

# BONNER GEOGRAPHISCHE ABHANDLUNGEN

Herausgegeben vom Geographischen Institut der Universität Bonn

durch Carl Troll und Fritz Bartz

Schriftleitung: Helmut Hahn

Heft 23

Peter-Paul von Bauer

## Waldbau in Südchile

Standortskundliche Untersuchungen und Erfahrungen  
bei der Durchführung einer Aufforstung  
in LA ENSENADA,  
Prov. Llanquihué, Chile

1958

In Kommission bei  
Ferdinand Dümmler Verlag - Bonn

# Peter-Paul von Bauer / Waldbau in Südchile

Das Buch ist ein wertvolles Dokument der  
Forstwirtschaft in Chile und ein  
wichtiges Werk für die Forstwissenschaft.

# Bonner Geographische Abhandlungen

Herausgegeben vom Geographischen Institut  
der Universität Bonn

durch Carl Troll und Fritz Bartz  
Schriftleitung: Helmut Hahn

---

Heft 23

Peter-Paul von Bauer

## Waldbau in Südchile

Standortskundliche Untersuchungen und Erfahrungen  
bei der Durchführung einer Aufforstung  
in LA ENSENADA,  
Prov. Llanquihué, Chile



1958

---

In Kommission bei

Ferd. Dümmlers Verlag · Bonn

# Waldbau in Südchile

Standortskundliche Untersuchungen und Erfahrungen  
bei der Durchführung einer Aufforstung  
in La Ensenada, Prov. Llanquihué, Chile

von

Peter-Paul von Bauer

mit 15 Tabellen, 3 Diagrammen, 18 Bildern auf Kunstdrucktafeln,  
1 Abbildung im Text und 2 Abbildungen als Beilage



In Kommission bei

Ferd. Dümmlers Verlag · Bonn

1958



# Alle Rechte vorbehalten

Alle Rechte vorbehalten  
Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt durch  
den Verlag Richard Mayr, Würzburg.

Alle Rechte vorbehalten

**Alle Rechte vorbehalten**

Alle Rechte vorbehalten  
Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt durch  
den Verlag Richard Mayr, Würzburg.

**Satz und Druck: Richard Mayr, Würzburg**

## Vorwort

Die Anregung zu dieser Arbeit gab mir Professor Dr. *Carl Troll*, der mich 1955 freundlicherweise aufforderte, zu einem vom Geographischen Institut der Universität Bonn herauszugebenden Buch „Forschungen in Chile“ (Bonner Geographische Abhandlungen, Bd. 17, 1956) einen Beitrag über das vorliegende Thema zu leisten. Prof. *Troll* und ich hatten nach dem ersten Weltkrieg zusammen an der Universität München bei Herrn Geheimrat *von Drygalski* Geographie studiert. Als ich bald darauf in Columbien die Sociedad Colombo-Alemana de Transportes Aereos (SCADTA) organisiert hatte und lange Jahre als ihr Leiter tätig war, führte *Dr. Troll* 1928/29 ein Jahr lang als wissenschaftlicher Mitarbeiter dieser Gesellschaft Reisen und Forschungen in Ecuador, Columbien und Panama aus, was unsere gemeinsamen andinen Erfahrungen begründete.

Zu meinem Bedauern hatte ich selbst meine kurze wissenschaftliche Laufbahn aufgeben müssen, um mich dem Erwerbsleben zu widmen. Es fiel mir daher recht schwer, der Anregung Professor *Trolls* Folge zu leisten. Ich war allerdings im letzten Jahrzehnt als Waldbauer auf meinem Besitztum Nueva Carintia bei La Ensenada in der Seen-, Wald- und Vulkanlandschaft Südchiles tätig und hatte im Laufe der Jahre genügend Material und Erfahrungen angesammelt, die einer Veröffentlichung wert erschienen.

So entschloß ich mich schließlich doch, das angesammelte Material auszuwerten und meine Erfahrungen bei der Durchführung einer großen Aufforstung in Südchile meinen Fachgenossen zur Verfügung zu stellen. Da diese Arbeit jedoch am Rande der Zivilisation und mehr als 1000 km von der nächsten größeren Bibliothek abgefaßt werden mußte, war eine fachmännische Orientierung und ein Vergleich mit den Ergebnissen der Forschungen kompetenter Autoritäten auf dem zu bearbeitenden Gebiet nicht möglich. Die Arbeit wird daher Lücken und möglicherweise auch Ungenauigkeiten aufweisen, die ich unter anderen Umständen gern vermieden hätte. Wenn ich es trotzdem unternommen habe, das Ergebnis meiner Untersuchungen der Öffentlichkeit zu unterbreiten, so geschah dies, weil Chile wissenschaftliches Neuland ist, eine systematische Grundlagenforschung noch fehlt und Spezialarbeiten über standortkundliche Fragen Chiles bisher noch nicht erschienen sind.

Herrn Prof. Dr. *Carl Troll* möchte ich nicht nur für seine Anregung, sondern auch für seine freundliche Hilfe und Unterstützung bei der Veröffentlichung dieser Arbeit meinen besten und aufrichtigsten Dank sagen. Mein Dank gebührt auch Herrn Dr. *Helmut Hahn*, Herrn Dr. *Hans Voigt* und dem Geographischen Institut der Universität Bonn, die in großzügiger Weise die Drucklegung dieser Schrift übernommen haben. In Chile war es Dr. *W. Lauer*, Professor der Universidad Austral in Valdivia, der mir bei

der Abfassung meiner Arbeit behilflich war, und der freundlicherweise die Spezialkarte des Beckens von Ensenada sowie eine Reihe von Diagrammen entworfen und gezeichnet hat. Ihm sei hier besonders gedankt. Herr Dipl.-Chem. *Max P. Fischer*, Osorno, hat es trotz starker beruflicher Belastung übernommen, 12 Bodenproben chemisch zu analysieren und mir darüber ausführlich zu schreiben. Für dieses freundliche Entgegenkommen bin ich ihm zu großem Dank verpflichtet. Schließlich möchte ich auch meiner beiden Mitarbeiter im Waldhof in Dankbarkeit gedenken; in erster Linie Frau *Olga Heim, viuda de Stange*, die die Akklimatisationsversuche und den Forstgarten mit Sachkenntnis und Erfolg betreut und Sr. *don Oscar Santibanez Tölg*, der die mühsamen Auszählungen und Messungen des Walddüngungsversuches in gewissenhaftester Weise durchgeführt hat. Ohne ihre Hilfe hätte ich auch nicht über die Freizeit verfügt, die ich der Abfassung dieser Arbeit gewidmet habe.

Waldhof, im November 1957

*Dr. Peter-Paul von Bauer*

## Inhaltsverzeichnis

<i>Vorbemerkung</i> . . . . .	9
<i>Die Lage der Pflanzung</i> . . . . .	11
Verkehrslage 11, Die Vulkane 12, Die Sierra Santo Domingo 13, Das Becken von Ensenada 14, Der Fluß 14, Die vulkanischen Sande 16, Die Lavaströme 17, Erosion des fließenden Wassers 19, Die Angostura 21, Der Alluvialfächer 22, Der Unterlauf des Petrohué 22, Entstehung und Alter des Alluvialfächers 23, Die Wiederbewachsung verschiedener Böden 25, Die Begrenzung der Pflanzung 28, Der Hualve grande 28.	
<i>Das Klima</i> . . . . .	32
Eigene meteorologische Beobachtungen 34, Ziele und Methoden 36, Das Klima des Standortes 37, Extreme Tagesmittel 41, Täglicher Gang der Temperatur 41, Vegetationsdauer 43, Die Nachtfroste 45, Der Luftdruck 50, Dampfdruck und relative Luftfeuchtigkeit 50, Die Niederschläge 52, Der Schneefall 57, Sonnenscheindauer 58, Graupeln 58, Bodenfrost 60, Nebel und Gewitter 60, Vergleich Waldhof — Puerto Montt 61, Vergleich mit dem Heimatklima exotischer Holzarten 64, Witterungsverlauf 69.	
<i>Der Boden</i> . . . . .	72
Der Heideboden 73, Physikalische Untersuchung des Bodens der offenen Heide 75, Der bewaldete Heideboden 76, Kolloidale Feinstoffe 77, Der Farnboden 79, Hochwald- und Sumpfboden 80, Die chemische Untersuchung der Böden 81, Gartenerden 83	
<i>Das Wasser</i> . . . . .	86
Die Niederschläge 86, Das Grundwasser 87, Brunnenbau 88, Nivellement 88, Grundwasseraustritt 89, Absolute Höhe des Grundwasserspiegels 90, Grundwasser und Vegetation 91, Das Kondensationswasser 94.	
<i>Der Waldbau</i> . . . . .	96
Natürliche Gegebenheiten der Pflanzung 96, Einrichtung der Pflanzung 97, Einteilung der Pflanzung 98, Der Forstgarten 99, Schädlinge im Forstgarten 100, Wahl der Holzart 101, Rodung und Säuberung des Geländes 103, Das Pflanzen 105, Herstellung der Pflanzlöcher 105, Einsetzen der Forstpflanzen 106, Pflanzzeit und Reihenabstand 107, Pflege der Pflanzung 107, Bisheriges Ergebnis der Pflanzung 109, Mangelerscheinungen 110, Walddüngungsversuche 110, Mykorrhizapilze 112, Forstschädlinge 112.	
<i>Schlußwort</i> . . . . .	114
<i>Resumen</i> . . . . .	116
<i>Literatur</i> . . . . .	119

**Verzeichnis der Abbildungen:**

Abb. 1: Kartenskizze des Beckens von Ensenada . . . . .	10
Abb. 2: Nivellierungsplan der Aufforstung „Waldhof“ . . . . .	Beilage
Abb. 3: Besitzplan des „Waldhofes“ . . . . .	Beilage

**Verzeichnis der Diagramme:**

Diagr. 1: Temperatur, Luftdruck und Niederschlag auf Station Waldhof bei La Ensenada . . . . .	38
Diagr. 2: Pentadenmittel der kritischen Frühjahrsmonate 1951—56 . . . . .	67
Diagr. 3: Witterungsverhältnisse während der Arbeitswochen der Wintermonate 1951—56 . . . . .	68

**Verzeichnis der Tabellen:**

Tab. 1: Monatsmittel der Temperatur der Jahre 1951—56 . . . . .	38
Tab. 2: Tagesmittel der Temperatur; 6jährige Mittel 1951—56 . . . . .	40
Tab. 3: Tagesgang der Temperaturen 1956 . . . . .	42
Tab. 4: Mittelwerte der Klimaelemente aus 6jährigen Beobachtungsreihen . . . . .	44
Tab. 5: Häufigkeit und Dauer der Fröste 1955 . . . . .	48
Tab. 6a: Regentage, Regensumme und Regendichtigkeit der Jahre 1951—56 . . . . .	54
Tab. 6b: Zusammenfassende Regentabelle; Mittel aus 6jährigen Beobachtungsreihen . . . . .	55
Tab. 7: Mittelwerte aus 30jährigen Beobachtungsreihen . . . . .	59
Tab. 8a: Luftdruck, Temperatur und Niederschläge, 6jähriges Mittel (Station Puerto Montt) . . . . .	62
Tab. 8b: Luftdruck, Temperatur und Niederschläge, 6jähriges Mittel (Station Waldhof) . . . . .	63
Tab. 8c: Vergleich: Luftdruck, Temperatur und Niederschläge 1951—56 von Puerto Montt und Waldhof . . . . .	64
Tab. 9: Heimatklima einiger in Chile gepflanzter fremdländischer Nadelhölzer . . . . .	70
Tab. 10: Chemische Bodenanalyse . . . . .	81
Tab. 11: Ermittlung der Höhe des Grundwasserspiegels am 16. 4. 1957 . . . . .	91
Tab. 12: Ergebnis eines Walddüngungsversuches . . . . .	111

## Vorbemerkung

Der Wald ist eine geographisch bedingte Erscheinung. Die Lage, das Klima, der Boden sind natürliche Gegebenheiten, die das Aufkommen und den Fortbestand des Waldes fördern oder hemmen. Da sich die genannten Faktoren von Ort zu Ort ändern, kommt es in erster Linie auf den Standort an, wo der Wald wächst oder wachsen soll. Den harmonischen Zusammenklang dieser Erzeugungsfaktoren in bezug auf den Wald zu erforschen, ist Aufgabe der Forstlichen Standortkunde.

Als sich der Verfasser im Jahre 1948 entschloß, einige Hundert Hektar Land in einer Region Südchiles aufzuforsten, in welcher Waldbau in diesem Umfang bisher noch nicht versucht worden war, lag es schon im Hinblick auf den künftigen Erfolg der Pflanzung nahe, die natürlichen Gegebenheiten des gewählten Standorts fortlaufend zu beobachten, die Ergebnisse der Beobachtungen auszuwerten und daraus die für die Gestaltung der Pflanzung gegebenen Schlüsse zu ziehen.

Solche standortkundliche Untersuchungen können natürlich keinen Anspruch auf Allgemeingültigkeit erheben; was für das untersuchte Gebiet zutrifft, kann schon wenige Kilometer weiter, in anderer Lage, auf anderem Boden völlig abwegig sein. Wenn jedoch solche Untersuchungen auf vielen Standorten durchgeführt werden, jede Großpflanzung meteorologische Beobachtungen und Bodenanalysen vornehmen ließe, dann könnte man aus dieser Vielheit von Beobachtungen wenigstens für bestimmte Bezirke allgemein gültige Schlüsse ziehen und die tastenden Versuche des chilenischen Waldbaus auf eine solide wissenschaftliche Basis stellen.

Wenn daher der Verfasser das Ergebnis seiner Untersuchungen, so lokal bedingt und beschränkt gültig sie auch sein mögen, der Öffentlichkeit unterbreitet, so hofft er damit, seine chilenischen Waldbaukollegen anzuregen, ähnliche Untersuchungen auf ihren Standorten durchzuführen und glaubt, zugleich einen kleinen Beitrag zur forstwissenschaftlichen Erschließung Chiles geliefert zu haben. —

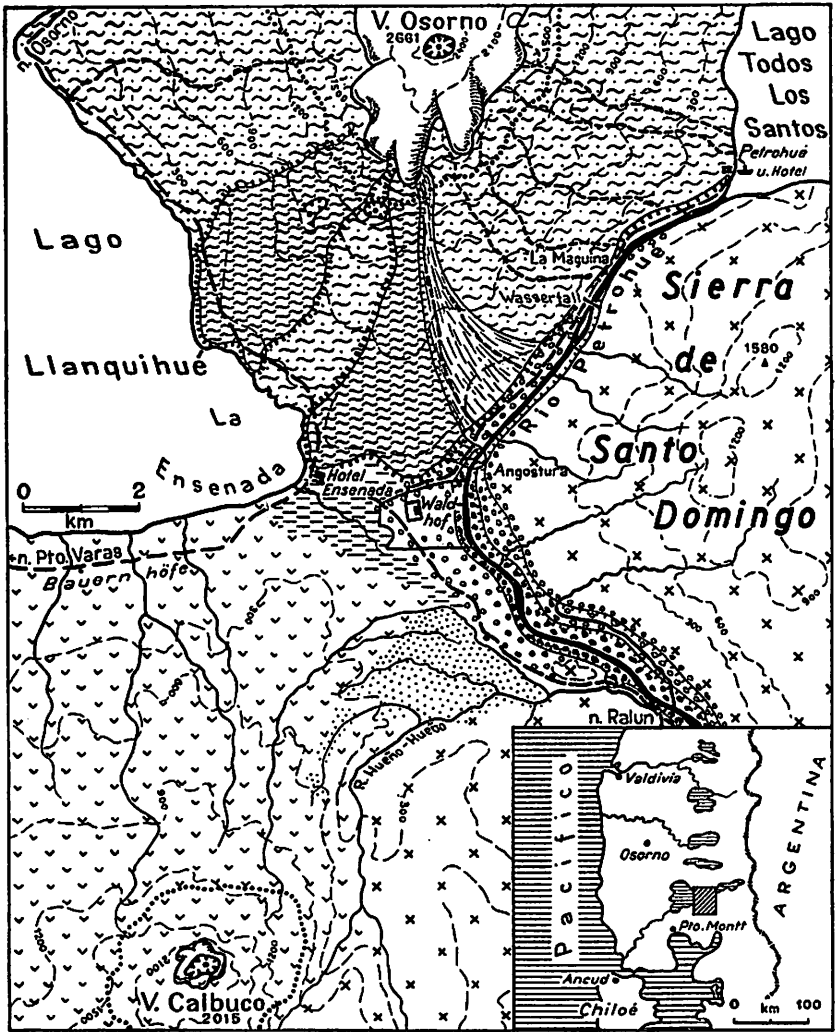


Abb. 1: Kartenskizze des Beckens von Ensenada

1. Junge Laven des Vulkans Osorno mit spärlicher Vegetationsdecke;
2. Ältere Lave, Tuffe und Aschen des Vulkans Osorno, größtenteils mit Waldvegetation bedeckt;
3. Großer vulkanischer Schlammstrom (zanjón) des Vulkans Osorno mit vereinzelter Pioniervegetation;
4. Laven, Tuffe und Aschen des Vulkans Calbuco;
5. Bäche oder Schlammströme an den Vulkanen (zanjones);
6. Großer Schwemmkegel des Calbuco (arenales);
7. Umgelagerte Aschen und Schotterfeld des rio Petrohué;
8. Jüngere Terrassenschotter des rio Petrohué;
9. Sumpf (hualve grande) im Überschneidungsbereich der Aschen des Calbuco und Osorno. (Ehemaliger Abfluß des Lago Llanquihue);
10. Andine Tiefengesteine der Zentralanden (Diorite, Granite);
11. Hauptwege;
12. Isohypsen von 300 zu 300 m;
13. Schneegrenze im Winter;
14. Grenze des ewigen Schnees.

## I. Die Lage der Pflanzung.

**V e r k e h r s l a g e.** La Ensenada, zu deutsch die Bucht, ist eine mehrere Kilometer lange Streusiedlung am Südostufer des Llanquihue-Sees, die zur Gemeinde Puerto Varas und zur Provinz Llanquihue gehört. Hier teilt sich der von der argentinischen Grenze kommende Verkehr und wendet sich teils nach Westen zum 50 km entfernten Städtchen Puerto Varas und darüber hinaus zur Hafenstadt Puerto Montt, teils nach Norden, wo 100 km weiter Osorno, die Hauptstadt der gleichnamigen Provinz liegt. Die genannten Städte sind auf Straßen zu erreichen, die zu jeder Jahreszeit mit Kraftfahrzeugen aller Art passierbar sind. Puerto Montt, Puerto Varas und Osorno sind wichtige Eisenbahnstationen der Chilenischen Südbahn und haben besonders im Sommer bequeme Verbindungen mit der 1200 km entfernten Landeshauptstadt Santiago. Südlich von Puerto Montt beginnt die Westpatagonische Landschaft mit den unzähligen Inseln, Fjorden und Kanälen, die dem schmalen, verkehrs- und menschenarmen chilenischen Kontinentalstreifen vorgelagert sind.

La Ensenada liegt somit noch im chilenischen Längstal, am Westfuß der Anden, aber doch schon sehr nahe an der Nordgrenze Westpatagoniens. Seine Koordinaten wurden 1954 im Hofe des Touristenhotels vom Astronomischen Observatorium der Universität Chile mit  $41^{\circ}12'24''$  südl. Breite und  $72^{\circ}32'46''$  westl. von Greenwich bestimmt.

Wir befinden uns hier mitten in einer der landschaftlich schönsten Gegenden Chiles. Im Hintergrund die gewaltige Kordillere der Anden mit ihren hohen Schneegipfeln und urwaldbedeckten Bergketten, im Vordergrund das breite chilenische Längstal mit seinen Randseen, gepflegten Wiesen und Feldern und in der weiten Ferne die Küstenkordillere und der Pazifische Ozean, ein Bild, das alljährlich eine große Anzahl Touristen bestimmt, die Sommerferien in jenem Teil Südchiles zu verbringen, den man mit Recht die „Chilenische Schweiz“ genannt hat. An Ensenada zieht auch der Strom der eiligen Reisenden vorbei, die von Puerto Varas oder Osorno in zwei Tagen über den Todos Los Santos-See und über den Perez Rosales-Paß nach San Carlos de Bariloche in Argentinien durchgeschleußt werden. Diese internationale Verbindung wird im Winter offengehalten und erlaubt den Übergang über die Anden auch dann, wenn die Transandine Bahn Santiago—Mendoza wegen Schneeverwehungen ihren Betrieb einstellen muß. Ensenada ist daher keineswegs so isoliert, wie man nach der Karte meinen sollte, es besitzt ein angenehmes gastliches Hotel, Post- und Telegraphenamts, einen Kaufladen, eine Volksschule und eine Gendarmeriestation. Fast überall wird hier Deutsch gesprochen, denn die Ufer des Llanquihueesee sind von Deutschen erschlossen worden, die in den 50er Jahren des vorigen Jahrhunderts nach Chile ausgewandert sind. Ihrer



nunmehr hundertjährigen harten Arbeit ist die Umwandlung einer menschenleeren Wildnis in eine der blühendsten Provinzen Chiles zu verdanken.

Ensenada erhielt seinen Namen von einer nach Südosten eingeschnittenen Bucht des Llanquihue-Sees, des größten der chilenischen Binnenseen. Nach der neuesten Karte des Chilenischen Militärgeographischen Instituts liegt dieser See 51 m über dem Pazifischen Ozean; seine Oberfläche ist mit 740 qkm erheblich größer als die des Bodensees (540 qkm)<sup>1</sup>). Von Ensenada sieht man die größte Breite dieser blauen, häufig sturmbewegten Wasserfläche; beträgt doch die Entfernung des im Nordwesten gegenüberliegenden Städtchens Frutillar mehr als 40 km.

Die Vulkane. Beherrscht wird dieses Landschaftsbild von dem gewaltigen Kegel des Vulkans Osorno, der aus 51 m Meereshöhe sich bis auf 2661 m erhebt. Wenn man den 1710 m hohen Cerro La Picada dazurechnet, den man wohl als eine Caldera-Ruine ansprechen kann, dann bedeckt der Osorno mit seinen großen Lavafeldern und Sandströmen weit über 25 000 ha. Seine Lockermassen sind durch Hängegletscher und Firn gefestigt, die das obere Drittel des Berges zu allen Jahreszeiten bedecken. Dieser Eispanzerung verdankt der Osorno, der ein typischer Schichtvulkan ist, die Persistenz seiner nach allen Seiten sehr regelmäßigen Kegelform. Im Winter sinkt die Schneegrenze bis unter 300 m herab und deckt dann auch den Wald, der dort, wo er nicht durch rezente Lava- und Sandströme zerstört worden ist, den Bergsockel bis zu einer Höhe von 1000 m überzieht. Der Osorno ist von Norden, wo sich einige Schutzhütten befinden, und vom Osten her leicht zugänglich; als weithin sichtbares Wahrzeichen der Provinzen Llanquihue und Osorno ist er im Winter das Ziel vieler Skifahrer und Hochtouristen. Aber auch für den Morphologen bietet er den schönsten Anschauungsunterricht für alle erdenklichen Phänomene des Vulkanismus.

*Darwin* berichtet, daß der Osorno am 20. Januar 1835 in Eruption trat und dann einige Monate in Tätigkeit blieb<sup>2</sup>). Am 5. Dezember desselben Jahres soll der Ausbruch alle anderen an Heftigkeit übertroffen haben.

Seither sind größere Ausbrüche nicht berichtet worden, der Vulkan kann aber keineswegs als erloschen angesehen werden. Nach *Reichert* entströmen seinem durch einen Eiskonus verschlossenen Gipfelkrater immer noch warme Dämpfe<sup>3</sup>), und an seiner Nordostabdachung ist ein schwarzer Streifen sichtbar, auf dem der Schnee nicht liegen bleibt und wo Touristen mitgebrachte Speisen wärmen können. *Reichert*, der den Osorno 13mal bestiegen hatte, maß den 1913 aus dem Gipfelkrater ausströmenden Wasserdampf mit 40° C; 1938 jedoch waren die Kraterränder so heiß, „daß der in Konservendbüchsen gefüllte Schnee, in den Boden gesteckt; bald zu Heißwasser wurde, das nahe dem Siedepunkt kam und man bequem kochen konnte“. Zehnjährige eigene Beobachtungen der Schneeverhältnisse des Vulkans von seinem Südfuß aus, ergeben indessen keine Anzeichen dafür, daß der Osorno stetig wärmer wird.

12 km südwestlich von Ensenada erhebt sich ein etwas kleinerer Vulkan, der Calbuco, 2015 m hoch, der aber in seiner Tätigkeit gerade in jüngster Zeit viel aktiver war als der Osorno. Schon wegen seiner geringeren Höhe ist er nicht eisgepanzert, seine Lockermassen sind abgewaschen und die

nur im Winter tiefverschneiten Felshänge lassen ihn nicht ohne weiteres als Feuerberg erkennen. Außerdem steht er nicht so isoliert da wie der Osorno, sondern setzt sich nach Südosten in einer Reihe von Bergen fort, die Cerros Rollizos genannt, bis zum Estuario (Fjord) von Reloncavi reichen. Während der von einer Insel östlich Chiloe beobachtende Gewährsmann *Darwins*, Mr. *Douglas*, berichtet, daß 1835 zugleich mit dem Osorno auch der mehrere hundert Kilometer südlich gelegene Corcovado in Eruption trat, erwähnt er den Calbuco nicht, trotzdem dieser seinem Beobachtungsort, der Insel Caucaihue, gerade gegenüberliegt. Wir wissen, daß der Calbuco 1890 ausbrach und daß am 30. April 1917 eine mächtige Eruption stattfand. An den letzten Ausbruch am 6. Januar 1929 können sich natürlich noch alle älteren Bewohner Ensenadas erinnern. *Reichert*) beschreibt in seinen Erinnerungen sehr anschaulich, wie er unweit seines Landsitzes am Todos Los Santos-See, 30 km vom Calbuco entfernt, am Vormittag des Ausbruchstages vom Aschenregen überrascht, bei totaler Dunkelheit und von Elmsfeuern umglimmt, zwei Stunden lang herumruderte ohne das völlig unsichtbare Ufer erreichen zu können, trotzdem die lange Bucht, an der er lebte, kaum 2,5 km breit ist. Die weglose Finsternis dauerte von 9 Uhr vormittags bis Mittag, die ganze Umgebung bis weit nach Argentinien hinein war zentimeterdick von aschgrauem Lavapulver bedeckt, der Schnee der hohen Berge war schwarz geworden, Insekten- und Vogelzeichen bedeckten das Wasser. Die chemische Analyse der Asche ergab neben Kali, etwas Kalk und Phosphorsäure; es verging indessen der ganze Südsommer ehe die Herbstregen den normalen Vegetationszustand wiederhergestellt hatten. In Ensenada gingen gewaltige Schlammströme zu Tal, ein Produkt der plötzlichen Schneeschmelze des heiß gewordenen Vulkans und vielleicht auch örtlicher Wolkenbrüche. (In Cayutue, *Reicherts* Landsitz, hat es am Eruptionstag trotz auffallend tiefen Barometerstandes nicht geregnet.) Manches Stück Vieh ging, von den Schlammströmen überrascht, zugrunde, aber auch die überlebenden Tiere mußten hungern, da sie auf den aschenbedeckten Weiden kein Futter fanden. Aus dem Gipfelkrater trat etwas Lava aus, blieb aber auf halbem Hang liegen. Der Osorno zeigte während des beschriebenen Ausbruchs des Calbuco keinerlei Tätigkeit. Bemerkenswert ist daher, daß diese beiden Vulkane, trotzdem sie nur 24 km von einander entfernt sind, in ihrer Tätigkeit ganz unabhängig bleiben, wie dies auch an anderen Stellen bei benachbarten Vulkanen beobachtet worden ist.

Die Sierra Santo Domingo. Wenn wir uns nun nach Osten wenden, sehen wir 6 km von Ensenada die Steilhänge eines bis 1600 m hohen Granitmassivs, der Sierra Santo Domingo, das im Inneren durch Hochtäler reich gegliedert, in nordsüdlicher Richtung den Raum zwischen dem Todos Los Santos-See und dem Reloncavi Fjord ausfüllt. Hier tritt uns die Kordillere der Anden, die Cordillera Real, entgegen, also die wirkliche, die echte Kordillere — nicht etwa die „Königs-Kordillere“, wie häufig falsch übersetzt wird. Wie eine Bastion schiebt sich der Santo Domingo, von Nordosten kommend, gegen Ensenada vor, um dort an dieser engsten Stelle zwischen See und Gebirge seine Richtung zu ändern und nach Südosten weiter zu streichen. Seine hellen Granite unterscheiden sich sehr auffal-

lend von den dunklen Basalten der eben beschriebenen Vulkane. Am Fuß des Santo Domingo, zwischen diesem und dem Osorno eingeeengt, fließt aus dem Todos Los Santos-See kommend, der smaragdgrüne und wasserreiche Rio Petrohué, zuerst in Kaskaden und Stromschnellen, dann aber in ruhigerem Lauf dem Fjord von Reloncavi zu, an dessen ca. 30 km von Ensenada entfernten Nordende er ins Meer mündet.

Das Becken von Ensenada. Der Osorno im Norden, der Calbuco und seine Vorberge im Süden und der Santo Domingo im Osten umschließen also ein etwa 3000 ha großes ebenes Becken, das 10 bis 20 Meter höher liegt als der Seespiegel und nur nach Nordwesten, gegen den See zu, offen ist. Mit diesem Becken von Ensenada werden wir uns nun im Einzelnen zu beschäftigen haben, denn hier liegt der Standort der Waldpflanzung, der in dieser Arbeit untersucht werden soll.

Die Entstehung dieses Beckens läßt sich leicht an den Formen und Aufschlüssen seiner Umgebung ablesen. So deuten Seeterrassen, die man am Südufer des Llanquihue-Sees, 10 km westlich von Ensenada, beobachten kann, darauf hin, daß der See in postglazialer Zeit bis an den Fuß des Cerro Santo Domingo gereicht hat. Zweifellos floß damals der See nach Südosten zum Fjord von Reloncavi ab, auf demselben Weg, den heute der Rio Petrohué zum Meer nimmt<sup>6)</sup>. Die Schlammströme des Calbuco und die Lockermassen des Osorno werden wohl schon damals den Seezipfel allmählich zum Verlanden gebracht haben. Der alte Seeausfluß ist jedoch heute noch durch eine versumpfte Tiefenlinie gekennzeichnet, die sich von Ensenada längs der Schuttkegel des Calbuco in südöstlicher Richtung bis zum Fuß des Santo Domingo, beziehungsweise bis zum Rio Petrohué erstreckt. Es scheint nun, daß in rezenter Zeit ein breiter Lavafluß des Osornos, der knapp hinter dem Hotel Ensenada zu sehen ist, den eigentlichen Ausfluß des Sees verschüttet hat. Heute fließt der See daher am gegenüberliegenden Ufer beim Städtchen Llanquihue aus, zwingt sich dort durch eine typische Moraenenlandschaft und mündet in den Rio Maullin, der nach einem Lauf von über 60 km den offenen Pazifischen Ozean erreicht. Diesen Tatbestand meldete schon *Pedro de Valdivia* dem Kaiser Karl V., nachdem er 1552 als Erster den Rio Maullin und den Llanquihue-See entdeckt hatte<sup>7)</sup>. Der Ausfluß macht indessen schon nach dem Kartenbild den Eindruck einer verhältnismäßig rezenten Anzapfung; auch verstopft sich dieser schmale Ausflußkanal häufig, was zu unerwünschter Erhöhung des Seespiegels führt. Die Gefällsverhältnisse zwischen dem Petrohuéfluß und dem Llanquihue-See sind heute noch so, daß man am Fuß des Osornos den Fluß in den See, wie andererseits auch durch Ausbaggern der alten Tiefenlinie am Fuß des Calbuco den See in den Fluß leiten könnte. Eine über meine Veranlassung von Ing. *Kurt Ackermann* aus Puerto Montt durchgeführte Feinnivellierung hat dies einwandfrei erwiesen.

Der Rio Petrohué. Der Name bedeutet nach *W. Meyer R.*<sup>7)</sup> „der Ort, wo die Nebel aufsteigen“. Der Fluß hat am Aufbau des Beckens von Ensenada einen sehr wesentlichen Anteil; wir werden daher zunächst seinen Oberlauf untersuchen. Er nimmt seinen Anfang am Auslauf des Todos Los Santos-Sees (Allerheiligensee) wenige hundert Meter südlich des

gleichnamigen Hafens. Dieser Ort ist als Umschlagstation vom Autobus zum Dampfer und als Verpflegsstelle der internationalen Reisenden von Wichtigkeit; hier bekommen die von Argentinien und Chile kommenden Touristen ihr Mittagessen, erstere am zweiten und letztere am ersten Reisetag des Übergangs von Puerto Varas nach San Carlos de Bariloche. Der Hafen Petrohué ist 18 km von Ensenada entfernt, der zwischen dem Cerro Santo Domingo und dem Vulkan Osorno eingeeingte Oberlauf des Rio Petrohué mißt etwa 13 km.

