. Maytenus chubutensis*

 *Escallonia rubra*

 *Fuchsia magellanica*

 *Azara spec.*

 *Gaultheria pumila*

 *Rumohra adiantiformis*

 *Aristotelia chilensis*

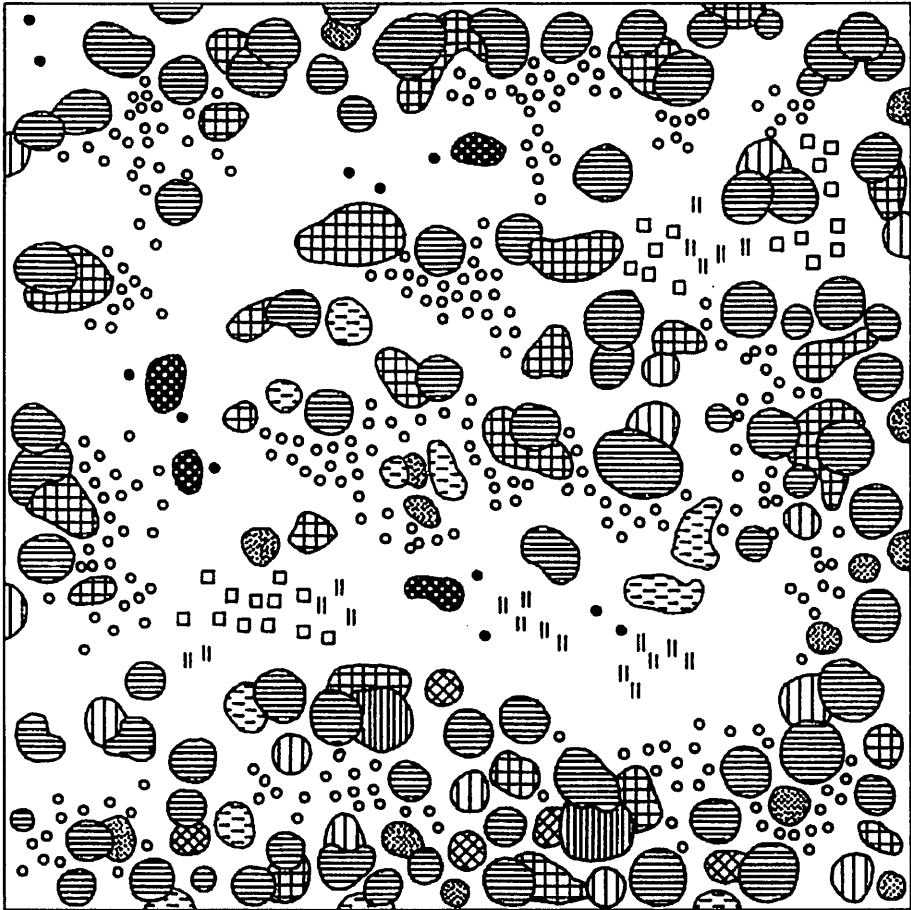
0 10 m

Uhlig Dezember 1995

Profil 21 Aufsicht: Rio Laja, Parque Nacional Laguna del Laja, Wasserfall (südliches montanes Hauptverbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis*), (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)

Kordillere von Los Ángeles

Laguna del Laja, Lavastrom (1000m)



 *Austrocedrus chilensis*

 *Nothofagus dombeyi*

 *Orites myrtoidea*

 *Lomatia hirsuta*

 *Gaultheria pumila*

 *Ephedra andina*

 *Baccharis spec.*

 *Colletia spinosissima*

 *Tetraglochin alatum*

 *Aristotelia chilensis*

 *Maihuenia poeppigii*

 *Quinchamalium chilense*

0  10 m

Uhlig Dezember 1995

Profil 22 Aufsicht: Rio Laja, Parque Nacional Laguna del Laja, Lavastrom (südliches montanes Hauptverbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis*), (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)

Von Westen nach Osten folgen auf dichte *Nothofagus*-Wälder Mischwälder der Südbuchen mit *Austrocedrus chilensis* (Photo 59 u. 60; zur Sukzession vgl. DEZOTTI 1996, S. 125-137). Diese gehen bei circa 1000 mm Jahresniederschlag in reine Ciprés-Wälder über (Photo 49 u. 61), welche sich im Übergang zur argentinischen Steppe in Ciprés-Offenwälder auflösen (Photo 50 u. 51) und schließlich in Form kleiner Einzelbäumchen verlieren (Photo 80 u. 81). Die Ciprés besiedelt folglich den floristischen und klimatischen Übergangsraum (Ökoton) zwischen den sommer- und immergrünen Laubwäldern einerseits und der patagonischen Steppe andererseits (Photo 78 u. 79).

LJUNGNER (1959, S. 136) teilt dieses Übergangsgebiet von Westen nach Osten in vier Zonen ein. Die erste Zone bis 71°34' W bilden reine Wälder mit *Nothofagus dombeyi*. Die zweite Zone erstreckt sich von 71°34' bis 71°30' W. Dort stockt die Coihue auf den Südhängen, während die Ciprés die nordexponierten Berggücken aufsucht. Hin und wieder findet man sie auch in die Coihue-Wälder eingestreut. Den dritten Abschnitt bis 71°10' W nennt LJUNGNER „Galeriewald“, ein Mosaik aus Steppe und Wald. Auch ERIKSEN (1972, S. 58) bemerkt das „galeriewaldartige“ Vorstoßen des Waldes Richtung Osten entlang feuchter Täler. Östlich von 71°10' W schließt sich als vierte Zone die Steppe an. Ähnlich wie die Ciprés in ihrem nördlichsten chilenischen Areal mit abnehmenden Niederschlägen die feuchten südexponierten Bergflanken bevorzugt (vgl. auch GARLEFF 1977, S. 22), sucht sie in Argentinien gen Osten ebenfalls die Schatthänge auf, wie es von LJUNGNER (1959, S. 131) treffend formuliert wird: „[...] und weiter im Osten kann der Südhang einen prächtigen Wald tragen, während der entsprechende Nordhang nur trockene Grassteppe aufweist.“

In diesem Kapitel soll – neben der Darstellung der in Ost-West-Richtung herrschenden klimatischen und floristischen Übergänge (Profil 23) von den dichten Mischwäldern mit *Nothofagus spp.* über die Reinbestände der Ciprés mit sklerophyllem Unterwuchs bis zu den stark aufgelichteten Ciprés-Beständen mit *Mulinum spinosum* – der geschlossene Waldgürtel von *Austrocedrus chilensis* (Tafel 8; Photo 49, 50 u. 51) behandelt werden. Ein solcher geschlossener Waldgürtel fehlt dem leewärtigen Verbreitungsgebiet von *Calocedrus decurrens* östlich der Kaskaden Oregons. Nach der Gliederung von LJUNGNER (1959) handelt es sich hierbei um die zweite und den westlichen Rand der dritten Zone (bei Villa Traful, Bariloche und El Bolsón) zwischen 71°34' und 71°10' W.

Drei Teilareale des leewärtigen Verbreitungsgebietes von *Austrocedrus* werden wegen ihrer klimatischen, pflanzengeographischen und ökologischen Parallelen mit *Calocedrus* in gesonderten Kapiteln behandelt:

- Die klimatischen Übergangsgebiete zwischen 38° und 39° S mit einem Wechsel der Ciprés vom Luv ins Lee der Anden (Kapitel 6.3.2) zwischen dem Volcán Lanín und dem Río Aluminé (zweite und dritte Zone nach LJUNGNER 1959).
- Die polwärtigen Vorkommen (Kapitel 6.4.2) im Einzugsgebiet des Río Futaleufú und des Río Palena im chilenisch-argentinischen Grenzgebiet (zweite und dritte Zone nach LJUNGNER 1959).
- Die östlichsten Vorkommen (Kapitel 6.7.2) zwischen den beiden Städtchen Aluminé und Palena; als Beispiele dienen die *Austrocedrus*-Bestände bei Esquel am Río Desaguadero und bei Confluencia im Valle Encantado (dritte Zone nach LJUNGNER 1959).

Tafel 8 Vegetationszusammensetzung eines *Austrocedrus*-Bestandes am Lago Traful in der argentinischen Andenpräcordillere

Lago Traful (Argentinien)

Villa Traful (40°40' S, 71°30' W, 900 m)

domin.: Bs: *Austrocedrus chilensis*

Ss: *Lomatia hirsuta*

codomin.: Bs: *Lomatia hirsuta*, *Maitenus boaria*

Ss: *Aristotelia chilensis*, *Azara microphylla*, *Baccharis obovata*, *B. racemosa*, *Berberis buxifolia*, *Chusquea coleu*, *Colletia hysterix*

Ks: *Acaena pinnatifida*, *Adiantum chilense*

gelegentl.: Bs: *Aextoxicon punctatum*, *Aristotelia chilensis*, *Drimys winteri*, *Maitenus distichia*, *Persea lingue*, *Schinus patagonicus*

Ss: *Berberis darwinii*, *Buddleja globosa*, *Discaria serratifolia*, *Escallonia rubra*, *Fabiana imbricata*, *Fuchsia magellanica*, *Gevuina avellana*, *Myoschilos oblongum*, *Pernettya poeppigii*, *Ribes magellanicum*, *Wendtia gracilis*; Lianen: *Dioscorea brachybotrya*, *Lathyrus hookeri*, *Mutisia decurrens*, *M. spinosa*, *Vicia nigricans*

Ks: *Acaena ovalifolia*, *Eryngium paniculatum*, *Fragaria chiloensis*, *Gavilea glandulifera*, *Gunnera chilensis*, *Haplopappus spec.*, *Mulinum spinosum*, *Osmorrhiza chilensis*, *Osmorrhiza spec.*, *Quinchamalium chilense*, *Rumohra adiantiformis*, *Viola maculata*

selten: Bs: *Amomyrtus luma*

Die Ciprés-Wälder zwischen dem Lago Nahuel Huapi (vgl. hierzu auch NAUMANN 1996) und dem Lago Meliquina geben einen guten Einblick in die unterschiedlichen Standorte der Ciprés. Von San Carlos de Bariloche aus führt die Route Richtung NNE entlang des Río Limay, dann weiter Richtung Westen, dem Río Traful folgend bis zum Lago Traful. Sein Südufer begleitend geht es weiter in nordwestlicher Richtung bis zum Lago Meliquina. Entlang des gleichnamigen Flusses führt die Straße bis nach Confluencia, wo der Río Meliquina mit dem Río Limay zusammentrifft.

Bei einer Nord-Süd-Erstreckung von knapp 60 km kann man beobachten, wie die noch vereinzelt wurzelnden Bäumchen nördlich von Villa Lanquín schon im Valle Encantado („Verzaubertes Tal“) je nach Exposition parkartige Bestände bilden. Im südlichen Valle Encantado sieht man die ersten Cipreses am Ufer des Río Limay, begleitet von *Salix humboldtiana*. An Fundos wird häufig *Populus nigra* angepflanzt (vgl. auch FUCHS 1991, S. 207). Im Übergang zur patagonischen Steppe wird, nicht zuletzt wegen der starken Überweidung, das ehemals vorherrschende Coirón-Gras (*Festuca pallescens* und *Stipa speciosa*) vielfach durch die bis zu 1 m hohen Halbkugelpolster von *Mulinum spinosum* ersetzt. Häufig gesellt sich auch an sehr trockenen Stellen *Colletia spinosissima* hinzu, der in Bellavista Cunco, am Cerro Tabaco Crucero und hier Espino negro genannt wird. Dieser stark verholzte Strauch trägt nur an den jungen Trieben einige wenige winzige Blättchen und besorgt die Assimilation ansonsten über seine grünen

Äste. Das Ende des Zweiges ist scharf zugespitzt, sodass sogar dünnere Schuhsohlen durchbohrt werden können, während die kleinen, überaus reichhaltigen weißen Blüten den herben Charakter überdecken. Häufig kommen die stark bedornete *Berberis buxifolia* und auch *Escallonia virgata* vor (vgl. ERIKSEN 1972, S. 58).

Im Tal des Río Traful bildet *Austrocedrus* sonnendurchflutete Offenwälder, die eine Höhe von durchschnittlich 15 m erreichen. Die Cipreses, unter die sich Richtung Westen vermehrt die Coihue mischt, stocken hier teils auf mächtigen Tephra-Schichten, teils auf den groben fluvioglazialen Geröllen (siehe auch Kapitel 5.2.3) des Río Traful. Dort wachsen neben diversen *Berberis*- und *Baccharis*-Arten auch *Lomatia hirsuta* und an Bachläufen *Buddleia globosa*. Kleine *Adesmia*-Sträucher bilden mit *Wendtia gracilis* eine niedrige Strauchschicht, der die leuchtenden orangeroten Blüten der *Alstroemeria spec.* etwas Farbe schenken. An größeren Sträuchern rankt sich *Mutisia spec.* empor.

Westlich von Villa Traful gehört das Ufer ganz den beeindruckend hochgewachsenen Exemplaren der Cipreses (siehe zu diesem Phänomen auch Kapitel 8.3), welche einen Stammdurchmesser von circa 1,5 m mit einer Höhe von 25 m und höher haben. Stammumfänge zwischen 3 bis 5 m sind keine Seltenheit. Auch *Lomatia hirsuta* als ihr häufigster Begleiter wächst hier zu einem kräftigen Baum von knapp 10 m Höhe empor. Der Wald enthält zudem auffallend viele junge Cipreses mit Stammdurchmessern unter 15 cm.

Mit den zunehmenden Niederschlägen und der höheren Luftfeuchte Richtung Westen mischt sich die Coihue unter die Cipreses, um schließlich vor Quintupuray Reinbestände zu bilden. Auch die teilweise sehr steilen Ufer des Lago Villarino und des Lago Hermoso werden noch von den Südbuchen beherrscht, bevor weiter östlich wieder *Austrocedrus* auftritt. Gen Westen, wo sich die Cipreses den *Nothofagus*-Wäldern nähern, kommen vermehrt *Aristotelia chilensis*, *Maitenus boaria* und *Fuchsia magellanica* hinzu. Die kleine Ericacee *Gaultheria spec.* bedeckt großflächig den Waldboden. Im Südbuchenwald schließen sich die übermannshohen Bambusaceen (*Chusquea culeou*) stellenweise zu einem undurchdringlichen Dickicht zusammen. Weithin sichtbar grünen die feuerroten Blüten der Proteacee *Embothrium coccineum*.

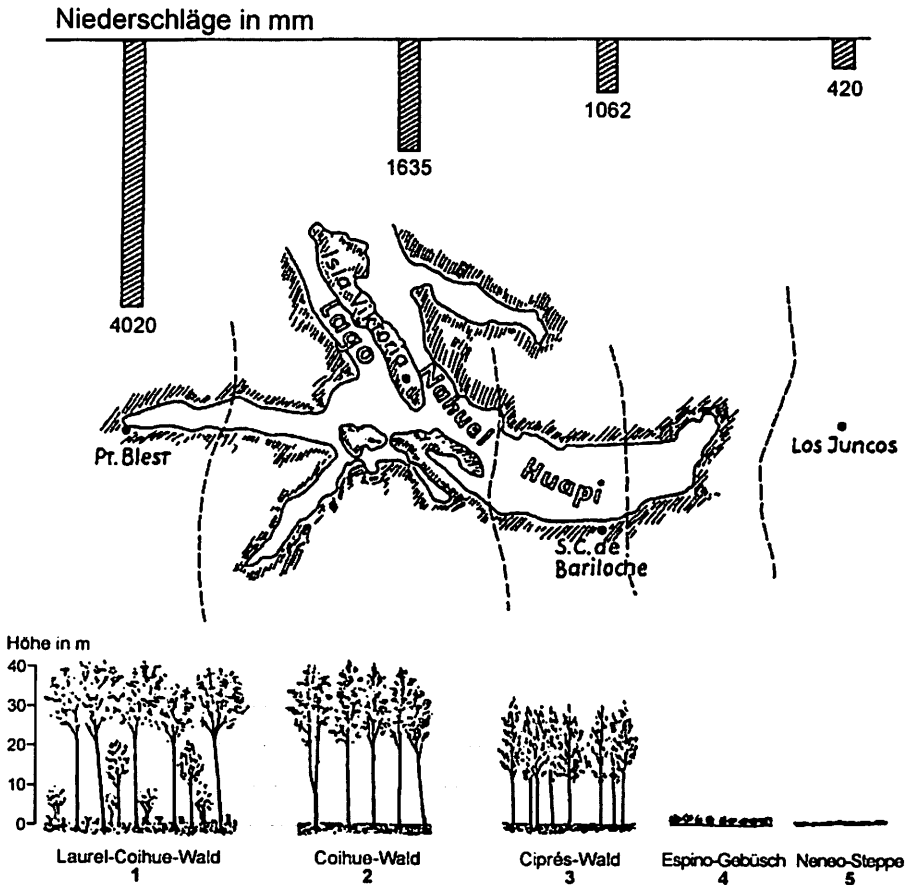
Am Lago Meliquina, wo kleine Bachläufe den hellen Granit einschneiden, bevor sie in den See münden, wachsen in einigen Metern Entfernung zueinander die olivgrünen Kegel der Cipreses auf dem abgerundeten Relief der Granitlandschaft. Der sehr grobkörnige und damit der Verwitterung leicht zugängliche Granit ist stellenweise wie auch in der Cordillera de Nahuelbuta stark vergrust.

Die Arbeit hat gezeigt, dass sich die Ciprés-Wälder von Westen nach Osten als Ökoton zwischen die sommergrünen Laubwälder und die patagonische Steppe schieben (Profil 23). Das meridionale Verbreitungsmuster der leewärtigen Ciprés-Bestände Argentiniens läßt sich allerdings noch weiter differenzieren. In ihrem nördlichen argentinischen Verbreitungsgebiet von circa 39°15' bis 39°45' S gedeiht sie zusammen mit *Araucaria araucana* (Photo 54 u. 55; Kapitel 6.3.2). Zwischen 40° und 41° S stößt die Ciprés mit dem sommergrünen Roble Pellín (*Nothofagus obliqua*) in die Steppe vor. Die Ciprés stockt dort auf den nordexponierten Hängen, während der Roble die Schatthänge besiedelt, so wie man es auch von Sierras de Bellavista (Kordillere von San

Fernando) in Chile kennt (Profil 11; Photo 42). Südlich des 41. Breitengrades rücken Lenga (*Nothofagus pumilio*) und Ciprés in die Steppe vor, jedoch in unterschiedlichen Höhenniveaus. Die sommergrüne Südbuche stockt in Höhen zwischen 1000 und 1300 m, die Ciprés von 400 bis 800 m. Richtung Osten mit zunehmender Trockenheit steigt *Austrocedrus* bis 1000 m hoch. Die gleiche Konstellation dieser beiden Baumarten findet man ebenfalls im chilenischen Verbreitungsgebiet an der Laguna del Laja (Photo 47).

Die Vegetationsabfolge des chilenischen subtropischen Winterregengebietes wiederholt sich also über weite Teile im argentinischen, orographisch bedingten, kühlgemäßigten „Winterregengebiet“. Lediglich die Höhenstufung der Wälder in beiden Teilarealen unterscheidet sich: in Chile besiedelt die Ciprés die mitt- bis hochmontane Stufe der Hochkordillere, in Argentinien dagegen die Fußstufe der vorgelagerten Präkordillere.

Vieldiskutiert ist die These einer zunehmenden Austrocknung der patagonischen Steppe in der Nähe des östlichen Andenrandes, wo sich die Wälder „holzartenweise aus den



Profil 23 Transekt: west-argentinische Präkordillere (SEIBERT 1977), (leewärtiges submontan-/montanes Hauptverbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis*)

trockeneren Gegenden in die feuchteren nahe am Gebirge“ (KALELA 1941, S. 134) zurückziehen (vgl. ERIKSEN 1975, S. 127-142; v. JHERING 1929, S. 175 ff.; KALELA 1937; KOZDON 1957; ROSSO, HAVRYLENKO & FONTENLA 1989, S. 85-88; ROSSO & al. 1994, S. 273-279; VARSAVSKY & al. 1975; VILLALBA & VEBLEN 1997, S. 580-597). ERIKSEN (1972, S. 60-61) beobachtet „*Austrocedrus chilensis* auf Standorten, die ursprünglich, d.h. noch im 19. Jahrhundert von *Nothofagus*-Beständen, insbesondere *Nothofagus dombeyi*, bedeckt waren.“ AUER (1970, S. 127-128) findet in Nordpatagonien *Austrocedrus* auf Relikthumusböden, die für *Nothofagus dombeyi*-Wälder typisch sind:

„Thus, in northern Patagonia, *Libocedrus* (*Austrocedrus*) has conquered and is still conquering forests of *Nothofagus dombeyi*. Humus soils in the *Libocedrus* forests do not display horizons typical of *Libocedrus* forests, but are relicts of humus soil typical of *N. dombeyi* forests. Dying *N. dombeyi* trees still remain in *Libocedrus* forests indicating the original forest type.“

Im Gegensatz hierzu steht allerdings die rezente Ausdehnung der *Austrocedrus*-Wälder gen Osten, was bedeutet, dass der Rückzug der jeweiligen Baumarten nach Westen gegenwärtig nicht anhält (ERIKSEN 1972, S. 61-62). Genannter Autor gibt auch zu bedenken, „daß wir uns in einem ausgesprochenen klimatischen Grenzraum befinden, wo schon geringfügige äußere Eingriffe insbesondere im Übergangsraum Wald-Steppe irreversible Folgen haben müssen“ (ERIKSEN 1972, S. 62; vgl. hierzu auch FUENTES 1994, S. 138-154). Gegen die These der zunehmenden Austrocknung sprechen auch die Untersuchungen zur Niederschlagsvariabilität von DÍAZ, BRADLEY & EISCHEID (1989, S. 1195-1198). Sie führen auf, dass die Niederschläge seit dem späten 19. Jahrhundert in Südamerika südlich des Äquators sogar leicht angestiegen sind. Diesen Sachverhalt bestätigend bemerkt auch ERIKSEN (1972, S. 64), dass zumindest seit Beginn des 20. Jahrhunderts die Niederschläge nicht abgenommen haben, sondern größtenteils sogar eine schwache Zunahme von 60 bis 100 mm zu verzeichnen sei.

Eine weitere Begründung für die seit circa 2000 Jahren westwärts rückende Waldgrenze sucht AUER (1958; in: ERIKSEN 1972, S. 63) in der Wechselhaftigkeit des Winterregenklimas. So könne seit dem Klimaoptimum des Atlantikums eine verstärkte Zonalzirkulation mit einem entsprechend starken Luftmassenstau an der Westflanke der Anden und einem daraus resultierenden intensiveren föhnrartigen Absinken warmer Luftmassen eine Verschiebung der Waldgürtel bewirken (vgl. KALELA 1941, S. 111; ERIKSEN 1972, S. 63). Das Vordringen von *Austrocedrus chilensis* in die Steppe erklären VEBLEN & MARKGRAF (1988), DONOSO (1994b) und ERIKSEN (1972) schließlich als Konsequenz der Einstellung von durch den Menschen verursachten Waldbränden (siehe hierzu auch Kapitel 5.2.4.3).

6.2.3 Zusammenfassender Vergleich

Calocedrus decurrens und *Austrocedrus chilensis* besiedeln in ihren jeweiligen Hauptverbreitungsgebieten die montane Stufe der Westabdachung der Sierra Nevada bzw. der zentralchilenischen Anden. *Austrocedrus* ist außerdem auf der Ostabdachung der südwestargentinischen Anden beheimatet. Entsprechend dem jahreszeitlich alternierenden, subtropischen Wechselklima sind beide Arten einer sommerlichen Trockenperiode ausgesetzt und genießen winterliche Niederschläge bzw. Schneefälle. Bemerkenswert

ist, dass die Incense Cedar Bestandteil eines Coniferen-Mischwaldes ist, während die Ciprés de la Cordillera in Reinbeständen auftritt. *Austrocedrus* bildet vom polnächsten Vorkommen südwärts bis circa 36°30' S die Baumgrenze, während *Calocedrus* von subalpinen Coniferen begrenzt wird. Diese Beobachtungen lassen sich durch die Coniferenarmut sowie eine nur schwach ausgeprägte subalpine Baumflora im südlichen Südamerika erklären. Beide Zypressengewächse erreichen in der submontanen Stufe ihre Trockengrenze und in hochmontanen Lagen ihre Wärmemangelgrenze, verbunden mit einer zu kurzen Vegetationsperiode. Der vertikale Biotopwechsel zeigt, dass beide Coniferen mit zunehmender Höhe bzw. ansteigenden Niederschlägen und abnehmenden Temperaturen eher trockene und warme Standorte wie Südexpositionen, Grate und Hochplateaus aufsuchen. Mit abnehmender Höhe bzw. abnehmenden Niederschlägen und ansteigenden Temperaturen besiedeln sie eher feuchte, kühle Habitate wie steile Schluchten und Wasserläufe. Beide Bäume bilden in ihren Hauptverbreitungsgebieten Coniferentrockenwälder als zonale Vegetation mit teils sommergrünen Laubbäumen und Elementen der kalifornischen bzw. chilenischen Hartlaubflora im Unterwuchs. Dieser bemerkenswerte Umstand des Zusammentreffens sklerophyller und sommergrüner Gewächse deutet darauf hin, dass *Calocedrus* und *Austrocedrus* dort siedeln, wo die ökologischen Bedingungen für beide Lebensformen gegeben sind.

6.3 Der Wechsel vom Luv ins Lee der Kaskaden bzw. der Anden

6.3.1 *Calocedrus*: Klamath Mountains

„Where are you from?“ some Oregonian would ask

„The Joaquin.“

„It 's dry there, ain 't it?“

„Well, I should say so. No rain at all in summer and none to speak of in winter, and I 'm dried out. I just told my wife I was on the move again, and I 'm going to keep moving till I come to a country where it rains once in a while, like it does in every reg 'lar white man 's country; I guess, will be Oregon, if the news be true.“

„Yes, neighbour, you 's heading in the right direction for rain,“ the Oregonian would say. „Keep right on to Yamhill and you 'll soon be damp enough. It rains there more than twelve months in the year; at least, no saying but it will. I 've just come from there, plumb drowned out, and I told my wife to jump into the wagon and we would start out and see if we couldn 't find a dry day somewhere. Last fall the hay was out and the wood was out, and the cabin leaked, and I made up my mind to try California the first chance.“ J. MUIR (1918; aus: Steep trails.)

Der 42. Breitengrad markiert nicht nur die Grenzlinie zwischen Kalifornien und Oregon, sondern auch – vergleichbar mit dem 38. Breitengrad in Chile (Kapitel 6.3.2) – den Übergang zwischen den warmgemäßigten Subtropen und der kühlgemäßigten Klimazone. In den klimatisch und pflanzengeographisch hochdiversen Klamath Mountains und Siskiyou Mountains im Westen sowie den Warner Mountains im Osten Nordkaliforniens wechselt *Calocedrus decurrens* mit polwärts zunehmenden Niederschlägen von der West- auf die Ostabdachung der Sierra-Kaskaden-Achse. Schon in Höhe des 39. Breitengrades am Lake Tahoe findet man auffallend große Exemplare

der Incense Cedar östlich der Hauptwasserscheide. Im Klamath-Siskiyou-Komplex selbst, der sich geographisch an die Küstenkordillere anschließt, trifft man *Calocedrus* im äußersten Westen gar nicht an. Wenige Kilometer Richtung Osten ist sie in Leelagen zu finden; in den Marble Mountains, das Herz des zentralen Klamath-Gebirges, dann in allen Lagen und Expositionen. Weiter östlich in den Bergen rund um das Scott Valley bevorzugt sie westexponierte Standorte. Ostexponiert gedeiht sie nur auf Serpentiniten (zum Serpentin als „kaltes“ Gestein und zu den diversen Pflanzengemeinschaften auf Serpentin siehe DANIEL et al. 1995). Die Tabellen 44 und 45 verdeutlichen die immensen Unterschiede der jährlichen Niederschlagssummen in den Luv- und Leelagen zur Westwinddrift.

Tab. 44 Die von Westen nach Osten meridional verlaufenden Niederschlagsregime der Klamath Mountains und der Siskiyou Mountains (ATZET & WHEELER 1982)

Geographische Lage	Niederschlag	Exposition
Küste	3800 mm / a	W-exponiert (Bergkamm an der Küste)
Regenschatten	1000 mm / a	E-exponiert (Illinois Valley)
Westliche Siskiyou Mountains	2300 mm / a	W-exponiert (Grayback Mountain)
Östliche Siskiyou Mountains	1000 mm / a	E-exponiert (nahe Ashland)

Tab. 45 Klimadaten innerhalb der „Mixed-Conifer-Zone“ im Süden Oregons (FRANKLIN & DYRNESS 1988); A: Prospect (Luv, submontan), B: Siskiyou Station (Lee, mittmontan, Standort von *Calocedrus decurrens*)

	Höhe ü. NN [m]	Geogr. Breite [N]	Geogr. Länge [W]	Temp. Jahr [°C]	Temp. Januar [°C]	Jan. Min. [°C]	Temp. Juli [°C]	Juli Max. [°C]	NS Jahr [mm]	NS Juni- Aug. [mm]	Schnee- fall [cm / a]
A	630	42°44'	122°31'	9,9	1,9	-3,2	19	31,1	1059	62	162
B	1295	42°03'	122°36'	9,1	1,3	-3,2	18,4	24,5	863	53	-

Zur Vegetation der temperierten nordwest-pazifischen Coniferenwälder, deren Südrand die Klamath Mountains und Siskiyou Mountains Nordkaliforniens und Südoregons bilden, informieren umfassend FRANKLIN (1988, S. 103-130), FRANKLIN & DYRNESS (1988, bezüglich *Calocedrus* innerhalb der *Tsuga heterophylla*-Zone siehe S. 72-73; in den inneren Tälern W- und SW-Oregons S. 114-157; östlich der Kaskaden in der *Juniperus occidentalis*-Zone S. 160-163, 172, 180, 191-192, 198; auf Serpentinböden in den Siskiyou Mountains S. 306-307), LASOIE, HINCKLEY & GRIER (1985, bezüglich *Calocedrus* siehe S. 142) und ZINKE (1977, S. 679-698). Speziell die Wälder der Klamath Mountains behandeln SAWYER & THORNBURGH (1977, S. 699-732), die Siskiyou Mountains von Oregon und Kalifornien WHITTAKER (1960, S. 279-338). Über das Kernstück der Klamath Mountains, die Marble Mountains, gibt es ein vorzügliches Naturwanderbuch von GREEN & INGOLD (1996). Nach einer kurzen Einführung in die Geologie, das Klima und die Pflanzenwelt der Marble Mountains (S. 16-26) findet bei der Routenbeschreibung die reiche Coniferenflora der zentralen Klamath Mountains immer wieder Beachtung.

Neben dem klimatischen Ost-West-Gradienten (vgl. auch Tab. 44) gibt es steile topoklimatische Gradienten mit lokalen, durch das Relief bedingten Feuchteunterschieden. In Zusammenhang mit der komplexen Geologie (z. B. Diorit-Gabbro-Serpentin-Serien) und der daraus resultierenden bodenhydrologischen Vielfalt erscheint dem Beobachter eine auf den ersten Blick „unübersichtliche“ Vegetationsanordnung, beispielsweise als Folge der Reliefumkehr durch Seen und Täler als Kaltluftbasins bzw. -leitbahnen. Hinzu kommt die ohnehin hohe floristische Diversität der Klamath Mountains. Moderne Florenelemente mischen sich mit der arctotertiären Flora, welche mit der des frühen Känozoikums verwandt ist. Eine hohe Anzahl von Endemiten sowie Beziehungen zur Waldflora und Vegetation anderer umgebender Gebiete (WHITTAKER 1960, S. 282) ergänzen die floristische Vielfalt.

Zwischen 42° und 41°30' N erreicht das Verbreitungsgebiet von *Calocedrus decurrens* seine größte, wenn auch unterbrochene Ost-West-Ausdehnung von circa 300 km (siehe Beilage 1, Karte 1). Nach dem Gesetz der relativen Standortskonstanz (WALTER & WALTER 1953) mischt sich die Incense Cedar dort innerhalb der vom Großklima geprägten Vegetationstypen in die für sie passenden Biotope. Die Standorte der Incense Cedar – besonders bezüglich ihrer Eigenschaft als ausgesprochene Ökoton-Baumart – in diesem floristisch und pflanzengeographisch unerschöpflichen Gebirge verdeutlichen einmal mehr ihre dicht aufeinanderfolgenden Biotopwechsel und damit ihre Standortansprüche. Begründet werden diese Biotopwechsel durch das engräumige Mosaik diverser Klimatope und durch auf kleinem Raume rasch wechselnde boden genetische Verhältnisse in den Klamath Mountains. In der Sierra Nevada fehlt dieser Aspekt. Die Artenzusammensetzung bzw. die klimaökologischen Ansprüche der beteiligten Spezies sind außerdem Indizien für die Verbreitungsgrenzen von *Calocedrus decurrens*.

Genau dort, wo beide Zypressengewächse vom Cis- ins Transmontane überwechseln, ergibt sich eine interessante klimatische Parallele. Sowohl in Kalifornien (KENDREW 1937; WARD 1925; WHITTAKER 1960) als auch in Chile (v. HUSEN 1967; GOLTE 1984; 1993) handelt es sich um die jeweilige Übergangszone, an der sich die beiden Klimaregime „California Type with its practically rain-free summers“ (bzgl. Kalif. siehe WHITTAKER 1960) bzw. „Regelmäßige subtropische Winterregen mit periodischer Sommertrockenheit“ (bzgl. Chile siehe v. HUSEN 1967) und „North Pacific Type with its limited summer rain“ (bzgl. Kalif. siehe WHITTAKER 1960) bzw. „Regelmäßige subtropische Winterregen mit episodischer Sommertrockenheit“ (bzgl. Chile siehe v. HUSEN 1967) überschneiden.

Tabelle 46 zeigt *Calocedrus decurrens* an verschiedenen Wuchsorten in den Klamath Mountains und den Siskiyou Mountains in Zusammenhang mit geologischem Untergrund, Topographie, topoklimatischen Besonderheiten und der daraus resultierenden Stellung der Incense Cedar innerhalb der zonalen Vegetation. Anders als in der Sierra Nevada wird hier die kontinuierliche vertikale Abfolge der Vegetation „gestört“, vor allem durch die Kleinkammerung des Gebirges mit teilweise großer Reliefenergie und den damit verbundenen diversen Topoklimaten bzw. ökologischen Nischen sowie einer enormen pedologischen und damit bodenhydrologischen Vielfalt. Innerhalb des Klamath-Komplexes demonstriert *Calocedrus* ein breites Spektrum ihrer Biotopwechsel.

Hierbei handelt es sich nicht um eine besonders weite ökologische Valenz, sondern durchweg um relative Standortskonstanz in unterschiedlichen ökologischen Nischen. Sie gedeiht in den westlichen, eher maritimen Klamath Mountains ein bis zwei Kilometer entfernt von den östlichsten Coastal Redwoods (*Sequoia sempervirens*). Am östlichen, eher kontinentalen Rand des Gebirges trifft sie auf den Californian Juniper (*Juniperus californica*) und den Western Juniper (*Juniperus occidentalis ssp. occidentalis*). In unterschiedlichen floristischen Zusammensetzungen siedelt die Incense Cedar innerhalb der Klamath Mountains – abhängig von der Niederschlagsverteilung, kontinental oder maritim geprägten Einflüssen sowie mitunter auch der Bodenbeschaffenheit – in Luv- und Leelagen, von der sub- bis zur hochmontanen Stufe, in allen Hanglagen, -neigungen und Expositionen. *Calocedrus* wächst sowohl in Schluchten als auch auf Felskämmen, Hochplateaus und Sonnhängen. Auch oberhalb von Kaltluftseen und -becken, auf Lichtungen sowie entlang von Wasserläufen ist sie anzutreffen. Bis auf die kleine Kalkinsel (Gray Pine Botanical Area) in den südlichen Klamath Mountains bzw. nördlichen Trinity Alps wurzelt sie auf allen Substraten, so vor allem auf granitoiden Gesteinen verschiedener Verwitterungsstufen, auf intermediären und basischen Vulkaniten sowie auf Metamorphiten und auf schwach bis sehr stark serpentinierten Peridotiten. Tabelle 46 stellt die diversen Kombinationen genannter Geofaktoren in Zusammenhang mit der Stellung von *Calocedrus* innerhalb des jeweils untersuchten Transektes vor. Ergänzend zeigt Tafel 9 (S. 153-156) die Vegetationszusammensetzung der aufgesuchten Bestände.

Tab. 46 Übersicht der unterschiedlichen Wuchsorte von *Calocedrus decurrens* in den Klamath Mountains in Bezug auf den geologischen Untergrund, die Topographie mit ihren topoklimatischen Besonderheiten sowie ihre Stellung innerhalb des untersuchten Transektes (Auflistung von Norden nach Süden)

Lokalität	Geolog. Untergrund	Topographie bzw. -klima	Kurzcharakterisierung des Vegetationstransektes	Stellung von <i>Calocedrus</i>
(1) Union Creek; N-Siskiyou Mts.	Andesit	Schlucht mit Flusslauf	hochstämmiger, schattiger <i>Tsuga heterophylla</i> -Wald mit vielen natürlichen kleineren Lichtungen	auf Lichtungen, an sonnigen, breiten Stellen des Flusses
(2) Port Orford Cedar Botanical Area; NW-Klamath Mts.	Serpentin	steile Schlucht mit Bachlauf, Kaltlufttrinne	<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> in tief eingekerbten Tälern und mit <i>Picea engelmannii</i> in den oberen Talabschnitten	auf Sonnhängen
(3) Seiad Baker Cypress Botanical Area; NE-Klamath Mts.	Serpentin	hügeliges Relief	Offenwald mit Steppenelementen und reicher Krautschicht	vereinzelt eingestreut
(4) Kelsey Creek; zentrale Klamath Mts. (Marble Mts.)	Granodiorit	Schlucht mit Bachlauf	Typisches Profil der zentralen Klamath Mts. auf Granit in kühlen, schattigen Schluchten <i>Abies concolor</i> , auf Sonnhängen <i>Pinus ponderosa</i>	alle Lagen und Expositionen

Lokalität	Geolog. Untergrund	Topographie bzw. -klima	Kurzcharakterisierung des Vegetationstransektes	Stellung von <i>Calocedrus</i>
(5) Lovers Camp im Red Rock Valley; zentrale Klamath Mts. (Marble Mts.)	Metamorphe ultrabasische Magmatite	terrassenartig ansteigendes Tal, Matten	Profil von der submontanen Stufe (immergrüne Eichen, am Fluss auch sommergrüne Eichen und Erlen) über zwei Mattenstufen (mittmontan: <i>Populus tremuloides</i> , hochmontan: <i>P. trichocarpa</i>) bis zur subalpinen Stufe mit <i>Tsuga mertensiana</i>	am Fluss, im Mischwald, Mattenrand, auf Sonnhängen und exponierten Graten
(6) Shackleford Trail bis Log Lake; zentrale Klamath Mts. (Marble Mts.)	Granit, Granodiorit	mäßig steiler ansteigender Hang, Matten	Profil vom <i>Pinus ponderosa</i> - über den Coniferenmischwald bis zur Mattenstufe	alle Lagen und Expositionen
(7) Devils Canyon; zentrale Klamath Mts. (Marble Mts.)	Vergroterter Granit	steiles breites Tal, Matten	Hochstämmiger Wald aus alten, mächtigen Exemplaren von v.a. <i>Pseudotsuga</i> , <i>Abies</i> und <i>Calocedrus</i> ; schwach ausgeprägte Strauchschicht, viele schattenliebende Kräuter und Orchideen	im Old Growth Forest am Mattenrand
(8) Taylor Lake; zentrale Klamath Mts. (Marble Mts.)	Granit	See, Kaltluftsenke	Reliefumkehr in der <i>Abies magnifica</i> -Zone: <i>Calocedrus</i> in exponierten Kammlagen, <i>Tsuga mertensiana</i> am Seeufer	Sonnhänge, exponierte Grate bis zum Rand des Kaltlufttroges
(9) Deacon Lee Ridge; zentrale Klamath Mts.	Metamorphes Gestein	Grat mit steilen nach S und N abfallenden Flanken	Ansammlung sonst getrennt voneinander stehender Coniferen auf dem Grat und kurz unterhalb des Kammes	auf schmalen, sonnenexponiertem Kamm
(10) Sugar Lake / Russian Wilderness; südliche zentrale Klamath Mts.	Granit	See, Kaltluftkessel	Vegetationsmosaik aus zonalem Laub-Nadel-Mischwald, subalpinen Coniferen (<i>Picea engelmannii</i> , <i>Tsuga mertensiana</i>) im Seekessel, Mountain Chaparral (<i>Quercus vaccinifolia</i> , <i>Arctostaphylos patula</i> , <i>Juniperus communis</i> , <i>Pinus attenuata</i>) in S- und <i>Tsuga mertensiana</i> in N-Exposition, <i>Pinus jeffreyi</i> und <i>Picea breweriana</i> auf Kämmen	alle Hanglagen unterhalb des Seekessels

Lokalität	Geolog. Untergrund	Topographie bzw. -klima	Kurzcharakterisierung des Vegetationstransektes	Stellung von <i>Calocedrus</i>
(11) Russian Creek / Russian Wilderness; südliche zentrale Klamath Mts.	Granit, Granodiorit	breites, von steilen Hängen gesäumtes Tal, Leitbahn für kalte abendliche Talwinde	Gebiet größter Coniferen-Diversität: neben den typischen Arten des „Mixed Conifer Forest“ ist v.a. <i>Picea engelmannii</i> an kühlen, bodenfeuchten Stellen zu erwähnen, die sich hier reichlich verjüngt	nur vereinzelt im Talboden, vermehrt an den Hängen und auf den Talschultern
(12) Boulder Lakes; SE-Klamath Mts.	Andesit	See, Kaltluftbasin	Transekt von offenen <i>Juniperus</i> -Beständen, <i>Pinus ponderosa</i> - und Mischnadelwälder bis zur <i>Pinus balfouriana</i> -Zone mit Steppenelementen wie <i>Cercocarpus</i> und <i>Artemisia</i>	unterhalb der Seen im Coniferenmischwald
(13) Kangaroo Lake; SE-Klamath Mts.	Serpentin - Granit	See unterhalb eines Plateaus, kalte Talwinde an der steilen Abbruchkante zum See hin	Transekt von vereinzelt <i>Juniperus</i> -Bäumen über Mischnadelwälder mit v.a. <i>Pinus ponderosa</i> bis zum See mit <i>P. contorta</i> und <i>P. monticola</i> (Granit), <i>Taxus brevifolia</i> (Serpentin) und <i>Pinus jeffreyi</i> als Parkland auf dem Hochplateau oberhalb des Sees	südliche und sonnenexponierte Kammlagen
(14) Big Flat, Caribou Wilderness; S-Klamath Mts.	Moränen-schotter	weiträumige, von Moränen umgebene Matte, die einem eiszeitlichen Gletschersee vorgelagert ist	Flussaufwärts viele sommergrüne Bäume (<i>Alnus rhombifolia</i> , <i>Quercus kelloggii</i> , <i>Populus tremuloides</i>), höher auf der Matte entlang von Wasserläufen <i>Populus trichocarpa</i> , am Mattenrand <i>Abies</i> und <i>Pinus</i>	Hangfuß und Mattenrand, sonnige Lage im Übergang Wald - Matte mit <i>Abies</i> , <i>Pseudotsuga</i> und <i>Pinus</i>
(15) Gray Pine Botanical Area; S-Klamath Mts.	Kalk (ohne <i>Calocedrus</i>)	hügeliges, leicht abfallendes Plateau (Flussterrasse)	Vegetationswechsel in Abhängigkeit vom Substrat; <i>Pinus sabiniana</i> auf Kalk, Laub-Nadelmischwälder auf anderen diversen Muttergesteinen	<i>Calocedrus</i> in unmittelbarer Nachbarschaft auf kalkfreien Substraten

Lokalität	Geolog. Untergrund	Topographie bzw. -klima	Kurzcharakterisierung des Vegetationstransektes	Stellung von <i>Calocedrus</i>
(16) Castle Crags; südliche Klamath Mts.	Serpentin - Granit	steil aufragende Granitfelsen	Laubnadelmischwald mit vielen sommergrünen Arten: <i>Acer macrophyllum</i> , <i>Alnus rhombifolia</i> , <i>Populus tremuloides</i> , <i>Quercus garryana</i> , <i>Qu. kelloggii</i>	alle Lagen, Expositionen und Substrate

Zentrale Klamath Mountains: typische Vegetationsabfolge, Tab. 46 (4), (5), (6), (7)

Typische Profile der zonalen Vegetation von der submontanen bis zur subalpinen Stufe auf granitoiden Ausgangsgesteinen zeigen der Kelsey Creek (4), der Shakleford Trail (6) und Devils Canyon (7) in den Marble Mountains, das Kernstück der Klamath Mountains. Sie führen vom offenen Yellow Pine Forest (*Pinus ponderosa*) der submontanen Stufe über die Tannenwälder mit *Abies concolor* (mittmontan) und *A. magnifica* (hochmontan) bis zur subalpinen Stufe mit der Mountain Hemlock (*Tsuga mertensiana*) an der Baumgrenze. Die riparische Vegetation besteht aus laubwerfenden Bäumen, so vor allem *Quercus kelloggii* und *Acer macrophyllum* in tieferen Lagen sowie *Alnus rhombifolia* und *Populus tremuloides* in höheren Stufen. Der Trail von Lovers Camp bis zum Red Rock Valley (5) führt über zwei Mattenstufen mit *Populus tremuloides* (mit *Calocedrus* gehäuft an den Mattenrändern) und *P. trichocarpa*.

Zentrale Klamath Mountains: Reliefumkehr, Tab. 46 (8), (9), (10), (11)

Die Reliefumkehr der Vegetation veranschaulichen beispielhaft die vielen Gebirgsseen der Klamath Mountains, so z. B. der Taylor Lake (8) oberhalb Etna und der Sugar Lake (10) in der Russian Wilderness, welche als Kaltluftsenken fungieren. Ebenfalls im floristisch hochdiversen Russian Area bildet der Russian Creek (11), ein mit steilen Flanken ausgestattetes, tiefeingeschnittenes Tal, einen Kaltlufttunnel als Leitbahn für Berg- und Talwinde. Die Kaltluftsenken bzw. die Talböden werden vornehmlich von temperierten Coniferen (*Picea breweriana*, *P. engelmannii*, *Tsuga mertensiana*) besiedelt, während *Calocedrus* die oberen, sonnigeren Hangabschnitte bevorzugt. Als schmaler Grat, mit nach Norden und Süden steil abfallenden Bergflanken, zeigt Deacon Lee Ridge (9) durch die Zusammensetzung der Vegetation die scharfen Expositionsunterschiede, einschließlich einer Reliefumkehr mit der hohen, sonnenexponierten Kammlage als einem relativ warmen Standort (mit *Calocedrus decurrens*).

Nördliche Klamath Mountains, Tab. 46 (1)

Am Union Creek (1) erreicht *Calocedrus decurrens* ihre nördliche luvseitige Verbreitungsgrenze mit dem südlichsten Vorkommen von *Tsuga heterophylla* als dominante Conifere innerhalb der zonalen Vegetation. Das Auftreten der Western Hemlock in den südlichsten Kaskaden ist ein Zeichen für den klimatischen Übergang der warmgemäßigten Subtropen zur kühlgemäßigten Klimazone. Die Verbreitung der Incense Cedar wird hier allerdings weniger durch zunehmende Niederschläge bzw. häufigere Bewölkung begrenzt, als vielmehr durch zu große Beschattung seitens der Baumvegetation. Die Folgen sind Licht- und damit auch Wärmemangel, zumal die

Incense Cedar nur an sehr sonnigen Standorten gedeiht. Dabei ist es irrelevant, ob es sich um ganzjährig feuchte, wasserzügige Substrate in Flussnähe handelt oder um relativ trockene Lichtungen mit Dornsträuchern (*Berberis spec.*) als Pionierpflanzen.

Nordwestliche Klamath Mountains, Tab. 46 (2)

Am Port Orford Cedar Botanical Area (2) gedeiht die Incense Cedar etwas südwestlich ihrer nördlichen luvwärtigen Verbreitungsgrenze in einem interessanten Transekt mit *Chamaecyparis lawsoniana* und *Picea engelmannii* auf Serpentin. Die Port Orford Cedar hat ihr Hauptverbreitungsgebiet im Küstenbergland Nordkaliforniens und Südozeanens am Nordrand der Subtropen, wo sie kühlen, maritimen Klimaeinflüssen unterliegt. Weiter südlich, landeinwärts, kompensiert sie die kontinentaleren Verhältnisse, indem sie ausschließlich in wasserführenden Schluchten und auf „kühlen“ serpentinisierten Gesteinen (siehe auch Kapitel 5.1.2.4) wurzelt. Ähnlich verhalten sich die Engelmann Spruce, welche nur die oberen serpentinisierten Hangabschnitte aufsucht, sowie die Bachläufe begleitenden niedrigen Baumsträucher der Western Yew (*Taxus brevifolia*). *Calocedrus* hingegen siedelt vom Substrat unabhängig überwiegend auf den Sonnenhängen, seltener in den Schluchten.

Nordöstliche Klamath Mountains, Tab. 46 (3)

In den bereits – verstärkt durch den Regenschatten der Siskiyou Mountains – kontinental getönten nordöstlichen Klamath Mountains ist die Incense Cedar im südlichen submontanen Seiad Baker Cypress Botanical Area (3) Bestandteil eines Offenwaldes aus Kiefern (*Pinus jeffreyi* und *P. ponderosa*), Eichen (*Quercus spp.*) und Zypressen (*Cupressus bakeri*) mit Stepenenlementen (*Salvia spec.*) in der Krautschicht.

Südwestliche Klamath Mountains, Tab. 46 (15)

Das Gray Pine Botanical Area (15) (*Pinus sabiniana*) wird als Kalkinsel von der Incense Cedar gemieden. Eine interessante Tatsache, da bisher sämtliche Substrate, sowohl unter *Calocedrus*- als auch unter *Austrocedrus*-Beständen, eine negative Reaktion auf verdünnte Salzsäure zeigen. Der Beweis jedoch, dass die Incense Cedar tatsächlich kalkhaltige Gesteine m e i d e t, konnte bisher nicht erbracht werden, da diese in den meist mittmontanen Verbreitungsgebieten beider Bäume Kaliforniens und Chiles nicht anstehen. In der Umgebung des stark aufgelichteten Offenwaldes der Gray Pine (Digger Pine) wird offensichtlich, dass *Calocedrus* über kalkhaltigen Böden nicht wächst, aber wieder auftritt, sobald keine Carbonate mehr nachzuweisen sind. *Pinus sabiniana* ist sonst die Conifere des niedrigen Berglands, der Foothills, welche die kalifornische Längssenke umrahmen. Sie besiedelt also trockenere Standorte als *Calocedrus decurrens* und erreicht in den südlichen Klamath Mountains auf Kalk („kontinentales“ Substrat) ihre nördliche Verbreitungsgrenze. So bleibt noch die Frage offen, ob nur der Chemismus oder auch mikroklimatische bzw. bodenhydrologische Gründe eine Rolle bei der Standortwahl spielen. Dass Kalkgesteine aufgrund ihrer hohen Durchlässigkeit ein für viele Coniferen (innerhalb verschiedener Klimazonen) ausgezeichnetes Substrat darstellen, ist unbestritten, wie es weltweit unzählige Beispiele belegen (z. B. *Juniperus communis* auf der Schwäbischen Alb, *Tetraclinis articulata* auf Malta, *Cedrus libani* im Libanon, *Araucaria columnaris* in Neukaledonien).

Südöstliche Klamath Mountains / Trinity Alps, Tab. 46 (12), (13)

Oberhalb und unterhalb von East und Middle Boulder Lake (12) im Südosten der Klamath Mountains / Trinity Alps deuten Steppenelemente schon auf relativ kontinentale Klimaverhältnisse hin. Von offenen *Juniperus*-Beständen im südlichen Scott Valley führt ein Pfad bergan durch *Pinus ponderosa*- und Mischnadelwälder (denen *Calocedrus* beigemischt ist) der mitt- bis hochmontanen Stufe. So gelangt man schließlich zu den subalpinen Beständen von *Pinus balfouriana* ssp. *balfouriana*, welche mit *Cercocarpus betuloides* und *Artemisia tridentata* eine eigentümliche Gebirgssteppenlandschaft bilden. Am Kangaroo Lake (13) in den südöstlichen Klamath Mountains prägen erhebliche Expositionsunterschiede die Zusammensetzung der Coniferen. Hier führt eine asphaltierte Straße von vereinzelt *Juniperus*-Bäumen durch Mischnadelwälder mit *Calocedrus* zum See. Dort wachsen unter anderem *Pinus contorta* und *P. monticola* auf Granit sowie *Taxus brevifolia* auf Serpentin. Vereinzelt ist in sonnigen Lagen im Bereich der Übergangszone Granit-Serpentin *Calocedrus* anzutreffen. Auf dem Plateau oberhalb des Sees formt *Pinus jeffreyi* ein offenes Parkland.

Südliche Klamath Mountains / Trinity Alps, Tab. 46 (14), (16)

Big Flat (14) im Süden der Klamath Mountains / Trinity Alps ist eine von Moränen umgebene weitläufige mittmontane Matte (Endmoräne), welcher vier eiszeitliche Gletscherseen vorgelagert sind, von denen der Caribou Lake am größten ist. Flussaufwärts folgen dem Salmon River (South Fork) viele sommergrüne Bäume (*Alnus rhombifolia*, *Quercus kelloggii*, *Populus tremuloides*). Weiter oben auf der Matte fällt entlang von Wasserläufen *Populus trichocarpa* auf. Am Mattenrand herrschen *Abies concolor* und *Pinus ponderosa* vor. Vereinzelt ist *Calocedrus decurrens* beigemischt. Die für Granit untypisch steil aufragenden Zacken (siehe hierzu Kapitel 5.1.2) der Castle Crag (16), westlich des Highway 5 am historischen Eisenbahnstädtchen Dunsmuir gelegen, gehören bereits zum Shasta National Forest. Im westlichen Teil des Castle Crag State Park befindet sich eine interessante Granit-Serpentin-Übergangszone (siehe auch Kapitel 5.1.2.4) mit einem Laubnadelmischwald und vielen sommergrünen Arten (*Acer macrophyllum*, *Alnus rhombifolia*, *Populus tremuloides*, *Quercus garryana*, *Qu. kelloggii*), welche einen beträchtlichen Anteil des mittmontanen Waldes ausmachen, was man besonders eindrucksvoll im Spätsommer und Herbst an der bunten Färbung erkennen kann.