Ersteigt man hinter dem Hotel Petrohué auf einer Fahrstraße den Talrand, so sieht man vor sich den ganzen Ost- und Nordfuß des Vulkans. Die Schuttkegel des Osornos sind hier schon kaum geneigt und bilden weite, teils mit Moos und Sträuchern bewachsene, teils vegetationslose Flächen von Lavasand (Arenales), die da und dort von Rachen und Rinnen, ja gelegentlich auch von breiten, tief eingeschnittenen Tälern in Richtung auf den Fluß durchzogen sind. Die Rachen und Rinnen, aber auch die breiten Talwege führen in diesen Arenales normaler Weise kein Wasser. Die Schmelzwasser der Hängegletscher und Schneefelder sind nur am Hang sichtbar, wo sie noch über Lavafelsen fließen; wenn sie aber die am Bergfuß angehäuften Lockermassen erreichen, sickern sie in diese ein und erreichen unterirdisch den Fluß oder den Grundwasserspiegel der Ebene. Auch die großen, ausgeebneten Blocklavaströme des Westfußes sind vollständig trocken, weder ist dort ein Wasserlauf zu finden, noch kann Wasser durch Brunnengraben gewonnen werden, so daß die dort lebenden Waldarbeiter ihr Trink- und Gebrauchswasser in Faßwagen vom See herbringen müssen. Nur wenn die Schmelzwasser und Quellen durch eine ungewöhnliche Witterungslage weit über ihr normales Maß anschwellen, dann kann sie der Sand nicht mehr aufnehmen und die Wassermassen wälzen sich, Sand und Steine, ja große Felsblöcke mit sich fortreißend zu Tal. Solche ungewöhnliche Witterungsverhältnisse sind nicht allzu häufig; sie treten ein, wenn tropische Warmluftmassen über die Schneegrenze reichen und plötzliche Schneeschmelze sich mit starken anhaltenden Regenfällen verbinden. Katastrophales Anschwellen der Gewässer kommt dann vor, wenn es auch oberhalb der momentanen Schneegrenze regnet. Eine solche ungewöhnliche Wetterlage beobachteten wir am 28. Dezember 1956: Nach einer längeren Trockenperiode führte die Mehrzahl der Torrenten Wasser von dunkelrotbrauner Farbe. Es herrschte Hochnebel, die Tagesmitteltemperatur lag bei 17° C — ein mäßig warmer Sommertag ohne Regen; trotzdem lief Wasser in den Torrenten. Die Erklärung gab uns ein Flugzeugführer, der an den vorhergehenden beiden Tagen eine Temperaturinversion beobachtete, bei welcher in 500 m Höhe 20°, in 1500 m 26° C geherrscht hatte. Diese hohe Temperatur der oberen Luftschichten brachte daher die Schnee- und Eiskappe des Osornos zum Schmelzen. Die neueste Karte des Militärgeographischen Instituts stellt diese Rinnsale als normale Bäche dar; hier liegt indessen eine unrichtige Interpretation der Luftbilder vor, die Rinnsale sind vielmehr nur sehr gelegentlich wasserführende Eintalungen, so daß man sie besser gestrichelt als Torrenten hätte einzeichnen sollen. Der Einheimische nennt sie Zanjones, was so viel wie „großer Graben“ bedeutet.

Die vulkanischen Sande, die am Ost- und Nordfuß des Osornos so große Flächen bedecken, bilden einen wesentlichen Teil der lockeren Auswürflinge, die der Eruptionsdruck durch den Schlot in die Luft geschleudert hat und die dann auf oder, vom Wind vertragen, auch erhebliche Strecken neben dem Vulkan zu Boden gefallen sind. Die Ausbrüche des Osornos haben somit außerordentlich große Mengen von Lockermaterial produziert, die allem Anschein nach durch den Gipfelkrater ausgestoßen worden sind. Im Gegensatz hierzu sind zumindestens die mehr rezenten Lavamassen aus Seitenkratern ausgeflossen, die am Südwest-Hang des Vulkans in 1200 m Höhe eine Schulter bilden und dort in mehreren Gruppen angeordnet sind. Auch auf der Südost-Seite des Berges, gegen den Rio Petrohué zu, befindet sich ein, von unten deutlich erkennbarer Hilfskrater. Im Jahre 1929 warf der Calbuco zuerst Bimsstein-Lapilli, Sand und große Mengen von Asche aus; erst gegen Ende der Eruption floß feurig-flüssige Lava langsam aus dem Hauptkrater über. Die sich über große Zeiträume erstreckenden Ausbrüche des Osorno müssen ungleich viel gewaltiger gewesen sein. So fährt man doch von Ensenada nach Norden 8 km weit über Blocklavafelder, die vegetationsarm und unverwittert, einen durchaus rezenten Eindruck machen. Der schon erwähnte Mr. Douglas berichtet an Darwin, daß ab 5. Dezember 1835 der Osorno 14 Tage lang „ungeheure Mengen von Asche und Rauch ausgeworfen hat“. An dem dem Osorno gegenüberliegenden Ufer des Llanquihue-Sees decken meterdicke Aschenschichten wie Girlanden die dort vom Straßenbau angeschnittenen Schotterterassen. Am Ufer des Rio Petrohué treten einem überall die vulkanischen Sande des Osornos entgegen; sie bedecken auch, wie wir später sehen werden, den größten Teil des Beckens von Ensenada. Man muß sich darüber Rechenschaft geben, welche ungeheuren Kräfte da in der Vergangenheit das Antlitz der Erde verändert haben und nicht vergessen, daß der Osorno nur ruht und keineswegs erloschen ist. Man darf daher das Risiko nicht ganz unterschätzen, Menschenwerk in der Nähe eines solchen Feuerberges aufbauen zu wollen. Mit seinen Nachbarn, die sich durch die Nähe zweier Vulkane in ihrer Arbeit nicht haben stören lassen, teilt man dieses Risiko, aber auch die Hoffnung, daß der seit 1835 schlafende Riese nicht vorzeitig erwachen möge.

Der vulkanische Sand des Osornos ist im feuchten Zustand blauschwarz, trocken hell- bis dunkelgrau und besteht aus scharfkantigen Körnern, die nichts anderes als Bruchstücke von Lavagesteinen in seinen verschiedensten Formen und Zusammensetzungen sind. So findet man neben schwarzen Basaltsplittern, Bimsstein-Lapilli und Körner roter Schlacken. Die Korngröße ist je nach Lagerung und dem Fundort sehr verschieden, sie schwanken von 10 mm Durchmesser für den Bimsstein bis zu 2 mm und darunter für die zerriebene Lava. Noch unregelmäßiger ist das Bild bei den vom fließenden Wasser transportierten Sanden, hier liegen Steine aller Größen, bis zum tonnenschweren Basaltblock, Kiesbänke, Grob- und Feinsande wirr durcheinander. Bemerkenswert ist, daß die Sande im feuchten Zustand bedeutende Adhäsionskräfte entwickeln, auch verfestigen sie sich durch Druck und Lagerung. Die Erosion des fließenden Wassers bildet in ihnen Steilufer, bei älteren, stärker verfestigten Ablagerun-

gen, sogar meterhohe fast senkrechte Wände. Wird der Sand dieser Wände durch Wind und Sonne trocken, dann beginnt er zu rieseln; allmählich läuft die ganze trockene Schicht ab, die eingemischten Steine verlieren ihren Halt und stürzen in die Tiefe, aber die Steilwand bleibt stehen, weil die Feuchtigkeit der tieferen Schichten sie fest zusammenhält. Erdige Bestandteile, die als Bindemittel in Frage kämen, sind nicht vorhanden, wohl aber, besonders bei den älteren Ablagerungen, Asche und Schluff; in der Hauptsache erhält der Sand seinen Zusammenhalt durch den Wasserfilm, der seine Teilchen umgibt und durch die kantige, verzahnte Form seiner Körner. Diese Eigenschaft hat für die Praxis große Bedeutung: in einer Region, wo langandauernde Trockenperioden fehlen, erlaubt sie das Anlegen von Naturwegen auf diesen Sanden, ja sogar das Befahren von Sandflächen mit leichten Kraftfahrzeugen ohne Weg und Steg. Vulkanischer Kies, Grob- und Feinsande eignen sich auch vorzüglich als Zuschlag bei der Herstellung von Zementbeton. Als Straßendecke geben diese Sande gute Resultate, wenn man ihnen zwecks Erhöhung der natürlichen Bindekraft rote Vulkanschlacke, Bimsstein oder Asche (Tuff) beimischt.

Über die Gesteine des Osorno findet man in der Literatur nur sehr spärliche Angaben. Einzig *W. Bruhns*<sup>9)</sup> hat Bestimmungen von jenen Laven und Tuffen durchgeführt, die *Dr. Philippi* und der Konsul *Dr. Ochsenius* auf ihrer Expedition<sup>9)</sup> auf den Osorno 1852 mitgebracht und seinerzeit zur wissenschaftlichen Bearbeitung nach Deutschland geschickt hatten. Den Hinweis auf diese schwer zugängliche Veröffentlichung verdanke ich *H. Dr. Lauer*, Valdivia. In dieser kurzen Arbeit beschreibt *Bruhns* 13 Gesteinsproben und kommt zu dem Ergebnis, daß die Eruptivgesteine des Osornos als Übergangsglieder zwischen Augit-Andesit und Basalt anzusehen sind. Chemisch seien sie Basalt. Es handelt sich daher um ein kiesel-säurearmes, basisches Gestein, das er als „mitunter olivinfreien Feldspatbasalt“ definiert.

Die Lavaströme. Bei der Untersuchung des Oberlaufs des Rio Petrohué haben wir zunächst Beobachtungen auf den großen Sandflächen am Ostfuß des Osornos angestellt. Wenn wir uns nun von unserer erhöhten Warte ins Flußtal zurückbegeben, dann sehen wir am jenseitigen Ufer die bewaldeten und hohen Steilhänge des Cerro Santo Domingo, die bis an den Wasserlauf selbst heranreichen. Bergrutsche und Steinschlag sind dort häufig und die über die Steilhänge herabstürzenden Bäche leiten dem Petrohué Bergschutt zu; der Fluß transportiert daher nicht nur dunkle Lockermassen und Eruptivgesteine vom Osorno, sondern vereinzelt auch helle Tiefengesteine verschiedener Größe, die vom Santo Domingo stammen. Auf unserer Seite des Flusses begleitet uns beim Flußabwärtswandern ein Waldstreifen, der uns zunächst eine senkrechte Wand verhüllt. Die Wand läuft dem Fluß parallel und besteht zunächst aus erodierten alten Schwemmkegeln. Bald aber bemerken wir, daß ebenfalls senkrecht durchsägte Lavamassen in zunehmender Mächtigkeit über dem alten Schutt lagern und daß schließlich die alten Sande verschwinden und die Lavawand nicht nur unter das Flußniveau reicht, sondern auch an eine Stelle, die La Maquina genannt wird, sich freistehend bis zu einer Höhe

von 10 m erhebt. An dieser Stelle und etwa 400 m weiter, besteht das Flußbett aus „gewachsenen“ Lavafelsen, die im Talweg stark zerschnitten und erodiert sind, aber auch am jenseitigen Ufer mit dem Granit des Santo Domingo fest verbunden, bis zu einer ansehnlichen Höhe anstehen. War die Breite des Tals von den Steilhängen des Santo Domingo und der Wand gemessen, anfangs 120 bis 80 m, wird die Talsohle bei der Maquina mit kaum 40 m so eng, daß die Fahrstraße aus der Lava herausgesprengt werden mußte. Die Lavawand tritt dann hinter der Maquina etwas weiter zurück, die Lavadecke verschwindet nach einigen hundert Metern wieder, aber die nun wieder in Lockermassen eingeschnittene Stufe läßt sich 10 km weit verfolgen. — Die Lavawand an der Maquina sieht ganz frisch aus, ist vegetationslos und das sehr dicht, harte Gestein, das wir der Einfachheit halber Basalt<sup>10)</sup> nennen wollen, ist leicht fettglänzend, von sehr eigenartigem, muscheligen Bruch ohne jede Spalte oder Schichtung. Die Oberfläche dieses Lavastroms hat keine Blocklavadecke, ist mit humösem Sand bedeckt und mit Niederwald bestanden. Am Fuß der 10 m hohen Wand, an der Stelle, wo ein Aufschluß durch Straßensprengung entstand, ist das Gestein zu meterlangen sechseckigen Säulen von 80 bis 100 cm Durchmesser strukturiert.

In der Vorzeit hat sich also ein breiter Lavastrom des Osorno bis an den Steilhängen des Santo Domingo fortbewegt, hat das Tal des Rio Petrohué blockiert und den Fluß sowie den Todos Los Santos-See für lange Zeit aufgestaut. Allmählich hat aber der Fluß dieses Hindernis durchgesägt und die senkrechte Wand als Zeuge seiner Beharrlichkeit zurückgelassen. Dort aber, wo der Lavastrom, vielleicht einen alten Torrenten ausfüllend, eine besonders tiefe Sohle hatte, ist es dem Fluß noch nicht gelungen, den Lavastrom restlos zu durchschneiden. 400 m weit läuft der dort smaragdgrüne Petrohué in reißenden Kaskaden über Lavafelsen, in die er trogartige Rinnen eingeschnitten und abgeschliffene Felsen als Inseln zurückgelassen hat, bis er in einem prächtigen Wasserfall 6 m tief in ein breites Becken hinunterstürzt. Von diesem Becken an fließt er nicht mehr über „gewachsenen“ Fels, sondern in einem Bett, das nur durch riesige, aber lose Felsblöcke und große Steine, der Abraum seiner Miniarbeit, verfestigt ist. Das Becken unter dem Wasserfall bildet also die Erosionsbasis, hier ist der Lavastrom bis zu seiner Sohle durchgeschnitten, hier liegt auch der Kontakt zwischen der Lava und dem Schutt, auf dem sie ursprünglich geflossen ist. Vor dem Wasserfall teilt sich der Fluß; ein Nebenarm fließt schluchtartig eingeschnitten in großen Kaskaden zu Tal und umschließt eine aus Lavafelsen bestehende Insel, die ca. 300 m lang ist. Unterhalb dieser Insel sind alle Spuren eines Lavastroms verschwunden, wir haben sein Ende erreicht, nachdem wir ihn in seiner ganzen Breite von fast deivierteil Kilometer verfolgt haben; 300 m davon hat ihn der Fluß zur Gänze und 400 m nur zum Teil durchschnitten.

Über die Lavawand, die den Flußlauf begleiten, stürzen nun, wenn sie Wasser führen, mehrere von den Arenales kommende Torrenten, die nun ihrerseits wieder die Wand senkrecht angeschnitten und am Fuß der Wand große Schwemmkegel zurückgelassen haben. In den verfestigten Lockermassen bildeten die Torrenten sekundäre, schluchtartige Zertalungen und

an diesen können wir sehr schön die Mechanik der Erosion des fließenden Wassers studieren. Einer der interessantesten Aufschlüsse dieser Art liegt ca. einen Kilometer flußabwärts vom Hafen Petrohué, dort, wo die Fahrstraße zum erstenmal einen breiten Aufschüttungsfächer kreuzt. Wandert man diese Sandfläche in Richtung auf den Osorno aufwärts, dann tritt man bald in eine von steilen Wänden begrenzte Schlucht ein, die zunächst in alte Lockermassen hineingeschnitten ist. Diese Schlucht ist der Weg eines Torrenten, der von gelegentlichen Hochwässern abgesehen, nur bei Regen oder am Nachmittag eines sonnigen Tages etwas Wasser führt. Die Talsohle ist eben und besteht aus hartem, frisch ausgebreitetem Sand. Die Rinne selbst ist je nach der Mächtigkeit der letzten Wasserführung schmal oder nimmt unter Umständen die ganze Breite der Schlucht ein. Überall liegen große Steine herum, häufig auch dünne Bäume, die von oben quer über den Weg gefallen sind. Die schwarzen Wände sind mit den verschiedensten Moose und Flechten bewachsen, hier und da sieht man aber auch vegetationslose Flecken, wo eine dünne Schicht der Wand mitsamt der Bewachsung abgefallen ist. In feuchten Nischen wachsen große Farne und besonders schöne Exemplare des chilenischen Rhabarbers (*GUNNERA CHILENSIS LAM.*). Hier können wir auch an einer reizvollen Kleinform die Bindekraft feuchter Sande beobachten: wo sie das fließende Wasser nicht zerstört hat, sehen wir häufig winzige „Erdpyramiden“, 2 bis 5 cm hohe Feinsandkegel, auf denen ein Steinchen als Hut sitzt und der den Kegel vor dem spülenden Regen schützt.

**Erosion des fließenden Wassers.** Beim Weiterwandern gelangt man nun an eine Stelle, wo große Felsblöcke auf dem Boden der Schlucht liegen. Aufschauend sieht man, daß oben auf der Sandwand eine Lavadecke neu dazu gekommen ist. Es ist derselbe Lavastrom, den wir an der Maquina in seiner ganzen Mächtigkeit aufgeschlossen sahen. Bemerkenswert ist, daß Sand und Felsen ohne jegliche Stufung eine glatte Wand bilden; diese Erscheinung ist indessen nicht auf enge beschattete Schluchten allein beschränkt, vielmehr sieht man an fast allen Aufschlüssen, wo eine Lavadecke auf Lockermassen ruht, eine völlig einheitliche Wand ohne jegliche Unterbrechung oder Absatz an der Kontaktstelle. Wir werden allerdings gleich sehen, wie sich dieses Bild ändert, wenn Wasser über die Lavadecke läuft. Von der Stelle, wo die Lavadecke an der Wand zum erstenmal in Erscheinung trat, hat man noch 100 m zu gehen, ehe man zum Ende der Schlucht gelangt. Hier hat sich die Schlucht zu einem Becken erweitert, die in Richtung auf den Osorno durch eine senkrechte Wand abgeschlossen ist. Die Lavadecke ist hier 2 m dick, die darunter liegenden Lockermassen 4 m. Klettert man nun mit einiger Mühe aus der Schlucht heraus, dann sieht man, daß die Schlucht die Fortsetzung eines Torrenten ist, der vom Vulkan herunterkommt. Zwar ist die Lavadecke mit Sand bedeckt, so daß man sie an dieser Stelle nicht weiter verfolgen kann, aber in diesen Sanden hat sich das Wasser eingetalt und läuft nun schon kurz vor der Schlucht in einer gewundenen, trogförmigen Rinne direkt auf der Lavadecke, um am Ende der Lava in die Tiefe der Schlucht zu stürzen. Bei Hochwasser muß dies ein überwältigender Anblick sein, aber zu dieser Zeit wäre niemandem zu raten die Schlucht zu betreten, weil der Torrente



dann zweifellos die ganze Breite der Schlucht einnehmen dürfte. Wahrhaft unvorstellbare Mengen von Sand und Steinen werden bei Hochwasser zu Tal befördert. Der Ausdruck „Schlammstrom“ ist hier nicht angebracht; nichts erinnert an Schlamm, sondern es handelt sich um einen dicken Sandbrei, in welchem große Steine, ja Felsbrocken zu schwimmen vermögen. Dazu kommt beim Rio Petrohué noch sein starkes Gefälle, das man entsprechend dem Höhenunterschied zwischen Llanquihue-See und Lago Todos Los Santos mit 100 Meter auf 10 Kilometer schätzen kann. Aber auch die Torrenten können dem sie kreuzenden Straßenverkehr gefährlich werden: wehe dem Kraftfahrer, der bei zunehmender Wasserführung in einem solchen Torrenten stecken bleibt! In wenigen Minuten reicht der Sandbrei bis über die Achsen, das Fahrzeug wirkt wie ein Wehr, der Sand dringt unter die Motorhaube und in das Innere des Autos ein, und der Fahrer kann froh sein, wenn hilfsbereite Anwohner das Fahrzeug am nächsten Tag mit Schaufel und Picken buchstäblich ausgraben können. Solche Fälle haben sich auf der internationalen Straße nach dem Hafen von Petrohué, die sieben Zanjones überschreitet, wiederholt ereignet. Nachdem diese Torrenten bei Hochwasser in den Rio Petrohué münden, kann man sich vorstellen, daß dann sehr bald auch der Fluß selbst von mitgeführten Lockermassen gesättigt ist.

Stürzen solche flüssige Sandmassen über eine Lavadecke, dann unterhöhlen sie linsenförmig die Wand an der Kontaktstelle zwischen Lava und Sand. Ist die Höhle tief genug unter die Lavadecke eingedrungen, dann bricht die Decke ein, die Trümmer fallen in das Becken hinunter und werden je nach Größe mehr oder weniger weit vom Torrenten weitertransportiert. Die unterwaschene Lavadecke bricht also durch ihr eigenes Gewicht ab und zwar in senkrechten Bruchflächen, so wie dies der Struktur der erkalteten, feurigflüssigen Gesteinsmasse entspricht. Dieser Vorgang ist im Endbecken unserer Schlucht in aller Deutlichkeit zu sehen. Während sonst Lavadecke und die darunterliegenden alten Schuttmassen eine glatte, unabgestufte Wand bilden, ist hier die Lavadecke durch die vorangegangenen Hochwasser stark unterwaschen; zwischen Lava und Sand ist eine 1½ m hohe Höhle entstanden, die unter dem Rinnsal am höchsten ist und nach den Seiten niederer wird. Zehn Meter von der Wand liegen noch die Trümmer des letzten Abbruches herum; wir haben den größten Felsblock gemessen: er hatte einen Inhalt von fast 5 Kubikmeter und dürfte über 15 Tonnen schwer sein, trotzdem ist er vom Sandstrom schon einige Meter abwärts befördert worden. 1953 lag er noch nicht da, es kann also nicht sehr lange her sein, daß wieder einmal ein Stück Wand abgebrochen ist. Es handelt sich um das Mittelstück des früheren Wasserfalles, denn an seiner Oberfläche sieht man noch die trogartige Rinne, die das Wasser in den Felsen gegraben hat. Ein flüssiger Sandstrom wirkt ja wie eine Feile, er zersägt das härteste Gestein; es ist dies die Wirkung der „mahlenden Sande“, ein Prinzip, das z. B. auch dem Sandstrahlgebläse eigen ist. Sehr schön verdeutlicht diesen Vorgang die Abb. 7, die den Wasserfall des Rio Petrohué darstellt. Die sandbeschwerten Wasser des Flusses haben da einen riesigen Lavablock rinnenförmig angesägt; die Vertiefung der Rinne kann man von Jahr zu Jahr beobachten, es ist daher klar vorauszusehen,

daß auch dieser mächtige Felsblock in absehbarer Zeit zersägt und unterwaschen in das Becken stürzen wird, und das für jedermann so anziehende Naturspiel des Wasserfalls plötzlich ein anderes Gesicht bekommen wird.

Die Angostura. Zwei Kilometer flußabwärts vom Wasserfall erweitert sich das Tal des Petrohué, das Engtal ist zu Ende, der Wald, der beim Wasserfall nicht nur die Hänge des Vulkans, sondern auch seinen Fuß bedeckt hat, tritt zurück, und wir befinden uns weiterwandernd bald auf einem sehr breiten unbewaldeten Schwemmkegel, der von einigen Torrenten deltaförmig zerteilt wird. Während aber die bisher beobachteten Torrenten wie die Speichen eines Rades vom Vulkankegel herunterkamen, sehen wir, daß die den Südosthang herunterlaufenden Gewässer am Fuß des Berges ihre Richtung ändern und nach Osten fließen, ehe sie in den Petrohué münden. Den Grund für dieses eigenartige Verhalten bildet ein breiter Lavastrom von 20 bis 100 m Mächtigkeit, der von den am Südwesthang liegenden Seitenkratern ausgehend, nicht etwa, wie zu erwarten wäre, nach Süden, sondern nach Osten floß. Dieser Lavastrom bildet also, dem Bergfuß im Südosten weit vorgelagert, einen das Becken von Ensenada heute schützenden Damm, der nicht nur den Abfluß der Bergwässer nach Süden verhindert, sondern auch in ansehnlicher Breite das Tal des Petrohué gekreuzt hat, bis auch ihn wiederum die Steilhänge des Santo Domingos zum Halten gebracht haben. Auch dieser Lavastrom hat den Rio Petrohué mindestens 10 m hoch aufgestaut; ob dies zur selben Zeit geschehen ist, wie die Aufdämmung bei der Maquina, ist zweifelhaft. Mein Eindruck ist, daß dieser Lavaerguß viel jünger ist, als der Maquinastrom; wir werden im Folgenden noch versuchen, diesen Eindruck durch zusätzliche Beobachtungen im Becken von Ensenada selbst zu begründen.

Daß ein Aufstauen des Flusses stattfand, darüber besteht kein Zweifel, denn man kann es an Hand der schon beschriebenen Flußterrassen sehr gut rekonstruieren. Da hier das Tal durch die Hänge des Osorno nicht mehr eingengt ist, biegt die Wand der Flußterrasse stark nach Westen aus und bildet eine trichterförmige Erweiterung, die über den Lavastrom reicht und direkt in das Becken von Ensenada mündet. Solange also die Stauwirkung dieses letzten Lavastroms anhielt, hat der Fluß enorme Mengen von Lockermassen im Becken von Ensenada ausgebreitet und jene ebene Fläche gebildet, die der Ausgangspunkt unserer Betrachtung war. Sicher sind unter dieser jüngsten Alluvialdecke noch ältere Schuttmassen vorhanden, die vom Osorno direkt in das Ensenadabecken eingedrungen sind — Aufschlüsse dieser Art sind bei Niederwasser im Flußbett des Petrohué zu finden — aber dieser Vorgang spielte sich zu jener Zeit ab, als der dämmende Lavastrom noch nicht existierte. Was wir heute sehen, ist vom Petrohuéfluß ausgebreitet worden, denn sonst würde man nicht auf der Aufschüttungsfläche immer wieder helle Granitblöcke vom Santo Domingo finden, die nur der Fluß, nicht aber die vom Osorno herabfließenden Torrenten haben mit führen können. Während nun die Flußterrasse des Flußoberlaufs im Becken von Ensenada verschwindet, bildet das Niveau der Aufschüttungsfläche die Oberkante einer neuen Flußterrasse, die entstanden ist, als der Fluß den Lavastrom durchzusägen begann. Heute ist an einer schmalen Stelle dieses Hindernis völlig beseitigt; dort erhebt sich

am rechten Ufer eine 10 m hohe Felswand, während am gegenüberliegenden Ufer nur halb so hohe Reste des Lavastroms erhalten sind. Der Fluß bildet dort eine Enge (Angostura) von nur 60 m Breite und damit eine ideale Stelle für einen nicht allzu kostspieligen, technisch leicht zu erstellenden Bau einer künftigen Straßenbrücke über den Rio Petrohué.

**Der Alluvialfächer.** Das Durchschneiden des Lavastroms bei der Angostura muß natürlich auch geraume Zeit in Anspruch genommen haben, trotzdem dieser Lavastrom von weit geringerer Breite und Mächtigkeit war als der Lavafuß bei der Maquina. Es müssen sich dabei mehrere Erosionsbasen abnehmender Höhe gebildet haben, die in den der Angostura folgenden Flußterrassen ihr Spiegelbild finden. Die Nivellierung von Ing. *Ackermann*, die sich u. a. vom Llanquihuesee-Spiegel längs der Internationalen Straße bis zum Rio Petrohué erstreckte, gibt die höchste Erhebung der Straße, knapp bevor diese den Fluß erreicht, mit 28,45 m über dem Seespiegel an, das sind 79,45 m über dem Pazifischen Ozean. Das wäre also das Niveau der Oberfläche des großen Alluvialfächers nahe bei der Angostura; sodann folgt  $2\frac{3}{4}$  m niedriger die erste Flußterrasse, die im Tal des Oberen Petrohué der Internationalen Straße als Trasse gedient hat. Von dieser Stufe geht es 9,36 m steil zum Flußufer herab. Der Fluß hat sich daher einen Kilometer unterhalb der Angostura schon 12 m tief in die aufgeschütteten Lockermassen eingegraben.  $1\frac{1}{2}$  km von dieser Stelle flußab ist die Oberfläche der Alluvialfläche 19,20 m über dem Seespiegel, dann folgt eine Terrasse von 8,41 m Höhe, dann eine zweite von 4,59 m und schließlich eine letzte Stufe zum Fluß, die 2,44 m hoch ist. Während das Niveau des Rio Petrohué nahe der Angostura 16,64 m über dem Seespiegel liegt, beträgt die Differenz zwischen Flußniveau und Seespiegel  $1\frac{1}{2}$  km flußab nur noch 3,85 m. Der Fluß hat sich daher bei einem Gefälle von 12 m für  $2\frac{1}{2}$  km an der zweiten Meßstelle fast  $15\frac{1}{2}$  m tief in die Aufschüttungsfläche des Ensenada-Beckens eingeschnitten;  $2\frac{1}{2}$  km weiter sind es schon 18 m!

Das ganze rechte Steilufer des Flusses besteht nur aus Aufschüttungsmaterial von deutlicher Deltaschichtung, wobei vorwiegend Sand mit Schotter, großen Steinen und mächtigen Lavablöcken abwechseln. Die Sohle des Flusses bilden nur große Lavatrümmer — das Feinmaterial ist weitertransportiert und die größten Felsblöcke sind als Flußbett geblieben. Aber auch diese tonnenschweren Felsblöcke werden bewegt, ja bei Hochwasser hört man manchmal ein dumpfes Grollen, wenn die kollernenden Steine aneinanderschlagen.

**Der Unterlauf des Petrohué.** Weitere 5 km flußab verringert sich das Gefälle des Petrohué-Flusses erheblich, sein Lauf wird ruhiger, statt Felsbrocken und großen Steinen bilden sich Sandbänke, der Fluß tritt in seinen Mittel- und Unterlauf ein. Bevor er das Becken von Ensenada verläßt und zwischen einem kegelförmigen Berg, dem Cerro Telles und den Ausläufern des Cerro Santo Domingo seinen Weg zum Meer sucht, nimmt er noch den vom Volcan Calbuco kommenden Rio Hueño-Hueño, einen viel Schutt führenden Wildfluß, auf. Von da ab wird der Petrohué für Ruder- und Motorboote schiffbar. Für den Forstmann wichtiger ist vielleicht, daß auf dieser Strecke Weichholz nicht nur bis zur Mündung

des Flusses in den Fjord von Reloncaví gefloßt werden kann, sondern daß die Flöße, von Schleppern gezogen, bis zum Hafen von Cochamó gelangen können, wo auch Hochseeschiffe von großem Tiefgang ankern und laden können. Bei den hohen Lastkraftwagen- und Eisenbahnfrachten dürfte bei einer Entfernung von nur 35 km der Transport von Exportholz auf dem Wasserwege billiger zu stehen kommen als der doppelt so lange Straßen-transport nach Puerto Montt. —

Die Untersuchung der besonderen Verhältnisse des Oberlaufs des Rio Petrohué haben uns eine Reihe von Erkenntnissen gebracht, die für die Entstehung und den Aufbau des Beckens von Ensenada von Bedeutung sind. Wir haben zunächst das vom Osorno ausgeworfene Lockermaterial studiert und festgestellt, daß das fließende Wasser bei entsprechendem Gefälle dieses Material in unvorstellbaren Mengen weiterzutransportieren vermag. Wir haben ferner erkannt, daß zwei Lavaströme das Engtal zwischen Osorno und Santo Domingo durchkreuzt und den Fluß aufgestaut haben. An einem Beispiel haben wir beobachtet, wie der sandbeschwerte Fluß dieses Hindernis durchsägt und durch Teilung und Unterwaschung der Felsmassen das Stauwehr allmählich zu beseitigen in der Lage ist. Und schließlich konnten wir an den Flußterrassen sehen, daß der das Ende des Engtales sperrende Lavastrom in erheblicher Breite vom Fluß überflossen wurde und die Wassermassen, wie aus einer Düse heraus, das mitgeführte Material im Becken von Ensenada aufbreitet haben.

Entstehung und Alter des Alluvialfächers. Es gab also eine Zeit, in der das Becken von Ensenada ein großes Überschwemmungsgebiet war, wo der Fluß in mehrere Arme geteilt nicht nur große Flächen überflutet hat, sondern auch die Oberfläche des Beckens durch einzelne seichte Rinnsale in einer Weise modelliert hat, wie wir dies heute deutlich beobachten können. Dabei hat der Rio Petrohué seinen Lauf nicht geändert und ist keineswegs etwa in den Llanquihue-See geflossen; alles deutet vielmehr darauf hin, daß, wenn auch gelegentlich Wasser nach dem See überfloß, die einzelnen Flußarme bogenförmig wieder ins eigentliche Flußtal zurückfanden und der Petrohué nach Durchflutung des Beckens wieder geschlossen in die Enge zwischen dem Cerro Telles und dem Santo Domingo eintrat.

Die Aufbereitung der mitgeführten Lockermassen erfolgte nach dem Grundsatz: „Je leichter das Material, desto weiter der Transport.“ In der Nähe des Steilufers des Flusses bis zu einer Entfernung von 1 km liegen an der Oberfläche des Alluvialfächers und natürlich auch in den tieferen Sandschichten vergraben die allergrößten Brocken, viele Tonnen schwere Lavatrümmer, die man zersprengen müßte, wollte man sie entfernen. Aber schon 2 km vom Fluß, z. B. an der Stelle, wo wir mehrere Brunnen gegraben haben, sind die in Schichten angetroffenen Steine höchstens 2000 kg schwer, konnten daher verhältnismäßig leicht mit Flaschenzügen aus dem Brunnenschacht herausgehoben werden. Bis dahin findet man überall Bänke eines nicht allzu groben Schotters, aber die große Masse der Aufschüttung ist vulkanischer Sand verschiedenen Feinheitsgrades, wie ihn eben der Osorno bei seinen Ausbrüchen ausgeblasen hat. 3 km vom Fluß haben wir einen 5 m tiefen Brunnenschacht gegraben, wo wir nur Grob-

sand und gar keine Steine, aber leider auch kein Wasser, antrafen. Dies war sozusagen auf der Wasserscheide zwischen dem Überschwemmungsgebiet des Petrohué und der versumpften Tiefenlinie am Fuß des Calbuco. Überschreitet man diese Grenze oder gräbt eine vertiefte Mulde auf, dann stößt man auf Schichten eines dichten, schwarzen Feinmaterials, das aus zusammengeschwemmter Asche und Schluff (Tuff) besteht. Hier haben offenbar die Überschwemmungsgewässer große Tümpel gebildet und das solcherart stagnierende Wasser hat die in ihm suspendierte Flußtrübe abgesetzt. Je weiter man sich also vom Fluß entfernt, desto feiner wird das Aufschüttungsmaterial.