Die in Tabelle 46 und Tafel 9 erfolgte Zusammenstellung aller untersuchten Standorte gibt nicht nur Aufschluss über die bodenhydrologischen und klimaökologischen Ansprüche von *Calocedrus decurrens*, sondern ist auch der Schlüssel für das Verständnis ihrer Verbreitungsgrenzen. Dies betrifft nicht allein die Klamath Mountains, sondern vielmehr ihr gesamtes Verbreitungsgebiet. Die gemeinsame Betrachtung der genannten Wuchsorte von *Calocedrus* innerhalb der Klamath Mountains zeigt, dass der Baum einen Kompromiss eingeht (siehe hierzu auch Kapitel 8.1 bis 8.4), d.h. er folgt einem mit gewisser Spielbreite festgelegten Verhältnis aus der für Reproduktion und Bestandserhaltung notwendigen Kombination folgender teilweise antagonistischer Klimafaktoren:

- a) so viel Feuchtigkeit bzw. Bodenfeuchte wie m ö g l i c h,
- b) so viel Licht und Wärme wie m ö g l i c h,
- c) so viel Trockenheit, verbunden mit hohen Temperaturen wie n ö t i g.

Tafel 9 Vegetationszusammensetzung von *Calocedrus*-Beständen in den Klamath Mountains und den Siskiyou Mountains in Nordkalifornien und Südoregon

Klamath- u. Siskiyou Mountains (Kalifornien und Oregon)

Union Creek (Rogue River National Forest) / Natural Bridge (42°53' N, 122°26' W, 970 m)

- domin.: Bs: *Abies concolor*, *Pseudotsuga menziesii*, *Tsuga heterophylla*
 codomin.: Bs: *Pinus lambertiana*, *Pinus monticola*, *Pinus ponderosa*, *Taxus brevifolia*
Ss: *Berberis nervosa*, *Cornus nuttallii*, *Corylus cornuta* ssp. *californica*,
Paxistima myrsinites, *Rhododendron occidentale*, *Symphoricarpos* spec.
Ks: *Achlys triphylla*, *Chimaphila umbellata*, *Fragaria* spec., *Galium*
aparine, *Pyrola picta*, *Smilacina racemosa*, *Trientalis latifolia*
 gelegentl.: Bs: *Calocedrus decurrens*
Ss: *Arctostaphylos patula*, *Arctostaphylos nevadense*, *Ceanothus prostratus*,
Ceanothus velutinus, *Chrysolepis chrysophylla*, *Ribes roezlii*, *Ribes ursinus*,
Spiraea c.f. *betulifolia*, *Vaccinium* spec.
 selten: Bs: *Acer circinatum*

Port Orford Cedar Botanical Area (41°57' N, 123°30' W, 900-1100 m)

- domin.: Bs: *Calocedrus decurrens*, *Chamaecyparis lawsoniana*
 codomin.: Bs: *Abies concolor*, *Abies magnifica*, *Picea breweriana*, *Pseudotsuga*
menziesii
 gelegentl.: Bs: *Alnus rhombifolia*, *Physocarpus capitatus*, *Pinus lambertiana*, *Pinus*
ponderosa, *Populus trichocarpa*, *Quercus chrysolepis*, *Quercus sadleriana*,
Salix spec., *Taxus brevifolia*
Ss: *Arbutus menziesii*, *Arctostaphylos nevadense*, *Berberis nervosa*,
Ceanothus cuniatus, *Ceanothus integerrimus*, *Ceanothus velutinus*,
Chrysolepis sempervirens, *Cornus nuttallii*, *Corylus cornuta* ssp. *californica*,
Lithocarpus densiflorus, *Quercus vaccinifolia*, *Rhododendron occidentale*,
Ribes sanguineum, *Vaccinium* spec.
Ks: *Calypso bulbosa*, *Chimaphila umbellata*, *Goodyera oblongifolia*,
Linnaea borealis, *Phlox adsergens*, *Trillium ovatum*
 selten: --

Seiad Baker Cypress Botanical Area (41°54' N, 123°08' W, 800-1000 m)

- domin.: Bs: *Pinus jeffreyi*, *Pinus ponderosa*
 codomin.: Bs: *Arbutus menziesii*, *Calocedrus decurrens*, *Pseudotsuga menziesii*
Ss: *Berberis nervosa*, *Ceanothus integerrimus*, *Holodiscus discolor*, *Ribes*
roezlii, *Rubus parviflora*
 gelegentl.: Bs: *Acer macrophyllum*, *Taxus brevifolia*
Ss: *Amelanchier alnifolia*, *Cercocarpus betuloides*, *Garrya fremontii*,
Quercus vaccinifolia, *Rhododendron occidentale*, *Rubus lasiniatum*
Ks: *Aquilegia formosa*, *Balsamorhiza deltoidea*, *Claytonia* c.f. *parviflora*,
Collinsia linearis, *Collomia heterophylla*, *Cryptogramma acrostichoides*,

Eriogonum nudum, *Eriophyllum lanatum*, *Erysimum capitatum*, *Heuchera micrantha*, *Lomatium* c.f. *macrocarpum*, *Phacelia* c.f. *hastata*, *Philadelphus lewisia*, *Polystichum* c.f. *imbricans*, *Pteridium aquilinum*, *Silene campanulata*, *Tellima grandiflora*, *Trientalis latifolia*, *Whipplea modesta*

selten: Ss: *Acer glabrum*

Ks: *Erythronium spec.*, *Iris* c.f. *bracteata*

Kelsey Creek (41°38' N, 123°09' W, 1000-1300 m)

domin.: Bs: *Abies concolor*, *Calocedrus decurrens*, *Pinus lambertiana*, *Pinus ponderosa*, *Pseudotsuga menziesii*

codomin.: Bs: *Arbutus menziesii*, *Quercus chrysolepis*, *Quercus kelloggii*

gelegentl.: Bs: *Alnus rhombifolia*, *Cornus nuttallii*

Ss: *Amelanchier alnifolia*, *Chrysolepis sempervirens*, *Paxistima myrsinites*, *Rosa spec.*, *Ribes spec.*, *Symphoricarpos spec.*

Ks: *Asarum caudatum*, *Asarum hartwegii*, *Calypso bulbosa*, *Chimaphila umbellata*, *Clintonia uniflora*, *Lilium columbianum*, *Smilacina racemosa*, *Trillium ovatum*

selten: --

Lovers Camp / Red Rock Valley (41°34' N, 123°08' W, 1000-1700 m)

domin.: Bs: *Abies concolor*, *Abies magnifica*, *Calocedrus decurrens*, *Pinus lambertiana*, *Pinus monticola*, *Pinus ponderosa*, *Pseudotsuga menziesii*, *Tsuga mertensiana*

codomin.: Bs: *Acer macrophyllum*, *Lithocarpus densiflorus*, *Populus tremuloides*, *Populus trichocarpa*, *Quercus kelloggii*

Ss: *Arctostaphylos patula*, *Arctostaphylos uva-ursi*, *Berberis nervosa*, *Cornus nuttallii*, *Corylus cornuta* ssp. *californica*, *Paxistima myrsinites*, *Quercus vaccinifolia*, *Ribes lobbii*, *Ribes roezlii*

Ks: *Adenocaulon bicolor*, *Calypso bulbosa*, *Corallorhiza striata*, *Chamaebatia foliosa*, *Clintonia uniflora*, *Diasporum hookeri*, *Goodyera oblongifolia*, *Linnaea borealis*, *Osmorrhiza spec.*, *Smilacina racemosa*, *Smilacina stellata*, *Trientalis latifolia*, *Trillium ovatum*, *Veratrum californicum*, *Viola glabella*, *Viola lobata*

gelegentl.: Bs: *Alnus rhombifolia*, *Taxus brevifolia*

Ss: *Ceanothus velutinus*, *Ribes sanguinea*, *Rosa spec.*, *Sambucus caerulea*, *Vaccinium spec.*

Ks: *Achillea millefolia*, *Anemone spec.*, *Aquilegia formosa*, *Arnica spec.*, *Asarum caudatum*, *Asarum hartwegii*, *Caltha* c.f. *biflora*, *Calyptridium umbellatum*, *Corallorhiza maculata*, *Delphinium spec.*, *Dicentra uniflora*, *Dodecatheon spec.*, *Erythronium grandiflorum*, *Erythronium pluriflorum*, *Fragaria spec.*, *Hydrophyllum capitatum*, *Lewisia spec.*, *Lilium columbianum*, *Mimulus guttatus*, *Penstemon spec.*, *Phlox spec.*, *Pteridium aquili-*

selten: *num, Ranunculus occidentalis, Tellima c.f. grandiflora*
Ks: *Fritillaria c.f. lanceolata*

Shackleford Trail / Campbell Lake (41°33' N, 123°02' W, 1000-1800 m)

domin.: Bs: *Abies concolor, Abies magnifica, Calocedrus decurrens, Pinus contorta ssp. murrayana, Pinus lambertiana, Pinus monticola, Pinus ponderosa, Pseudotsuga menziesii*

codomin.: Ss: *Arctostaphylos patula, Arctostaphylos uva-ursi, Ceanothus velutinus, Chamaebatia foliosa, Quercus vaccinifolia, Ribes lobbii, Ribes sanguinea*
Ks: *Calypso bulbosa, Clintonia uniflora, Diasporum hookeri, Dicentra uniflora, Goodyera oblongifolia, Smilacina racemosa, Viola glabella, Viola lobata*

gelegentl.: Bs: *Tsuga mertensiana, Pinus jeffreyi*

selten: Ks: *Delphinium spec., Osmorrhiza spec.*

Devils Canyon (41°22' N, 123°14' W, 1500 m)

domin.: Bs: *Abies concolor, Calocedrus decurrens, Pinus jeffreyi, Pinus lambertiana, Pinus ponderosa, Pseudotsuga menziesii*

codomin.: Bs: *Acer macrophyllum, Alnus rhombifolia, Quercus chrysolepis, Quercus kelloggii, Quercus garrayana, Taxus brevifolia, Salix spec.*
Ss: *Arbutus menziesii, Arctostaphylos nevadense, Arctostaphylos patula, Berberis nervosa, Ceanothus integerrimus, Cornus nuttallii, Corylus cornuta ssp. californica, Symphoricarpos spec.*
Ks: *Chimaphila umbellata, Clintonia uniflora, Linnaea borealis, Lupinus bicolor, Smilacina tuberosa, Trientalis latifolia*

gelegentl.: Ss: *Ceanothus thrysiflorus, Chrysolepis sempervirens, Rhamnus purshiana, Rosa woodsii, Sambucus caerulea*
Ks: *Anemone deltoidea, Asarum hartwegii, Goodyera oblongifolia, Pyrola picta*

selten: Ss: *Cornus stolonifera*

Taylor Lake (41°22' N, 122°59' W, 1700 m)

domin.: Bs: *Abies concolor, Abies magnifica, Pinus contorta ssp. murrayana, Pinus lambertiana, Pinus monticola, Tsuga mertensiana*

codomin.: Bs: *Alnus rhombifolia, Salix spec.*

gelegentl.: Bs: *Calocedrus decurrens, Pinus jeffreyi, Pinus ponderosa*
Ss: *Ceanothus velutinus, Ribes sanguinea*
Ks: *Achillea spec., Adenocaulon bicolor, Viola lobata*

selten: --

Deacon Lee Ridge (41°17' N, 123°02' W, 1900 m)

domin.: Bs: *Abies concolor, Abies magnifica, Pinus jeffreyi, Pinus monticola, Pseudotsuga menziesii*

- codomin.: Bs: *Calocedrus decurrens*, *Picea breweriana*, *Tsuga mertensiana*
Ss: *Arctostaphylos nevadense*, *Arctostaphylos patula*, *Arctostaphylos uva-ursi*, *Quercus spec.*
- gelegentl.: Ss: *Amelanchier alnifolia*, *Ceanothus velutinus*, *Quercus vaccinifolia*,
Ribes lobbii
Ks: *Allium spec.*, *Astragalus purshii*, *Calochortus spec.*, *Calyptridium umbellatum*, *Castilleja spec.*, *Delphinium spec.*, *Dicentra formosa*, *Dicentra uniflora*, *Epilobium angustifolium*, *Eriogonum spec.*, *Fritillaria spec.*, *Hackelia spec.*, *Hydrophyllum capitatum*, *Ipomopsis aggregata*, *Monardella odoratissima*, *Smilacina racemosa*, *Smilacina stellata*, *Smilacina spec.*, *Viola glabella*, *Viola lobata*
- selten: --

Russian Wilderness / Sugar Lake (41°18' N, 122°56' W, 1800 m)

- domin.: Bs: *Abies concolor*, *Abies magnifica*, *Calocedrus decurrens*, *Pinus lambertiana*, *Pinus monticola*, *Pinus ponderosa*, *Pseudotsuga menziesii*
- codomin.: Bs: *Acer macrophyllum*, *Picea breweriana*, *Picea engelmannii*, *Pinus contorta ssp. murrayana*, *Populus tremuloides*, *Salix spec.*, *Taxus brevifolia*, *Tsuga mertensiana*
Ss: *Arctostaphylos patula*, *Ceanothus velutinus*, *Quercus vaccinifolia*
- gelegentl.: Bs: *Juniperus communis*, *Pinus jeffreyi*
Ss: *Garrya elliptica*, *Spiraea spec.*
- selten: Bs: *Pinus attenuata*

Russian Wilderness / Russian Creek (41°17' N, 122°58' W, 1000-1600 m)

- domin.: Bs: *Abies concolor*, *Pseudotsuga menziesii*
- codomin.: Bs: *Abies magnifica*, *Calocedrus decurrens*, *Pinus contorta ssp. murrayana*, *Pinus lambertiana*, *Pinus monticola*, *Pinus ponderosa*
Ss: *Berberis nervosa*, *Corylus cornuta ssp. californica*, *Symphoricarpos albus*
Ks: *Chimaphila umbellata*, *Linnaea borealis*, *Osmorhiza chilensis*, *Pyrola picta*, *Smilacina racemosa*, *Trientalis latifolia*, *Trillium ovatum*, *Viola glabella*
- gelegentl.: Bs: *Picea engelmannii*, *Taxus brevifolia*
Ss: *Amelanchier alnifolia*, *Chrysolepis sempervirens*, *Cornus nuttallii*, *Paxistima myrsinites*, *Rhamnus californica*, *Ribes roezlii*, *Ribes sanguinea*, *Rosa spec.*, *Sambucus caerulea*
Ks: *Achillea millefolia*, *Anemone spec.*, *Arnica spec.*, *Asarum caudatum*, *Asarum hartwegii*, *Clintonia uniflora*, *Dicentra formosa*, *Galium aparine*, *Pteridium aquilinum*, *Smilacina stellata*, *Veratrum californicum*
- selten: Bs: *Tsuga mertensiana*
Ks: *Calypso bulbosa*, *Corallorhiza striata*

East & Middle Boulder Lake Trail (41°14' N, 122°47' W, 1200-2000 m)

- domin.: Bs: *Abies concolor*, *Abies magnifica*, *Calocedrus decurrens*, *Pinus albicaulis*,
Pinus balfouriana, *Pinus jeffreyi*, *Pinus lambertiana*, *Pinus monticola*,
Pinus ponderosa, *Tsuga mertensiana*
- codomin.: Bs: *Cercocarpus betuloides*
Ks: *Artemisia tridentata*
- gelegentl.: --
- selten: --

Kangaroo Lake (41°20' N, 122°38' W, 1700 m)

- domin.: Bs: *Abies concolor*, *Abies magnifica*, *Pinus monticola*, *Pinus ponderosa*,
Pseudotsuga menziesii, *Tsuga mertensiana*
Ss: *Arctostaphylos patula*, *Arctostaphylos uva-ursi*, *Quercus vaccinifolia*
- codomin.: Bs: *Calocedrus decurrens*, *Pinus contorta* ssp. *murrayana*, *Pinus jeffreyi*,
Pinus lambertiana, *Taxus brevifolia*
Ks: *Darlingtonia californica*
- gelegentl.: Ss: *Amelanchier alnifolia*, *Berberis nervosa*, *Berberis spec.*, *Ceanothus prostratus*,
Ceanothus velutinus, *Cornus stolonifera*, *Ribes lobbii*, *Ribes roezlii*,
Rosa spec., *Symphoricarpos spec.*
Ks: *Smilacina racemosa*
- selten: Ks: *Aquilegia formosa*, *Calochortus elegans*, *Delphinium spec.*,
Dodecatheon pulchellum

Big Flat (41°04' N, 122°55' W, 1500 m)

- domin.: Bs: *Abies concolor*, *Pinus ponderosa*
- codomin.: Bs: *Calocedrus decurrens*, *Populus trichocarpa*
- gelegentl.: --
- selten: --

Gray Pine Botanical Area (41°09' N, 123°13' W, 800-1000 m)

- domin.: Bs: *Pinus sabiniana*
- codomin.: --
- gelegentl.: --
- selten: Bs: *Calocedrus decurrens*

Castle Crags State Park / Park Entrance (41°10' N, 122°20' W, 900 m)

- domin.: Bs: *Abies concolor*, *Calocedrus decurrens*, *Pseudotsuga menziesii*
- codom.: Bs: *Pinus ponderosa*, *Quercus kelloggii*
Ss: *Arctostaphylos patula*, *Ceanothus cordulatus*, *Ceanothus integerrimus*
Ks: *Adenocaulon bicolor*, *Asarum caudatum*, *Carex spec.*, *Claytonia perfoliata*,
Collomia heterophylla, *Galium aparine*, *Galium c.f. bolanderi*,
Goodyera oblongifolia, *Nemophila c.f. pedunculata*, *Osmorrhiza chilensis*,

Poa bulbosa, *Viola sheltonii*

gelegentl.: Bs: *Acer glabrum* ssp. *torreyi*

Ks: *Calypso bulbosa*, *Phlox speciosa*, *Ranunculus occidentalis*,
Trientalis latifolia

selten: --

a) Lichtmangel- und (Luft-) Feuchtegrenze

Die für die Keimung der Incense Cedar notwendige, Richtung Norden zunehmend gesicherte Bodenfeuchte in den Siskiyou Mountains und den südlichen Kaskaden Oregons muss mit einem höheren Bewölkungsgrad, vor allem dichter Vegetation und Schatten „erkauft“ werden, was das Wachstum und die Zapfenreife verzögert oder gar verhindert. Hier erreicht *Calocedrus* ihre Lichtmangelgrenze und nähert sich auch ihrer (Luft-) Feuchtegrenze (zur Feuchtegrenze durch Küstenebel bei den westlichen Vorkommen siehe Kapitel 6.6.1). Der Union Creek (1) stellt das nördlichste Vorkommen ihres luvwärtigen Verbreitungsgebietes dar. Die Vermutung liegt allerdings nahe, dass sich *Calocedrus* hier erst gar nicht ihrer durch zu häufige Bewölkung bzw. zyklonale Witterung verursachten Feuchtegrenze annähern kann. Vielmehr ist davon auszugehen, dass bereits Lichtmangel wegen zu großer Beschattung des Jungwuchses ihre weitere Verbreitung Richtung Norden im Luv der Kaskaden unterbindet. Dies wird dadurch ersichtlich, dass sie auf Lichtungen sowie entlang von breiten Flussläufen und Straßen noch anzutreffen ist, wo sie reife Zapfen ausbildet und wo auch Sämlinge vorzufinden sind. Am Union Creek sind also die Standorte noch nicht durch eine zu kurze sommerliche Trockenperiode begrenzt. Die Verbreitungsgrenze der Incense Cedar in Süd-Oregon – mit der aus dem pazifischen Nordwesten vorgerückten dominanten Western Hemlock (*Tsuga heterophylla*) innerhalb der zonalen Vegetation – ist also vielmehr eine Lichtmangelgrenze, weil für ein erfolgreiches Wachstum (nicht für die Keimung!) aus der Physiognomie des Waldes zuviel Schatten resultiert, obwohl die Trockenperiode für das Reifen der Zapfen noch ausreichen würde. Die Folge ist gehemmt bis stagnierendes Wachstum; sogar das Absterben von ein bis drei Meter hohen jungen Bäumen ist zu beobachten. Wenige Kilometer nördlich des Union Creek bleiben auch Sämlinge und junge abgestorbene Bäume aus, da *Calocedrus* für die Keimung Halbschatten benötigt, welcher mit zunehmender Dominanz der Western Hemlock zum kühlen Vollschatten wird. Sobald jedoch eine Lichtung erscheint, sei es durch den Tod alter Bäume, Feuer, Stürme oder vom Menschen verursachten Holzeinschlag, sucht *Calocedrus* diese vom Waldesrand aus zu erobern. Mit Annäherung an den polwärtigen Rand der Subtropen können im langjährigen Mittel dennoch regenreiche Sommer auftreten (vgl. hierzu bzgl. Chile v. HUSEN 1967). Diese sind dann zu feucht, um die sechs- bis achtmonatige Zapfenreife erfolgreich zu beenden: die Zapfen verfaulen (siehe Photo 27), wie es im Verbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis* nach häufigen und andauernden sommerlichen Niederschlägen im Spätsommer / Herbst 2000 im Parque Nacional Los Alerces / Argentinien sowie in den Ciprés-Wäldern westlich der Laguna del Laja (südliche luvwärtige Vorkommen von *Austrocedrus*) zu beobachten war.

b) u. c) Trockengrenze bzw. zu starke kontinentale Einflüsse

Die für das Wachstum förderliche Sonneneinstrahlung und die für die Zapfenreife (Trockenspaltung / Xerochasia) der Incense Cedar notwendige Trockenheit und Wärme muss in den östlichen Klamath Mountains mit einem geringen Bewölkungsgrad, den daraus resultierenden, gelegentlich auftretenden Nacht- und Spätfrösten sowie zunehmend ascendierender Bodenwasserbewegung „erkaufte“ werden. Dies kann die Keimung verhindern oder bereits gekeimte Bäumchen schon im Frühsommer absterben lassen, welche nicht rechtzeitig ihre Pfahlwurzel in tiefere und damit feuchtere Bodenschichten treiben konnten. Hier erreicht *Calocedrus decurrens* ihre Trockengrenze, verbunden mit schon schwach kontinentalen Einflüssen. Die östlichen Wuchsorte der Incense Cedar in den Klamath Mountains sind das Seiad Baker Cypress Botanical Area (3), die Wälder unterhalb der Boulder Lakes (12) und der Kangaroo Lake (13). Das Auftreten östlicher Steppenelemente wie *Cercocarpus betuloides*, *Artemisia tridentata*, *Juniperus* und die in den östlichen Klamath Mountains an der Baumgrenze wurzelnde *Pinus balfouriana* ssp. *balfouriana* unterstreichen die schon kontinental getönten Züge des Pflanzenkleides. Ähnliche Verhältnisse findet man im Osten und im Norden des leewärtigen Verbreitungsgebietes, so östlich des Modoc Plateaus in den Warner Mountains im äußersten Nordosten Kaliforniens (siehe Kapitel 6.7.1) und an der Südost-Flanke des Mount Hood im Norden Oregons (siehe Kapitel 6.4.1). Die weitere Verbreitung der Incense Cedar wird an diesen Standorten durch die zu geringe Niederschlagsmenge begrenzt, vor allem während der Wintermonate. Bei zu geringer Bodenfeuchte, besonders bei Austrocknung der oberen Bodenhorizonte, kann keine Verjüngung mehr stattfinden. Außerdem setzen die typischen kontinentalen Erscheinungen niederschlagsarmer Regionen der weiteren östlichen Ausdehnung von *Calocedrus* ein Ende: infolge zunehmend aufsteigender Bodenwasserbewegung (basischer pH-Wert) würde eine „Vergiftung“ der Schuppenblättchen durch Anreicherung bzw. Übersättigung von Kationen stattfinden. Geringe Niederschläge während der Wintermonate bei nur schwacher Bewölkung und der daraus resultierenden intensiven nächtlichen Ausstrahlung ohne wärmende Schneedecke ziehen starke Nacht- und Spätfröste nach sich, was zu Frosttrocknis führt.

6.3.2 *Austrocedrus*: chilenisch-argentinische Anden am Volcán Lanín

Der Biotopwechsel von der Luv- auf die Leeseite des Andenhauptkammes ist bei *Austrocedrus chilensis* weniger komplex als bei *Calocedrus decurrens* in den Klamath Mountains. Dabei ist entscheidend, dass die hohe Andenkordillere die westlichen von den östlichen *Austrocedrus*-Vorkommen trennt, während sich östlich der Klamath Mountains mit dem Modoc Plateau ein sanft gewelltes vulkanisches Tafelland anschließt. In der Breitenlage (38° S), wo *Austrocedrus chilensis* vom Luv ins Lee der Cordillera de los Andes wechselt, markiert *Araucaria araucana* die Zone regelmäßiger winterlicher Niederschläge bzw. Schneefälle mit episodischer Sommertrockenheit (vgl. GOLTE 1978b; 1984; 1988; 1993). Hier handelt es sich um die klimatische Übergangszone, wo sich die warmgemäßigten Winterregen-Subtropen und die kühlgemäßigte Westwindzone überschneiden (vgl. v. HUSEN 1967). Die Ciprés de la Cordillera weicht so – in gleicher Art und Weise wie die Incense Cedar (siehe Kapitel 6.3.1) – in diesem Übergangsbereich der zunehmenden Bewölkung bzw. den möglichen sommerlichen Niederschlägen aus.

Die in diesem Kapitel aufgeführten Wuchsorte von *Austrocedrus chilensis* befinden sich ausnahmslos in unmittelbarer Nachbarschaft von *Araucaria araucana*, dem Indikatorbaum für bereits episodische Sommertrockenheit. Die drei Wuchsorte am Paso Tromen und entlang des Río Aluminé Richtung Norden bis zum Lago Aluminé zeigen, bei nach Norden hin abnehmenden Niederschlägen im Lee der Andenkordillere, das allmähliche Auslaufen und die nördliche Verbreitungsgrenze des breiten westargentinischen Waldgürtels von *Austrocedrus chilensis* (siehe Kapitel 6.1.2). Die beiden Vorkommen am Lago Currhué Chico zeigen den Biotopwechsel der Ciprés von Osten nach Westen, d.h. von der Steppe (siehe Kapitel 6.7.2) zum sommergrünen Laubwald mit *Nothofagus spp.*, nahe ihrer leewärtigen nördlichen Verbreitungsgrenze.

Am Paso Tromen, auf der trockeneren argentinischen Ostseite des PASSES gelegen, gedeihen vereinzelt offene Bestände der Ciprés in voller Südexposition auf steilen, felsigen Bergflanken (1200-1300 m ü.NN). Der Unterwuchs setzt sich überwiegend aus hartlaubigen Sträuchern zusammen. Am Hangfuß des Volcán Lanín und auf der schwach konvexen, fast plateauförmigen Passhöhe (1300-1500 m ü.NN) wächst *Araucaria araucana* und stößt als offenes Parkland in die patagonische Steppe vor (Tafel 10; Photo 54). Im Unterwuchs der mächtigen Araukarien wurzeln kleine Bäumchen von *Nothofagus antarctica*. Betrachtet man die Wuchsorte von *Austrocedrus* und *Araucaria* im Vergleich, lassen sich auf den ersten Blick keine divergierenden Standortverhältnisse bezüglich der topoklimatischen oder bodenhydrologischen Verhältnisse erkennen. Sowohl die durchlässigen vulkanischen Aschenböden als auch die Felsstandorte schaffen gleichermaßen günstige bodenhydrologische Verhältnisse. Die Wuchsorte von *Austrocedrus* liegen lediglich etwas leewärtiger, die von *Araucaria* etwas höher, sind somit feuchter und im Winter schneereicher. Im Vergleich zu den Wuchsorten von *Araucaria* und *Austrocedrus* am Paso Tromen gedeihen beide Coniferen entlang des Río Aluminé und am Lago Currhué Chico recht nah beieinander (in 10-50 m Entfernung), jedoch in deutlich unterscheidbaren ökologischen Nischen: oberhalb des Río Aluminé besiedelt *Araucaria* die oberen Hangabschnitte, wo Schnee länger liegen bleibt, während *Austrocedrus* die tieferen Hanglagen aufsucht; am Lago Currhué Chico findet man *Araucaria* in feuchten Schluchten, *Austrocedrus* auf sonnenexponierten Bergflanken. *Araucaria* ist also auch hier an den feuchteren, im Winter schneereicheren Standorten zu finden als *Austrocedrus*.

Entlang der Schotterpiste, welche den Río Aluminé an seinem Ostufer begleitet, bekleidet *Austrocedrus* südlich des Dörfchens Aluminé noch die Westflanken, wo sie oberhalb von 1000 m von *Araucaria araucana* abgelöst wird. Nördlich von Aluminé zieht sie sich dann bei abnehmenden Niederschlägen mit der Araukarie an Wasserläufe zurück (Tafel 10, Photo 55). Am Südufer des Lago Currhué Chico kann man von Osten nach Westen den Biotopwechsel der Ciprés von den schattigen südexponierten Bergflanken am Rande der patagonischen Steppe über die trockenen Nordexpositionen im Übergang von der Steppe bis hin zu den sommergrünen Südbuchenwäldern mit *Nothofagus antarctica* nachvollziehen (Tafel 11).

Tafel 10 Vegetationszusammensetzung von *Austrocedrus*-Beständen zwischen dem Volcán Lanín und dem Río Aluminé im chilenisch-argentinischen Grenzgebiet

Volcán Lanín (Chile / Argentinien) bis Río Aluminé (Argentinien)
Nordflanke des Volcán Lanín / Paso Tromen im chilenisch-argentinischen Grenzgebiet (39°35' S, 71°27' W, 1300 m)

domin.: Bs: *Araucaria araucana*, *Nothofagus antarctica*
Ks: *Mulinum spinosum*
codomin.: Bs: *Austrocedrus chilensis*
Ss: *Baccharis spec.*, *Berberis spec.*
gelegentl.: --
selten: --

Estancia Rahué / Arroyo Rahué am Río Aluminé südlich Aluminé (39°22' S, 70°54' W, 900-1100 m)

domin.: Bs: *Austrocedrus chilensis*, *Maitenus boaria*
Ss: *Colletia spinosissima*
Ks: *Acaena spec.*, *Mulinum spinosum*
codomin.: Bs: *Araucaria araucana*, *Nothofagus antarctica*
gelegentl.: --
selten: --

Pampa de Lonco Luan / Río Aluminé nördlich Aluminé bis zum Lago Aluminé (39°10' S, 70°55' W, 1000-1200 m)

domin.: Bs: *Araucaria araucana*
codomin.: Bs: *Austrocedrus chilensis*
gelegentl.: --
selten: --

6.3.3 Zusammenfassender Vergleich

Die Übergangsgebiete beider Zypressengewächse vom Luv ins Lee der Kaskaden bzw. der zentralchilenischen Anden liegen exakt dort, wo sich zwei große Klimazonen überschneiden, nämlich der Hochdruckgürtel der warmgemäßigten Subtropen und die Westwindzone der kühlgemäßigten Breiten. Das Bedürfnis beider Coniferen nach einem gewissen Maß an Trockenheit wird dadurch unterstrichen, dass sie den ansteigenden Niederschlägen, genauer den zunehmend möglichen Sommerregen ausweichen, indem sie ins Lee der Kaskaden bzw. der argentinischen Anden wechseln. Die jeweils polnächsten Vorkommen im Luv beider Coniferen, nämlich die Klamath Mountains und der Parque Nacional Laguna del Laja, sind die niederschlags- und im Sommer bewölkungsreichsten Standorte in den Verbreitungsgebieten von *Calocedrus* und *Austrocedrus*. Dies zeigt sich v.a. durch die Zunahme von Arten der nördlichen kühltemperierten Waldflora bezüglich *Calocedrus* bzw. subantarktischer Elemente bezüglich *Austrocedrus*.

Tafel 11 Vegetationszusammensetzung von *Austrocedrus*-Beständen am Lago Currhué in der Präkordillere der argentinischen Anden

Lago Currhué / Parque Nacional Lanín (Argentinien)

Südwestufer des Lago Currhué Chico / Pto. Currhué Chico (39°55' S, 71°20' W, 1200 m)

- domin.: Bs: *Austrocedrus chilensis*, *Nothofagus antarctica*
Ss: *Berberis spec.*, *Chusquea spec.*, *Colletia spinosissima*
Ks: *Acaena spec.*, *Mulinum spinosum*, *Mutisia spec.*
- codomin.: Bs: *Lomatia hirsuta*, *Maitenus boaria*
- gelegentl.: Bs: *Araucaria araucana*
Ss: *Pernettya spec.*, *Ribes spec.*
- selten: --

Ostufer des Lago Currhué Chico / Arroyo Aseret (39°52' S, 71°22' W, 1200 m)

- domin.: Bs: *Araucaria araucana*, *Nothofagus alpina*
Ss: *Chusquea spec.*, *Pernettya spec.*, *Ribes spec.*
- codomin.: Bs: *Nothofagus antarctica*
- gelegentl.: --
- selten: Bs: *Austrocedrus chilensis*, *Lomatia hirsuta*, *Maitenus boaria*

6.4 Die polwärtigen Vorkommen

6.4.1 *Calocedrus*: Mount Hood

Im vorangegangenen Kapitel wurde dargelegt, dass *Calocedrus* und *Austrocedrus* mit zunehmenden Niederschlägen von der Luv- auf die Leeseite zu den regenbringenden Westwinden, sprich von der West- auf die Ostflanke der Sierra-Kaskaden-Achse bzw. der Andenkordillere wechseln. Die Arbeit hat gezeigt, dass beide Coniferen offensichtlich nicht genau die gleichen klimatischen Bedingungen in ihren transmontanen Verbreitungsgebieten vorfinden, insofern, dass die Leeseite der Kaskaden einen kontinentaleren Charakter trägt als die Leeseite der argentinischen Anden. Diese für das Verbreitungsmuster beider Cupressaceen wesentliche Tatsache wird durch das Verhältnis der tages- zur jahreszeitlichen Temperaturschwankung (siehe Karte von PAFFEN 1967) verdeutlicht. Während am polwärtigsten Vorkommen von *Calocedrus* die Jahresschwankung der Temperatur erheblich über der Tagesschwankung liegt, ist der Unterschied am polwärtigsten Vorkommen von *Austrocedrus* kaum ausgeprägt. Damit kann man den ausgedehnten Waldgürtel der Ciprés de la Cordillera im Westen Argentiniens und die nur punkthaften Vorkommen der Incense Cedar im Osten Oregons begründen. Der polnächste Bestand von *Calocedrus decurrens* an der südöstlichen Fußstufe des Mount Hood (Profil 25, Photo 58) ist zugleich das nördlichste dieser kleinen Vorkommen Ost-Oregons, welches wie die weiter südlich gelegenen Wuchsorte dem Wald-Steppe-Ökoton angehört (Tab. 47, Profil 24). Es liegt zwischen den Mischnadelwäldern des Westens (Photo 56) und dem östlichen Wacholder (*Juniperus occidentalis ssp. occidentalis*)-Parkland nur wenige Kilometer von den temperierten Regenwäldern (Photo 57) und der Steppe (Photo 72).

Tab. 47 Vegetationsabfolge am Mount Hood / N-Oregon von den ozeanisch geprägten feuchttemperierten Regen- bzw. Nadelwäldern über die trockenen Coniferengehölze der lichten Gelbkieferwälder – einschließlich *Calocedrus decurrens* – bis zur offenen Wacholder-Steppe

Exposition	Zonale Vegetation	Artenzusammensetzung
Mt. Hood, W-Flanke	Ozeanisch-temperierter Regenwald	Fußhügel: <i>Tsuga heterophylla</i> , <i>Thuja plicata</i> , <i>Xanthocyparis (Chamaecyparis) nootkatensis</i> (an Wasserläufen), <i>Abies grandis</i> ; montan: <i>Pinus monticola</i> , <i>P. contorta ssp. murrayana</i> , <i>Abies procera</i> , <i>A. amabilis</i> , <i>A. lasiocarpa</i> (Waldgrenze); subalpin bzw. Baumgrenze: <i>Tsuga mertensiana</i> , <i>Pinus albicaulis</i>
Mt. Hood, SW- und S-Flanke	Feuchter gemischter Nadelwald	<i>Tsuga heterophylla</i> (SW), <i>Abies grandis</i> , <i>Larix occidentalis</i> , <i>Pinus monticola</i> , <i>Taxus brevifolia</i> (SW-S, östlicher an Flussläufen), <i>Pinus contorta ssp. murrayana</i> , <i>Pseudotsuga menziesii</i> , <i>Pinus ponderosa</i> (S), <i>Thuja plicata</i> (SW, östlicher an Flussläufen), <i>Picea engelmannii</i> (S, östlicher in feuchten Schluchten); Laubbäume: <i>Acer circinatum</i> (SW), <i>Acer macrophyllum</i> , <i>Populus trichocarpa</i> (an Wasserläufen im Übergang zum Gelbkieferwald)
Mt. Hood, SE-Flanke	<u>Gelbkieferwald mit <i>Calocedrus decurrens</i></u>	<i>Pinus ponderosa</i> , <i>P. jeffreyi</i> , <i>Pseudotsuga menziesii</i> , <i>Calocedrus decurrens</i>
Mt. Hood, SE-Flanke	Offener reiner Gelbkieferwald	<i>Pinus ponderosa</i> , <i>P. jeffreyi</i> , <i>Pseudotsuga menziesii</i> (von Westen her ausklingend), <i>Juniperus occidentalis ssp. occidentalis</i> (westliche Vorposten)
Mt. Hood, E-Flanke	Wacholder-Parkland / Steppe	<i>Juniperus occidentalis ssp. occidentalis</i> , <i>Pinus ponderosa</i> , <i>P. jeffreyi</i> (von Westen her ausklingend)

Hier wird ersichtlich, dass *Calocedrus decurrens* ausschließlich das Wald-Steppe-Ökoton besiedelt.

In dem wenige Quadratkilometer großen Gelbkieferwald, dem *Calocedrus decurrens* beigemischt ist, herrschen *Pinus ponderosa* und *P. jeffreyi* vor. Zweithäufigste Conifere ist *Pseudotsuga menziesii*. *Calocedrus decurrens* ist codominant (Tafel 12; Profil 25 u. 26; Photo 58). Eine zweite niedrigere, ebenfalls sehr offene Baumschicht bildet die „Oregon White Oak“ (*Quercus garryana*). Auf Lichtungen und entlang der Schotterpiste sind, wenn auch selten, junge Bäumchen des *Juniperus occidentalis ssp. occidentalis* untergemischt. Die lückenhafte Strauchschicht wird hauptsächlich von *Arctostaphylos patula*, *Ceanothus prostratus*, *Purshia tridentata*, *Symphoricarpos albus* und *S. malus* gebildet. Die Krautschicht besteht aus Steppenkräutern wie beispielsweise *Achillea spec.*

Östlich des *Calocedrus*-Vorkommens erstrecken sich fast reine Gelbkiefernwälder. Innerhalb dieser wird Richtung Osten *Pseudotsuga menziesii* seltener, während *Juniperus occidentalis ssp. occidentalis* zunimmt. In Wamic schließlich findet man offenes Parkland mit fast ausschließlich *Juniperus occidentalis ssp. occidentalis* (Tab. 47). Westlich des *Calocedrus*-Bestandes werden entlang der Südflanke des Mount Hood die Gelbkieferwälder allmählich dichter und es treten zunehmend *Pseudotsuga menziesii*, *Abies grandis*, *Pinus monticola* und *Larix occidentalis* auf, mit prozentualer Abnahme von *Pinus ponderosa*. An der Südwest-Flanke des Mount Hood schließlich finden sich feuchte Coniferenwälder mit *Tsuga heterophylla*, *Taxus brevifolia*, *Pinus contorta ssp. murrayana*, *Thuja plicata* und *Picea engelmannii* (zu den Waldökosystemen des pazifischen Nordwestens vgl. auch GLAWION 1993). Weiter östlich in der Zone der

Gelbkieferwälder ziehen sich diese fünf Nadelbäume in feuchte Schluchten entlang von Wasserläufen zurück, gemeinsam mit den sommergrünen Laubbäumen *Acer circinatum*, *A. macrophyllum* und *Populus trichocarpa* (Tab. 47). Erreicht man westlich von Governments Camp das kleine Dorf mit dem bezeichnenden Namen Rhododendron im Luv des mächtigen Vulkankegels, so bestimmen schon die im Westen Washingtons weit verbreiteten ozeanisch-temperierten Regenwälder mit *Tsuga heterophylla* die zonale Vegetation. Hinzu kommen teilweise riesenhafte Exemplare von *Thuja plicata* und an Bachläufen vereinzelt *Xanthocyparis (Chamaecyparis) nootkatensis* (Tab. 47). Im strauchigen Unterwuchs häufen sich lorbeerblättrige Immergrüne, vor allem diverse Arten der Gattung *Rhododendron*.

Auch an ihrer polwärtigen Verbreitungsgrenze besiedelt die Incense Cedar also das Ökoton vom Trockenwald zur Steppe, vergleichbar mit ihren östlichsten, weiter südwärts im Lee der Kaskaden gelegenen Einzelbeständen im Bergland östlich von Bend und in den Warner Mountains im Nordosten Kaliforniens (siehe hierzu Kapitel 6.7.1).

Tafel 12 Vegetationszusammensetzung von *Calocedrus*-Beständen am Mount Hood in der nördlichen Cascade Range von Oregon

Cascade Range / Mount Hood (Oregon)

Immigrant Spring / Old Barlow Road (45°10' N, 121°28' W, 900 m)

- domin.: Bs: *Calocedrus decurrens*, *Pinus jeffreyi*, *Pinus ponderosa*,
Pseudotsuga menziesii
- codomin.: Bs: *Quercus garryana*
Ss: *Arctostaphylos patula*, *Ceanothus prostratus*, *Purshia tridentata*
- gelegentl.: Ss: *Symphoricarpos albus*, *Symphoricarpos malus*
Ks: *Achillea millefolium*
- selten: Bs: *Abies grandis*, *Juniperus occidentalis* ssp. *occidentalis*

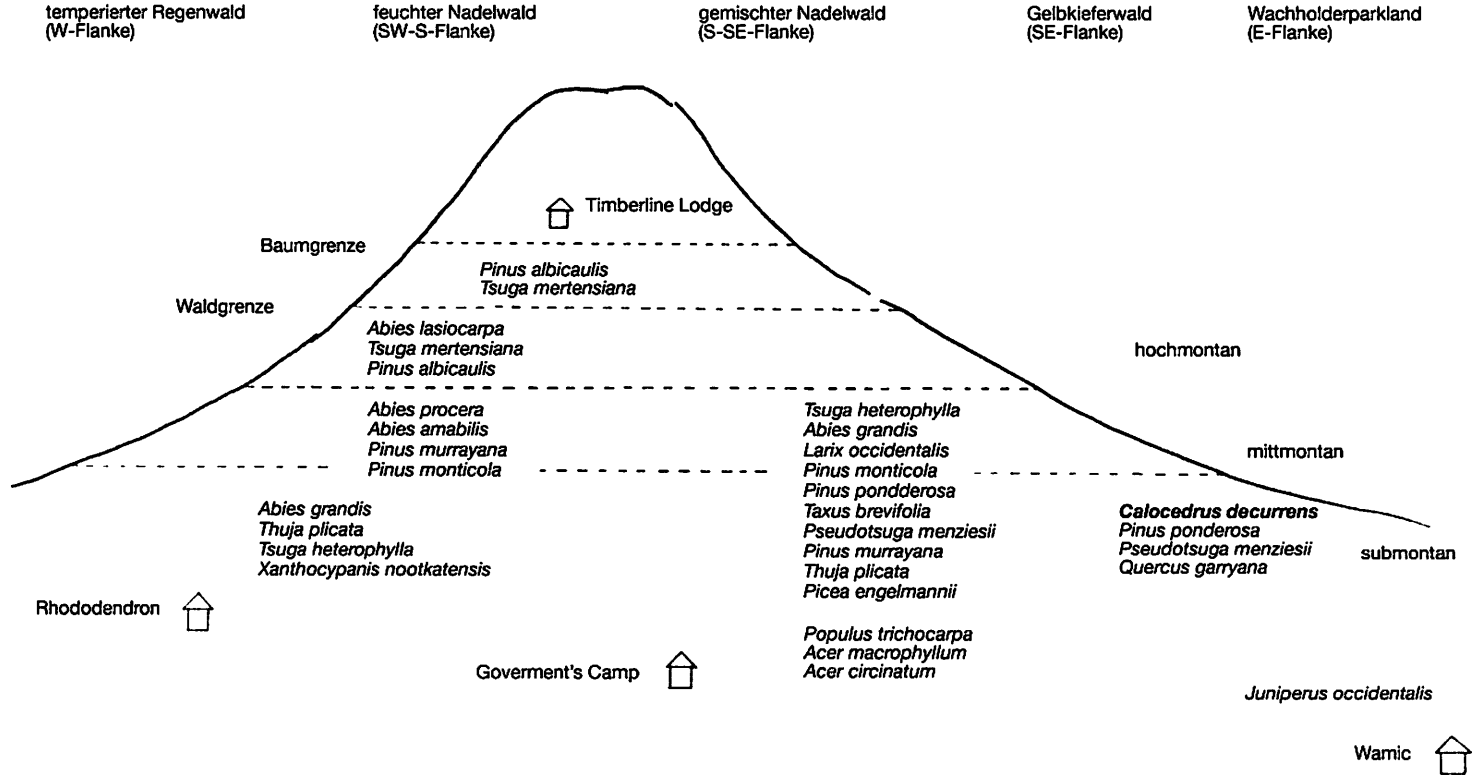
Camp Sherman / Road 1120 (44°27' N, 121°38' W, 1000 m)

- domin.: Bs: *Pinus ponderosa*, *Pseudotsuga menziesii*
- codomin.: Bs: *Calocedrus decurrens*
Ss: *Arctostaphylos patula*, *Ceanothus velutinus*
- gelegentl.: Ks: *Galium spec.*, *Rhumora adianthiformis*, *Smilacina racemosa*
- selten: Bs: *Abies grandis*

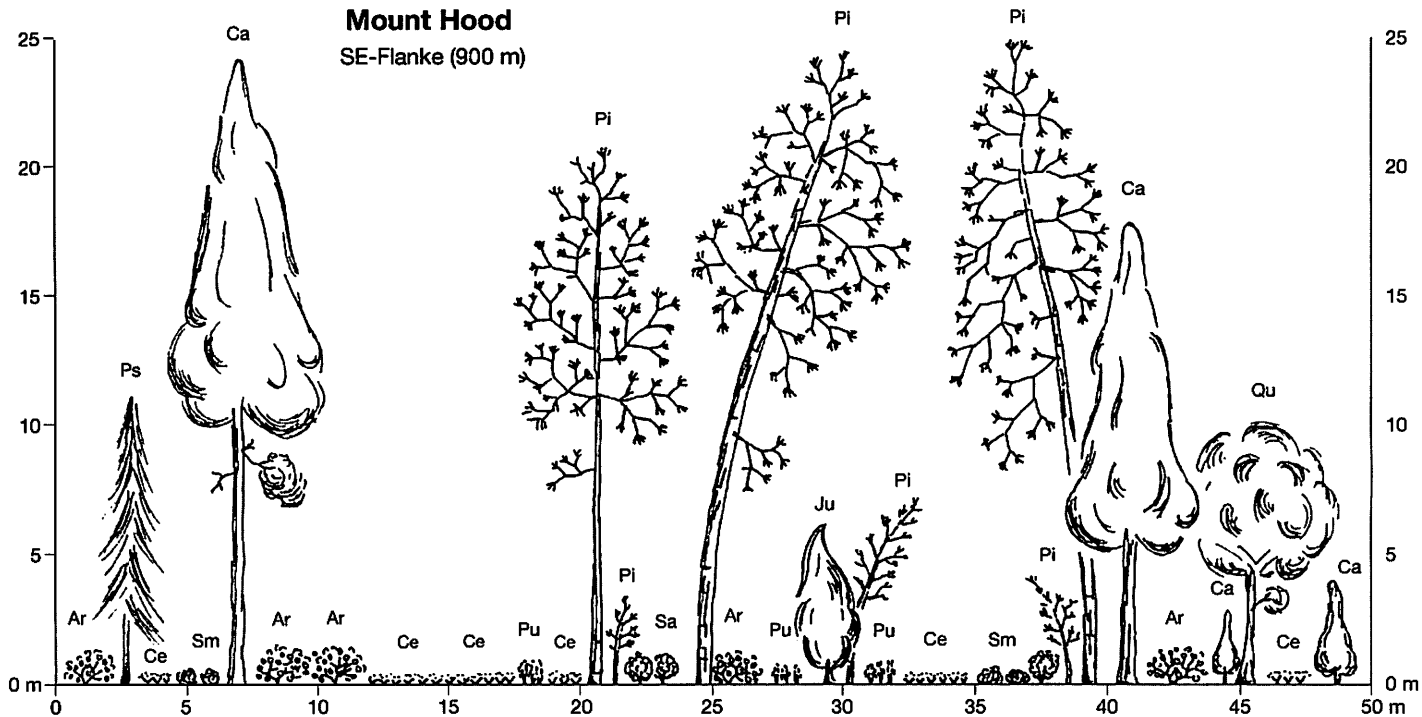
6.4.2 *Austrocedrus*: Río Palena

Die polwärtigen Bestände von *Austrocedrus* am Río Futaleufú und am Río Palena zeichnen sich im Gegensatz zu den nur vereinzelt, punktförmigen Vorkommen von *Calocedrus* im Lee der nördlichen Kaskaden Oregons durch eine überraschend weite Ausdehnung aus. So handelt es sich nicht wie bei *Calocedrus* um einen kleinen, wenige Quadratkilometer großen, disjunkten Vorposten, sondern um das vermutlich südliche Ende des geschlossenen Waldgürtels der Ciprés im Lee der südlichen Andenkordillere (siehe auch Kapitel 6.2.2).

Mount Hood (3427 m)



Profil 24 Schema: Mount Hood, N-Oregon (polwärtigstes Vorkommen von *Calocedrus decurrens*), (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)

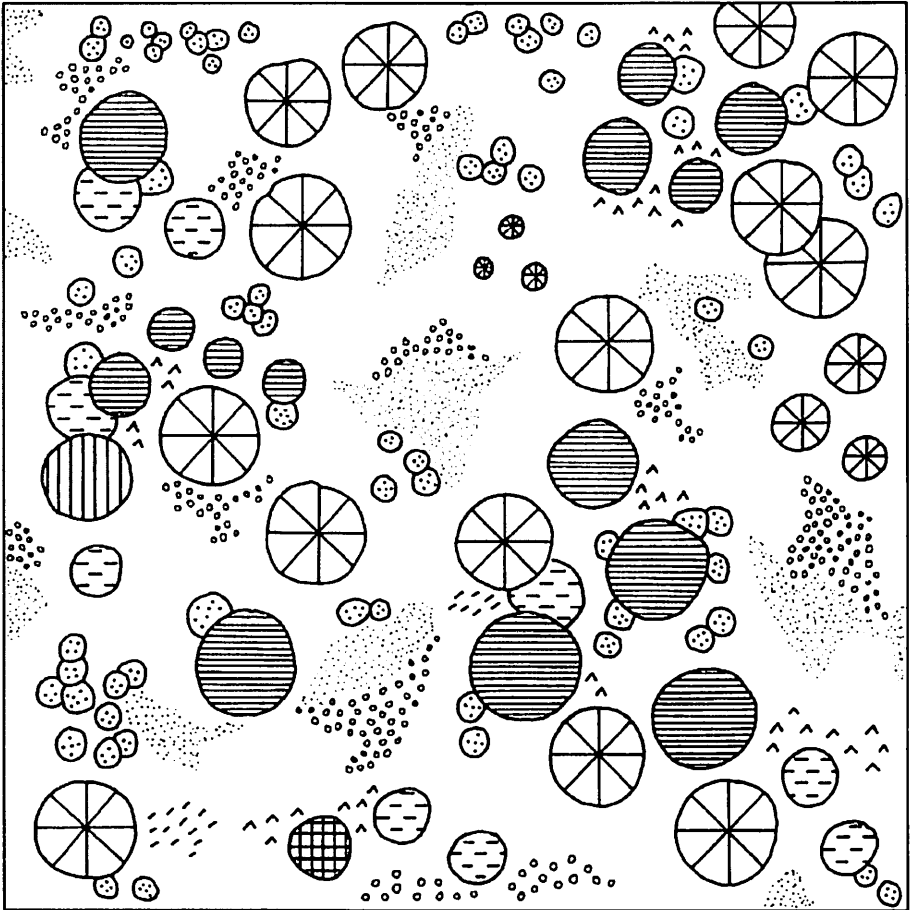


- | | | | |
|----|-------------------------------|----|------------------------------|
| Ca | <i>Calocedrus decurrens</i> | Ar | <i>Arctostaphylos patula</i> |
| Pi | <i>Pinus ponderosa</i> | Ce | <i>Ceanothus prostratus</i> |
| Ps | <i>Pseudotsuga menziesii</i> | Pu | <i>Purshiana tridentata</i> |
| Ju | <i>Juniperus occidentalis</i> | Sa | <i>Symphoricarpos albus</i> |
| Qu | <i>Quercus garryana</i> | Sm | <i>Symphoricarpos malus</i> |

Uhlig Juli 1999

Profil 25 Aufriss: Mount Hood, N-Oregon (polwärtigstes Vorkommen von *Calocedrus decurrens*), (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)

Mount Hood
SE-Flanke (900m)



 *Calocedrus decurrens*

 *Arctostaphylos patula*

 *Pinus ponderosa*

 *Ceanothus prostratus*

 *Pseudotsuga menziesii*

 *Purshiana tridentata*

 *Juniperus occidentalis*

 *Symphoricarpos albus*

 *Quercus garryana*

 *Symphoricarpos malus*



Uhlig Juli 1999

Profil 26 Aufsicht: Mount Hood, N-Oregon (polwärtigstes Vorkommen von *Calocedrus decurrens*), (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)

Während die polwärtigsten Vorkommen der Incense Cedar durch die hochaufragenden Kaskaden bzw. den Mount Hood vor ozeanischen Einflüssen gut abgeschirmt sind (Profil 2), handelt es sich hier im chilenisch-argentinischen Grenzgebiet am Río Palena und am Río Futaleufú um eine eher niedrige und stark zerfurchte, teils schroffe, teils hügelige Berglandschaft (Profil 5). Auf engem Raum gibt es stark ausgeprägte Luv- und Leelagen. Demzufolge existiert ein kleinräumiges Mosaik aus ozeanisch-temperierter und subtropischer sklerophyller Flora sowie Steppenelementen. Lediglich ein niedriger, knapp 1000 m hoher Bergkamm trennt den westlichsten Trockenwald mit der Ciprés de la Cordillera von der auf *Sphagnum*-Mooren wurzelnden östlichsten Ciprés de las Guaitecas (*Pilgerodendron uviferum*) östlich des Lago Yelcho. Innerhalb der Vegetationszusammensetzung des sich weiter nordwärts anschließenden Waldgürtels von *Austrocedrus chilensis* findet man in den teilweise stark verbuschten Ciprés-Wäldern nordwestlich von Palena vereinzelt Elemente der sich südlich anschließenden temperierten Regenwälder, beispielsweise die leuchtend rot blühende Proteacee *Embothrium coccineum* sowie *Fuchsia magellanica* und Spezies der Gattungen *Luma* und *Weinmannia* (Tafel 13).

Tafel 13 Vegetationszusammensetzung von *Austrocedrus*-Beständen am Río Palena und am Río Futaleufú im chilenisch-argentinischen Grenzgebiet

Río Palena / Río Futaleufú (chilenisch-argentinisches Grenzgebiet)

Río Palena / Palena, Carrenleufú, Corcovado (43°37' S, 71°52' W, 500 m)

domin.: Bs: *Austrocedrus chilensis*

codomin.: Bs: *Lomatia hirsuta*, *Maitenus boaria*, *Schinus montanus*

gelegentl.: Bs: *Nothofagus antarctica*

Ss: *Aristotelia chilensis*, *Baccharis spec.*, *Berberis spec.*, *Chusquea spec.*,
Colletia spinosissima, *Fabiana imbricata*, *Retanilla ephedra*, *Rosa spec.*

Ks: *Mulinum spinosum*, *Mutisia spec.*

selten: Ss: *Embothrium coccineum*, *Fuchsia magellanica*, *Luma spec.*,
Weinmannia spec.

Río Futaleufú / Futaleufú, Los Cipreses (43°12' S, 71°50' W, 600 m)

domin.: Bs: *Austrocedrus chilensis*

codomin.: Bs: *Lomatia hirsuta*, *Maitenus boaria*, *Schinus montanus*

gelegentl.: Bs: *Nothofagus antarctica*

Ss: *Aristotelia chilensis*, *Berberis c.f. buxifolia*, *Buddleja globosa*, *Colletia spinosissima*, *Fabiana imbricata*, *Gunnera chilensis*, *Pernettya spec.*,
Retanilla ephedra

Ks: *Mulinum spinosum*, *Mutisia spec.*

selten: Ss: *Embothrium coccineum*

6.4.3 Zusammenfassender Vergleich

An ihren polwärtigen Verbreitungsgrenzen verdeutlichen *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* durch ihren Biotopwechsel in extreme Leelagen ein Zuviel an

Niederschlägen und eine über das Jahr zu häufige Bewölkung im Luv der Kaskaden bzw. der Andenkordillere und damit eine zu kurze, wenig ausgeprägte sommerliche Trockenperiode, was die Zapfenreife verhindert (siehe hierzu Kapitel 8.1). Anders als zunächst vermutet liegt also die Lichtmangel- und Feuchtegrenze beider Coniferen im Luv der Gebirge am jeweils polwärtigen Rand der Subtropen bzw. am äquatorwärtigen Rand der kühlgemäßigten Breiten (siehe Kapitel 6.3). Dort erhalten beide Bäume schon episodische Sommerregen und nähern sich den feuchten Coniferenwäldern mit *Tsuga heterophylla* (südliche Kaskaden Oregons) und *Sequoia sempervirens* (kalifornisches Küstenbergland) bzw. mit *Araucaria araucana* (Kordillere von Temuco) und *Fitzroya cupressoides* (Alerzal am Lago Menéndez / Argentinien) (siehe hierzu Kapitel 6.6 und Pflanzenlisten in Anhang 7 u. 10: Zunahme kühltemperierter Arten im Unterwuchs). Am Mount Hood und am östlichen Río Palena hingegen wachsen *Calocedrus decurrens* bzw. *Austrocedrus chilensis* nicht im Übergang von den feuchten zu den trockenen Coniferenwäldern, sondern im Ökoton Trockenwald-Steppe. Sie sind damit die polwärtigsten Vorkommen der östlichen Bestände (siehe hierzu Kapitel 6.7 und Pflanzenlisten in Anhang 7 u. 10: Zunahme von Steppenelementen im Unterwuchs).

6.5 Die äquatorwärtigen Vorkommen

6.5.1 *Calocedrus*: Sierra Juárez, Sierra San Pedro Mártir

... *el manantial para saberse hombre, el agua que habla a solas en la noche y nos llama con nuestro nombre; el manantial de las palabras para decir yo, tú, él, nosotros, bajo el gran árbol viviente estatua de la lluvia, [...].* Octavio Paz

In der Sierra Juárez und in der Sierra San Pedro Mártir, beide in der nördlichen Baja California gelegen, erreicht *Calocedrus decurrens* ihre südliche Verbreitungsgrenze. Dort liegt der Südrand der nordamerikanischen mediterranen Klimazone. Zyklone der Westwinddrift bringen Niederschläge zwischen November und April. Kollidieren in den Sommermonaten kalte außertropische mit warmen tropischen Luftmassen, so folgen intensive Starkregen („Chubascos“), welche die Bäche zu reißenden Flüssen anschwellen lassen. Ansonsten ist der Sommer bis auf gelegentliche mittägliche Gewitter im Gebirge trocken. Im Verbreitungsgebiet von *Calocedrus decurrens* oberhalb von 2400 m beträgt der Schneefall 50 % der jährlichen Niederschlagsmenge (vgl. Kapitel 5.1.1). Die Bedeutung der Orographie mit ihren unterschiedlichsten Auswirkungen auf die klimatischen Verhältnisse und die Witterung bezeichnet DELGADILLO (1998, S. 39-43) als „forzamiento orográfico“. Nicht zuletzt die hervorragende Bedeutung der Topographie bestimmt die disjunkte Verbreitung von *Calocedrus decurrens* in Niederkalifornien.

Calocedrus decurrens ist in beiden genannten Gebirgszügen nur lokal verbreitet. Während sie in der nördlichen Sierra Juárez noch über wenige Quadratkilometer Bestandteil eines gemischten Nadelwaldes ist, reduziert sich ihre Ausdehnung in den Kiefern- und Tannenwäldern der Sierra San Pedro Mártir auf kleinere Ansammlungen entlang der wenigen perennierenden Wasserläufe (Photo 65) sowie auf Muldenlagen und Mattenränder (Photo 64) der in mehrere Plateaus abgestuften Westflanke.

Zur Vegetation über die Gebirge der nördlichen Baja California – unter besonderer Berücksichtigung des „unmanaged fire regime“ in der Sierra San Pedro Mártir – seien

vor allem die ökologischen Arbeiten von MINNICH, BARBOUR, BURK & SOSA-RAMÍREZ (2001), MINNICH & FRANCO-VIZCAÍNO (1997a+b), MINNICH & FRANCO-VIZCAÍNO, SOSA-RAMÍREZ, BURK, BARRY, BARBOUR & DE LA CUEVA-SALCEDO (1997) und OBERBAUER (1999) sowie das Werk „Tierra de chamiso y pinos“ (auch als englische Übersetzung erhältlich: „Land of chamise and pines“) von MINNICH & FRANCO-VIZCAÍNO (1998), außerdem DELGADILLO (1998), ROBERTS (1989) und WIGGINS (1980), erwähnt. Ältere Arbeiten zur Geographie der noch unberührten Halbinsel gibt es von GIERLOFF-EMDEN (1965, S. 206-228; 1970, S. 20-23, 70-73, 82-89, 114-119), einen Expeditionsbericht von TAPIA LANDEROS (1998). Da der Reisende, bevor er das „Land above“ (MINNICH & al. 1997) der offenen Coniferenwälder erreicht, die diversen Chaparral- und Wüstenlandschaften durchquert (Photo 66), mögen hier auch das umfangreiche Werk über die Tier- und Pflanzenwelt der Sonorawüste von PHILLIPS & WENTWORTH COMUS (2000) und die autökologische Arbeit über *Fouquieria splendens* von HUMPHREY (1974) sowie die Kurzbeschreibung einer weiteren Fouquieriaceae *Idria (Fouquieria) columnaris* von MARTIN (2000) Beachtung finden. Zum Hurricane Nora, welcher im November 1997 über die zentrale Wüste von Baja California Norte tobte, informieren CLARK & WARD (2000, S. 81-85).

Oberhalb von circa 2400 m wächst *Calocedrus decurrens* als Bestandteil des „Mixed Conifer Forest“ mit *Pinus jeffreyi* (dominanter Baum der zonalen Vegetation; Reinbestände in xerischen Lagen), *Abies concolor* (mesische Lagen) und gelegentlich *Pinus lambertiana* (exponierte Standorte). Die sehr lückenhaft entwickelte, niedrige sklerophylle Strauchschicht besteht überwiegend aus diversen *Arctostaphylos spp.*, *Ceanothus spp.*, strauchförmigen immergrünen Eichen sowie *Rhamnus californica*, *Symphoricarpos parishii* und *Holodiscus microphyllus*. In der Krautschicht dominieren mit wechselnder Vorherrschaft *Salvia pachyphylla* und *Artemisia tridentata*. Sehr häufig sind auch die artenreichen Gattungen *Astragalus*, *Castilleja*, *Lupinus* und *Penstemon* vertreten (Tafel 14 u. 15; Profil 27, 28 u. 29; Photo 63 u. 64). In Baja California gedeiht die Incense Cedar, hier „Pino Colorado“ genannt, ausschließlich auf grobkörnigen granitischen Substraten mit den bereits erwähnten günstigen hydrologischen Eigenschaften (siehe in Kapitel 5.1.3.2 Abb. 13 von WALTER (1932) über die Wasserführung verschiedener Bodenarten in ariden und humiden Gebieten).

„In general, granitic zones support more mesic species than metamorphic units. The coarse, sandy soils that develop in the granitic zones have higher rates of water infiltration, and hold water less tightly, than the finer loamy soils that develop on metamorphic rocks. Moreover, the impermeable granite channels runoff towards the inter-rock zones and prevents deep percolation from overlying soil“ (MINNICH & FRANCO-VIZCAÍNO 1997b, S. 18).

Tafel 14 Vegetationszusammensetzung von *Calocedrus*-Beständen in der Sierra Juárez im nördlichen Baja California / Mexiko

Sierra Juárez (Mexiko)

La Matanza (32°05' N, 32°05' W, 1600 m)

domin.: Bs: *Calocedrus decurrens*, *Pinus jeffreyi*

codomin.: Ss: *Arctostaphylos glauca*, *Arctostaphylos insularis*, *Quercus chrysolepis*,
Rhamnus californica, *Salix spec.*

Ks: *Gutierrezia microcephala*, *Salvia pachyphylla*

gelegentl.: Ss: *Opuntia spec.*

Ks: *Artemisia tridentata*, *Asclepias c.f. erosa*, *Gnaphalium canescens ssp. microcephalum*

selten: Bs: *Pinus quadrifolia*

Ss: *Cercocarpus betuloides*

Río El Tule / Pino Colorado (31°52' N, 115°56' W, 1600 m)

domin.: Bs: *Calocedrus decurrens*, *Pinus jeffreyi*

codomin.: Ss: *Arctostaphylos glauca*, *Arctostaphylos insularis*, *Quercus chrysolepis*,
Rhamnus californica

Ks: *Gutierrezia microcephala*, *Salvia pachyphylla*

gelegentl.: Ss: *Opuntia spec.*

Ks: *Artemisia tridentata*

selten: Bs: *Pinus quadrifolia*

Ss: *Cercocarpus betuloides*

6.5.2 *Austrocedrus*: Cerro Tabaco

Während die Ciprés in ihrem Hauptverbreitungsgebiet, den mediterranen Anden mit regelmäßigen Winterregen bzw. Schneefällen, vor allem die nordexponierten Bergflanken bevorzugt, wachsen ihre nördlichsten Vertreter in aufgelichteter Anordnung, so als Einzelexemplare und isolierte kleine Gruppen in S-, SSW- und SSE- Expositionen (SCHLEGEL 1962, S. 43). Lediglich MONTERO (1926, S. 298) gibt für seinen Fund in San Gabriel Ostexposition an, während SCHMITHÜSEN (1960, S. 321) die Ciprés in der Nähe von San Gabriel ebenfalls in Südexposition erwähnt. Auch WALTER & BRECKLE (1991b, S. 144) berichten von *Austrocedrus*-Beständen auf der Nordseite des Maipotales, woraus sich eine südliche Exposition ableiten lässt. So vollzieht *Austrocedrus* in dem nach WALTER & BRECKLE (1991b) xeromediterranen Subzonobiom des Winterregengebietes einen Biotopwechsel, womit sie der zunehmenden Aridität ausweicht.

„Wenn innerhalb des Areals einer Pflanzenart das Klima sich in einer bestimmten Richtung ändert, so tritt ein Biotopwechsel ein, wodurch die Klimaänderung kompensiert wird, d.h. die Standortbedingungen an den verschiedenen Biotopen bleiben mehr oder weniger gleich“ (WALTER & BRECKLE 1991a, S. 191).

Die Zusammensetzung der Begleitflora von *Austrocedrus chilensis* (siehe Tafel 16) mit typischen Elementen der mediterranen Wälder unterstreicht diesen Sachverhalt.

Tafel 15 Vegetationszusammensetzung von *Calocedrus*-Beständen in der Sierra San Pedro Mártir im nördlichen Baja California / Mexiko

Sierra San Pedro Mártir (Mexiko)

La Tasajera (30°59'31" N, 115°30'38" W, 2500 m)

- domin.: Bs: *Abies concolor*, *Pinus jeffreyi*
codomin.: Bs: *Calocedrus decurrens*, *Pinus lambertiana*
Ss: *Arctostaphylos patula*, *Ceanothus cordulatus*, *Quercus chrysolepis*,
Rhamnus californica
Ks: *Astragalus gruinus*, *Lupinus formosus*, *Salvia pachyphylla*
gelegentl.: Ss: *Symphoricarpos oreophilus*
Ks: *Achillea millefolium*, *Artemisia tridentata*, *Castilleja martinii*,
Galium spec.
selten.: Bs: *Populus tremuloides*, *Pinus contorta* var. *murrayana*

La Grulla (30°54' N, 115°29' W, 2100 m)

- domin.: Bs: *Pinus jeffreyi*
codomin.: --
gelegentl.: --
selten.: Bs: *Calocedrus decurrens*

Alcatraz (30°50' N, 115°28' W, 1800 m)

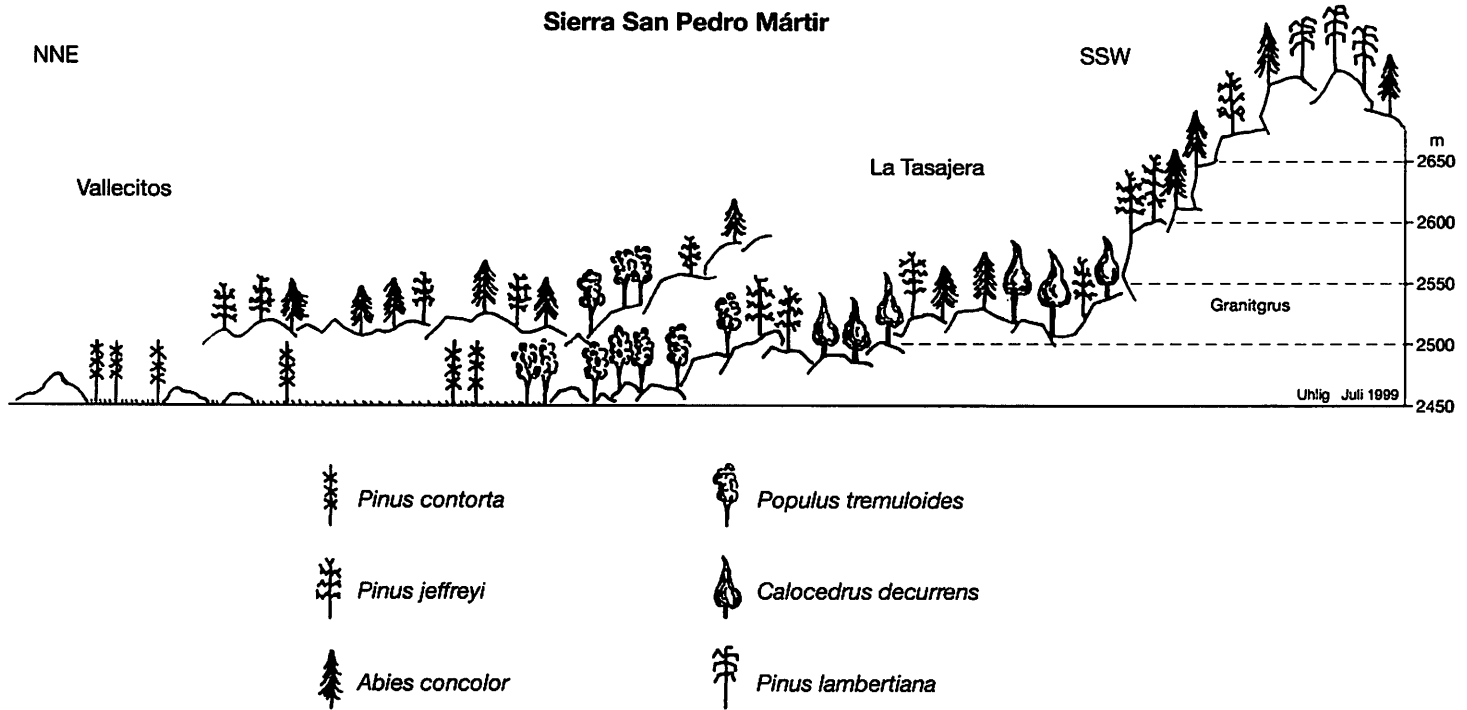
- domin.: Bs: *Pinus jeffreyi*
codomin.: Ss: *Arctostaphylos patula*, *Ceanothus cordulatus*, *Rhamnus californica*
Ks: *Lupinus spec.*, *Salvia pachyphylla*
gelegentl.: Bs: *Calocedrus decurrens*
selten.: --

Arroyo El Horno / Misión San Pedro Mártir (30°47' N, 115°27' W, 1700 m)

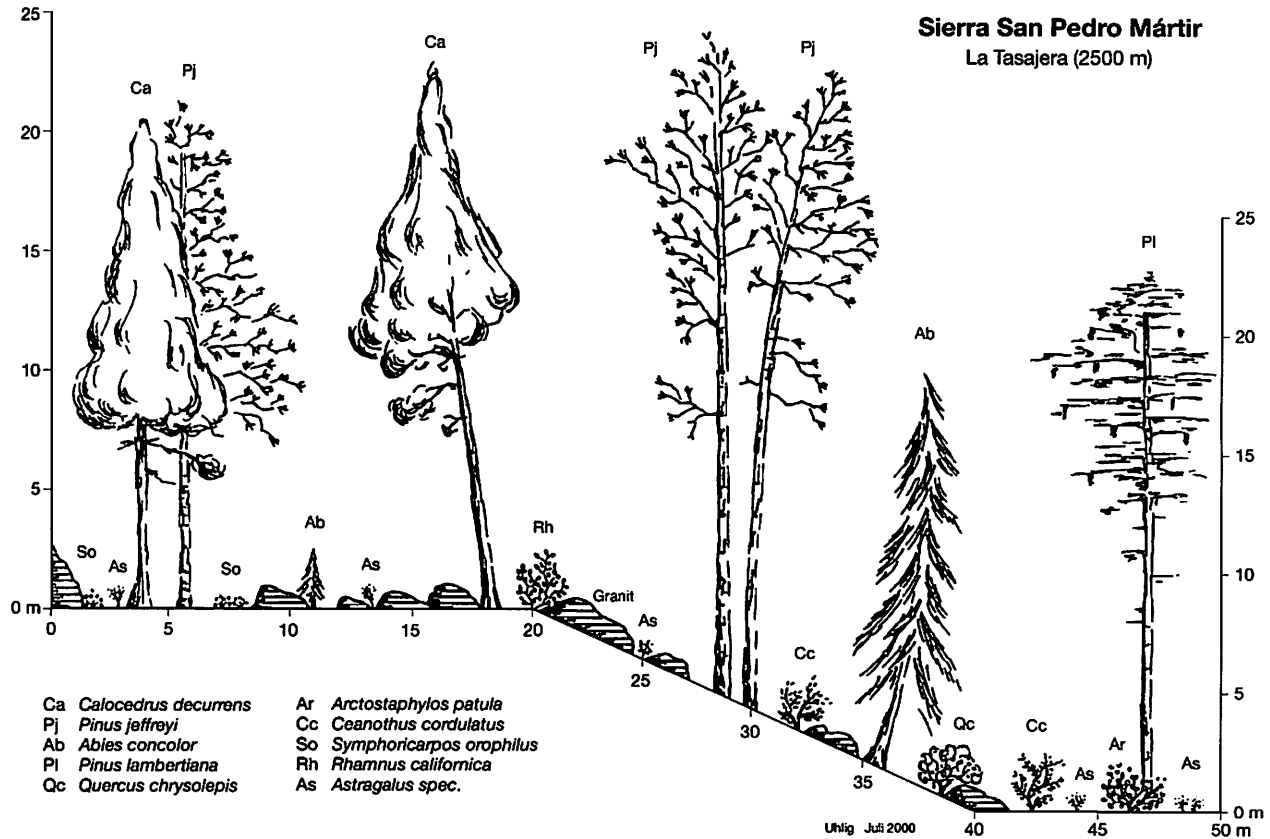
- domin.: Bs: *Pinus quadrifolia*
Ks: *Artemisia tridentata*
codomin.: Ss: *Adenostoma fasciculatum*, *Arctostaphylos patula*, *Quercus chrysolepis*
gelegentl.: Bs: *Pinus jeffreyi*
selten.: Bs: *Calocedrus decurrens*

Bajío del Venado Blanco (31°07' N, 115°28' W, 2200 m)

- domin.: Bs: *Pinus jeffreyi*, *Abies concolor*
codomin.: Bs: *Calocedrus decurrens*
Ss: *Quercus chrysolepis*
gelegentl.: --
selten.: Bs: *Pinus quadrifolia*



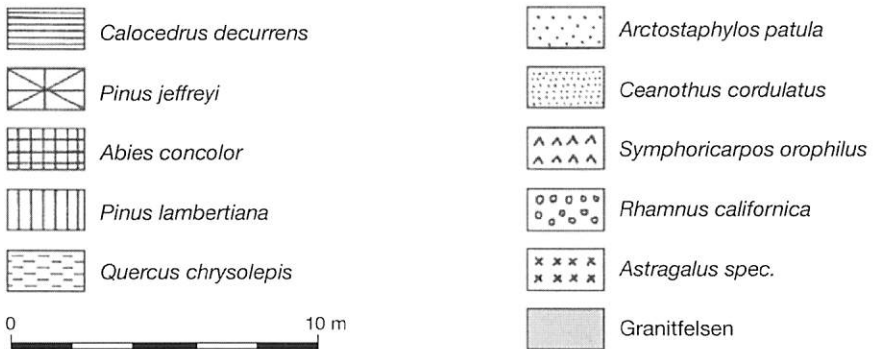
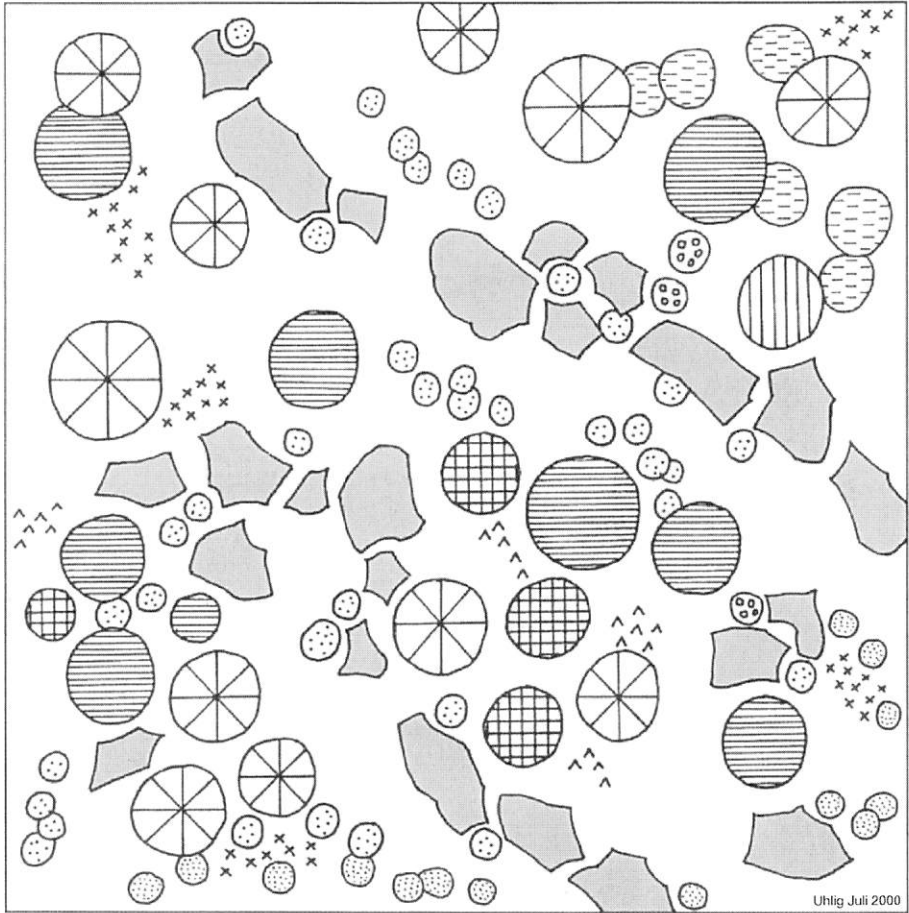
Profil 27 Transekt: La Tasajera, Baja California, Mexiko (äquatorwärtigstes Vorkommen von *Calocedrus decurrens*), (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)



Profil 28 Aufriss: La Tasajera, Baja California, Mexiko (äquatorwärtigstes Vorkommen von *Calocedrus decurrens*), (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)

Sierra San Pedro Mártir

La Tasajera (2500m)



Profil 29 Aufsicht: La Tasajera, Baja California, Mexiko (äquatorwärtigstes Vorkommen von *Calocedrus decurrens*), (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)

Um eben diese „mehr oder weniger gleichen Standortbedingungen“ (ökologische Valenz) zu erhalten, steigt *Austrocedrus* in ihrem nördlichsten Verbreitungsgebiet auf Höhen zwischen 1700 und 2000 m und wechselt von den trockeneren (nordexponierten) Sonn- auf die feuchteren (südexponierten) Schatthänge. Die dortige Besiedlung des Schatthanges hat zum einen den Vorteil, dass sich die Schneedecke in günstigen Jahren bis Ende September halten kann. Zum anderen benötigt die Ciprés in den ersten Entwicklungsjahren Schatten, was allein durch die weitständige Anordnung der Bäume und durch den spärlichen, niedrigen sklerophyllen Matorral nicht gegeben ist. Keimlinge, Sämlinge und junge Bäume waren im Sommer 1995 / 96 sehr selten. Der Krummwuchs der meisten Cipreses in Verbindung mit dem vegetationsarmen, steilen Relief weist darauf hin, dass der kleine Bestand verstärkt den Einflüssen von Wind und Schnee sowie Rutschungen (Geröll) ausgesetzt ist. Das Reifen der reichlichen Zapfen wird vermutlich trotz der Lage am Schatthang durch die intensivere Einstrahlung in größerer Höhe und der Nähe zum Wendekreis, die längere Trockenperiode mit hohen Temperaturen sowie die geringere Luftfeuchte gefördert. Letztere wird durch die nur wenigen epiphytischen Flechten auf den Pflanzen ersichtlich (siehe hierzu SCHLEGEL 1962, S. 43-33; vgl. FOLLMANN 1967, S. 27-28). GAJARDO (1993, S. 39) bezeichnet diese trockene Variante des Ciprés-Waldes als „Ciprés-Litrecillo“-Gesellschaft (vgl. Tab. 48), welche man noch durch *Trichocereus chilensis* und *Puya berteroniana* ergänzen kann (vgl. auch Anhang 10).

Tafel 16 Vegetationszusammensetzung des *Austrocedrus*-Bestandes am Cerro Tabaco in der nördlichen Zentralzone Chiles

Cerro Tabaco (Chile)

Quebrada del Asiento (33°39' S, 70°49' W, 2000 m)

domin.: Bs: *Austrocedrus chilensis*

codomin.: Ss: *Adesmia arborea*, *Mulinum spinosum*

gelegentl.: Ss: *Aristotelia chilensis*, *Azara gilliesi*, *Azara integrifolia*, *Baccharis pingraea*, *Baccharis rhomboidalis*, *Chuquiraga oppositifolia*, *Colletia spec.*, *Colliguaya angustifolia*, *Escallonia illinita*, *Fabiana imbricata*, *Gochnatia fascicularis*, *Retanilla ephedra*, *Ribes nubigenus*, *Schinus crenatus*, *Tetraglochin alatum*,
Ks: *Abstroemeria spec.*, *Calceolaria spec.*, *Haplopappus spec.*, *Mutisia spec.*, *Senesio spec.*

seltener: Ss: *Cryptocarya alba*, *Kageneckia angustifolia*, *Kageneckia oblonga*, *Lithraea caustica*, *Maytenus boaria*, *Quillaya saponaria*, *Schinus montanus*, *Trevoa trinervis*, *Trichocereus chilensis*

Tab. 48 „Ciprés-Litrecillo“ (*Austrocedrus chilensis*-*Schinus montanus*)-Gesellschaft (GAJARDO 1993)

Dominante Arten („Especies representativas“)	<i>Austrocedrus chilensis</i> , <i>Maytenus boaria</i> , <i>Schinus montanus</i>
Codominante Arten („Especies acompañantes“)	<i>Acaena pinnatifida</i> , <i>Aristotelia chilensis</i> , <i>Calceolaria petiolaris</i> , <i>Koeleria phleoides</i> , <i>Quillaja saponaria</i> , <i>Ribes punctatum</i>
Gelegentliche Arten („Especies comunes“)	<i>Azara integrifolia</i> , <i>Baccharis rhomboidalis</i> , <i>Haplopappus canescens</i> , <i>Kageneckia oblonga</i>

In einer Höhe von 1700 bis 2000 m bekommt die Ciprés ausreichend Niederschlag. Die durchschnittlichen Jahresniederschläge in Putaendo (795 m ü.NN) unterschreiten die Trockengrenze der Ciprés, welche bei 600 mm liegt, mit durchschnittlich 327 mm pro Jahr erheblich. Selbst in günstigen Jahren werden 500 mm nicht überschritten. An seiner nördlichsten Verbreitungsgrenze stockt der Baum auf jähren felsigen Abhängen und steilen zerklüfteten Felsen (vgl. auch SCHLEGEL 1962, S. 44). Dies verwundert nicht, stellen doch in ariden Gebieten zerklüftete Felsen Standorte dar, die Wasser gut speichern können (WALTER & BRECKLE 1991a, S. 191).

6.5.3 Zusammenfassender Vergleich

Die äquatorwärtigen Vorkommen von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* liegen jeweils am Rande der winterfeuchten Subtropen zu den Tropen. Die Nähe zu den Wendekreisen mit fast ganzjährig absteigenden, sich erwärmenden Luftmassen führt zu einer ausgeprägten, langanhaltenden Sommertrockenheit mit nur episodischen winterlichen Niederschlägen (Misión San Pedro Mártir / Mexiko bei 30°47' S und Cerro Tabaco / Chile bei 32°39' N). In dieser Breitenlage erreichen beide Coniferen ihre Trockengrenze und besiedeln in disjunkter Art und Weise hochmontane Lagen über 2000 m ü.NN, da hier die winterlichen Schneefälle und die Länge der sommerlichen Wachstumsperiode noch ausreichen. So findet man hier ein sehr dichtes Zusammenrücken von unterer Trocken- und oberer Wärmemangelgrenze beider Zypressengewächse vor. Treffen oder überschneiden sich beide Linien, wird das Verbreitungsgebiet unterbrochen.

Eine interessante pflanzengeographische Parallele der südlichen Vorkommen von *Calocedrus decurrens* in der Sierra San Pedro Mártir / Mexiko und des nördlichen Fundortes von *Austrocedrus chilensis* am Cerro Tabaco / Chile ist die Tatsache, dass sich in gleicher Breitenlage die Palmen ihrer polwärtigen Verbreitungsgrenze nähern. Als tropisch-subtropische Gewächse gelten sie ähnlich wie das Kaffeebäumchen als Indikator für die Frostgrenze. Dort sind sie nach dem Gesetz der relativen Standortskonstanz ausschließlich an Oasen und entlang perennierender Wasserläufe zu finden. In Baja California / Mexiko handelt es sich um *Erythea aramata*, am Rande der nördlichen Zentralzone Chiles um die Honigpalme *Jubaea chilensis* (vgl. ZIZKA 1989, S. 35-40).

6.6 Die westlichen Vorkommen im Übergang zu feuchten Coniferenwäldern

6.6.1 *Calocedrus*: Santa Lucia Mountains

„Now the trail skirted a long side hill densely protected by underbrush – blackberry, manzanita and scrub oak so thickly tangled that even the rabbits had to make little tunnels through it. The trail forced its way up the long narrow ridge and came to a belt of trees, tan oak and live oak and white oak. Among the branches of the trees a tiny white fragment of mist appeared and delicately floated along just over the treetops. In a moment another translucent shred joined it, and another and another.“ J. STEINBECK (1933; aus: To a god unknown.)

Im März 2000 entdeckte die Verfasserin zufällig ein gemeinsames Vorkommen der Ciprés und der Alerce am Lago Menéndez im argentinisch-chilenischen Grenzgebiet. Dort wurzeln *Austrocedrus chilensis* und die der kalifornischen Küstensequoie in ihren ökologischen Ansprüchen sehr ähnliche Cupressacee *Fitzroya cupressoides* scheinbar paradoxerweise dicht nebeneinander (siehe Kapitel 6.6.2). Diese Beobachtung war eine reizvolle Veranlassung, nach der „kalifornischen Entsprechung“ zu suchen. Die Überschneidung der Verbreitungsgebiete von *Calocedrus decurrens* mit *Sequoia sempervirens* im südlichen kalifornischen Küstenbergland wäre ein erstaunliches Phänomen, zumal beide Coniferen unterschiedliche ökologische Ansprüche stellen und demzufolge verschiedene klimaökologische Habitate bzw. geographische Lagen zu erwarten wären. „The tree [Incense Cedar] can easily be mistaken from a distance for a redwood. The two species often grow in similar habitats, and the cedars are comparable in size and appearance to small redwoods“ (HENSON, USNER & KELLS 1996, S. 216). Tatsächlich aber nähern sich die Standorte beider Coniferen weder an, noch überschneiden sich ihre Verbreitungsgebiete – mit A u s n a h m e der gemeinsamen Vorkommen in den Santa Lucia Mountains. Wie kommt es dazu?

Arbeiten über die südlichen Coast Ranges, speziell über die Gegend um Big Sur in den Santa Lucia Mountains, gibt es von GRIFFIN (1975, 1976), HENSON, USNER & KELLS (1996, bezüglich *Calocedrus* siehe S. 149-159, 182-217, 346-353, 368-373), HOPKINS, MC GOWAN, POST & STEVENS (1996), JOHN (1932) und KRABISCH (1992). Für die detaillierten Wegbeschreibungen zu den zwei schwer erreichbaren *Calocedrus*-Vorkommen weit hinter dem Highway 1 danke ich Jeff Norman und John Smiley von der Big Creek Research Station in Big Sur.

Die wenigen Vorkommen von *Calocedrus decurrens* und *Sequoia sempervirens* nähern sich dort einander an, wo tiefeingeschnittene, west-ost-verlaufende Schluchten das ostwärtige Vordringen der Küstennebel und damit des Küstenmammutbaumes erlauben (Profil 30). Sobald sich die Nebel zwischen 500 und 700 m allmählich auflösen, verlieren sich die geschlossenen Redwood-Wälder in kleineren Gruppen meist dünnstämmiger Bäume. Fluss- und hangaufwärts können dann, wie am Lower Bee Camp, die ersten Exemplare von *Calocedrus decurrens* auftreten (Photo 67 u. 68). Freilich sind diese Stellen sehr selten, weil ein steiler klimatischer Gradient mit entsprechender Topographie vorhanden sein muss, welcher einerseits die für das Wachstum

des Redwood nötige Sommerfeuchte und -kühle durch Nebelbildung, andererseits die für die Zapfenreife der Ciprés notwendige Sommertrockenheit und -wärme auf engstem Raume miteinander kombinieren muss. Beide Coniferen sind im Inneren der südlichen Coast Ranges ausschließlich an tiefeingeschnittene Wasserläufe gebunden: die Küstensequoie im tiefer gelegenen westlichen Abschnitt bei gleichzeitiger Luv-Lage, weil es die einzigen Leitbahnen für die niedrigen Küstennebel sind; die Incease Cedar im höher gelegenen östlichen Abschnitt bei gleichzeitiger Lee-Lage, weil dort die einzigen Standorte mit genügend langer sommerlicher Trockenperiode bei gleichzeitiger ausreichender Wasserversorgung liegen.

Die zonale Vegetation des inneren Küstenberglandes setzt sich überwiegend aus Sträuchern des Chaparral mit sklerophyller und reduzierter Blattoberfläche zusammen. Die oberen Hanglagen beherrschen *Adenostoma fasciculatum*, *Arctostaphylos glandulosa*, *A. glauca*, *Ceanothus cuneatus*, *C. papillosus*, *Rhamnus californica* und immergrüne, teils strauchförmige Eichen. Auf Kämmen und Graten schaffen die weitständigen Gruppen von *Pinus coulteri* und *P. ponderosa* besonders während der Dämmerung und in mond hellen Nächten liebliche Orte. Die großen aufgesprungenen orange-gelben Zapfen der Coulter Pine liegen wie dekoriert im hohen Gras. Nirgendwo kommt die Yellow Pine dem Meer so nahe wie in den Santa Lucia Mountains.

„After a long time he turned his head and looked up to the pine grove on the ridge, and he thought, 'I must go there soon. I 'll be needing the sweetness and the strength of that place.'“ J. STEINBECK, 1933.

Die Krautschicht setzt sich vor allem aus sonnenhungrigen Arten wie z. B. *Castilleja affinis*, *Dendromecon rigida*, *Eriodictyon californicum*, *Penstemon centranthifolius* und *Zauschneria californica* zusammen (zur Chaparralvegetation siehe auch HENSON, USNER & KELLS (1996, S. 113-126). Die Vegetationsaufnahmen (Tafel 17) beinhalten lediglich riparische Arten, weil *Calocedrus decurrens* ausschließlich und nur in Form kleiner Gruppen oder einzelner Exemplare an Wasserläufen vorkommt. Solange wasserzügige Substrate ausreichende Bodenfeuchte garantieren, unterscheidet sich die riparische Vegetation der inneren Täler kaum von den westlicheren, küstennahen Canyons. Tanoaks (*Lithocarpus densiflorus*) und California Bays (*Umbellularia californica*) bilden eine zweite niedrigere Baumschicht im „Unterwuchs“ der flussbegleitenden Redwood-Bestände, während sie entlang der Wasserläufe im Landesinneren zunehmend durch *Quercus agrifolia*, *Qu. lobata* und gelegentlich *Qu. kelloggii* ersetzt werden.

6.6.2 *Austrocedrus*: Lago Menéndez

Dort, wo im Kleinen Süden Chiles und im südwestlichen Argentinien die Andenkordillere schon relativ niedrig und zerklüftet ist, treffen an der Einmündung des Río Arrayanes in den Lago Menéndez von Westen *Fitzroya cupressoides* und von Osten *Austrocedrus chilensis* aufeinander (siehe hierzu auch Photo 49, 50 u. 51; siehe Kapitel 6.2.2). Wie im kalifornischen Big Sur findet man hier topographisch verursachte steile klimatische Gradienten, welche sogar das Ineinandergreifen der Verbreitungsgebiete beider Zypressengewächse ermöglichen (Profil 31).

Tafel 17 Vegetationszusammensetzung von *Calocedrus*-Beständen in der Gegend östlich von Big Sur im südkalifornischen Küstenbergland

Big Sur River (Kalifornien)

South Fork Camp (36°12' N, 121°38' W, 550 m)*

- domin.: Bs: *Acer macrophyllum*, *Alnus rhombifolia*, *A. rubra*, *Platanus racemosa*,
Salix hindsiana, *S. laevigata*, *S. lasiandra*, *S. lasiolepis*, *S. sitchensis*
Ss: *Rubus parviflorus* var. *glutinosum*, *Ribes sanguineum*
Ks: *Adiantum pedatum*, *Aquilegia formosa*
- codomin.: Bs: *Acer negundo*, *Calocedrus decurrens*, *Pinus ponderosa*, *Populus tri-*
chocarpa, *Prunus virginiana*, *Quercus agrifolia*, *Qu. lobata*, *Sequoia*
sempervirens
Ss: *Aralia californica*, *Boykinia elata*, *Toxicodendron (Rhus) diversiloba*
Ks: *Equisetum spec.*, *Mimulus guttatus*, *Petasites palmatus*, *Polystichum*
dudleyi, *Stachys bullata*
- gelegentl.: Bs: *Lithocarpus densiflorus*, *Quercus kelloggii*, *Umbellularia californica*
Ks: *Epipactus gigantea*, *Equisetum telmateia*, *Heuchera pilosissima*, *Lilium*
pardalinum, *Mimulus cardinalis*
- selten: --

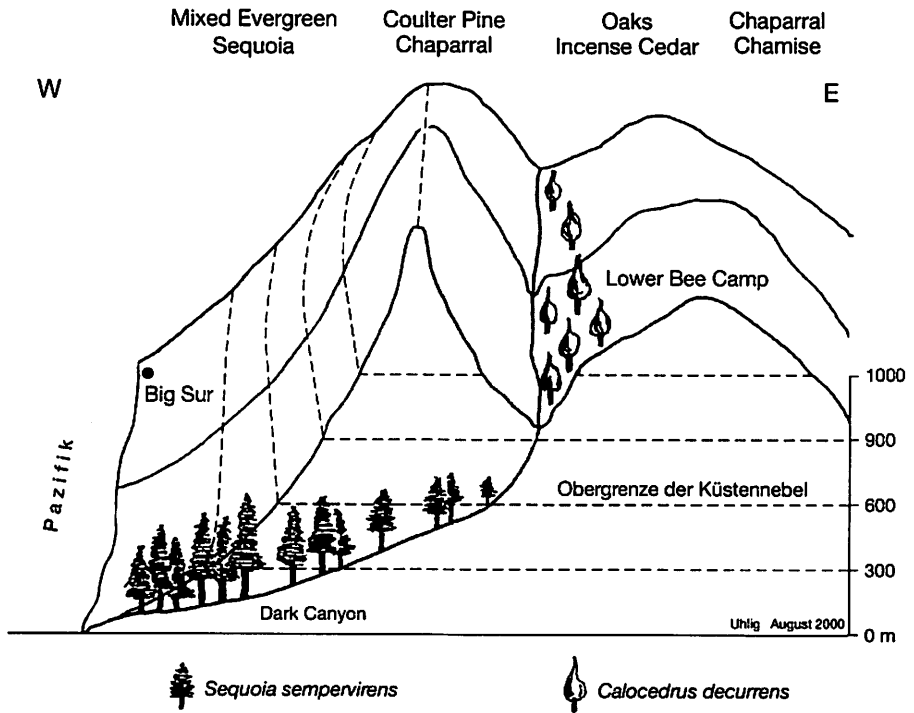
Lower Bee Camp, North Fork Big Creek (36°07' N, 121°36' W, 800 m)**

- domin.: Bs: *Pinus ponderosa*, *Quercus agrifolia*, *Qu. lobata*
Ss: *Arctostaphylos glauca*, *Ceanothus cuneatus*, *Toxicodendron (Rhus)*
diversiloba
- codomin.: Bs: *Alnus rhombifolia*, *A. rubra*, *Prunus virginiana*
Ss: *Rubus parviflorus* var. *glutinosum*, *Ribes sanguineum*
- gelegentl.: Bs: *Calocedrus decurrens*
- selten: --

* Der Zugang in das noch über große Teile wilde und unerschlossene Hinterland von Big Sur gestaltete sich etwas schwierig. Für die wenigen, fast ausschließlich privaten Schotterstraßen in das Hinterland des Highway 1 braucht man die Genehmigung des Besitzers, der den Beginn seines Territoriums mit „Private Property“, „No Trespassing“ oder etwas direkter mit „Keep out“ ankündigt. Die Zusammensetzung der Vegetation des South Fork Canyon ist nach HENSON, USNER & KELLS (1996, S. 149-161) und nach einer freundlichen schriftlichen Mitteilung von Jeff Norman sowie nach eigenen Beobachtungen zur riparischen Vegetation der Santa Lucia Mountains aufgeführt, zumal der Pfad durch einen Erdbeben versperrt war. Zwei weitere Versuche wurden wegen Regens und starken Nebels abgebrochen.

** Joe Hudson danke ich sehr herzlich für die Benutzung der Dolan Road (Dolan Creek) und das Abstellen meines Autos vor seinem von großen Redwoods umgebenen Haus. Für seine Ausdauer und seinen Humor während dieser Expedition danke ich meinem mexikanischen Freund Jorge Dominguez, der auf den Sonnhängen die Western Rattlesnake (*Crotalus viridis*) vertrieb und mein liebstes Reptil, die gut getarnte, possierliche Coast Horned Lizard (*Phrynosoma coronatum*) einfiel. Das Lower Bee Camp wurde leider um ungefähr 50 m verpaßt, nachdem wir den Canyon nach fünf Stunden (für 60-70 m Luftlinie!) endlich durchquert hatten. Nach dem Abstieg (Westhang) durch teils verbrannten Chaparral (obere Hanglagen) und Gestrüpp aus *Rubus parviflorus* und Poison Oak (unterer Steilhang), ging der „Weg“ im Flussbett weiter, weil die Steilheit des Canyons und der dichte Uferbewuchs ein Begehen unmöglich machten. Die Orientierung „nach oben“ wurde durch die schmale tiefe Schlucht und das dichte Blätterdach von *Alnus spec.* und *Prunus virginiana* erschwert, jedoch gaben uns abgebrochene Zweige von *Calocedrus* im eilig dahinsprudelnden Bach den beglückenden Hinweis auf das ersehnte Objekt „über uns“. Nach zwei Stunden Bachwanderung schien uns eine Stelle geeignet, die östliche Flanke des Canyons zu erklimmen, was dann auch gelang. Ein Mosaik aus „Mixed Evergreen Forest“ und hohem Chaparral empfing uns auf der Ostseite der Schlucht. Dass circa 50 m weiter nördlich der kleine Bestand der Incense Cedar sein sollte, konnten wir am Mittag des nächsten Tages bestens beobachten – nach Rückkehr auf die Westseite des Canyons (Photo 67 u. 68).

Coast Ranges



Profil 30 Blockschema: Big Sur, kalifornische Coast Ranges (westlichstes Vorkommen von *Calocedrus decurrens*), (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)

Am Ostufer des Lago Menéndez setzt sich der meridional verlaufende Waldgürtel der Ciprés von Norden her kommend fort (Photo 69 u. 70). Die zonale Vegetation der recht steilen mittleren und oberen Hangabschnitte besteht aus einem teils offenen, teils geschlossenen Mischwald mit *Austrocedrus chilensis*, *Maitenus boaria*, *Lomatia hirsuta* und einer hohen, dichten Strauchschicht, in welcher besonders die Bambusacee *Chusquea culeou* auffällt.

Auf dem weniger steilen bis relativ flachen Hangfuß herrschen *Nothofagus dombeyi* und *Austrocedrus chilensis* vor. Das breite flache Ufer des Río Arrayanes wird von den leuchtend roten, dicht stehenden Stämmen des Arrayan (*Luma apiculata*) gesäumt. Die höher gelegenen Uferterrassen aus granitischen fluvialen Schottern tragen einen dichten Laub-Nadel-Mischwald mit *Austrocedrus chilensis*, *Fitzroya cupressoides*, *Nothofagus dombeyi* und *N. antarctica*. Eine zweite niedrigere Baumschicht besteht aus *Lomatia hirsuta* und *Maitenus boaria*. In der artenreichen Strauchschicht dominieren *Berberis darwinii*, *Colletia spinosissima*, *Fuchsia magellanica*, *Myoschilos spec.* und *Pernettya spec.* (Tafel 18; Profil 31). Das gemeinsame Auftreten von *Austrocedrus chilensis* und *Fitzroya cupressoides* ist umso verblüffender, als ihre Verbreitungsgebiete in nord-südlicher Richtung nicht aufeinanderfolgen, sondern das von *Araucaria araucana* dazwischen liegt (siehe Tab. 49).

Tab. 49 Klimazonen der jeweiligen Verbreitungsgebiete von *Austrocedrus chilensis*, *Araucaria araucana*, *Fitzroya cupressoides* und *Pilgerodendron uviferum* mit Angaben zur jährlichen Niederschlagsverteilung

Coniferen-Art	Klimazone des jeweiligen Verbreitungsgebietes	Jährliche Niederschlagsverteilung
<i>Austrocedrus chilensis</i>	Winterregen-Subtropen	Regelmäßige winterliche Niederschläge bzw. Schneefälle und periodische Sommertrockenheit
<i>Araucaria araucana</i>	Übergangsbereich der Winterregen-Subtropen und der kühlgemäßigten Klimazone	Regelmäßige winterliche Niederschläge bzw. Schneefälle und episodische Sommertrockenheit
<i>Fitzroya cupressoides</i>	nördlicher (äquatorwärtiger) Rand der kühlgemäßigten Klimazone	Ganzjährige Niederschläge mit ausgeprägtem Wintermaximum; regenlose Sommer in langen Beobachtungszeiträumen
<i>Pilgerodendron uviferum</i>	stark ozeanisch geprägte, kühlgemäßigte Klimazone	Ganzjährige Niederschläge mit einem Wintermaximum; mögliche regenlose Tage / Wochen im Sommer

Dass hier beide Coniferen an ihren Verbreitungsgrenzen gedeihen, lässt sich daran erkennen, dass *Fitzroya cupressoides* an ihrem östlichen Arealrand (Trockengrenze) ausschließlich an sprudelnden, schnellfließenden Flussläufen siedelt. Die dadurch hervorgerufene hohe Luftfeuchte ist vergleichbar mit der Wirkung der Sommernebel bei *Sequoia sempervirens*. Gleichsam wie der kalifornische Küstenmammutbaum dringt sie durch west-ost-verlaufende, fjordartige Täler gen Osten vor. Dass auch *Austrocedrus chilensis* hier am Westrand ihres Areals an eine klimaökologische Grenze stößt, wird durch eine interessante Beobachtung unterstützt, welche die Autorin Ende März / Anfang April (Spätsommer / Herbst) im Gebiet um den Lago Menéndez machen konnte. Die weiblichen Zapfen, die um diese Zeit normalerweise längst hätten aufgesprungen sein müssen, waren noch klein, grün-gelblich und feucht bis faulig. Aus dieser Tatsache kann abgeleitet werden, dass in unregelmäßigen Abständen verregnete bzw. zu feuchte Sommer die Zapfen der Ciprés nicht reifen lassen, was jedoch Verjüngung und Bestandserhaltung offensichtlich nicht beeinträchtigt. Denn so wie an ihren Trockengrenzen, sprich an den nördlichen und östlichen Arealrändern, zwar alljährlich die Bedingungen zur Zapfenreife optimal sind, wird dort mangels Niederschlag bzw. Bodenfeuchte nicht jedes Frühjahr eine erfolgreiche Keimung stattfinden können. An den südlichen und westlichen Verbreitungsgrenzen der Ciprés ist es umgekehrt: die Zapfenreife kann zwar hin und wieder ausfallen, doch wenn in trockenen Jahren die Zapfen reifen können und schließlich aufspringen, dann liegt die Wahrscheinlichkeit, dass durch das längere feuchte Frühjahr viele Keimlinge überleben, weit höher als sogar im Hauptverbreitungsgebiet der Ciprés, der chilenischen Zentralzone.

Tafel 18 Vegetationszusammensetzung des *Austrocedrus*-Bestandes an der Mündung des Río Arrayanes in den Lago Menéndez in der argentinischen Andenpräkordillere

Lago Menéndez (Argentinien)

Río Arrayanes (42°40' S, 71°40' W, 400 m)

- domin.: Bs: *Austrocedrus chilensis*, *Lomatia hirsuta*, *Luma apiculata*, *Maitenus boaria*
Ss: *Berberis darwinii*, *Chusquea culeou*, *Colletia spinosissima*, *Myoschilus oblongum*, *Pernettya mucronata*
- codomin.: Bs: *Fitzroya cupressoides*, *Nothofagus antarctica*, *Nothofagus dombeyi*, *Schinus patagonicus*
Ss: *Aristolelia chilensis*, *Baccharis patagonica*, *Berberis buxifolia*, *Lomatia hirsuta*
Ks: *Adesmia spec.*, *Phacelia secunda*, *Stachys spec.*
- gelegentl.: Ss: *Escallonia spec.*, *Fuchsia magellanica*, *Retanilla ephedra*, *Ribes spec.*
Ks: *Mulinum spinosum*, *Quinchamalium chilense*, *Senecio spec.*
- selten: Bs: *Embothrium coccineum*, *Weinmannia trichosperma*

6.6.3 Zusammenfassender Vergleich

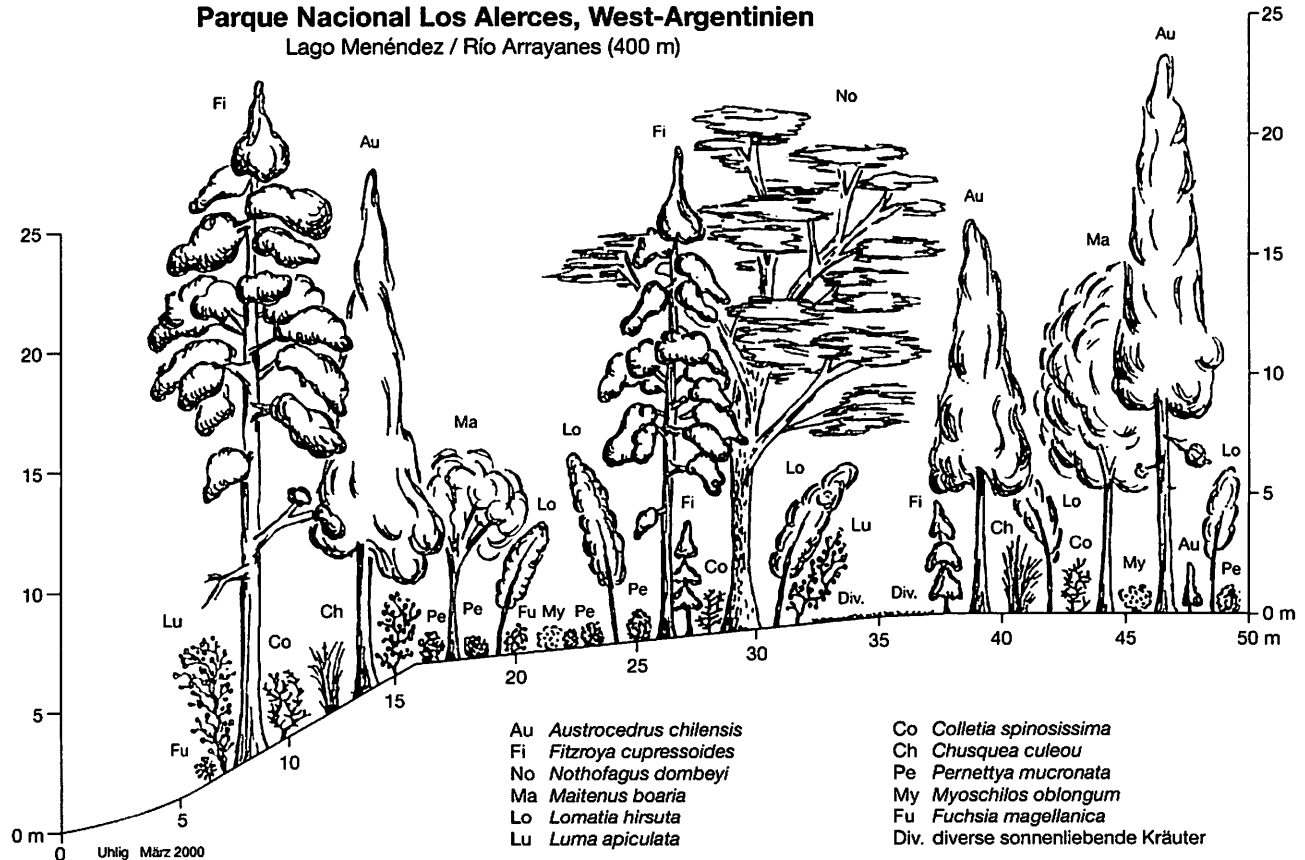
Die erst für unwahrscheinlich gehaltenen gemeinsamen Vorkommen von *Calocedrus decurrens* mit *Sequoia sempervirens* sowie *Austrocedrus chilensis* mit *Fitzroya cupressoides* innerhalb der Übergangszone von den trockenen zu den feuchten Coniferen- bzw. Lorbeerwäldern existieren doch, liegen aber nicht in analoger Breitenlage. Zwar ähneln sich die Verbreitungsmuster von *Sequoia sempervirens* und *Fitzroya cupressoides* ebenso wie ihre Stellung innerhalb der küstennahen Lorbeerwälder zwischen dem 38. und 42. Breitengrad, doch als entscheidender Faktor für das Zusammentreffen von *Calocedrus* mit *Sequoia* bzw. *Austrocedrus* mit *Fitzroya* erweist sich jeweils die Topographie. Steil aufragende nord-süd-streichende Klippen und Bergflanken mit west-ost-verlaufenden tiefeingeschnittenen, wasserführenden Schluchten schaffen steile klimatische Gradienten, welche dieses ungewöhnliche Zusammentreffen zweier ökologisch so unterschiedlicher Coniferen erlauben (zur vergleichenden Ökologie von *Sequoia sempervirens* und *Fitzroya cupressoides* siehe GOLTE 1974, S. 81-101).