Der Alluvialfächer des Petrohué war 1948 noch mit Buschwerk und Niederwald dicht bewachsen und zwar so dicht, daß er nur auf ausgehackten Pfaden begangen werden konnte. Als dieses Gestrüpp jedoch zwecks Errichtung von Haus und Hof gerodet und erst recht als das Land für die Großpflanzung gesäubert wurde, traten eine Reihe von Erscheinungen zu Tage, die weiteres Licht auf die Entstehung und auf das Alter der Aufschüttungsfläche warfen. Das Erste, was uns bei der Rodung des Hofareals, 2 km westlich des Flusses, auffiel, waren mehrere 10—12 m lange, grabenartige Rinnen von 50 bis 60 cm Durchmesser, die zumeist hohl in ostwestlicher Richtung liefen und beim Säubern spärliche, stark vermoderte Holzreste aufwiesen. Es handelt sich hier offenbar um große umgestürzte Bäume, entweder Windbrüche oder Bäume, die, von den Überschwemmungen unterwaschen, zu Boden gefallen waren. Daß dies vor oder während der Überschwemmungen geschehen ist, das beweist nicht nur die Grabenform, sondern auch die häufig zu beobachtende Erscheinung, daß diese Gräben sich meist auf einer Bodenschwelle befinden, das fließende Wasser an ihnen ein Hindernis fand und die Palisade erodierend umfließen mußte. Daß ein oder mehrere Felsblöcke solche Bodenschwellen im Überschwemmungsgebiet bilden, ist an sich nicht verwunderlich, daß aber solche steile Schwellen durch umgestürzte Bäume verursacht worden sind, deutet darauf hin, daß das Becken von Ensenada zur Zeit der Überschwemmungen mit Urwald bestanden war, und daß der Rio Petrohué diesen Wald, soweit seine Aufschüttung reichte, vernichtet hat. Es läßt sich ferner aus dieser Bewaldung schließen, daß der Llanquihue-See damals mehr oder weniger dasselbe Niveau hatte wie heute. Wohl ist anzunehmen, daß die verschütteten Baumleichen verhältnismäßig langsam vermodert sind, aber daß man in diesen Gräben überhaupt noch Holzreste findet, deutet darauf hin, daß die große Aufschüttungsfläche des Petrohué doch in sehr rezenter Zeit entstanden ist. Dazu kommt, daß auf der Schwemmfläche des Petrohué heute kein Baum steht, der älter als 80 Jahre alt ist, daß aber außerhalb der Aufschüttungen Bäume zu finden sind, die mindestens 200 Jahre zählen dürften.

Ehe wir auf diesen Punkt näher eingehen, soll noch auf eine weitere sehr aufschlußreiche Erscheinung hingewiesen werden, die man allerdings erheblich näher am Fluß, etwa 3 km flußab von der Angostura, beobachten kann. Hier findet man im Boden vereinzelt kreisrunde Löcher, die 8 bis 10 Meter senkrecht in die Tiefe gehen. An der Oberfläche haben diese Röhren einen Durchmesser von 80 cm und in der Tiefe wahrscheinlich erheblich

mehr; sie sind völlig leer, und sauber angeordnete Steine und Sand bilden die lotrechte Wand dieser Röhren. Man kann diese Erscheinung nur so interpretieren, daß gewaltige Urwaldbäume während der Überschwemmungen stehen blieben und von den dort nicht mehr so stürmisch fließenden Lockermassen verschüttet wurden. Das Holz ist im Laufe der Zeit verfault und in diesem Fall restlos verschwunden, der Raum, den der verschüttete Baum eingenommen hatte, ist jedoch erhalten geblieben. Diese tiefen Löcher, die eine Gefahr für Mensch und Vieh bilden, sind auch weiter flußabwärts auf dem Land zu finden, das meinem Nachbarn gehört. Es stellt sich dabei die Frage, wieviel Jahrzehnte eine solche senkrechte Röhre in leicht verfestigtem, aber schließlich doch losem Sand- und Steinmaterial überdauern kann.

Die Wiederbewachung verschiedener Böden. Wir haben schon darauf hingewiesen, daß die ältesten Bäume auf der Schwemmfläche 70 bis 80 Jahre alt sind. Wenn also die großen Überschwemmungen den ursprünglichen Wald vernichtet und den alten Waldboden mit einer mächtigen Decke sterilen vulkanischen Materials verschüttet haben, so würde uns die Zeit, die notwendig war, um unter den gegebenen Verhältnissen eine verwüstete, fast 1000 ha große Fläche wieder mit Baumbestand zu bedecken, einen weiteren Anhaltspunkt dafür geben, wann diese Katastrophe stattgefunden hat. Der kürzlich verstorbene Dr. *Wolffhügel*, der mehrere Jahrzehnte in Cayutúe am Todos Los Santos-See gelebt hat, berichtet in einer seiner letzten Veröffentlichungen<sup>11)</sup> über seine diesbezüglichen Beobachtungen auf Blocklava und auf den Arenales des Osorno. Zunächst stellt er fest, daß alle Vulkane Südchiles in der Wiederbewaldung ihrer Eruptivmassen einen Sondertypus darstellen. Auf rezenter Blocklava könne sich die geschlossene Formation, nämlich der Wald, unter Mithilfe von Bakterien und Blaualgen, allein durch das Moos *RHACOMITRIUM HYPNOIDES* bilden, welches den heimischen Baumarten, besonders dem Coihué (*NOTHOFAGUS DOMBEYI*) als Saatbeet und Wasserspeicher dient. *Wolffhügel* hält es für wahrscheinlich, daß der von ihm untersuchte Lavastrom, der sich nördlich, knapp hinter dem Hotel Ensenada befindet, während der Eruption des Osorno im Jahre 1835 ausgeflossen ist, einer Ansicht, der ich mich anschließen möchte. Wo genügend Feuchtigkeit vorhanden ist, nämlich dort, wo der erwähnte Lavastrom im Llanquihue-See untertaucht, hat sich schon längst ein geschlossener Waldgürtel gebildet, der dasselbe Alter und dieselbe Pflanzengesellschaft aufweist, wie der Wald der Schwemmfläche des Rio Petrohué. Dort wo kein Grundwasser vorhanden ist, geht die Wiederbewaldung immer noch vor sich und zwar in einzelnen Pflanzeninseln, die, wie ich selbst beobachtet habe, in niederschlagsarmen Jahren in ihrem Baumbestand manchmal vollständig vertrocknen; nur das Moos überlebt die längsten Trockenzeiten und dient dann immer wieder den Baumsamen als Saatbeet. Dieses Moos hat im Becken von Ensenada überall dort, wo der Boden felsig oder sandig ist, größte Verbreitung gefunden. Es bedeckt ausgedehnte Flächen auf den Arenales des Osornofußes, bildet 10 bis 15 cm dicke Polster, ist bei Trockenheit von weißgrauer Farbe (siehe Bild Nr. 6) und wird nach Regen sofort dunkelgrün. Die Wiederbewachung von trockenen Blocklavaströmen, wo nach *Wolffhügel* auf das

Moos gleich der Baum folgt, ist für unsere Betrachtung weniger wichtig als die Wiederbewachsung von Sandflächen. Auch hierbei spielt das Moos eine ausschlaggebende Rolle, aber hier folgen zunächst auf Moos und wenigstens am Anfang mit dem Moos vergesellschaftete Ericaceen, wie die Chaura (*PERNETTYA MUCRONATA DC*) und Myrtaceen, wie die Murta (*UGNI MOLINAE T.*), niedere Sträucher, die den mit Vegetation neu bevölkerten Sandflächen einen ausgesprochenen Heidecharakter geben. Natürlich ist auch hier die Durchlässigkeit des Bodens, also die Fähigkeit, Regenwasser zurückzuhalten und zu speichern, von größter Bedeutung. Je älter die Mooschicht, je mehr abgestorbene Pflanzenteile den Sand undurchlässig machen, desto größer das Wasserspeichungsvermögen, desto üppiger gedeihen die Heidekräuter, bis diese schließlich das Moos verdrängen und allein das Feld behaupten. Alle die genannten Stauden haben eßbare, fleischige Früchte, die von vielen Vogelarten gefressen werden. Die Samen gehen unverdaut ab, bekommen noch zusätzlichen Vogeldung und keimen dann willig im natürlichen Saatbeet der Moosflächen. Der Baumbestand entwickelt sich auf den Sandflächen erst im Schatten und im Schutz der oben erwähnten Heidegewächse. Man hat diese Pflanzenformation in Chile *P e r n e t t y a - H e i d e* genannt, und diese Bezeichnung trifft auch für den Bewuchs der Schwemmfläche des Rio Petrohué im Becken von Ensenada zu.

Je durchlässiger der Boden, desto mehr überwiegt der Heidecharakter, ja, an ganz trockenen Stellen versagt sogar die Chaura, und nur das Moos bedeckt den Boden. Je undurchlässiger die Oberfläche oder je höher der Grundwasserspiegel, desto üppiger wächst der Wald. Wenn jedoch der Boden an Stelle von tiefen Sandschichten aus Schichten von zusammengeschwemmter Asche und Schluff (Tuff) besteht, Schichten, die in hohem Maß Feuchtigkeit zurückhalten, ja wasserundurchlässig sein können, dann treten an Stelle von Moos und Heidesträuchern allein die Farne auf und zwar *GLEICHENIA SPEC.*, wo Staunässe fehlt und *BLECHNUM CHILENSE* (Mett.) auf nassen, ja sumpfigen Böden. *Wolfshügel* fand nun, daß zum Unterschied von Beobachtungen in anderen Ländern, die Farne bei der Wiederbewachsung von vulkanischem Ödland in Südchile keine Rolle spielen, sondern nur das Moos *RHACOMITRIUM*. Dies trifft jedoch nur bei der Wiederbewachsung von Lavaströmen und durchlässigen Sandflächen zu, die vermutlich in einem regenärmeren Klima überhaupt vegetationslos geblieben wären. Bei jährlich 2500 mm Regen, dem mehrjährigen Mittel für Ensenada, vermögen jedoch das Moos und seine Folgepflanzen zu überleben. Dort hingegen, wo die Auswürflinge feinkörnig oder staubförmig waren und einen undurchlässigen Boden gebildet haben, da tritt allein das Farnkraut in seine Rechte.

Dies läßt sich auch aus einer sehr frühen Beschreibung der Wiederbewachsung des Krakatau bekräftigen. Dr. *Treub*, Direktor des botanischen Gartens von Buitenzorg, der zusammen mit dem Ing. *Verbeek* im Juni 1886, also 3 Jahre nach dem berühmten Großausbruch, die Insel Krakatau besuchte, berichtet<sup>19)</sup>, daß die neue Vegetation der von der Eruption völlig verwüsteten Insel damals ausschließlich aus Gefäßkryptogamen bestand. Er beobachtete aber gleichzeitig auch, daß das ganze Gebiet mit einer 1 bis

60 (!) m dicken Aschenschicht bedeckt war. Auch hier waren es die Blaualgen, die den Farnen als Pionierpflanzen dienten, in gleicher Weise, wie dies beim Moos des Osorno der Fall ist. Die Insel Krakatau gehört zu den Kleinen Sundainseln, die im Tropenklima liegen und Niederschläge erhalten, die der jährlichen Regenmenge Südchiles gleichkommen dürften.

Sei es nun, daß die Vulkane Ensenadas mehr Sand als Asche produzieren, sei es, daß die spülenden Regen die Aschenschicht bald abgetragen und zu Tal transportiert haben, rezente Aschenschichten sind nur in sekundärer Lagerstätte zu finden, so daß am Osorno und Calbuco Sand und erstarrte Magma allein herrschen. Daher vollzieht sich die Wiederbesiedlung dieser feuchtigkeitsarmen Flächen durch solche Pflanzen, die der Trockenheit des Bodens und den sommerlichen Dürren Widerstand zu leisten vermögen. Zu diesen xeroresistenten Pflanzen gehören die Farnkräuter natürlich nicht. Die Art und der Zeitaufwand der Wiederbesiedlung ist daher vom Boden und vom Klima abhängig, sie sind durch die kennzeichnenden Merkmale und Eigenschaften des Standorts bedingt, daher auch je nach dem Standort verschieden. —

Wir haben aus dem Vorhergehenden entnommen, daß ein 1835 entstandener Lavastrom am Seeufer, soweit das Grundwasser reicht, heute mit Wald bestanden ist, der im Alter und Aussehen den grundwassernahen Beständen der Petrohué-Schwemmfläche gleicht. Je mehr wir uns dem im Schwemmaterial tief eingeschnittenen Fluß nähern, je grundwasserferner also der Boden, desto schütterer wird der Wald und umso deutlicher tritt der Heidecharakter der Landschaft hervor. Ältere Besitzer haben mir erzählt, daß in ihrer Jugend die flußnahen Teile des Beckens von Ensenada ganz offen, überall begehbar und fast nur von Chaura bewachsen waren. Das Vieh lief damals dort frei herum und war der guten Sicht wegen leicht zu kontrollieren. Aus diesem praktischen Grunde ist ihnen wohl auch diese Tatsache im Gedächtnis geblieben. Der Boden war also damals vor 50 Jahren noch zu durchlässig und schlecht, um einen geschlossenen Wald hervorzubringen. 1948 waren aber auch diese Teile der Aufschüttungsfläche mit undurchdringlichem Gestrüpp von Chaura und Murta und einem Jungwald bestanden, in welchem neben vereinzelt und älteren Coihue's (*NOTHOFAGUS DOMBEY*) der Muermo (*EUCRYPHIA CORDIFOLIA CAV*) und besonders der stark laubwerfende Avellano (*GUEVINA AVELLANA MOL*) vorherrschte. Wenn sich also durch das waldfreundliche Klima Südchiles eine Heidefläche in 50 Jahren, trotz denkbar ungünstiger Bodenverhältnisse, mit Bäumen bestocken konnte, so werden wir nicht fehl gehen, wenn wir aus den hier beschriebenen Untersuchungen den Schluß ziehen, daß 120 Jahre genügten, um das verwüstete und sterile Überschwemmungsgebiet des Rio Petrohué mit jener Vegetation zu bevölkern, die wir heute dort beobachten können.

Das Ergebnis unserer Forschung hat somit klar gestellt, daß der das Flußtal bei der Angostura sperrende Lavastrom der letzten großen Eruptionsperiode des Osorno angehört, die in die Jahre 1832 bis 1835 fällt. Zu der Sperre des Flußtales trat aber noch eine ungewöhnlich große Vermehrung der Wasserführung des Flusses hinzu, denn die Hitze der Ausbrüche



muß den Schnee- und Eispanzer des Vulkans weitgehend weggeschmolzen haben, so daß diese enormen Wassermassen mit dem mitgeführten Lockermaterial sehr bald das Tal oberhalb der Angostura ausgefüllt haben müssen. In einer Naturkatastrophe sonder gleichen haben sich dann diese riesigen Wassermengen über den sperrenden Lavadamn in das Becken von Ensenada ergossen und das mitgeführte Material in jenen dicken Schichten ausgebreitet, auf denen wir im Vorigem noch Zeugen dieses gewaltigen Geschehens vorgefunden haben. —

**Die Begrenzung der Pflanzung.** Wir haben die Aufschüttungsfläche des Petrohués deshalb so ausführlich behandelt, weil sie, soweit das erworbene Land flußabwärts reicht, der Standort der Hauptpflanzung des Verfassers ist. Im Norden grenzt die Pflanzung an eine lange Gerade der Internationalen Straße, die von Ensenada zum Todos Los Santos-See führt. Jenseits dieser Straße liegt ein 200 bis 300 m breiter Waldstreifen und der Südfuß des west-östlich verlaufenden Lavastroms, der bis zur Angostura reicht. Bis zum nächsten Großausbruch des Osorno schützt dieser Lavawall das Becken von Ensenada vor den Torrenten des Vulkans. Wir haben ja schon gesehen, daß die den Südhang herabfließenden Schmelz- und Regenwässer durch diesen Lavastrom gezwungen sind, nach Osten, also in Richtung auf den Fluß, abzubiegen. Die Modellierung der Aufschüttungsfläche ist gering, das Gelände eben, der Boden hart und durchlässig, so daß Fahrwege für luftbereifte Fahrzeuge überall angelegt werden können. Dies trifft jedoch nur bis zum Steilufer des Flusses zu. Der Terrassengürtel des rechten Flußufers ist so uneben und mit großen Felsblöcken ausgefüllt, daß sich dieser stellenweise ziemlich breite Streifen trotz seiner Grundwassernähe für eine Bepflanzung nicht eignet. Die Pflanzung reicht daher nur bis zum Rand der letzten Terrasse und ist daher gegen den Fluß zu durch einen Steilhang begrenzt, trotzdem sich der Besitz bis an den Fluß ausdehnt. Im Westen reicht die Pflanzung bis zu einem öffentlichen Weg, der von Ensenada nach Ralún, am Fjord von Reloncaví, führt. Fahrbar ist dieser Weg nur bis zum Rio Hueño-Hueño, von da an geht er als Reitpfad bis zum Meer. Es besteht jedoch die Absicht, diese wichtige Verbindung zu einer guten Autostraße auszubauen. 13 km dieser neuen Straße sind schon vermessen und zum Teil schon gebaut, so daß innerhalb des Besitzes eine definitive Route besteht, bis zu welcher die Pflanzung nach Westen reicht. Im Süden schließt der Grenzzaun die Pflanzung gegen den Besitz des Nachbarn ab. Dieses solcherart begrenzte Gebiet hat die Form eines schiefwinkligen Trapezes, seine größte Länge in nord-südlicher Richtung beträgt 2,5 km, seine größte Breite senkrecht hierzu knapp 2 km, was eine Nutzfläche von 300 ha ergibt. Die Pflanzung liegt zur Gänze auf der Schwemmfläche des Rio Petrohué und bildet daher, was Lage, Klima und Boden anbelangt, eine Einheit untereinander gleicher Erzeugungsfaktoren.

**Der Hualve Grande.** Der neue Weg nach Ralún erstreckt sich fast genau an der Grenze zwischen dem Alluvialfächer des Rio Petrohué und der gegen den großen Sumpf (Hualve) am Fuß des Calbuco abfallenden Zone. Hier stehen weitere 100 ha für eine Bepflanzung zur Verfügung. Der Streifen zwischen Straße und Sumpf ist etwa 500 m breit. Er hat zum Teil einen wesentlich anderen Charakter als die schon beschriebenen Verhält-

nisse auf der Schwemmfläche des Petrohué. Zwar gibt es da im Westen noch etwas Pernettya-Heide, aber je mehr man sich dem Sumpf nähert, desto dichter wird der Wald, desto mehr treten Farne auf und statt der Chaura bilden reiterhohe Mirtaceen das Unterholz des Baumbestandes. Hier stehen noch einige prächtige, uralte Coihue's, die die Vulkanausbrüche und Überschwemmungen überdauert haben. Aber selbst sie sind bis zu einem Meter mit Feinmaterial verschüttet worden; legt man ihre Wurzeln frei, dann sieht man, daß sie in Anpassung an die Verschüttung statt einem Wurzelteller — der Coihue ist ein ausgesprochener Flachwurzler — zwei stockwerkförmig übereinander gebaute Wurzelteller gebildet haben. Sie stehen laut Nivellierung 3 m über dem Wasserspiegel des Sumpfes, der dort seinerseits wieder 10 m über dem Llanquihue-See liegt. Die auch im Winter nicht unter Wasser stehenden Ufer des Hualves sind in einer Breite von 60 bis 100 m mit einem Hochwald bedeckt, in der Hauptsache wieder Coihue, aber in einer Höhenentwicklung, die für diese Baumart ungewöhnlich ist. Auch der Avellano, der auf der Pernettya-Heide nur hohe Büsche bildet, entwickelt sich hier zu einem hochschäftigen Baum. Werden die Coihue auf der Heide kaum 12 m hoch, so haben wir am Sumpfufer Bäume von 80 cm Brusthöhendurchmesser und 33 m Höhe gemessen. Auch Coihue's mit nur 25 cm Durchmesser haben dort annähernd dieselbe Höhe. Das Grundwasser steht dort 1 m unter der Oberfläche und der Boden selbst ist schon wegen des tiefen Schattens und der Kapillarkwirkung auch im Hochsommer immer feucht. Es ist dies das Reich der Blechnumfarne, die auch im Sumpf selbst große Flächen bedecken. Dieser Hochwaldstreifen ist in der Umgebung sonst nicht zu finden, er stellt eine Besonderheit dar, die beweist, daß der Coihue, der sonst ein von den Niederschlägen abhängiger Baum der durchlässigen Böden ist, sich auch an nasse Böden anzupassen vermag, ja dort sogar besonders gut gedeiht.

Die Bodenverhältnisse werden in einem späteren Abschnitt behandelt werden; hier sei nur erwähnt, daß der Boden hier beim Sumpf aus zusammengeschwemmter Asche und Feinstsand besteht. Der Einfachheit halber wollen wir diese schwarze Erde als Tuff bezeichnen. Wird er ganz trocken, so zerfällt er zu einem grauen Staub, Feuchtigkeit verfestigt den Tuff zunächst, bei überschüssigem Wassergehalt zerfließt er jedoch zu Brei.

Der längs des Nordfußes des Calbuco sich hinziehende Sumpf, der den Süden und Südwesten des Beckens von Ensenada einnimmt, besteht in der Hauptsache aus diesem breiigen Tuff, der je nach dem Standort  $\frac{1}{2}$  m bis mehrere Meter tief sein kann, Etwa 3,5 km vom Llanquihue-See entfernt scheiden sich die Gewässer im Sumpf. Durch einen vom Nordhang des Calbuco herabfließenden Bach ist eine Bodenschwelle entstanden: westlich von ihr fließt der Sumpf nach dem Llanquihue-See ab, östlich davon zum Rio Hueño-Hueño, der am Calbuco entspringt, aber weiter östlich als der die Bodenschwelle bildende Bach. Genährt wird der westliche Teil des Sumpfes, Hualve grande genannt, durch das ost-westlich fließende Grundwasser der Aufschüttungsfläche, das in der Tiefenlinie ans Tageslicht tritt. Auch vom Osorno strebt Sickerwasser unter dem letzten Lavastrom der Tiefenlinie zu und sprudelt bei starken Regen oder Schneeschmelze nahe beim Hotel am Südfuß des Lavastroms im Sumpfwasser hoch. Die durch

bakteriogenes Eisen gefärbten Abwässer des Hualve grande münden beim Hotel Ensenada und auch noch weiter südlich, in mehreren Bächen in den Llanquihue-See. Der östliche Teil des Sumpfes bekommt seine Zuflüsse in der Hauptsache vom Calbuco, dessen Lockermassen fast gänzlich abgewaschen sind. Die Abwässer dieses Vulkans fließen daher in sichtbaren Bächen herab und bilden keine Torrenten, wie der Osorno an seinem Nord- und Ostfuß. Während der westliche Teil des Sumpfes 200 bis 500 m breit ist, wird der östliche Teil immer schmaler, weil ein großer Schuttkegel, der den Rio Hueño-Hueño an beiden Ufern begleitet, die Tiefenlinie zum größten Teil verschüttet hat. Ein Bach ohne Namen entwässert hier den Sumpf, kreuzt mehrmals den Weg nach Ralún und mündet schließlich in den Hueño-Hueño.

Der Sumpf selbst ist mit Schilf und Farnen bewachsen und in seinen verlandeten Teilen mit Wald bestanden, wo neben immergrünen Coihue's, der laubabwerfende Nirre (*NOTHOFAGUS ANTARCTICA OERST*) und andere typische Sumpfbäume Südchiles anstehen, so z. B. Canelo (*DRIMYS WINTERI FORST*), Tepu (*TEPUALIA STIPULARIS GR.*) und Arrayán (*EUGENIA CHEQUEN H. ET A.*). Im Winter ist der Hualve weder zu Pferd noch zu Fuß zu begehen, im Sommer, bei niedrigem Wasserstand, kann man von Farnwurzel zu Farnwurzel springen oder Bretter und lange Stangen als Weg auslegen. Nur an einer einzigen, schmalen Stelle, nahe an der Wasserscheide, ist mit Hilfe eines Knüppeldammes ein fahrbarer Weg geschaffen worden, der die beiden Sumpfufer miteinander verbindet. Da Abzugsgräben durch den nachrutschenden Schlamm immer wieder verschüttet werden, wäre eine Entwässerung und Nutzbarmachung dieser Sumpffläche in jeder Beziehung unwirtschaftlich; eine Aufforstung oder sonstige Nutzung dieses Gebietes ist daher nicht möglich. Nur am nicht überschwemmten Sumpfrand, dort wo der Boden aus Tuff besteht, gibt es Flächen, die nach Rodung und Drainage in gutes Weide- und Ackerland verwandelt werden können. Auch der große Alluvialfächer des Rio Petrohué ist unproduktiv, da auch die alten Coihue's der Heide nur zu billigstem Brennholz verarbeitet werden können. Erst der gepflanzte Wald soll diese bisher unproduktive Heidefläche als Schnittholzproduzent nutzbar machen. Es wird aber einer mindestens 60jährigen Bodenverbesserung durch den Kunstwald bedürfen, ehe dieses Gebiet der landwirtschaftlichen Nutzung zugeführt werden kann. —

Wir haben damit unsere Rundreise durch das Becken von Ensenada beendet. Von der Verkehrslage Ensenadas ausgehend, haben wir festgestellt, daß das Becken von drei Seiten mit hohen Bergen umgeben und nur nach dem See zu offen ist. Wir sind der Geschichte der beiden Vulkane nachgegangen und fanden im oberen Petrohué-Tal Zeugen der gewaltigen Tätigkeit des Osorno. Dies führte uns zur Untersuchung der Entstehung und des Alters jener Aufschüttungsfläche, die den größten Teil des Beckens von Ensenada einnimmt. Auf diesem Alluvialfächer am Südfuß des Osorno liegt der Standort, der untersucht werden soll, nämlich der Standort der Hauptpflanzung des Verfassers, dessen Grenzen näher beschrieben wurden. Zum Schluß haben wir uns dem großen Sumpf und dem südwestlichen Teil des Besitzes zugewendet und damit die Lage des zu untersuchenden

**Standorts geklärt. Nach Erörterung aller Erzeugungsfaktoren dieses Gebietes, soll die Lage der Pflanzung auch vom waldbaulichen Standpunkt aus beurteilt werden.**

## II. Das Klima

Chile gehört zu jenen Ländern Südamerikas, deren Großklima am besten erforscht ist. Ein staatliches meteorologisches Beobachtungsnetz besteht seit dem Jahre 1868<sup>13)</sup>. Wir können uns daher an Hand der einschlägigen Literatur über die klimatischen Verhältnisse Chiles sehr gut orientieren. Es sei daher aus der Fülle der Einzelheiten nur das Wichtigste herausgegriffen.

Chile liegt fast zur Gänze auf der westlichen Seite der Andenkette. Drei Hauptfaktoren beherrschen sein Klima: der kalte Humboldtstrom des Pazifischen Ozeans, das subtropische Hochdruckgebiet westlich von Juan Fernandez und das am Rande der Antarktis, westlich vom Grahamland gelegene Tiefdruckgebiet. Während nun der Einfluß des Humboldtstroms eine Konstante darstellt, verändert sich die Wirkung der Druckfelder je nach ihrer Lage und Intensität. Im Winter rückt das subtropische Hochdruckgebiet, der Sonne folgend, nach Norden, im Sommer nach Süden. Unter dem Einfluß des Humboldtstroms ist der größte Teil der Chilenischen Küste im Verhältnis zu ihrer geographischen Breite zu kalt. Da sich Chile über 38 Breitengrade erstreckt, ist das Klima des Landes nicht einheitlich, sondern ändert sich mit der geographischen Breite. Man unterscheidet daher 4 Klimazonen, nämlich: 1. das Trockengebiet Nordchiles bis etwa 29 Grad südlicher Breite, 2. die warme Zentralzone bis 38½ Grad südlicher Breite, 3. die regenreiche Südzone einschließlich der Provinz Chiloe bis zum Golfo de Huafo 43 Grad südlicher Breite und 4. das patagonisch-feuerländische Gebiet im äußersten Süden. Davon kommt für unsere Betrachtung allein die 3. Zone, insbesondere die Provinz Llanquihue mit der Beobachtungsstation höherer Ordnung Puerto Montt (41 Grad südl. Breite) in Frage.

Es ist das Verdienst des deutschen Arztes Dr. *Carl Martin*, dessen segensreiche Tätigkeit als Mediziner und Naturforscher in den Provinzen Puerto Montt und Chiloe sich über drei Jahrzehnte erstreckte — er starb 1907 in Puerto Montt —, als Erster peinlich genaue meteorologische Beobachtungen ausgeführt zu haben<sup>14)</sup>. In den Anuarios de la Oficina Central Meteorologica, Santiago 1870—71 und 1888—1906 sind diese wertvollen Daten veröffentlicht worden. Der von Dr. *W. Knoche* 1910 neu organisierte chilenische Wetterdienst liefert seither einwandfreies Beobachtungsmaterial. Die Oficina Meteorologica de Chile war daher in der Lage, gerade über Puerto Montt Mittelwerte aus einer 30jährigen Beobachtungsreihe (1911—1940) zu errechnen und Interessenten zur Verfügung zu stellen. Dem heutigen Leiter des Chilenischen Wetterdienstes, Sr. *Ubaldo Matassi Ivaldi*, möchte ich an dieser Stelle für vielfache Unterstützung und Anregung meinen besten Dank aussprechen.

Die Mittelwerte der 30jährigen Beobachtungen in Puerto Montt weichen nicht unerheblich ab von den 14jährigen Mittelwerten (1911—1924), die *Knoch* in seiner Klimakunde<sup>16)</sup> angibt, wie auch von denen, die man in der Klimatologie von *Hann*<sup>16)</sup> findet und die auf 22 Jahre Beobachtungen zurückgehen. Bei *Knoch* sind gegenüber der offiziellen Tabelle die Temperaturen, besonders im Winter, etwas zu tief, bei *Hann* ist diese Abweichung noch stärker ausgeprägt; dies drückt sich schon in den Werten für die mittlere Jahrestemperatur aus: Offizielle Tabelle: 11.1, *Knoch*: 11.0 und *Hann*: 10.8 Grad C. Bei den mittleren Jahresmengen der Niederschläge sind die Differenzen noch auffallender: Offizielle Tabelle (1911—1949): 1946.1 mm, *Knoch* (1862—1915): 2188 mm und *Hann* (26 Jahre): 2300 mm. — In der Folge werden wir unseren Untersuchungen die Offizielle Tabelle zu Grunde legen, weil die Beobachtungen auf unverändertem Standort und gleichen Methoden beruhen, daher ein homogeneres Material darstellen, als die ins vorige Jahrhundert zurückreichenden Beobachtungsreihen.

Puerto Montt liegt am Ufer der großen Bucht von Reloncaví, die sich von der Stadt nach Süden ausdehnt. Im Westen ist der Hafencity in einer Breite von 75 km ein Kontinentalstreifen mit den Ausläufern der Küstenkordillere vorgelagert, der Puerto Montt vom offenen Pazifischen Ozean trennt. Im Südwesten und Süden ist die Bucht von Reloncaví durch die große Insel Chiloé abgeschlossen. Puerto Montt, dessen Wetterstation in 3 m Seehöhe liegt, ist daher den ozeanischen Einflüssen nicht so unmittelbar ausgesetzt wie andere Küstenstationen Chiles. Punto Corona<sup>17)</sup>, die am offenen Ozean an der Nordspitze von Chiloé und nur ein Viertel Grad Breite südlich von Puerto Montt liegt, zeigt ein viel ausgeprägteres ozeanisches Klima: kühle Sommer, sehr milde Winter und keinen Frost. Demgegenüber hat Puerto Montt etwas wärmere Sommer, um fast einen Wärmegrad kältere Wintermonate und gelegentliche Nachtfröste. Je mehr wir uns nach Osten wandernd vom Meer entfernen, desto deutlicher erscheint der Gegensatz zwischen reinem ozeanischen Klima und dem schon kontinental beeinflussten Inlandsklima. Man darf diese „Kontinentalität“ freilich nicht mit europäischen Verhältnissen vergleichen. Die Provinz Llanquihue ist in ihrer Ausdehnung vom Meer zu den Anden kaum 165 km breit, nach dem Meer zu fast offen und im Osten durch die Kordillere geschützt. Die ausgleichende Wirkung des Meeres hat daher überall Zutritt und der von Osten kommende kontinentale Einfluß ist durch die Anden abgeriegelt.

Die Provinz Llanquihue hat daher einen gleichmäßigen, wenn auch nicht sehr ergiebigen Wärmehaushalt, also relativ kühle, kurze Sommer und milde Winter. Die Jahresmenge der Niederschläge liegt wohl überall über 1000 mm, wobei die größten Regenmengen im Winter fallen. Verregnete Sommer und kalte trockene Frühjahre sind allerdings verhältnismäßig häufig. Letzteres bedeutet aber, daß die Wärmemenge nicht immer genügt, das Getreide rechtzeitig, nämlich während der regenarmen Zeit, zur Reife zu bringen. Der Weizen reift dann erst im März (Herbst), und wenn die neue Regenperiode schon in diesem Monat einsetzt, verzögert sich die Ernte noch mehr, und das Getreide keimt am Halm. (1956 war ein solches Jahr.) Bei dem milden Klima Südchiles überrascht diese Tatsache, wenn

man an den erfolgreichen Weizenbau des im Sommer heißen, aber sonst eisig kalten Norden Canadas denkt. Trotz der an sich nicht hohen sommerlichen Wärme reifen an geschützten, sonnigen und frostfreien Nordlehnen Pfirsiche und Zitronen; Kirschen und Pflaumen gedeihen am Westufer des Llanquihue-Sees sehr gut, und die härteren Äpfel- und Birnensorten geben überall reichliche Ernte. Die große Waldfreundlichkeit des südchilenischen Klimas ist bekannt: bei einigermaßen günstigem Standort bewaldet sich jeder gegen Weidetiere umzäunter Kahlschlag innerhalb weniger Jahre durch natürlichen Anflug von selbst. In ihrem Waldbestand bildet die Provinz Llanquihue den Übergang von der Waldformation von Valdivia zu derjenigen der Zone von Chiloé. So findet man die geschätzten Hölzer des Valdivianischen Waldes in der Provinz Llanquihue nur mehr auf besonders günstigen Standorten, so daß im Llanquihue-Wald größtenteils Coihué (*NOTHOFAGUS DOMBEYI*), Olivillo (*AEXTOXICUM PUNCTATUM*), Muermo (*EUCRYPHIA CORDIFOLIA*) und Huahuán (*LAURELIA SERRATA*) vorherrschen. —

Eigene meteorologische Beobachtungen. Um nun das Lokalklima des Beckens von Ensenada zu untersuchen, hat der Verfasser schon während der Erstellung von Haus und Hof Wetterbeobachtungen im Hotel Ensenada gemacht, wo er 2 Jahre gewohnt hat. Infolge des unmittelbaren Einflusses des Llanquihue-Sees, an dessen Ufer das Hotel steht, haben sich jedoch diese Beobachtungen für die Beurteilung der klimatischen Verhältnisse der weiter östlich liegenden Aufforstung als nicht brauchbar erwiesen. Es wurden daher ab 1951 alle Beobachtungen auf dem „Waldhof“ gemacht, der am Nord-West-Rand der Großpflanzung und 3½ km vom Hotel Ensenada entfernt liegt.