6.7 Die östlichen Vorkommen im Übergang zur Steppe

6.7.1 *Calocedrus*: Warner Mountains, Bergland östlich Bend

Die östlichsten Vorkommen von *Calocedrus decurrens* liegen im äußersten Nordosten Kaliforniens auf dem Modoc Plateau und in den Warner Mountains sowie im mittleren Osten Oregons im Bergland östlich von Bend. Die zonale Vegetation besteht aus einem sehr offenen Parkland bis hin zu vereinzelt Bäumen des Western Juniper (*Juniperus occidentalis ssp. occidentalis*) mit Steppensträuchern (*Artemisia tridentata*) und -kräutern im Unterwuchs (siehe Tab. 50). Literatur zur Steppenvegetation des Great Basin gibt es von BUCHANAN (1997), CONSTANTINE (1993), NELSON (1971), PEASE (1965) und TAYLOR (1996). Die Vegetation der Rincon Mountains in Arizona behandeln BOWERS & Mc LAUGHLIN (1987).

Parque Nacional Los Alerces, West-Argentinien
Lago Menéndez / Río Arrayanes (400 m)



Profil 31 Aufriss: Lago Menéndez, W-Argentinien (westlichstes Vorkommen von *Austrocedrus chilensis*), (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)

Tab. 50 Baum- und Strauchdichte [point-to-tree/shrub] entlang dreier Transekte in einem „woodland-forest transition area“ südlich des Lava Beds National Monuments (VASEK & THORNE 1977)

	<i>Juniperus occidentalis</i> -Parkland	<i>Pinus ponderosa</i> -Offenwald	gemischter Nadelwald
Bäume			
<i>Juniperus occidentalis</i>	54	5	6
<i>Pinus ponderosa</i>	28	95	63
<i>Cercocarpus ledifolius</i>	18	-	-
<i>Abies concolor</i>	-	-	24
<i>Calocedrus decurrens</i>	-	-	7
<i>Pinus lambertiana</i>	-	-	1
Sträucher			
<i>Purshiana tridentata</i>	59	95	83
<i>Artemisia tridentata</i>	18	-	-
<i>Chrysothamnus viscidiflorus</i>	13	-	9
<i>Chrysothamnus nauseosus</i>	9	3	3
<i>Ribes velutinum</i>	3	2	-
<i>Arctostaphylos patula</i>	-	-	4
<i>Rhamnus californica</i>	-	-	1

Das Modoc Plateau ist ein sanft gewelltes vulkanisches Tafelland. Topographie, Relief und Höhe über dem Meeresspiegel bestimmen das Mosaik bzw. die Verzahnung von „Great Basin Shrub-Grass“ (Photo 71), „Juniper Woodland“ (Photo 72) und „Coniferous Forest“ (Photo 73). Der mehr oder weniger geschlossene Nadelwald nimmt erstens durch die relativ niedrige Höhe der Gipfel und zweitens durch die geringen Jahresniederschläge den kleinsten Teil ein (vgl. PEASE 1965, S. 39-41). Die in verschieden hohe Blöcke verworfene Adin Range (Adin Hill 1280 m, Hayden Hill 1950 m) ist hoch und feucht genug, um das Wachstum von Coniferen zuzulassen. Die durchschnittliche Jahresniederschlagsmenge beträgt nur circa 600 mm, bedingt durch den Regenschatteneffekt der Kaskaden (vgl. RUNDEL, PARSONS & GORDON 1977, S. 591-592). Außer dem dominanten *Juniperus occidentalis* ssp. *occidentalis* herrschen besonders auf südexponierten felsigen Standorten *Pinus ponderosa* und *P. jeffreyi* vor. An feuchteren mesischen Standorten gedeiht schließlich *Calocedrus decurrens* mit überwiegend *Abies concolor* und *Quercus kelloggii*. Die wichtigsten, schon auf kontinentales Klima deutenden Sträucher sind *Cercocarpus ledifolius*, *Ceanothus prostratus*, *Artemisia tridentata* und *Purshia tridentata*. Tabelle 50 zeigt die Zu- bzw. Abnahme von Wald-, Chaparral- und Steppenelementen im Wald-Steppe-Ökoton.

In den aus dem „Warner Basalt“ aufgebauten Warner Mountains findet man *Calocedrus decurrens* ausschließlich in kühlen, schattigen und feuchten Schluchten entlang perennierender Wasserläufe (Profil 32 u. 33). Bis in den späten Frühling (Ende April / Anfang Mai) des Jahres 2001 hielt sich der Schnee in der Talsohle, am Hangfuß, auf

den unteren Hangabschnitten und in Form kleinerer Flecken auch auf den nordexponierten Hängen der Schluchten (Photo 76), während die nach Süden gerichteten Flanken schon ausgeapert waren (Photo 77). Wie auf dem Modoc Plateau wird auch hier in kurzer Entfernung sichtbar, dass *Calocedrus decurrens* das Ökoton Wald-Steppe besiedelt (Profil 32). Die Begleitflora setzt sich zum einen aus Elementen des Chaparral zusammen (*Arctostaphylos patula*, *Rhamnus californica*, *Ribes velutinum* u.a.), zum anderen häufen sich in nicht unerheblicher Menge Steppenarten wie *Chrysothamnus nauseosus*, *Ch. viscidiflorus* und *Purshia tridentata* (Tafel 19; Profil 32 u. 33; siehe auch Tab. 50).

Tafel 19 Vegetationszusammensetzung von *Calocedrus*-Beständen in den Warner Mountains im äußersten Nordosten Kaliforniens

Warner Mountains (Kalifornien)

Lake City / Lake City Canyon (41°39' N, 120°15' W, 1600 m)

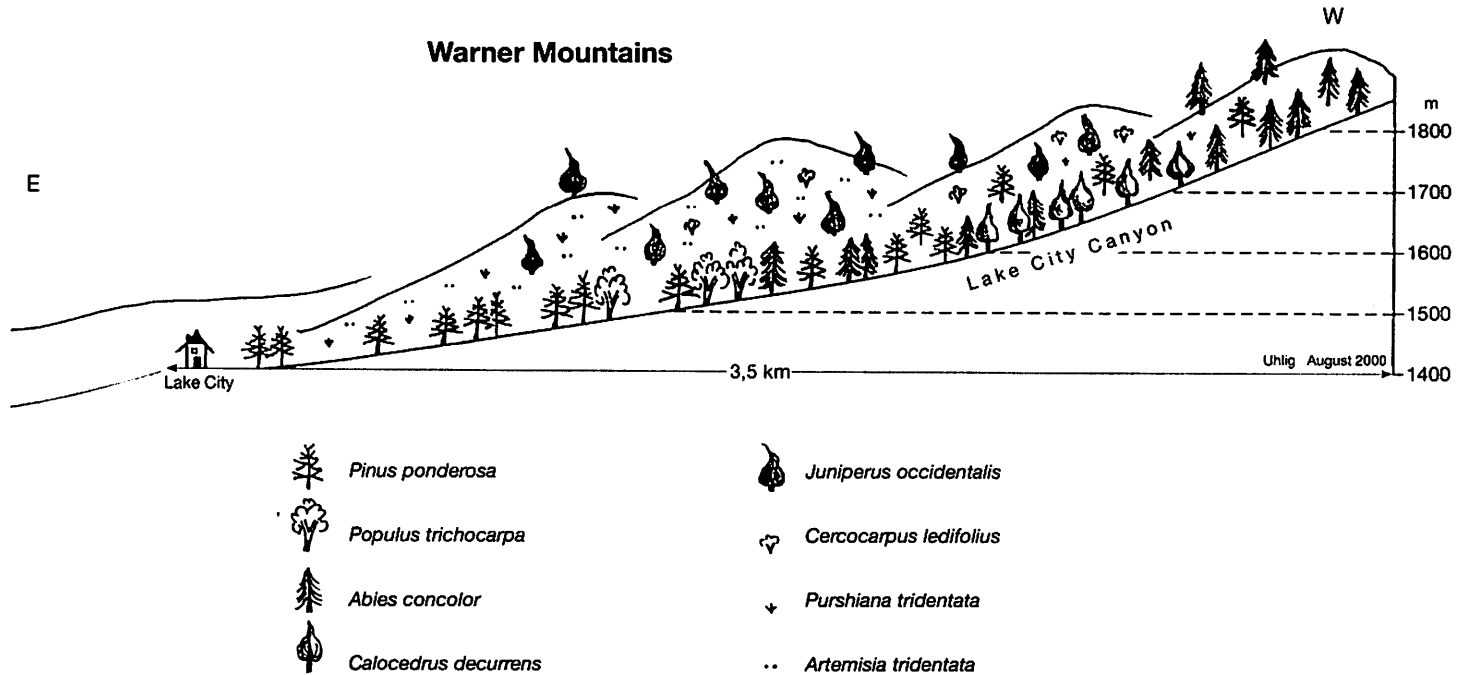
- domin.: Bs: *Abies concolor*
 codomin.: Bs: *Calocedrus decurrens*, *Pinus ponderosa*, *Populus trichocarpa*
 gelegentl.: Bs: *Juniperus occidentalis ssp. occidentalis*
 Ss: *Cercocarpus ledifolius*, *Purshiana tridentata*, *Symphoricarpos spec.*
 selten: --

Fort Bidwell / Mill Creek (41°55' N, 120°13' W, 1800 m)

- domin.: Bs: *Pinus ponderosa*
 codomin.: Bs: *Abies concolor*, *Calocedrus decurrens*
 gelegentl.: Bs: *Juniperus occidentalis ssp. occidentalis*, *Populus trichocarpa*,
 Prunus spec., *Salix spec.*
 Ss: *Amelanchier alnifolia*, *Ceanothus velutinus*, *Purshiana tridentata*,
 Rosa spec.
 Ks: *Epilobium angustifolium*, *Equisetum spec.*, *Osmorhiza chilensis*
 selten: Ks: *Aquilegia formosa*

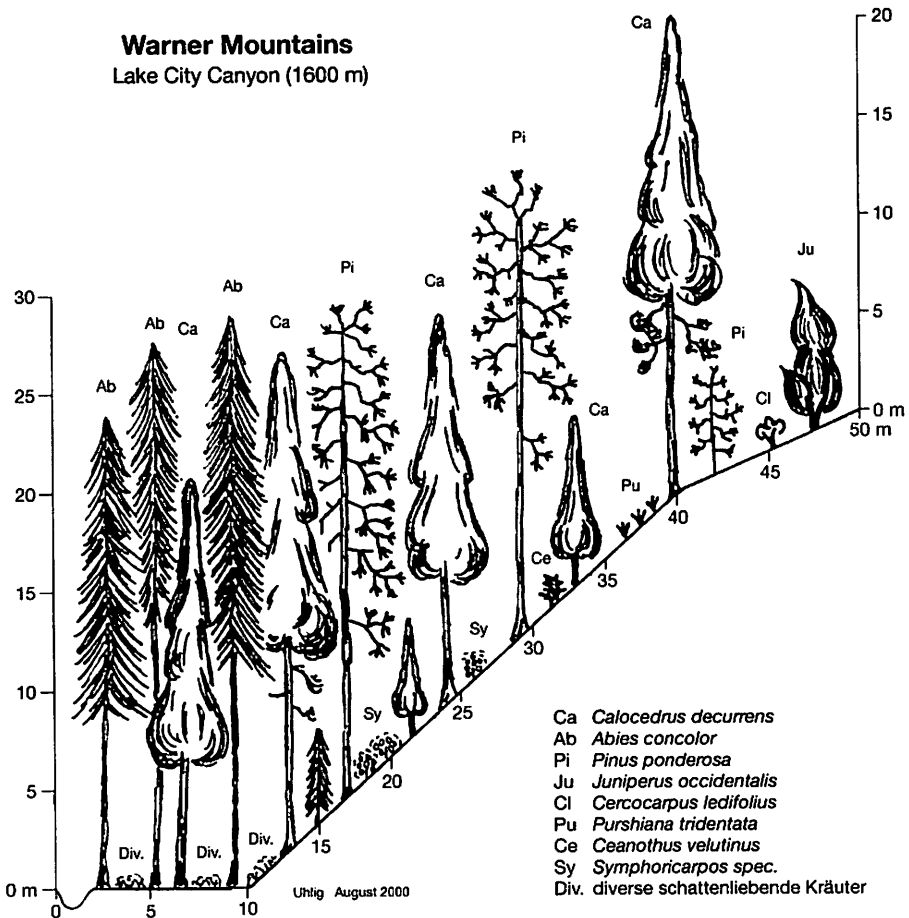
6.7.2 *Austrocedrus*: westargentinisches Andenvorland

Die Vorkommen der Ciprés im westargentinisches Andenvorland zwischen Alumine und Palena bilden die östlichsten Vorposten innerhalb des Wald-Steppe-Ökoton (nach LJUNGNER (1959) die dritte Zone mit Galeriewäldern, siehe Kapitel 6.2.2), welche dem nord-süd-verlaufenden geschlossenen Waldgürtel von *Austrocedrus chilensis*, ihrem leewärtigen Hauptverbreitungsgebiet, vorgelagert sind. Die Vegetation östlich des argentinischen Hauptverbreitungsgebietes der Ciprés setzt sich aus niedrigen Steppensträuchern und Kräutern zusammen (Tafel 20; Photo 80). In Kaltluftsenken wächst *Nothofagus antarctica* (Photo 79), am Flussufer *Salix spec.* (Photo 78). Die östlichen Vorkommen im Norden wurden bereits in Kapitel 6.3.2 (Wechsel der Ciprés vom Luv ins Lee der Anden) vorgestellt, wo *Austrocedrus chilensis* in unmittelbarer Nachbarschaft zu *Araucaria araucana* in die patagonische Steppe vorrückt (Photo 55).



Profil 32 Transekt: Warner Mountains, NE-Kalifornien (östlichstes Vorkommen von *Calocedrus decurrens*), (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)

Warner Mountains
Lake City Canyon (1600 m)



Profil 33 Aufriss: Warner Mountains, NE-Kalifornien (östlichstes Vorkommen von *Calocedrus decurrens*), (Entwurf u. Zeichnung: B. Uhlig)

6.7.3 Zusammenfassender Vergleich

Die östlichsten Vorkommen von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* gedeihen in ihrer jeweils polwärtigen Arealhälfte (Wald-Steppe-Ökoton), das heißt in den bereits kühlgemäßigten Breiten zwischen den sommergrünen Laubwäldern mit *Populus spp.* (bzgl. *Calocedrus*) bzw. *Nothofagus spp.* (bzgl. *Austrocedrus*) und den sommerdürren Trockensteppen. Ostwärts suchen sie zunehmend feuchtere Biotope auf, erst Schatthänge, Schluchten und schließlich Wasserläufe am Rande der Steppe. Die zonale Vegetation besteht dort aus *Juniperus*-Parkland (bzgl. *Calocedrus*) bzw. aus durch Beweidung stark degradierter *Mulinum*-Steppe (bzgl. *Austrocedrus*). Neben zu geringen Niederschlägen verhindert das ostwärts zunehmend kontinentalere Klima eine weitere Ausbreitung gen Osten. Die dünne oder fehlende Schneebedeckung bewirkt winterliche Boden- bzw. Spätfrost. Im Sommer führt die überwiegend ascendierende Bodenwasserbewegung zur Anreicherung von Salzen im Boden und zu einem basischen pH-Wert.

Tafel 20 Vegetationszusammensetzung von *Austrocedrus*-Beständen entlang des Río Limay und des Río Chubut im westargentinischen Andenvorland

Ostrand der Seenplatte zwischen dem Oberlauf des Río Limay und Río Chubut

Valle Encantado, El Catedral / Nahuel Huapi (40°45' S, 71°10' W, 800-1000 m)

domin.: Bs: *Nothofagus antarctica*

Ks: *Mulinum spinosum*

codomin.: --

gelegentl.: Bs: *Austrocedrus chilensis* (Wasserläufe)

Ks: *Acaena pinnatifida*, *Carex andina*, *Eryngium paniculatum*,
Haplopappus spec., *Quinchamalium chilense*

selten: --

Río Desaguadero, Lago Terraplén / Esquel (43°00' S, 71°32' W, 400-600 m)

domin.: Bs: *Maitenus boaria* (Parkland)

Ss: *Colletia spinosissima*

codomin.: Bs: *Nothofagus antarctica* (Kaltluftsenken), *N. dombeyi*

gelegentl.: Bs: *Austrocedrus chilensis* (N-Exp., Schluchten)

Ss: *Colletia spinosissima*, *Fabiana imbricata*, *Lomatia hirsuta*,
Retanilla ephedra

Ks: *Mulinum spinosum*, *Senecio spec.*

selten: --

6.8 Die Vorkommen entlang von Flussläufen in den Küstengebirgen

6.8.1 *Calocedrus*: Santa Lucia Mountains

„Dry years? When were the dry years?“ – „Oh, between eighty and ninety. Why, all the land dried up and the wells went dry and the cattle died.“ He chuckled. „It was dry enough, I tell you. Half the people who lived here then had to move away. Those who could, drove the cattle inland to the San Joaquin, where there was grass along the river. The cows died along the road, too. I was younger then, but I remember the dead cows with swelled-up guts. We shot at them and they went down like punctured balloons, and the stink would knock you down.“ – „But the rain came again,“ Joseph said quickly. „The ground is full of water now.“ – „Oh, yes, the rain came after ten years. Floods of it came.“ J. STEINBECK (1933; aus: To a god unknown.)

Die seltenen, versteckten Vorkommen von *Calocedrus* in den südlichen kalifornischen Coast Ranges beschränken sich auf extreme Leelagen in mindestens 700 m ü.NN gelegenen kühlen Schluchten entlang von Wasserläufen. Die wenigen, doch meist leicht zugänglichen kleinen Bestände der Incense Cedar auf serpentinierten Gesteinen im nördlichen kalifornischen Küstenbergland werden im Kapitel 5.1.3.4 behandelt.

Die hohen, steil aufragenden Küstenklippen von Big Sur schaffen durch das Auffangen der Küstennebel und der damit verbundenen Leewirkung im östlichen Küstenbergland

heiße trockene Sommer, welche den luvseitigen Coast Ranges mit ihren kühlen feuchten Sommern fehlen (siehe auch Kapitel 5.1.1). Kann der Küstennebel wie am Big Sur River in west-ost-verlaufende Täler eindringen, setzt sich die feuchteliebende Vegetation der Küste mit *Sequoia sempervirens* einige Kilometer landeinwärts bzw. talaufwärts fort, bis sich die Nebel aufgelöst haben (zur Übergangzone von *Sequoia sempervirens* und *Calocedrus decurrens* siehe Kapitel 6.6.1). Ein Fundort von *Calocedrus decurrens* in den eingangs erwähnten höher gelegenen Flusstälern in etwa 1000 m ü.NN liegt am Lower Bee Camp (westliches Küstenbergland). Dieses bereits in Kapitel 6.6.1 behandelte Vorkommen in unmittelbarer Nachbarschaft zu *Sequoia sempervirens* (Big Creek) trägt Elemente des „Mixed Evergreen Forest“ als zonale Vegetation. Der zweite, in diesem Kapitel untersuchte Bestand befindet sich in der steilen Schlucht des Arroyo Seco (inneres Küstenbergland) mit Chaparral als zonaler Vegetation.

Tafel 21 Vegetationszusammensetzung des *Calocedrus*-Bestandes in den Santa Lucia Mountains im südkalifornischen Küstenbergland

Santa Lucia Mountains (Kalifornien)

Indian Road / Arroyo Seco / Schlucht (36°07' N, 121°30' W, 700 m)

- domin.: **Bs:** *Arbutus menziesii*, *Prunus virginiana*
Ss: *Symphoricarpos spec.*, *Toxicodendron diversiloba*
- codomin.: **Bs:** *Alnus rhombifolia*, *A. rubra*, *Quercus lobata*
- gelegentl.: **Bs:** *Calocedrus decurrens*, *Platanus racemosa*, *Populus trichocarpa*,
Salix spec.
Ss: *Ceanothus integerrimus*, *Quercus dumosa*, *Rhamnus californica*
- selten: **Ss:** Chaparral-Arten: *Arctostaphylos canescens*, *A. glandulosa*, *A. glauca*,
Ceanothus cuneatus, *C. papillosus*
Ks: Chaparral-Arten: *Castilleja affinis*, *Dendromecon rigida*, *Eriodictyon californicum*, *Mimulus bifidus*, *Penstemon centranthifolius*, *Yucca whipplei*

Das Bachbett des Arroyo Seco entlang der Indian Road hat sich in stark sauren Siltstein eingeschnitten. In Höhe der vereinzelt Vorkommen von *Calocedrus* hat der Canyon auf den unteren 10 bis 20 m eine Neigung von 50 bis 70°. Die trockenen E-, SE- und E-exponierten Hänge sind mit Chamise (*Adenostoma fasciculatum*) und Chaparral (*Arctostaphylos glandulosa*, *A. glauca*, *Ceanothus cuneatus*, *Cercocarpus betuloides*) bewachsen. Auf den etwas feuchteren W-, NW- und W-exponierten Bergflanken dominieren ebenfalls Chaparral-Sträucher. An feuchteren Stellen treten immergrüne strauch- und baumförmige Eichen (*Quercus agrifolia*, *Qu. dumosa*, *Qu. lobata*) hinzu. Im Unterwuchs herrschen vor allem Steppenkräuter und auffallend viele Arten des „Buckwheat“ (*Erigonum spp.*) vor. Dem Bachlauf folgt auf stark wasserzügigem, feinsandigem Substrat ein hoher, dichter und schattiger Galeriewald mit großen, relativ dickstämmigen Bäumen des Pacific Madrone (*Arbutus menziesii*), immergrünen Eichen (*Quercus lobata*) und sommergrünen Laubbäumen (*Platanus racemosa*, *Prunus virginiana*, diverse *Salix spp.*). *Calocedrus decurrens* fällt mehr durch ihre Größe als durch ihre Häufigkeit auf: die charakteristisch geformten, kegelförmigen Kronen ragen aus dem

Blätterdach der Laubbäume heraus, was den Zapfen die für ihren Reifeprozess notwendigen Licht- und Wärmemengen garantiert. Der Unterwuchs des Schluchtfußes wird, streckenweise fast flächendeckend, bis hinauf zu den unteren Hangabschnitten von der Poison Oak (*Toxicodendron diversiloba*) vereinnahmt. Hinzu kommt das allgegenwärtige Gestrüpp von *Rubus parviflorus* und die kleinen Sträucher von *Symphoricarpos spec.* (Tafel 21).

Die mit Chaparral und Chamise bedeckten Hänge der Santa Lucia Mountains sind während der Sommermonate die trockensten und heißesten Plätze der Küstenkordillere. Die Tagestemperaturen erreichen oft mehr als 38° C und die relative Luftfeuchte kann unter 10 % sinken. Im Herbst werden diese trockenen Bedingungen häufig durch heiße, hangabwärts wehende Fallwinde verschärft. Auf der anderen Seite sind diese Gebiete auch die kältesten und feuchtesten Zonen im Winter. Minustemperaturen und Schneefälle sind nicht ungewöhnlich. Die durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge liegt zwischen 75 und 200 mm (HENSON, USNER & KELLS 1996, S. 122-124) und fällt größtenteils im Winter. Nur wenige Wochen nach Ende der Niederschläge bzw. Schneefälle ist der Boden wieder ausgetrocknet und staubig. Der Chamise-Chaparral (*Adenostoma fasciculatum*) bedeckt die nährstoffärmsten Böden in der Santa Lucia Range.

6.8.2 *Austrocedrus*: Cordillera de Nahuelbuta

Während die Ciprés-Wälder in der Cordillera de los Andes als eigene Pflanzenformation weite Gebiete der montanen bis hochmontanen Stufe bestimmen, stockt *Austrocedrus chilensis* in der Cordillera de la Costa nur vereinzelt entlang von Flussläufen. Dort findet man sie nach VELEN & SCHLEGEL (1982, S. 94) zwischen 37°30' S und 40°20' S in der Cordillera de Nahuelbuta und am Río Bueno. Zudem gibt es bei annähernd 37°10' S in der Küstenkordillere von Lota fünf Kilometer westlich von Tricauco ein kleineres Vorkommen von *Austrocedrus* (nach freundlicher mündlicher Auskunft von R. Rodríguez). Auf der Suche nach diesen Cipreses in der Küstenkordillere zwischen Tricauco und Lota konnte immerhin 1 (!) Exemplar von etwa 10 m Größe entdeckt werden. Dieser Baum wurzelt in knapp 500 m ü.NN an einem steilen Hang, ungefähr 6 m über dem Niveau des Baches.

Tafel 22 Vegetationszusammensetzung des *Austrocedrus*-Bestandes in der Cordillera de Nahuelbuta im chilenischen Küstenbergland

Cordillera de Nahuelbuta (Chile)

Río Pleoiquén (37°48' S, 72°52' W, 570 m)

domin.: Bs: *Nothofagus alpina*

Ss: *Baccharis spec.*, *Berberis spec.*

codomin.: Bs: *Schinus spec.*

Ss: *Escallonia spec.*

Ks: *Hypericum perforatum*, *Phacelia secunda*, *Gnaphalium spec.*

gelegentl.: Bs: *Austrocedrus chilensis*

Ss: *Tetraglochin alatum*

Ks: *Calceolaria spec.*, *Linum aquilinum*, *Schizanthus spec.*, *Stachys spec.*

selten: --

Östlich des Alto de Nahuelbuta (1533 m) wächst die Ciprés zwischen 500 und 600 m Höhe gelegentlich als flussbegleitendes Gehölz entlang des Río Pleoiquén (Tafel 22) innerhalb des sommergrünen Raulí-Waldes (*Nothofagus alpina*). Der Untergrund besteht aus stark vergrustem Granodiorit. Es entspricht dem Gesetz der relativen Standortskonstanz (nach WALTER & WALTER 1953), wenn *Austrocedrus chilensis* in den trockeneren tieferen Lagen das stark wasserzügige Substrat der Flüsse aufsucht (vgl. GOLTE 1978a, S. 99). Nach VEBLEN & SCHLEGEL (1982, S. 94) gedeiht sie in der Cordillera de Nahuelbuta auch an felsigen Hängen zwischen 800 und 1000 m.

6.8.3 Zusammenfassender Vergleich

Die seltenen Vorkommen von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* im kalifornischen und chilenischen Küstenbergland beschränken sich auf extreme Leelagen wie steile, hochaufragende Berge, wo sie vor maritimen Einflüssen verschont werden. Für beide Zypressengewächse gelten weniger die geringen Temperaturschwankungen im Jahresverlauf als vielmehr die durch sommerliche Küstennebel verursachten relativ kühlen und feuchten Sommermonate als begrenzender Faktor (zur Zapfenreife siehe Kapitel 8.1). An ihren deutlich im Regenschatten liegenden Wuchsorten mit – im Gegensatz zu den benachbarten Luvlagen – xeromorpher Vegetation (v.a. bezüglich *Calocedrus decurrens* am Arroyo Seco) wurzeln beide Coniferen ausschließlich an Wasserläufen. Damit folgen sie dem Gesetz der relativen Standortskonstanz (WALTER & WALTER 1953): Gewächse höherer, feuchterer Lagen gleichen in tieferen, trockeneren Lagen die abnehmenden Niederschläge bzw. Bodenfeuchte durch einen Biotopwechsel in Richtung feuchterer Habitate aus. Dieses Phänomen läßt sich zudem besonders gut bei den bereits erwähnten sommergrünen Laubbäumen *Populus tremuloides* und *Nothofagus obliqua* beobachten (siehe Kapitel 5.1.4.2 und 5.2.4.2). Beide sind in den temperierten (Nadel-) Wäldern der kühlgemäßigten Breiten Bestandteil der zonalen Vegetation der niederen Lagen. Demgegenüber besiedeln sie in den warmgemäßigten Subtropen die kühlen Schatthänge der montanen Stufe (zum Mischwald von *Nothofagus obliqua* und *Austrocedrus chilensis* in der Kordillere von San Fernando siehe Kapitel 6.2.2) und feuchte Habitate wie Mattenränder und Wasserläufe (zu den Vorkommen von *Populus tremuloides* mit *Calocedrus decurrens* in der Sierra Nevada und den Klamath Mountains siehe Kapitel 6.2.1 und 6.3.1).

VIERTER TEIL: AUSWERTUNGEN

7 Auswertung der Erkenntnisse aus dem Vergleich der Teilareale

„Dies ist derselbe Weg, den überhaupt die Erdkunde verfolgt, indem sie den Planeten, gleichsam wie von einem entfernten Standpunkte, wo dem Auge das Besondere sich entzieht, nach seinen großen Verhältnissen aufzufassen sucht und dadurch den Rahmen feststellt, in welchen die örtlichen Erscheinungen sich allmählig und geordnet einfügen.“

A. GRISEBACH (1872, S. 5; aus: Die Vegetation der Erde nach ihrer klimatischen Anordnung.)

Die ökologische Gegenüberstellung der Teilareale zeigt, dass der Verbreitung von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* bestimmte klimatische Prozesse und bodenökologische Verhältnisse zugrunde liegen. Offensichtlich sind Reproduktion, Wachstum und Lebenszyklus beider Zypressengewächse auf eben diese Umweltbedingungen abgestimmt bzw. an den jährlichen Witterungsverlauf angepasst (siehe Kapitel 8). Beide Coniferen weichen polwärts zunehmenden Niederschlägen und abnehmenden Temperaturen, umgekehrt äquatorwärts zunehmender Trockenheit und ansteigenden Temperaturen mit strenger Konsequenz aus (siehe Abb. 23).

Nach dem Prinzip der relativen Standortskonstanz (WALTER & WALTER 1953), welche der gleichsinnigen Interferenz der Kategorien des Formenwandels (LAUTENSACH 1952) entspricht, sind *Calocedrus* und *Austrocedrus* an allen Wuchsorten winterlichen Niederschlägen, meistens in Form von Schneefällen, sowie einer längeren sommerlichen Trockenperiode ausgesetzt. Demnach herrschen an allen Standorten beider Coniferen innerhalb einer bestimmten, genetisch festgelegten Spielbreite (ökologische Valenz) gleiche oder zumindest ähnliche Umweltbedingungen, welche es ihnen erlauben, sich erfolgreich zu vermehren und heranzuwachsen, also Bestand und Art zu erhalten.

Dass es sich um ähnliche klimatische Verhältnisse (Jahres- und Tagesschwankungen der Temperatur, jährliche Niederschlagsverteilung) sowie vergleichbare pedologische (pH-Wert, Korngröße, C/N-Verhältnis) und bodenhydrologische Bedingungen (jährliche Schwankungen des Bodenwassers) handelt, wird neben Klimamessungen (bzgl. *Calocedrus* siehe Anhang 1 u. 5; bzgl. *Austrocedrus* siehe Anhang 3 u. 8) und Bodenanalysen (bzgl. *Calocedrus* siehe Anhang 2 u. 6; bzgl. *Austrocedrus* siehe Anhang 4 u. 9) auch durch den Vegetationsaufbau (Vegetationsprofile siehe Profil 1 bis 33), spricht die Dominanz bestimmter Spezies (Vegetationsaufnahmen siehe Tafel 1 bis 22 in Kapitel 6), die Pflanzenmorphologie und die Artenzusammensetzung (bzgl. *Calocedrus* siehe Anhang 7; bzgl. *Austrocedrus* siehe Anhang 10) im *Calocedrus*- bzw. *Austrocedrus*-Wald unterstrichen. In beiden Fällen handelt es sich sowohl vom pol- bis zum äquatorwärtigen als auch vom westlichen bis zum östlichen Arealrand um Coniferen-Trockenwälder mit teils wiederkehrender Artenzusammensetzung dominanter und codominanter Spezies (Tab. 51). Seltene Arten (Tab. 52) an den Arealrändern von *Calocedrus* bzw. *Austrocedrus* zeigen einen Bezug zur zonalen Vegetation, welche die im Zuge des Biotopwechsels aufgesuchten ökologischen Nischen beider Coniferen umgibt.

Tab. 51 Dominante und codominante Arten, welche jeweils *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* über weite Teile oder durch ihre gesamten Verbreitungsgebiete begleiten

	<i>Calocedrus decurrens</i>	<i>Austrocedrus chilensis</i>
Coniferen	<i>Abies concolor</i> , <i>Pinus lambertiana</i> , <i>Pinus ponderosa</i> , <i>Pseudotsuga menziesii</i>	- keine -
Sommergrüne Laubbäume	<i>Acer macrophyllum</i> , <i>Alnus rhombifolia</i> , <i>Populus tremuloides</i> , <i>Quercus kelloggii</i>	<i>Nothofagus antarctica</i> (südliches argent. Areal), <i>Nothofagus obliqua</i> (nördliches chilen. Areal)
Immergrüne, sklerophylle Bäume und Sträucher	<i>Arctostaphylos patula</i> , <i>Ceanothus integerrimus</i> , <i>Quercus chrysolepis</i> , <i>Rhamnus californica</i>	<i>Cryptocarya alba</i> , <i>Lomatia hirsuta</i> , <i>Maitenus boaria</i> , <i>Schinus montanus</i>

Tab. 52 Seltene bis gelegentlich auftretende Arten, welche jeweils mit *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* an ihren Arealrändern zusammentreffen

	<i>Calocedrus decurrens</i>	<i>Austrocedrus chilensis</i>
Äquatorwärtiger Arealrand (Ä)	<i>Opuntia spec.</i>	<i>Ferocactus spec.</i>
Polwärtiger Arealrand (P)	- keine -	<i>Embothrium coccineum</i>
Westlicher Arealrand (W)	<i>Sequoia sempervirens</i>	<i>Fitzroya cupressoides</i>
Östlicher Arealrand (E)	<i>Juniperus occidentalis</i>	- keine -
Luv-Lee-Übergang (Ü)	<i>Tsuga heterophylla</i> , <i>Acer circinatum</i>	<i>Araucaria araucana</i> , <i>Fuchsia magellanica</i>

Betrachtet man die Stellung von *Calocedrus decurrens* innerhalb der reichen Coniferenflora Kaliforniens und Oregons, so wird ihr Ökoton-Charakter zwischen den warmgemäßigten Subtropen und der kühlgemäßigten Klimazone sowie zwischen maritimen und kontinentalen Klimateinflüssen deutlich (Abb. 24).

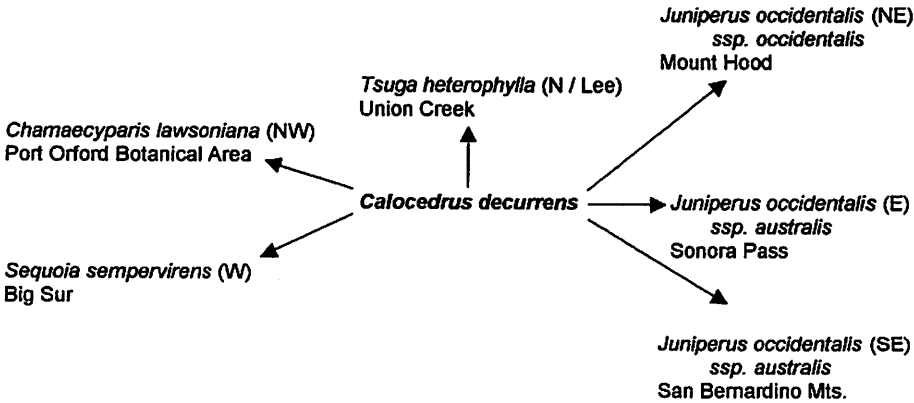


Abb. 24 Coniferen des kühltemperierten Nordwestens und des kontinentalen Ostens, mit denen *Calocedrus decurrens* an ihren Arealrändern in Zusammenhang mit ihrem Biotopwechsel zusammentrifft

Kaum anschaulicher bestätigt sich das Gesetz der relativen Standortskonstanz als bei vergleichender Betrachtung der jeweils nördlichen und südlichen Bestände von *Calocedrus* und *Austrocedrus*. Denn ebenso wenig wie beide Bäume an ihrer äquatorwärtigen Verbreitungsgrenze unter Wassermangel leiden, genießen sie an ihren polwärtigen Arealrändern Wasser im Überschuss. Betrachtet man den nördlichsten Bestand von *Calocedrus* am Mount Hood im Norden Oregons und die südlichsten Vorkommen in der Sierra Juárez und der Sierra San Pedro Mártir in Baja California, so handelt es sich durchweg nicht nur physiognomisch, sondern auch in der Artenzusammensetzung um sehr ähnliche offene Trockenwälder mit Chaparral- und Stepenenlementen im Unterwuchs:

<u>Mount Hood (45°10' N)</u>	<u>Sierra Juárez (31°52' N)</u>
<i>Calocedrus decurrens</i>	<i>Calocedrus decurrens</i>
<i>Pinus ponderosa</i>	<i>Pinus jeffreyi</i>
<i>Quercus garryana</i>	<i>Quercus chrysolepis</i>
<i>Arctostaphylos patula</i>	<i>Arctostaphylos glauca</i>
<i>Ceanothus prostratus</i>	<i>Ceanothus spec.</i>

Unterschiedlich ist lediglich die Lage der Wuchsorte von *Calocedrus* innerhalb der sich mit geographischer Breitenlage verändernden Großklimate und der daraus resultierenden zonalen Vegetation (nach den Kategorien des Geographischen Formenwandels im Sinne von H. LAUTENSACH 1952). An ihrer Nordgrenze gedeiht *Calocedrus* nur wenige Kilometer östlich der feucht-temperierten Nadelwälder des pazifischen Nordwestens, während sie am Südrand ihres Areals innerhalb des vertikalen Vegetationsaufbaus lediglich etwa 1000 bis 1500 m über dem Wüstenchaparral wächst.

Analog verhält sich *Austrocedrus*, obgleich die in 2000 m Höhe am steilen Südosthang des Cerro Tabaco oft als Krummholz wachsenden Bäumchen eine andere Erscheinung abgeben als die ausgedehnten, im Vergleich dazu relativ dichten Ciprés-Wälder am Río Palena. Doch ähnelt sich auch hier die floristische Zusammensetzung:

<u>Cerro Tabaco (33°39' S)</u>	<u>Río Palena (43°40' S)</u>
<i>Austrocedrus chilensis</i>	<i>Austrocedrus chilensis</i>
<i>Maitenus boaria</i> (selten)	<i>Maitenus boaria</i> (codom.)
<i>Schinus montanus</i> (selten)	<i>Schinus montanus</i> (gelegentl.)
<i>Aristotelia chilensis</i> (gelegentl.)	<i>Aristotelia chilensis</i> (gelegentl.)
<i>Baccharis spec.</i>	<i>Baccharis spec.</i>

Der Vergleich zwischen den nördlichen und südlichen Arealrändern von *Calocedrus* und *Austrocedrus* zeigt, dass beide Coniferen einem sehr ähnlichen klimaökologischen Gradienten folgen. Übereinstimmungen in den *Calocedrus*- und *Austrocedrus*-Beständen hinsichtlich bestimmter Lebensformen unterstreichen diese Tatsache. Das Auftreten sommergrüner Laubbäume (siehe hierzu auch Kapitel 5.1.4.2 und 5.2.4.2) in der Begleitflora deutet auf einen jahreszeitlichen Wechsel der Klimabedingungen hin:

Calocedrus decurrens

Acer glabrum
Acer macrophyllum
Alnus rhombifolia
Alnus tenuifolia
Populus tremuloides
Prunus virginiana
Quercus garryana
Quercus kelloggii

Austrocedrus chilensis

Nothofagus antarctica
Nothofagus glauca
Nothofagus obliqua

Die pflanzengeographische Lage von *Calocedrus* und *Austrocedrus* in den Gebirgen der Winterregen-Subtropen und der kühl-gemäßigten Zone wird durch die wechselnde Zusammensetzung der Begleitflora aus Elementen des Chaparral bzw. Matorral (tieferer, trockener und sonniger Lagen), temperierten Arten (höhere, feuchte und schattige Lagen), Steppensträuchern (östliche und polwärtsige Arealränder) sowie Wüstenpflanzen (äquatorwärtsige Arealränder) unterstrichen:

	<u><i>Calocedrus decurrens</i></u>	<u><i>Austrocedrus chilensis</i></u>
Chaparral / Matorral:	<i>Arctostaphylos patula</i> <i>Adenostoma fasciculatum</i>	<i>Lithraea caustica</i> <i>Peumus boldus</i>
Temperierte Zone:	<i>Cornus stolonifera</i> <i>Berberis aquifolium</i>	<i>Fuchsia magellanica</i> <i>Berberis darwinii</i>
Steppe:	<i>Purshia tridentata</i> <i>Cercocarpus betuloides</i>	<i>Mulinum spinosum</i> <i>Tetraglochin alatum</i>
Wüste:	<i>Opuntia spec.</i>	<i>Trichocereus chilensis</i>

Zusammenfassend kann man also festhalten, dass den Verbreitungsmustern von *Austrocedrus chilensis* und *Calocedrus decurrens* – innerhalb der unterschiedlichen Coniferenfloren des holarktischen und neotropischen Florenreiches – tatsächlich sehr ähnliche klimatische bzw. klimaökologische sowie bodengeographische und bodenhydrologische Ansprüche zugrunde liegen. Die ökophysiologische Deutung dieser Standortbeziehungen wird Gegenstand der folgenden Untersuchungen sein (siehe Kapitel 8).

8 Lebenszyklen und ökophysiologische Beziehungen

8.1 Reproduktive Prozesse im jahreszeitlichen Zyklus

„Die Pflanze ist der Ausdruck der verschiedensten, in einander greifenden Bewegungen der unorganischen Natur, denen ihre Entwicklung sich anpasst. Indem man versucht, den vielseitigen Beziehungen zu folgen, welche den vegetabilischen Organismus mit seinen physischen Umgebungen verknüpfen, darf man hoffen, über die Grenzen, in welcher jeder Lebenskreis eingeschlossen ist, zu einem vollständigeren Verständniss fortzuschreiten. Die Dauer der Vegetationsperiode, deren einzelne Phasen bestimmten Werthen der jährlichen Temperaturkurve entsprechen müssen, ist eins der wichtigsten Verhältnisse, an welches das Wohngebiet der Pflanzen gebunden erscheint.“
A. GRISEBACH (1872, S. 5; aus: Die Vegetation der Erde nach ihrer klimatischen Anordnung.)

Die im jahreszeitlichen Verlauf veränderlichen klimatischen und bodenhydrologischen Verhältnisse beeinflussen das Wirkungsgefüge der Standortfaktoren mit denen die reproduktiven Zyklen von *Calocedrus* und *Austrocedrus* konform laufen. Es wird sich zeigen, dass bestimmte, vor allem klimatische Einflüsse die einzelnen Schritte des reproduktiven Zyklus implizieren. Die Anabiose der Samen (reproduktive Ebene) und die epigäische Keimung (vegetative Ebene) unterliegen dem Bodenwasserhaushalt und damit direkt dem jahreszeitlichen Gang des Niederschlags und der potentiellen Verdunstung (vgl. hierzu Abb. 25). Im Winter werden die Samen unter einer mächtigen Schneedecke konserviert. Im Frühjahr sorgt ein gut durchfeuchteter Boden für eine erfolgreiche Keimung. Bezüglich der reproduktiven Ebene sind im Winter bereits die männlichen und weiblichen Infloreszenzen ausgebildet und die Bestäubung findet statt. Die Zapfenreife dehnt sich anschließend über die Sommermonate aus bis schließlich im Spätsommer / Herbst die Zapfen aufspringen.

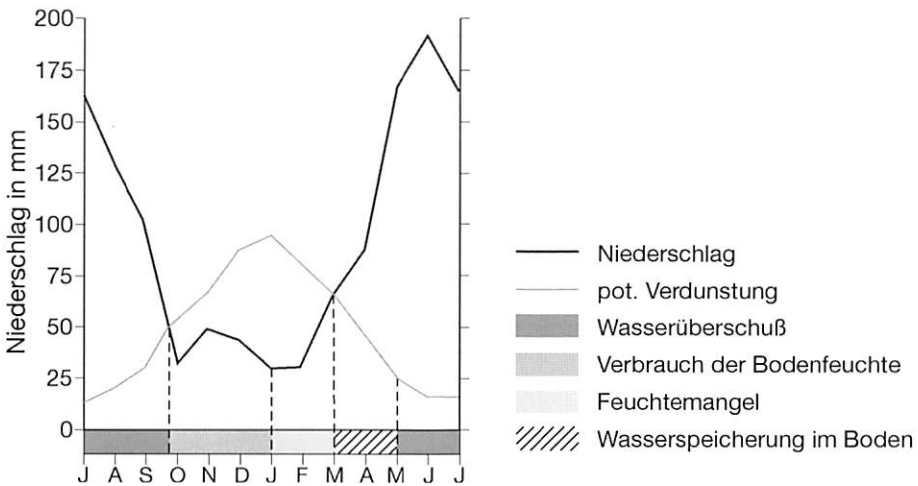


Abb. 25 Jahreszeitlicher Gang des Niederschlags, der potentiellen Verdunstung und des Bodenwasserhaushalts bei Bariloche (umgezeichnet nach: VELASCO & CAPITANELLI 1956, aus: ERIKSEN 1970)

Betrachtet man die thermischen, hygri-schen und bodenhydrologischen Verhältnisse des Winterregenklimas über das ganze Jahr, so fällt auf, dass ein gleichzeitiger Mangel an Wasser und Wärme nicht vorkommt, andererseits entsprechende Überschüsse nur kurzfristig, aber nicht notwendigerweise interferieren. Floristisch schlägt sich diese Tatsache in einer größtenteils immergrünen Vegetation nieder, welche es sich nicht erlauben kann, ihre Stoffproduktion auf die kurzen, seltenen Gunstzeiten zu beschränken. Anpassungserscheinungen wie Hartlaubigkeit (Sklerophyllie), starke Kutinisierung und Reduzierung der Blattoberfläche – all dies betrifft *Calocedrus* und *Austrocedrus* – sowie das Einrollen der Blattränder wie beim Boldo (*Peumus boldus*) ermöglichen ein Überdauern der trockenen Jahreszeit, ohne die Stoffproduktion bzw. Assimilation ganz einstellen zu müssen (vgl. hierzu auch SCHWABE 1956, S. 174).

Im **Winter** bewirken fallende Temperaturen (bei reichhaltigem Wasserangebot) eine erhebliche Reduzierung der Assimilation. Nur kurze Schönwetterperioden erlauben eine eingeschränkte Stoffproduktion. Der Niederschlag fällt als Schnee, welcher einerseits als Wasserreservoir bis ins späte Frühjahr dient, andererseits den Baum vor Frostrocknis schützt. Die winterliche Wolkendecke vermindert sowohl die tägliche Einstrahlung als auch die nächtliche Ausstrahlung, wodurch große Temperaturschwankungen und extreme Minuswerte vermieden werden. Wichtig sind die niedrigen Temperaturen, verbunden mit der Schneedecke für die **Konservierung des Samens** bis zum nächsten Frühjahr. Sie fallen sozusagen direkt in einen „natürlichen Kühltank“ (GOLTE 1984, S. 313). Die Schneedecke ist für die Samenerhaltung auch insofern notwendig, als sie den Samen vor zu hohen Licht- und Wärmeintensitäten schützt. Denn bei gelegentlichen Schönwetterperioden könnte ohne Schneebedeckung der Same frühzeitig quellen und mit der Zellteilung beginnen, um dann beim nächsten Frost wieder zerstört zu werden (Abb. 26).

Im **Frühjahr** beginnt mit steigenden Temperaturen, nachlassenden Niederschlägen und sinkender Luftfeuchte die **Zapfenreife** der Incense Cedar bzw. der Ciprés. Anfang Mai (Kalifornien) bzw. November (Chile) sind die Zapfen noch grün und weich und haben die Hälfte ihrer endgültigen Größe erreicht (Photo 40). Da die Zapfen ab April (Kalifornien) bzw. ab Oktober (Chile) reifen, müssen beide Bäume im Winter oder spätestens zum Ende des Winters Infloreszenzen ausbilden. So produziert *Calocedrus*

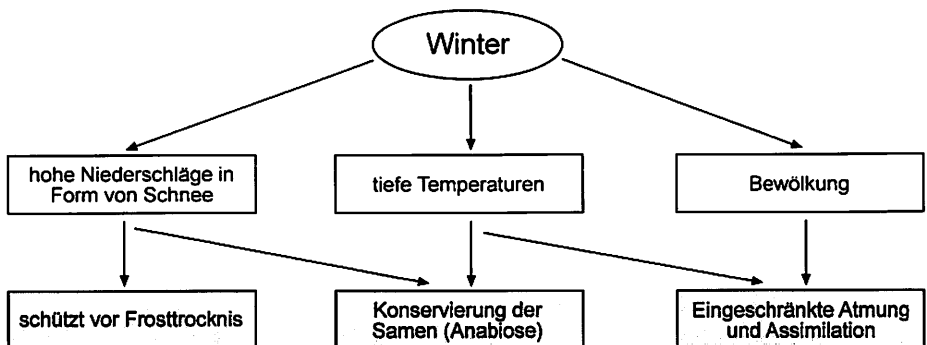


Abb. 26 Wirkungsgefüge der Standortfaktoren im Winter

decurrans im Winter Pollen (BREIMHORST 1992, S. 56). Auch die „catkins“ von der nahe verwandten *Libocedrus bidwillii* aus Neuseeland am Mount Egmont reifen ab September, sodass die Befruchtung im Winter stattfinden muss.

Die während des Frühjahrs bei verstärkter Sonneneinstrahlung ansteigenden Temperaturen führen das langsame Abtauen der Schneedecke herbei, so dass der Boden oft bis in den Frühsommer recht gleichmäßig durchtränkt ist. Während dieser kurzfristigen Überlagerung eines hohen Wasser- und Wärmeangebotes blüht die Vegetation sichtlich auf und erreicht die höchste Stoffproduktion des Jahres. Für die vegetativen Prozesse, vor allem für die **Keimung** von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* bietet der Frühling mit steigenden Temperaturen und noch anhaltender Bodenfeuchte optimale Bedingungen (Abb. 27).

Der Boden (Granitgrus, vulkanische Asche) wird durch das Tauwasser aufgelockert, durchlüftet und durchfeuchtet. In den grobporigen und damit sehr durchlässigen Substraten versinkt das Wasser relativ schnell in tiefere Bodenschichten, wo es bei ansteigenden Temperaturen vor Verdunstung geschützt ist. Für die Speicherung des Tauwassers ist wichtig, dass die Reliefoberfläche zerklüftet ist, was wiederum voraussetzt, dass ein Gestein ansteht, welches in Form vertikaler Klüfte verwittert. Bei Granit geschieht dies durch tektonische Brüche – z.B. in den Castle Crags der südlichen Klamath Mountains (Kapitel 5.1.2.4) – und nicht durch die zwiebelschalenartige Wollsackverwitterung, welche aber durch das Abschälen der Gesteinsoberfläche ebenfalls ein vergrotes, durchlässiges Substrat entstehen lässt. Erst Spalten, Risse und Klüfte schaffen aus einem Felsstandort in trockenen Gebieten einen Boden mit den für Coniferen besten Bodenwasserverhältnissen (siehe Kapitel 5.1.3.2). Das Bodenwasser ist arm an Mineralien, was zum einen an den oft basenarmen Ausgangsgesteinen liegt, zum anderen auch mit den gegen chemische Verwitterung sehr widerstandsfähigen Mineralien (Silizium, Orthoklas) des Muttergesteins zusammenhängt, welche lediglich zur Sandfraktion vergroten. Daraus resultiert ein Mangel an adsorptionsfähiger Tonsubstanz und eine entsprechend geringe Kationenaustauschkapazität (KAK). Durch ihre saure Nadelstreu tragen *Calocedrus* und *Austrocedrus* außerdem, wie übrigens die meisten Coniferen, selbst zu einer Versauerung des Substrates bei. Dieser Vorgang wie-

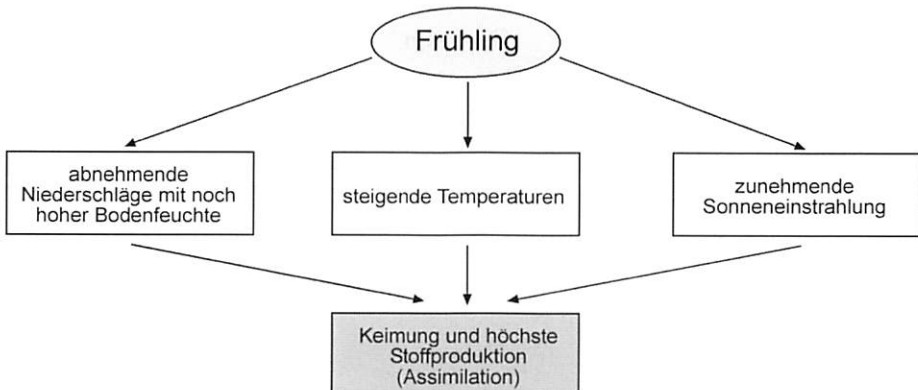


Abb. 27 Wirkungsgefüge der Standortfaktoren im Frühjahr

derum scheint mit Blick auf die immergrünen Schuppenblättchen notwendig, damit sie nicht, gerade bei der in Trockengebieten aufwärtsgerichteten Wasserbewegung, eine Übersättigung an Ballastionen erleiden.

Schon während des **Frühsommers** wird durch die inzwischen knappen Wasserreserven die zweite Krisenzeit der Vegetation im Jahresverlauf eingeleitet. Allein für die **Zapfenreife** von *Calocedrus* und *Austrocedrus* stellen die trockenen Sommermonate mit hohen Temperaturen und niedriger Luftfeuchte optimale Bedingungen für den Abschluss der reproduktiven Phase dar, da das Aufbrechen der Zapfen nach dem Prinzip der **Trockenspaltung (Xerochasie)** funktioniert. Die Zapfen sitzen in voller Sonneneexposition den äußeren Zweigenden auf. Die Kegelform der Incense Cedar und der Ciprés ermöglicht auch den Zapfen tiefer liegender Zweige uneingeschränkter Strahlungsgenus. Die untersten Äste bzw. Zweige bilden bei zu starker Beschattung keine Zapfen aus. Man beachte hierzu die Tatsache, dass die Kronen der meisten Coniferen über das Blätterdach der begleitenden Laubbäume ragen. Im Verlaufe des **Spätsommers** – Ende September (Kalifornien) bzw. Ende März (Chile) – springen die Zapfen auf und entlassen reichliche Mengen ungleich geflügelter **Samen** (vgl. HECKER 1981, S. 81-84; zum Schraubenfliegertyp siehe Kapitel 2), welche in der äquatorwärts weniger, polwärts stärker ausgeprägten herbstlichen Jahreszeit von den heftig wehenden Winden verbreitet werden (Abb. 28).

Der Boden wird durch die hohen Sommertemperaturen und die intensive Sonneneinstrahlung sehr stark erhitzt. Die entsprechend hohe Verdunstung bewirkt eine schnelle Austrocknung der oberen Bodenschichten. Diag. 2a und 7a (Anhang 1) sowie Diag. 11a (Anhang 3) zeigen die Luft- und Bodentemperaturen im Tagesverlauf während des Sommers im „Mixed Conifer Forest“ in Calaveras und den Castle Craggs sowie in den Ciprés-Wäldern westlich der Laguna del Laja. Beim Vergleich der Luft- und Bodenmesswerte wird ersichtlich, dass sich der starke autochthone Strahlungseinfluss während des Tages auch in den nächtlichen Bodentemperaturen ablichtet. So liegen die nächtlichen Bodentemperaturen in 5 cm Tiefe noch ungefähr 5° C über den nächtlichen Lufttemperaturen. Auch im Winter erreichen die Bodentemperaturen erheblich höhere Werte als die der Luft. Dies beruht nicht allein auf der isolierenden Wirkung der

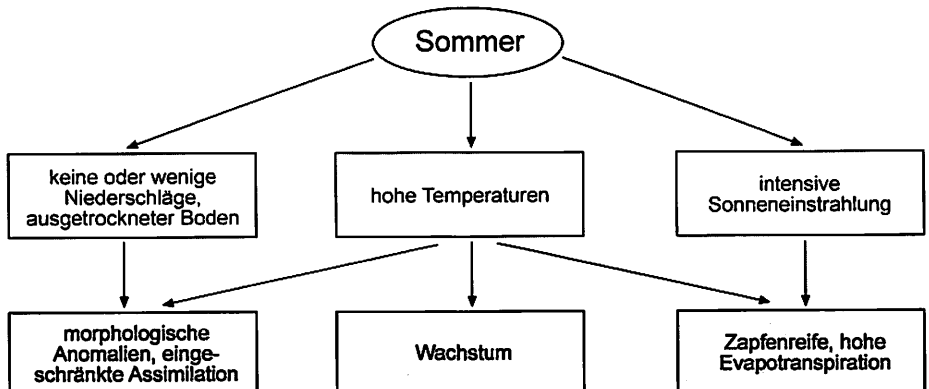


Abb. 28 Wirkungsgefüge der Standortfaktoren im Sommer

Schneedecke, sondern ist auch als Nachwirkung der starken Erhitzung bzw. Einstrahlung während der Sommermonate zu werten. Man kann also davon ausgehen, dass die „autochthone Witterungsgestaltung“ (WEISCHET 1970, S. 185) sowohl in der Tages- als auch in der Jahresbilanz zwischen Ein- und Ausstrahlung eine Temperaturerhöhung des Bodens hervorruft. Diese Tatsache wiederum ist darauf zurückzuführen, dass die Bodentemperaturen viel mehr als die der Luft von der Sonneneinstrahlung abhängig sind (vgl. hierzu WEISCHET 1970, S. 185-186).

Zusammenfassend kann man festhalten, dass sowohl *Calocedrus* als auch *Austrocedrus* bei der Betrachtung ihrer reproduktiven und vegetativen Ebene im jahreszeitlichen Verlauf (siehe Abb. 29) einer spezifischen „Interferenz thermischer und hygrischer Jahreszeiten“ (GOLTE 1978a, S. 107) folgen. An diese Prozesse sind unterschiedliche, teilweise antagonistische Anforderungen der jeweiligen Entwicklungsprozesse an Temperatur, Bodenwasser und Lichtverhältnisse geknüpft.

Abbildung 29 zeigt den reproduktiven und vegetativen Zyklus, angeordnet auf zwei Ebenen, in Chronologie mit dem Verlauf der Jahreszeiten (im Uhrzeigersinn). Die Pfeile verdeutlichen das Abwechseln bzw. Interferieren der reproduktiven und vegetativen Entwicklungsprozesse von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* während der verschiedenen Jahreszeiten.

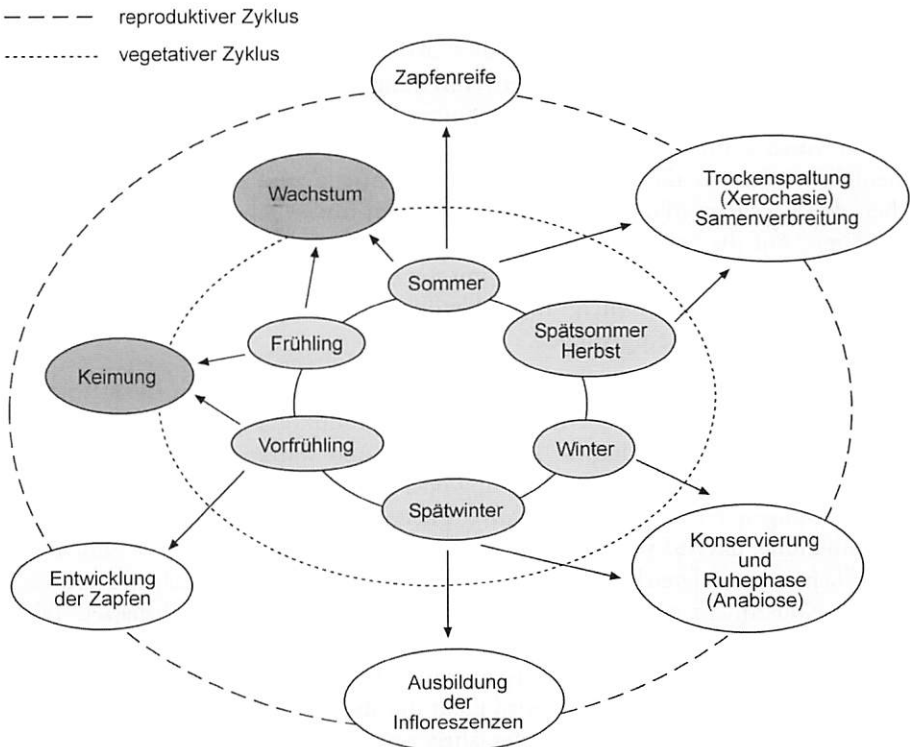


Abb. 29 Die reproduktiven und vegetativen Prozesse von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* im jahreszeitlichen Zyklus

8.2 Ausbleiben der Verjüngung

„Stress ist kein Ausnahmezustand, sondern Bestandteil jeglichen Lebens.“ W. LARCHER (1994; aus: Ökologie der Pflanzen.)

Im vorherigen Kapitel ist deutlich geworden, wie offensichtlich der Reproduktionszyklus von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* mit dem jahreszeitlichen Verlauf des Klimageschehens bzw. der Witterung konform läuft. Diesem Sachverhalt steht die bemerkenswerte Tatsache gegenüber, dass gerade in den mediterranen Subtropen in Bezug auf das Klima die Menge und die Verteilung der jährlichen Niederschläge starken Schwankungen unterworfen ist (siehe Kapitel 5.1.1 und 5.2.1). Die Arbeit hat auch gezeigt, wie notwendig die verschiedenen Schritte der Reproduktion von der Bestäubung bis zur Keimung sowie das Überleben des ersten Jahres an bestimmte witterungsklimatische, bodenklimatische und bodenhydrologische Bedingungen geknüpft sind. Bei Betrachtung dieser Zusammenhänge wäre ein reibungsloser alljährlicher Ablauf der aufeinanderfolgenden reproduktiven und vegetativen Prozesse erstaunlich.

Für *Calocedrus decurrens* geben POWERS & OLIVER (1990, S. 175) Perioden für die Samenproduktion und -verbreitung an. Mittlere bis hohe Samen- bzw. Zapfenernten (961.500 Samen / ha) gibt es durchschnittlich in Intervallen von 3 bis 6 Jahren. In manchen Jahren gibt es überhaupt keine Zapfen. Für den Südwesten Oregons berichten genannte Autoren von einer mittleren bis reichlichen Zapfenproduktion alle drei Jahre. Wenige oder gar keine Zapfen beobachtete man in Perioden zwischen 12 bis 15 Jahren. Groß ist dabei die geographische Variabilität der Zapfen- und Samenproduktion: in der submontanen Stufe beginnt die Samenverbreitung Ende August, während in höheren Lagen erst im Verlauf des Oktobers die Zapfen aufspringen und die Samen entlassen werden. Auch kann sich die Samenverbreitung bis in die Wintermonate ausdehnen. Ebenfalls differieren die Zeitspannen der Zapfenreife und Samenverbreitung zwischen den jeweils nördlichen, südlichen, östlichen und westlichen Teilarealen beider Coniferen. Auf die antagonistischen klimatischen Ansprüche der reproduktiven und vegetativen Phase – in Zusammenhang mit der Gymnospermie sowie der Ausstattung mit Tracheiden und den immergrünen, sklerophyllen Schuppenblättchen – wird nachfolgend im Kapitel 8.3 eingegangen.

Wo liegen die Ursachen von Verjüngungslücken? Wann und warum treten Intervalle reicher und geringer Zapfenernte bzw. Samenproduktion oder gar Ausfälle der Zapfenbildung auf (reproduktive Ebene)? Wann und warum sind Intervalle starker und schwacher Verjüngung bzw. Keimung oder teilweise jahrzehntelanges Ausbleiben von Keimlingen festzustellen (vegetative Ebene)? Welche Einflüsse verhindern die Zapfenbildung, das Aufspringen der Zapfen und damit das Freisetzen der Samen sowie schließlich eine erfolgreiche Keimung? Fällt auch nur einer dieser Schritte aus, ist als logische Konsequenz eine erfolgreiche Verjüngung nicht mehr gewährleistet. Tabelle 53 zeigt die unterschiedlichen Anforderungen der einzelnen vegetativen und reproduktiven Entwicklungsprozesse an Temperatur, Bodenwasser und Lichtverhältnisse. Die Störanfälligkeit dieses Ablaufs wird nicht nur durch die teilweise antagonistischen Anforderungen und das hinsichtlich der jährlichen Niederschlagsmenge unregelmäßige Winterregenklima hervorgerufen, sondern auch durch den Umstand verstärkt, dass die

Gebirge der Winterregen-Subtropen lediglich mit Kompromissen behaftete, verbliebene Rückzugs- und Erhaltungsgebiete (siehe hierzu Kapitel 9) von Reliktconiferen darstellen – wie in diesem Fall von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis*.

Tab. 53 Anforderungen der einzelnen vegetativen und reproduktiven Entwicklungsprozesse an Temperatur, Bodenwasser und Lichtverhältnisse

Entwicklungsprozess	Temperatur	Bodenwasser	Licht
Infloreszenz	(-)	+	(+)
Zapfenreife	+	-	+
Ruhephase des Samens	-	+	-
Keimung	+	+	(+)
Wachstum	+	+	+

+ hoch - niedrig (+) bedingt hoch (-) bedingt niedrig

8.3 Vegetative Prozesse unter räumlichen und zeitlichen Aspekten

„As far as living things go, all this adds up to what even an ecologist may so far forget himself as to call an “unfavorable environment“. But like all such pronouncements this one doesn’t mean much unless we ask “unfavorable for what and for whom?“ For many plants, for many animals, and for some men it is very favorable indeed.“ J. W. KRUTCH (aus: The voice of the desert.)

Holz

Sowohl *Calocedrus decurrens* als auch *Austrocedrus chilensis* gelten als ausgesprochen langlebig. Ausgewachsene Bäume sind oft älter als 500 Jahre; auch tausendjährige Exemplare kommen vor. Beide Zypressengewächse wachsen meist langsamer als ihre Begleitvegetation, überragen diese aber im ausgewachsenen Zustand, so dass ihre Krone das Blätterdach der angiospermen Bäume stets überragt (Lichtbedürfnis, Zapfenreife). Im ersten Jahrzehnt ist ein gehöriger Längenwachstumsschub zu beobachten, welcher später nachlässt (Tab. 54).

Tab. 54 Höhen- und D.B.H. (Durchmesser in Brusthöhe)-Zuwachs von *Calocedrus decurrens* in Abhängigkeit vom Alter (POWERS & OLIVER 1990)

Alter	Höhenzuwachs	D.B.H.-Zuwachs
40 Jahre	33 cm	0,81 cm
90 Jahre	20 cm	0,36 cm

Abgesehen von vielen morphologischen Ähnlichkeiten beider Zypressengewächse fällt auf, dass *Calocedrus decurrens* generell nicht nur höher und dickstämmiger wird als *Austrocedrus chilensis*, sondern auch breitere Jahresringe ausbildet. Lediglich im argentinischen Verbreitungsgebiet am Nordwestufer des Lago Traful fallen die über 30 m hohen Exemplare der Ciprés de la Cordillera auf. Die Jahresringe von *Austrocedrus* in

den zentralchilenischen Anden sind im Durchschnitt nicht breiter als 1 mm, häufig sogar nur 0,3 bis 0,5 mm. Die Jahresringbreite von *Calocedrus* in der kalifornischen Sierra Nevada liegt zwischen 1 und 3 mm, in den Klamath Mountains (Devils Canyon) im Norden Kaliforniens sogar darüber. Nach eigenen Beobachtungen zeigen hingegen einige Stümpfe von *Austrocedrus* am Lago Traful ebenfalls Jahresringe von bis zu 3 mm. Es ist also zu vermuten, dass die Jahresringbreite beider Coniferen in sehr ähnlicher Weise klimatischen Einflüssen unterliegt. Für diese These sprechen erstens die teilweise unmerklichen Differenzen des kalifornischen und chilenischen Winterregenklimas, zweitens die ebenfalls nicht auf den ersten Blick offensichtlichen klimatischen Unterschiede an den Arealrändern. Zu diesem Phänomen sind die Ausführungen von DI CASTRI (1973, S. 29-32) interessant, der u.a. bemerkt, dass die Sommerniederschläge in Kalifornien signifikant höher ausfallen als in Zentralchile. Diesen Sachverhalt unterstützend wird CALISTRI (1962, in: MOONEY & al. 1970) zitiert, welcher über eine hochsignifikante Korrelation zwischen der Höhe der Sommerniederschläge und der Jahresringbreite berichtet:

„CALISTRI (1962), working in Tuscany (Italy), reported a highly significant correlation between the amount of precipitation in the warmer semester (May-October) and the thickness of the annual rings in trees, thus illustrating the importance of the summer rainfall in mediterranean climates for tree growth“ (MOONEY & al. 1970).

Dass nicht allein das Auftreten von Sommerniederschlägen die Jahresringbreite, sprich das Wachstum beider Zypressengewächse beeinflusst, zeigen Beobachtungen in den Kaskaden Oregons zu *Calocedrus decurrens*: in den südwestlichen Kaskaden Oregons, wo sich die Incense Cedar den hochstämmigen, schattigen Wäldern der Western Hemlock (*Tsuga heterophylla*) nähert, bevor sie auf die leewärtige Seite wechselt, zeigt sie trotz zunehmender Sommerregen nur kümmerlichen Wuchs. Hierzu schreiben POWERS & OLIVER (1990, S. 177):

„Increasing shade further slows their growth to the point of bare existence. On such trees, 16 annual rings per centimeter of diameter are not uncommon.“

Auf sonnigen Lichtungen (trockene Standorte mit *Ceanothus* und *Berberis*) und an breiten Flussufern (feuchte Standorte mit *Acer circinatum*) hingegen gedeiht und verjüngt sie sich in besagten Hemlock-Wäldern prächtig. Hinsichtlich dieser beiden bodenhydrologisch sehr unterschiedlichen Standorte ist die Bemerkung von FRANKLIN (1988, S. 117) zur scheinbaren „Bimodalität“ von *Calocedrus decurrens* interessant:

„*Calocedrus* also is bimodally distributed, typically occurring on very dry forest sites and, with *Abies concolor*, on moist to wet sites (and often invading meadows) at relatively high elevations.“

Die Vermutung liegt nahe, dass hier der Lichtfaktor eine primäre Rolle spielt (siehe hierzu auch Kapitel 6.3.1).

Wurzeln

Vom Keimstadium bis zum adulten Baum haben sowohl *Calocedrus decurrens* als auch *Austrocedrus chilensis* ein wesentlich weitreichenderes und extensiveres Wurzelsystem als viele ihrer Begleiter. Dieses gut entwickelte Wurzelsystem erlaubt es der Incense

Cedar und der Ciprés auf relativ trockenen Standorten zu überleben und schützt sie vor Windwurf. Die sehr rasch in die Tiefe zu feuchteren Bodenschichten wachsende Wurzel eines Keimlings (Photo 41) produziert nur wenige laterale Abzweigungen. Erst wenn sich das vertikale Wachstum der dünnen Pfahlwurzel temporär verlangsamt, erobert eine Fülle horizontaler Wurzelhärchen in Form eines Nodien-Internodien-Musters den horizontalen Raum.

Im ersten Jahr können sich die Primärwurzeln bis zu einer Länge von 30 cm entwickeln (Photo 41). Da die Keimlinge von *Calocedrus* und *Austrocedrus* gerade im ersten Jahr sehr empfindlich gegen Trockenheit sind, ist es für ihr Überleben wichtig, möglichst schnell tiefere und damit feuchtere Bodenschichten zu erreichen. Am Ende des zweiten Jahres ist auch das laterale Wurzelsystem gut entwickelt. Im Frühling zeigen die Wurzeln der Sämlinge von *Calocedrus decurrens* eine Wachstumsspitze (3-5 mm / Tag); während der Sommermonate verringert sich der Zuwachs und steigt im Herbst zwischen Oktober und Dezember (1-3 mm / Tag) wieder an (POWERS & OLIVER 1990, S. 176). Haben sich die Keimlinge bzw. Sämlinge erst an ihrem Standort etabliert, sind sie bemerkenswert trockenresistent. Diese hohe Trockenresistenz wird der kompletten Besetzung der Bodenmasse durch die Wurzeln bzw. feinsten Wurzelhärchen zugerechnet (bzgl. *Calocedrus* siehe POWERS & OLIVER 1990, S. 176; zu Mykorrhiza bei *Austrocedrus* siehe GODOY & al. 1989; 1993; 1994; 1995; FONTENLA, HAVRYLENKO & ROSSO 1991; zu den Stickstoffanalysen und zum C/N-Verhältnis siehe Anhang 6 u. 9).

Schuppenblättchen

Die meist im Halbschatten keimenden, nur wenige Zentimeter hohen Sämlinge zeigen einen ausgeprägten Blattdimorphismus. Auf die zwei langen nadelförmige Keimblätter (8-12 mm) folgen bis zur Triebspitze relativ große Schuppenblätter (5-8 mm) mit breiten Cutinstreifen. Die stärker der Witterung ausgesetzten älteren Blätter exponierter Kronen sind mit 2 bis 4 mm wesentlich kleiner. Ein verstärktes Austreiben der Triebspitzen im Frühjahr (wie bei vielen Coniferen in den temperierten Breiten) ist nicht zu beobachten, wobei diesbezüglich *Calocedrus* und *Austrocedrus* unter den Cupressaceae keine Einzelfälle sind. Vielmehr ist das ganze Jahr hindurch das Wachstum der Internodien zu beobachten (vgl. COWLING & CAMPBELL 1980, S. 194; MONK 1966, S. 504-505; SMALL 1973).

Wachstum in den verschiedenen Teilen der Verbreitungsgebiete

Wie im Verlaufe dieses Kapitels bezüglich der Jahresringbreite in Zusammenhang mit den Sommerniederschlägen bereits angesprochen, variieren Stammdurchmesser und Höhe beider Zypressengewächse erheblich in den verschiedenen Teilen ihrer jeweiligen Verbreitungsgebiete. POWERS & OLIVER (1990, S. 177) führen Daten über die Größe von *Calocedrus decurrens* an, welche diese These unterstreichen. Demnach nehmen sowohl Stammumfang als auch Höhe generell Richtung Norden mit zunehmenden Sommerniederschlägen zu (siehe Tab. 55). Ausnahmen bilden windexponierte Wuchsorte in Hochlagen. Interessant ist der Fund des größten Baumes im Süden Oregons, wo bereits episodische Sommerregen vorkommen (siehe Kapitel 6.3.1). Ebenfalls bemerkenswert sind die dickstämmigen, hochgewachsenen Exemplare von *Calocedrus decurrens* bei La Tasajera am Mattenrand von Vallecitos (Sierra San Pedro Mártir / Baja California) nahe ihrer südlichen Verbreitungsgrenze. Auch dort erfah-

ren die Nadelwälder der montanen bis hochmontanen Stufe durch ihre Nähe zum Wendekreis bzw. zu den Tropen bereits episodische sommerliche Niederschläge. In diesem Zusammenhang sind die ebenfalls mächtigen Exemplare von *Austrocedrus chilensis* am Lago Traftal interessant. Hier im Lee der südlichen Andenkordillere sind jedoch weniger die eher geringen sommerlichen Niederschläge für das immense Wachstum verantwortlich, als vielmehr die Annäherung an die kühlgemäßigte Klimazone, so dass der Ciprés durch geringere Atmungsverluste ein „indirektes“ Wachstum (vgl. SCHWABE 1956, S. 140) beschert wird.

Tab. 55 Höhe und Stammumfang (Durchmesser in Brusthöhe, D.B.H.) von *Calocedrus decurrens* innerhalb verschiedener Teile ihres Verbreitungsgebietes (POWERS & OLIVER 1990)

Gebiet	Höhe	D.B.H.
Süd-Kalifornien und Coast Ranges	18 - 24 m	90 - 120 cm
Sierra Nevada	bis 46 m	bis 210 (375) cm
Süd-Oregon	69 m	–

Wachstum im Jahresverlauf

Bei *Calocedrus* und *Austrocedrus* fehlt wie bei vielen Cupressaceen das plötzlich einsetzende, rasche Austreiben im Frühjahr, wie es für viele temperierte Coniferen typisch ist. Auch das sukzessive Jahreswachstum ist entlang des Stammes nicht zu erkennen. Stattdessen werden Verlängerungen der Blattinternodien nahe der Triebspitze beobachtet (vgl. zu diesem Phänomen auch die Anmerkungen von MONK (1966, S. 505) zum ganzjährigen Laubfall immergrüner Gewächse). Das Austreiben der Wachstumsspitze ist bei beiden Zypressengewächsen über das gesamte Jahr ein mehr oder weniger kontinuierlicher Prozess. Dieser hängt von den jeweils herrschenden Umweltbedingungen ab, sprich von der für die Winterregen-Subtropen im langjährigen Mittel bezeichnenden wechselhaften bzw. ungewissen Ausprägung der Jahreszeiten (bzgl. Dauer der Trockenperiode und Höhe der Niederschlagsmenge). Interessant dazu ist die Bemerkung von POWERS & OLIVER (1990, S. 176), dass als logische Konsequenz bei *Calocedrus decurrens* sowohl das Höhen- (90-110 Tage) als auch das radiale Breitenwachstum (135-145 Tage) länger andauern als bei den übrigen Coniferen des „Mixed Conifer Forest“ (siehe Tab. 56), wenn auch 50 % der Jahreszuwachsleistung von *Calocedrus* bereits nach 39 Tagen erreicht werden (vgl. HOGREBE 1972, S. 32-33).

Tab. 56 Durchschnittliches Seiten- und Höhenwachstum und Beginn der Wachstumsperiode von *Calocedrus decurrens* (HOGREBE 1972)

Durchschnittliches Seitenwachstum	136 Tage	Beginn: 15. April
Durchschnittliches Höhenwachstum	91 Tage	Beginn: 24. März

8.4 Beziehungen im System Klima – Boden – *Calocedrus* / *Austrocedrus*

„Die Dynamik eines gegenwärtigen Systems lässt sich verstehen, indem wir die Relationen zwischen seinen Teilen und die Regelmäßigkeiten in deren Interaktionen aufzeigen

und so seine Organisation sichtbar machen. Um solch ein System aber vollständig zu verstehen, dürfen wir es nicht nur als eine Einheit betrachten, in der eine innere Dynamik wirksam ist, sondern wir müssen es auch in seiner Umgebung, in seinem Umfeld oder Kontext betrachten, mit dem das System durch seine Funktionen verbunden ist.“ MATURANA & VARELA (1987, S. 66; aus: Der Baum der Erkenntnis.)

Im Zentrum der Problemstellung des vorliegenden Vergleichs stehen die *Standardansprüche* von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis*, sprich an welche klimatischen, pedologischen und bodenhydrologischen Verhältnisse sie angepasst sind. Dieses *Angepasstsein* impliziert eine Beeinflussung durch das Milieu in der Art und Weise, dass sie sich erfolgreich reproduzieren, d.h. den Bestand sichern, und entwickeln, d.h. als Individuum überleben können. So drängt sich die Frage auf, welche Vorgänge und Voraussetzungen die Entwicklung des *Calocedrus*- bzw. *Austrocedrus*-Waldes in seiner organischen und anorganischen Umgebung beeinflussen bzw. welche physisch-geographischen Ursachen der Verbreitung von *Calocedrus* und *Austrocedrus* zugrunde liegen. Abbildung 30 zeigt das Wirkungsgefüge der verschiedenen biotischen und abiotischen Standortfaktoren, in welche beide Coniferen eingebunden sind.

Wie gestalten sich im einzelnen die Beziehungen zwischen der Incense Cedar bzw. der Ciprés und ihrer sie umgebenden anorganischen Natur? Drei wesentliche Merkmale beider Zypressengewächse, fast aller Coniferen, müssen dabei in das komplexe Wirkungsgefüge eingeflochten werden:

- ihre Reproduktionsform, d.h. die Gymnospermie (Nacktsamigkeit),
- ihre Blattmorphologie, d.h. die reduzierten sklerophyllen Schuppenblättchen,
- ihr Wasserleitungssystem, d.h. die Tracheiden.

Die reduzierten sklerophyllen Schuppenblättchen weisen darauf hin, dass beide Cupressaceen in der Lage sind, ungünstige hygrische Verhältnisse zu überbrücken. Bezeichnend für das hohe stammesgeschichtliche (phylogenetische) Alter der

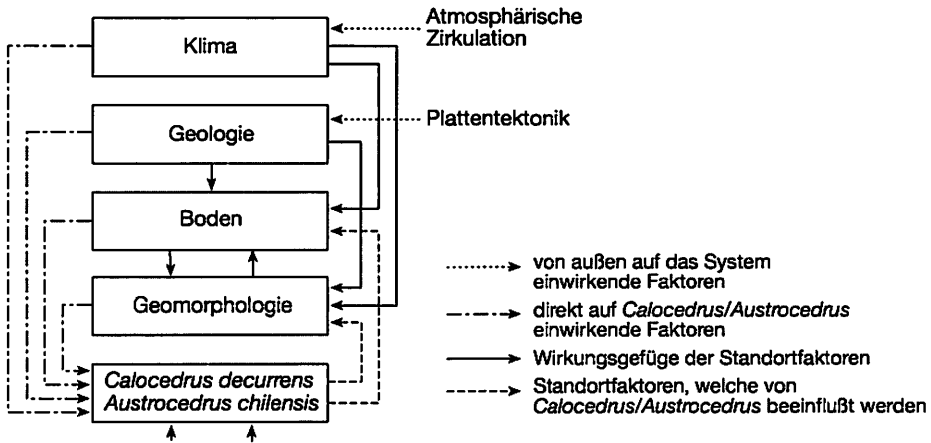


Abb. 30 Der *Calocedrus decurrens*- bzw. *Austrocedrus chilensis*-Wald im Wirkungsgefüge der verschiedenen Standortfaktoren

Nadelgehölze ist – neben der Ausstattung mit Tracheiden – die Reproduktionsform der Nacktsamigkeit als Weiterentwicklung des Generationswechsels der Pteridophyten. Die Gymnospermie ermöglicht dem Gametophyten ein unbeschadetes Überdauern der trockenen Jahreszeit (GOLTE 1984, S. 312). Die reduzierte Blattform und die Nacktsamigkeit beantworten zwar einerseits die Frage nach der Anpassung an die aufgeführten klimatischen Bedingungen, werfen aber gleichzeitig die Frage nach dem klimaökologischen Nutzen der periodischen Trockenheit auf, welcher *Calocedrus* und *Austrocedrus* offensichtlich folgen.

Die Incense Cedar und die Ciprés sind ausgesprochen lichthungrige Bäume (vgl. RODRÍGUEZ, MATTHEI & QUEZADA 1983, S. 73). Die Kronen beider ausgewachsenen Bäume sind – und sie sind in dieser Hinsicht unter den Coniferen kein Einzelfall – „in viel stärkerem Maße als die ihrer Angiospermenbegleiter hohen Lichtintensitäten und hohen Sättigungsdefiziten der Atmosphäre ausgesetzt“ (GOLTE 1993, S. 80). Die außerordentlich langsam wachsenden Bäume strecken gleichermaßen, wie z.B. besonders auffallend auch bei *Sequoiadendron* und *Sequoia* sowie *Araucaria* und *Fitzroya*, ihre Krone über das Blätterdach der Laubbäume, nicht nur der sklerophyllen Begleiter, sondern auch der für die jeweilige klimatische Zone kennzeichnenden sommergrünen *Quercus*-, *Populus*- und *Alnus*- bzw. *Nothofagus*-Arten. Die zeitweilige Dürre, die zur Reifung ihrer Zapfen unbedingt notwendig ist, überdauern beide Cupressaceen mit Hilfe ihrer kleinen xeromorphen Blättchen. A. v. HUMBOLDT (1808) spricht hierbei von der „höchsten Zusammenziehung der Organe“ (vgl. auch GOLTE 1974, S. 98). Die Blättchen jüngerer Bäume sind erheblich größer und wesentlich stärker kutinisiert als bei ausgewachsenen Exemplaren (Photo 8). Junge Bäume bilden weibliche Zapfen erst nach zehn Jahren aus, doch sind ihre Samen noch nicht lebens- bzw. keimungsfähig, vermutlich auch wegen mangelnder Sonneneinstrahlung, da sich die Baumkrone noch im relativ beschatteten Unterwuchs befindet. Erst nach 15 Lebensjahren bringen sie fortpflanzungsfähige, reife Zapfen hervor. Die Mikrosporen erreichen ihre volle Reife dagegen schon nach fünf Jahren. Der Reifeprozess der Zapfen beginnt im zeitigen Frühjahr (*Calocedrus*: März; *Austrocedrus*: Oktober). Im Spätsommer / Herbst (*Calocedrus*: zwischen August und Oktober; *Austrocedrus*: zwischen Januar und März), d.h. in den Monaten größter Trockenheit, springen die Zapfen auf und entlassen die Samen (RODRÍGUEZ 1983, in: TRICIO 1991, S. 9). DONOSO (1994b, S. 202) bemerkt, dass die Mehrheit der Samen von *Austrocedrus chilensis* nach der Reife im Verlauf einer Woche verbreitet ist.

Die Pollenkörner werden mit Hilfe eines vom weiblichen, noch unverholzten Zapfen produzierten Sekrets durch die offenen Schuppenspalten (deswegen Nacktsamer!) bis auf den Boden einer Zapfenschuppe gespült, wo die Befruchtung stattfindet (vgl. PIELOU 1994, S. 60). So sind die Nadelhölzer im Gegensatz zu den erdgeschichtlich wesentlich älteren Farnpflanzen für die Befruchtung bereits nicht mehr auf ein flüssiges Medium angewiesen, da es von ihren Infloreszenzen selbst produziert wird. Zusammengefasst kann man also festhalten, dass die Gymnospermie als phylogenetisch fortschrittliche Reproduktionsform dem Embryo eine sichere Überbrückung der trockenen Jahreszeit ermöglicht. An die Sommertrockenheit sind Incense Cedar und Ciprés mit ihrer reduzierten Blattform angepasst. Der ökologische Nutzen besteht in der Notwendigkeit einer warmen Trockenperiode für die Zapfenreife (Abb. 31).

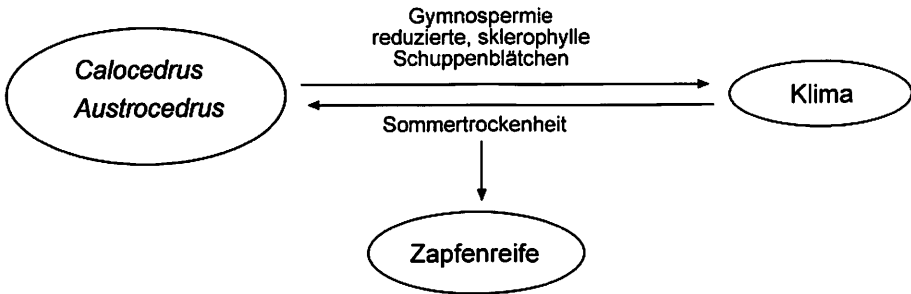


Abb. 31 Ökologischer Hintergrund der Sommerdürre mit Blick auf die entsprechenden Anpassungsmerkmale von *Calocedrus* und *Austrocedrus*

Um die Standortbeziehungen von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* mit ihrer Umwelt zu vervollständigen, müssen nun die bodenhydrologischen Verhältnisse einbezogen werden. Wichtig sind in diesem Zusammenhang die Aufgaben des Bodens als Wasserspeicher und Keimbett.

Zunächst wird der Boden in seiner Funktion als Wasserspeicher in Zusammenhang mit den Tracheiden als relativ leistungsschwachen Wasserleitbahnen betrachtet, welche die Altertümlichkeit der Coniferen charakterisieren. Dementsprechend muss der Boden so beschaffen sein, dass der Baum Wasser leicht aufnehmen kann. In Bezug auf die geringe Leistungsfähigkeit der Tracheiden verwundert es nicht, *Calocedrus* und *Austrocedrus* auf Böden zu finden, denen das Wasser gegen geringsten Widerstand entzogen werden kann (niedrige pF-Werte), wie es für grobporige Substrate mit hoher Kapillarität und erst recht für Felsstandorte zutrifft (vgl. GOLTE 1978a, S. 96). Denn mit zunehmender Korngröße sinken bekanntlich die Adsorptionskräfte und das Kapillarpotential (Matrixpotential) der Bodensubstanz, so dass mit steigendem Durchmesser der kapillaren Hohlräume weniger Energie zur Freisetzung des Wassers nötig ist (vgl. SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1992, S. 172-173).

Für Substrate mit weiten Kapillaren und Felsstandorte unter Coniferenbeständen spricht also nicht nur die gute Wasserspeicherfähigkeit in trockenen Gebieten, sondern

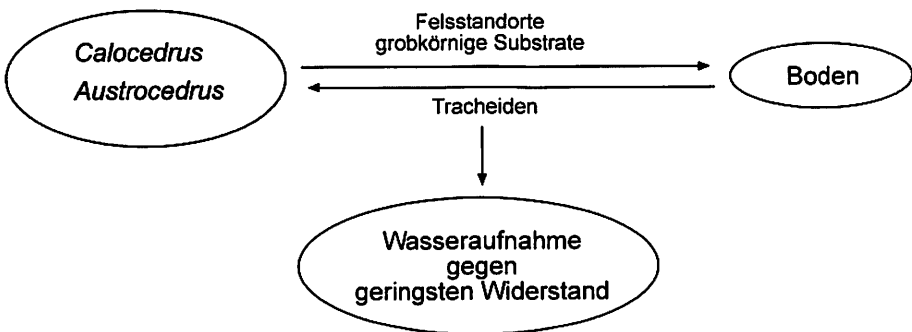


Abb. 32 Einfluss der Bodenart auf die Wasseraufnahme von *Calocedrus* und *Austrocedrus* mit Blick auf ihre Wasserleitungssysteme

auch die Tatsache, dass den – im Gegensatz zu den Tracheen – leistungsschwachen Tracheiden die Wasseraufnahme gegen geringsten Widerstand ermöglicht wird (Abb. 32).

Um den Kreis zu schließen, stellt sich nun die Frage nach den Wechselwirkungen zwischen Klima und Boden sowie deren Auswirkungen auf die Entwicklung von Incense Cedar und Ciprés. Hierbei spielt die Funktion des Bodens als Keimbett eine entscheidende Rolle, wobei wiederum dem Zeitpunkt der Keimung besondere Bedeutung zukommt. Für die Keimung selbst ist ein gut durchfeuchteter, aufgelockerter und durchlüfteter Boden, verbunden mit warmen Lufttemperaturen, vorteilhaft wenn nicht gar notwendig. Diese Verhältnisse sind nur während des Frühjahrs gegeben, wenn die langsam abtauende Schneedecke den Boden durchtränkt und die Temperaturen schon ansteigen. Von Bedeutung ist auch, dass die Schneedecke bereits ab Anfang April (Kalifornien) bzw. ab Oktober (Chile) langsam abtauert. In diesen Monaten treten vereinzelt auch nächtliche Frostwechsel auf, die den Boden auflockern und folglich eine gute Durchlüftung bewirken. Diese Frostwechsel können freilich nur dann den Boden beeinflussen, wenn keine allzu mächtige Schneebedeckung vorhanden ist, was eben während des Aprils in der Sierra Nevada bzw. während des Oktobers in den zentralchilenischen Anden der Fall ist.

Als Fazit ist demgemäß anzufügen, dass der „Frühlingsimpuls“ nicht nur kurzfristig die höchste Stoffproduktion hervorruft (vgl. SCHWABE 1956, S. 174), sondern darüber hinaus auch bei optimalen Temperatur- und Bodenwasserverhältnissen die Keimung von *Calocedrus* und *Austrocedrus* bewirkt (Abb. 33).

Werden nun die einzelnen vorgestellten Beziehungen zusammengefügt, so ergibt sich ein komplexes Wirkungsgefüge, wie es in Abbildung 34 dargestellt ist.

Da die Keimung im Frühjahr stattfindet, muss die lange dünne Pfahlwurzel, welche bei einem 1,5 cm großen Sämling um das 10- bis 15-fache länger ist (Photo 41), schon in den späten Wintermonaten angelegt werden. Die auffallend lange Pfahlwurzel kann der jungen Pflanze dann noch eine Wasserversorgung aus tieferen Bodenschichten ermöglichen, wenn der Oberboden längst ausgetrocknet ist. Selbst bei älteren Sämlingen (plantin < 10 cm, juvenil > 10 cm) dominiert noch die vertikale Komponente des Längenwachstums, sowohl in die Tiefe als auch in die Höhe.

Im Gegensatz zur Incense Cedar keimt die Ciprés weder auf Lichtungen noch gleich einer Pionierbaumart auf Brandflächen (siehe Kapitel 5.1.4.3 und 5.2.4.3). Sämlinge von

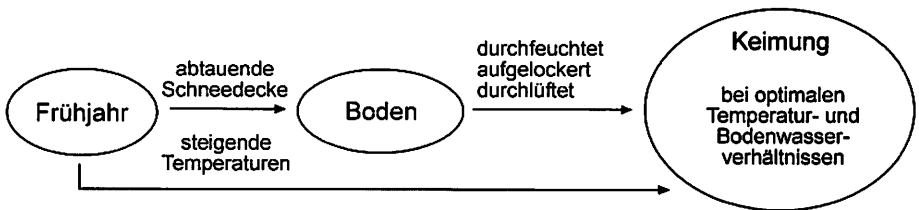


Abb. 33 Wechselwirkungen bodenhydrologischer und witterungsklimatischer Verhältnisse während des Frühjahrs und ihr Einfluss auf die Keimung von *Calocedrus* und *Austrocedrus*

Austrocedrus chilensis findet man stets im Schutze von Sträuchern und älteren Bäumen. Direktes Sonnenlicht wird gemieden. Die lange Pfahlwurzel und die bis zu 5 mm großen, beidseitig stark kutinisierten Schuppenblätter zeigen, dass der junge Baum derart ausgestattet ist, um so schnell und so lange wie möglich Wasser aufzunehmen, so viel wie möglich zu assimilieren und so wenig wie nötig zu verbrauchen bzw. zu veratmen (zur Keimung und frühen Entwicklung der Ciprés vgl. ROVERE 1991).

Bei Betrachtung des vorgestellten Wirkungsgefüges (Abb. 34) wurde der ökologische Nutzen der periodischen Sommertrockenheit und des warm-feuchten Frühjahrs deutlich. Für die Reproduktion (Arterhaltung) und die Entwicklung bzw. das Wachstum der Incense Cedar und der Ciprés als Individuen sind jedoch gegenläufige klimatische Bedingungen notwendig. So wird von der reproduktiven Ebene eine heiße, trockene Jahreszeit für die Trockenspaltung der Zapfen benötigt, von der vegetativen Ebene hingegen nur mit Hilfe der reduzierten, sklerophyllen Blätter toleriert bzw. überstanden. Ersichtlich ist aber auch, dass die zeitlichen Abläufe der Zapfenreife (Sommer), der Samenverbreitung (Spätsommer und Herbst), der Bildung von Infloreszenzen (Spätherbst und Frühwinter), der Konservierung bzw. der Ruhephase (Anabiose) der Samen (Winter) und der Keimung (Frühling) mit den witterungsklimatischen Umständen konform laufen.

Welche Auswirkungen haben nun die antagonistischen Klimaansprüche der vegetativen und reproduktiven Prozesse auf die Entwicklung des einzelnen Baumes und auf die Erhaltung seiner Art? So trägt die Wechselhaftigkeit des Winterregenklimas nicht dazu bei, den zeitlichen Ablauf von der Blüte bis zur Keimung – durch zu feuchte Sommer oder zu trockene Winter – in einen alljährlich gleichmäßig funktionierenden Rhythmus zu bringen (zum Ausbleiben der Verjüngung siehe Kapitel 8.2). Allerdings kann aus den bisher erörterten Tatsachen über die Ökologie und Ökophysiologie von *Calocedrus* und *Austrocedrus* mit Sicherheit der Schluss gezogen werden, dass weder ein geringerer Zuwachs bzw. verlangsamtes Wachstum, noch ein auch jahrzehntelanges

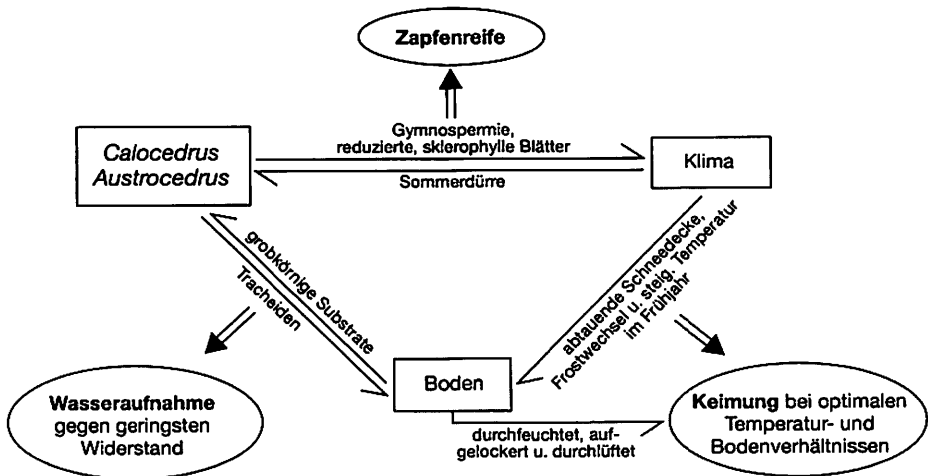


Abb. 34 Wirkungsgefüge klimatischer und bodenhydrologischer Faktoren und die ökologischen Konsequenzen für *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis*

Ausbleiben der Keimung dem Individuum schadet oder gar den Bestand gefährdet. Den jährlichen Zuwachs betreffend, geben schmale Jahresringe dem Holz eine hohe Festigkeit und machen es widerstandsfähiger gegen Windbruch. In Bezug auf die Keimung bietet das Frühjahr nicht in jedem Jahr einen gut durchtränkten Boden. So waren in Sierras de Bellavista schon Anfang November 1995 auf den NW-exponierten Hängen die oberen Bodenschichten über dem anstehenden Festgestein völlig ausgetrocknet. Unter den südexponierten Ciprés-Roble-Mischwäldern betrug die aktuelle Feuchte „feu 2“ (nach der bodenkundlichen Kartieranleitung). Im Winter gab es jedoch reichlich Schnee. Keimlinge (plántula) waren trotzdem nicht zu entdecken. Die kleinsten Bäumchen waren Sämlinge (plantín) von 10 bis 20 cm Größe. WARDLE (1963; in: GOLTE 1978a, S. 119) hat für die mit *Austrocedrus chilensis* eng verwandte *Libocedrus bidwillii* (beide zu den Libocedrinae FARJON, stat. nov. gehörig) aus Neuseeland eine „Verjüngungslücke“ zwischen etwa 1300-1800 n.Chr. festgestellt, welche er auf eine von Klimaschwankungen induzierte Verschlechterung des Wasserhaushalts zurückführt. Beachtet man das hohe Alter von Incense Cedar und Ciprés – beide Bäume können bis zu 1000 Jahre alt werden – wird schnell deutlich, dass nur schätzungsweise alle 500 bis 1000 Jahre ein Same keimen und zur Entwicklung kommen muss, um den Bestand zu erhalten. Das hohe Alter beider Coniferen ist somit eine Überlebensstrategie.

9 Die Verwandten: Verbreitung, Ursprung, Wanderwege und Paläoklima

„Lebewesen sind wahre Meister darin, geeignete Lebensräume zu finden. Verändert sich die Umwelt an einem Ort, werden viele Tiere und Pflanzen versuchen, die alten Verhältnisse an anderer Stelle aufzusuchen. Sind es Fische, werden sie dorthin schwimmen. Sind es Pflanzen, werden ihre Samen sie finden. Auf diese Weise überlebten die meisten Arten der nordamerikanischen Waldbäume [...]

Dieses Spiel heißt Lebensraumnachfolge (*habitat tracing*). [...] Suchen Organismen, wenn sich ihre Umwelt verändert, nach neuen Lebensräumen, bewahren sie weitgehend den Zustand ihrer Vorfahren. Die Alternative lautet nicht, sich zu entwickeln oder zu sterben, sondern, einen geeigneten Lebensraum zu entdecken oder vom Erdboden zu verschwinden. [...] Sie überleben vor allem durch das Auffinden geeigneter Lebensräume und nicht dadurch, daß sie in ständigem Wandel ihre Feinabstimmung mit der sich veränderten Umwelt erhalten.“ N. ELDRIDGE (1997; aus: Wendezeiten des Lebens – Katastrophen in Erdgeschichte und Evolution.)

Zu Recht konnte sich die ehemalige Gattung *Libocedrus*, welcher nunmehr *Calocedrus*, *Austrocedrus*, *Pilgerodendron* und *Papuacedrus* ausgegliedert sind, über ein Jahrhundert in der Systematik behaupten, da sie nicht nur gleiche xylotomische Merkmale in sich vereinigt (GREGUSS 1955), sondern auch – mit Ausnahme der Gattung *Calocedrus* KURZ – alte Landverbindungen reflektiert. Die nächsten Verwandten von *Calocedrus decurrens* (TORREY) FLORIN findet man auf Taiwan (*C. formosana*) und in Yunnan (*C. macrolepis*). *Calocedrus* KURZ zählt heute nach der letzten Revision zu den Cupresseae RICH. EX DUMORT. innerhalb der Cupressoideae RICH. EX SWEET, die monotypische *Austrocedrus chilensis* (D. DON) PIC. SERM. & BIZZARRI zu den Callirideae FARJON (stat. nov.), i.e.S. zu den Libocedrinae FARJON (stat. nov.), innerhalb der Cupressoideae RICH. EX SWEET. *Libocedrus* ENDL. wird lediglich für ihr Erhaltungsgebiet Neukaledonien (*L. austro-caledonica*, *L. chevalieri*, *L. yateensis*) und Neuseeland (*L. bidwillii*, *L. plumosa*) angegeben (vgl. BADER 1960a). Die enge Verwandtschaft von *Austrocedrus* FLORIN & BOUTELJE und *Libocedrus* ENDL. wird zudem durch die gemeinsame Zugehörigkeit zu den Libocedrinae FARJON (stat. nov.) (Tribus der Libocedreae) unterstrichen (vgl. FARJON 2005; siehe Tab. 57). Bezüglich der Cupressoideae RICH. EX SWEET sei angemerkt, dass es sich hierbei innerhalb der Familie der Cupressaceae GRAY – innerhalb der Klasse der Nadelhölzer (Coniferosopsida)! – um die einzige Unterfamilie handelt, die Sippen der Nord- und Südhemisphäre einschließt.

Betrachtet man die rezente Verbreitung der südhemisphärischen Libocedrinae (Libocedreae), so wird offensichtlich, dass sie an bestimmte klimatische Bedingungen geknüpft ist. In auffälliger Weise liegt der Schwerpunkt ihrer Verbreitung in den Subtropen, sowohl an den Westseiten der Kontinente mit fast ausschließlich winterlichen Niederschlägen als auch an den kontinentalen Osträndern und ihren Inselbögen mit Niederschlagsmaxima während der Sommermonate bei ganzjährig möglichen Niederschlägen und kurzen sommerlichen Trockenzeiten (in langen Beobachtungszeiträumen). Das gesamte Areal dieses Taxons erstreckt sich über mehr als 40 Breitengrade, wobei *Papuacedrus* fast den Äquator berührt und *Pilgerodendron* bis in die kühlgemäßigten ozeanischen Breiten nach Feuerland vorstößt.

Tab. 57 Systematik der Cupressoideae RICH. EX SWEET (nach FARJON 2005)

Cupressoideae RICH. EX SWEET			
Thujopsidae HENKEL & W. HOCHST.	Cupresseae RICH. EX DUMORT.	Callitrideae FARJON	
<i>Thujopsis</i> (m)	<i>Cupressus</i>	Libocedrinae FARJON	Callitrinae MASTERS
<i>Thuja</i>	<i>Calocedrus</i>	<i>Libocedrus</i>	<i>Callitris</i>
	<i>Chamaecyparis</i>	<i>Austrocedrus</i> (m)	<i>Actinostrobus</i>
	<i>Fokienia</i> (m)	<i>Papuacedrus</i> (m)	<i>Diselma</i> (m)
	<i>Juniperus</i>	<i>Pilgerodendron</i> (m)	<i>Fitzroya</i> (m)
	<i>Microbiota</i> (m)		<i>Neocallitropsis</i> (m)
	<i>Platycladus</i> (m)		<i>Widdringtonia</i>
	<i>Tetraclinis</i> (m)		
	<i>Xanthocyparis</i>		

Monotypische Gattungen sind mit (m) bezeichnet. Die Cupressoideae RICH. EX SWEET schließen als einzige Unterfamilie der Cupressaceae GRAY Sippen der Nord- und Südhemisphäre ein. Die fünf weiteren Unterfamilien der Cupressaceae GRAY setzen sich aus den ehemaligen Taxodiaceae (Sumpfyzpressengewächse) wie folgt zusammen: Cunninghamioideae (ZUCC. EX ENDL.) QUINN (*Cunninghamia*), Taiwanoideae L. C. LI (*Taiwania*), Athrotaxoideae L. C. LI (*Athrotaxis*), Sequoioideae SAXTON (*Sequoia*, *Sequoiadendron*, *Metasequoia*) und Taxodioideae ENDL. EX K. KOCH (*Taxodium*, *Cryptomeria*, *Glyptostrobus*). Mit Ausnahme von *Athrotaxis* (3 Arten in Tasmanien) besiedeln alle Gattungen bzw. Unterfamilien die Nordhemisphäre.

Sicher zeigt die Verbreitung dieser Tribus eine gewisse klimaökologische Spielbreite auf. Jedoch unterliegen alle Gattungen jahreszeitlichen hygrischen und thermischen Schwankungen, welche durch die Wechselwirkung der außertropischen Westwinddrift und der tropisch-subtropischen Zirkulation hervorgerufen werden (siehe hierzu die Ausführungen von GOLTE 1993 zur Gattung *Araucaria*, v.a. S. 26-27, 49-52, 87-89, 104-106, 130-132, 139). Selbst die beiden äquatornahen *Papuacedrus*-Unterarten sind, obwohl in der Zone des tropischen Tageszeitenklimas gelegen, durch den Einfluss des südostasiatisch-australischen Monsuns hygrischen jahreszeitlichen Schwankungen ausgesetzt (siehe GOLTE 1993, S. 88-89). Vermutlich werden in einer Höhe von über 3000 m – *Papuacedrus papuana* ssp. *arfacensis* steigt nach KRÜSSMANN (1983, S. 188) bis 3800 m – die thermischen Schwankungen sogar ausgeprägter sein als die des Niederschlags (vgl. hierzu LAUER 1960, S. 241). Bezüglich der Coniferenverbreitung

„gehört die Verbreitung der einzelnen Taxa bestimmten Klimarhythmen mit einer je spezifischen Interferenz hygrischer und thermischer Jahreszeiten. Zwar liegt der Akzent deutlich auf der erstgenannten Komponente, doch dürften diejenigen Nadelhölzer, die ausschließlich einem jahreszeitlichen Wechsel der hygrischen Bedingungen unterliegen, durchaus in der Minderzahl sein“ (GOLTE 1978a, S. 107).