Die Aufgabe, hier am Rande der Zivilisation eine Wetterstation zu errichten, die wissenschaftlich brauchbare Daten liefern sollte, war nicht leicht. Die ersten Meßinstrumente wurden in Santiago besorgt, wo knapp nach dem zweiten Weltkrieg die Auswahl sehr dürftig war. 1951 wurden zwar einige gute Instrumente aus der Schweiz mitgebracht und die Wetterstation auch in der Folge durch gelegentliche Europareisen des Verfassers oder seiner Anverwandten in ihrem Instrumentarium vervollkommenet. Aber so einfache Anlagen, wie eine Windfahne oder eine Wetterhütte, bildeten Probleme, die lange ungelöst bleiben mußten, da weit und breit kein Handwerker aufzutreiben war, der sie herzustellen befähigt oder gewillt gewesen wäre. Auch die besten importierten Instrumente können einmal versagen und müssen dann bei schwierigeren Reparaturen nach Europa geschickt werden, was selbst bei Lufttransport infolge langwieriger Zollformalitäten einen monatelangen Ausfall des Gerätes bedeutet. Da ferner der Leiter einer großen Aufforstung den größten Teil des Arbeitstages mit Außendienst beschäftigt ist, kann er sich, von den glücklicherweise zur Arbeitszeit günstig liegenden Beobachtungsterminen abgesehen, der Pflege der meteorologischen Instrumente und der Auswertung der Beobachtungen nur in seiner Freizeit widmen. Auch muß wenigstens ein Angestellter für die Zeit der Abwesenheit oder Erkrankung des Leiters als Beobachter eingearbeitet werden.

Ein geeichtes Thermometer zur Bestimmung der Lufttemperatur, ein Aneroid bewährten Fabrikats zur Messung des Luftdrucks, ein justierbares Haarhygrometer zur Bestimmung der Luftfeuchtigkeit, ein Maximum-Minimum Thermometer und ein Regenschirm sollten von jedem Waldbauunternehmen angeschafft werden, das sich über sein eigenes Bestandklima Rechenschaft geben will. Auch der Verfasser hat mit diesem Grundstock an Meßgeräten begonnen. 1951 bis 1953 wurde nur mit den obenangeführten Instrumenten gearbeitet. Die Lufttemperatur wurde mit dem Schleuderthermometer gemessen, der Regenschirm hat bis heute seinen Aufstellungsort nicht geändert, das Aneroid hing damals noch im Arbeitszimmer des Verfassers und das Hygrometer an der Südwand des Wohnhauses. Die Arbeitsweise glich also damals mehr der einer Feldstation, so daß die erzielten Daten in ihrer Genauigkeit sich nicht mit der einer europäischen Wetterstation vergleichen lassen. Mit der Errichtung einer vorschriftsmäßigen Wetterhütte im Jahre 1954 und mit der Vermehrung der Instrumente im gleichen und im folgenden Jahr ist nunmehr die Station im „Waldhof“ voll ausgerüstet und gibt zuverlässige, mit einer deutschen Station II. Ordnung vergleichbare Resultate. Im Folgenden sollen diese Station und ihre Meßgeräte näher beschrieben werden:

Die geographischen Koordinaten des Waldhofes bei La Ensenada sind  $41^{\circ}12'36''$  südlicher Breite (auf der nördlichen Halbkugel die Breite von Istanbul, Neapel und Lissabon) und  $72^{\circ}31'46''$  westlich von Greenwich. Die Wetterhütte steht auf einem nach allen Seiten offenen, gut ventilierten Platz, der 18 m vom nächsten (Holz)Gebäude entfernt und mit Rasen bedeckt ist. Die Tür der Hütte öffnet nach Süden. Die Erdoberfläche unter der Hütte hat eine Seehöhe von 64 m, die Instrumente liegen in der Hütte genau 2 m höher, also 66 m über dem Pazifischen Ozean oder 15 m höher als der Spiegel des Llanquihue-Sees. In der Wetterhütte befinden sich folgende Instrumente: 1 Aneroidbarometer, Marke Zenith (Schweiz), 1 (trockenes) Thermometer (Eichschein 116 T der Eichdirektion Berlin), 1 durch Behälter mit destilliertem Wasser und Docht befeuchtetes Thermometer (ebenfalls mit Eichschein), 1 justierbares Präzisions-Haarhygrometer der Firma N. Buchner, München, 1 Aspirationspsychrometer, Modell Hänni, Jegenstorf, Schweiz, 1 Meteorograph von Luft, Stuttgart, Modell BTH und 1 Anzeigegerät für die Windgeschwindigkeit Nr. 1477 E der Firma W. Lambrecht, Göttingen. Außerhalb der Hütte wurde in 1,10 m über dem Boden ein Sonnenschein-Schreiber (nach Campbell-Stokes) von W. Lambrecht, Göttingen, angebracht und auf einem 14 m hohen Wasserturm der Windgeber für die elektrische Übertragung der Windgeschwindigkeit Nr. 1467 ebenfalls von Lambrecht, befestigt. Von den drei vorhandenen Max-Min-Thermometer, System Six, befindet sich eines in der Wetterhütte, eines ist in 1,65 m über dem Erdboden an einem Pfosten, beschattet, aber ohne Dach, im Freien aufgehängt, während das dritte Thermometer 5 cm über dem Boden angebracht ist. In der Nähe wurde auch der Regenschirm (Hellmann) aufgestellt; die Regenhöhe wird täglich zum II. Termin mit Meßglas bestimmt. Der in eigener Regie angefertigte Windrichtungsanzeiger, der sich in Kugellagern bewegt, wurde in 8 m Höhe auf dem First eines einzelstehenden Lagerhauses befestigt. Eine am Studierzimmerfen-



ster angebrachte „Lufft“-Fenster-Wetterwarte dient zur raschen Orientierung, wird aber nicht regelmäßig abgelesen oder notiert.

Als Beobachtungstermine wurden für diese Wetterstation 7<sup>h</sup>50', 14<sup>h</sup>50' und 21<sup>h</sup>50' Offizielle Chilenische Zeit festgelegt, was einer wahren Ortszeit von 7<sup>h</sup>, 14<sup>h</sup> und 21<sup>h</sup>, also den internationalen Terminen, entspricht. Chiles Offizielle Zeit ist mit 4<sup>h</sup> westlich von Greenwich gesetzlich bestimmt, in Wirklichkeit liegt Ensenada 4<sup>h</sup>50' westlich von Greenwich, die Offizielle Zeit geht daher der Wahren Ortszeit um 50' voraus. Die Beobachtungen erfolgen nach der „Anleitung für die Beobachter an den Wetterbeobachtungsstellen des Deutschen Wetterdienstes“ (Bad Kissingen 1951), auch die Auswertungen der Beobachtungen wurden vom Verfasser nach denselben Anleitungen durchgeführt.

**Ziele und Methoden.** Maßgebend für die Zielsetzung der meteorologischen Untersuchungen war der Umstand, daß der Waldbau in Chile sich der größeren Wirtschaftlichkeit wegen fremdländischer Holzarten bedient. Es galt also in erster Linie, das lokale Klima des „Waldhofs“ zahlenmäßig und während mehrerer Jahre so weit zu erfassen, daß ein Vergleich mit dem Heimatklima der verschiedenen Exoten möglich wurde. Bei den Akklimatisationsversuchen konnte damit von vornherein eine Reihe von Arten ausgeschieden werden, von denen man schon aus klimatischen Gründen annehmen konnte, daß sie im Waldhof nicht gedeihen würden. Nicht minder wichtig schien es aber auch, ein Studium des Wetterablaufs während der verschiedenen Jahreszeiten vorzunehmen, um zu untersuchen, in wie weit das herrschende Wetter den Baumwuchs förderte oder hemmte. Auch der Einfluß des Wetters auf die Leistung der Arbeiter im Freien, eine Frage, die in Chile meines Wissens kaum oder noch gar nicht untersucht worden ist, sollte erfaßt werden.

Während die Untersuchung des lokalen Klimas sich der üblichen Methoden zu bedienen hatte, war der Wetterablauf durch Fünftagemittel besser zu erfassen und graphisch darzustellen. Werden die Pentademittel der wichtigsten Wetterkomponenten (Luftdruck, Temperatur und Feuchtigkeit der Luft, Sonnenscheindauer, Regenmenge und Nachtfrosthäufigkeit) chronologisch geordnet und jahreszeitlich zusammengefaßt in Diagrammen dargestellt, so ergibt dies recht anschauliche Schaubilder, die, so verschieden der Wetterablauf der einzelnen Jahre auch sein mag, eine gewisse Gesetzmäßigkeit in der Wettergestaltung der einzelnen Jahreszeiten erkennen lassen. Bei der Untersuchung des Wettereinflusses auf die menschliche Arbeit im Freien, wird man zweckmäßigerweise die Arbeitswoche als Pentade (Montag bis Freitag) darstellen und den Samstag, an dem höchstens am Vormittag im Freien gearbeitet wird, sowie den Sonntag vernachlässigen. Andauernde schwere Regenfälle, die im Winter Südkiles recht häufig sind, stören die Arbeit im Freien am meisten; da aber gerade der Winter als Pflanzperiode für den Forstmann als Hauptarbeitszeit zu gelten hat, ist der Witterungscharakter im Winter oft entscheidend, ob ein vorgeschriebenes Pflanzenpensum erledigt werden kann oder nicht. Auch Fröste hemmen die Arbeit, weil man bei gefrorenem Boden nicht pflanzen kann. Ein kalter, regenarmer Winter wird auch das Ergebnis der Pflanzung ungünstig beeinflussen und die Anzahl der nicht angegangenen

Pflanzen außerordentlich vermehren. Von mikroklimatischen Untersuchungen wurde abgesehen, sie sind Aufgaben, die den Spezialisten und Forschungsinstituten vorbehalten bleiben sollen. Auch Bodentemperaturmessungen konnten mangels entsprechender Instrumente nicht regelmäßig durchgeführt werden, so daß nur gelegentlich an Tagen mit extremen Wetterverhältnissen Messungen in 5 und 25 cm Tiefe vorgenommen wurden. Hingegen wurde den hier zu allen Jahreszeiten auftretenden Nachtfrösten, ihrer Häufigkeit und Dauer, besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Außerdem wurde mehrmals im Monat der Grundwasserspiegel in einem der Brunnen des Waldhofes gemessen und die Beziehung zwischen Niederschlagsmenge und Grundwasserspiegel geklärt. Von Anfang an wurde auch die Bewölkung beobachtet, jedoch nur als  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  und ganz bedeckt mittelst konventioneller Zeichen an den einzelnen Terminen notiert. Eine genaue Analyse ist ja auch, da man sie den ganzen Tag über betreiben müßte, praktisch nicht durchführbar. Dazu kommt, daß in dieser Region teilweise Bewölkung nur gelegentlich während der Übergangszeiten vorkommt, in der Regel ist der Himmel entweder ganz bedeckt oder völlig wolkenlos. In der geschützten Kessellage des Waldhofes spielt auch die Windrichtung keine so große Rolle wie an offeneren Standorten. Hingegen schien es im Hinblick auf den Waldbau wichtig, die Windgeschwindigkeit jener starker Böen zu bestimmen, die die einzelnen Schlechtwetterperioden einleiten. Schwere Stürme sind selten, richten dann aber auch im Naturwald viel Schaden an; sie unterscheiden sich von den Frontböen durch eine trichterförmige Vertiefung der Barographenkurve. Leider fiel der aus Deutschland mitgebrachte Windgeschwindigkeitsmesser wenige Wochen nach seiner Aufstellung aus, seine Wiederinstandsetzung hat monatelang gedauert, so daß diesbezügliche Beobachtungsreihen bisher nicht zur Verfügung stehen. Im Hinblick auf die Windempfindlichkeit mancher Holzarten soll das Windproblem weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben. Im allgemeinen wurde jedoch in sechsjährigen, mit zunehmender Genauigkeit vorgenommenen Beobachtungen die wichtigsten Klimaelemente, soweit sie für den Waldbau in Betracht kommen, erfaßt und Mittelwerte errechnet, die ein hinlänglich klares Bild des standörtlichen Klimas der im Laufe dieser Jahre durchgeführten Pflanzung ergeben.

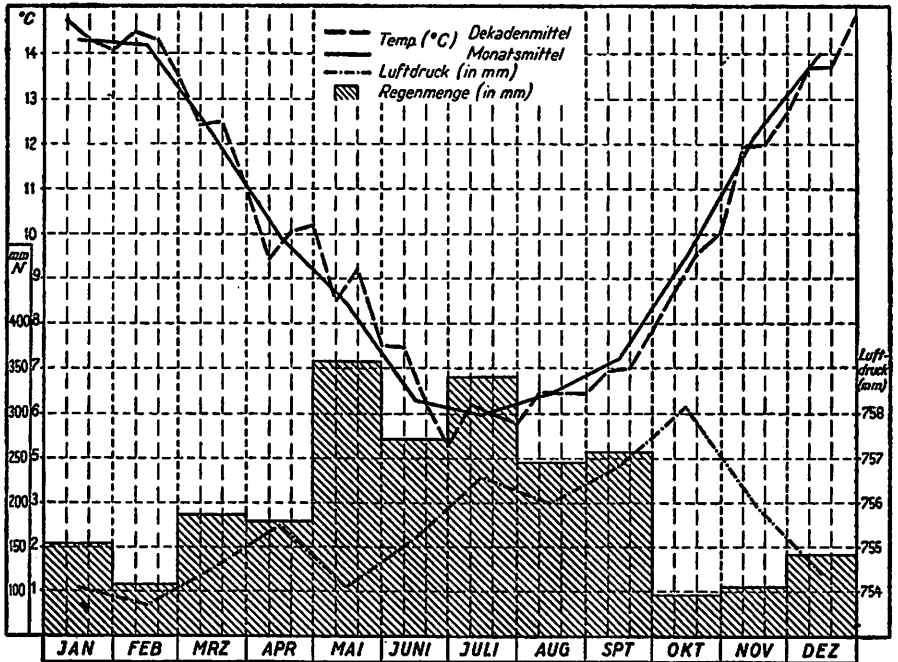
**Das Klima des Standortes.** Wir wenden uns nunmehr der Untersuchung des Standortsklimas zu, wobei wir von der Temperatur ausgehen wollen. Tabelle 1 zeigt uns den Jahresgang der Temperatur für die einzelnen Jahre 1951 bis einschließlich 1956; sie wurde aus den Tagesmitteln (Formel:  $I + II + III + III : 4$ ) errechnet. Die Abendablesung bekommt damit doppeltes Gewicht und Vergleiche mit den Aufzeichnungen des Thermographen, aus dem die stündlichen Werte entnommen und das 24-Stunden-Mittel ermittelt werden kann, ergaben auch für das zu untersuchende Klima, trotz seiner tiefen Nachttemperaturen, eine hinlänglich genaue Annäherung zum exakten Tagesmittel. Nur an Sommertagen mit hohen Tagestemperaturen und sehr tiefen Temperaturen vor Sonnenaufgang waren Abweichungen festzustellen; solche Tage gaben dann nach obiger Formel etwas zu hohe Mittelwerte; von einer Korrektur wurde jedoch abgesehen. Aus Gründen der Zeitersparnis wurden die Aus-

wertungen mit einer „CURTA“-Rechenmaschine vom Verfasser selbst durchgeführt.

Tab. 1: Monatsmittel der Temperatur der Jahre 1951 bis 1956

Station: Waldhof bei La Ensenada, Comuna Puerto Varas, Chile  
 Lat.:  $-41^{\circ}12'$  Long.:  $72^{\circ}32'W$  Alt.: 66 m. ü. d. M.

Jahre	1951 ° C	1952 ° C	1953 ° C	1954 ° C	1955 ° C	1956 ° C	Mittel ° C
Jan.	15.2	14.9	14.1	13.1	15.5	12.8	14.3
Febr.	14.4	14.9	14.8	14.0	13.1	13.8	14.2
März	11.0	11.3	12.3	13.2	11.5	11.6	11.8
April	9.6	10.6	10.5	10.1	9.9	8.5	9.9
Mai	9.2	8.6	10.2	7.4	6.9	8.0	8.4
Juni	6.7	4.5	6.95	7.0	5.5	7.1	6.3
Juli	7.1	5.8	5.5	5.5	4.5	7.3	6.0
August	7.9	5.4	6.6	6.6	4.2	7.6	6.4
Sept.	8.6	7.4	7.8	5.8	6.4	7.35	7.2
Oktober	12.1	9.5	8.5	7.8	9.2	10.5	9.6
Nov.	10.8	11.9	10.95	11.95	14.2	13.6	12.2
Dez.	14.55	14.1	13.4	13.85	12.8	15.6	14.0
Jahresmittel	10.6	9.9	10.1	9.7	9.5	10.3	10.0



Diagr. 1: Temperatur, Luftdruck und Niederschlag auf Station Waldhof bei La Ensenada. Mittel aus 6jährigen Beobachtungsreihen (1951—56)

Die einzelnen Jahre zeigen im Jahresgang der Temperatur merkliche Abweichungen von einander, jedes Jahr ist in seinem Ablauf verschieden: kühle Sommer mit kalten Wintern wechseln mit Jahren ab, die warme Sommer und kalte Winter (wie 1955) oder kühle Sommer mit warmen Wintern (1956) aufweisen. Ihnen allen ist jedoch die Erscheinung gemeinsam, daß die Temperatur der drei Wintermonate (Juni, Juli August) sehr nahe beieinander stehen und sich voneinander nur durch Zehntelgrade unterscheiden. Bei den drei Sommermonaten liegen die Verhältnisse ähnlich, doch drücken sich anormale sommerliche Schlechtwetterperioden, wie im Dezember 1955 und im Januar 1956, durch Temperaturabweichungen deutlicher aus als im Winter. Sechs Jahre sind natürlich auch wenig, um exakte Mittelwerte zu erzielen, immerhin zeigt die Kurve der Monatsmittel aus den sechs Jahren einen ausgeglichenen Verlauf. Vor allem fällt der fast geradlinige Abfall vom Niveau der Sommertemperaturen zu den Wintertemperaturen auf. (Siehe Diagramm I.) Nur während zweier Jahre war der Herbst (März, April) wärmer als das sechsjährige Mittel (1953 und 1954); mit einem schönen warmen Herbst wird daher nur selten zu rechnen sein. 1954 zeigt als weitere Besonderheit einen Kälterückfall im Frühjahr (September, Oktober) nach einem verhältnismäßig milden Winter. Solche kalte Frühjahre sind auch für den Waldbau schädlich, denn die milden Winter verursachen ein vorzeitiges Austreiben der Waldbäume und ein Kälterückfall im Oktober kann die zarten Triebe durch Spätfröste restlos vernichten. Dies ist natürlich auch in Europa der Fall, aber die Häufigkeit des Auftretens solcher ungünstiger Frühjahre kann für einen Standort, wie wir sehen werden, von ausschlaggebender Bedeutung sein. Die mittlere Jahrestemperatur des Standortes beträgt  $10,0^{\circ}\text{C}$ , das kälteste Jahr war 1955 mit ungewöhnlich tiefen Wintertemperaturen und einer Jahrestemperatur von  $9,5^{\circ}$ , das wärmste Jahr 1951 mit einer Jahrestemperatur von  $10,6^{\circ}$ .

In der Tabelle 2 erscheinen die Tagesmittel aus den 6 Jahren für jeden Kalendertag nach Dekaden und Monaten geordnet. Wir sehen hier, daß das höchste Tagesmittel auf den 14. Januar mit  $16,35^{\circ}$  und das niedrigste auf den 20. Juli mit  $3,8^{\circ}$  fällt. Das höchste Dekadenmittel erreicht die 3. Dezemberdekade mit  $14,9^{\circ}$  und das niedrigste Dekadenmittel weist die 3. Junidekade mit  $5,3^{\circ}$  auf, die auf der nördlichen Halbkugel in den Januar fallen würde. (Siehe auch Diagramm I.) Die Temperaturkurve der Dekadenmittel zeigt zur Zeit des Wärmeabfalles, besonders im April und Mai, Erwärmungen und zur Zeit des Wärmeanstieges Kälterückfälle, es fehlt ihr die Stetigkeit der Monatsmittel, denn sie zeigt deutlich „Sägezähne“. Ob diese zufälliger Natur sind oder in ähnlicher Weise auch an anderen Orten vorkommen, kann ich aus Mangel an Vergleichsmaterial nicht beurteilen.

Deutlicher als die Dekadenmittelwerte zeigen die Tagesmittel der einzelnen Jahre den steten Kampf zwischen den von Norden anstürmenden feuchtwarmen Luftmassen und den einströmenden trockenen Kaltluftmassen aus dem Süden. Erstere bringen im Winter erwärmende, im Sommer abkühlende Schlechtwetterperioden, letztere bringen bei heiterem Wetter im Sommer Sonnenscheinwärme, im Winter aber Kälte und nächtliche

**Tab. 2: Tagesmittel der Temperatur (° C) 6jährige Mittel: 1951—1956**  
(Station Waldhof)

Tag	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
1.	15.35	14.3	12.4	10.5	9.5	8.6	4.4	4.1	5.3	8.4	12.8	13.7	
2.	15.6	14.6	12.8	10.8	7.8	9.3	4.1	5.1	4.8	8.6	10.9	13.3	
3.	15.6	15.2	11.7	10.0	8.1	7.65	7.3	5.0	5.6	7.5	11.4	12.7	
4.	14.1	13.2	12.1	11.2	8.4	5.5	7.6	6.6	6.9	7.6	12.9	13.4	
5.	14.75	13.7	12.5	8.6	10.4	7.0	7.15	5.6	8.6	8.6	12.0	13.7	
6.	14.0	15.3	12.6	7.7	8.3	7.25	7.8	6.7	9.55	8.3	11.1	14.4	
7.	14.1	14.55	12.45	9.6	7.2	7.0	6.5	8.6	7.3	8.9	11.6	14.2	
8.	15.3	14.6	12.5	7.7	8.3	6.4	7.1	7.0	6.9	9.2	12.2	14.0	
9.	14.9	13.9	12.3	8.4	8.0	7.1	5.7	7.2	7.4	9.9	12.6	14.1	
10.	13.3	15.7	12.2	9.4	8.7	7.4	4.5	8.05	6.2	9.7	11.8	13.1	
1.Dek.ø:	14.7	14.5	12.4	9.4	8.5	7.4	6.2	6.4	6.9	8.7	11.9	13.7	
11.	13.8	15.0	12.0	9.8	10.1	6.2	5.6	8.0	5.9	8.8	12.3	12.6	
12.	14.5	15.1	12.1	9.0	10.0	6.6	7.1	6.6	5.6	8.55	12.5	12.6	
13.	15.5	15.1	12.2	9.85	9.1	5.9	7.7	6.3	5.6	9.5	13.4	12.6	
14.	16.35	15.6	12.2	10.0	10.4	7.4	7.8	7.2	6.5	10.2	10.6	14.3	
15.	14.6	14.5	12.5	9.0	9.8	7.1	7.1	6.8	6.8	8.8	12.1	13.8	
16.	13.2	14.0	12.9	10.45	9.4	5.6	5.7	5.3	7.0	10.1	12.4	13.3	
17.	13.9	13.9	13.1	11.9	8.9	4.9	7.0	5.9	7.4	9.1	12.2	14.0	
18.	13.8	13.1	12.9	10.9	9.2	6.0	4.3	5.7	8.05	9.2	10.7	15.4	
19.	13.9	14.15	13.15	10.3	7.6	5.9	4.1	6.75	8.8	10.5	11.65	13.7	
20.	13.8	12.6	12.2	9.8	7.65	6.2	3.8	5.6	8.5	11.7	12.6	14.3	
2.Dek.ø:	14.3	14.3	12.5	10.1	9.2	6.2	6.0	6.4	7.0	9.6	12.0	13.7	
21.	13.1	13.0	11.0	9.8	8.0	6.6	4.5	6.2	7.05	11.2	12.5	15.8	
22.	12.3	14.8	10.6	10.9	7.8	6.0	6.6	6.7	6.8	11.2	12.9	14.9	
23.	13.8	13.4	12.0	10.2	7.8	5.3	7.5	6.9	7.4	11.15	12.8	15.2	
24.	14.4	12.5	12.1	9.7	7.7	5.1	6.0	6.15	6.4	9.4	12.8	14.3	
25.	14.5	14.6	9.8	10.4	7.35	5.2	5.7	5.9	7.9	9.4	12.6	14.6	
26.	15.2	14.0	12.6	11.5	7.0	4.6	5.8	7.8	8.8	10.4	12.8	14.6	
27.	14.8	12.6	10.4	11.0	6.35	4.2	5.4	7.05	8.25	9.4	12.75	15.2	
28.	14.7	12.9	10.4	9.9	6.8	5.3	5.0	6.9	8.8	8.3	12.15	14.4	
29.	14.5	(15.9)	9.5	9.4	7.8	5.9	5.9	5.7	8.1	9.5	12.5	14.9	
30.	13.9	.	11.1	9.1	8.35	4.6	5.8	4.3	9.0	10.7	13.4	15.1	
3.Dek.ø:	14.1	13.5	10.95	10.2	7.5	5.3	5.8	6.4	7.85	10.1	12.7	14.9	
31.	12.1	.	9.7	.	8.0	.	4.4	6.0	.	12.2	.	13.2	
Mittel:	14.3	14.2	11.9	9.9	8.4	6.3	6.0	6.4	7.2	9.6	12.2	14.0	10.0

Strahlungsfröste. In diesem Kampf liegt der Schlüssel zum Witterungsverlauf, aber auch zum Wärmehaushalt des Jahres, sein Motor ist die Sonnenenergie, deren Schwankungen das pazifische Hochdruckfeld mehr oder weniger weit nach Süden drückt und so den verschiedenen Jahren ihren spezifischen Charakter verleiht. Regenreiche Winter sind warme Winter, regenarme Winter sind kalt und im Sommer umgekehrt.

Extreme Tagesmittel. Das höchste Tagesmittel der 6 Jahre fiel auf den 13. Nov. 1955 mit  $26,7^{\circ}$ , es handelte sich damals um einen von Argentinien her wehenden steifen Ostwind, der als heißer Fallwind ins Becken von Ensenada strich und das Max-Thermometer auf  $32^{\circ}$  hinauftrieb. Tags vorher hatten ähnliche Witterungsverhältnisse geherrscht, auch an diesem Tag lag die Extremtemperatur bei  $32^{\circ}$ . Die Ablesungen der Instrumente an diesen beiden Tagen waren folgende:

12. November:

I.	$24,0^{\circ}$	761,0 mm,	38%,	0	E 3	
II.	$31,0^{\circ}$	758,0 mm,	25%,	0	E 5	$\varnothing = 22,3^{\circ}$
III.	$17,1^{\circ}$	758,5 mm,	73%,	0	W 2	

13. November:

I.	$22,0^{\circ}$	758,5 mm,	50%,	0	E 3	
II.	$31,3^{\circ}$	753,2 mm,	22%,	0	NE 4	$\varnothing = 26,7^{\circ}$
III.	$26,7^{\circ}$	754,0 mm,	52%,	1	N 4	

Rel. Feuchtigkeit = Haarhygrometer

0 = unbewölkt,

1 = halbbewölkt

Windstärke nach Beaufort.

Die Chilenen nennen einen solchen heißen, trocknen, föhnartigen Ostwind „Puelche“; er kommt verhältnismäßig selten vor, bildet aber eine große Gefahr für den Wald, da ausgedehnte Waldbrände in seinem Gefolge aufzutreten pflegen. Im Januar erreichen einige Tagesmittel  $19$  und  $20^{\circ}$ , solche hohe Tagesmittel sind jedoch selten: sie kamen vor am 12. I. 51 mit  $19,5^{\circ}$ , am 8. I. 52 mit  $20,0^{\circ}$ , am 3. I. 53 mit  $19,0^{\circ}$ , am 13. I. 55 mit  $20,0^{\circ}$ , und am 26. XII. 56 mit  $20,4^{\circ}$ . Im Februar wurde nur ein einziges Tagesmittel über  $18,7^{\circ}$  registriert, nämlich am 14. II. 51 mit  $20,5^{\circ}$ .

Das absolut niederste Tagesmittel der 6jährigen Beobachtungsreihen fiel auf den 27. Juni 1953 mit  $-1,25^{\circ}$ , es ist auch das einzige Tagesmittel mit negativen Vorzeichen überhaupt. Dieses tiefe Mittel kam so zustande, daß bei der ersten Ablesung um 7 Uhr der Nachtfrost mit  $-3,0^{\circ}$  noch andauerte und um 21 Uhr ein neuer Nachtfrost mit  $-4,0^{\circ}$  schon eingesetzt hatte. Mittags zeigte das Thermometer  $6,0^{\circ}$  über Null. Frost zum 14-Uhr-Termin wurde in diesen 6 Jahren nicht beobachtet. Ein Tagesmittel von  $0,0^{\circ}$  kam am 10. Juli 1952 und am 10. Juli 1954 vor. Am 24. und 25. Juni 1951 wurde ein Tagesmittel von je  $0,25^{\circ}$  registriert. Die zweite Dekade 1952 hatte 6 Tagesmittel unter  $2,0^{\circ}$ , und die erste Julidekade 1955 hatte 5 Tage unter  $2,0^{\circ}$  Tagesmittel. 1955 war ja, wie wir aus der Tabelle 1 ersehen haben, der weitaus strengste Winter der ganzen Beobachtungsreihe.

Täglicher Gang der Temperatur. Zur Veranschaulichung des Tagesganges der Temperatur wurde die Tabelle 3 aus Mittel der drei Terminablesungen für die Monate Februar, April, Juli und Oktober 1956 zu-

Tab. 3: Tagesgang der Temperatur nach den Terminablesungen 1956  
(Station Waldhof)

		Februar				April				Juli				Oktober			
		a	h	r	t	a	h	r	t	a	h	r	t	a	h	r	t
Anzahl Tage:		29	13	4	12	30	10	13	7	31	3	19	9	31	13	6	12
7 Uhr I.		11.0	12.45	10.5	11.9	6.6	3.2	9.2	7.4	5.9	3.3	6.4	6.3	9.0	8.1	8.9	10.0
14 Uhr II.		18.6	20.5	14.7	18.0	13.0	14.6	11.5	12.7	9.6	10.1	9.0	10.6	15.2	16.1	14.0	14.9
21 Uhr III.		12.4	12.55	12.3	12.6	7.4	5.0	8.8	8.4	6.9	5.2	6.7	7.8	8.8	7.4	10.5	9.5
ø		13.8	14.6	12.45	13.8	8.5	6.95	9.6	9.2	7.3	5.95	7.2	8.1	10.5	9.8	11.0	11.0
Amplitude:		7.6	8.05	4.2	6.1	6.4	11.4	2.7	5.3	3.7	6.8	2.6	4.3	6.2	8.7	5.1	5.4
Mittel	Max.	19.1	21.5	15.75	19.3	13.7	15.0	12.4	13.6	10.9	11.1	10.3	11.1	16.7	17.4	15.5	16.6
	Min.	5.3	4.5	11.0	6.65	4.1	0.2	7.5	4.8	4.8	3.3	5.2	5.0	3.5	1.5	3.7	5.6
	Ampl.	13.8	17.0	4.75	12.65	9.6	14.8	4.9	8.8	6.1	8.8	5.1	6.1	13.2	15.9	11.8	11.0
Absolute Extreme	Max.	23.5	23.5	17.0	23.0	19.0	19.0	14.0	17.0	15.8	13.0	15.8	15.0	23.5	23.5	18.5	26.0
	Min.	-1.0	-1.0	8.0	1.0	-4.0	-4.0	2.0	-2.0	-1.0	-1.0	0.0	0.0	-5.0	-5.0	-2.0	0.0
	Ampl.	24.5	24.5	9.0	22.0	23.0	23.0	12.0	19.0	16.8	14.0	15.8	15.0	33.5	33.5	20.5	26.0

a = alle Tage, h = heitere Tage, r = Regentage, t = trübe Tage

sammengestellt. Die einzelnen Monatstage wurden in Gruppen von heiteren, trüben und Regentagen eingeteilt und die Mittel für alle Monatstage vorangesetzt. Ergänzt wurde dieses Bild noch durch die Angabe der gemittelten und absoluten Extreme der einzelnen Gruppen. Als Wirkung der Ein- und Ausstrahlung sind an heiteren Tagen die täglichen Schwankungen der Temperatur am größten, an Regentagen am geringsten. Während also an heiteren Tagen der Thermograph eine steile Sinuskurve zeichnet, verflacht sich diese Kurve an trüben Tagen, um an „Landregen“-Tagen sich der Geraden stark zu nähern. Nur die Temperaturschwankungen der einander folgenden Regenböen verursachen im Verlauf dieser Geraden einige Zacken. Der zahlenmäßige Ausdruck der täglichen Temperaturschwankungen ist die Amplitude. Sie ist an heiteren Tagen weit höher als das Monatsmittel, sinkt aber an Regentagen, besonders im Winter gelegentlich auf Zehntelgrade und im Mittel auf Werte, die zwischen  $4,0^{\circ}$  und  $3,2^{\circ}$  schwanken. In die Gruppe der heiteren Tage fallen auch die absoluten Extreme, denn bei heiterem Wetter (Südwind) haben wir in der Regel warme Tage und kalte Nächte, vielfach auch Nachtfrost, zu erwarten. Bemerkenswert ist auch das Tagesmittel der einzelnen Gruppen: Im Sommer liegt das Tagesmittel der heiteren Tage über dem Monatsmittel, in allen übrigen Jahreszeiten darunter. Umgekehrt ist das Tagesmittel der Regentage im Sommer unter, zu allen übrigen Jahreszeiten über dem Monatsmittel. Wir haben schon bei der Besprechung der Tabelle 2 darauf hingewiesen, daß regenreiche Winter milde, regenarme Winter mit viel heiteren Tage dagegen sehr kalt sind; die Tabelle 3 gibt hierfür den zahlenmäßigen Beleg.