Wie die Arbeit feststellen konnte, unterliegen *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* vergleichbaren klimatischen Verhältnissen, während die beiden südostasiatischen *Calocedrus*-Arten sowie die Gattungen *Libocedrus* und *Papuacedrus* im Bereich der subtropischen Ostseitenklimate siedeln. Dort liegt im Vergleich zu den Winterregen-Subtropen der Westküsten eine Umkehr der Niederschlagsmaxima vor,

weil es sich hier um ein allmähliches Auslaufen der tropischen Passatzirkulation ohne Zwischenschaltung eines Trockengürtels handelt.

Rückblickend soll die Verbreitung der Gattungen *Calocedrus* und *Austrocedrus* sowie *Libocedrus* bis ins mittlere Mesozoikum zurückverfolgt werden, denn die „Präsenz der Taxa ist jedoch in jedem Fall nur geschichtlich zu verstehen, und zwar aus deren Genese [...] und aus den erd- und klimageschichtlichen Veränderungen der Lebensräume“ (MÜLLER & SCHMITHÜSEN 1970, S. 109). Dies besagt, dass auch *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* bezüglich ihrer im Laufe der genetischen Entwicklung herausgebildeten ökologischen Valenz „mehr“ als Tertiärrelikte sind, wenn man bedenkt, dass ihre Verwandten schon in der Kreidezeit die nördliche Schwingungszone besiedelt haben. Das wiederum lässt möglicherweise Rückschlüsse auf ihre gegenwärtige Anpassung an die herrschenden klimatischen Verhältnisse zu, wobei der periodischen Trockenheit offensichtlich erhebliche Bedeutung zukommt, wie bereits Kapitel 8 zeigen konnte.

Die Tertiärflora Chiles und Argentiniens wird in zwei Typen unterteilt. Der südliche Typ war an ein temperiertes ozeanisches Klima angepasst. Aus wärmeliebenden Elementen setzte sich dagegen die nördliche Flora zusammen (MENÉNDEZ 1969). So sind die chilenischen Hartlaubgehölze nach fast abgeschlossener Gebirgshebung – bis ins Tertiär hinein setzten sich die orogenen Bewegungen fort, die zum Ende der Kreidezeit begonnen hatten – aus einer ehemals neotropischen Waldflora entstanden (MÜLLER & SCHMITHÜSEN 1970, S. 115), die sich autochthon an die neuen klimatischen Verhältnisse adaptiert hat (zu Niederschlag und Flora im Pleistozän siehe CAVIEDES 1990, S. 99-114), während der valdivianische Regenwald der südlichen temperierten Zone älter ist.

Austrocedrus chilensis ist nicht nur heute, sondern muss vermutlich bereits im Tertiär als *Libocedrus prechilensis* BERRY ein wesentlicher Bestandteil der Hartlaubwälder gewesen sein. Nach FLORIN (1940, S. 39) gehört die fossile *Libocedrus prechilensis* nicht nur ohne Zweifel zu den Cupressaceen, sondern repräsentiert auch den Genus *Libocedrus* ENDL. Die fossile *Libocedrus prechilensis* BERRY weist nicht nur große Ähnlichkeit mit der lebenden *Austrocedrus chilensis* – bei FLORIN (1940) noch als *Libocedrus chilensis* (DON) ENDL. erwähnt – auf; die fossilen Funde dieses Bäumchens liegen auch in der Nähe des gegenwärtigen Verbreitungsgebietes von *Austrocedrus chilensis* (siehe hierzu FLORIN 1940, S. 39; vgl. auch BONINSEGNA 1978, S. 115-124). Einen fossilen Fund von *Austrocedrus tasmanica* HILL & CARPENTER (1989) in Form gepresster Zapfen stammen aus Sedimenten des späten Oligozäns / frühen Miozäns in Zentral-Tasmanien. Die Zapfen bestehen aus vier klappigen Schuppen bzw. zwei Paaren unterschiedlicher Größe. Direkt unter dem Apex sitzt ein abaxialer Tuberkel (FARJON 2005, S. 61). Beide Autoren halten *Libocedrus (pre)chilensis* BERRY auch für *Austrocedrus*.

Unter den von AXELROD (1973, S. 227; 1977, S. 150) beschriebenen 47 Tertiärfloren von Oregon, Kalifornien, Nevada und Idaho findet man *Calocedrus decurrens* in der südkalifornischen, 1,5 Millionen Jahre alten Soboba-Flora (No. 29). Innerhalb dieser war *Calocedrus* Bestandteil des „Mixed Conifer-Deciduous Hardwood Forest“ (mit *Abies concolor*, *Pinus ponderosa*, *P. lambertiana*; vgl. AXELROD 1973, S. 236), welcher an exponierten kühlen Schatthängen an den „Mixed Evergreen (Tanoak-Madrone) Forest“

(mit den sklerophyllen Immergrünen *Arbutus menziesii*, *Quercus chrysolepis*, *Qu. wislizenii*, *Pseudotsuga macrocarpa* und *Pinus coulteri*) grenzte. Die tieferen Lagen wurden von Chaparral und Eichenparkland („Oakland“) bedeckt. Sommergrüne Laubbäume wie *Fraxinus*, *Salix*, *Populus* und *Acer* wurzelten entlang von Wasserläufen. Indikatoren für noch im frühen Pleistozän effektiven Sommerregen sind fossile Funde von *Magnolia grandiflora* und *Acer brachypterum*. Während des Miozäns und des Pliozäns herrschte mildes Klima und der Niederschlag war relativ gleichmäßig über das Jahr verteilt. Im Laufe des späten Miozäns und Pliozäns beschränkte sich der Wald zunehmend auf die Westabdachung der Sierra-Kaskaden-Achse, und zwar in dem Maße, wie die Niederschläge und ihre Gleichförmigkeit über dem Inneren des Kontinents abnahmen. Die fortschreitende Abnahme der Sommerregen eliminierte nach und nach laubwerfende Harthölzer (deciduous hardwoods) und breitblättrige Immergrüne (broadleaved evergreens). Der heutige Wald existiert in seiner jetzigen Ausprägung erst seit dem Pleistozän.

So stammt der rezente „Mixed Conifer Forest“ der Sierra Nevada – das heutige Hauptverbreitungsgebiet von *Calocedrus decurrens* – von einer artenreicheren, älteren Waldflora ab, welche einst im mittleren Miozän die Regionen des Great Basin und des Columbia Plateaus bedeckte (AXELROD 1977, S. 147; zu den einzelnen Tertiärfloren siehe S. 142; zur madrotertiären Flora siehe AXELROD 1958, S. 433-509; vgl. auch RAVEN 1973, S. 213-224; RAVEN & AXELROD 1978). Heute dehnt er sich südwärts bis in die nördliche Baja California aus und setzt sich nordwärts bis in die Klamath Mountains, das Küstenbergland und die südlichen Kaskaden fort. Die Miozän-Flora östlich der Sierra Nevada setzte sich aus Arten zusammen, deren Nachkommen sowohl dem modernen „Sierra Mixed Conifer Forest“ als auch dem „Subalpine Forest“ angehören (AXELROD 1977, S. 148). Unter dem Klima des Miozäns mit milden Temperaturen und Sommerniederschlägen waren sie häufige Vertreter eines artenreichen Mischwaldes. Noch heute besiedeln die Abkömmlinge der fossilen Arten den „Mixed Conifer Forest“ der Klamath Mountains, der Trinity Alps und der Siskiyou Mountains (siehe Tab. 58). Dort sind die Temperaturen moderater, die feuchte Jahreszeit ist etwas länger, es gibt geringe Sommerregen, die Dürreperiode ist kürzer und der Trockenstress folglich niedriger (Übergangsraum von den warmgemäßigten Subtropen zur kühlgemäßigten Klimazone, vergleichbar mit dem 38. Breitengrad in Chile; vgl. Kapitel 5.1.1.1, 5.2.1.1 und 6.3).

Tab. 58 Abkömmlinge der fossilen tertiären Waldflora, welche heute den „Mixed Conifer Forest“ und den „Subalpine Forest“ der Klamath- und Siskiyou Mountains besiedeln (AXELROD 1977)

Mixed Conifer Forest	Subalpine Forest
<i>Abies (concolor)</i>	<i>Abies (magnifica)</i>
<i>Chamaecyparis (lawsoniana)</i>	<i>Picea (breweriana)</i>
<i>Pinus (ponderosa)</i>	<i>Pinus (monticola)</i>
<i>Sequoiadendron (giganteum)</i>	<i>Tsuga (mertensiana)</i>
<i>Arbutus spec.</i>	<i>Populus (tremuloides)</i>
<i>Lithocarpus spec.</i>	<i>Sorbus (scopolina)</i>

Durch die intensive tertiäre Gebirgsbildung und durch den bis in das Quartär reichenden Vulkanismus ist die topographische Diversität während dieser erdgeschichtlichen Epochen angestiegen. Neue Mikroklimata bzw. Mikroenvironments und die unterschiedlichen ökologischen Bedingungen in den Coast Ranges, in der Sierra Nevada sowie in den Transverse- und Peninsular Ranges – vergleichbare Prozesse und Oberflächenformen gelten für Zentralchile – haben günstige „Breeding Grounds“ (vgl. AXELROD 1973, S. 253) für neue Populationen geschaffen. Bezüglich *Calocedrus* und *Austrocedrus* entstanden Rückzugsgebiete, welche ehemals weit verbreiteten Arten das Überleben ermöglicht haben (siehe Tab. 59). Als Gebirgszüge geformt, aufgefaltet, gehoben und erodiert wurden, lagen als weitere Folgen der tertiären Orogenese diverse Gesteine schnell frei, vor allem freigewitterte Granite, Serpentinite und metamorphe Gesteine, über denen sich wiederum unterschiedliche Böden entwickelt haben.

Tab. 59 Die Konsequenzen der tertiären Orogenese und der quartären Klimaänderung für die Entwicklung der Vegetation

Konsequenz	Vegetation bzw. Lebensform
Evolution (in den neuen Lebensräumen)	krautige Taxa (z.B. <i>Ceanothus</i> und <i>Viola</i>)
Extinktion	laubwerfende Harthölzer und breitblättrige Immergrüne
Rückzug (in die neuen Lebensräume)	(Relikt-) Coniferen

Lange hatte man angenommen, dass die Gattung *Libocedrus* – heute noch mit 5 Arten in Neuseeland (2) und Neukaledonien (3) vertreten – bis in die obere Kreide auch in Mitteleuropa verbreitet war, wie es Reste von *Libocedrus* (?) *salicornioides* HEER bezeugen sollten (GOTHAN & WEYLAND 1973, S. 408). Die Ansicht, dass *Libocedrus* ursprünglich „im nördlichen Abschnitt der Schwingungszone“ entstanden sei, vertrat auch KOCH (1931, S. 22). Da sich die antarktisch-südamerikanische Landverbindung bis ins Diluvium halten konnte, nahm genannter Autor an, dass der Baum Kalifornien (heute *Calocedrus*), Südchile (heute *Austrocedrus*), Neuguinea (heute *Papuacedrus*), Neukaledonien und Neuseeland (siehe hierzu auch GODLEY 1960, S. 457-475) auf der Westwanderung erreicht hatte und sich dann in der südlichen Schwingungszone von Südamerika über die Antarktis bis in den südostpazifischen Raum ausgebreitet hatte. Für die beiden *Calocedrus*-Arten im südlichen China und auf der Insel Taiwan nahm er wegen der trennenden Tethys den Ostweg an. Diese These ist jedoch hinfällig, zumal die Gattung *Calocedrus* nach neuesten genetischen Untersuchungen engere Verwandtschaft zu den nordhemisphärischen Cupresseae (i.e.S. zur Gattung *Cupressus*) als zu den südhemisphärischen Callitrideae (i.e.S. Libocedrinae) innerhalb der Unterfamilie der Cupressoideae zeigt (nach A. FARJON 2005, Kew Botanical Garden, London). So liegt der Gedanke nahe, dass sich *Calocedrus* und *Austrocedrus* jeweils getrennt auf beiden Hemisphären entwickelt haben, wie es ihre heutige Verbreitung unterstreicht (s. Beilage 2). Fossilien von *Calocedrus* in Europa aus dem Oligozän / frühen Miozän, nämlich *Calocedrus sulleticensis* (BRABENEC) Z. KVAČEK (1999) belegen diese Entwicklung (FARJON 2005, S. 63).

Die Libocedrinae zeichnen in ihrer rezenten Verbreitung ein typisches Gondwana-Areal nach. GOTHAN & WEYLAND (1973, S. 408) setzen den Ursprung der Cupressaceen

im oberen Jura an, also kurz bevor der alte Gondwana-Kontinent auseinanderbrach (vgl. hierzu in WEBERLING (1985, S. 20-21, 26) das Gondwana-Areal von *Libocedrus*, *Araucaria* und der Familie der Phyllocladaceae, der die chilenische Nationalblume *Lapageria rosea* angehört). Die Öffnung des Südatlantiks, sprich die Trennung Südamerikas von Afrika, vollzog sich schon zu Beginn der Kreidezeit vor etwa 125 bis 130 Millionen Jahren, was den geringeren Verwandtschaftsgrad zwischen beiden Kontinenten erklärt.

Generell ist jedoch eine recht enge Verwandtschaft verschiedener Pflanzengruppen der Südkontinente, insbesondere der Gymnospermen, festzustellen. Darüber hinaus erlaubt ihre Verbreitung Rückschlüsse auf ihr erdgeschichtliches Alter. So hat die sehr alte Gattung *Araucaria* mit ihrer Verbreitung in Südamerika, auf dem australischen Kontinent sowie in Neukaledonien, Neuguinea und den Norfolkinseln (vgl. GOLTE 1993) ein ausgedehnteres Areal als die jüngeren Libocedrinae, welche auf der Südhalbkugel Südchile, Neuseeland, Neukaledonien und Neuguinea bewohnen. In diesem Kontext erscheint die Zugehörigkeit von *Calocedrus decurrens* (Kalifornien), *Calocedrus formosana* (Taiwan) und *Calocedrus macrolepis* (Südchina) zu den nordhemisphärischen Cupresseae schlüssig. Je älter also ein Taxon ist, umso eher wächst es auf Gondwana-Bruchstücken (Norfolkinsel), die sich schon frühzeitig von der Mutterscholle gelöst hatten, wie es der Vergleich zwischen *Araucaria* und *Libocedrus* / *Papuacedrus* / *Austrocedrus* veranschaulicht. Unterstützt wird diese These zudem durch die Unterschiede in der Xylotomie beider Pflanzengruppen. Während die Gattung *Araucaria* die primitivste Stufe der Markstrahlenentwicklung aufweist, sind die Cupressaceen mit der vierten Stufe – neben dünn- und dickwandigen Markstrahlparenchymzellen treten hier auch glattwandige Quertracheiden auf – schon weitaus moderner ausgestattet (GREGUSS 1955, S. 42).

„Anschließend sei noch bemerkt, daß bei *Libocedrus* zweischichtige Markstrahlen ziemlich häufig, teilweise dreischichtige jedoch nur ganz selten vorkommen; dies scheint auf einen breit-markstrahligen Ursprung zu deuten. Diese Erscheinung zeigt sich in *Libocedrus*, dessen Arten ausschließlich im westlichen Küstengebiet Nord- und Südamerikas, in Neu-Seeland, in Neu-Kaledonien, auf der Insel Taiwan und im östlichen Küstengebiet Kinas und Japans vorkommen. Dieses heutige Verbreitungsgebiet entfaltet das Gesamtbild eines ehemaligen einheitlichen Festlandes; dieser Umstand ist gleichfalls besonders bemerkenswert“ (GREGUSS 1955, S. 58).

Besonders bei großräumiger Betrachtung zeigen die Libocedrinae in genetischer, ökologischer und geographischer Hinsicht im Sinne von BADER (1960a+b), TROLL (1959) und GOLTE (1978a) südhemisphärisches Verhalten. Diese Tribus führt anschaulich das Florenelement vor, welches BADER (1960a) für die südhemisphärischen Coniferen aufgestellt hat. Es handelt sich hierbei zum einen um die subantarktische, zum anderen um die tropisch-(hoch-)montane Verbreitung, woraus ökologisch der Anspruch an ein ozeanisch-temperiertes Klima erwächst. Beides wiederum unterstreicht ihre Entstehung unter subtropischen bis „tropoiden“ (GOLTE 1978a) Bedingungen mit einer bestimmten Interferenz thermischer und hygrischer Jahreszeiten, sowohl im nördlichen Abschnitt der Schwingungszone (vgl. KOCH 1931, S. 21-22) bezüglich der Cupresseae, i.e.S. *Calocedrus*, als auch in den südhemisphärischen hohen Mittelbreiten bezüglich der Callitrideae, i.e.S. *Austrocedrus*. Daraus wird ersichtlich, dass *Calocedrus decurrens*

und *Austrocedrus chilensis* unter ähnlichen klimaökologischen Bedingungen gedeihen (vgl. SCHWARZBACH 1993, S. 198; GOLTE 1993, S. 12), welche seit rund 150 Millionen Jahren ihre Genetik und Ökophysiologie geformt haben.

FÜNFTER TEIL: ZUSAMMENFASSUNG

10 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die vorliegende Untersuchung zur Verbreitung und zu den Standortansprüchen von *Calocedrus decurrens* (TORREY) FLORIN (Incense Cedar) und *Austrocedrus chilensis* (D. DON) PIC. SERM. & BIZZARRI (Ciprés de la Cordillera) – zweier Reliktconiferen in den Gebirgen der Winterregen-Subtropen und der kühl-gemäßigten Westseiten Nord- bzw. Südamerikas – zeigt, dass beide Zypressengewächse (Cupressaceae GRAY) in auffallend ähnlicher Art und Weise an ein bestimmtes Wirkungsgefüge von in erster Linie klimatischen Bedingungen sowie topographischen, geologischen und edaphischen Faktoren gebunden sind. Der Vergleich der jeweiligen Ökofaktoren und die Gegenüberstellung der einander entsprechenden Teilareale bzw. Arealränder beider Coniferen führen zu der Erkenntnis, dass an allen Standorten – ungeachtet der unterschiedlichen floristischen Verhältnisse bzw. Wald- und Coniferenfloren – ein stets ähnliches komplexes Zusammenspiel von Klima, Topographie, Ausgangsgestein, Boden und Vegetation herrscht. Im einzelnen handelt es sich hierbei um:

- eine ausgeprägte sommerliche Trockenperiode
- Niederschläge bzw. starke Schneefälle im Winter
- Gebirgsstandorte, häufig Hanglage
- magmatische Gesteine: v.a. Granite, Granodiorite, Basalte, Serpentinite
- Felsstandorte mit geringer oder fehlender Bodenbildung (Ranker)
- saure Bodenreaktion bzw. Armut an Ca-Ionen
- nährstoffarme Böden, saure Nadelstreu
- Dominanz immergrüner Vegetation: langsamer, kontinuierlicher Stoffkreislauf
- gelegentliche Beimischung sommergrüner Gehölze.

Die an Coniferenstandorten häufige Kombination topographisch-edaphischer Voraussetzungen aus „Steilhang + Felsboden + saurer pH-Wert + Nährstoffarmut“ wird gern als ungünstig beurteilt, wobei die Standortansprüche der im „Wettbewerb“ um „optimale“ Bedingungen „konkurrenzschwachen“ Coniferen oft als eher bescheiden bewertet werden. Die gewonnenen Erkenntnisse zum Lebens- bzw. Reproduktionszyklus sowie zur Ökophysiologie von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* im Zusammenhang mit dem stark ausgeprägten, jahreszeitlichen Rhythmus der sommerlichen Vorherrschaft des Subtropenhochs im Wechsel mit der im Winter dominierenden Westwinddrift sowie den oben genannten topographisch-geologisch-edaphischen Bedingungen belegen allerdings, dass beide Bäume genau dort – und nur dort – gedeihen, wo sie sich erfolgreich verjüngen und heranwachsen können.

Nach dem Gesetz der relativen Standortskonstanz (WALTER & WALTER 1953) und entsprechend der gleichsinnigen Interferenz der Kategorien des geographischen Formenwandels im Sinne von H. LAUTENSACH (1952) sind Incense Cedar und Ciprés an allen Wuchsorten winterlichen Niederschlägen bzw. Schneefällen und periodischer Sommertrockenheit ausgesetzt. Folglich herrschen in allen Teilarealen bzw. an den

Arealrändern beider Coniferen innerhalb einer bestimmten Spielbreite (ökologische Valenz) gleiche oder zumindest ähnliche Umweltbedingungen, welche es ihnen erlauben, zu gedeihen und sich zu reproduzieren. Aus hygrischer Sicht zeichnet sich der Biotopwechsel dergestalt ab, dass *Calocedrus* und *Austrocedrus* in ihren jeweiligen äquatorwärtigen Verbreitungsgebieten in Höhen von 1800 bis 2500 m feuchte und schattige Lagen besiedeln, während sie polwärts mit zunehmenden Niederschlägen auf 500 bis 1000 m ü.NN herabsteigen und leewärtige Hanglagen bevorzugen. Eindrucksvoll erscheint der Biotopwechsel, vergleicht man die jeweils nördlichen und südlichen Vorkommen von Incense Cedar und Ciprés: weder leiden beide Coniferen an ihrer äquatorwärtigen Verbreitungsgrenze unter Wassermangel, noch genießen sie an ihren polwärtigen Arealrändern Wasser im Überfluss.

Bei den klimatischen Verhältnissen in den jeweiligen Hauptverbreitungsgebieten von *Calocedrus* und *Austrocedrus* handelt es sich um die Gebirgsvariante des subtropischen Winterregenklimas. Aus dynamisch-klimatologischer Sicht zeichnet sich das alternierende Klima der kalifornischen und chilenischen Subtropenzone durch die sommerliche Vorherrschaft des subtropischen Hochdruckgürtels aus, während im Winter das allochthone Zirkulations- und Witterungsklima der außertropischen Westwinddrift dominiert. Die wenigen punktförmigen Fundorte der Incense Cedar im Lee der Kaskaden Oregons nördlich des 43. Breitengrades liegen schon in der kühlgemäßigten Klimazone. Der jährliche Niederschlagsgang verzeichnet noch ein Maximum während der Wintermonate, jedoch liegen die Niederschlagsmengen erheblich unter denen der Sierra Nevada, und die thermischen Verhältnisse lassen schon stärker kontinental getönte Bedingungen erkennen. Im Gegensatz dazu ist die östliche Vorkordillere des argentinischen Verbreitungsgebietes der Ciprés – ein breiter von Norden nach Süden verlaufender Waldgürtel aus Reinbeständen von *Austrocedrus chilensis* – südlich des 39. Breitengrades ein orographisch bedingtes, kühlgemäßigtes „Winterregengebiet“ mit ähnlichen thermischen und hygrischen Voraussetzungen wie in der chilenischen Hochkordillere. Dies resultiert aus der Nähe zum Pazifik, der im Vergleich zu den hohen Kaskaden schwächeren Leewirkung der niedrigen, zerfurchten Andenkordillere und der ausgeprägten Ozeanität der Südhalbkugel. Im Vergleich dazu liegen die östlichen Vorkommen von *Calocedrus decurrens* in Oregon in erheblich größerer Entfernung zum Ozean, und die hohen Kaskaden schirmen wie eine Mauer maritime Einflüsse ab. Hinzu kommt der stärker kontinentale Charakter der nördlichen Hemisphäre. Die jeweiligen östlichsten Vorkommen von *Calocedrus* und *Austrocedrus* belegen also – unter Beachtung der jeweiligen klimageographischen Voraussetzungen – ihre ähnlichen Standortansprüche, zumal sich die Bestände von *Austrocedrus* ebenfalls Richtung Osten in vereinzelt Baumgruppen auflösen. So weisen die divergierenden östlichen Arealformen von Incense Cedar und Ciprés auf die klimatischen Besonderheiten der im Lee der Kordilleren sich anschließenden Großräume hin und nicht etwa auf unterschiedliche ökologische Valenzen. Offensichtlich erfordert das Gedeihen beider Cupressaceen ein bestimmtes Verhältnis maritimer und kontinentaler Klimaverhältnisse wie aus der eng begrenzten Ost-West-Ausdehnung beider Areale ersichtlich wird.

Wachstum, Reproduktion und die Lebenszyklen beider Zypressengewächse sind an den jährlichen Witterungsverlauf angepasst. Es hat sich herausgestellt, dass vegetative (Keimung, Wachstum) und reproduktive Prozesse (Zapfenreife) antagonistische kli-

matische Verhältnisse erfordern. Das Alternieren der reproduktiven und vegetativen Prozesse bzw. Phasen ist mit dem Gang der klimatischen und bodenhydrologischen Bedingungen gleichgeschaltet. Für das jährliche 7- bis 8-monatige Reifen der Zapfen, besonders für das Trockenspalten (Xerochase) der verholzten Zapfen im Spätsommer / Herbst, ist ein warmer und trockener Sommer nötig. *Calocedrus* und *Austrocedrus* sind der heißen, trockenen Jahreszeit mit reduzierten, sklerophyllen Schuppenblättchen angepasst, welche die potentielle Transpiration vermindern. Die Entwicklung und das Wachstum von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* sind auf eine jahreszeitliche Einschränkung der Assimilation ausgerichtet, sei es durch Defizite der Bodenfeuchte oder mangelnde Wärme. Die (epigäische) Keimung findet im Frühjahr statt, wenn die Temperaturen ansteigen und die tauende Schneedecke den Boden durchtränkt. Die Reproduktionsform der Gymnospermie erlaubt – als phylogenetische Weiterentwicklung des Generationswechsels der Pteridophyten – dem Embryo ein Überdauern der trockenen bzw. kalten Jahreszeit.

Trotzdem gibt es Jahre ohne Verjüngung. Bisweilen können sogar jahrzehntelange Verjüngungslücken auftreten. Die Ursachen hierfür liegen in der jährlich schwankenden Ausprägung der Jahreszeiten des Winterregenklimas. Die von Jahr zu Jahr schwankende Menge der winterlichen Schneefälle und unterschiedliche Dauer der sommerlichen Trockenperiode können den Ablauf von der Bildung der Infloreszenzen bis zur Keimung stören und damit eine erfolgreiche Verjüngung verhindern. Betrachtet man allerdings das hohe Alter, das Individuen beider Arten erreichen können, wird ersichtlich, dass nur alle 500 bis 1000 Jahre ein Same erfolgreich keimen und sich entwickeln muss, um den Bestand zu erhalten. So ist das hohe Alter, das beide Coniferen erreichen, eine Art Überlebensstrategie.

Bei den Bodentypen unter den Beständen der Incense Cedar und der Ciprés handelt es sich um Gebirgsranker und Syrosemi über magmatischen Festgesteinen sowie um Regosole aus vulkanischen Lockerprodukten („Ranker-Andosol“). Die häufigsten Ausgangsgesteine sind saure Plutonite, meistens mehr oder weniger stark vergrusste Granite, Granodiorite sowie vulkanische Gesteine wie Basalte und Andesite, außerdem junge vulkanische Aschen, in Kalifornien auch ultramafische Gesteine. Die Korngrößenmaxima der Böden auf Magmatiten liegen im Bereich Grobschluff (gU) bis Mittelsand (mS). Bei den Böden auf vulkanischen Aschen liegen die Korngrößenmaxima in der feinen bis mittleren Sandfraktion (fS, mS), was auf junges Alter und geringen Verwitterungsgrad hinweist. Viele Substrate – mit Ausnahme der Basalte – zeichnen sich erstens durch primäre Basenarmut und einen niedrigen Gehalt an adsorptions- und quellfähiger Tonsubstanz (Dreischicht-Tonminerale) aus, zweitens durch eine hohe Permeabilität mit entsprechend guten Drainageverhältnissen. Die geringe Elektrolytkonzentration und niedrige Kationenaustauschkapazität (KAK) der Böden wird zusätzlich durch die saure Nadelstreu gefördert. Die Durchlässigkeit des Substrats wird zudem durch das charakteristische Relief unter den *Calocedrus*- und *Austrocedrus*-Beständen, nämlich die oft steilen und zerklüfteten Felshänge, unterstützt. Das häufig vorherrschende Krümelgefüge kann aufgrund des hohen Porenvolumens und des weiten Kapillarsystems gut Wasser aufnehmen und leiten (hohe Q-Werte nach der Hagen-Poiseuille'schen Gleichung), jedoch schlecht adsorbieren. So ist das Wasser nur mit niedrigen pF-Werten gebunden und kann folglich gegen geringe

Adsorptionskräfte dem Boden entzogen werden. Hinsichtlich der altertümlichen Tracheiden als Wasserleitungssystem mit relativ hohem Leitungswiderstand wird verständlich, warum *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* neben vielen anderen Coniferen auf grobkörnigen Substraten bzw. in felsigem Gelände wurzeln. Der hohe Leitungswiderstand und die niedrige Leitungsgeschwindigkeit der Tracheiden stehen den geringen Adsorptionskräften des Substrates gegenüber. In diesem Zusammenhang gewinnt es an Bedeutung, dass die Böden durch die klimatischen und orographisch-topographischen Voraussetzungen häufig mit einem A-C-Profil (Gebirgsranker) bereits das Endstadium ihrer Pedogenese erreicht haben.

Das Verbreitungsgebiet von *Calocedrus decurrens* erstreckt sich von 30°47' bis 45°10' N. Sie gedeiht am äquatorwärtigsten Wuchsort zwischen 2000 und 2400 m ü.NN. In ihrem Hauptverbreitungsgebiet – dem Kernbereich intensivster Wechselwirkung der subtropischen Hochdruckzelle und der außertropischen Westwinddrift – wächst sie zwischen dem 36. und 42. Breitengrad von 900 bis 1800 m. Am polwärtigsten Standort steigt sie im Lee der Kaskaden nicht tiefer als 900 m herab. *Austrocedrus chilensis* gedeiht zwischen 32°39' und 43°44' S. Am äquaturnächsten Standort besiedelt sie Höhen bis knapp 2000 m. Im Hauptverbreitungsgebiet zwischen dem 34. und 38. Breitengrad – ebenfalls dort, wo die Herrschaft des Subtropenhochs regelmäßig von der außertropischen Westwindzirkulation unterbrochen wird – stocken die Ciprés-Wälder zwischen 1000 und 1500 m. Südlich des 38. Breitengrades östlich des Andenhauptkammes steigt die Ciprés bis auf 400 m ü.NN herab.

In den Hauptverbreitungsgebieten bilden *Calocedrus* und *Austrocedrus* Waldgürtel, welche sich über 600 bis 900 Höhenmeter erstrecken. Der vertikale Biotopwechsel innerhalb der jeweiligen Hauptareale zeigt, dass beide Coniferen mit zunehmender Höhe bzw. ansteigenden Niederschlägen und abnehmenden Temperaturen trockenere und wärmere Standorte wie Südexpositionen, Grate und Hochplateaus aufsuchen. Mit abnehmender Höhe bzw. abnehmenden Niederschlägen und ansteigenden Temperaturen besiedeln sie feuchtere, kühlere Habitate wie steile Schluchten und Ufer von Wasserläufen. Beide Zypressengewächse bilden sowohl in ihren Hauptverbreitungsgebieten als auch an den Arealrändern Coniferentrockenwälder mit Elementen der Hartlaubflora im Unterwuchs und sommergrünen Laubbäumen. Dieser bemerkenswerte Umstand des Zusammentreffens sklerophyller (langsamer kontinuierlicher Stoffkreislauf) und sommergrüner (schneller diskontinuierlicher Stoffkreislauf) Gewächse deutet darauf hin, dass *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* dort siedeln, wo die ökologischen Bedingungen für beide Lebensformen gegeben sind – was wiederum die Anforderungen beider Zypressengewächse an das herrschende Mischklima zyklonaler (Westwindzone) und antizyklonaler Witterung (Subtropenhoch) sowie ihren Ökotoncharakter unterstreicht.

Dort, wo sich zwei große Klimazonen, nämlich der Hochdruckgürtel der warmgemäßigten Subtropen und die Westwinddrift der kühlgemäßigten Außertropen überschneiden, wechseln Incense Cedar und Ciprés vom Luv ins Lee der Kaskaden bzw. der zentral- bis südchilenischen Anden. Dass sie den zunehmenden Niederschlägen bzw. den episodischen Sommerregen sowie der damit einhergehenden häufigeren Bewölkung und geringeren jährlichen Sonnenscheindauer ausweichen, unterstreicht das Bedürfnis

beider Coniferen nach einem gewissen Maß an Trockenheit und Licht. Trotz der zunehmenden Bewölkung und der geringeren Strahlung wird die Verbreitungsgrenze im Luv der Gebirge, hier am polwärtigen Rand der Subtropen bzw. am äquatorwärtigen Rand der kühlgemäßigten Klimazone, vornehmlich durch die zunehmend dichtere Vegetation (schattige hochstämmige Wälder mit *Tsuga heterophylla* bzw. dichte Lorbeerwälder mit z. B. *Luma apiculata*) verursacht, da Incense Cedar und Ciprés auf Lichtungen prächtig keimen, gedeihen und ihre Zapfen reifen. Dieser Sachverhalt war besonders eindrucksvoll in den Klamath Mountains und Siskiyou Mountains im Süden Oregons zu beobachten. Es handelt sich also in erster Linie um eine von der begleitenden Vegetation und weniger von den atmosphärischen Strahlungsverhältnissen verursachte Licht- und Wärmemangelgrenze.

Die polnächsten Vorkommen von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* findet man im Lee der Kaskaden bzw. der Andenkordillere. Die punktförmigen nördlichsten Vorkommen von *Calocedrus* wachsen im Ökoton Trockenwald-Steppe und sind somit die polnächsten Vorposten des östlichen disjunkten Verbreitungsgebietes der Incense Cedar in Oregon. Die südlichsten Vorkommen von *Austrocedrus* gestalten sich komplexer. Sie bilden das polwärtige Ende des breiten Waldgürtels der Ciprés de la Cordillera auf der argentinischen Ostabdachung der Anden. Dort gedeihen sie wie die Incense Cedar sowohl im Ökoton vom Trockenwald zur Steppe als auch, bedingt durch die zerklüftete Topographie der westpatagonischen Fjordküste – allerdings als seltenes Phänomen –, im Übergang von den trockenen zu den feuchten Coniferenwäldern bzw. Lorbeerwäldern mit *Fitzroya cupressoides*. Ungeachtet dieses Unterschiedes erreichen beide Coniferen hier ihre zweite Lichtmangelgrenze, verursacht durch die fast ganzjährige Bewölkung. Die dadurch hervorgerufenen niedrigen Strahlungssummen im Zusammenhang mit dem flachen Einfallswinkel der Sonne in den höheren Breiten hemmen das Wachstum und verhindern die Zapfenreife.

Ihre äquatorwärtige Verbreitungsgrenze und damit ihre Trockengrenze erreichen *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* am Südrand der winterfeuchten Subtropen auf der Halbinsel Baja California in Mexiko bzw. am Nordrand der chilenischen Winterregen-Subtropen. Diese Vorkommen beider Coniferen liegen jeweils in der Nähe zu den Wendekreisen mit fast ganzjährig absteigenden, sich erwärmenden Luftmassen, was zu einer ausgeprägten, langanhaltenden Sommer trockenheit mit nur episodischen, winterlichen Niederschlägen führt. In dieser Breitenlage können andererseits schon Sommerregen tropischer Herkunft die langen sommerliche Trockenzeit abmildern. *Calocedrus decurrens* (in Mexiko „Pino Colorado“ genannt) und *Austrocedrus chilensis* besiedeln in disjunkter Art und Weise hochmontane Lagen über 2000 m ü.NN, wo die winterlichen Schneefälle und die Länge der sommerlichen Wachstumsperiode gerade noch ausreichen. Die äquatorwärtige Verbreitungsgrenze beider Zypressengewächse ist dort erreicht, wo untere Trocken- und obere Wärmemangelgrenze zusammenfallen.

Die östlichsten Bestände von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* liegen jeweils in ihren lee- bzw. polwärtigen, bereits kühlgemäßigten Arealhälften. Dort besiedeln sie das Ökoton zwischen den sommergrünen Laubwäldern mit *Populus spp.* bzw. *Nothofagus spp.* im Westen und den sommerdürren Trockensteppen im Osten. Bei *Calocedrus* handelt es sich lediglich um vereinzelte Vorkommen, während *Austrocedrus*

zunächst noch einen eigenen Waldgürtel bzw. Mischwälder mit Südbuchen bildet, um sich erst dann im Übergang zur Steppe in einzelne Bestände aufzulösen. Ostwärts suchen Incense Cedar und Ciprés zunehmend feuchtere Biotope wie Südhänge, Schluchten und schließlich Wasserläufe am Rande der Steppe auf. Nicht nur zu geringe Niederschlagsmengen, sondern auch die weiter östlich zunehmend kontinentalen Klimaeinflüsse begrenzen den östlichen Arealrand beider Coniferen. Die teils dünne, teils fehlende Schneebedeckung kann winterliche Bodengefrorenis verursachen. Die überwiegend ascendierende Bodenwasserbewegung führt besonders während der Sommermonate zu einer Anreicherung von Salzen im Boden und zu einem basischen pH-Wert, was von beiden Bäumen streng gemieden wird.

Die sehr spärlichen Vorkommen von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* im jeweiligen Küstenbergland (Coast Ranges bzw. Cordillera de la Costa) sind auf extreme Leelagen beschränkt, wo steile, hoch aufragende Felsmassive maritime Einflüsse abschirmen. In Kalifornien machen sich die Küstennebel ungünstig bemerkbar. An ihren deutlich im Regenschatten liegenden Wuchsorten wurzeln beide Coniferen ausschließlich entlang von Wasserläufen. Damit folgen sie der relativen Standortskonstanz, nach der Gewächse höherer, feuchterer Lagen in tieferen, trockeneren Lagen die abnehmenden Niederschläge durch einen Biotopwechsel in Richtung feuchterer Habitats ausgleichen. Diesbezüglich stellen die Serpentinstandorte von *Calocedrus decurrens* – mit den besonderen bodenhydrologischen Eigenschaften dieses ultramafischen Gesteins – im Lee der kalifornischen Coast Ranges keine Ausnahme dar.

Als Fazit kann man herausstellen, dass den ähnlichen Verbreitungsmustern von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* tatsächlich vergleichbare naturräumliche und ökophysiologische Voraussetzungen zugrunde liegen. Die immense Nord-Süd-Ausdehnung der Areale beider Cupressaceen ist folglich nicht Auswirkung einer besonders breiten ökologischen Valenz. Sie beruht vielmehr auf der Tatsache, dass sich der Rhythmus des Winterregenklimas (als Gebirgsvariante) – in den von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* besiedelten, häufig von der Topographie geschaffenen ökologischen Nischen der meridional verlaufenden Kordillerenlandschaften – über 1800 bzw. 1400 Kilometer, wenn auch teilweise in disjunkter Form, ausdehnt.

Exkurs Ökoton: Die Palmenoasen mit *Erythea armata* (S. WATSON) WATSON in der südlichen Sierra San Pedro Mártir (Baja California/Mexiko)

Die in N-S-Richtung über 1600 km langen Verbreitungsgebiete von *Calocedrus decurrens* und *Austrocedrus chilensis* führten die Autorin – wie zuvor berichtet – durch temperierte Regenwälder (polwärts), Wüsten (äquatorwärts) und Steppen (Osten). Während des Studiums der beiden Cupressaceen häuften sich Beobachtungen, dass viele Gewächse Ökotope bzw. klimatische Übergangsräume „bevorzugen“. Dort gedeihen sie nach dem Gesetz der relativen Standortskonstanz in diversen ökologischen Nischen, in denen oft eine jeweils unterschiedliche Artenzusammensetzung vorherrscht. Ein eindrucksvolles Beispiel hierfür liefern die Palmenoasen mit *Erythea armata* und ihre begleitenden Arten.

Von denen sich an die Winterregen-Subtropen anschließenden Vegetationszonen wird das aride Ökoton der kalifornischen und sonorischen floristischen Provinz in der südlichen Sierra San Pedro Mártir (Baja California Norte, Mexiko) anhand von drei Palmenoasen mit *Erythea armata* (S. WATSON) WATSON (Palma Ceniza, Palma Azul, Blue Fan Palm) vorgestellt. Neben ungewissen winterlichen Niederschlägen fallen hier schon episodische Sommerregen. *Erythea armata* ist endemisch im nördlichen Teil der Halbinsel und ihre Hauptverbreitung liegt östlich des Hauptkammes. Die drei aufgesuchten Standorte liegen in der südlichen Sierra San Pedro Mártir – westlich der Hauptwasserscheide. Nach der Karte von MINNICH & FRANCO (1998) gedeihen sie dort, wo der „Evergreen Sclerophyllous Scrub“ – teilweise mit *Juniperus californica* und *Pinus quadrifolia* – (Californian Biome) seine südliche Verbreitungsgrenze erreicht und Elemente der Vizcaíno- und der Colorado-Wüste (Sonoran Biome) die Vorherrschaft übernehmen. Der „Evergreen Sclerophyllous Scrub“ besteht aus diversen Chaparral (*Arctostaphylos* spp., *Quercus* spp.), Chamise (*Adenostoma fasciculata*)- und Red Shank (*Adenostoma sparsifolium*)-Gemeinschaften, denen teilweise California Juniper (*Juniperus californica*) und Parry Pinyon (*Pinus quadrifolia*) beigemischt sind. Die wohl augenfälligsten Gewächse der Vizcaíno-Wüste sind der Bojoom (*Idria columnaris*), der Torote Blanco oder Elephant Tree (*Pachycormus discolor*) und der Cardón (*Pachycereus pringlei*). Hinzu treten diverse Kakteen (*Opuntia* spp., *Ferocactus* spp.) und Agaven (*Agave* spp.). Im Zusammenhang mit der jährlichen Niederschlagsverteilung ist interessant, dass das Verbreitungsgebiet von *Idria columnaris* dort liegt, wo (mögliche!) Winter- und Sommerniederschläge zusammenfallen, verbunden mit zwei Trockenperioden im Frühjahr und Herbst – ebenfalls eine Ökotonlage.

Der offensichtliche Ökotoncharakter der Palma Ceniza lässt nicht zu, eine eigene Pflanzengesellschaft festzulegen. Vielmehr demonstrieren die drei Vegetationsprofile mit *Erythea armata* einen Übergang bzw. ein Transekt von der Sonora Wüste (El Rincón, 718 m) über ein Ökoton aus Desert Scrub, Mountain Chaparral sowie vereinzelt Wachholdern (San Miguel, 882 m) zu einem Mosaik aus Chaparral und Pinyon-Juniper-Woodland innerhalb der südlichsten, nur noch disjunkten Nadelwälder (*Pinus quadrifolia*, *P. monophylla*) der Sierra San Pedro Mártir (El Represo, 1200 m).

Zumal Palmen tropische Gewächse und demzufolge frostempfindlich sind, erscheint der Anblick von *Erythea armata* bei El Represo inmitten eines offenen Parry Pine (*Pinus quadrifolia*)-Woodland, teilweise mit *Juniperus californica*, merkwürdig. Der

Unterwuchs besteht größtenteils aus Arten des Chaparrals (Californian Biome), wie *Arctostaphylos*, *Quercus* (strauchförmig), *Adenostoma* und *Ceanothus*. *Artemisia*, ein Element der östlichen Steppen, und kleinere Kakteen (*Ferocactus*, *Opuntia*) bilden eine zweite niedrigere Strauchschicht. *Populus fremontii* säumt als „Wüstenpappel“ Wasserläufe im nordamerikanischen Südwesten.

Bei San Miguel fällt ein ausgewachsenes Exemplar von *Erythea armata* auf, welches etwa 70 m oberhalb der Oase auf einem Kamm in einer tiefen Felsspalte wurzelt. Offensichtlich fungiert diese Spalte erfolgreich als Wasserreservoir. Anscheinend ist generell eine beträchtliche Anzahl der Oasen in Baja California an Klüfte und tektonische Bruchlinien gebunden. Die „ungeordnete“ Begleitvegetation der Palma Azul bei San Miguel beschreibt ein Ökoton sowohl mit Elementen des Californian als auch des Sonoran Biome. Sehr häufig ist ein gelbblühende Composite (vermutlich die Gattung *Isocoma*) und eine mengenmäßig zahlreich auftretende, in ihrer Gestalt jedoch recht kleine unscheinbare Wüstenpflanze der Gattung *Ambrosia* (Compos.). Beide gedeihen in der Kraut- bzw. niedrigen Strauchschicht zwischen *Lophocereus schottii* sowie anderen Kakteen und Agaven. Am Nordhang dominieren schließlich zwischen vereinzelt Wachholdern (*Juniperus californica*) die kontinentalen Arten *Artemisia tridentata* und *Eriogonum spec.*

Der Bestand von *Erythea armata* bei El Rincón liegt endlich dort, wo die Sonora Wüste (Vizcaíno Phase und Lower Colorado Phase des Sonoran Biome) mit eigentümlichen Gewächsen ihre bizarre Schönheit zeigt. In einem offenen Wüsten(?)garten zeigen sich *Pachycereus pringlei*, *Idria columnaris* und *Fouquieria splendens* in immer wieder neuen Formen – keine Pflanze gleicht der anderen. Zu ihren Füßen wächst wiederum *Ambrosia spec.* In der Oase selbst begleiten *Prosopis spec.*, *Baccharis spec.* und *Tamarix c.f. pentandra* die Palma Azul.

Zusammenfassend kann man festhalten: allen drei Palmenoasen gemeinsam ist 1. ihre Lage auf der Westseite der Halbinsel und 2. ihre floristische Zusammensetzung aus nord-westlichen Elementen des Californian Biome und aus süd-östlichen Arten des Sonoran Biome. Ebenfalls sind kontinentale, sprich Steppenelemente beigemischt. Folglich ist *Erythea armata* (S. WATSON) WATSON Bindeglied, sprich Ökotonart zwischen den Chaparral-Pinyon und Pine-Juniper-Landschaften des Westens (Winterregen!) und den von Cactaceen und Fouquieriaceen geprägten südlichen (Vizcaíno Phase) und östlichen (Lower Colorado Phase) Wüsten (Sommerregen!).

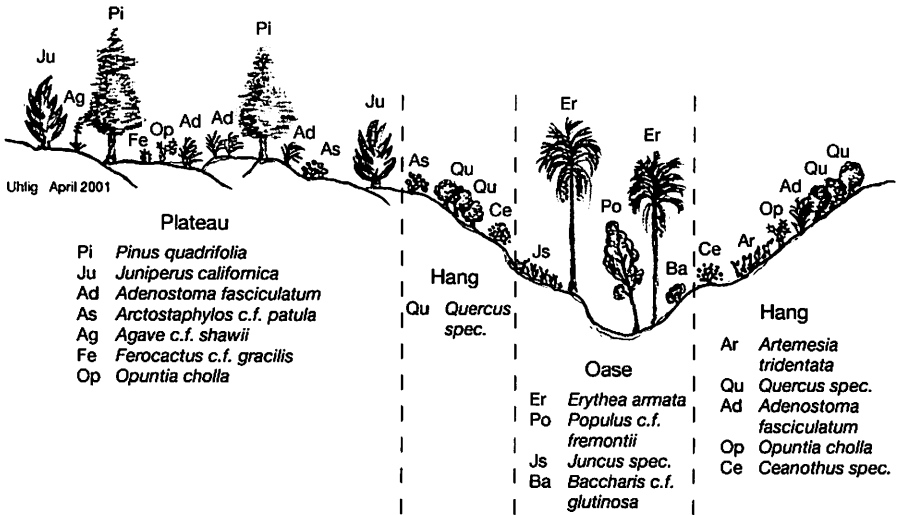
El Represo

NE

Position: 30° 30' N
115° 14' W

Höhe: 1200 m
Gestein: Granitgrus

SW



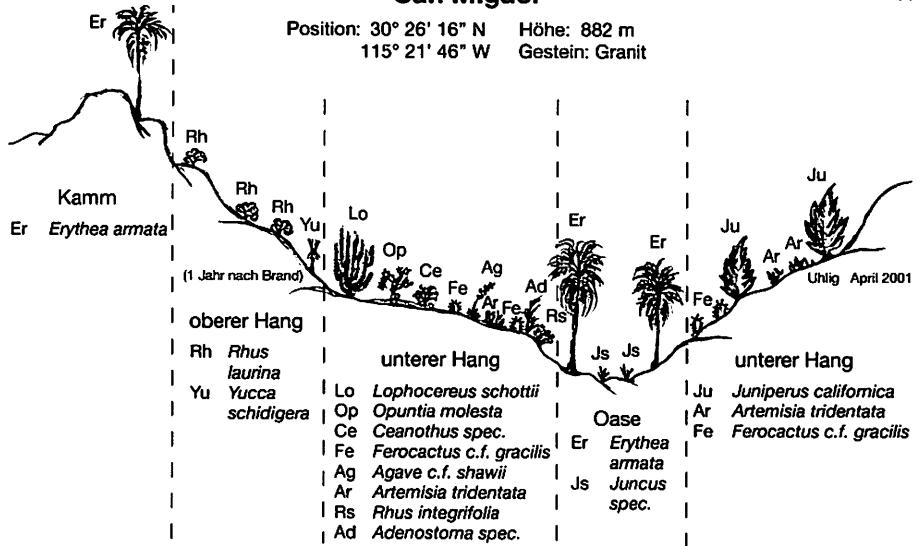
San Miguel

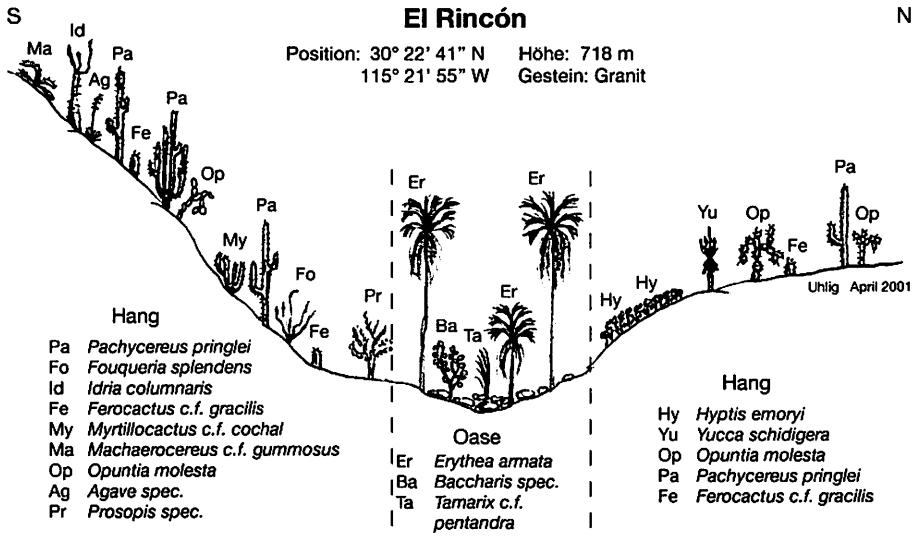
S

Position: 30° 26' 16" N
115° 21' 46" W

Höhe: 882 m
Gestein: Granit

N





SECHSTER TEIL: LITERATURVERZEICHNISSE

Literaturverzeichnis (*Calocedrus decurrens*)

- ACKERMANN, E. A. (1941): The Köppen classification of climates in North America. In: The Geographical Review 31, S. 105-111.
- AGEE, J. K., WAKIMOTO, R. H. & H. H. BISWELL (1977): Fire and fuel dynamics of Sierra Nevada conifers. In: Forest Ecol. and Management 1, S. 255-265.
- ALT, D. D. & D. W. HYNDMAN (1996a): Roadside geology of northern California. 19. Aufl., Mountain Press Publishing Co., Missoula, Montana.
- ALT, D. D. & D. W. HYNDMAN (1996b): Roadside geology of Oregon. 13. Aufl., Mountain Press Publishing Co., Missoula, Montana.
- ARNO, S. F. (1973): Discovering Sierra trees. Yosemite Association, Sequoia Natural History Association, in cooperation with the National Park Service, U. S. Dept. of the Interior, S. 44-46.
- ARNO, S. F. & R. P. HAMMERLY (1977): Northwest trees. The Mountaineers, Seattle, Washington, S. 111-116.
- ARNO, S. F. & R. P. HAMMERLY (1993): Timberline, mountain and arctic forest frontiers. 4. Aufl., The Mountaineers, Seattle, Washington.
- ARROYO, M. T. K., CAVIERES, L., MARTICORENA, C. & M. MUÑOS-SCHICK (1995): Convergence in the mediterranean floras in Central Chile and California: insights from comparative biogeography. In: Arroyo, M. T. K., Zedler, P. H. & M. D. Fox (Hrsg.): Ecology and biogeography of mediterranean ecosystems in Chile, California and Australia. Springer Verlag, New York, S. 43-88.
- ARROYO, M.T.K., ZEDLER, P.H. & M. D. FOX (Hrsg.) (1995): Ecology and biogeography of mediterranean ecosystems in Chile, California and Australia. Springer Verlag, New York.
- ASCHMANN, H. (1973): Distribution and peculiarity of mediterranean ecosystems. In: Di Castri, F. & H. A. Mooney (Hrsg.): Mediterranean type ecosystems. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, S. 11-19.
- ATZET, T. & D. L. WHEELER (1982): Historical and ecological perspectives on fire activity in the Klamath geological province of the Rogue River and Siskiyou National Forests. U.S.D.A., Forest Service, Pacific Northwest Region, Portland, Oregon.
- AXELROD, D. I. (1958): Evolution of the Madro-Tertiary geoflora. In: Bot. Review 24, S. 433-509.
- AXELROD, D. I. (1973): History of the mediterranean ecosystem in California. In: Di Castri, F. & H. A. Mooney (Hrsg.): Mediterranean type ecosystems. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, S. 225-277.
- AXELROD, D. I. (1977): Outline history of californian vegetation. In: Barbour, M. G. & J. Major (Hrsg.): Terrestrial vegetation of California. John Wiley & Sons, New York, London, Sydney, Toronto, S. 139-193.

- BAKER, F. S. (1944): Mountain climates of the western United States. In: Ecol. Monogr., Vol. 14, No. 2, S. 225-254.
- BAKKER, E. (1984): An island called California. 2. Aufl., University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London, S. 87 ff., 90, 105 ff.
- BARBOUR, M. G. (1988): Californian upland forests and woodlands. In: Barbour, M. G. & W. D. Billings (Hrsg.): North american terrestrial vegetation. Cambridge University Press, Cambridge, New York, Port Chester, Melbourne, Sydney, S. 131-164.
- BARBOUR, M. G. & W. D. BILLINGS (Hrsg.) (1988): North american terrestrial vegetation. Cambridge University Press, Cambridge, New York, Port Chester, Melbourne, Sydney.
- BARBOUR, M. G. & J. MAJOR (Hrsg.) (1977): Terrestrial vegetation of California. John Wiley & Sons, New York, London, Sydney, Toronto, S. 3-10, 916-919, 922-923.
- BARBOUR, M. G., PAVLIK, B., DRYSDALE, F. & S. LINDSTROM (1994): California's changing landscapes, diversity and conservation of California vegetation. 2. Aufl., California Native Plant Society, Sacramento, California.
- BAUER, B. (1978): Das Feuer als morphologisch-ökologischer Faktor in der Gebirgsumrandung von Los Angeles. In: Beiträge zur Quartär- und Landschaftsforschung, Festschrift zum 60. Geburtstag von Julius Fink, Verlag Ferdinand Hirt, Wien, S. 9-21.
- BECKER, S. & J. BIRMINGHAM (1990): The San Jacintos, a history and natural history. 3. Aufl., Historical Commission Press, Riverside, California, S. 1-23.
- BOWERS, J. E. & S. P. McLAUGHLIN (1987): Flora and vegetation of the Rincon Mountains, Pima County, Arizona. In: Desert Plants, Vol. 8, Nr. 2, University of Arizona at the Boyce Thompson Southwestern Arboretum, Superior, Arizona.
- BREIMHORST, D. (1991): Die Riesenmammutbäume (*Sequoiadendron giganteum*) der Sierra Nevada (N-Amerika). In: Palmengarten 55, H. 3, S. 61-65.
- BREIMHORST, D. (1992): Die Weihrauchzedern (*Calocedrus decurrens*) der Sierra Nevada (N-Amerika). In: Palmengarten 56, H. 1, S. 56-58.
- BROCKMAN, C. F. (1949): Trees of Mount Rainier National Park. University of Washington Press, Seattle, Washington.
- BUCHANAN, H. (1997): Wildflowers of southwestern Utah. 4. Aufl., Falcon Publishing Co., Helena, Montana.
- BURN, B. (1992): North American wildflowers. 2. Aufl., The National Audubon Society Collection Nature Series, Gramercy Books, New York, Avenel, New Jersey.
- CANADELL, J. & P. H. ZEDLER (1995): Underground structures of woody plants in mediterranean ecosystems of Australia, California and Chile. In: Arroyo, M. T. K., Zedler, P. H. & M. D. Fox (Hrsg.): Ecology and biogeography of mediterranean ecosystems in Chile, California and Australia. Springer Verlag, New York, S. 177-210.

- CHABOT, B. F. & H. A. MOONEY (Hrsg.) (1985): *Physiological ecology of north American plant communities*. Chapman and Hall, New York, London.
- CLARK, H. W. & D. M. WARD (2000): Hurricane impacts in the Central Desert of Baja California Norte, Mexico. In: *Haseltonia*, Yearbook of the Cactus and Succulent Society of America, Nr. 7, S. 81-85.
- CONSTANTINE, H. (1993): *Plant communities of the Mono Basin*. Mono Lake Committee Field Guide Series, Kutzavi Press, Lee Vining, California.
- COOMBES, A. J. (1992): *Trees*. Eyewitness handbooks, DK Publishing Book, New York, S. 35, 36.
- CORNETT, J. W. (1996): *The San Jacinto Mountains, a brief natural history*. Palm Springs Desert Museum, Crown Printers, San Bernardino, California.
- COWLING, R. M. & B. M. CAMPBELL (1980): Convergence in vegetation structure in the mediterranean communities of California, Chile and South Africa. In: *Vegetatio*, Vol. 43, S. 191-197.
- COWLING, R. M., RUNDEL, P. W., LAMONT, B. B., ARROYO, M. K. & M. ARIANOUTSOU (1996): Plant diversity in mediterranean-climate regions. In: *Trends in ecology and evolution* 11, S. 362-366.
- DALLMAN, P. R. (1998): *Plant life in the world's mediterranean climates*. California Native Plant Society, University of California Press, Berkeley, Los Angeles.
- DANIEL, S. L., JIMERSON, T. M., HOOVER, L. D., MC GEE, E. A., DE NITTO, G., CREASY, R. M. & C. ERICKSEN (1995): *A field guide to serpentine plant associations and sensitive plants in northwestern California*. U.S.D.A., Forest Service, Pacific Southwest Region, R5-ECOL-TP-006, S. A1-33, B1-42, C13-16, D19-22, I2-7, J2-87.
- DAUBENMIRE, R. (1978): *Plant Geography, with special reference to North America*. Academic Press, New York, San Francisco, London, S. 54, 144-145, 156-157, 164.
- DELGADILLO, J. (1998): *Florística y ecología del norte de Baja California*. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada.
- DI CASTRI, F. (1973): Climatographical comparisons between Chile and the western coast of North America. In: Di Castri, F. & H. A. Mooney (Hrsg.): *Mediterranean type ecosystems*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, S. 21-36.
- EDMONDS, R. L. (Hrsg.) (1982): *Analysis of coniferous forest ecosystems in the western United States*. Hutchinson Ross Publishing Company, Stroudsburg, Pennsylvania.
- EGENHOFF, E. L. (1970): Lassen - a page from history. In: *Mineral Information Service*, California Division of Mines and Geology, Vol. 23, Nr. 11, S. 225-227.
- ELMORE, F. H. & J. R. JANISH (1976): *Shrubs and trees of the southwest uplands*. Southwest Parks and Monument Association, Tucson, Arizona.
- ENGBECK, J. H. (1978): *The enduring giants, the epic story of Giant Sequoia and the Big Trees of Calaveras*. The California Department of parks and recreation, Save-the-Redwoods League, The Calaveras Grove Association, Sacramento, S. 41 ff.

- FABER, P. M. (Hrsg.) (1999): Vegetación de Baja California. In: Fremontia, edición especial, Sociedad de las Plantas Nativas de California (California Native Plant Society).
- FLINT, W. D. (1987): To find the biggest tree. Sequoia Natural History Association, Inc., Three Rivers, California.
- FOWELLS, H. A. (1965): Silvics of forest trees of the United States. Agriculture Handbook No. 271, Division of Timber Management Research, Forest Service, U.S.D.A., Washington D.C., S. 242-247.
- FRANKLIN, J. F. (1988): Pacific northwest forests. In: Barbour, M. G. & W. D. Billings (Hrsg.): North american terrestrial vegetation. Cambridge University Press, Cambridge, New York, Port Chester, Melbourne, Sydney, S. 103-130.
- FRANKLIN, J. F. & C. T. DYRNESS (1988): Natural vegetation of Oregon and Washington. 2. Aufl., Oregon State University Press, Oregon.
- GERSTENBERG, R. H. (1983): Common trees and shrubs of the southern Sierra Nevada. Kings River College, Reedley, California.
- GIERLOFF-EMDEN, H.-G. (1965): Baja California. In: Verhandlungen des Deutschen Geographentages, Bd. 34, Deutscher Geographentag Heidelberg, 4.-7. Juni 1963, Tagungsbericht und wissenschaftliche Abhandlungen, Franz Steiner Verlag, Wiesbaden, S. 206-228.
- GIERLOFF-EMDEN, H.-G. (1970): Mexico. Eine Landeskunde. Walter de Gruyter & Co., Berlin, S. 20-23, 70-73, 82-89, 114-119.
- GLAWION, R. (1993): Waldökosysteme in den Olympic Mountains und im pazifischen Nordwesten Nordamerikas. Bochumer Geogr. Arb., H. 56, Ferdinand Schöningh, Paderborn, S. 12-63.
- GREEN, D. & G. INGOLD (1996): Marble Mountain wilderness. 2. Aufl., Wilderness Press, Berkeley, California, S. 16-26.
- GRIFFIN, J. R. (1971): Vascular plants of the San Benito Mountain natural area. In: Bur. Land Manage., Folsom.
- GRIFFIN, J. R. (1975): Plants of the highest Santa Lucia and Diablo Range Peaks, California. U.S.D.A. Forest Service Research Paper PSW-110, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, U.S.D.A., Berkeley, California.
- GRIFFIN, J. R. (1976): Ecological survey of South Fork Devils Canyon candidate Research Natural Area (NW Cone Peak region). Monterey District, Los Padres National Forest.
- HARRY, D. E. (1984): Genetic structure of Incense-cedar (*Calocedrus decurrens*) populations. Dissertation, University of California, Berkeley.
- HARTESVELDT, R. J., HARVEY, H. T., SHELLHAMER, H. S. & R. E. STECKER (1991): Giant Sequoias. 3. Aufl., Sequoia Natural History Association, Inc., Dumont Printing, Fresno, California.
- HAVERT, B., GRAY, G. & S. ADAMS (1996): Nature guide to the mountains of southern California. Earth Trails Publications, Idyllwild, California.

- HEATH, J. P. (1967): Primary conifer succession, Lassen Volcanic National Park. In: Ecology, Vol. 48, No. 2, S. 270-275.
- HEATH, J. P. (1971): Changes in thirty-one years in a Sierra Nevada ecotone. In: Ecology, Vol. 52, No. 6, S. 1090-1092.
- HENDERSON, A., GALEANO, G. & R. BERNAL (1995): Field guide to the palms of the Americas. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- HENSON, P., USNER, D. J. & V. A. KELLS (1996): The natural history of Big Sur. University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London, S. 113-126, 149-161, 173-174, 182-217, 346-353, 368-373.
- HICKMAN, J. C. (Hrsg.) (1996): The Jepson Manual, higher plants of California. University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London.
- HILL, M. R. (1970): Mount Lassen is in eruption and there is no mistake about that. In: Mineral Information Service, California Division of Mines and Geology, Vol. 23, Nr. 11, S. 211-224.
- HILL, M. (1975): Geology of the Sierra Nevada. California Natural History Guides 37, University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London.
- HITCHCOCK, C. L. & A. CRONQUIST (1973): Flora of the Pacific Northwest. University of Washington Press, Seattle, London, S. 111, 113.
- HITCHCOCK, C. L., CRONQUIST, A., OWNBEY, M. & J. W. THOMPSON (1969): Vascular plants of the Pacific Northwest. Part 1: vascular cryptogams, gymnosperms and monocotyledons, University of Washington Press, Seattle, London, S. 57, 109-111.
- HÖLLERMANN, P. (1980): Naturräumliche Höhengrenzen und die Hochgebirgsstufe in Gebirgen des westlichen Nordamerika. In: Jentsch, C. & H. Liedtke (Hrsg.): Höhengrenzen in Hochgebirgen. Vorträge und Diskussionen eines DFG-Rundgespräches in Saarbrücken am 15. + 16. Mai 1979, Carl Rathjens zum 65. Geburtstag, Selbstverlag, Saarbrücken, S. 75-81.
- HÖLLERMANN, P. (1990): Zur naturräumlichen Höhenstufung von Gebirgen subtropischer Winterregengebiete – Profile aus Mittel-Kalifornien. In: Mainzer Geogr. Studien, H. 34, Festschrift für W. Klaer zum 65. Geburtstag, S. 195-214.
- HÖLLERMANN, P. (1993): Fire ecology in the Canary Islands and Central California – a comparative outline. In: Erdkunde, Bd. 47, S. 177-184.
- HOGREBE, H. (1972): Eigenschaften und Wachstum der kalifornischen Flußzeder (*Calocedrus decurrens*) im natürlichen Areal Nordwestamerikas und auf Anbauflächen. In: Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges. 64, S. 32-40.
- HOPKINS, N., MAC GOWAN, B., POST, B. & J. STEVENS (1996): Trail guide to Los Padres National Forest, northern section. 6. Aufl., Ventana Chapter, Sierra Club, Carmel, California.
- HUBER, N. K. (1991): The geologic story of Yosemite National Park. 2. Aufl., Yosemite Association, Yosemite National Park, California.

- HUMPHREY, R. R. (1974): *The Boojum and its home*. The University of Arizona Press, Tucson, Arizona.
- HUNT, C. B. (1974): *Natural regions of the United States and Canada*. W. H. Freeman and Company, San Francisco, S. 27-57, 79-93, 121-135, 149-179, 573-617.
- JÄTZOLD, R. (1961): *Aride und humide Jahreszeiten in Nordamerika*. Stuttgarter Geogr. Studien, Bd. 71, Selbstverlag, Stuttgart, S. 13-21, 27-35, 40-46.
- JENSEN, E. C. & C. R. ROSS (1999): *Trees to know in Oregon*. 2. Aufl., Oregon State University Extension Service and Oregon Department of Forestry, Oregon.
- JOHN, R. S. (1932): *Vegetation of the Junipero Serra Quadrangle*. Unveröff. Original bei J. Smiley, Big Creek Reserve, Big Sur, California, 3 S. mit 4 Kärtchen.
- JOHNSTON, V. R. (1994): *California forests and woodlands*. University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London.
- JOHNSTON, V. R. (1998): *Sierra Nevada*. University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London.
- JONES, W. R. (1990): *Domes, Cliffs and waterfalls, a brief geology of Yosemite Valley*. Yosemite Association, Yosemite National Park, California.
- KEATOR, G. & S. BAZELL (1998): *The life of an oak, an intimate portrait*. Heyday Books, California Oak Foundation, Berkeley, California.
- KESSELI, J. E. (1942): *The climates of California according to the Köppen classification*. In: *The Geographical Review* 32, S. 476-480.
- KILGORE, B. M. (1973): *The ecological role of fire in sierran conifer forests*. In: *Quaternary Research*, Vol. 3, No. 3, Academic Press, New York, London, S. 496-513.
- KILGORE, B. M. & D. TAYLOR (1979): *Fire history of a Sequoia-mixed conifer forest*. In: *Ecology*, Vol. 60, No. 1, S. 129-142.
- KNAPP, R. (1959): *Vorschläge zur Gesamt-Gliederung der holarktischen Waldvegetation*. In: *Geobot. Mitt.*, H. 7, Giessen, S. 12.
- KNAPP, R. (1965): *Die Vegetation von Nord- und Mittelamerika und der Hawaii-Inseln*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, S. 1-22, 125-171.
- KRABISCH, S. (1992): *The flora and vegetation of the Cone Peak - South Fork Devil's Canyon study area. Part 2: vegetation, Cone Peak - South Fork Devil's Canyon Biotic Resource Survey Botany Section, Monterey County, California*.
- KRICHER, J. C. & G. MORRISON (1993): *Ecology of western forests*. Peterson field guides, Houghton Mifflin Company, Boston, New York, S. 281-310, 381-450.
- KRICHER, J. C. & G. MORRISON (1998): *Rocky Mountain and Southwest forests*. Peterson field guides, Houghton Mifflin Company, Boston, New York.
- KRUCKEBERG, A. R. (1954): *The ecology of serpentine soils, III. Plant species in relation to serpentine soils*. In: *Ecology*, Vol. 35, No. 2, S. 264-274.
- KÜCHLER, A. W. (1977): *The map of the natural vegetation of California*. In: M. G. Barbour & J. Major (Hrsg.): *Terrestrial vegetation of California*. Wiley, New York.

- LANNER, R. M. (1999): Conifers of California. Cachuma Press, Los Olivos, California.
- LASSOIE, J. P., HINCKLEY, T. M. & C. C. GRIER (1985): Coniferous forests of the Pacific Northwest. In: Chabot, B. F. & H. A. Mooney (Hrsg.): Physiological ecology of north american plant communities. Chapman and Hall, New York, London, S. 142.
- LITTLE, E. L. (1994): Field guide to North American trees, western region. 12. Aufl., National Audubon Society, Alfred A. Knopf, New York, S. 58, 319, 453.
- LYONS, C. P. (1962): Trees, shrubs and flowers to know in British Columbia. 2. Aufl., Evergreen Press Limited, Vancouver, Canada.
- MAJOR, J. (1977): California climate in relation to vegetation. In: Barbour, M. G. & J. Major (Hrsg.): Terrestrial vegetation of California. John Wiley & Sons, New York, London, Sydney, Toronto, S. 11-74.
- MARTIN, V. F. (2000): My favorite succulent, *Fouquieria (Idria) columnaris*. In: Cactus and Succulent Journal, Vol. 72, Nr. 3, S. 56-57.
- MATYAS, W. J. (1979): Calveg – mosaic of existing vegetation of California. San Francisco.
- MELLINK, E., LUÉVANO, J. & J. DOMÍNGUEZ (1999): Mamíferos de la Península de Baja California. Cicese, Ensenada, Baja California.
- MILLER, D. H. (1955): Snow cover and climate in the Sierra Nevada California. University of California Press, Berkley, Los Angeles.
- MINNICH, R. A. (1988): The biogeography of fire in the San Bernardino Mountains of California. University of California Press, Berkley, Los Angeles, London, S. 1-15, 20, 26, 30, 73-74.
- MINNICH, R. A. (1998): Landscapes, land-use and fire policy: where do large fires come from? In: J. M. Moreno (Hrsg.): Large forest fires. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.
- MINNICH, R. A., BARBOUR, M. G., BURK, J. H. & J. SOSA-RAMÍREZ (2001): Californian mixed-conifer forests under unmanaged fire regimes in the Sierra San Pedro Mártir, Baja California, Mexico. In: J. Biogeography.
- MINNICH, R. A. & E. FRANCO-VIZCAÍNO (1997a): Mediterranean vegetation of northern Baja California. In: Fremontia, Vol. 25, Nr. 3, S. 3-12.
- MINNICH, R. A. & E. FRANCO-VIZCAÍNO (1997b): Protecting vegetation and fire regimes in the Sierra San Pedro Mártir of Baja California. In: Fremontia, Vol. 25, Nr. 3, S. 13-21.
- MINNICH, R. A., FRANCO-VIZCAÍNO, E., SOSA-RAMÍREZ, J., BURK, J. H., BARRY, W. J., BARBOUR, M. G. & H. DE LA CUEVA-SALCEDO (1997): A land above: protecting Baja California's Sierra San Pedro Mártir within a Biosphere Reserve. In: Journal of the Southwest, Vol. 39, Nr. 3-4. The Southwest Center, University of Arizona, Tucson.
- MINNICH, R. A. & E. FRANCO-VIZCAÍNO (1998): Tierra de chamiso y pinos. Anotaciones históricas y estado actual de la vegetación del norte de Baja

- California (Land of chamise and pines. Historical accounts and current status of Northern Baja California's vegetation). University of California Publications in Botany, Vol. 80, University of California Press, Berkeley.
- MITCHELL, J. A. (1918): Incense Cedar. U.S.D.A. Bull. 604.
- MONTES, C. (2000): La Misión. Relato del viaje a La Misión de San Pedro Mártir de Verona, 10-16 de Julio de 2000. Unveröffentl. Expeditionsbericht zur Misión de San Pedro Mártir, Ensenada, Baja California, Mexiko.
- MOONEY, H. A. (1977): Convergent evolution in Chile and California. In: Mediterranean climate ecosystems. Dowden, Hutchinson & Ross, Stroudsburg.
- MOONEY, H. A., DUNN, E. L., SHROPSHIRE, F. & L. SONG (1970): Vegetation comparisons between the mediterranean climate areas of California and Chile. In: Flora 159, S. 480-496.
- MUIR, J. (1894): The mountains of California. The Century Co., New York, Fisher Unwin, London.
- MUIR, J. (1901): Our National Parks. Houghton Mifflin Co., Boston.
- MUIR, J. (1911): My first summer in the Sierra. Houghton Mifflin Co., Boston, Constable, London.
- MUIR, J. (1912): The Yosemite. The Century Co., New York.
- MUIR, J. (1918): Steep trails. Houghton Mifflin Co., Boston.
- MUIR, J. (1980): Sierra Big Trees. Outbooks, Golden, Colorado.
- MUIR, J. (1995): The eight wilderness-discovery books. 3. Aufl., The Mountaineers, Seattle, Washington.
- MUNZ, P. A. (1961): California spring wildflowers. University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London.
- MUNZ, P. A. (1963): California mountain wildflowers. University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London.
- MUNZ, P. A. & D. D. KECK (1973): A California Flora and supplement. University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London.
- NELSON, R. L. (1971): Trees and shrubs of Lassen Volcanic National Park. 3. Aufl., Loomis Museum Association, Lassen Volcanic National Park, Mineral, California, S. 15.
- NIEHAUS, T. F. & C. L. RIPPER (1976): Pacific States Wildflowers. Peterson Field Guides, Houghton Mifflin Company, Boston, New York.
- NORMAN, J. (1998): Schriftliche Mitteilung vom 18. Oktober 1998 zur Verbreitung der Incense Cedar in den Santa Lucia Mountains. Big Sur, California.
- NORRIS, R. M. & R. W. WEBB (1990): Geology of California. J. Wiley & Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore, S. 52, 53, 62-125.
- OBERBAUER, T. A. (1999): La Sierra de San Pedro Mártir. In: Fremontia, edición especial: vegetación de Baja California, S. 23-27.

- ORNDUFF, R. (1974): Introduction of California plant life. University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London.
- PARSONS, D. J. (1976): Vegetation structure in mediterranean communities of California and Chile. In: *Journal of Ecology*, Vol. 64, S. 435-447.
- PARSONS, D. J. & A. R. MOLDENKE (1975): Convergence in vegetation structure along analogous climatic gradients in California and Chile. In: *Ecology*, Vol. 56, No. 4, S. 950-957.
- PAVLIK, B. M., MUICK, P. C., JOHNSON, S. G. & M. POPPER (1992): Oaks of California. California Oak Foundation, Cachuma Press.
- PEASE, R. W. (1965): Modoc County. University of California Press, Berkeley, Los Angeles.
- PEATTIE, D. C. (1981): A natural history of western trees. 8. Aufl., Houghton Mifflin Co., Boston, Massachusetts.
- PERRY, J. P. (1991): The pines of Mexico and Central America. Timber Press, Inc., Portland, Oregon.
- PHILLIPS, S. J. & P. WENTWORTH COMUS (2000): A natural history of the Sonoran Desert. Arizona-Sonora Desert Museum Press, Tucson, University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London.
- PIELOU, E. C. (1994): The world of northern evergreens. 3. Aufl., Comstock Publishing Associates, division of Cornell University Press, Ithaca, London.
- POJAR, J. & A. MACKINNON (Hrsg.) (1994): Plants of the Pacific Northwest Coast. B. C. Ministry of Forests and Lone Pine Publishing, Vancouver, British Columbia.
- POWERS, R. F. & W. W. OLIVER (1990): *Libocedrus decurrens* Torr., Incense Cedar. In: Burns, R. M. & B. H. Honkala (Hrsg.): *Silvics of North America*, Vol. 1: Conifers, Forest Service, U. S. Dept. of Agriculture, Washington D. C., S. 173-178.
- RAVEN, P. H. (1966): Native shrubs of Southern California. California Natural History Guides 15, University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London.
- RAVEN, P. H. (1973): The evolution of mediterranean floras. In: Di Castri, F. & H. A. Mooney (Hrsg.): *Mediterranean type ecosystems*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, S. 213-224.
- RAVEN, P. H. (1977): The California flora. In: Barbour, M. G. & J. Major (Hrsg.): *Terrestrial vegetation of California*. John Wiley & Sons, New York, London, Sydney, Toronto, S. 109-137.
- RAVEN, P. H. & D. I. AXELROD (1978): Origin and relationships of California flora. In: *Univ. Calif. Pub. Bot.* 72, S. 1-134.
- RAY, K. (1998): State of wilderness 1998. U.S.D.A., Forest Service, Klamath National Forest, Salmon River Ranger District, Etna, California.
- RECORD, S. J. & R. W. HESS (1943): *Timbers of the new world*. Yale University Press, New Haven, S. 5-11.

- ROBERTS, N. C. (1989): Baja California plant field guide. Natural History Publishing Co., La Jolla, California.
- ROCKWELL, D. (1998): The nature of North America, a handbook to the continent, rocks, plants and animals. Berkley Books, New York.
- RUNDEL, P. W. (1975): Primary succession on granite outcrops in the montane southern Sierra Nevada. In: Madroño, Vol. 23, Dept. of Ecology and Evolutionary Biology, University of California, Irvine, S. 209-220.
- RUNDEL, P. W., PARSONS, D. J. & D. T. GORDON (1977): Montane and subalpine vegetation of the Sierra Nevada and Cascade Ranges. In: Barbour, M. G. & J. Major (Hrsg.): Terrestrial vegetation of California. John Wiley & Sons, New York, London, Sydney, Toronto, S. 559-599.
- SAWYER, J. O. & D. A. THORNBURGH (1977): Montane and subalpine vegetation of the Klamath Mountains. In: Barbour, M. G. & J. Major (Hrsg.): Terrestrial vegetation of California. John Wiley & Sons, New York, London, Sydney, Toronto, S. 699-732.
- SAWYER, J. O., THORNBURGH, D. A. & J. R. GRIFFIN (1977): Mixed evergreen forest. In: Barbour, M. G. & J. Major (Hrsg.): Terrestrial vegetation of California. John Wiley & Sons, New York, London, Sydney, Toronto, S. 359-381.
- SCHOENHERR, A. A. (1992): A natural history of California. California Natural History Guides 56, University of California Press, Berkley, Los Angeles, Oxford, S. 1-166, 228-260, 278-280.
- SMITH, W. K. (1985): Western montane forests. In: Chabot, B. F. & H. A. Mooney (Hrsg.): Physiological ecology of north american plant communities. Chapman and Hall, New York, London, S. 96-97.
- STEBBINS, G. L. & J. MAJOR (1965): Endemism and speciation in the california flora. In: Ecol. Monogr., Vol. 35, No. 1, S. 1-35.
- STORER, T. I. & R. L. USINGER (1963): Sierra Nevada natural history. University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London, S. 1-164, 154.
- STRICKLER, D. (1993): Wayside wildflowers of the Pacific Northwest. The Flower Press, Columbia Falls, Montana.
- STUHL, E. & M. C. FORD (1981): Wildflowers of Mount Shasta. Clementine Publishing Co., Klamath Falls, Oregon.
- SUDWORTH, G. B. (1967): Forest trees of the Pacific slope. Dover Publications, Inc., New York, S. 148-153.
- TAPIA LANDEROS, A. (1998): En el reino de Calafia. Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, B. C. México.
- TAYLOR, R. J. (1996): Sagebrush Country, a wildflower sanctuary. 5. Aufl., Mountain Press Publishing Company, Missoula, Montana.
- THOMSEN, B. (Hrsg.) (1997): Calaveras Big Trees, a wildflower sampler. The Calaveras Big Trees Association.

- THORNE, R. F. (1977): Montane and subalpine forests of the Transverse and Peninsular Ranges. In: Barbour, M. G. & J. Major (Hrsg.): Terrestrial vegetation of California. John Wiley & Sons, New York, London, Sydney, Toronto, S. 537-557.
- THROWER, N. J. W. & D. E. BRADBURY (1973): The physiography of the Mediterranean lands with special emphasis on California and Chile. In: di Castri, F. & H. A. Mooney (Hrsg.): Mediterranean type ecosystems. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, S. 37-52.
- THROWER, N. J. W. & D. E. BRADBURY (Hrsg.) (1977): Chile - California. Mediterranean Scrub Atlas. A comparative Analysis, US / IBP Synthesis Series 2, Dowden, Hutchinson & Ross, XV, Stroudsburg / Pennsylvania.
- U.S.D.A. (1981): Calveg, a classification of Californian vegetation. U.S. Forest Service, Regional Ecology Group, San Francisco, California, S. 1-88, 96-134, 168 ff.
- U.S.D.A. (1994a): Soil Survey, Klamath National Forest Area, California. U.S.D.A. in cooperation with U.S.D.A. Soil Conservation Service and Regents of the University of California (Agricultural Experiment Station), Forest Service, Pacific Southwest Region.
- U.S.D.A. (1994b): Soil Survey, Stanislaus National Forest Area, California. U.S.D.A. in cooperation with U.S.D.A. Soil Conservation Service and Regents of the University of California (Agricultural Experiment Station), Forest Service, Pacific Southwest Region.
- VASEK, F. C. & R. F. THORNE (1977): Transmontane coniferous vegetation. In: Barbour, M. G. & J. Major (Hrsg.): Terrestrial vegetation of California. John Wiley & Sons, New York, London, Sydney, Toronto, S. 797-807.
- VENNUM, W. (1994): Geology of Castle Crags. In: California Geology, H. March / April, S. 31-38.
- VOGL, R. J., ARMSTRONG, W. P., WHITE, K. L. & K. L. COLE (1977): The closed-cone pines and cypresses. In: Barbour, M. G. & J. Major (Hrsg.): Terrestrial vegetation of California. John Wiley & Sons, New York, London, Sydney, Toronto, S. 295-358.
- WALKER, R. B. (1954): The ecology of serpentine soils, II. Factors affecting plant growth on serpentine soils. In: Ecology, Vol. 35, No. 2, S. 259-266.
- WATTS, T. (1973): Pacific Coast tree finder. Rochester, New York, S. 26.
- WEEDEN, N. F. (1996): A Sierra Nevada flora. 4. Aufl., Wilderness Press, Berkeley, California.
- WEISE, D. R., GELOBTER, A., HAASE, S. M. & S. S. SACKETT (1997): Photo series for quantifying fuels and assessing fire risk in Giant Sequoia groves. U.S.D.A., Forest Service, Pacific Southwest Research Station, General Technical Report, PSW-GTR-163, Albany, Kalifornien.
- WIGGINS, I. L. (1980): Flora of Baja California. Stanford University Press.
- WILSON, L., WILSON, J. & J. NICHOLAS (1994): Wildflowers of Yosemite. Sierra Press, Inc., El Portal, California.

- WITHMAN, A. H. (Hrsg.) (1996): Familiar flowers of North America, western region. 2. Aufl., National Audubon Society, pocket guide, Alfred A. Knopf, New York.
- WITHMAN, A. H. (Hrsg.) (1997): Familiar trees of North America, western region. 2. Aufl., National Audubon Society, pocket guide, Alfred A. Knopf, New York, S. 32-33.
- WHITNEY, S. (1979): The Sierra Nevada. A Sierra Club naturalist's guide, Sierra Club Books, San Francisco.
- WHITNEY, S. (1997): Western forests. 2. Aufl., National Audubon Society Nature Guides, Alfred A. Knopf, New York, S. 65-79, 367.
- WHITTAKER, R. H. (1954a): The ecology of serpentine soils, I. Introduction. In: Ecology, Vol. 35, No. 2, S. 258-259.
- WHITTAKER, R. H. (1954b): The ecology of serpentine soils, IV. The vegetational response to serpentine soils. In: Ecology, Vol. 35, No. 2, S. 275-288.
- WHITTAKER, R. H. (1960): Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. In: Ecol. Monogr., Vol. 30, No. 3, S. 279-338.
- ZINKE, P. J. (1977): The redwood forest and associated north coast forests. In: Barbour, M. G. & J. Major (Hrsg.): Terrestrial vegetation of California. John Wiley & Sons, New York, London, Sydney, Toronto, S. 679-698.

Literaturverzeichnis (*Austrocedrus chilensis*)

- ARROYO, M. T. K., ZEDLER, P. H. & M. D. FOX (1994): Ecology and Biogeography of Mediterranean Ecosystems in Chile, California and Australia. Ecological Studies, Vol. 108, Springer, Berlin..
- AUER, V. (1970): The Pleistocene of Fuego - Patagonia. Part V: Quaternary Problems of Southern South America, Ann. Acad. Scient. Fennicae, Ser. A. III, Geol.-Geogr. 100, Helsinki, 194 S.
- BADER, F. J. W. (1960a): Die südhemisphärischen Coniferen als genetisches, geographisches und ökologisches Florenelement. In: Erdkunde, Jg. 14, S. 303-308.
- BADER, F. J. W. (1960b): Die Verbreitung borealer und subantarktischer Holzgewächse in den Gebirgen des Tropengürtels. In: Nova Acta Leopold., N. F., Nr. 148, Bd. 23, Leipzig.
- BENOIT, I. (1989): Libro rojo de la flora terrestre en Chile. Servicio Forestal de Chile, Santiago de Chile.
- BERNINGER, O. (1929): Wald und offenes Land in Südchile seit der spanischen Eroberung. In: Geograph. Abh., 3. Reihe, H. 1, Engelhorn Nachf., Stuttgart.
- BERNINGER, O. (1933): Die chilenische Frontera als Landschafts- und Kulturscheide. In: Geograph. Zeitschrift, Jg. 39, S. 412-420.
- BESOAIN, E. (1969): Untersuchungen von Böden aus Pyroklastiten (Aschen und Tuffe) Chiles, Japans, Deutschlands und Italiens. Diss., Math.- Nat. Fak., Bonn.

- BESOAIN, E. & G. SEPULVEDA (1983): Merkmale und Eigenschaften einiger wichtiger vulkanischer Aschenböden aus dem Seengebiet Südchiles. In: Colloquium Geographicum 16, Studia Geographica, Lauer - Festschrift, Bonn, S. 15-42.
- BONINSEGNA, J. A. & R. L. HOLMES (1978): Breve descripción de un relicto de *Austrocedrus chilensis* (D. Don) Endl. en Huinganca (Pcia. del Neuquen). In: Anales Inst. Argentino Nivologia y Glaciologia, Vol. 4, S. 115-124.
- BREUER, A. (1974): Die Bewölkungsverhältnisse des südhemisphärischen Südamerika und ihre klimageographischen Aussagemöglichkeiten. Diss., Bonn.
- BUFF, J. (1994): Nationalparke von Weltrang im „Kleinen Süden“ Chiles. In: Forst und Holz 49, Nr. 18, S. 534-537.
- CASERTANO, L. (1962): Der Vulkanismus in Chile. In: Petermanns Geogr. Mitt. 106, Nr. 2, Gotha, S. 106-110.
- CASTOR, C., CUEVAS, J. G., ARROYO, M. T. K., RAFIL, Z., DODD, R. & A. PENALOZA (1996): *Austrocedrus chilensis* (Don, D.) Pic-Ser et Bizz (Cupressaceae) from Chile and Argentina - monoecious or dioecious? In: Revista Chilena de Historia Natural, Vol. 69, H. 1, S. 89-95.
- CAVIEDES, C. N. (1990): Rainfall variation, Snowline Depression and Vegetational Shifts in Chile during the Pleistocene. In: Climatic Change, Vol. 16, Nr. 1, S. 99-114.
- CONAF (1970): Plan de manejo y desarrollo del Parque Nacional Nahuelbuta. Servicio agrícola y ganadero, Division Forestal, Los Ángeles.
- CONAF (1985): Geología, area de protección „Radal Siete Tazas“. Depto. de areas silvestres protegidas.
- CONAF (1993a): Plan de manejo Reserva Nacional Rio de los Cipreses. Documento de trabajo Nr. 188, programa patrimonio silvestre.
- CONAF (1993b): Plan de manejo Parque Nacional Laguna de la Laja. Documento de trabajo Nr. 129.
- CONAF (1995): Guia de Parques Nacionales y otras areas protegidas de Chile. Ministerio de Agricultura, Santiago de Chile.
- DEZZOTTI, A. (1996): *Austrocedrus chilensis* and *Nothofagus dombeyi* stand development during secondary succession, in Northwestern Patagonia, Argentina. In: Forest Ecology & Management, Vol. 89 (1-3), S. 125-137.
- DEZZOTTI, A. & L. SANCHOLUZ (1991): Los bosques de *Austrocedrus chilensis* en Argentina: ubicación, estructura y crecimiento. In: Bosque, Vol. 12, Nr. 2, San Carlos de Bariloche, S. 43-52.
- DIMITRI, M. J. (1972): La región de los bosques andino - patagónicos. Sinopsis general, Buenos Aires.
- DIMITRI, M. J. (1977): Pequeña flora ilustrada de los parques nacionales andino - patagónicos. Publicación Técnica Nr. 46, Servicio nacional de parques nacionales, Buenos Aires.

- DIMITRI, M. J., LEONARDIS, R. F. J. & J. S. BILONI (1998): El nuevo libro del árbol: especies forestales de la Argentina occidental. Tomo I, El Ateneo, S. 28-29.
- DONOSO, C. (1981): Investigación y desarrollo forestal, tipos forestales de los bosques nativos de Chile. Santiago de Chile.
- DONOSO, C. (1982): Resena ecológica de los bosques Mediterraneos de Chile. In: Bosque, Vol. 4, Nr. 2, S. 117-146.
- DONOSO, C. (1984): Dendrologia, arboles y arbustos chilenos. Manual No. 2, Facultad de Ciencias Forestales, Dep. de Silvicultura, Santiago de Chile, S. 16-17.
- DONOSO, C. (1994a): Ecología forestal, el bosque y su medio ambiente. Cuarta ed., Editorial Universitaria, Universidad Austral de Chile.
- DONOSO, C. (1994b): Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, Estructura y Dinámica. Segunda ed., Editorial Universitaria, Santiago de Chile.
- DONOSO, C. (1994c): Arboles nativos de Chile. Guía de reconocimiento, Marisa Cúneo Ediciones, Valdivia.
- DONOSO, C., CORTÉS, M. & L. SOTO (1980): Antecedentes sobre semillas y germinación de Alerce, Ciprés de las Guaitecas, Ciprés de la Cordillera y Tineo. In: Bosque, Vol. 3, Nr. 2, S. 96-100.
- DONOSO, C. & C. RAMIREZ (1994): Arbustos nativos de Chile. Guía de reconocimiento, Marisa Cúneo Ediciones, Valdivia.
- ELLIES, A. (1975): Untersuchungen über einige Aspekte des Wasserhaushaltes vulkanischer Aschenböden aus der gemäßigten Zone Südchiles. Diss., Fak. f. Gartenbau u. Landeskultur, Hannover.
- ENDLICHER, W. (1983): Zur Witterungsklimatologie der Winterregen-Subtropen Chiles. In: Erdkunde, Jg. 37, S. 258-268.
- ENDLICHER, W. (1988): Geoökologische Untersuchungen zur Landschaftsdegradation im Küstenbergland von Concepción (Chile). In: Erwiss. Forschung, Band XXII, Franz Steiner Verlag Wiesbaden GmbH, Stuttgart, S. 78.
- ENDLICHER, W. (1991): Zur Klimageographie und Klimaökologie von Südpatagonien. In: Endlicher, W. & H. Goßmann (Hrsg.): Beiträge zur regionalen und angewandten Klimatologie, Freiburger Geographische Hefte, Heft 32, W. Weischet zum 70. Geb., Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg i. Br., S. 181-211.
- ENRIGHT, N. J. & R. S. HILL (Hrsg.) (1995): Ecology of the southern conifers. Melbourne University Press, S. 136-142.
- ERIKSEN, W. (1970): Kolonisation und Tourismus in Ostpatagonien. Bonner Geograph. Abh., H. 43, Ferd. Dümmlers Verlag, Bonn, S. 1-29.
- ERIKSEN, W. (1972): Störungen des Ökosystems Patagonischer Steppen- und Waldregionen unter dem Einfluß von Klima und Mensch. In: Biogeographica 1, Junk, The Hague, S. 57-73.

- ERIKSEN, W. (1975): Disruptions in the ecosystems of the steppe and forest regions of Patagonia by climate and man. *Applied Sciences and Development* 6, S. 127-142.
- ERIKSEN, W. (1979): Föhnprozesse und föhnartige Winde in Argentinien. *Innsbrucker Geograph. Studien* 5, Leidlmair - Festschrift, Innsbruck, S. 63-78.
- ERIKSEN, W. (1983): Aridität und Trockengrenzen in Argentinien. In: *Colloquium Geographicum* 16, Lauer - Festschrift, Bonn, S. 43-68.
- ESKUCHE, U. (1973): Estudios fitosociológicos en el norte de Patagonia. Investigación de algunos factores de ambiente de bosques y de chaparral, In: *Phytocoenologica* 1, H. 1, Stuttgart, S. 64-113.
- FLORIN, R. (1940): The Tertiary fossil conifers of South Chile and their phyto-geographical significance, with a review of the fossil conifers of Southern lands. In: *Kungl. Svenska Vetenskapsakad. Handl., Tredje Ser., Bd. 19, Nr. 2, Stockholm.*
- FLORIN, R. & J. B. BOUTELJE (1954): External morphology and epidermal structure of leaves in the genus *Libocedrus*, s. Lat.. In: *Acta Horti Bergiani*, Bd. 17, Nr. 2, Almquist & Wiksells Boktryckeri A. B., Uppsala, S. 26-33.
- FOLLMANN, G. (1967): Chilenische Flechtengesellschaften. In: *Umschau Wiss. Techn.* 67, H. 1, S. 27-28.
- FONTENLA, S., HAVRYLENKO, M. & P. ROSSO (1991): Micorrizas vesículo- arbusculares en *Austrocedrus chilensis*. In: *Suelo y Planta* 1, S. 251-255.
- FREIBERG, H.- M. (1985): Vegetationskundl. Untersuchungen an südchilenischen Vulkanen. In: *Bonner Geograph. Abh., H. 70, Ferd. Dümmlers Verlag XI, Bonn.*
- FUCHS, K. (1991): Dendrologische Beobachtungen bei einer Reise durch Südamerika. In: *Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges.* 80, S. 203-223.
- FUENTES, E. (1994): Qué futuro tienen nuestros bosques? Hacia la gestión sustentable del paisaje del centro y sur de Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile, S. 138-159.
- GAJARDO, R. (1993): La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica, Editorial Universitaria, Santiago de Chile.
- GARLEFF, K. (1977): Höhenstufen der argentinischen Anden in Cuyo, Patagonien und Feuerland. In: *Göttinger Geograph. Abh., H. 68, Göttingen.*
- GERTH, H. (1932): Geologie Südamerikas. *Geologie der Erde.* Bd. 1, VI, Verlag Borntraeger, Berlin.
- GERTH, H. (1955): *Der Bau der südamerikanischen Kordillere.* Berlin.
- GOBBI, M. & L. SANCHOLUZ (1992): Regeneración post-incendio del ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) en los primeros años. In: *Bosque, Vol. 13, Nr. 2, San Carlos de Bariloche, S. 25-32.*
- GODLEY, E. J. (1960): The Botany of Southern Chile in relation to New Zealand and the subantarctic. *Proc. Roy. Soc. of London, Series B* 152, S. 457-475.

- GODOY, R., CARRILLO, R. & H. PEREDO (1993): Compatibilidad y eficiencia in vitro de *Glomus intraradices* en coníferas nativas del sur de Chile. In: Bosque, Nr. 14, H. 2, S. 57-63.
- GODOY, R., CARRILLO, R. & H. PEREDO (1995): Ökologische und experimentelle Arbeiten über Mykorrhiza in Naturwäldern Südchiles. Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Frankfurt a. M., Bd. 24, Freising - Weihenstephan.
- GODOY, R. & R. MAYR (1989): Caracterización morfológica de micorrizas vesículo-arbusculares en coníferas endémicas del sur de Chile. In: Bosque, Vol. 10, Nr. 2, S. 89-98.
- GODOY, R., ROMERO, R. & R. CARRILLO (1994): Estatus micotrófico de la flora vascular en bosques de coníferas nativas del sur de Chile. In: Revista Chilena de Historia Natural, Nr. 67, S. 209-220.
- GOLTE, W. (1974): Öko-physiologische und phylogenetische Grundlagen der Verbreitung der Coniferen auf der Erde. Dargestellt am Beispiel der Alerce (*Fitzroya cupressoides*) in den südlichen Anden. In: Erdkunde, Jg. 28, H. 2, S. 81-101.
- GOLTE, W. (1978a): Die südhemisphärischen Coniferen und die Ursachen ihrer Verbreitung außerhalb und innerhalb der Tropen. In: C. Troll u. W. Lauer (Hrsg.): Geoökologische Beziehungen zwischen der temperierten Zone der Südhalbkugel und den Tropengebirgen. Franz Steiner Verlag, Wiesbaden, S. 93-123.
- GOLTE, W. (1978b): Die südandine und die südbrasilianische Araukarie. Ein ökologischer Vergleich. In: Erdkunde, Jg. 32, S. 279-296.
- GOLTE, W. (1983): Verbreitung und ökologische Grundlagen der laubwerfenden *Nothofagus*-Arten im südlichen Andenraum. In: W. Lauer (Hrsg.): Beiträge zur Geoökologie von Gebirgsräumen in Südamerika und Eurasien. Wiesbaden, S. 9-51.
- GOLTE, W. (1984): Zur klimaökologischen Stellung der Gattung *Araucaria*. In: W. Lauer (Hrsg.): Natur und Mensch in Ökosystemen tropischer Hochgebirge. Erdwiss. Forschung, Bd. 18, Stuttgart, S. 307-320.
- GOLTE, W. (1988): Comparative ecology of the conifer genus *Araucaria*. In: 26th Congress of the Int. Geographical Union, Vol. 1, Sydney, S. 212.
- GOLTE, W. (1993): *Araucaria*. Verbreitung und Standortansprüche einer Coniferengattung in vergleichender Sicht. Erdwiss. Forschung, Bd. 27, Franz Steiner Verlag, Stuttgart.
- GONZÁLES, S., RODRÍGUEZ, R. & M. BAEZA (1991): Árboles del Bío-Bío. Ediciones Universidad de Concepción.
- GRAF, K. (1986): Klima und Vegetationsgeographie der Anden. In: Physische Geographie, Univ. Zürich - Irchel, Zürich.
- GREZ, R. (1977): Nährelementhaushalt und Genese von Böden aus vulkanischen Aschen in Südchile. In: Freiburger Bodenkundl. Abh. 6, Freiburg i. Br.
- HAVRYLENKO, M., ROSSO, P. H. A. & S. B. FONTENLA (1989): *Austrocedrus chilensis*: contribución al estudio de su mortalidad en Argentina. In: Bosque, Vol. 10, Nr. 1, San Carlos de Bariloche, S. 29-36.

- HOFFMANN, A. (1994): Flora silvestre de Chile: zona austral. Ed. Fundacion Claudio Gay (Dist. Universitaria), Santiago de Chile.
- HOFFMANN, A. (1995): Flora silvestre de Chile: zona central. Ed. Fundacion Claudio Gay (Dist. Universitaria), Santiago de Chile.
- HOFFMANN, J. A. J. (1992): Das kontinentale Luftdruck- und Niederschlagsregime Südamerikas. In: Erdkunde, Jg. 46, S. 40-51.
- HUECK, K. (1966): Die Wälder Südamerikas. Ökologie, Zusammensetzung und wirtschaftliche Bedeutung. Vegetationsmonographien der einzelnen Großräume 2, Fischer XVIII, Stuttgart.
- HUECK, K. & P. SEIBERT (1981): Vegetationskarte von Südamerika. Gustav Fischer Verlag.
- HUSEN, C. v. (1967): Klimagliederung in Chile auf der Basis von Häufigkeitsverteilungen der Niederschlagssummen. In: Freiburger Geograph. Hefte, H. 4, S. 1-113.
- IBARRA, G. (1991): Crecimiento de *Austrocedrus chilensis* en la precordillera de la provincia de Talca. Informe Tec. For., Pont. Univ. Cat. de Chile - Talca.
- ILLIES, H. (1960): Geologie der Gegend von Valdivia, Chile. In: Neues Jb. Miner. Geol. Paläont. Mh., Abh. III, Stuttgart, S. 30-107.
- JHERING, H. v. (1929): Klima und Flora von Patagonien im Wandel der Zeit. In: Peterm. Geograph. Mitt. LXXV, Gotha, S. 175 ff.
- KALELA, A. (1937): Zur Synthese der experimentellen Untersuchungen über Klimarassen der Holzarten. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 26, 1, Helsinki.
- KALELA, E. (1941): Über die Holzarten und die durch die klimatischen Verhältnisse verursachten Holzartenwechsel in den Wäldern Ostpatagoniens. Helsinki.
- KESSLER, A. (1978): Studien zur Klimatologie der Strahlungsbilanz. In: Troll, C. & W. Lauer (Hrsg.): Geoökologische Beziehungen zwischen der temperierten Zone der Südhalbkugel und den Tropengebirgen. Erdwissenschaftl. Forschung, Bd. XI, Franz Steiner Verlag, Wiesbaden, S. 55.
- KITZBERGER, T. & T. T. VELEN (1997): Influences of humans and enso on fire history of *Austrocedrus chilensis* woodlands in Northern Patagonia, Argentina. In: Ecoscience, Vol. 4, H. 4, S. 508-520.
- KNAPP, R. (1966): Einflüsse von Schnee und Wind auf subantarktische Wälder im südlichsten Amerika (Provincia Magellanes, Chile). In: Ber. oberhess. Ges. f. Natur- u. Heilkunde zu Gießen, NF, Naturwiss. Abt. 34, H. 1-2, S. 163-164.
- KNOCH, W. (1927): Karten der Januar- und Julibewölkung in Chile. In: Zeitschr. d. Ges. für Erdkunde, Berlin.
- KOZDON, P. (1957): Die autochthonen Koniferen der Andenkordillere und ihr allmähliches Verschwinden (span.). Mundo Maderero, Buenos Aires.
- LAUER, W. (1950/52): Humide und aride Jahreszeiten in Afrika und Südamerika und ihre Beziehung zu den Vegetationsgürteln. Bonn. Diss. In: W. Lauer & al. (Hrsg.): Studien zur Klima- und Vegetationskunde der Tropen, Bonner Geograph. Abh., H. 9, Bonn, S. 15-98.

- LEBEDEFF, N. (1942): Rejuvenecimiento del ciprés e influencia de la ganadería. In: Bol. For. 1938-40, Dir. Gral. Parques Nacionales, Bs. As., S. 128-158.
- LE-QUESNE, C. E. (1988): Caracterización de bosques de Ciprés de la Cordillera (*Austrocedrus chilensis* (D. Don) Florin et Boutelje) en Radal - 7 Tazas, Septima Region, Chile. Tesis, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Valdivia.
- LJUNGNER, E. (1959): Nahuel Huapi. Ein geographischer Querschnitt durch die Anden in Patagonien. In: Ber. d. schwed. wiss. Expedition nach Patagonien 1932-34, Nr. 6, Uppsala, Wiesbaden.
- MARTICORENA, C. & M. QUEZADA (1985): Catalogo de la flora vascular de Chile. In: Gayana, Bot. 42, Nr. 1/2.
- MARTIN, C. (1923): Landeskunde von Chile. L. Friedrichsen & Co., Hamburg.
- MARTINEZ, O. M. & A. M. J. MUÑOZ (1988): Aspectos conservativos de las coníferas chilenas. In: Bosque, Vol. 9, Nr. 2, S. 77-81.
- MAY, T. (1992): Gewitterhäufigkeit, menschliche Besiedlung, Feuer und Vegetation im Mittelmeerraum und in Zentralchile. In: Natur und Museum, Bd. 122, S. 311-323.
- MENÉNDEZ, C. A. (1969): Die fossilen Floren Südamerikas. In: Biogeography and Ecology in South America, Vol. 2 (Monographiae Biologicae, Vol. 19), The Hague, S. 519-561.
- MONTERO, G. (1926): Contribucion al area geografica del *Libocedrus chilensis* Endl. In: Revista Chilena de Historia Natural, ano XXX, S. 298.
- MUELLER, P. & J. SCHMITHÜSEN (1970): Probleme der Genese südamerikanischer Biota. In: Festschrift Erwin Gentz zum 65. Geburtstag. Kiel, S. 109-122.
- MUÑOZ PIZARRO, C. M. (1966): Sinopsis de la flora chilena. Claves para la identificación de familias y generos. Ed. de la Univ. de Chile, Santiago, S. 41-43.
- MUÑOZ, M. (1985): Flores del norte chico. Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos.
- NAUMANN, M. (1996): Das nordpatagonische Seengebiet Nahuel-Huapi (Argentinien), biogeographische Struktur, Landnutzung seit dem 17. Jahrhundert und aktuelle Degradationsprozesse. Marburger Geographische Schriften, H. 131, Selbstverlag der Marburger Geograph. Ges. e.V., Marburg/Lahn.
- OBERDORFER, E. (1960): Pflanzensoziologische Studien in Chile. Verlag von J. Cramer, Weinheim.
- QUINTANILLA, V. (1973): Mapa fitogeográfico y ecológico de Chile templado. Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- QUINTANILLA, V. (1974): Les formations vegetales du Chili tempere. Documents de Cartographie Ecologique, Vol. XIV, S. 33-80, Grenoble.
- QUINTANILLA, V. (1981): Zonación altitudinal de la vegetación de los volcanes de Cautin (Chile). Inform. geogr. Chile 28, S. 103-124, Universidad de Chile, Santiago.

- QUINTANILLA, V. (1983a): Perfiles vegetales en la cuenca superior del Río Maule, VII región. *Contribuciones Científicas y Tecnológicas*, Nr. 62, Area Geociencias III, Universidad de Santiago de Chile.
- QUINTANILLA, V. (1983b): Biogeografía. *Geografía de Chile*, Tomo III, Instituto Geográfico Militar, Santiago de Chile.
- QUINTANILLA, V. (1985): La sucesión de los pisos vegetales en los Andes de Chile. Antecedentes fitogeográficos. In: *Pirineos* 125, S. 31-51.
- REICHE, K. (1907): Grundzüge der Pflanzenverbreitung in Chile. *Die Vegetation der Erde* 8, Engelmann, Leipzig.
- ROBERTS, R. & C. DIAZ (1959): Los grandes grupos de suelos de Chile. In: *Agr. tec.* Año XIX-XX, S. 7-36, Santiago.
- RODRÍGUEZ, R., MATTHEI, O. & M. QUEZADA (1983): Flora arborea de Chile (Bibl. de recursos renovables y no renovables de Chile, 1). Univ. de Concepción, S. 73-75.
- ROMERO, H. (1985): Geografía de los climas. *Geografía de Chile*, Tomo XI, Instituto Geográfico Militar, Santiago de Chile.
- ROSSO, P. H., BACCALÁ, N., HAVRYLENKO, M. & S. FONTENLA (1994): Spatial pattern of *Austrocedrus chilensis* wilting and the scope of autocorrelation analysis in natural forests. In: *Forest Ecology Management* 67, Elsevier, S. 273-279.
- ROSSO, P. H., HAVRYLENKO, M. & S. B. FONTENLA (1989): *Austrocedrus chilensis*: asociación espacial entre individuos sanos y afectados por la mortalidad. In: *Bosque*, Vol. 10, Nr. 2, San Carlos de Bariloche, S. 85-88.
- ROVERE, A. (1991): Estudio experimental de la germinación y el desarrollo temprano del ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*). Tesis de Licenciatura en Cs. Bológicas, Bariloche, Univ. Nac. del Comahue.
- ROVIRA, A. (1984): Geografía de los suelos. *Geografía de Chile*, Tomo V, Instituto Geográfico Militar, Santiago de Chile.
- SCHLEGEL, F. (1962): Hallazgo de un bosque de cipreses cordilleranos en la provincia de Aconcagua. In: *Bol. de la Univ. de Chile* 32, S. 43-46.
- SCHLEGEL, F. (1966): Pflanzensoziologische und floristische Untersuchungen über Hartlaubgehölze im La Plata-Tal bei Santiago de Chile. In: *Ber. d. oberhess. Ges. f. Natur- u. Heilkunde Gießen, naturwiss. Abt.* 34, H. 314, S. 183-204.
- SCHMITHÜSEN, J. (1953): Die Grenzen der chilenischen Vegetationsgebiete. 29. Deutscher Geographentag, Essen, S. 101-108.
- SCHMITHÜSEN, J. (1954a): Immergrüne Hartlaubgehölze des subtropischen Winterregengebietes in Mittelchile, S.- A. In: *Rhododendron Jahrbuch*.
- SCHMITHÜSEN, J. (1954b): Waldgesellschaften des nördlichen Mittelchile. In: *Vegetatio*, V-VI, Den Haag, S. 479-486.
- SCHMITHÜSEN, J. (1956a): Die räumliche Ordnung der chilenischen Vegetation. In: *Forschungen in Chile. Bonner Geograph. Abh.* 17, S. 1-86.