**Vegetationsdauer.** Ein wichtiges Klimaelement für den Waldbau ist auch die Dauer der Vegetationszeit. Hierfür geben die Tage mit Tagesmittel der Temperatur von gleich oder über 10 Grad einen guten Anhaltspunkt. Zählt man diese Tage aus, so erhält man für die einzelnen Jahre Summen, die zwischen 170 und 190 Tagen schwanken; das 6jährige Mittel liegt bei 181 Tagen. Dies entspricht der Vegetationszeit Mitteleuropas<sup>18)</sup>. Die Vegetationsruhe würde daher, wie aus der Tabelle 4 ersichtlich, während der Monate Juni, Juli und August anhalten. Dies ist aber nur bedingt richtig, denn *PINUS RADIATA* z. B. treibt zweifellos auch während dieser Zeit, denn die braunen Endtriebe dieser Holzart bilden sich schon im Spätherbst und wachsen, wenn auch langsam, den ganzen Winter durch. Sie begrünen sich mit Nadeln allerdings erst im Oktober. Es mag dies damit zusammenhängen, daß die Wintertemperaturen in Südchile nicht im Entferntesten das tiefe Niveau Mitteleuropas erreichen. Dafür gibt uns nicht nur die nach Kalendertagen geordneten Tagesmittel (Tabelle 2) einen entsprechenden Anhalt, sondern auch die Auszählung der Tage mit Mitteltemperaturen von  $6,0^{\circ}$  und darüber. Im Durchschnitt der Jahre hat unser Standort auch in den kältesten Monaten immer noch mehr als 14 Tage mittlerer Temperatur, die gleich oder höher ist als  $6^{\circ}$ . Bei anderen Nadelhölzern wie *PINUS SYLVESTRIS*, *PINUS EXSELSA*, *PINUS STROBUS*, *PSEUDOTSUGA* u. a. tritt allerdings auch in unserem Standort während der Wintermonate völlige Vegetationsruhe ein. Ähnlich wie bei den Laubbäumen entwickelt sich der Frühlingstrieb der angeführten Nadelhölzer



Tab. 4: Mittelwerte der Klimaelemente aus 6 jährigen Beobachtungsreihen 1951 bis 1956  
 Station Waldhof bei La Ensenada, 41° 12' südl. Br., 72° 32' westl. Länge, Höhe: 66 m ü. d. Meer.

		Jan.	Febr.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr		
Temp. in °C. Extreme abs. mittl.	Monatsmittel:	14.3	14.2	11.9	9.9	8.4	6.3	6.0	6.4	7.2	9.6	12.2	14.0	10.0	Hütte	
	ø tägl. Ampl.	8.3	9.3	8.8	6.5	4.6	4.5	4.8	5.8	6.4	6.3	7.4	7.5	6.7	„	
	Max.	20.4	20.5	18.7	15.8	12.9	11.1	10.8	12.0	12.8	15.5	19.8	20.7	15.9	„	
	Min.	5.7	5.5	6.0	5.2	4.1	3.1	2.2	2.2	2.3	2.4	4.7	5.6	4.1	„	
	Max.	27.0	26.0	23.0	21.0	18.0	15.8	5.8	17.5	18.0	28.5	32.0	32.8	32.8	im Freien	
	Min.	-1.5	-1.5	-1.9	-4.0	-2.5	-6.0	-6.0	-5.0	-6.0	-5.0	-2.0	-3.0	-6.0	„ „	
Luft- druck:	Monatsmittel:	754.1	54.7	55.2	56.1	55.1	55.9	56.5	57.1	57.5	58.6	56.7	55.3	756.1	in mm	
	abs. Max.	760.8	62.6	62.3	65.8	63.8	65.8	67.8	68.3	67.3	64.8	64.0	65.5	768.3	in mm	
	Min.	740.8	41.8	39.1	39.6	31.6	31.8	30.1	35.6	37.6	44.8	45.0	44.5	730.1	in mm	
Dampfdruck		9.7	10.0	8.7	7.5	7.1	6.1	6.1	6.2	6.2	6.9	7.8	8.8	7.6	in mm	
Rel. Feuchte %		78	80	82	82	85	82	83	83	80	77	73	73	80	Hygrometer	
„ „ Term. II %		63	64	67	70	76	77	76	75	69	61	60	60	68	Hygrometer	
Nieder- schläge	aus Monate Σ	152	118	188	181	360	274	343	246	260	98	105	135	2460	in mm	
	Nov.-Febr.		510	= 20.7% der Jahresmenge (t = 13.7°)												
	Okt.-März			796 = 32.4% der Jahresmenge (t = 12.7°)												
Grundwasserstand		2.80	2.97	3.05	3.04	2.59	2.05	1.76	1.64	1.76	2.05	2.43	2.64	2.40	in m, t = 9.8°	
Anzahl der Tage mit	t > 10°	30.3	27.0	25.3	13.6	6.2	2.2	2.2	3.5	3.8	12.7	24.2	29.7	181	Tagesmittel	
	t > 6°	31.0	28.3	30.5	28.2	21.2	14.2	14.6	15.8	19.7	27.3	30.0	31.0	291	Tagesmittel	
	t > 0.0 bis -2.0°	1.0	2.0	1.5	3.2	6.2	6.0	6.8	6.5	5.2	6.2	5.8	4.5	54.9	Minimum	
	t > -2.0°	.	.	.	2.0	0.7	2.0	4.2	3.8	4.8	6.0	2.2	1.0	26.7	Minimum	
	Sonne	11.7	12.7	12.5	10.7	7.3	8.0	7.3	7.0	7.3	9.3	13.3	16.7	123.8	20% Bewölk.	
	Regen	11.0	7.2	11.4	12.3	18.4	16.8	18.1	16.8	16.5	11.3	9.1	9.4	158.3	≥ 1 mm	
								(5.-6. 1955)	(22. 1953)	(16. 19 6)						
	Schneedecke	.	.	.	.	.	.	2	1	1	.	.	.	4	Summe	
	Graupeln	.	1	.	1	1	.	1	.	2	1	.	.	7	1956	
	Nebel	2	14	23	17	10	8	5	6	3	4	4	7	103	Summe	
Gewitter	3	4	2	3	4	1	3	1	3	3	4	8	39	Summe		
Kammfrost	.	.	.	6	3	3	.	4	7	4	.	.	27	1956		
Sonnenscheindauer in Stunden	...	<sup>20 Tage</sup> 124.8	134.1	131.0	120.0	74.1	43.4	112.5	113.6	188.4	240.9	309.0		1956		

sehr schnell und kann dann leicht ein Opfer der Spätfröste werden.

Die Nachfröste. Dies führt uns zur Betrachtung einer der schwerwiegendsten Nachteile des gegebenen Standortklimas, nämlich zur Untersuchung der Ursache, der Häufigkeit und der Dauer von Temperaturen unter Null Grad. Schon aus den in der Tabelle 4 aufgezeigten Temperatur-Extreme können wir sehen, daß unser Standort erheblich niedrigere mittlere und absolute Minima hat als z. B. Puerto Montt (Tabelle 7). Für das Großklima zumindestens der Küstenstationen der Provinz Llanquihue ist also diese Erscheinung nicht kennzeichnend; sie ist vielmehr eine klein-klimatische Eigentümlichkeit des Standorts und in der Kessellage des Waldhofes innerhalb des Beckens von Ensenada begründet. R. Geiger hat schon 1927 die Frage der Schadenfröste und ihrer Verhütung sehr eingehend untersucht<sup>19)</sup>. Spätere Arbeiten kamen noch dazu, so daß heute dieses Problem als geklärt angesehen werden kann. Daß diese Erscheinung auch hier standortlich bedingt ist, geht daraus hervor, daß es wenige Kilometer vom Waldhof Lagen gibt, die praktisch völlig frostfrei sind. Fährt man z. B. an einem kalten Wintermorgen von Ensenada nach Puerto Varas, so kann es sein, daß bereifte und betaute Straßenstücke einander ständig ablösen, so daß man die Frostlagen direkt in eine Karte eintragen könnte.

Wie kommen also die Nachfröste in der gegebenen Standortlage zustande und wie spielt sich in der Natur ein solcher Nachtfrost ab?

Daß allseitig von hohem Gebirge umgebene Täler und Becken der Alpen besonders niedere Wintertemperaturen aufweisen, ist wohl schon den ersten Siedlern bekannt gewesen. Sie vermieden es daher in der Regel, die Sohle dieser Eintiefungen zu bewohnen, und zogen es vor, sich an den Hängen oder Talschultern anzusiedeln. Wir wissen heute, daß die Kaltluft des Hochgebirges in diese geschlossenen Räume einströmt, am Boden der Eintiefungen einen Kaltluftsee bilden und daß diese Kaltluft bei mangelnder Ventilation dort viele Wochen verbleiben kann. Das klassische Beispiel dafür ist das Becken von Klagenfurt (Kärnten), das den extremsten Winter im ganzen Alpengebiet aufweist<sup>20)</sup>. Erst Mitte März pflegt ein Niederdruckfeld über dem Adriatischen Meer diese winterliche Kaltluft abzusaugen, und man erlebt es dann, daß mit überraschender Plötzlichkeit milde Frühlingslüfte die winterliche Kälte ablösen. Ein weiteres Beispiel<sup>21)</sup> ist die von W. Schmidt untersuchte Doline der Gstettneralm bei Lunz in Niederösterreich, ein 150 m tiefer Einsturztrichter, wo im Januar 1930, bei einer Temperatur von  $-2,0^{\circ}$  am Rand der Doline, vor Sonnenaufgang am Boden des Kessels  $-28,8^{\circ}$  C gemessen wurde. Hier wurde auch im strengen Winter 1928/29 die tiefste Minimumtemperatur in ganz Mitteleuropa, nämlich  $-48^{\circ}$  C, beobachtet.

Wir haben nun bei der Beschreibung der Lage des Beckens von Ensenada darauf hingewiesen, daß dieses fast allseitig von Bergen umschlossen und daß es nur gegen NW, also gegen den Wetterwinkel zu, offen ist. Dazu kommt, daß das Becken im Norden vom Vulkan Osorno (2661 m) begrenzt ist, der Sommer und Winter mit Schnee und Hängegletschern bedeckt ist. Der Südhang des Osorno ist völlig ungebrochen, in einer stetigen Kurve fällt der Hang in das Becken von Ensenada ein. Ähnlich liegen die Verhältnisse am Vulkan Calbuco (2015 m), der die südwestliche Begrenzung

des Beckens bildet und bis spät in den Sommer tief verschneit zu sein pflegt. Auch der nur 1580 m hohe Cerro Santo Domingo trägt während der Wintermonate eine Schneedecke. Die eigentliche Kaltluftquelle scheint mir aber doch der Osorno zu sein, denn sein stetiger, ungebrochener, 2600 m hoher Hang ermöglicht das Absinken sehr kalter Luft direkt zum Standort der Pflanzung und zwar zu allen Jahreszeiten.

Einem Nachtfrost geht in der Regel ein sonniger Tag mit Südwind, hohem Luftdruck und trockener Luft voraus. Meist handelt es sich um den ersten heiteren Tag nach einer längeren Schlechtwetterperiode. Schon tagsüber ist es dann zwar an der Sonne warm, aber im Schatten recht frisch. Dieses subjektive Gefühl täuscht nicht, denn regelmäßig liegt dann das Maximum in der strahlungsgeschützten Hütte unter dem Maximum des, zwar auch im Schatten, aber im Freien ohne Dach aufgehängten Thermometers. Auch der mittlere Tagesgang der Temperatur an heiteren Tagen, zum Beispiel im April (Tabelle 3) zeigt den starken Wärmeabfall von  $14,6^{\circ}$  um 14 Uhr auf  $5,0^{\circ}$  um 21 Uhr. Wenn es unmittelbar nach Sonnenuntergang empfindlich kalt wird, dann ist dies die erste Warnung, daß ein Nachtfrost bevorsteht. Dieser starke Wärmeabfall nach Sonnenuntergang ist das Werk des Südwindes, der schon tagsüber kalte Luftmassen aus Patagonien herantransportiert hat. Von der Sonnenstrahlung nicht mehr erwärmt, zeigen sie jetzt nach Sonnenuntergang ihre wahre Temperatur. Dieser Antransport von Kaltluft hat somit die Vorbedingung für eine Frostnacht geschaffen, indem es das allgemeine Wärmeniveau zum Absinken brachte, trockene Luft und klaren Himmel schuf. (Nachfröste treten nach heiteren Tagen mit West- oder NW-Winden in der Regel nicht auf; diese Luftströmungen bringen ja meist Warmluft nach Südchile.) Zwischen 7 und 9 Uhr abends tritt meist völlige Windstille ein, die die ganze Nacht andauert und erst nach Sonnenaufgang aufhört. Die Nacht ist daher ruhig und völlig wolkenlos, prächtig wölbt sich der Sternenhimmel mit dem Südlichen Kreuz über den ganzen Horizont, die nächtliche Ausstrahlung, eine weitere wichtige Quelle tiefer Temperatur, ist im vollen Gange. Dies ist auch die Zeit, wo die Kaltluft von den Bergen, insbesondere vom Osorno, zu Tal sinkt und sich am Boden des Beckens zu einem Kaltluftsee ausbreitet. Alle diese drei Faktoren, die antransportierte Südluft, die nächtliche Ausstrahlung und die herabsinkende Kaltluft von den Schneebergen, wirken nun zusammen, um die Temperatur der Luft unter Null Grad zu drücken, den schwarzen Vulkanboden zu Eissäulchen aufzufrieren und gegen Morgen jeden Halm mit Reif zu bedecken.

Um wieviel Uhr nun die Temperatur unter Null Grad sinkt, und wie lange der Frost dauert, hängt, ebenso wie die räumliche Ausdehnung der Frostfläche, von der Jahreszeit ab. Im Winter, wo die Einstrahlung kurz und das allgemeine Wärmeniveau tief ist, kann der Frost bald nach Sonnenuntergang einsetzen und bis nach Sonnenaufgang andauern. Im Sommer tritt Frost einige Stunden, manchmal unmittelbar, vor Sonnenaufgang auf und dauert dann meist nur  $1\frac{1}{2}$  bis 3 Stunden. In der Tabelle 5 wurde für das kalte Jahr 1955 kalendermäßig die einzelnen Frosttemperaturen und die Frostdauer in Stunden nach der Thermographenkurve des Luftschen Meteorographen zusammengestellt. Danach schwankt die mittlere

Frostdauer von 1,5 Stunden im Dezember bis 10,0 Stunden im August. Summiert man die Frostgrade jedes Monats, so sieht man, daß Dezember bis April praktisch frostfrei waren. Dies war so 1955, aber darf keinesfalls verallgemeinert werden, das 6jährige Mittel zeigt vielmehr, daß es Frost zu allen Jahreszeiten geben kann, wenn auch natürlich im Sommer und Herbst selten. Dafür erreicht das Frostmaximum im August die Frostgradsumme von 40 bei 15 Frösten von insgesamt 150 Stunden Dauer. Im August (Februar) verursachen diese Fröste keinen Schaden, schädlich sind vielmehr nur die September- und besonders die Oktober- und Novemberfröste, für die die Tabelle Frostgradsummen von 21, 25 und 8 angeben. Was Schadfröste anbelangt, ist daher für unseren Standort der Oktober der kritischste Monat!

Aus der Tabelle ersehen wir auch, daß sich die Frostnächte im Winter, sowohl wie im Frühjahr, in Serien von mehreren aufeinanderfolgenden Tagen gruppieren. Da dann regelmäßig auf eine Frostnacht ein sonniger Tag folgt, ist der Frostschaden besonders groß, denn die durch den Frost in ihrer Saftzirkulation gestörten Pflanzen leiden dann erst recht durch die die Feuchtigkeit absorbierende Sonnenbestrahlung. Auch regenreiche milde Jahre werden an unserem Standort von Spätfrösten nicht verschont. So ergibt die Summe der Frostgrade für den Juli 1953 die Zahl 28, August 3 (!), September 0 (!), dafür aber der Oktober 19 mit 10 Frostnächten bis  $-2,0^{\circ}$  und 2 Frostnächten mit  $-3,0^{\circ}$ . Die absolut tiefste Temperatur, die bisher im Waldhof gemessen wurde, war  $-6,0^{\circ}$ , sie wurde im Juni, Juli und September beobachtet. Häufiger ist  $-5,0^{\circ}$ , das sowohl im August, wie auch im Oktober vorgekommen ist.

Sowohl die Tabelle 5, wie auch die 6jährigen Mittelwerte der Tabelle 4 zeigen eindeutig das Andauern der Fröste in den Frühlingsmonaten September, Oktober, bis in den November hinein. Dies entspricht auf der nördlichen Halbkugel den Monaten März, April und Mai. Zwar werden in Europa meist nur die Mai- und Junifröste als Spät- bzw. als Schadenfröste angesehen; da jedoch am Standort, wie phänologische Tagebuchaufzeichnungen ergeben haben, die Pflaumenbäume nach milden Wintern schon Ende August (Februar) in Blüte standen, die Birnen Mitte September und die Frühapfelsorten und Kirschen Ende September zu blühen beginnen, verursachen schon September(März-)Fröste in Enseneda erheblichen Schaden. Da aber, wie wir gesehen haben, die häufigen September- und Oktoberfröste für den zu untersuchenden Standort charakteristisch sind, gelangten während aller Jahre der Beobachtungsreihen Pflaumen und Kirschen nie, Birnen nur in einem Jahr, zum Fruchtansatz bzw. zur Reife. Wir werden im letzten Kapitel dieser Arbeit aufzuzeigen haben, welche Folgen dieser ungünstige Klimafaktor für den Waldbau, insbesondere von Nadelhölzern, nach sich zieht. Jedenfalls können wir aber hier schon feststellen, daß das für das Standortklima charakteristische Auftreten von Spätfrösten in den Monaten September bis November dem Forstmann bei der Pflanzung exotischer Waldbäume, trotz anscheinend so milden Klimas, gewisse Grenzen setzt, die aus den Klimatabellen von Puerto Montt und ohne gründliche Untersuchung des Standortklimas kaum rechtzeitig hätten erkannt werden können.

Tab 5.: Häufigkeit und  
Station Waldhof: Max-, Min.-Thermometer, System

Tag	Jan.		Feb.		März		April		Mai		Juni	
	°C	h	°C	h	°C	h	°C	h	°C	h	°C	h
1.	.	.	.	.	.	.	0.0	2.0	.	.	-2.0	9.0
2.	.	.	.	.	.	.	0.0	4.0	.	.	.	.
3.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	0.4	.	.
6.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
7.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
8.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
9.	.	.	.	.	.	.	0.0	3.0	.	.	.	.
10.	.	.	.	.	.	.	.	.	-1.0	10.0	.	.
11.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
12.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
13.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	-1.0	1.0
14.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
15.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
16.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	-1.0	2.0
17.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
18.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	6.0	.	.
19.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	-2.0	8.0
20.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	-3.0	7.0
21.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
22.	.	.	.	.	.	.	.	.	-1.0	6.0	0.0	6.0
23.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
24.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	6.0	.	.
25.	.	.	.	.	.	.	.	.	-1.0	1.0	.	.
26.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
27.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	1.0	.	.
28.	.	.	.	.	.	.	.	.	-2.0	6.0	.	.
29.	.	.	.	.	-1.0	2.0	.	.	-1.0	4.0	-1.5	9.0
30.	.	.	.	.	.	.	.	.	-2.0	8.0	-2.0	12.0
31.	.	.	.	.	.	.	.	.	-2.0	6.0	.	.
Anzahl u. Dauer: t = 0.0° bis -2.0°	.	.	.	.	1	2.0	3	9.0	11	58.0	7	47.0
Anzahl u. Dauer: t = -2.1° bis -3.9°	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	7.0
Anzahl u. Dauer: t < -3.9°	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Σ					1	2.0	3	9.0	11	58.0	8	54.0
Summe d. Frostgrade:	± 0.0		± 0.0		-1.0		± 0.0		-10.0		-12.0	
ø Dauer eines Frostes:	.	.	.	.	2.0		3.0		5.3		6.7	

Dauer der Fröste 1955.

Six, ungeschützt im Freien, Hs.: 66 m, hs: 1.65 m

Juli		August		Sept.		Okt.		Nov.		Dez.		Jahr	
°C	h	°C	h	°C	h	°C	h	°C	h	°C	h		
-3.0	14.0	-2.0	14.0	-3.0	12.0	-2.0	3.0	.	.	.	.	.	.
-2.0	12.0	0.0	6.0	-4.0	11.0	-2.0	4.0	.	.	.	.	.	.
-1.5	12.0	-5.0	14.0	-2.0	2.0	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	-5.0	14.0	-1.0	2.0	-3.0	8.0	.	.	.	.	.	.
-2.0	10.0	-4.0	12.0	.	.	-1.5	4.0	.	.	0.0	1.0	.	.
0.0	14.0	-4.0	12.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
0.0	4.0	-2.5	6.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-1.0	7.0	-1.5	5.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-4.0	4.0	-2.0	9.0	.	.	.	.	0.0	1.0	.	.	.	.
-2.0	13.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	-1.5	6.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	-2.5	10.0	0.0	1.5	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	-1.5	3.0	-2.0	5.0	.	.	.	.	0.0	2.0	.	.
.	.	.	.	.	.	0.0	3.0	.	.	.	.	.	.
-2.0	12.0	.	.	.	.	.	.	-2.0	5.0	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	-2.0	2.0	.	.	.	.
0.0	2.0	-4.0	14.0	.	.	-3.0	8.0	-1.0	2.0	.	.	.	.
-1.0	4.0	.	.	0.0	2.0	-3.0	7.0	.	.	.	.	.	.
-3.0	10.0	.	.	.	.	.	.	0.0	2.0	.	.	.	.
.	.	-2.5	13.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	0.0	2.0	.	.	.	.
.	.	.	.	0.0	4.0	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	-1.0	1.0	.	.	.	.	.	.	.	.
-3.5	11.0	.	.	.	.	-3.5	4.0	.	.	.	.	.	.
-4.0	15.0	.	.	.	.	-2.0	4.0	.	.	.	.	.	.
-1.0	6.0	.	.	-1.0	2.0	-2.0	4.0	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	-3.0	9.0	.	.	.	.	.	.	.	.
0.0	2.0	.	.	-2.0	2.0	-3.0	5.0	-3.0	4.0	.	.	.	.
.	.	.	.	-2.0	7.0	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	-2.0	12.0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
12	98.0	7	55.0	10	28.5	6	22.0	6	14.0	2	3.0	65	336.5
3	35.0	3	29.0	2	21.0	4	28.0	1	4.0	.	.	14	124.0
2	19.0	5	66.0	1	11.0	1	4.0	.	.	.	.	9	100.0
17	152.0	15	150.0	13	60.5	11	54.0	7	18.0	2	3.0	88	560.5
	-30.0		-40.0		-21.0		-25.0		-8.0		± 0.0		-147.0 °
	8.9		10.0		4.7		4.9		2.6		1.5		6.4

**Der Luftdruck.** Von den Schwankungen des Luftdrucks hängt auf das Engste die Wetterhaftigkeit des Standorts ab. Die Pentadendiagramme geben hierfür ein gutes Beispiel. Steigender Luftdruck bedeutet hier in der Regel Südwind und heiteres, trockenes Wetter, fallender Luftdruck Wind aus dem nördlichen Quadranten, Stratus- oder Cumulusbewölkung und Regen. Nicht umsonst nennt man das Barometer das Wetterglas. Es wäre nun Aufgabe einer rein klimatologischen Arbeit, den Luftdruck ebenso ausführlich zu behandeln, wie dies hinsichtlich der Temperatur der Luft geschehen ist. Hier wollen wir uns damit begnügen, die Schwankungen des Luftdrucks innerhalb des ganzen Jahres zu betrachten. Trägt man die Monatsmittel des Luftdruckes aus 6jährigen Beobachtungsreihen in ein Diagramm ein, wie dies im Diagramm I geschehen ist, dann sehen wir, daß diese Kurve mit dem von *Knoch*<sup>22)</sup> angegebenen Typus VII des jährlichen Luftdruckganges für Südchile (ab 40 Grad südlicher Breite) übereinstimmt. Auch für den Jahresgang unseres Standorts ist ein sehr ausgeprägtes Maximum im Oktober bezeichnend, ebenso das Minimum im Mai. *Knoch* hält nun dieses Minimum für nicht reell, das heißt zu mindestens nicht für ganz Chile gültig. In der Tat fällt im 30jährigen Mittel des Luftdrucks für Puerto Montt (Tabelle 7) das Minimum auf den Monat Juni. In gleicher Weise wie im Waldhof das Regenmaximum auf den Monat Mai fällt, erhält Puerto Montt sein Regenmaximum im Juni; das ist sicherlich kein Zufall. Im Oktobermaximum herrscht wieder völlige Übereinstimmung zwischen Puerto Montt und Waldhof. Hier liegt wahrscheinlich die Erklärung, warum der Monat Oktober im Waldhof der kritischste Monat des Jahres ist; hoher Luftdruck, Südwind, heitere, trockene Tage, häufige Nachtfröste und wenig Regen gerade zur Zeit der Baumblüte und des Frühjahrs triebes der (exotischen) Waldbäume können die sonstigen günstigen Faktoren des Standortklimas völlig aufheben. Auch die in der ganzen Provinz vorhandene Tendenz zu kalten, regenarmen Frühjahren dürfte ihre Erklärung im Luftdruckmaximum finden, das, wie wir gesehen haben, in ganz Südchile auf den Monat Oktober fällt.

**Dampfdruck und relative Luftfeuchtigkeit.** Ehe wir uns den Niederschlägen zuwenden, wollen wir noch einen Blick auf die Prozentzahlen werfen, die die relative Feuchtigkeit der Luft darstellen. Aus der Tabelle 4, die die 6jährigen Mittel aller wichtigsten Klimaelemente wiedergibt, ersehen wir auch den jährlichen Gang des Dampfdrucks und der relativen Feuchtigkeit der Luft. Der Mai als regenreichster Monat hat auch die höchste Luftfeuchtigkeit aufzuweisen. Die Monate März bis August liegen über 80%, nur September bis Januar fallen darunter, mit dem Minimum in den Monaten November u. Dezember mit 73%. Das sind jedoch natürlich nur Mittelwerte, und wenn auch die verschiedenen Monate der einzelnen Jahre wenig voneinander abweichen, so ist die relative Feuchtigkeit der Luft dasjenige Klimaelement, das am Standort den größten täglichen Schwankungen unterworfen ist. Morgens ist die Luftfeuchtigkeit meist größer als 90%, Taubildung ist häufig und auch der kahle Boden ist morgens in der Regel sehr feucht. Falls es jedoch nicht regnet, verringert sich zusehends die Feuchtigkeit der Luft, der Boden trocknet schnell ab und die Feuchtigkeit erreicht dann meist zwischen 14 und 16 Uhr ihren

tiefsten Stand. Gleich darauf steigt die Kurve des Hygrographen wieder steil an und erreicht zwischen Mitternacht und Sonnenaufgang ihren Scheitelpunkt. Besonders an heiteren Tagen mit föhnartigem Ostwind können die Schwankungen außerordentliche Amplituden aufweisen. Die Schreibfeder des Hygrographen bewegt sich dann zwischen 95% und 30%, ja an besonders trockenen Nachmittagen reicht am Standort das Registrierpapier nicht aus, trotzdem darauf noch Ablesungen bis 28% relativer Feuchtigkeit möglich sind. Dies geschah im Jahre 1955 an 14 Tagen und zwar mit einer Serie von 4 Nachmittagen vom 2. bis 5. September, 1 Tag im Oktober und 4 Tage im November und zwar am 6., 12., 13. und 28. Montagstag. Die übrigen 5 Tage verteilen sich auf den Januar (2 Tage), Juli (2 Tage) und August (1 Tag). Am 28. Juni 1956 dauerte eine solche Periode trockener Luft 25 Stunden an, nämlich von 9 Uhr des 28. bis 10 Uhr des 29. Juni. Die Psychrometerwerte waren für diese Zeit folgende:

I. 48%, II. 27%,	I. 43%, II. 76%,
III. 38% des 28. 6. 1956,	III, 91% des 29. 6. 1956,

22% ist das psychrometrisch bestimmte Minimum für 1956. Leider war es dem Verfasser von 1951 bis 1953 nicht möglich, mit Aspirationspsychrometer zu beobachten, die relative Feuchtigkeit wurde vielmehr nur mit dem Haarhygrometer bestimmt. Nun sind diese Instrumente auch bei häufiger und sorgfältiger Justierung recht ungenau. Sie übertreiben die Extreme und stimmen nur in den Werten zwischen 80 und 60 mit den Psychrometerwerten überein. Bei großer Trockenheit der Luft ist daher das Haarhygrometer wenig verlässlich.

In der Praxis spiegelt sich das starke Absinken der Luftfeuchtigkeit, besonders in den Monaten September bis einschließlich November und natürlich auch während regenarmer Sommer, im Forst- und Gemüsegarten durch eine starke Austrocknung der obersten Bodenschicht in den Nachmittagsstunden wieder. Die im Frühjahr rasch zunehmende Einstrahlung und die der geographischen Breite entsprechende hohe Intensität der Sonnenstrahlung können daher in diesen Monaten das plötzliche Vertrocknen und Absterben ganzer Saatbeete bewirken. Die oberste Bodenschicht zerfällt zu Staub, und die noch viel zu kurzen Würzelchen der Keimlinge finden weder Halt noch Feuchtigkeit mehr. Vermutlich ist diese Erscheinung mit der von R. Geiger<sup>23)</sup> erwähnte „Fußringelkrankheit“ identisch. Jedenfalls hat dieses Absterben von Keimlingen infolge von Bodenhitze und Trockenheit nichts mit dem Wurzelbrand<sup>24)</sup> zu tun, eine auch in Chile typische Pilzkrankheit der Keimlinge, die aber in besonderem Maße bei langandauerndem warm-feuchtem Wetter auftritt.

Da der vulkanische Boden des Waldhofs im feuchten Zustand schwarz, trocken jedoch hellgrau ist, wurde dieses nachmittägige Austrocknen der Beete früh erkannt. Um diesen Faktor klimatologisch erfassen zu können, wurde aus den Ablesungen um 14 Uhr (II.) das 6jährige Mittel gezogen (Tabelle 4). Das Maximum liegt hier im Juni mit 77%, sinkt im September rasch ab und erreicht sein Minimum im November und Dezember.

Zu den Spätfrösten gesellen sich also im Frühjahr auch noch Tage mit sehr geringer Luftfeuchtigkeit in den Nachmittagsstunden. Intensive Son-



nenstrahlung, trockene Winde aus Süden oder Föhn aus dem östlichen Quadranten vereinigen sich dann, um eine extreme Erwärmung und Austrocknung des Bodens zu bewirken, die, wenn nicht schwere Schäden, so doch zumindest Wachstumshemmungen der Forstpflanzen verursachen.

**Die Niederschläge.** Bei einer jährlichen Regenmenge von 2500 mm und einer anscheinend nicht ungünstigen Verteilung der Niederschläge auf die einzelnen Monate ist es kaum glaublich, daß uns im Waldhof der Regen immer willkommener war als eine Reihe von heiteren Tagen. Das hängt einmal mit der nahen Verbindung der Sonnentage mit nächtlichen Frösten und des weiteren mit der außerordentlichen Durchlässigkeit des Bodens zusammen, die auf unserem Standort herrscht. Schon eine Regen-summe unter 100 mm im Monat kennzeichnet diesen Monat im Waldhof als ausgesprochen trocken. Am Standort der Großpflanzung, also auf der großen Schwemmfäche, gibt es keinen einzigen Wasserlauf, nur bei extrem starkem Regen wird man auf den durch den Verkehr verdichteten Boden der Feldwege Oberflächenwasser abfließen sehen und die Bildung von Tümpeln beobachten können. Auf der Oberfläche der Pflanzung selbst bilden sich niemals Wasserlachen, der Boden absorbiert restlos auch die stärksten Niederschläge. Der durchlässige Sandboden des Standorts kennt keinen Schlamm, keinen klebrigen Lehm, kein Einsinken schwerer Fuhrwerke im aufgeweichten Boden. Andererseits bewirkt Mangel an Regen nicht nur die im vorigen Abschnitt besprochene Austrocknung der oberen Bodenschicht und verursacht hierdurch durch Gießen und Beschatten in den Gärten zusätzliche Arbeit, sondern hemmt auch zweifellos das Wachstum jeglicher Waldpflanzen, die an Trockenperioden nicht angepaßt sind. Hätte der Waldhof nur 500 bis 600 mm Regen im Jahr, so wäre das Becken von Enseneda eine öde Steppe und jeglicher Waldbau unmöglich. Untersucht man daher das Klima eines Standortes im Hinblick auf den Waldbau, so darf man die engen Beziehungen zwischen Klima und Boden nicht außer Acht lassen. Eine Monatsmenge von 70 mm Regen auf Lehmboden bedeutet eben für den Forstmann etwas ganz anderes als 70 mm Regen auf durchlässigem Sandboden.