- SCHMITHÜSEN, J. (1956b): Forschungen in Chile. Bonner Geograph. Abh. 17, Selbstverlag des Geograph. Inst.
- SCHMITHÜSEN, J. (1960): Die Nadelhölzer in den Waldgesellschaften der südlichen Anden. In: Vegetatio IX, S. 313-327.
- SCHMITHÜSEN, J. (1966): Problems of vegetation history in Chile and New Zealand. In: Vegetatio, Acta geobot. 13, H. 4, S. 189-206.
- SCHMITHÜSEN, J. (1978): Konkurrenz als begrenzender Faktor bei Restarealen alter Koniferentaxa mit einem Ausblick auf ökologische Konsequenzen für die Forstwirtschaft. In: Troll, C. & W. Lauer (Hrsg.): Geoökologische Beziehungen zwischen der temperierten Zone der Südhalbkugel und den Tropengebirgen, Franz Steiner Verlag, Wiesbaden, S. 124-134.
- SCHWABE, G. H. (1956): Die ökologischen Jahreszeiten im Klima von Mininco (Chile). In: Forschungen in Chile, Bonner Geograph. Abh. 17, S. 139-183.
- SEIBERT, P. (1972): Der Bestandesaufbau einiger Waldgesellschaften in der Südkordillere (Argentinien). Forstw. Cbl. 91 (4), Hamburg, Berlin, S. 278-291.
- SEIBERT, P. (1977): Klima- und Vegetationsgefälle in der argentinischen Südkordillere. In: R. Tüxen (Hrsg.): Vegetation und Klima. Berichte der Int. Symposien der Int. Vereinigung für Vegetationskunde, Rinteln 24.- 27. 3. 1975, Verlag J. Cramer, Vaduz, S. 513-515.
- SEIBERT, P. (1979): Die Vegetationskarte des Gebietes von El Bolsón, Prov. Río Negro, und ihre Anwendung in der Landnutzungsplanung. BGA, Heft 62, Ferd. Dümmlers Verlag, Bonn.
- SEIBERT, P. (1996): Farbatlas Südamerika, Landschaften und Vegetation. Ulmer Verlag, S. 229-245.
- SKOTTSBERG, C. (1910): Botanische Ergebnisse der schwed. Expedition nach Patagonien und Feuerland 1907-09. Berlin.
- TRICIO, C. A. (1991): Descripción vegetal, florística y dasométrica de un rodal de *Austrocedrus chilensis* en la pre-cordillera de la comuna de San Clemente, Informe final de Taller de habilitación profesional, Pontificia Univ. Católica de Chile, Talca.
- VARSAVSKY, E., BETTUCCI, L., RODRÍGUEZ, D. & C. GOMEZ (1975): Observaciones preliminares sobre la mortalidad del ciprés (*Austrocedrus chilensis*) en los bosques patagónicos. In: Publicación Fundación Bariloche 19, Bariloche.
- VEBLEN, T., DONOSO, C., KITZBERGER, T. & A. J. REBERTUS (1996): Ecology of Southern Chilean and Argentinian *Nothofagus*-Forests. In: Veblen, T., Hill, R. F. & J. Read (Hrsg.): The ecology and biogeography of *Nothofagus*-Forests. Yale University Press, New Haven, London, S. 293-353.
- VEBLEN, T. & D. LORENZ (1987): Post-fire stand development of *Austrocedrus chilensis* forest in Northern Patagonia. In: Vegetatio 71, S. 113-126.
- VEBLEN, T. T. & F. M. SCHLEGEL (1982): Reseña ecológica de los bosques del sur de Chile. In: Bosque, Vol. 4, Nr. 2, S. 73-115.

- VILLAGRÁN, C. (1980): Vegetationsgeschichtliche und pflanzensoziologische Untersuchungen im Vicente Perez Rosales Nationalpark (Chile). *Dissertationes Botanicae*, Bd. 54, J. Cramer i. A. R. Ganter Verlag, Vaduz.
- VILLALBA, R. & T. T. VEULEN (1997): Spatial and temporal variation in *Austrocedrus* growth along the forest-steppe ecotone in northern Patagonia. In: *Canadian Journal of Forest Research-Journal (Canadien de la Recherche Forestiere)*, Vol. 27, H. 4, S. 580-597.
- WEISCHET, W. (1959): Geographische Beobachtungen auf einer Forschungsreise in Chile. In: *Erdkunde*, Bd. 13, S. 6-22.
- WEISCHET, W. (1960): Die geographischen Auswirkungen des Erdbebens vom 22. Mai 1960 im Kleinen Süden Chiles. In: *Erdkunde*, Bd. 14, S. 273-288.
- WEISCHET, W. (1970): Chile, seine länderkundliche Individualität und Struktur. *Wissenschaftl. Buchges., Darmstadt*.
- WEISCHET, W. (1978): Die ökologisch wichtigen Charakteristika der kühl-gemäßigten Zone Südamerikas mit vergleichenden Anmerkungen zu den tropischen Hochgebirgen. In: Troll, C. & W. Lauer (Hrsg.): *Geoökologische Beziehungen zwischen der temperierten Zone der Südhalbkugel und den Tropengebirgen*, Erdwissenschaftl. Forschung, Bd. XI, Franz Steiner Verlag, Wiesbaden.
- WEISCHET, W. (1985): Die thermische Ungunst der südhemisphärischen Mittelbreiten im Sommer im Lichte neuer dynamisch-klimatologischer Untersuchungen. In: *Wege der Forschung*, Darmstadt, S. 330-353.
- ZEIL, W. (1964): *Geologie von Chile*. Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- ZEIL, W. (1979): The Andes. A geological review. *Beiträge zur regionalen Geologie der Erde* 13, VIII, Verlag Borntraeger, Berlin, Stuttgart.
- ZIZKA, G. (1989): *Jubaea chilensis* (Molina) Baillon, die chilenische Honig- oder Coquitopalme. In: *Palmengarten* 53, H. 1, S. 35-40.
- ZÖLLNER, O. (1991): Die drei Gesneriaceen-Gattungen des chilenischen Urwaldes, In: *Palmengarten* 55, H. 2, S. 25-27.

Literaturverzeichnis (allgemeine Werke)

- BARTHLOTT, W., LAUER, W. & A. PLACKE (1996): Global distribution of species diversity in vascular plants – towards a world map of phytodiversity. In: *Erdkunde*, Jg. 50, Bonn, S. 317-327.
- BARTHLOTT, W. & M. WINIGER (Hrsg.) (1998): *Biodiversity. A challenge for development, research, and policy*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, S. 3-32, 83-108.
- DÍAZ, H. F., BRADLEY, R. S. & J. K. EISCHEID (1989): Precipitation fluctuations over global land areas since the late 1800's. In: *Journal of Geophysical Research*, Vol. 94, Nr. D1, January 2D, S. 1195-1210.
- DI CASTRI, F. & H. A. MOONEY (1973): *Mediterranean type ecosystems*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

- DI CASTRI, F. & H. A. MOONEY (Hrsg.) (1973): Mediterranean type ecosystems. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- DRUDE, O. (1890): Pflanzengeographie. Verlag v. J. Engelhorn, Stuttgart.
- ERIKSEN, W. (Hrsg.) (1985): Klimageographie. Wege der Forschung, Bd. 615, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- FLOHN, H. (1967): Bemerkungen zur Asymmetrie der atmosphärischen Zirkulation. In: Annalen d. Meteorologie, N. F. 3, S. 76-80.
- FRANZ, H. (1979): Ökologie der Hochgebirge. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- GEIGER, R. (1961): Das Klima der bodennahen Luftschicht. 4. Aufl., Vieweg, Braunschweig.
- GEIGER, R., ARON, R. H. & P. TODHUNTER (1995): The climate near the ground. 5. Aufl., Vieweg, Braunschweig, Wiesbaden.
- GOTHAN, W. & H. WEYLAND (1973): Lehrbuch der Paläobotanik. BLV Verlagsgesellschaft, München, Bern, Wien, S. 406-408.
- GREGUSS, P. (1955): Xylotomische Bestimmung der heute lebenden Gymnospermen. Akademia Kiado, Budapest, S. 37-71.
- GRISEBACH, A. (1872): Die Vegetation der Erde nach ihrer klimatischen Anordnung. Bd. 2, Verlag von W. Engelmann, Leipzig, S. 467-498.
- HECKER, U. (1981): Windverbreitung bei Gehölzen. In: Mitt. Dtsch. Dendrol. Ges. 2, S. 73-92.
- HENNING, I. & D. HENNING (1976): Die klimatologische Trockengrenze. In: Meteorol. Rundschau 29 (5), S. 142-151.
- HERMES, K. (1954): Die Lage der oberen Waldgrenze in den Gebirgen der Erde und ihr Abstand zur Schneegrenze. Diss., Philosoph. Fak. der Univ. Köln, Köln.
- HORA, B. (Hrsg.) (1980): Bäume der Welt. Oxford - Enzyklopädie, DRW - Verlag, Stuttgart, S. 95-96.
- HUMBOLDT, A. v. (1808): Ansichten der Natur. Mit wissenschaftlichen Erläuterungen. Stuttgart.
- JENTSCH, C. & H. LIEDTKE (Hrsg.) (1980a): Höhengrenzen in Hochgebirgen. Vorträge und Diskussionen eines DFG-Rundgesprächs in Saarbrücken am 15. + 16. Mai 1979, Carl Rathjens zum 65. Geburtstag, Selbstverlag, Saarbrücken.
- JENTSCH, C. & H. LIEDTKE (1980b): Höhengrenzen in Hochgebirgen. In: Jentsch, C. & H. Liedtke (Hrsg.): Höhengrenzen in Hochgebirgen. Vorträge und Diskussionen eines DFG-Rundgesprächs in Saarbrücken am 15. + 16. Mai 1979, Carl Rathjens zum 65. Geburtstag, Selbstverlag, Saarbrücken, S. 29-33.
- JOHNSON, A. W. (1973): Historical view of the concept of ecosystem convergence. In: Di Castri, F. & H. A. Mooney (Hrsg.): Mediterranean type ecosystems. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, S. 3-7.
- KOCH, F. (1931): Die Entwicklung und Verbreitung der Kontinente und ihrer höheren pflanzlichen und tierischen Bewohner. Braunschweig, S. 20-25.

- KRÜSSMANN, G. (1983): Handbuch der Nadelgehölze. Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg, S. 12-14, 188.
- LARCHER, W. (1994): Ökologie der Pflanzen. 5. Aufl., UTB für Wissenschaft, Ulmer Verlag, Stuttgart.
- LAUER, W. (1960): Klimadiagramme. Gedanken und Bemerkungen über die Verwendung von Klimadiagrammen für die Typisierung und den Vergleich von Klimaten. In: Erdkunde, Jg. 14, S. 232-242.
- LAUER, W. (Hrsg.) (1961): Beiträge zur Geographie der neuen Welt. Oskar Schmieder zum 70. Geburtstag. In: Schrift. d. Geograph. Inst. d. Univ. Kiel 20, Selbstverlag d. Geogr. Inst. d. Univ. Kiel.
- LAUER, W. (1986): Das Klima der Tropen und Subtropen. In: Handbuch der Landwirtschaft und Ernährung in den Entwicklungsländern, Bd. 3, (Grundlagen des Pflanzenbaus in den Tropen und Subtropen), Stuttgart, S. 15-45.
- LAUER, W. (1995): Klimatologie. 2. Aufl., Das Geogr. Seminar, Westermann Schulbuchverlag, Braunschweig.
- LAUER, W. & M. D. RAFIGPOUR (2002): Die Klimate der Erde. Eine Klassifikation auf der Grundlage der ökophysiologischen Merkmale der realen Vegetation. In: Erdwiss. Forschung, Bd. XL, Franz Steiner Verlag, Stuttgart, S. 20-25, 39-41, 84-93.
- LAUTENSACH, H. (1952): Der Geographische Formenwandel. Studien zur Landschafts- systematik. In: Colloquium Geographicum, Bd. 3, Bonn.
- LAUTENSACH, H. (1959): Carl Troll – Ein Forscherleben. In: Erdkunde, Jg. 13, H. 4, Ferd. Dümmlers Verlag, Bonn, S. 245-258.
- MONK, C. D. (1966): An ecological significance of evergreenness. In: Ecology, Vol. 47, S. 504-505.
- PIZZETTI, M. (1985): Cacti and Succulents. Nature Guide Series, Simon & Schuster Inc., New York, London, Toronto, Sydney, Tokyo, Singapore.
- RATHJENS, C. (1980): Vergleichende Geographie der Hochgebirge, an Beispielen aus den Subtropen. In: Jentsch, C. & H. Liedtke (Hrsg.): Höhengrenzen in Hochgebirgen. Vorträge und Diskussionen eines DFG-Rundgesprächs in Saarbrücken am 15. + 16. Mai 1979, Carl Rathjens zum 65. Geburtstag, Selbstverlag, Saarbrücken, S. 15-27.
- RIKLI, M. (1912): Lebensbedingungen und Vegetationsverhältnisse der Mittelmeerländer und der atlantischen Inseln. Verlag von Gustav Fischer, Jena, S. 7-22, 30-31, 65-75.
- ROSS, S. C. & F. P. KERR (1934): Halloysite and Allophane. In: U. S. Geol. Surv. Prof. Paper, 185-G, S. 135-148, Washington.
- SCHAEFFER, F. & P. SCHACHTSCHABEL (1992): Lehrbuch der Bodenkunde. 13. Aufl., Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- SCHIMPER, F. W. & F. C. v. FABER (1935): Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. Bd. 2, Gustav Fischer Verlag, Jena.

- SCHWARZBACH, M. (1993): Das Klima der Vorzeit. 5. Aufl., Enke Verlag, Stuttgart.
- STUDT, W. (1926): Die heutige und frühere Verbreitung der Coniferen und die Geschichte ihrer Arealgestaltung. In: Mitt. a. d. Inst. f. Allg. Bot., Bd. 6, Hamburg, S. 167-308.
- TAYLOR, N. H. (1965): The Classification of Volcanic Ash Soils in New Zealand. Meeting on the Class. and Corr. of Soils from Volcanic Ash, FAO Report, Nr. 14, Rom, S. 101-110.
- TROLL, C. (1948): Der asymmetrische Vegetations- und Landschaftsaufbau der Nord- und Südhalbkugel. In: Göttinger Geogr. Abh., H. 1, Göttingen, S. 11-27.
- TROLL, C. (1957): Forschungen in Zentralmexiko 1954: Die Stellung des Landes im dreidimensionalen Landschaftsaufbau der Erde. In: Verhandlungen des Deutschen Geographentages, Bd. 30, Deutscher Geographentag Hamburg 1955, Tagungsbericht und wissenschaftliche Abhandlungen, Franz Steiner Verlag GmbH, Wiesbaden, Karte 1.
- TROLL, C. (1966a): Studien zur vergleichenden Geographie der Hochgebirge der Erde. In: Ökologische Landschaftsforschung und vergleichende Hochgebirgsforschung, Ausgewählte Beiträge I, Erdkundliches Wissen, H. 11, Franz Steiner Verlag, Wiesbaden.
- TROLL, C. (1966b): Über das Wesen der Hochgebirgsnatur. In: Ökologische Landschaftsforschung und vergleichende Hochgebirgsforschung, Ausgewählte Beiträge I, Erdkundliches Wissen, H. 11, Franz Steiner Verlag, Wiesbaden.
- TROLL, C. (1978): Der asymmetrische Vegetations- und Landschaftsbau der Nord- und Südhalbkugel. In: Geoökologische Beziehungen zwischen der temperierten Zone der Südhalbkugel und den Tropengebirgen (Hrsg.: Troll, C. & W. Lauer), Erdwissenschaftl. Forschung, Bd. XI, Franz Steiner Verlag, Wiesbaden.
- TROLL, C. (1964): Karte der Jahreszeitenklimate der Erde. In: Erdkunde, Jg. 18, Bonn.
- WALTER, H. (1932): Die Wasserverhältnisse an verschiedenen Standorten in humiden und ariden Gebieten. In: Drude-Festschrift zum 80. Geb., Beihefte zum Bot. Centralblatt, Bd. XLIX, Erg.-Bd., Verlag von C. Heinrich, Dresden-N.
- WALTER, H. & E. WALTER (1953): Das Gesetz der relativen Standortskonstanz; das Wesen der Pflanzengemeinschaften. In: Ber. Dtsch. Bot. Ges. 66, S. 228-236.
- WALTER, H. & S.- W. BRECKLE (1991a): Ökologie der Erde. Bd. 1, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, S. 110-128.
- WALTER, H. & S.- W. BRECKLE (1991b): Ökologie der Erde. Bd. 4, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, S. 137-146, 243-249.
- WALTER, H. & S. W. BRECKLE (1991c): Ökologie der Erde, Bd. 4, gemäßigte und arktische Zonen außerhalb Euro-Nordasiens. UTB für Wissenschaft: Große Reihe, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, S. 120-137, 235-238.
- WEBERLING, F. (1985): Die Nachfahren der Gondwana-Flora. In: Akademie der Wissenschaften und der Literatur, Abhandl. der math.-naturwiss. Klasse, Nr. 6, Franz Steiner Verlag Wiesbaden GmbH, Stuttgart.

WEISCHET, W. (1996): Regionale Klimatologie, Teil 1: Die Neue Welt. Teubner Studienbücher der Geographie. B. G. Teubner, Stuttgart, S. 124-137, 289-347, 316-344.

WILSON, D. S. (1992): Complex interactions in metacommunities, with implications for biodiversity and higher levels of selection. In: Ecology, Vol. 73, Nr. 6, S. 1984-2000.

Kartenverzeichnis

Nordamerika

Topogr. Karte 1:500 000, California (South Half), U.S. Geological Survey, Reston, Virginia, 1981.

Topogr. Karte 1:500 000, California (North Half), U.S. Geological Survey, Reston, Virginia, 1981.

Topogr. Karte 1: 24 000, Murphys, Calif., 475-2, U.S.D.I., Geological Survey, 1991.

Topogr. Karte 1: 24 000, Stanislaus, Calif., 475-1, U.S.D.I., Geological Survey, 1991.

Topogr. Karte 1: 24 000, Dorrington, Calif., 492-4, U.S.D.I., Geological Survey, 1991.

Topogr. Karte 1: 24 000, Calaveras Dome, Calif., 491-2, U.S.D.I., Geological Survey, 1991.

Topogr. Karte 1: 24 000, Boards Crossing, Calif., 491-3, U.S.D.I., Geological Survey, 1991.

Topogr. Karte 1: 24 000, Tamarack, Calif., 491-1, U.S.D.I., Geological Survey, 1991.

Topogr. Karte 1: 24 000, Sonora Pass, Calif., 489-3, U.S.D.I., Geological Survey, 1991.

Topogr. Karte 1: 24 000, San Jacinto Peak, Calif., U.S.D.I., Geological Survey, 1995.

Topogr. Karte 1: 250 000, Weed, Calif. / Oregon, NK 10-8, U.S.D.I., Geological Survey, 1976.

Topogr. Karte 1: 24 000, Eaton Peak, Calif., 701-3, U.S.D.I., Geological Survey, 1992.

Topogr. Karte 1: 24 000, Sawyers Bar, Calif., 702-3, U.S.D.I., Geological Survey, 1979.

Topogr. Karte 1: 24 000, English Peak, Calif., 702-2C, U.S.D.I., Geological Survey, 1983.

Topogr. Karte 1: 63 360, Mount Bidwell, Calif., 41120-H2-TF, U.S.D.I., Geological Survey, 1997.

Topogr. Karte 1: 63 360, Lake City, Calif., 41120-F2-TF, U.S.D.I., Geological Survey, 1997.

Topogr. Karte 1: 24 000, Union Creek, Oregon, 42122-H4-TF-024, U.S.D.I., Geological Survey, 1989.

Topogr. Karte 1: 24 000, Black Butte, Oregon, 44121-D6-TF-024, U.S.D.I., Geological Survey, 1988.

Topogr. Karte 1: 24 000, Rock Creek Reservoir, Oregon, U.S.D.I., Geological Survey, 1996.

Topogr. Karte 1: 24 000, Lopez Point, Calif., 36121-A5.TF-024, U.S.D.I., Geological Survey, 1984.

Topogr. Karte 1: 24 000, Tassajara Hot Springs, Calif., U.S.D.I., Geological Survey, 1956.

Südamerika

Southern America, Southern 1:4 000 000, 2. Aufl., Nr. 155, ITMB Publishing, Vancouver B.C., 1995.

Topogr. Karte 1:250 000, Quillota 3200-7030, SI-19-1, Inst. Geogr. Militar, Santiago de Chile.

Topogr. Karte 1:250 000, Rancagua 3400-7030, SI-19-9, Inst. Geogr. Militar, Santiago de Chile.

Topogr. Karte 1:250 000, Talca 3500-7030, SI-19-13-14, Inst. Geogr. Militar, Santiago de Chile.

Topogr. Karte 1:250 000, Laguna del Laja 3700-7030, SI-19-5, Inst. Geogr. Militar, Santiago de Chile.

Topogr. Karte 1:250 000, Los Ángeles 3700-7200, SI-18-8, Inst. Geogr. Militar, Santiago de Chile.

Topogr. Karte 1:50 000, Nihue 3230-7045, Inst. Geogr. Militar, Santiago de Chile.

Topogr. Karte 1:50 000, Sierras de Bellavista 3445-7030, Inst. Geogr. Militar, Santiago de Chile.

Topogr. Karte 1:50 000, Codegua, 3445-7045 Inst. Geogr. Militar, Santiago de Chile.

Topogr. Karte 1:50 000, Central los Cipreses 3545-7045, Inst. Geogr. Militar, Santiago de Chile.

Topogr. Karte 1:50 000, Laguna del Laja 3715-7115, Inst. Geogr. Militar, Santiago de Chile.

Topogr. Karte 1:50 000, Los Sauces 3745-7245, Inst. Geogr. Militar, Santiago de Chile.

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every entry should be supported by a valid receipt or invoice to ensure transparency and accountability.

2. The second section outlines the various methods used for data collection and analysis. It details the use of both primary and secondary data sources, highlighting the strengths and limitations of each approach. The analysis focuses on identifying trends and patterns within the data set.

3. The third part of the report addresses the challenges faced during the research process. It notes that obtaining complete and accurate data can be difficult, particularly in certain markets or industries. Despite these challenges, the research team remained committed to providing a thorough and unbiased analysis.

4. The final section presents the conclusions drawn from the study. It states that the findings indicate a clear upward trend in the market over the period studied. However, it also identifies several key risks and opportunities that stakeholders should be aware of. The report concludes with a series of recommendations designed to help organizations navigate these challenges effectively.

BONNER GEOGRAPHISCHE ABHANDLUNGEN

Heft 4:	HAHN, H.: Der Einfluß der Konfessionen auf die Bevölkerungs- und Sozialgeographie des Hunsrückes. 1950. 96 S.	€ 2,50
Heft 5:	TIMMERMANN, L.: Das Eupener Land und seine Grünlandwirtschaft. 1951. 92 S.	€ 3,00
Heft 15:	PARDÉ, M.: Beziehungen zwischen Niederschlag und Abfluß bei großen Sommerhochwassern. 1954. 59 S.	€ 2,00
Heft 16:	BRAUN, G.: Die Bedeutung des Verkehrswesens für die politische und wirtschaftliche Einheit Kanadas. 1955. 96. S.	€ 4,00
Heft 19:	STEINMETZLER, J.: Die Anthropogeographie Friedrich Ratzels und ihre ideengeschichtlichen Wurzeln. 1956. 151 S.	€ 4,00
Heft 21:	ZIMMERMANN, J.: Studien zur Anthropogeographie Amazoniens. 1958. 97. S.	€ 5,00
Heft 22:	HAHN, H.: Die Erholungsgebiete der Bundesrepublik. Erläuterungen zu einer Karte der Fremdenverkehrsorte in der deutschen Bundesrepublik. 1958. 182 S.	€ 5,50
Heft 23:	VON BAUER, P.-P.: Waldbau in Südchile. Standortkundliche Untersuchungen und Erfahrungen bei der Durchführung einer Aufforstung. 1958. 120 S.	€ 5,50
Heft 26:	FRÄNZLE, O.: Glaziale und periglaziale Formbildung im östlichen Kastilischen Scheidegebirge (Zentralspanien). 1959. 80 S.	€ 5,00
Heft 27:	BARTZ, F.: Fischer auf Ceylon. 1959. 107 S.	€ 5,00
Heft 30:	LEIDLMAIR, A.: Hadramaut, Bevölkerung und Wirtschaft im Wandel der Gegenwart. 1961. 47 S.	€ 4,00
Heft 33:	ZIMMERMANN, J.: Die Indianer am Cururú (Südwestpará). Ein Beitrag zur Anthropogeographie Amazoniens. 1963. 111 S.	€ 10,00
Heft 37:	ERN, H.: Die dreidimensionale Anordnung der Gebirgsvegetation auf der Iberischen Halbinsel. 1966. 132 S.	€ 10,00
Heft 38:	HANSEN, F.: Die Hanfwirtschaft Südostspaniens. Anbau, Aufbereitung und Verarbeitung des Hanfes in ihrer Bedeutung für die Sozialstruktur der Vegas. 1967. 155 S.	€ 11,00
Heft 39:	SERMET, J.: Toulouse et Zaragoza. Comparaison des deux villes. 1969. 75 S.	€ 8,00
Heft 41:	MONHEIM, R.: Die Agrostadt im Siedlungsgefüge Mittelsiziliens. Erläutert am Beispiel Gangi. 1969. 196 S.	€ 10,50
Heft 42:	HEINE, K.: Fluß- und Talgeschichte im Raum Marburg. Eine geomorphologische Studie. 1970. 195 S.	€ 10,00
Heft 43:	ERIKSEN, W.: Kolonisation und Tourismus in Ostpatagonien. Ein Beitrag zum Problem kulturgeographischer Entwicklungsprozesse am Rande der Ökumene. 1970. 289 S.	€ 14,50
Heft 44:	ROTHER, K.: Die Kulturlandschaft der tarentinischen Golfküste. Wandlungen unter dem Einfluß der italienischen Agrarreform. 1971. 246 S.	€ 14,00
Heft 45:	BAHR, W.: Die Marismas des Guadalquivir und das Ebrodelta. 1972. 282 S.	€ 13,00
Heft 47:	GOLTE, W.: Das südchilenische Seengebiet. Besiedlung und wirtschaftliche Erschließung seit dem 18. Jahrhundert. 1973. 183 S.	€ 14,00
Heft 48:	STEPHAN, J.: Die Landschaftsentwicklung des Stadtkreises Karlsruhe und seiner näheren Umgebung. 1974. 190 S.	€ 20,00
Heft 49:	THIELE, A.: Luftverunreinigung und Stadtklima im Großraum München. 1974. 175 S.	€ 19,50
Heft 50:	BAHR, J.: Migration im Großen Norden Chiles. 1977. 286 S.	€ 15,00
Heft 51:	STITZ, V.: Studien zur Kulturgeographie Zentraläthiopiens. 1974. 395 S.	€ 14,50
Heft 53:	KLAUS, D.: Niederschlagsgenese und Niederschlagsverteilung im Hochbecken von Puebla-Tlaxcala. 1975. 172 S.	€ 16,00
Heft 54:	BANCO, I.: Studien zur Verteilung und Entwicklung der Bevölkerung von Griechenland. 1976. 297 S.	€ 19,00
Heft 55:	SELKE, W.: Die Ausländerwanderung als Problem der Raumordnungspolitik in der Bundesrepublik Deutschland. 1977. 167 S.	€ 14,00
Heft 56:	SANDER, H.-J.: Sozialökonomische Klassifikation der kleinbäuerlichen Bevölkerung im Gebiet von Puebla-Tlaxcala (Mexiko). 1977. 169 S.	€ 12,00
Heft 57:	WIEK, K.: Die städtischen Erholungsflächen. Eine Untersuchung ihrer gesellschaftlichen Bewertung und ihrer geographischen Standorteigenschaften – dargestellt an Beispielen aus Westeuropa und den USA. 1977. 216 S.	€ 10,00
Heft 58:	FRANKENBERG, P.: Floreogeographische Untersuchungen im Raume der Sahara. Ein Beitrag zur pflanzengeographischen Differenzierung des nordafrikanischen Trockenraumes. 1978. 136 S.	€ 24,00
Heft 60:	LIEBHOLD, E.: Zentralörtlich-funktionalräumliche Strukturen im Siedlungsgefüge der Nordmeseta in Spanien. 1979. 202 S.	€ 14,50
Heft 61:	LEUSMANN, CH.: Strukturierung eines Verkehrsnetzes. Verkehrsgeographische Untersuchungen unter Verwendung graphentheoretischer Ansätze am Beispiel des süddeutschen Eisenbahnnetzes. 1979. 158 S.	€ 16,00
Heft 62:	SEIBERT, P.: Die Vegetationskarte des Gebietes von El Bolsón, Provinz Río Negro, und ihre Anwendung in der Landnutzungsplanung. 1979. 96. S.	€ 14,50
Heft 63:	RICHTER, M.: Geoökologische Untersuchungen in einem Tessiner Hochgebirgstal. Dargestellt am Val Vegor-ness im Hinblick auf planerische Maßnahmen. 1979. 209 S.	€ 16,50
Heft 67:	HÖLLERMANN, P.: Blockgletscher als Mesoformen der Periglazialstufe – Studien aus europäischen und nordamerikanischen Hochgebirgen. 1983. 84 S.	€ 13,00
Heft 69:	GRAAFEN, R.: Die rechtlichen Grundlagen der Ressourcenpolitik in der Bundesrepublik Deutschland. Ein Beitrag zur Rechtsgeographie. 1984. 201 S.	€ 14,00

BONNER GEOGRAPHISCHE ABHANDLUNGEN (Fortsetzung • *continued*)

- Heft 70: FREIBERG, H.-M.: Vegetationskundliche Untersuchungen an südchilenischen Vulkanen. 1985. 170 S. € 16,50
- Heft 71: YANG, T.: Die landwirtschaftliche Bodennutzung Taiwans. 1985. 178 S. € 13,00
- Heft 72: GASKIN-REYES, C. E.: Der informelle Wirtschaftssektor in seiner Bedeutung für die neuere Entwicklung in der nordperuanischen Regionalstadt Trujillo und ihrem Hinterland. 1986. 214 S. € 14,50
- Heft 73: BRÜCKNER, CH.: Untersuchungen zur Bodenerosion auf der Kanarischen Insel Hierro. 1987. 194 S. € 16,00
- Heft 74: FRANKENBERG, P. u. D. KLAUS: Studien zur Vegetationsdynamik Südosttunesiens. 1987. 110 S. € 14,50
- Heft 75: SIEGBURG, W.: Großmaßstäbige Hangneigungs- und Hangformanalyse mittels statistischer Verfahren. Dargestellt am Beispiel der Dollendorfer Hardt (Siebengebirge). 1987. 243 S. € 19,00
- Heft 77: ANHUF, D.: Klima und Ernteertrag – eine statistische Analyse an ausgewählten Beispielen nord- und südsaharischer Trockenräume – Senegal, Sudan, Tunesien. 1989. 177 S. € 18,00
- Heft 78: RHEKER, J. R.: Zur regionalen Entwicklung der Nahrungsmittelproduktion in Pernambuco (Nordbrasilien). 1989. 177 S. € 17,50
- Heft 79: VÖLKEL, J.: Geomorphologische und pedologische Untersuchungen zum jungquartären Klimawandel in den Dünengebieten Ost-Nigers (Südsahara und Sahel). 1989. 258 S. € 19,50
- Heft 80: BROMBERGER, CH.: Habitat, Architecture and Rural Society in the Gilán Plain (Northern Iran). 1989. 104 S. € 15,00
- Heft 81: KRAUSE, R. F.: Stadtgeographische Untersuchungen in der Altstadt von Djidda / Saudi-Arabien. 1991. 76 S. € 14,00
- Heft 82: GRAAFEN, R.: Die räumlichen Auswirkungen der Rechtsvorschriften zum Siedlungswesen im Deutschen Reich unter besonderer Berücksichtigung von Preußen, in der Zeit der Weimarer Republik. 1991. 283 S. € 32,00
- Heft 83: PFEIFFER, L.: Schwermineralanalysen an Dünenstränden aus Trockengebieten mit Beispielen aus Südsahara, Sahel und Sudan sowie der Namib und der Taklamakan. 1991. 235 S. € 21,00
- Heft 84: DITTMANN, A. and H. D. LAUX (Hrsg.): German Geographical Research on North America – A Bibliography with Comments and Annotations. 1992. 398 S. € 24,50
- Heft 85: GRUNERT, J. u. P. HÖLLERMANN (Hrsg.): Geomorphologie und Landschaftsökologie. 1992. 224 S. € 14,50
- Heft 86: BACHMANN, M. u. J. BENDIX: Nebel im Alpenraum. Eine Untersuchung mit Hilfe digitaler Wettersatellitendaten. 1993. 301 S. € 29,00
- Heft 87: SCHICKHOFF, U.: Das Kaghan-Tal im Westhimalaya (Pakistan). 1993. 268 S. € 27,00
- Heft 88: SCHULTE, R.: Substitut oder Komplement – die Wirkungsbeziehungen zwischen der Telekommunikationstechnik Videokonferenz und dem Luftverkehrsaufkommen deutscher Unternehmen. 1993. 177 S. € 16,00
- Heft 89: LÜTZELER, R.: Räumliche Unterschiede der Sterblichkeit in Japan – Sterblichkeit als Indikator regionaler Lebensbedingungen. 1994. 247 S. € 21,00
- Heft 90: GRAFE, R.: Ländliche Entwicklung in Ägypten. Strukturen, Probleme und Perspektiven einer agraren Gesellschaft, dargestellt am Beispiel von drei Dörfern im Fayyûm. 1994. 225 S. € 23,00
- Heft 92: WEIERS, S.: Zur Klimatologie des NW-Karakorum und angrenzender Gebiete. Statistische Analysen unter Einbeziehung von Wettersatellitenbildern und eines Geographischen Informationssystems (GIS). 1995. 216 S. € 19,00
- Heft 93: BRAUN, G.: Vegetationsgeographische Untersuchungen im NW-Karakorum (Pakistan). 1996. 156 S. € 27,00
- Heft 94: BRAUN, B.: Neue Cities australischer Metropolen. Die Entstehung multifunktionaler Vorortzentren als Folge der Suburbanisierung. 1996. 316 S. € 14,50
- Heft 95: KRAFFT, TH. u. L. GARCIA-CASTRILLO RIESCO (Hrsg.): Professionalisierung oder Ökonomisierung im Gesundheitswesen? Rettungsdienst im Umbruch. 1996. 220 S. € 12,00
- Heft 96: KEMPER, F.-J.: Wandel und Beharrung von regionalen Haushalts- und Familienstrukturen. Entwicklungsmuster in Deutschland im Zeitraum 1871-1978. 1997. 306 S. € 17,00
- Heft 97: NÜSSER, M.: Nanga Parbat (NW-Himalaya): Naturräumliche Ressourcenausstattung und humanökologische Gefügemuster der Landnutzung. 1998. 232 S. € 21,00
- Heft 98: BENDIX, J.: Ein neuer Methodenverbund zur Erfassung der klimatologisch-lufthygienischen Situation von Nordrhein-Westfalen. Untersuchungen mit Hilfe boden- und satellitengestützter Fernerkundung und numerischer Modellierung. 1998. 183 S. € 24,00
- Heft 99: DEHN, M.: Szenarien der klimatischen Auslösung alpiner Hangrutschungen. Simulation durch Downscaling allgemeiner Zirkulationsmodelle der Atmosphäre. 1999. 99 S. € 11,00
- Heft 100: KRAFFT, TH.: Von Shâhjahânâbâd zu Old Delhi: Zur Persistenz islamischer Strukturelemente in der nordindischen Stadt. 1999. 217 S. € 19,50
- Heft 101: SCHRÖDER, R.: Modellierung von Verschlämmung und Infiltration in landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten. 2000. 175 S. € 12,00
- Heft 102: KRAAS, F. und W. TAUBMANN (Hrsg.): German Geographical Research on East and Southeast Asia. 2000. 154 S. € 16,00
- Heft 103: ESPER, J.: Paläoklimatische Untersuchungen an Jahrgängen im Karakorum und Tien Shan Gebirge (Zentralasien). 2000. 137 S. € 11,00
- Heft 104: HALVES, J.-P.: Call-Center in Deutschland. Räumliche Analyse einer standortunabhängigen Dienstleistung. 2001. 148 S. € 13,00

BONNER GEOGRAPHISCHE ABHANDLUNGEN (Fortsetzung • continued)

- Heft 105: STÖBER, G.: Zur Transformation bäuerlicher Hauswirtschaft in Yasin (Northern Areas, Pakistan). 2001. 314 S. € 18,00
- Heft 106: CLEMENS, J.: Ländliche Energieversorgung in Astor: Aspekte des nachhaltigen Ressourcenmanagements im nordpakistanischen Hochgebirge. 2001. 210 S. € 19,00
- Heft 107: MOTZKUS, A. H.: Dezentrale Konzentration – Leitbild für eine Region der kurzen Wege? Auf der Suche nach einer verkehrssparsamen Siedlungsstruktur als Beitrag für eine nachhaltige Gestaltung des Mobilitätsgeschehens in der Metropolregion Rhein-Main. 2002. 182 S. € 18,00
- Heft 108: BRAUN, TH.: Analyse, Planung und Steuerung im Gesundheitswesen. Geographische Möglichkeiten und Perspektiven am Beispiel von Daten der Gesetzlichen Krankenversicherung. 2002. 147 S. € 16,00
- Heft 109: REUDENBACH, CH.: Konvektive Sommerniederschläge in Mitteleuropa. Eine Kombination aus Satellitenfernerkundung und numerischer Modellierung zur automatischen Erfassung mesoskaliger Niederschlagsfelder. 2003. 152 S. € 18,00
- Heft 110: HÖRSCH, B.: Zusammenhang zwischen Vegetation und Relief in alpinen Einzugsgebieten des Wallis (Schweiz). Ein multiskaliger GIS- und Fernerkundungsansatz. 2003. 270 S. € 24,00
- Heft 111: RASEMANN, S.: Geomorphometrische Struktur eines mesoskaligen alpinen Geosystems. 2004. 240 S. € 22,00
- Heft 112: SCHMIDT, M.: Boden- und Wasserrecht in Shigar, Baltistan: Autochthone Institutionen der Ressourcennutzung im Zentralen Karakorum. 2004. 314 S. € 25,00
- Heft 113: SCHÜTTEMEYER, A.: Verdichtete Siedlungsstrukturen in Sydney. Lösungsansätze für eine nachhaltige Stadtentwicklung. 2005. 159 S. € 19,00
- Heft 114: GRUGEL, A.: Zuni Pueblo und Laguna Pueblo – Ökonomische Entwicklung und kulturelle Perspektiven. 2005. 281 S. € 21,00
- Heft 115: SCHMIDT, U.: Modellierung des kurzweiligen solaren Strahlungshaushalts im Hochgebirge auf der Basis von digitalen Geländemodellen und Satellitendaten am Beispiel des Hunza-Karakorum / Nordpakistan. 2006. 133 S. € 21,00
- Heft 116: NYENHUIS, M.: Permafrost und Sedimenthaushalt in einem alpinen Geosystem. 2006. 142 S. € 23,00
- Heft 117: ROER, I.: Rockglacier Kinematics in a High Mountain Geosystem. 2007. 217 S. € 25,00
- Heft 118: RAHMAN-FAZLUR: Persistence and Transformation in the Eastern Hindu Kush: A Study of Resource Management Systems in Mehlp Valley, Chitral, North Pakistan. 2007. 314 S. € 25,00

In Kommission bei • on consignment by Asgard-Verlag, Sankt Augustin

Nicht genannte Nummern sind vergriffen, sämtliche Titel unter
Titles not listed are out of print, see for all titles

www.geographie.uni-bonn.de/schriften.welcome.html

COMMISSION OF ECONOMIC RESEARCH FOR AFRICA

REPORT ON THE ECONOMIC SITUATION OF THE AFRICAN COUNTRIES IN 1964

Volume I: General Survey

Chapter I: Introduction

1.1. The African continent in 1964

1.2. The economic situation in 1964

1.3. The economic situation in 1965

1.4. The economic situation in 1966

1.5. The economic situation in 1967

1.6. The economic situation in 1968

1.7. The economic situation in 1969

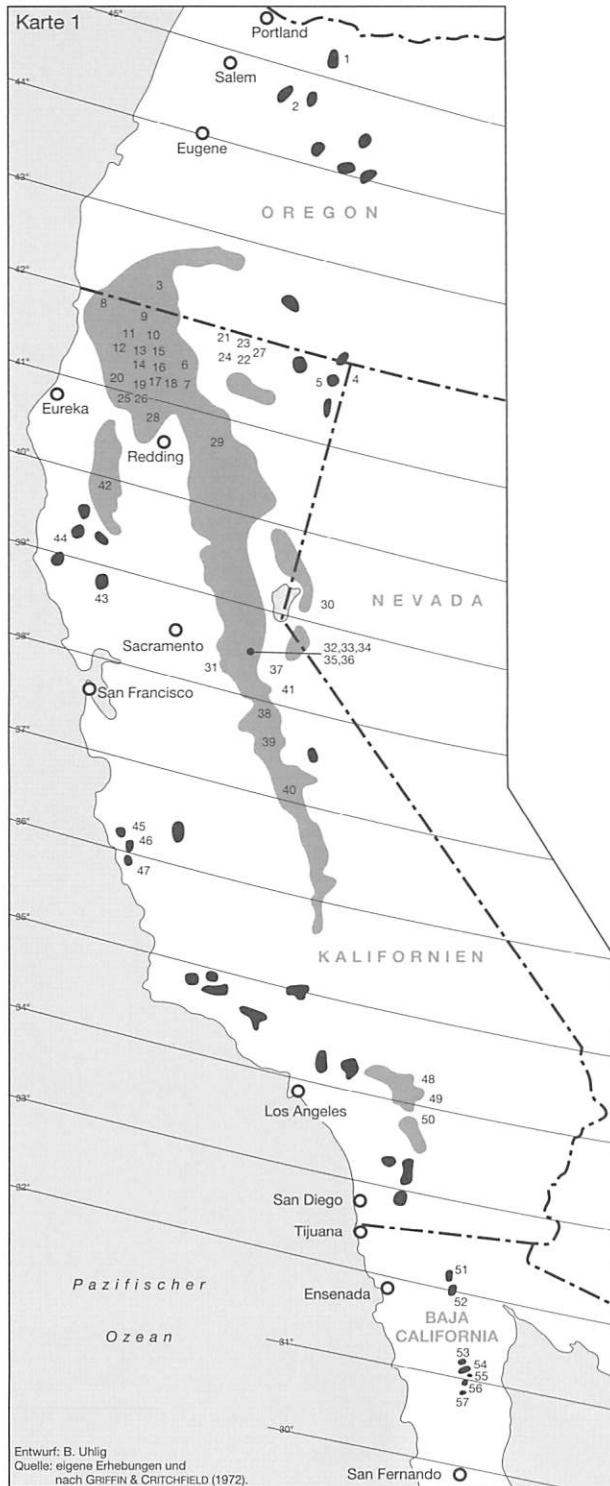
1.8. The economic situation in 1970

1.9. The economic situation in 1971

1.10. The economic situation in 1972

1.11. The economic situation in 1973

1.12. The economic situation in 1974



Verbreitungsgebiet von *Calocedrus decurrens*

Aufgesuchte Bestände:

Kaskaden Oregons

- 1 Mount Hood / Immigrant Spring / Old Barlow Road
- 2 Sisters / Camp Sherman / Road 1120
- 3 Union Creek / Natural Bridge

Warner Mountains

- 4 Fort Bidwell / Mill Creek
- 5 Lake City / Lake City Canyon

Klamath Mountains

- 6 Mount Shasta
- 7 Lake Shastina
- 8 Port Orford Cedar Botanical Area
- 9 Seiad Baker Cypress Botanical Area

- 10 Mountain Summit / Fort Jones
- 11 Kelsey Creek
- 12 Lovers Camp / Red Rock Valley
- 13 Shackleford Trail / Campbell Lake
- 14 Devils Canyon
- 15 The Cedars
- 16 Taylor Lake
- 17 East & Middle Boulder Lake Trail
- 18 Kangaroo Lake
- 19 Big Flat
- 20 Gray Pine Botanical Area
- 21 Russian Wilderness / Duck Lake Botanical Area
- 22 Russian Wilderness / Sugar Lake
- 23 Russian Wilderness / Russian Creek
- 24 Deacon Lee Ridge
- 25 China Springs
- 26 Cecil Point
- 27 Scott & Salmon River
- 28 Castle Crags State Park

Sierra Nevada

- 29 Lassen National Forest
- 30 Lake Tahoe
- 31 Murphys / Angels Creek
- 32 Calaveras State Park / North Grove
- 33 Calaveras State Park / South Grove
- 34 Calaveras State Park / Bradley Grove Trail
- 35 Calaveras State Park / Stanislaus River
- 36 Calaveras State Park / Lava Bluffs
- 37 Hells Kitchen Vista
- 38 Yosemite National Park
- 39 Shaver Lake, Huntington Lake
- 40 Kings Canyon National Park / Cedar Grove
- 41 Sonora Pass

Kalifornisches Küstenbergland

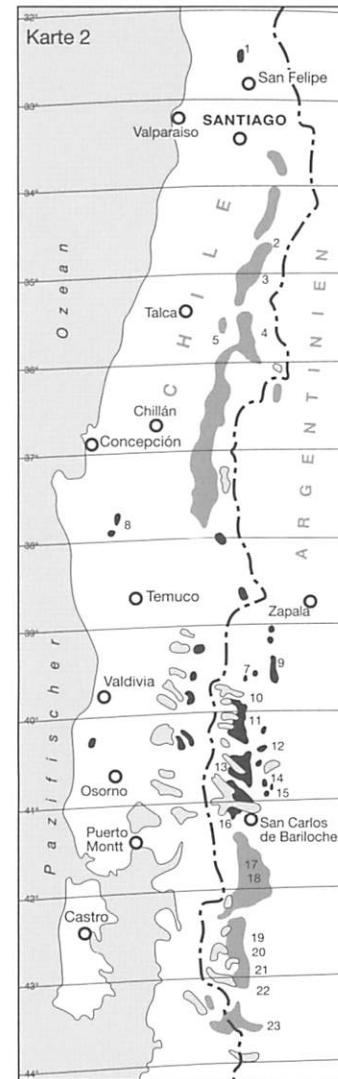
- 42 Covelo / Castle Peak
- 43 Robert Louis Stevenson State Park
- 44 Boonville
- 45 Big Sur River / South Fork Camp
- 46 Big Sur River / Lower Bee Camp
- 47 Santa Lucia Mountains / Indian Road, Arroyo Seco

Transversalketten

- 48 San Bernardino Mountains / Cedar Glen
- 49 San Jacinto Mountains / Dark Canyon
- 50 San Jacinto Mountains / Idyllwild County Park

Gebirge Niederkaliforniens

- 51 Sierra Juárez / La Matanza
- 52 Sierra Juárez / Rio El Tule, Pino Colorado
- 53 Sierra San Pedro Mártir / Bajío del Venado Blanco
- 54 Sierra San Pedro Mártir / La Tasajera
- 55 Sierra San Pedro Mártir / La Grulla
- 56 Sierra San Pedro Mártir / Alcatraz
- 57 Sierra San Pedro Mártir / Misión San Pedro Mártir



Verbreitungsgebiet von *Austrocedrus chilensis*

Aufgesuchte Bestände:

Westabdachung der zentralchilenischen Anden

- 1 Cerro Tabaco / Quebrada del Asiento
- 2 Sierras de Bellavista / Rio Claro
- 3 Cordillera Rubiana
- 4 Central los Cipreses
- 5 Colorado
- 6 Parque Nacional Laguna del Laja / Rio Laja
- 7 Volcán Lanín

Zentralchilenische Küstencordillere

- 8 Cordillera Nahuelbuta / Rio Pleioiquén

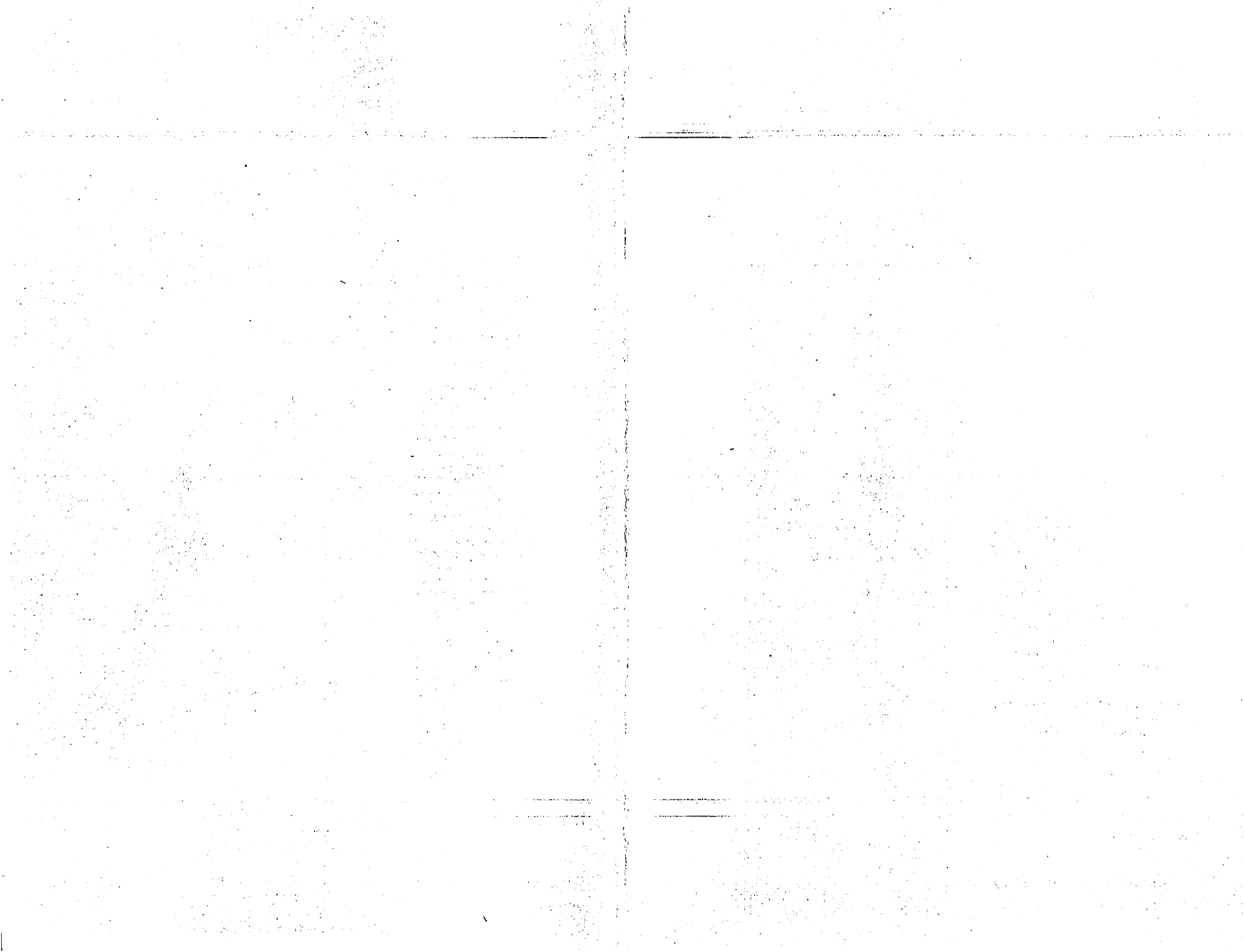
Patagonisches Andenvorland in Argentinien

- 9 Río Aluminé
- 10 Lago Curruhue
- 11 Lago Lacar / San Martín de los Andes
- 12 Lago Meliquina
- 13 Lago Traful / Villa Traful
- 14 Confluencia
- 15 Valle Encantado / El Catedral
- 16 Lago Nahuel Huapi / San Carlos de Bariloche
- 17 Lago Mascardi / Villa Mascardi
- 18 El Bolsón
- 19 Lago Menéndez
- 20 Río Arrayanes
- 21 Lago Rivadavia
- 22 Lago Futalaufquén
- 23 Río Palena

Entwurf: B. Uhlig
Quelle: eigene Erhebungen und nach DEZOTTI & SANCHOLUZ (1991), DONOSO (1981, 1993, 1994), LE QUESNE (1988), MONTERO (1926), QUINTANILLA (1983, 1985), SCHMITHÜSEN (1960, 1978), VEJLEN & SCHLEGEL (1982).

- Größeres geschlossenes Verbreitungsgebiet
- Kleinere Bestände und Einzelvorkommen
- Seen





Verbreitung der Cupressoideae RICH. EX SWEET (ohne *Juniperus* spp.)



Ac. *Actinostrobus* MIQ. (3)
 A. *Austrocedrus* FLORIN & BOUTELJE (m)
 C. *Callitris* VENT. (15)
 Ca. *Calocedrus* KURZ (3)

Ch. *Chamaecyparis* SPACH (5)
 Cup. *Cupressus* L. (15)
 D. *Diselma* HOOK. (m)
 F. *Fitzroya* LINDL. (m)

Fo. *Fokienia* HENRY & THOMAS (m)
 L. *Libocedrus* ENDL. (5)
 M. *Microbiota* KOM. (m)
 N. *Neocallitropsis* FLORIN (m)

P. *Papuacedrus* H. L. LI (m)
 Pi. *Pilgerodendron* FLORIN (m)
 Pl. *Platycladus* SPACH (m)
 Tc. *Tetraclinis* MAST. (m)

T. *Thuja* L. (5)
 Th. *Thujopsis* SIEBOLD & ZUCC. EX ENDL. (m)
 W. *Widdringtonia* ENDL. (4)
 X. *Xanthocyparis* FARJON & HIEP (2)

◆ Cupressaceae RICH. EX DUMORT.
 ◆ Thujopsidae HENKEL & W. HOCHST.

○ Callitricaceae FARJON, stat. nov. (Libocedrinae FARJON, stat. nov.)
 ○ Callitricaceae FARJON, stat. nov. (Callitricinae MASTERS)