Dazu kommt, daß die Regenmenge eines Standortes, mehr als ein anderes Klimaelement, von der Topographie und der Lage des Standorts abhängig ist. Die feuchten ozeanischen Winde aus nordwestlicher Himmelsrichtung stoßen auf die Nord- und Westhänge der Andenberge, steigen an ihnen hoch, kühlen sich dabei ab, kondensieren infolge der Abkühlung ihre Feuchtigkeit und verursachen so Niederschläge. Beim Absinken der Luft in die Täler kehrt sich der Vorgang um, so daß die Ost- und Südhänge geringere Niederschläge erhalten als ihre Gegenhänge. Man spricht dann von Regenschatten. Auch unser Standort würde erheblich mehr Regen erhalten, wenn er nicht im Regenschatten des Vulkans Osorno läge. Die direkt von Norden kommenden Luftmassen regnen sich nämlich schon vorher am Nordhang des Osornos ab, ehe sie in das Becken von Enseneda eintreten. Nur die Westwinde strömen ungehindert in das Becken ein und prallen gegen den Cerro Santo Domingo und bilden so die Regen, die in erster Linie dem Standort zugute kommen. Daß dem tatsächlich so ist, ersehen wir aus den Regentabellen von Cayutúe am Todos Los Santos-See, die

durch viele Jahre vom verstorbenen Dr. *Wolffhügel* und dann von *H. Martin Ohme* geführt worden sind. Cayutúe ist an einer fjordartigen Bucht gelegen, welche trichterförmig die nördlichen und westlichen Luftströmungen aufnimmt. Abgeschlossen ist diese Bucht durch höhere Berge und an ihrem Fuß liegt der erwähnte Ort. Bewegt sich die maximale Jahressumme der Regen im Waldhof knapp unter 3000 mm (1953), so wurde in Cayutúe im gleichen Jahr 5400 mm Regenhöhe gemessen. Im Durchschnitt von vier gleichen Jahren hat Cayutúe 1880 mm mehr Regen erhalten als der Waldhof.

Über den Jahresgang der Niederschläge im 6jährigen Mittel orientiert das Säulendiagramm (Diagramm I) recht anschaulich. Vergleichen wir den Regenjahresgang des Waldhofs mit den Haupttypen des Jahresganges der Niederschläge, wie sie *K. Knoch* in seiner Klimakunde von Südamerika auf Seite G 85 ebenfalls in Säulendiagrammen darstellt, dann sehen wir, daß unser Jahresgang einem anderen Typ entspricht als beispielsweise dem von Valdivia. Auch mit Puerto Montt stimmt unser Jahresgang nicht überein. Hingegen finden wir eine fast völlige Übereinstimmung des Regenjahresganges des Waldhofs mit dem Haupttyp Nr. 17 der *Knoch'schen* Darstellung, nämlich mit San Carlos de Bariloche in Argentinien. Dieser Ort liegt in der Luftlinie nur etwas mehr als 100 km östlich vom Waldhof, aber am argentinischen Ostfuß der Anden. Wenn auch die Provinz Llanquihué noch nicht im Gebiet stetiger bzw. ständiger Westwinde liegt, wie etwa der Leuchtturm Evangelistas, der elf Breitengrade südlicher an der Magellanesstraße zu finden ist, so sind die Luftströmungen aus dem westlichen Quadranten natürlich auch für die Niederschläge unserer Zone maßgebend. Sie reichen sogar, wie dies auch *Knoch* erwähnt (ebenda, Seite G 86), über den Andenkamm hinweg und vermitteln dem Ostfuß der Anden noch ansehnliche Niederschläge. In Bariloche gibt es noch schönen Wald, während schon unmittelbar östlich von diesem Städtchen nur noch die waldlose patagonische Steppe herrscht. Für die Klimatologie Südamerikas ist es aber sicherlich nicht unwichtig, wenn wir im Vorhergehenden nachweisen konnten, daß der am Westfuß der Anden liegende Waldhof demselben Haupttyp des Jahresganges der Niederschläge angehört, wie S. C. de Bariloche am Ostfuß der Kordillere. Zumindestens um den 41. Grad südlicher Breite haben also sowohl der Westfuß wie auch der Ostfuß der Anden denselben Jahresgang der Niederschläge.

Da die Regen dem Waldhof und seiner Umgebung, ohne Abfluß von Oberflächenwasser, vollständig zugute kommen, ist die Regendichtigkeit für den Waldbau weniger wichtig als die Verteilung der Jahresregenmenge auf die einzelnen Monate. Ob die Regen in Wolkenbrüchen, in vereinzelt Regenböen oder in Form von Landregen fallen, hat auf die Vegetation hier keinen sonderlichen Einfluß, wohl aber, wenn im Frühjahr die Niederschläge wochenlang ausbleiben. Tabelle 6a und 6b geben nun eine genaue Analyse der Niederschlagsverhältnisse der einzelnen 6 Beobachtungsjahre. Die einzelnen Kalendertage wurden nach Tagen mit 1,0 mm bis 5,0 mm, Tage mit 5,1 mm bis 10,0 mm und Tage mit über 10, mm Regen geordnet und nach Monaten summiert. Die Monatssumme dividiert durch die Anzahl der Regentage gibt die Regendichtigkeit für jeden Monat und schließ-

Tab. 6a: Regentage, Regensumme und Regendichtigkeit der Jahre  
1951—1956 (Stat. Waldhof)

1951

	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Tage m. 1.0-5.0 mm	1	1	.	.	2	3	6	4	8	9	6	2	42
„ „ 5.1-10.0 mm	3	1	2	2	3	4	2	3	3	1	5	5	34
„ „ > 10.0 mm	5	5	7	3	15	15	9	7	8	5	6	3	88
Tagessummen	9	7	9	5	20	22	17	14	19	15	17	10	164
Regensummen mm	207	116	163	59	540	362	267	173	225	155	220	80	2567
Regendichtigk. mm	23.0	16.6	18.1	11.8	27.0	16.5	15.7	12.4	11.8	10.3	12.9	8.0	15.6
Max. in 24 h mm	49.3	27.6	54.2	42.9	67.9	47.7	38.4	31.6	45.8	43.5	41.8	14.6	67.9

1950/51: Nov.-Febr.: 646 = 25.1% d. mittl. Jahressummen (Temp.-Mittel dies. Mon.: 14.85° C)  
1950/51: Okt.-März: 929 = 36.1% der mittl. Jahressummen (Temp.-Mittel dies. Mon. 13.7° C)

1952

	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Tage m. 1.0-5.0 mm	3	.	.	1	.	.	.	4	.	.	.	.	8
„ „ 5.1-10.0 mm	2	2	2	1	.	2	6	3	5	2	2	1	28
„ „ > 10.0 mm	2	5	9	5	15	7	10	8	7	5	3	3	78
Tagessummen	7	7	11	7	15	9	16	15	12	7	5	4	114
Regensummen mm	70	129	336	127	361	156	313	216	256	75	84	60	2183
Regendichtigk. mm	10.0	18.4	30.6	18.1	24.1	17.3	19.6	14.4	21.3	10.7	16.8	15.0	19.3
Max. in 24 h mm	28.3	53.7	130.5	32.8	62.2	54.5	56.0	51.5	50.0	32.2	36.8	16.5	130.5

1951/52: Nov.-Febr.: 499 = 21.0% (t = 13.8° C)

1951/52: Okt.-März: 990 = 41.8% (t = 13.1° C)

1953

	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Tage m. 1.0-5.0 mm	4	1	4	4	3	5	5	4	7	6	3	6	52
„ „ 5.1-10.0 mm	2	1	.	6	4	2	2	4	6	3	5	.	35
„ „ > 10.0 mm	6	5	11	3	21	12	9	13	15	4	2	3	104
Tagessummen	12	7	15	13	28	19	16	21	28	13	10	9	191
Regensummen mm	224	108	246	137	583	326	308	320	400	101	90	75	2918
Regendichtigk. mm	18.7	15.4	16.4	10.5	20.8	17.2	19.2	15.2	14.3	7.8	9.0	8.3	15.5
Max. in 24 h mm	76.5	46.5	27.7	28.3	49.6	53.7	65.0	45.2	53.7	23.7	24.0	27.0	65.0

1952/53: Nov.-Febr.: 476 = 18.7% (t = 13.7° C)

1952/53: Okt.-März: 797 = 31.2% (t = 12.8° C)

1954

	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Tage m. 1.0-5.0 mm	6	1	3	3	5	5	7	6	2	7	7	1	53
„ „ 5.1-10.0 mm	6	1	1	7	7	6	4	4	3	2	2	4	47
„ „ > 10.0 mm	1	4	1	7	10	7	13	8	10	4	4	8	77
Tagessummen	13	6	5	17	22	18	24	18	15	13	13	13	177
Regensummen mm	73	102	38	232	264	207	395	269	254	113	109	224	2230
Regendichtigk. mm	5.6	17.0	7.6	13.6	12.0	11.5	16.4	15.0	16.9	8.7	8.4	17.2	12.9
Max. in 24 h mm	17.0	36.2	27.0	35.0	46.3	57.6	80.0	41.2	56.0	28.8	36.7	87.0	87.0

1953/54: Nov.-Febr.: 340 = 13.1% (t = 12.9° C)

1953/54: Okt.-März: 479 = 18.4% (t = 12.2° C)

1955

	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Tage m. 1.0-5.0 mm	3	2	6	6	3	4	1	1	5	7	3	2	43
„ „ 5.1-10.0 mm	.	2	1	2	2	1	3	3	2	2	1	4	23
„ „ > 10.0 mm	6	5	4	10	7	16	11	10	5	1	2	9	86
Tagessummen	9	9	11	18	12	21	15	14	12	10	6	15	152
Regensummen mm	169	163	93	293	169	413	380	212	153	44	43	308	2440
Regendichtigk. mm	18.8	18.1	8.5	16.3	14.1	19.7	25.3	15.1	12.8	4.3	7.2	20.5	16.1
Max. in 24 h mm	43.5	43.1	27.1	46.0	55.4	56.9	62.1	29.4	33.3	10.2	16.9	83.1	83.1
	1954/55: Nov.-Febr.: 665 = 28.2% (t = 13.6° C)												
	1954/55: Okt.-März: 871 = 36.9% (t = 12.3° C)												

1956

	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Tage m. 1.0-5.0 mm	7	1	3	1	3	1	4	6	.	4	2	2	34
„ „ 5.1-10.0 mm	4	.	3	3	2	3	3	3	1	1	2	2	27
„ „ > 10.0 mm	5	6	11	10	8	8	14	10	12	5	3	1	93
Tagessummen	16	7	17	14	13	12	21	19	13	10	7	5	154
Regensummen mm	182	94	255	238	241	173	395	286	273	106	83	62	2388
Regendichtigk. mm	11.4	13.4	15.0	17.0	18.5	14.4	18.8	15.0	21.0	10.6	11.9	12.4	15.5
Max. in 24 h mm	44.6	26.0	39.6	33.9	93.8	26.6	95.5	48.0	56.5	22.6	26.0	33.3	95.5
	1955/56: Nov.-Febr.: 627 = 26.25% (t = 13.4° C)												
	1955/56: Okt.-März: 926 = 38.8% (t = 12.4° C)												

Tab. 6b: Zusammenfassende Regentabelle, Mittel aus 6jährigen Beobachtungsreihen (1951—1956)

	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Tage m. 1.0-5.0 mm	4.0	1.0	2.7	2.5	2.7	3.0	3.8	4.2	3.7	5.5	3.2	2.2	38.5
„ „ 5.1-10.0 mm	2.8	1.2	1.5	3.5	3.0	3.0	3.3	3.3	3.3	1.8	2.7	2.7	32.1
„ „ > 10.0 mm	4.2	5.0	7.2	6.3	12.7	10.8	11.0	9.3	9.5	4.0	3.2	4.5	87.7
Tagessummen	11.0	7.2	11.4	12.3	18.4	16.8	18.1	16.8	16.5	11.3	9.1	9.4	153.3
Regensummen mm	154.2	118.7	188.5	181.0	359.7	272.8	343.0	246.0	260.2	99.0	105.0	135.0	2463.1
Regendichtigk. mm	11.1	16.5	16.0	14.5	19.4	16.1	19.2	14.5	16.3	8.8	11.0	14.4	15.5
abs. Max. in 24 h mm	76.5	53.7	130.5	46.0	93.8	57.6	95.5	51.5	56.5	43.5	41.8	87.0	130.5
Jahr	1953	1952	1952	1955	1956	1954	1956	1952	1956	1951	1951	1954	1952
Regenmenge Nov.:Febr.:	513			Regenmenge Okt.-März:									801
% der Jahresmenge:	20.8%			% der Jahresmenge:									32.6%
Temperatur-Mittel Nov.-Febr.:	13.7°			Temperatur-Mittel Okt.-März:									12.7°

lich wurden noch die absoluten Maximalniederschläge innerhalb 24 Stunden angegeben. Für den Waldbau wichtig sind auch die Niederschläge, die auf die Hauptvegetationsmonate November bis einschließlich Februar fallen, das Temperaturmittel dieser Monate und das prozentuale Verhältnis dieser Regenmenge zur Jahresregensumme. Dieselbe Rechnung wurde auch hinsichtlich des Sommerhalbjahres Oktober bis einschließlich März gemacht; sie ergibt bedeutende Schwankungen der einzelnen Jahre. Am ungünstigsten war die Regenverteilung 1953/54 mit nur 13,1% (für 4 Monate) der mittleren Jahresregensummen dieser beiden Jahre und 12,9 Grad Temperaturmittel; das günstigste Verhältnis zeigen die Jahre 1954/55 mit 28,2% und 13,6 Grad Temperaturmittel.

Schon der Jahresgang der Niederschläge gibt hierfür eine Erklärung: Betrachten wir zunächst das 6jährige Mittel der Niederschläge in der Tabelle 6b, so sehen wir, daß im Waldhof, wie in ganz Südchile, die größten Regenmengen auf die Wintermonate fallen. Von der mittleren Jahresregensumme erhält das Sommerhalbjahr Oktober bis März genau ein Drittel, das Winterhalbjahr April bis September zwei Drittel der Gesamtniederschläge. Die eigentlichen Sommermonate November bis Februar bekommen im Durchschnitt nur etwas mehr als ein Fünftel der Jahresmenge. Das Regenmaximum trifft den Monat Mai, ein sekundäres Maximum den Juli, während als weiteres Kennzeichen seines kritischen Charakters das Regenminimum auf den Oktober fällt. Die Mittelwerte für die übrigen Sommermonate zeigen eine verhältnismäßig gute Verteilung der Niederschläge. In Wirklichkeit geben jedoch diese Mittelwerte kein reelles Bild, vielmehr kommen sie so zustande, daß fast in jedem Jahr der Beobachtungsreihen ein Sommermonat (und in der Regel keineswegs derselbe) besonders reichlichen Regen erhielt. Im Mittel gleichen sich dann diese Unregelmäßigkeiten aus und können zu Fehlschlüssen führen.

Betrachten wir jetzt die auf Tabelle 6a dargestellten einzelnen Jahre, so fällt auf, daß fast jedes Jahr (mit dem darauffolgenden) zwei oder drei Monate mit Regenmengen aufweist, die mehr oder weniger tief unter dem 6jährigen Mittel liegen. So erhielt der Dezember 1951 und der Januar 1952 nur 80 mm bzw. 70 mm Regen; Oktober bis Dezember 1952 je 75, 84 und 60 mm; November/Dezember 1953 90 und 75 mm und der darauffolgende Januar 1954 73 mm usw. Aus diesen Beispielen ergibt sich, daß jeder Sommer zwei, manchmal auch drei aufeinanderfolgende Monate hat, die für unsere Bodenverhältnisse als ausgesprochen trocken anzusehen sind. Der Einfluß dieser Trockenperioden auf den Waldbau ist natürlich keineswegs günstig, besonders wenn man an die in der Pflanzung herrschende Durchlässigkeit des Bodens denkt. Aber die größten Wachstumshemmungen wurden doch im Forstgarten beobachtet, wo die Pflanzen, besonders gewisse Laubbäume entschieden in der Entwicklung zurückzubleiben pflegen. Dr. Schwabe<sup>25)</sup>, Valdivia, hat diese Eigentümlichkeit des südchilenischen Klimas einer eingehenden Untersuchung unterzogen. Da mir diese Arbeit erst nach Fertigstellung dieser meiner Untersuchungen vorlag, soll an dieser Stelle nur auf diesen wichtigen Beitrag zur Klärung dieser Frage hingewiesen werden.

Der regenärmste Monat der ganzen Beobachtungsreihen fiel merkwürdigerweise auf den März 1954 mit nur 38 mm Niederschläge; eine Erscheinung, die nicht auf den Waldhof allein beschränkt blieb, sondern in ganz Südchile beobachtet wurde. Die absolute maximale Regenmenge erhielt der Monat Mai des sehr niederschlagsreichen Jahres 1953 mit 583 mm und 21 Tagen mit mehr als 10,0 mm Regen pro Tag. Das extreme Maximum an Regen innerhalb 24 Stunden brachte der März 1952 mit 130,5 mm Niederschlag und zwar handelte es sich um einen Wolkenbruch, der in den Nachmittagsstunden des 11. März begann, die ganze Nacht anhielt, am 12. um 15 Uhr seinen Höhepunkt erreichte und bald darauf aber auch sein Ende fand. Im übrigen verweise ich auf die Tabellen 6a und 6b, deren Einzelheiten einer besonderen Erklärung nicht bedürfen.

Der Schneefall. Eine in unserer Klimaprovinz seltene Form der Niederschläge ist der Schnee. So tief verschneit auch im Winter die Andenberge sein mögen, in der Ebene bilden Schneefälle auch hier im Süden etwas Außergewöhnliches. Der Waldhof konnte in 8 Jahren nur 5 Schneefälle registrieren. Sie sind normalerweise eigentlich nur nachts möglich und hinterlassen dann am Morgen eine Schneedecke, die in der Regel schon während der späteren Vormittagsstunden schmilzt und am Nachmittag, auch im Schatten, ganz verschwindet. Eine Ausnahme bildete allerdings der erste im Waldhof Anfang August 1949 beobachtete Schneefall. Eine etwa 5 cm dicke Schneedecke blieb auch an offenen Stellen zwei Tage lang liegen, weil an diesen beiden Tagen die Mittagstemperatur bei völlig bedecktem Himmel nur wenige Grade über Null stieg. Am Morgen des 22. August 1953 lag eine Schneedecke von 6 cm, die tagsüber verschwand und am 5. und 6. Juli 1955 schneite es zwei Nächte hintereinander mit 4 bzw. 2 cm Schneehöhe. Schließlich erhielten die drei Provinzen Llanquihué, Osorno und ein Teil der Provinz Valdivia in der Nacht vom 15. auf den 16. September 1956 einen ungewöhnlich starken Schneefall, der in den höheren Lagen 50 cm hoch war. Es handelte sich um einen sehr wässrigen, stark haftenden Schnee, der in den erwähnten Provinzen große Schäden, hauptsächlich an den Telephon- und Telegraphenlinien sowie an den Starkstromleitungen anrichtete. Die schneebedadenen Drähte rissen, die Telegraphenpfähle fielen um, so daß die Versorgung mit elektrischem Strom in der Provinz Llanquihué zwei Tage unterbrochen war, und die Telephon- und Telegraphenverbindungen, hauptsächlich um Puerto Varas herum, wochenlang ausfielen. Verfasser fuhr damals wenige Tage nach diesem Schneefall von Puerto Varas nach Valdivia und konnte von der Bahn aus die Schäden an den *PINUS RADIATA*- und *EUCALYPTUS*-Pflanzungen beobachten. Hauptsächlich die Randbäume beider Holzarten wiesen den Bruch der Gipfeltriebe und der ausladenden Seitenäste auf. Im Inneren der Pflanzungen waren die Schäden geringer. Der Naturwald litt kaum, aber Buschwerk und Hecken wurden durch die Schneelast kilometerweit plattgedrückt und zerbrochen. Im Waldhof fiel indessen nur 2 cm Schnee, der um 10 Uhr vormittags bereits getaut war. Schaden an der Pflanzung entstand nicht. Auf jeden Fall muß jedoch auf die Möglichkeit solcher für Südchile katastrophaler Schneefälle hingewiesen werden, denn sie bedeuten ein ernstes Risiko für den gepflanzten Wald, schon aus dem Grund,

weil weder *PINUS RADIATA* noch der *EUCALYPTUS GLOBULUS* in ihrer Heimat Schnee kennen, diese Holzarten daher in keiner Weise an dieses Naturphänomen angepaßt sind.

**Sonnenscheindauer.** Vielfach entwerfen die Wetterbeschreibungen der südchilenischen Winter ein sehr düsteres Bild von wochenlang andauernden Regenfällen, ständiger Eintrübung der Atmosphäre, von tagelangen Stürmen und von einem völligen Mangel an Sonnenschein. Dies mag für die Küstengebiete und für Westpatagonien zutreffen, aber schon im Längstal und am Westfuß der Anden kann von so extremen Verhältnissen keine Rede sein. Selbst im regenreichsten Monat Mai 1953 gab es im Waldhof noch zwei heitere Tage. (Als solche wurden diejenigen Tage registriert, die weniger als 20% Bewölkung aufwiesen.) Das 6jährige Mittel (Tabelle 4) für heitere Tage ergibt als Jahressumme 123,8. Rechnet man als Regentage diejenigen, an denen mindestens 1 mm Regen gefallen ist, so gibt dies im 6jährigen Mittel 158,3 Regentage im Jahr; die Differenz ist also für den Waldhof nicht groß. Ob hier eine Vergleichsmöglichkeit mit dem 30jährigen Mittel von Puerto Montt (Tabelle 7) besteht, läßt sich schwer beurteilen, da nicht genau festzustellen war, was der Chilenische Wetterdienst unter Regentagen, heiteren und bewölkten Tagen versteht. Jedenfalls geben die Mittel für Puerto Montt 205,3 Regentage und nur 31 heitere Tage an, ein Verhältnis, das für den Waldhof auf keinen Fall zutrifft. Verfasser hat sich daher entschlossen, einen Sonnenscheinschreiber nach *Campbell-Stokes* im Waldhof aufzustellen und die Stundenwerte der Sonnenscheindauer für jeden Tag zu registrieren. Leider steht dieses Instrument erst seit Mitte Februar 1956, so daß längere Beobachtungsreihen noch nicht vorliegen. Immerhin ergaben die Aufzeichnungen des Sonnenschreibers für den allerdings milden Winter 1956 überraschend hohe Monatssummen: März 134,1, April 131,0, Mai 120,0, Juni 74,1, Juli 43,4, August 112,5, September 113,6, Oktober 188,4, November 240,9 und Dezember 309,0 Stunden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß der Waldhof infolge Bergschattens des Cerro Santo Domingo nur etwa 85% der astronomisch möglichen Sonnenscheindauer erhält. Die Anzahl der Tage ohne jeglichen Sonnenschein war: März 4, April 6, Mai 4, Juni 10, Juli 10, August 8, September 4, Oktober 1, November 0 und Dezember 1. Die Tabelle 4 gibt die 6jährigen Mittel der heiteren Tage (Sonnentage) und die Anzahl der Regentage mit mindestens 1 mm an. Die Summe aus der Anzahl der Sonnen- und Regentage von der Anzahl der Monatstage abgezogen, gibt die Anzahl der trüben Tage ohne Regen oder Regen unter 1 mm.

**Graupeln.** Hagel in der Definition der Vorschriften des Deutschen Wetterdienstes wurde während der ganzen Zeit im Waldhof nicht beobachtet. Graupeln sind jedoch eine gar nicht seltene Erscheinung. Da dieses Phänomen meist nur kurze Zeit andauert, sind viele Fälle in den früheren Tagebüchern nicht festgehalten worden. Die Tabelle 4 gibt daher nur die Zahlen für das Jahr 1956. An keiner der verschiedenen Holzarten oder an den Keimlingen konnte ein Schaden durch Graupeln festgestellt werden, höchstens Blumen und Gartenfrüchte sind durch diese Art von Niederschlägen leicht beschädigt worden. Manchmal fallen Graupeln so dicht, daß sie den Boden mit einer 1 bis 3 cm dicken Decke bekleiden; ihr Vor-

Tab. 7: Mittelwerte aus 30 jährigen Beobachtungsreihen  
 Station Puerto Montt 1911—1940, Lat. —41°28', Long. 72°57' W, Alt. 3 m ü. d. M.

		Jan.	Febr.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr	
Temperatur Extreme absol. mittl.	Monatsmittel:	15.2	14.8	13.2	11.2	9.3	8.0	7.6	7.8	8.8	10.6	12.2	13.9	11.1	in °C
	Max.	19.9	19.4	17.5	15.0	12.6	10.9	10.5	11.4	12.9	15.0	16.5	18.3	15.0	in °C
	Min.	11.1	10.9	9.5	8.0	6.3	5.3	4.6	4.5	5.3	6.7	8.2	9.8	7.5	in °C
	Max.	28.5	29.0	28.6	24.0	19.0	17.5	20.0	19.5	25.5	23.4	26.5	28.9	29.0	in °C
	Min.	4.5	4.0	0.5	—2.6	—2.5	—2.5	—4.0	—3.0	—2.1	—1.0	—0.5	2.5	—4.0	in °C
Luft- druck:	Monatsmittel:	760.7	60.55	60.85	60.85	60.25	59.2	60.6	61.75	62.4	62.65	61.9	60.8	761.0	in mm
Regen: menge:	Monatsmittel:	90.1	103.8	138.6	180.4	236.4	257.0	209.4	197.6	157.8	119.1	130.6	125.3	1946.1	in mm
„	Nov. bis Febr.	450 = 23.1% der Jahresmenge. t ø: 14.0°.													
„	Okt. bis März:	707.5 = 36.3% der Jahresmenge. t ø: 13.3°.													
	Rel. Feuchtigkeit:	82	84	86	87	88	88	88	86	85	84	83	82	85	in %
	Bewölkung:	4.7	4.8	5.2	5.7	6.3	6.1	6.2	5.8	5.3	5.3	5.4	5.3	5.5	0—8
	Wind: Monatsmittel:	S. 3	S. 3	S. 3	N. 3	N. 3	N. 3	N. 4	N. 3	N. 3	S. 2	S. 2	S. 3	N.S. 3	Beaufort
	Max.:	N. 8	N. 8	N. 8	N. 9	N. 10	NNE.9	N 10	N. 9	NNW.8	NNW. 8	N. 9	N. 9	N.10	Beaufort
Anzahl der Tage mit:	Regen:	12.1	11.6	14.1	18.3	22.1	22.0	21.1	20.3	16.8	14.9	16.6	15.4	205.3	Mittel
	heiter:	3	3	3	2	2	2	2	3	3	3	2	2	31	Mittel
	trüb:	9	9	12	15	18	18	20	17	13	13	13	12	169	Mittel
	Frost:	.	.	.	1	2	4	4	4	2	.	.	.	17	Mittel
	Schnee:	.	.	.	.	.	.	7	4	4	1	.	.	16	Summe
	Graupeln:	.	.	.	.	1	1	1	1	1	1	1	1	8	Mittel
	Nebel:	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	17	Mittel
	Gewitter:	6	13	11	12	12	16	9	4	8	7	7	4	109	Summe



kommen ist meist mit dem Ende einer Schlechtwetterperiode verbunden, das ist also zu der Zeit, wo kalte Luftmassen aus dem Süden in das Becken von Ensenada einzudringen anfangen.

**Bodenfrost.** Eine in Südchile auffallende Erscheinung ist im Winter das Auffrieren des vegetationslosen Bodens. Dabei friert nicht immer die Erde zu einer harten Schicht ein, sondern es bilden sich 2—4 cm lange Prismen oder Säulchen aus Eis, die etwa 5 mm dick aus dem Boden hervorzuquellen scheinen. Diese Eissäulchen treten teils in Verbindung mit Reif, teils ohne Reif auf; im ersteren Fall nennt sie der Chilene *escarcha blanca*, im letzteren Fall *escarcha negra*. (*Escarcha* heißt wörtlich Reif oder Rauhreif, tatsächlich ist jedoch in Chile *escarcha* die Bezeichnung für Bodenfrost.) Dieses Ausblühen von Eis bei gefrorenem Boden ist m. W. erst jüngst von *Troll* näher untersucht und als Kammeis bezeichnet worden; die diesbezüglichen Veröffentlichungen<sup>28)</sup> stehen mir jedoch hier leider nicht zur Verfügung. Uns interessiert auch weniger die theoretische Seite dieser Frage, vielmehr hat der Bodenfrost für den Waldbau in Chile insofern eine praktische Bedeutung, als daß durch Auffrieren des Bodens junge oder eben verpflanzte Forstpflanzen 2—4 cm aus der Erde gezogen werden können und dann entweder lange kümmern, in der Regel aber umfallen und eingehen. Diese Erscheinung kann sich in frostreichen Wintern besonders in den Forstgärten und Baumschulen sehr unangenehm auswirken, weil auf diese Art im Spätsommer umgeschulte Bäumchen oder Keimlinge langsam wachsender Holzarten, die schlecht bewurzelt in den Winter kommen, reihenweise vertrocknen können. Das in Europa übliche Auflegen dünner Brettchen zwischen den Rillen hat sich am Standort nicht immer bewährt. Demgegenüber war das Bedecken des Zwischenraumes zwischen den Forstpflanzen mit dem am Standort weit verbreiteten Moos *RHACOMITRIUM HYPNOIDES* als Mittel gegen das Austrocknen der Beete im Sommer und gegen das Auffrieren der Forstpflanzen im Winter ein voller Erfolg. Bei anhaltender Trockenheit wird dieses Moos allerdings sehr feuergefährlich.

**Nebel und Gewitter.** Bodennebel treten am häufigsten in den Herbstmonaten März und Mai auf. Abends nach Sonnenuntergang und morgens vor der Einstrahlung der Sonne bedecken sie dann das ganze Becken von Ensenada. Bodennebel während der Mittagsstunden wurden nicht beobachtet, zwar kann die Nebeldecke bleiben, sie hebt sich dann aber doch während der wärmeren Tagesstunden einige hundert Meter vom Boden.

Gewitter sind im Längstal Südchiles nicht häufig, an den Randbergen der Anden hingegen kann man sie öfters beobachten. In Tabelle 4 wurden jedoch nur diejenigen Gewitter summiert, die sich unmittelbar über dem Standort abspielten. Durch seine Lage am Westfuß der Anden dürfte der Waldhof eine größere Zahl von Gewittern bekommen als z. B. Puerto Montt. Diese Station weist für 30 Jahre als Maximum die Summe von 16 Gewittern für den Monat Juni aus und für den Monat Mai 12 Gewitter. Hingegen zählt der Waldhof für Mai in 6 Jahren schon 4 Gewitter. In Südchile beenden die Gewitter meist die Schlechtwetterperioden, selten, daß sie sie, wie in anderen Ländern, einleiten. Die Gewitter im Waldhof

sind meist von kurzer Dauer und ziehen in der Regel von Westen nach Osten; im Hochgebirge wetterleuchtet es dann vielfach noch mehrere Stunden, nachdem im Waldhof längst alles vorüber ist. Ob Sommergewitter am Standort durch Blitzschlag Waldbrände hervorrufen können, möchte ich bezweifeln. Indessen ist es doch einmal während der Beobachtungszeit vorgekommen, daß der Blitz in ein Wohnhaus Ensenadas einschlug, allerdings ohne zu zünden, trotzdem es sich um ein leicht brennbares Holzhaus handelte.

Damit wollen wir die Erörterung der einzelnen Klimatelemente beenden und das Klima des Waldhofes mit den klimatischen Verhältnissen von Puerto Montt, dann aber auch mit dem Heimatklima verschiedener für den Waldbau in Chile in Betracht kommenden Holzarten in Beziehung setzen.

Vergleich Waldhof—Puerto Montt. Da die 6jährigen Mittel des Waldhofes sich mit dem 30jährigen Mittel von Puerto Montt nicht gut vergleichen lassen, wurden die wichtigsten Klimatelemente, nämlich Luftdruck, Temperatur und Niederschläge von beiden Stationen für dieselben 6 Jahre in den Tabellen 8a, 8b und 8c zusammengestellt. Diese Mittel der Jahre 1951 bis einschließlich 1956 unterscheiden sich für Puerto Montt nicht unwesentlich vom 30jährigen Mittel dieser Wetterstation (siehe Tabelle 7). Die Mittel aus Temperatur und Luftdruck sind im 6jährigen Mittel höher als in den 30jährigen Mitteln; auch die Niederschläge zeigen Abweichungen. Vergleichen wir nun die 6jährigen Mittel von Puerto Montt mit denen des Waldhofs, so sehen wir (Tabelle 8c), daß beim Luftdruck die Sommermonate die relativ größten Differenzen aufweisen und die Wintermonate die geringeren Unterschiede. Im Jahresdurchschnitt entspricht die Differenz zwischen den Mittelwerten der beiden Stationen dem Höhenunterschied zwischen Puerto Montt und Waldhof, der 63 m beträgt. Da Puerto Montt ein Quecksilberbarometer, der Waldhof jedoch nur ein Aneroid besitzt, dürften die absoluten Werte von Puerto Montt für den Luftdruck genauer sein als die vom Waldhof.

Hinsichtlich der Temperaturwerte sind wiederum Unterschiede in der Ablesungs- und Auswertungsmethode vorhanden. Puerto Montt beobachtet nach Angabe der Oficina Meteorologica de Chile in Santiago um 8 Uhr und 19 Uhr und berechnet das Tagesmittel nach Formel  $8 \text{ Uhr} + 19 \text{ Uhr} + \text{Max} + \text{Min} : 4$ , während der Waldhof um 7 Uhr (I), 14 Uhr (II) und 21 Uhr (III) beobachtet und  $I+II+2 \cdot III : 4$  berechnet. Für diesen Klimavergleich fällt jedoch dieser Unterschied nicht stark ins Gewicht. Wie nach der Lage des Waldhofs zu erwarten, hat Puerto Montt wärmere Sommer (Differenz etwas über 1 Grad) und erheblich wärmere Winter (2 Grad). Bioklimatologisch liegt jedoch der Hauptunterschied in den kalten Nächten und den häufigen Spätfrösten, die in Puerto Montt nicht vorkommen. Dies drückt sich am klarsten in den Mittelwerten für die Minima aus (siehe Tabelle 4 und Tabelle 7). In Puerto Montt haben wir das höchste Minimummittel im Januar mit 11,1 Grad und das niedrigste im Juli mit 4,6 Grad, während im Waldhof der höchste Wert auf den März mit 6 Grad und der niedrigste im Juli und August mit 2,2 Grad errechnet wurde. Auch in den absoluten Extremen sehen wir diesen Unterschied: in Puerto Montt wurde in 30 Jahren

Tab. 8a:

## Luftdruck, Temperatur und Niederschläge, 6jähriges Mittel 1951 bis 1956 (Stat. Puerto Montt)

Lat.  $-41^{\circ} 28'$ , Long.  $72^{\circ} 57'$  W Alt. 3 m ü. d. M.

Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Luftdruck in mm:													
1951	760.8	62.1	61.8	62.7	58.2	58.0	59.6	62.5	62.9	63.1	62.3	61.5	761.3
1952	62.1	61.1	60.4	62.9	60.2	63.9	62.3	64.0	63.8	63.2	62.6	62.7	62.4
1953	60.7	58.4	59.3	59.9	55.5	61.4	60.9	56.3	56.6	64.7	64.0	62.0	60.0
1954	62.1	62.9	62.3	60.8	61.8	60.6	59.6	62.3	64.2	64.0	62.5	61.3	62.0
1955	61.0	60.9	62.5	60.7	62.9	60.3	65.4	62.4	64.1	64.9	63.2	60.1	62.4
1956	59.05	63.1	61.4	62.95	62.7	64.3	63.5	62.6	63.4	64.4	62.7	62.6	62.7
6 Jahre Sa:	365.75	368.5	367.7	369.95	361.3	368.5	371.3	370.1	375.0	384.3	377.3	370.2	370.8
6 Jahre ø:	761.0	61.4	61.3	61.7	60.2	61.4	61.9	61.7	62.5	64.0	62.9	61.7	61.8
Temperatur in ° C:													
1951	14.9	14.1	12.7	7.9	11.4	8.6	8.5	9.7	8.9	10.5	11.0	15.6	11.2
1952	16.3	16.1	13.3	12.7	10.3	7.5	8.0	7.4	9.7	11.5	13.8	15.6	11.8
1953	15.6	16.4	13.4	12.4	10.9	8.7	7.6	8.9	10.3	10.4	13.1	15.6	11.9
1954	15.2	15.6	14.6	11.8	9.6	9.5	7.6	8.5	8.2	10.5	13.7	15.0	11.6
1955	16.6	16.0	12.6	11.1	8.4	7.5	6.2	6.9	8.4	10.6	14.2	13.7	11.0
1956	13.0	14.4	12.4	8.8	8.2	7.5	8.2	8.3	8.0	11.3	13.8	14.8	10.7
6 Jahre Sa.:	91.6	92.6	79.0	64.7	58.8	49.3	46.1	49.7	53.5	64.8	79.6	90.3	68.2
6 Jahre ø:	15.3	15.4	13.2	10.8	9.8	8.2	7.7	8.3	8.9	10.8	13.3	15.0	11.4
Niederschläge in mm:													
1951	178.6	51.5	48.0	43.5	440.5	181.0	211.0	130.3	209.1	138.2	122.9	93.5	1848.1
1952	28.6	43.2	238.5	59.6	252.5	111.0	205.0	153.7	136.3	57.4	78.2	23.4	1387.4
1953	153.5	93.5	185.4	36.4	386.8	275.0	305.0	369.0	324.0	87.9	60.0	118.0	2397.5
1954	69.6	53.0	45.5	128.0	218.0	199.5	449.9	212.0	266.0	214.6	92.6	188.0	2141.7
1955	136.7	129.2	90.7	321.5	57.3	316.7	346.2	287.2	97.4	49.6	50.3	254.0	2136.8
1956	155.9	81.5	178.8	180.4	200.0	176.2	155.1	191.6	156.8	86.5	57.2	13.8	1633.8
6 Jahre Sa.:	722.9	461.9	786.9	769.4	1555.1	1259.4	1672.2	1343.8	1189.6	634.2	461.2	690.7	11545.3
6 Jahre ø:	120.5	77.0	131.2	128.2	259.2	209.9	278.7	224.0	198.3	105.7	76.9	115.1	1924.2

**Tab. 8b: Luftdruck, Temperatur und Niederschläge, 6jährige Mittel 1951 bis 1956 (Stat. Waldhof)**

Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Luftdruck in mm:													
1951	753.7	55.2	55.3	56.8	53.5	53.0	54.3	57.3	57.7	59.6	56.5	55.5	755.7
1952	54.7	54.4	54.4	56.6	54.2	57.2	56.6	58.1	58.0	57.3	56.4	56.0	56.2
1953	53.1	53.1	54.5	55.7	52.0	55.4	56.8	52.0	53.3	58.2	56.2	54.3	54.6
1954	54.0	54.1	55.3	55.3	56.6	55.7	55.4	58.0	59.1	58.8	57.3	55.8	56.3
1955	54.9	55.4	56.1	55.0	56.9	55.1	59.6	58.8	58.8	59.1	56.8	54.5	56.75
1956	54.3	55.9	55.7	57.2	57.5	58.8	56.4	58.6	58.3	58.5	56.8	55.9	57.0
6 Jahre Sa.:	324.7	323.1	331.3	336.8	330.7	335.2	339.1	342.8	345.2	351.5	340.0	332.0	336.55
6 Jahre ø:	754.1	54.7	55.2	56.1	55.1	55.9	56.5	57.1	57.5	58.6	56.7	55.3	56.1
Temperatur in ° C:													
1951	15.2	14.4	11.0	9.6	9.2	6.7	7.1	7.9	8.6	12.1	10.8	14.55	10.6
1952	14.9	14.9	11.3	10.6	8.6	4.5	5.8	5.4	7.4	9.5	11.9	14.1	9.9
1953	14.1	14.8	12.3	10.5	10.2	6.95	5.5	6.6	7.8	8.5	10.95	13.4	10.1
1954	13.1	14.0	13.2	10.1	7.4	7.0	5.5	6.6	5.8	7.8	11.95	13.85	9.7
1955	15.5	13.1	11.5	9.9	6.9	5.5	4.5	4.2	6.4	9.2	14.2	12.8	9.5
1956	12.8	13.8	11.6	8.5	8.0	7.1	7.3	7.6	7.35	10.5	13.6	15.6	10.3
6 Jahre Sa.:	85.6	85.0	70.9	59.2	50.3	37.75	35.7	38.3	43.35	57.6	73.4	84.3	60.1
6 Jahre ø:	14.3	14.2	11.8	9.9	8.4	6.3	6.0	6.4	7.2	9.6	12.2	14.05	10.0
Niederschläge in mm:													
1951	207	116	163	59	540	372	267	173	225	151	220	83	2576
1952	70	129	336	127	361	156	313	216	256	75	84	60	2183
1953	224	108	246	137	583	328	308	320	400	101	90	75	2918
1954	73	102	38	232	264	207	395	269	254	113	109	224	2280
1955	159	162	93	293	169	413	380	212	153	44	43	308	2429
1956	182	94	255	238	241	173	395	286	273	106	83	62	2388
6 Jahre Sa.:	915	711	1131	1086	2158	1647	2058	1476	1561	590	629	812	14774
6 Jahre ø:	152	118	188	181	360	274	343	246	260	98	105	135	2462

Tab. 8c: Vergleich: Luftdruck, Temperatur und Niederschläge aus 6jährigen Mitteln (1951—1956) von Puerto Montt und Waldhof.

Luftdruck in mm:													
	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Puerto M.:	761.0	61.4	61.3	61.7	60.2	61.4	61.9	61.7	62.5	64.0	62.9	61.7	61.8
Waldhof:	754.1	54.7	55.2	56.1	55.1	55.9	56.5	57.1	57.5	58.6	56.7	55.3	56.1
Differenz:	+6.9	6.7	6.1	5.6	5.1	5.5	5.4	4.6	5.0	5.4	6.2	6.4	5.7

Temperatur in ° C:													
	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Puerto M.:	15.3	15.4	13.2	10.8	9.8	8.2	7.7	8.3	8.9	10.8	13.3	15.0	11.4
Waldhof:	14.3	14.2	11.8	9.9	8.4	6.3	6.0	6.4	7.2	9.6	12.2	14.05	10.0
Differenz:	+1.0	1.2	1.4	0.9	1.4	1.9	1.7	1.9	1.7	1.2	1.1	0.95	1.4

Niederschläge in mm:													
	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Puerto M.:	120	77	131	128	259	210	279	224	198	106	77	115	1924
Waldhof:	152	118	188	181	360	274	343	246	260	98	105	135	2460
Differenz:	-32	-41	-57	-53	-101	-64	-64	-22	-62	+8	-28	-20	-536

in den Monaten Dezember, Januar, Februar, März und April niemals Temperaturen unter 0 Grad abgelesen, während im Waldhof in nur 6 Jahren Minustemperaturen zu allen Monaten des Jahres beobachtet wurden.

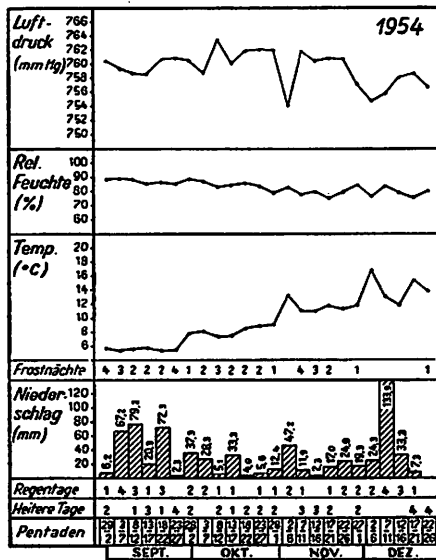
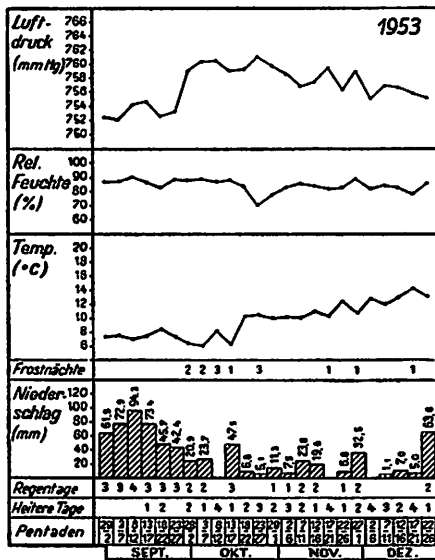
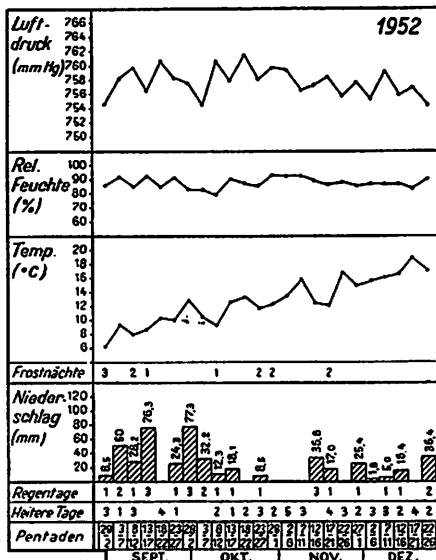
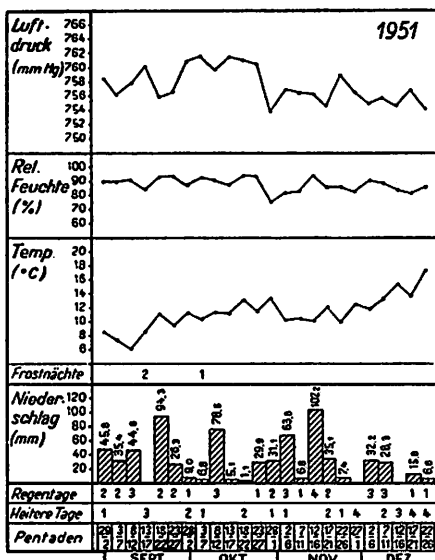
Was die Niederschläge anbelangt, bekommt der Waldhof im Jahr ca. 500 mm mehr Regen als Puerto Montt; dieser Mehrwert wird jedoch durch die Durchlässigkeit des Bodens im Becken von Ensenada reichlich aufgewogen. Der Unterschied zwischen dem Lokalklima vom Waldhof und dem Großklima der Provinz Llanquihúe würde daher bioklimatisch kaum in die Wagschale fallen, wenn die kalten Nächte und die vielen Spätfröste dem Waldhof nicht eine kleinklimatische Sonderstellung einräumen würde.

Vergleich mit dem Heimatklima exotischer Holzarten  
 Zu gleichen Ergebnissen führt auch ein Vergleich zwischen dem Klima des Waldhofes und dem Heimatklima der verschiedenen für Chile in Betracht kommenden exotischen Holzarten. C. A. Schenk hat in seinem Standardwerk<sup>27)</sup> das Heimatklima aller in Deutschland als Wald- und Parkbäume gepflanzten fremden Holzarten angegeben. Uns interessiert in Chile in der Hauptsache die im pazifischen Küstengebiet der Vereinigten Staaten waldbildenden Coniferen, vor allem das Heimatklima der *PINUS RADIATA DON = INSIGNIS DOUGL.*, der Pseudotsuga-Arten, der Thuyas und der verschiedenen amerikanischen Zypressen und Scheinzypressen. Da die amerikanischen Forstsamenhandlungen heute nicht nur den Ursprungsort der verschiedenen Samen, sondern auch die Klimaformel des Ursprungsortes angeben, so wäre ein genauer Klimavergleich der verschiedenen waldbaulich günstigen Standorte in Chile mit dem Klima der Ursprungsorte der Forstsamen eine sehr dankenswerte und erwünschte Arbeit. Voraussetzung dafür ist natürlich eine genaue Untersuchung des Standortklimas der einzelnen Waldbaugebiete Chiles, so wie sie hier für den Waldhof ver-

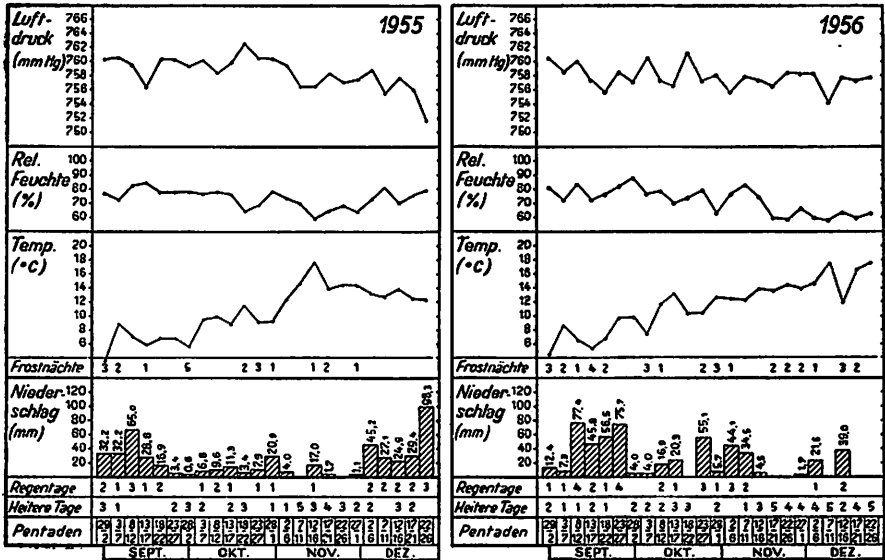
sucht worden ist. Da jedoch ein umfassender Vergleich den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde, so haben wir von den zahlreichen nordpazifischen Klimastationen nur 3 Küstenstationen herausgegriffen und mit klimaähnlichen Küstenstationen Chiles verglichen.

Der in Chile in über 200 000 ha großen Flächen gepflanzte *PINUS INSIGNIS* hat seine Heimat in der Bucht von Monterey, südlich von San Francisco, Californien, wo diese Holzart auf einem beschränkten Areal verhältnismäßig kleine Bestände bildet. Der *Insignis* gehört also keineswegs zu den Nadelhölzern, die den scheinbar unerschöpflichen Holzvorrat des pazifischen Nordwesten der Vereinigten Staaten bilden. Seine außerordentliche Schnellwüchsigkeit — *Schenk* nennt ihn eine dendrologische Merkwürdigkeit — hat ihm sowohl in Chile, wie auch in Südafrika und Neuseeland eine sehr weite Verbreitung verschafft. In der Zone um Concepcion herum findet man die größten und zahlreichsten *Insignispflanzungen* Chiles; hier soll dieser Baum schneller und üppiger wachsen als in seiner ursprünglichen Heimat. Ein Vergleich zwischen Temperatur und Niederschlägen des Heimatklimas des *PINUS INSIGNIS*, nämlich die von *Schenk* angegebene Station Santa Cruz am Nordrand der Monterey-Bucht gelegen, mit den gleichen Klimatelementen von Concepción, zeigt denn auch eine große Übereinstimmung. Vor allem fällt es auf, daß das Klima von Santa Cruz zwei regenlose Monate aufweist, der Baum daher an längere Trockenperioden, wie sie im Frühjahr und Sommer in Chile auftreten, angepaßt ist. (Siehe Tabelle 9.) Im Wärmehaushalt unterscheiden sich die beiden Stationen höchstens durch den kühleren Herbst in Concepción. Dafür ist wiederum die Regenmenge von Concepción günstiger, obwohl anzunehmen ist, daß der *PINUS INSIGNIS* in seiner Heimat reichlich Nebel erhält, der dem Baum dort zusätzliche Feuchtigkeit zuführen dürfte. Im Verhältnis zu diesen in der Zone von Concepción herrschenden optimalen Verhältnissen ist das Standortklima des Waldhofs, was den Wärmehaushalt anbelangt, nicht so günstig. Glücklicherweise ist der *Insignis* nur in geringem Maß frostempfindlich — leichte Frostschäden konnte ich nur bei sehr tiefen Spätfrösten an den Frühjahrstrieben feststellen — so scheint er sich auch an niedere Temperaturen anzupassen. Freilich den mitteleuropäischen Winter verträgt er nicht, so daß Pflanzversuche z. B. auf dem Marchfeld bei Wien fehlgeschlagen sind. Andererseits ist der *Insignis* selbst bei stark durchlässigem Boden unempfindlich gegen Dürreperioden.

Weniger günstig liegen die Verhältnisse für den Waldhof hinsichtlich des Waldbaues mit Douglasien. An der Temperatur und an den Niederschlägen liegt es indessen nicht, vielmehr machen die Spätfröste des Waldhofs eine Freilandkultur auch der frostresistenten *PSEUDOTSUGA TAXIFOLIA*, VAR. *VIRIDIS*, unmöglich. *Schenk*<sup>28)</sup> gibt für Marshfield als Datum für die durchschnittlich letzten Spätfröste den 17. April an und für die ersten Frühfröste den 31. Oktober, was also 6 frostfreie Monate ergibt. Für Astoria liegen die Verhältnisse noch günstiger: letzter Spätfröste 8. März, erster Frühfrost 6. Dezember mit fast 10 frostfreien Monaten. Freilich handelt es sich hier nicht um die Winterfröste während der Vegetationsruhe, die die Douglasie im Felsengebirge der Vereinigten Staaten und in Europa ohne weiteres verträgt. Vielmehr bewirken gerade die mil-



den Winter des Waldhofs ein frühes Austreiben der Douglasien, und da die Frühjahrsmonate des Waldhofs eine vermehrte Frosthäufigkeit aufweisen, erfrieren die zarten Frühjahrstrieb, einschließlich des Gipfeltriebes, regelmäßig. Der Baum ist damit in der Regel um ein Jahr zurückgeworfen. Zwar haben die Douglasien die Fähigkeit Frostschäden wieder auszuheilen, bekommen sie jedoch während des Frühjahrstriebes im darauffolgenden Jahr wieder Frost, dann sind die Schäden kaum mehr wieder gut zu ma-



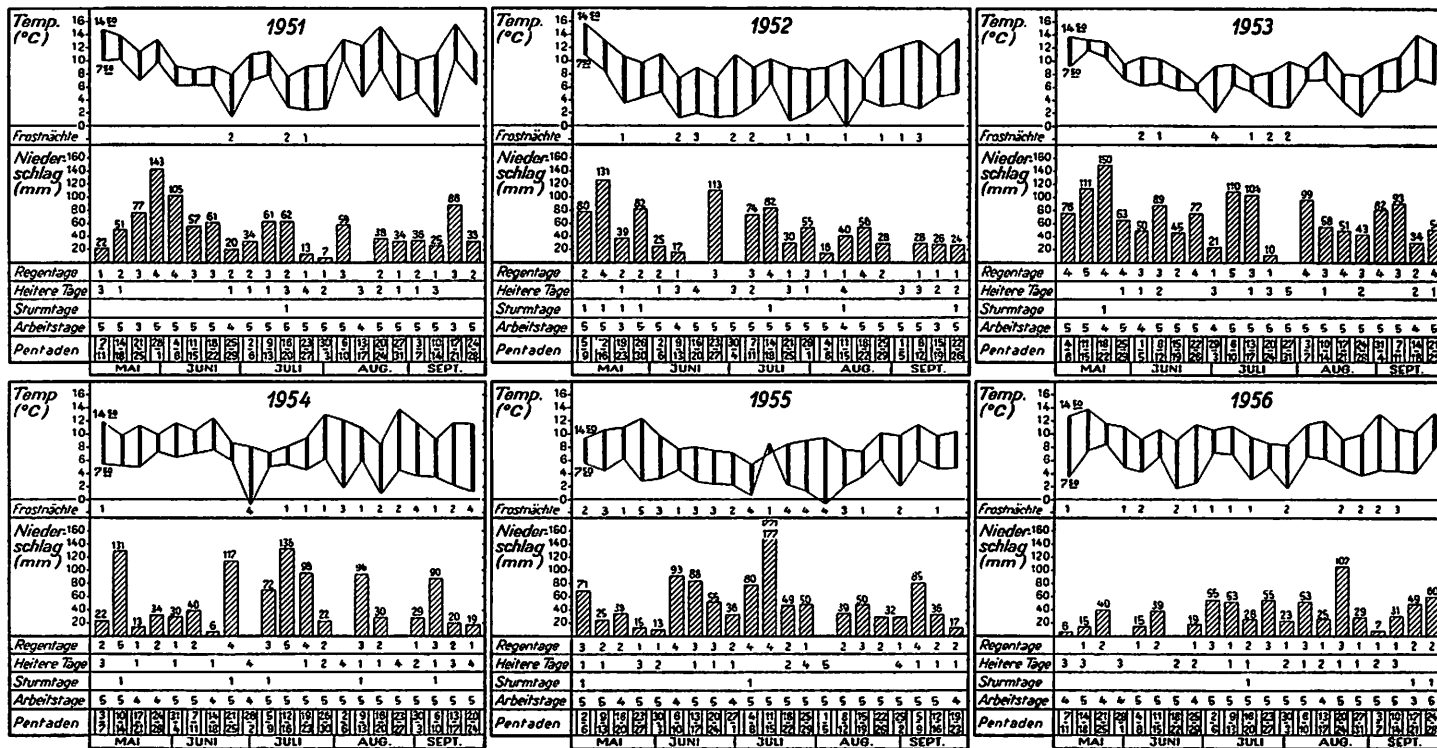
Diagr. 2: Pentadenmittel der kritischen Frühjahrsmonate 1951—1956

**Station Waldhof: 6jähriges Mittel: Witterung während der Arbeitswochen aus 5 Wintermonaten 1951, 1952, 1953, 1954, 1955 und 1956.**

Jahr	Arbeits-tage	Temp.-Mittel 7 <sup>00</sup>	Temp.-Mittel 14 <sup>00</sup>	Regen-menge	Regen-tage	Heitere Tage	Frost-nächte	Sturm-tage
1951	99	6.5	11.2	1.024	45	26	5	1
1952	99	4.0	10.4	946	38	34	19	7
1953	101	6.3	10.0	1.420	68	23	11	1
1954	101	4.6	10.6	1.005	43	33	27	5
1955	101	3.8	9.1	1.081	48	28	47	2
1956	98	5.0	10.8	707	31	27	21	3
Sa.:	599	30.2	62.1	6.183	273	171	130	19
ø:	99.8	5.0	10.35	1.030	45.5	28.5	22	3.2

chen. Es ist dem Verfasser daher in 6jährigem Bemühen gelungen, nur eine einzige grüne Douglasie im Freiland zu normaler Entwicklung zu bringen. Mehr als 30 andere Douglasien sind entweder ganz eingegangen oder Jahr für Jahr so frostgeschädigt worden, daß sie heute nur als Kümmerer gelten können. Valdivia und Puerto Montt, denen diese im Waldhof bis in den Dezember reichenden Spätfröste unbekannt sind, dürften sich daher gut zur Pflanzung von Douglasien eignen. Gerade dort sollte daher





Diagr. 3: Witterungsverhältnisse während der Arbeitswochen der Wintermonate 1951—1956

bei gleich gut vorhandenem Klima und Boden die Douglasie die *P. INSIGNIS* ersetzen. Im Waldhof kann die *PSEUDOTSUGA* besten Falles unter Schirm gezogen werden. Auch frostempfindliche Laubbölzer, wie *JUGLANS NIGRA*, *CASTANIA VESCA*, *AESCULUS HIPPOCASTANUM* *ROBINIA PSEUDOACACIA* und die meisten Eukalyptusarten gedeihen im Waldhof nicht in Freilandkultur. So haben sich auch die verschiedenen Cedernarten hier nicht einleben können, hingegen sind Versuche mit Cypressen, besonders *CUPRESSUS MACROCARPA* und *C. TORULOSA* besser gelungen. Ich komme auf diese Akklimationsversuche in einem späteren Kapitel dieser Arbeit noch zurück. Erwähnt sei hier nur noch, daß gewisse amerikanische Kiefern im Waldhof auch ohne Schirm gedeihen; so leiden *PINUS CONTORTA*, *P. PONDEROSA*, *P. JEFFREYI*, *P. BANKSIANA* und von den altweltlichen Kiefern *P. NIGRA*, *P. PINASTER*, *P. SYLVESTRIS* und *P. HALEPENSIS* nicht unter den Spätfrösten, die meisten von ihnen wachsen dafür auch außerordentlich langsam.

**Witterungsverlauf.** Wir haben in diesem Kapitel nach einer kurzen Besprechung des Großklimas der Provinz Llanquihué und einer Beschreibung der Wetterstation im Waldhof im wesentlichen das Ergebnis einer 6jährigen Beobachtung der klimatischen Verhältnisse wiedergegeben, die von 1951 bis 1956 in der Großpflanzung des Waldhofs geherrscht haben. Wenn wir hierbei auch diese Ergebnisse in erster Linie mit dem Waldbau in Beziehung gesetzt und die kennzeichnenden Merkmale der einzelnen Jahre und Jahreszeiten hervorgehoben haben, so kann das Klima eines Standortes doch nur durch Mittelwerte erfaßt werden, die dem Forstmann nicht immer genügen werden. Der Praktiker will wissen, wie sich zeitlich die einzelnen meteorologischen Phänomene abgespielt haben, was er in den einzelnen Jahreszeiten für ein Wetter zu erwarten hat, und ob dieses Wetter ihm die Arbeit im Freien erleichtern oder erschweren wird. Diesen Forderungen des Forstmannes in allen Einzelheiten nachzukommen, ist schon im Hinblick auf die Kürze der Beobachtungsreihen nicht gut möglich. Wir haben uns daher begnügt, die Pentadenmittel der kritischen Frühjahrsmonate September bis einschließlich Dezember zusammenzustellen und zwar für alle 6 Jahre. Um nun den Leser nicht durch endlose Zahlentabellen zu ermüden, wurden diese 5-Tagesmittel für Luftdruck, Temperatur, relative Feuchtigkeit, Regenhöhe, Anzahl der Regentage, der heiteren Tage und der Frostnächte graphisch dargestellt. Die Pentade ist kurz genug, um ein klares Bild des Witterungsverlaufes während der Frühjahrsmonate wiederzugeben und die wiederholt besprochenen Frost- und Trockenperioden kenntlich zu machen.

Dasselbe Verfahren wurde für die Hauptarbeitszeit des Pflanzers, nämlich für die Wintermonate Mai bis einschließlich September, angewendet, doch wurde hier die Arbeitswoche Montag bis einschließlich Freitag als Pentade zugrunde gelegt, um die Witterung aufzuzeigen, die während der Arbeitstage geherrscht hat. Hier haben wir vom Luftdruck ganz abgesehen und statt dessen die Zahl der Arbeitstage angegeben, die ja wegen der in die Arbeitswochen fallenden Feiertage nicht konstant ist. Das Temperaturmittel um 8 Uhr und 14 Uhr wurde angegeben, um zu zeigen, unter welchen Temperaturverhältnissen die Arbeit vor sich gegangen ist. Die

**Tab. 9: Heimatklima\*) einiger in Chile gepflanzter fremdländischer Nadelhölzer, verglichen mit chilenischen Küstenstationen nach Oficina Meteorologica de Chile und dem Waldhof nach eigenen Beobachtungen**

**U.S.A., Santa Cruz, 37° nördl. Br., 6 m ü. d. M. (Heimat v. *PINUS INSIGNIS* u. *CUPRESSUS MACROCARPA*)**

	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Temperatur:	10.0	11.1	12.2	13.7	14.8	16.6	17.2	17.4	17.0	15.3	12.7	10.7	14.1
Niederschläge:	140	122	102	48	25	5	0	0	15	36	66	122	681
ø Max. u. Min.:	7.0 (absol. Minima: —1.7 °)						18.8 (absol. Maxima: 38.3 °)						+ Nebel

**Chile, Concepcion, 36° 40' südl. Br., 15 m ü. d. M. (Großpflanzungen v. *P. INSIGNIS*)**

	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Jahr
Tempertaur:	9.1	9.1	10.6	12.6	14.8	16.9	18.0	17.2	15.1	12.8	11.1	9.7	13.0
Niederschläge:	226	176	109	57	49	31	15	18	43	89	237	250	1302
ø Max. u. Min.:	5.0 (absol. Minimum: —4.0 °)						25.1 (absol. Maximum: 37.5 °)						

**U.S.A., Marshfield, 43° nördl. Br., 10 m ü. d. M. (Heimat v. *PSEUDOTSUGA TAXIFOLIA*, *CHAMAECYPARIS*, *LAWSONIANA*)**

	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Temperatur:	6.7	7.7	8.5	9.8	11.4	13.6	15.2	15.5	14.4	12.4	9.6	7.0	11.0
Niederschläge:	279	229	190	124	81	43	10	10	61	107	254	249	1637
ø Max. u. Min.:	4.2 (absol. Minimum: —8.90 °)						20.1 (absol. Maximum: 37.8 °)						

**Chile, Valdivia, 39° 48' südl. Br., 5 m ü. d. M.**

	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Jahr
Temperatur:	7.8	8.1	9.3	11.4	13.3	15.3	16.9	16.3	14.6	11.8	9.6	8.0	11.9
Niederschläge:	374	301	214	118	122	107	65	69	115	212	376	414	2489
ø Max. u. Min.:	4.8 (absol. Minimum: —4.2 °)						23.2 (absol. Maximum: 36.6 °)						

**U.S.A., Astoria: 46° nördl. Br., 7 m ü. d. M. (*PSEUDOTSUGA*, *PINUS CONTORTA*, *PINUS PONDEROSA*)**

	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Temperatur:	4.5	5.8	7.4	9.5	11.8	14.2	16.0	16.3	14.9	12.2	8.4	5.7	10.6
Niederschläge:	305	229	216	135	97	74	30	33	86	145	274	307	1931
ø Max. u. Min.:	2.2 (absol. Minimum: —12.2 °)						20.4 (absol. Maximum: 36.1 °)						

**Chile, Puerto Montt: 41° südl. Breite, 3 m ü. d. M.**

	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Jahr
Temperatur:	7.6	7.8	8.8	10.6	12.2	13.9	15.2	14.8	13.2	11.2	9.3	8.0	11.1
Niederschläge:	209	198	158	119	131	125	90	104	139	180	236	257	1946
ø Max. u. Min.:	4.6 (absol. Minimum: —4.0 °)						19.9 (absol. Maximum: 29.0 °)						

**Chile, Waldhof bei La Ensenada: 41° südl. Breite, 66 m ü. d. M.**

	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Jahr
Temperatur:	6.0	6.4	7.2	9.6	12.2	14.0	14.3	14.2	11.8	9.9	8.4	6.3	10.0
Niederschläge:	343	246	260	98	105	135	152	118	188	181	360	274	2460
ø Max. u. Min.:	2.2 (absol. Minimum: —6.0 °)						20.4 (absol. Maximum: 32.8 °)						

\*) nach Schenk: „Fremdl. Wald- und Parkbäume“ Bd. I, p. 39 bis 51.

Regenhöhe, die Anzahl der Regentage, der heiteren Tage, der Sturmtage und der Frosträchte ergänzen das Bild und lassen erkennen, ob und wie die Witterung der einzelnen Arbeitswochen die Leistung der Arbeiter beeinflusst hat. Die Leute werden natürlich mit Regenschutzbekleidung und Gummistiefeln ausgerüstet, aber 177 mm Regen in vier aufeinanderfolgenden Tagen, um einen extremen Fall herauszugreifen, machen auch bei bester Schutzbekleidung eine befriedigende Arbeit praktisch unmöglich. Für den Pflanzler ist diese Beziehung vom Wetter zur Arbeitsleistung in der Regel wichtiger als die exaktesten Klimatabellen. Hier ist ein erster Versuch, diese Beziehung zahlenmäßig zu erfassen, mit dem Ziel gemacht worden, daß diese Untersuchungen besonders im chilenischen Waldbau Verbreitung finden mögen. Je größer das geplante Arbeitspensum, umso wichtiger wird das Wetter, denn wenn ein frost- oder regenreicher Winter die Arbeit hemmt, kann das Pensum bis Anfang, spätestens Mitte September nicht erledigt werden und über diesen Zeitpunkt hinaus kann wegen der Frühjahrstrockenheit nicht mehr erfolgreich gepflanzt werden.

Damit wollen wir die Beschreibung der klimatischen Verhältnisse am Standort beenden und uns in der Folge den anderen Erzeugungsfaktoren zuwenden, die für den Waldbau auf dem gegebenen Standort in Betracht kommen. —

### III. Der Boden.

Die Waldpflanzen sind durch ihren Wurzelstock fest im Boden verankert, ihm entnehmen sie Wasser und Nahrung. Der Boden, auf dem ein Wald wächst oder wachsen soll, ist daher neben dem Klima der wichtigste Erzeugungsfaktor des Waldes. In Chile, wo ein gewisser Mangel an landwirtschaftlich nutzbaren Flächen besteht, sollten sich Aufforstungen auf jene Böden beschränken, die sich für eine landwirtschaftliche Nutzung nicht eignen. Es kann sich dabei einmal um gute Böden auf Steilhängen oder um ebene, aber zu flachgründige Böden oder schließlich um solche Böden handeln, die durch rücksichtslose Nutzung der Bodenerosion zum Opfer gefallen sind, daher für die Landwirtschaft nicht mehr in Frage kommen. Wenn man von den Hangkulturen absieht, wird die Aufgabe des Waldbaus in der Regel darin bestehen, unproduktive oder nicht mehr produzierenden Böden durch Aufforstung zu einer angemessenen, wenn auch langfristigen Produktion zu bringen. Hierher gehört natürlich auch die Aufforstung nach der Holznutzung. Dabei werden der Nationalökonomie des Landes nicht nur zusätzliche Produktionsflächen erschlossen, sondern nach entsprechend langem Umtrieb kann der gepflanzte Wald den Boden soweit verbessert oder regeneriert haben, daß diese Flächen der Landwirtschaft entweder als Neuland zugute kommen oder als gesundete Böden wieder landwirtschaftlich genutzt werden können. So wichtig daher heute, und nicht nur in Chile, die Holzproduktion ist, so darf sich doch der Waldbau in Chile nicht auf eine schematische Holzplantagenwirtschaft beschränken, sondern darüber hinaus, besonders wenn es sich um ebene, leicht zugängliche Flächen handelt, sein Augenmerk auf die Verbesserung des Bodens im Hinblick auf spätere landwirtschaftliche Nutzung richten. Inwieweit dies in jedem einzelnen Fall möglich sein wird, muß eine gründliche Untersuchung des gegebenen Bodens entscheiden.

Wir haben schon im Kapitel über die Lage untersucht, welche Kräfte die Oberfläche des Beckens von Ensenada gestaltet haben. Wir fanden dabei, daß der größte Teil des Standortes von einer großen Anschwemmung des Petrohué-Flusses bedeckt ist, und daß diese in sehr rezenter Zeit entstandene Fläche als Landschafts- und Vegetationsform einen ausgesprochenen Heidecharakter aufweist. In der Folge soll also dieser Boden, der zu einem geschlossenen Wald aufgeforstet wurde, als *Heideboden* bezeichnet werden. Am westlichen Rand der Schwemmfläche verschwinden allmählich die Heidekräuter und statt ihrer treten zunächst in Flachmulden und dann weiter westlich am Rande des großen Sumpfes (*Hualve gande*, siehe Kartenskizze, Seite 10) und im Sumpf selbst Farnkräuter auf. Wir wollen diesen Boden daher als *Farnboden* kennzeichnen.

Beiden Bodenarten gemeinsam ist ihr vulkanischer Ursprung und ihre dunkelgraue bis schwarze Farbe. Wenn wir von den vereinzelt vorkom-

menden Tiefengesteinen absehen, die der Fluß vom Cerro Santo Domingo herangeschwemmt hat, sind alle Bodenbestandteile, die man an der Oberfläche beobachtet oder in Bodeneinschläge ergräbt, vom tonnenschweren Basaltblock über Steine und kantigem Grus bis zum feinsten Schluff, ursprünglich als Lava vom Vulkan Osorno ausgeflossen oder in gewaltigen Eruptionen als Lapilli, Sand oder Asche in die Luft geschleudert worden.

**Der Heideboden.** An zwei Aufschlüssen kann man den inneren Aufbau des Heidebodens und seines Untergrundes beobachten: einmal am 8 m hohen Steilufer des Rio Petrohué und dann an einem 2 km langen, 80 cm tiefen Straßengraben der neuen Straße nach Ralún.

Am Steilufer kommt die Deltastruktur der Schwemmfläche besonders klar zu Tage. Sandschichten wechseln mit Bändern von Schotter und großen Steinen, wobei die größten Blöcke ausgewaschen im Flußbett liegen oder im Begriffe sind, sich aus dem Steilhang zu lösen und in die Tiefe zu stürzen. Schon die Vegetationsarmut dieses Steilhanges zeigt, daß der Fluß mit seiner Seitenerosion und die spülenden Winterregen das Steilufer dauernd nach Westen verschieben. Verlangsamt wird dieser Vorgang nur durch die schon erwähnten großen Felsblöcke, die der Flußerosion starken Widerstand leisten.

Als Oberboden liegt direkt auf dem Lockermaterial eine 10 bis 25 cm dicke Schicht von schwarzer Erde, die durch das Wurzelgeflecht der Chaura (*PERNETTYA MUCRONATA*), einer Ericacee, und der Murta (*UGNI MOLINAE T.*), einer Myrtenart, so fest zusammengehalten wird, daß sie häufig dachförmig über den rieselnden Sand des Unterbodens hervorragt. Der Oberboden läßt sich daher mit einer Breithacke leicht in ziegel- oder plattenförmigen Plaggen zerschneiden. Der Untergrund des Heidebodens wird demgegenüber von meterdicken Schichten sehr wasserdurchlässigen vulkanischen Lockermaterials gebildet, die sich nach Westen in ihrer Mächtigkeit verzüngen und die ihrerseits wieder über weit älteren, sandsteinartig verfestigten Schichten vulkanischen Materials lagern, die Quellhorizonte bilden und bei Niedrigwasser des Petrohués an einzelnen Stellen des Flußufers sichtbar werden. Diesen wasserundurchlässigen, tiefsten Schichten ist auch die Entstehung zweier, ursprünglich namenloser Bäche zu verdanken, die in einer Flußterrasse parallel zum Petrohué laufen und die Aufschüttungsfläche in einem fortlaufenden Quellhorizont nach dem Fluß zu entwässern. Vergleicht man die Entfernung dieser Quellhorizonte von der heutigen Oberfläche der Aufschwemmung mit der Tiefe der kreisförmigen Löcher im südlichen Teil der Schwemmfläche, so muß man feststellen, daß diese beiden Maße mit einander übereinstimmen. Da wir nun im Kapitel über die Lage diese kreisförmigen Löcher als Relikte aufrecht verschütteter und später ausgefallter Urwaldriesen erkannt haben, so ist der Schluß nahelegend, daß die undurchlässigen Schichten die ursprüngliche Erdoberfläche des Beckens von Ensenada gebildet haben, bevor die großen Überschwemmungen des Petrohué die meterdicken Aufschüttungen durchlässigen Lockermaterials unter Vernichtung der ursprünglichen Vegetation über das Land ausgebreitet haben. Dies führt uns daher nochmals vor Augen, wie sehr jung dieser Heideboden ist und wie sehr sein Aufbau und seine Zusammensetzung von den Zufälligkeiten der Gefällsverhält-

nisse, von der Wasserführung und von der Art der Flußsedimente abhängig war.

Der Heideboden ist daher nicht gleichmäßig über die Aufschüttungsfläche verteilt, sondern weist in seiner Zusammensetzung einen hohen Grad von *V e r ä n d e r l i c h k e i t* auf. Nicht nur der Untergrund ist veränderlich, sondern auch die Mächtigkeit und die Zusammensetzung des Oberbodens. Beides kann man sehr deutlich am 2 km langen Straßengraben beobachten: bald durchschneidet dieser auf einer Länge von 50 bis 100 m einen Untergrund von reinem Sand, dann folgen Strecken von grobem Kies vermischt mit abgerundeten Steinen von Faust- und Kopfgröße, bald findet man im Sand eingelagerte Felsblöcke von 100 bis 150 cm Länge, bald wieder riegelförmige Steinpackungen, die sich aus 70 bis 80 cm großen Steinen zusammensetzen und bis an die Oberfläche reichen. Praktisch haben sich diese Verhältnisse so ausgewirkt, daß den Arbeitern, die den Graben auszuheben hatten, verschiedene Tarife ausgezahlt werden mußten, die sich nach den technischen Schwierigkeiten richteten, die jeweils dem Grabenaushub entgegenstanden. Aber auch waldbaulich wird diese Veränderlichkeit des Bodens sichtbar, indem üppig wachsende Quartiere mit Flächen abwechseln, auf denen auch die genügsame Insignis-Kiefer kümmert. Es ist zwar sicher richtig und bei alten Kulturböden besonders zutreffend, wenn *E. A. Mitscherlich*<sup>29)</sup> schon vor 50 Jahren gesagt hat: „Es ist unseren Kulturpflanzen ganz gleichgültig, wie der Boden, auf dem sie ihre Erträge zeitigen sollen, einst geologisch entstand; es kommt für sie nur darauf an, wie er momentan, wenn die Pflanzen auf ihm wachsen, physikalisch und chemisch beschaffen ist.“ In Gegenden aber, die noch nicht voll erschlossen sind und bei Großflächen jungfräulichen Bodens, wie sie für den Waldbau in Chile in Frage kommen, wird sich der Forstmann doch Gedanken machen müssen, wie der Boden, auf dem er pflanzen soll, einst geologisch entstanden ist, weil er sich sonst manche Fehlleistung nicht wird erklären können, die bei scheinbar *u n i f o r m e m* Oberboden in jeder Neupflanzung auftreten können. (Bilder: 8 bis 11).

Bei einer zu bepflanzenden Fläche von 300 und mehr ha ist es einfach unwirtschaftlich, über das ganze Gebiet gleichmäßig verteilte Bodenproben zu entnehmen oder gar alle 10 Meter Bodeneinschläge auszugraben. Man muß sich vielmehr damit begnügen, aus einer Reihe von Einzelbeobachtungen ein typisches Bodenprofil auszuwählen, das für einen möglichst großen Teil der Pflanzung kennzeichnend ist. Wir haben uns dabei in unserer Wahl von der ursprünglichen oder noch vorhandenen Vegetation des Bodens leiten lassen, weil man daraus leicht die relative Bonität des Heidebodens erkennen kann. Schon auf den ersten Blick kann man Böden unterscheiden, die keine oder nur vereinzelte Bäume tragen, dafür aber mit einem gleichmäßigen Teppich von Heidekräutern bedeckt sind. In extremen Fällen kümmert sogar die Chaura (*PERNETTYA*), die Murta (*UGNI MOLINAE*) verschwindet, so daß der Boden hauptsächlich von dem schon wiederholt erwähnten Moos (*RHACOMITRIUM*) bedeckt ist. An anderen Stellen findet man einen gesunden, bis zu 15 m hohen Baumwuchs und dichtes Unterholz mit manchmal reiterhoch wachsender Murta. Im Westen des Standorts überwiegt der Wald, er bildet lange Streifen, die zungen-

förmig in die Heide hineinreichen, im Osten, am Fluß, herrscht die offene Heide vor. Wir müssen also offenbar den Boden der offenen Heide von dem der bewaldeten Heide unterscheiden und uns die Frage vorlegen, ob dieser Unterschied in der physikalischen und chemischen Zusammensetzung des Bodens oder in seinem unterschiedlichen Wasserhaushalt begründet ist. Zunächst wollen wir eine physikalische Untersuchung der beiden Böden, nämlich des offenen Heidebodens und des bewaldeten Heidebodens vornehmen.

**Physikalische Untersuchung des Bodens der offenen Heide.** Im typischen offenen Heideboden wurde also zunächst ein Quadratmeter Fläche abgesteckt und der Bodenbewuchs mittels einer Heckenschere abgeschnitten und gewogen. Der zu untersuchende Quadratmeter war zu 80% mit Chaura, zu 10% mit Murta und zu 7% mit Moos bewachsen; außerdem ragte noch ein Stein bis an die Oberfläche und nahm 3% der Fläche ein. Das Gewicht der oberirdischen Teile dieser holzigen Strauchvegetation betrug 600 g, das feuchte Moos wog 540 g. Nun wurde mit Hilfe einer Breithacke die oberste Schicht, also der A-Horizont des Oberbodens, zu Plaggen zerschnitten, abgehoben, auf eine große Wagenplache gelegt und dort sorgfältig zerkleinert. Die Plaggen waren von einem dichten Wurzelgeflecht durchwachsen, das zuerst mit der Hand ausgeklaut wurde. Die groben, drahtartigen Wurzeln wogen 4,30 kg, die später ausgesiebten Feinwurzeln 0,65 kg. Aus dem B-Horizont und aus dem Untergrund<sup>30)</sup> kommen noch Wurzeln im Gewicht von 1,60 kg dazu. Einem Gewicht von nur 0,60 kg der oberirdischen Pflanzenteile steht daher ein Gesamt wurzelgewicht von 6,55 kg gegenüber. Selbst wenn man annimmt, daß ein Teil der Wurzeln von außen in den Bodeneinschlag hineingedrungen sind, so ist es doch bezeichnend, daß eine so bescheidene Pflanze, wie die an dieser Stelle kaum 25 cm hohe Chaura, eine solche Fülle von Wurzeln bilden muß, um am Leben zu bleiben. Schon aus dieser Beobachtung kann man auf die Armut und Trockenheit dieses von Menschenhand bisher völlig unberührten Bodens schließen.

Die von Wurzeln befreite Erde hatte eine leicht krümelige Struktur, dunkelgraue Farbe, ließ sich feucht eben noch formen, blieb an der Hand nicht haften und hatte einen angenehmen humosen Geruch. Regenwürmer, Asseln und sonstige mit freiem Auge sichtbare Kleintiere waren nicht vorhanden. Diese Erde wurde nun durch ein Drahtsieb von  $6 \times 6$  mm Öffnung geworfen und die ausgesiebten Steine mit 2,45 kg gewogen. In der Hauptsache setzten sich die letzteren, wenn man von vereinzelt walnußgroßen Lavasteinen absieht, aus haselnußgroßen, stark porösen Bims-Lapilli zusammen, die während der letzten Ausbrüche des Calbuco ausgeworfen und vom Westwind vertragen auf den Standort herabgeregnet sind. Dieselben mit Asche gemengten Lapilli findet man hier auch auf breiten Ästen alter Bäume, wo sich eine eigenartige epiphytische Vegetation von Moosen Kleinfarnen und Schlingpflanzen auf diesem Boden rein äolischen Ursprungs angesiedelt hat.

Die Erde wurde nun noch durch ein Feinsieb von  $2 \times 2$  mm Öffnung gesiebt, wobei wieder Lapilli, diesmal in Erbsengröße und mit einem Gewicht von 7,55 kg, übrig blieben. Der A-Horizont des Oberbodens setzte



sich in diesem Fall aus 81% Feinsterde und 19% Steinen zusammen. Die Schlämmanalyse von A. von Krüdenener<sup>31)</sup> ergab, daß diese Feinsterde hauptsächlich aus Sand besteht, nämlich 40% Grob- und Mittelsand, 40% Feinsand, 10% Schlamm und 10% organische Substanzen (Feinwurzelereste). Der Schlamm war naß von schwarzer Farbe, zerfiel getrocknet zu einem grauen Staub, war, zwischen den Fingern genommen, nicht greifbar und knirschte auch zwischen Glasscheiben nicht. Unter das Mikroskop gelegt, war bei 50facher Vergrößerung die sandige Natur auch dieses Schlammes erkennbar: kantige, schwarze Körner und helleuchtende Kristallsplitter, aber keine amorphen Substanzen, die man als Ton hätte ansprechen können. Das Wasser dieser Analyse blieb mehrere Stunden gelb getrübt und klärte sich aber dann vollständig, ohne jedoch einen meßbaren Niederschlag auf der Schlammschicht zurückzulassen. Kolloidale Substanzen sind daher in diesem Fall nur als „Schweb“ nachweisbar, zumindestens nur mit dem mir zur Verfügung gestandenen Hilfsmittel.

Tags darauf wurde der B-Horizont des Oberbodens untersucht und eine 10 cm dicke Schicht unserem Quadratmeter entnommen. Hier traten schon die ersten großen Steine auf und zwar 2 Steine in Kopfgröße, 2 Steine in Faustgröße und 57 kleinere Steine im Gesamtgewicht von 9,90 kg. Das Sieb 6 × 6 mm gab walnuß- und haselnußgroße Steine im Gewicht von 27,0 kg und das Sieb 2 × 2 mm Lapilli und Grus im Gewicht von 31,65 kg; die resultierende Feinsterde wog 42,25 kg. Im B-Horizont standen sich also nur 38% Feinsterde 62% Steinen gegenüber. Die Schlämmanalyse ergab 56% Sand, 36% Feinsand und 8% Schlamm.

Schließlich wurde eine Schicht von 35 cm des Untergrundes ausgegraben. Auch hier fanden sich noch Wurzeln, die allerdings nur 300 g wogen. Dafür gab es reichlich Steine von Block- und Kopfgröße; der größte, und zwar jener, der bis zur Erdoberfläche gereicht hatte, wog 46 kg, andere 20 kg, die meisten 2 kg. Insgesamt wogen 6 große Steine 122,3 kg, die restlichen 36 Steine 81,5 kg. Nach Entfernung dieser Steine wurde die Erde nacheinander durch drei Siebgrößen geworfen: das größte Sieb mit Öffnungen von 40 × 40 mm ergab 52,55 kg faustgroße Steine und 50,6 kg Grobschotter; das zweite Sieb 20 × 20 mm gab 28,0 kg eigroße, 35,4 kg walnußgroße und 74,3 kg haselnußgroße Steine (Lava). Das dritte Sieb 6 × 6 mm ergab 20,5 kg erbsengroße Steine (zu 50% Lapilli) und 36,85 kg Grus (fast ausschließlich Lapilli). Die durchgeseibte Erde wog 147,25 kg und das Gesamtgewicht der 35 cm dicken Schichte wurde mit 649,3 kg festgestellt.

Bei den drei untersuchten Bodenhorizonten war somit das Verhältnis des Bodenskeletts zum Feinboden wie folgt:

Oberboden	( 5 cm)	81% Feinsterde zu 19% Steinen
Unterboden	(10 cm)	38% Feinsterde zu 62% Steinen
Untergrund	(35 cm)	23% Feinsterde zu 77% Steinen

Der bewaldete Heideboden. Diesem Ergebnis stellen wir nun eine Bodenuntersuchung gegenüber, die auf bewaldetem Heideboden unternommen wurde.

Gewählt wurde ein Quadratmeter inmitten zahlreicher Stöcke ansehnlicher Coyhue (*NOTHOFAGUS DOMBEYI*) und Muermos (*EUCRYPHIA CORDIFOLIA*), Bäume, die 1953 gefällt und zu Zaunpfählen und Brennholz verarbeitet worden waren. Der Abraum wurde durch Flächenbrand beseitigt. Die aus Heidekräutern bestehende Bodenvegetation ist damals natürlich mitverbrannt, so daß der Boden dort noch heute ziemlich kahl ist. In diesem Quartier steht eine dreijährige *PINUS RADIATA* (*INSIGNIS*)-Pflanzung. Auf ehemals bewaldetem Heideboden sind diese Kiefer im Durchschnitt 1,50 m hoch, hingegen im selben Quartier auf offenem Heideboden nur 60 bis 80 cm. Während auf der offenen Heide die Chaura (*PERNETTYA*) trotz Bodenbrand nach einem Jahr wieder nachwächst, weist der zu untersuchende Quadratmeter und seine Umgebung keine Chaura, sondern nur einige Büschel Murta auf. Daneben haben sich einige Gräser und krautige Pflanzen neu angesiedelt, die aber der relativen Kahlheit des Bodens wenig Abbruch tun; von einem Wiegen der oberirdischen Pflanzenteile wurde daher abgesehen.

Die Untersuchung wurde am Ende eines sehr trockenen Frühjahrs und eines regenarmen Sommers durchgeführt; seit Oktober bis zum Zeitpunkt der Untersuchung (11. Februar 1957) waren auf diesem Boden in 4 Monaten, von langen Trockenperioden unterbrochen, nur 420 mm Regen gefallen. Die zunächst ausgehobene Plaggenerde war daher trocken, die 2—3 cm dicke oberste Schicht staubig und grau. Die Plaggen waren hier doppelt so hoch, wie die der offenen Heide, nämlich 10 cm. Die ausgelesenen Grob- und Feinwurzeln wogen 6,40 kg. Das Durchsieben der Plaggenerde durch das 6×6-mm-Sieb ergab bei einem Gesamtgewicht von 76,85 kg 5,40 kg Steine und zwar ausschließlich Lapilli, von denen einzelne walnuß, weitaus die meisten jedoch haselnußgroß waren. Die ausgesiebte Erde wurde dann nochmals durch das 2×2-mm-Sieb geworfen und ergab nochmals 13,80 kg erbsengroße Lapilli, aber keinen Grobsand oder Grus. Die Plaggenschicht, also der A-Horizont, enthielt daher 75% Feinsterde und 25% Lapilli. Hätten die Calbuco-Ausbrüche den Boden nicht verunreinigt, wäre daher der Oberboden steinfrei gewesen. Die Schlämmanalyse ergab 50% Sand, 37% Feinstsand und 13% Schlamm; ein rasch sedimentierender, aber diesmal mehr grauer Schweb war vorhanden, aber gab keine meßbaren Werte.

Der 15 cm mächtige B-Horizont im Gesamtgewicht von 193,30 kg wies 92% Feinsterde und 8% Lapilli auf. Von da ab geht die Erde in Feinsand über, aber für die nächsten 20 cm verhielt sich Feinsand zu Steinen wie 96,5% zu 3,5%. Damit haben wir eine Tiefe von 45 cm erreicht. Bemerkenswert ist, daß der B-Horizont viel feuchter war als der darüberliegende Oberboden; dies war im Hinblick auf den sehr trockenen Sommer an sich überraschend. Im Untergrund war schließlich der Sand so feucht, daß die Arbeiter meinten, wir würden bei weiterem Graben bald auf Grundwasser stoßen. Der Grundwasserspiegel lag jedoch an dieser Stelle zur Zeit der Untersuchung mindestens 6 bis 7 m tief.

Kolloidale Feinststoffe. In 45 cm Tiefe stießen wir auf drei hautdünne und eine etwa 0,5 cm dicke Schlammschichten. Diese Erscheinung ist aus der Beobachtung von Torrenten bekannt: solange diese eine

größere Wassermenge führen, ist ihre Farbe infolge ihres mit Sinkstoffen beladenen Wassers schokoladenbraun; sobald aber der Wasserlauf am Versiegen ist, ändert das Wasser seine Farbe und erinnert an Kalkmilch. Da die Torrenten ja von den Hängegletschern des Osorno herabkommen, ist es zutreffend, diese Trübung als Gletschermilch zu bezeichnen. Trocknet der Wasserlauf ganz aus, so hinterläßt er eine hautdicke Schicht eines rötlich-braunen, manchmal auch ganz weißen Schlammes. Es handelt sich also um den Niederschlag der feinsten im Wasser schwebenden Sedimente, der Flußtrübe, die aber nur bei sehr langsam fließenden oder stagnierenden Wasser sichtbar wird. Schlämmt man diese sedimentierte Flußtrübe aus, so erhält man neben Grob- und Feinsand eine Schichte Feinstmaterials, welches bei 50facher Vergrößerung größere dunkle Körnchen von Sand und helle Flächen einer an der Oberfläche kugelig granulierten Substanz erkennen läßt. Das Schlammwasser bleibt tagelang wolzig getrübt, war in unserem Fall cremefarbig und hinterließ beim Austrocknen einzelner Tropfen einen hellgrauen, fast weißen Fleck zurück. Wir haben es also hier offenbar mit kolloidalen Feinststoffen zu tun, die wir bisher bei dem Schlammanalysen des Heidebodens nur im Schweb erkennen konnten. Denn selbst der feinste Schlamm des Heidebodens hatte bei 50facher Vergrößerung noch ausgesprochen körnig-sandige Struktur, das heißt, jedes einzelne Körnchen war für sich als zerriebene Lava erkennbar. Dies ist aber bei dem eben behandelten Feinststoff nicht der Fall, die hellen Flecken ließen sich, zumindestens mit der mir zur Verfügung stehenden Vergrößerung, nicht weiter auflösen. Wir stoßen also hier zum ersten Mal auf ein aus den vulkanischen Mineralien (hauptsächlich Feldspat) entstandenes Verwitterungsprodukt, dem Ton.

Bisher haben wir den Quadratmeter bewaldeten Heidebodens nur bis zu einer Tiefe von 45 cm untersucht; wir sind dort auf die Schlammfelder gestoßen, die uns zu obigem Exkurs verleitet haben. Von da ab beginnt der Untergrund oder C-Horizont. Er bestand bis zu der aufgegrabenen Tiefe von 2,10 m aus Grobsand, ei- und walnußgroßen Steinen, Lapilli und Grus. Die ganze 1,65 m dicke Schicht enthielt nur 5 faustgroße Steine im Gewicht von 3,80 kg, alles andere war ein sandiger, sehr feuchter Feinschotter. Einzelne Wurzeln reichen bis zu einer Tiefe von 70 cm, darunter war das Material frei von organischen Substanzen. Durch das 6×6-mm-Sieb geworfen, ergab sich ein Verhältnis von Sand zum Bodenskelett, wie 86% zu 14%. Wenn wir nun die Verhältniszahlen untereinander schreiben, so ergibt sich folgendes Gesamtbild für den bewaldeten Heideboden:

Oberboden	(10 cm)	75% Feinsterde	zu 25% Lapilli
Unterboden	(35 cm)	95% Feinsterde	zu 5% Lapilli
Untergrund		86% Sand	zu 14% Steinen

Der Bodenskelett-Anteil des bewaldeten Heidebodens ist demnach gegenüber dem der offenen Heide außerordentlich gering. Wenn wir von den später dazugekommenen Lapilli absehen, verfügt der bewaldete Heideboden über eine 45 cm dicke Schicht praktisch steinfreier Erde. Aber selbst der Untergrund enthält bis zur aufgegrabenen Tiefe von 2,10 m nur 14% Steine; demgegenüber enthielt der Unterboden der offenen Heide

schon 62%, der Untergrund 77% Steine. Wir müssen daher aus dem Ergebnis der physikalischen Bodenuntersuchung schließen, daß der Unterschied zwischen den beiden Heideböden in der Art der Sedimentierung begründet ist: der offene Heideboden ist das Ergebnis rasch fließenden Wassers, das wohl die großen Sinkstoffe absetzte, die feinen und feinsten Sedimente aber bis zu jenen Stellen abtransportiert hat, an denen die Gefällsverhältnisse das Wasser zu langsamem Lauf oder zur Ruhe zwangen. Erst dort wurden die Feinststoffe abgelagert und bildeten ansehnliche Schichten tonigen Feinsandes geringerer Durchlässigkeit, daher größerer Wasserkapazität, auf denen auch Waldpflanzen mit ihrem großen Feuchtigkeitsbedarf die Dürre trockener Sommer überdauern konnten. Ob Heide oder Wald, hängt also im Wesentlichen vom Wasserhaushalt des Bodens ab und dieser wiederum von der physikalischen Zusammensetzung der einzelnen Bodenschichten (Bodenkonstituenten). Dabei haben wir in beiden Fällen mit grundwasserfernen Böden zu tun, der eine ist jedoch in der Lage, die Niederschläge zu speichern, der andere nicht. Daß der Wald den an sich besseren Boden, auf dem er wuchs, durch Humusbildung noch weiter verbessert hat, werden wir noch bei der Besprechung der chemischen Bodenanalysen sehen.

**Der Farnboden.** Wenn wir uns jetzt dem Farnboden zuwenden, dann ergibt die physikalische Untersuchung des Oberbodens, daß der Quadratmeter gleichmäßig mit 50 bis 80 cm hohen Farnkräutern (*GLEICHENIA SPEC.*) bedeckt ist, dessen oberirdische Pflanzenteile 1,75 kg wiegen. Im Schatten dieser Farne wächst Moos im Gewicht von 1,60 kg. Die Wurzeln des 8 cm dicken A-Horizonts wogen 8,0 kg, die des B-Horizontes 1,75 kg und die des Untergrundes 0,72 kg, die gesamte organische Substanz des Quadratmeters hatte somit ein Gewicht von 13,72 kg. Auch hier ließ sich der Oberboden zu Plaggen zerschneiden, die infolge einer Lage Lapilli 8 cm stark waren. Ausgesiebt enthielt die Erde, die mit dem Bodenskelett 63,25 kg wog, 5,0 kg Lapilli von Haselnußgröße und 10,85 kg Lapilli von Erbsengröße. Das 2×2-mm-Sieb ergab dann 47,4 Feinsterde, das Verhältnis von Feinsterde zu Lapilli (keine Lavabruchstücke) somit 75% zu 25%.

Die Feinsterde war von schwarzer Farbe, krümelte schon beim Sieben zu etwa 10 mm dicken Kügelchen, so daß man die Erde durch das Feinsieb durchdrücken mußte und hatte einen tonigen Geruch. Durch Druck bilden sich leicht feste Schollen, die Erde haftet feucht an der Hand, färbt schwarz und läßt sich glätten. Feucht kann man diese Erde gut formen, völlig trocken zerfällt sie jedoch zu einem grauen Staub.

Die Schlämmanalyse ergab 50% Feinsand, 25% Feinstsand, 15% Schlamm und 10% aus dem Schweb abgesetzten Ton.

Nach Verarbeitung der Plaggenschicht wurde als B-Horizont eine Schicht von 12 cm Mächtigkeit abgegraben. Auch in dieser Schicht gab es keine Lavasteine, sondern nur Lapilli und zwar 80% Feinsterde zu 20% Lapilli von zumeist Erbsengröße. Die Schlämmanalyse ergab dieselbe Zusammensetzung wie beim A-Horizont.

Der Untergrund wurde bis zu einer Tiefe von 50 cm untersucht. Hier fanden wir einen faustgroßen und 6 walnuß- und haselnußgroße Lava-

steine und fast keine Lapilli mehr; das Bodenskelett wog jedoch nur noch 2,76 kg. Begreiflicherweise nehmen die Lapilli ab, je tiefer man in den Boden geht. Wir haben es daher im C-Horizont mit einer fast steinfreien Erde zu tun, denn das Verhältnis von Erde zum Bodenskelett liegt bei 99,6% gegen 0,4%. Der Quadratmeter wurde dann weiter bis zu einer Tiefe von 1,75 m aufgegraben und festgestellt, daß die steinarmer „Schwarz-erde“ an dieser Stelle eine Mächtigkeit von 85 cm hatte, daß dann aber etwa 15 cm tief die Erde mit Grobsand alterniert und schließlich in 1 m Tiefe in reinen Lavasand mit walnußgroßen Lavasteinen übergeht. Dieser Sand ist im Winter grundwasserführend, im Sommer dürfte an dieser Stelle das Grundwasser in 2,0 bis 2,50 m Tiefe liegen. Die Verhältniszahlen des Farnbodens ergeben folgendes Bild:

A-Horizont ( 8 cm): 75,0% Feinsterde zu 25,0% Lapilli

B-Horizont (12 cm): 80,0% Feinsterde zu 20,0% Lapilli

C-Horizont (30 cm): 99,6% Feinerde zu 0,4% Lavasteine

Physikalisch gesehen bestehen daher in der Zusammensetzung des bewaldeten Heidebodens und des Farnbodens nur graduelle Unterschiede. Im ersteren Fall ist die Feinbodenschicht 45 cm mächtig, beim Farnboden 85 cm und mehr. Der wesentliche Unterschied liegt vielmehr darin, daß der bewaldete Heideboden grundwasserfern, der Farnboden grundwassernahe ist.

**Hochwald- und Sumpfboden.** Wenn wir nun weiter nach Westen gehen, ändert sich die Zusammensetzung des Farnbodens kaum, hingegen nimmt die Grundwassernähe zu. Dementsprechend ändert sich auch der Bewuchs. Bei einem das ganze Jahr ziemlich konstanten Grundwasserstand von 1—1,5 m hat sich am Rand des großen Sumpfes (Hualve, siehe Kartenskizze) ein Coyhué-Hochwald gebildet, der bis zu 35 m hohe Bäume aufweist. Dieser Hochwald bildet jedoch nur einen 50 bis 80 m breiten, den Sumpf galleriewaldartig begleitenden Streifen. Auf höherem, wenn auch an den Hochwald anschließenden Terrain nimmt die Hochwüchsigkeit der Bäume rasch ab, die Farnkräuter werden durch die Murta abgelöst, der Wald ist zwar sehr dicht, aber von normaler Höhe. Wo der Boden jedoch im Winter überschwemmt ist, finden wir einen ausgesprochenen Sumpfwald, der vornehmlich aus Tepú (*TEPUALIA STIPULARIS GRIESEB.*), Arrayan (*MYRCEUGENIA APICULATA DC. VDZ.*), Canelo (*DRYMIS WINTERI FORST*) mit Pangué (*GUNNERA CHILENSIS LAM.*), großen Farnkräutern (*BLECHNUM SPEC.*) und Schachtelhalmen (*EQUISETUM BOGOTENSE H. B. HTH.*) als Unterwuchs gebildet wird. Im stagnierenden Sumpfwasser selbst wachsen nur Binsen und Farne. Während der aus tonigem Feinstsand bestehende Boden des Sumpfwaldes im Sommer begehbar ist, bildet der wassergetränkte Boden des eigentlichen Sumpfes einen rötlichen Brei (Ausscheidung von Eisenhydroxyl durch Bakterien), der auch im trockensten Sommer nicht begehbar ist und durch seine erhebliche Tiefe Weidetieren und Menschen gefährlich werden kann. Wir haben schon erwähnt, daß der aus der Sedimentation von Feinstsand, vulkanischer Asche und Ton entstandene Farnboden bei Wasserüberschuß einen Brei bildet, bei völligem Feuchtigkeitsmangel jedoch zu Staub zer-

fällt. Damit haben wir die physikalische Untersuchung der verschiedenen Böden des Standortes beendet und wenden uns nun der chemischen Untersuchung dieser Böden auf ihren Gehalt an Nährstoffen zu. —

Die chemische Untersuchung der Böden. Die chemische Untersuchung von 12 feinstgesiebten Bodenproben wurde vom Departamento de Investigaciones Agrícolas des chilenischen Ministeriums für Landwirtschaft durchgeführt. Herr Dipl. Chem. *Max P. Fischer*, Osorno, hat diese Untersuchung durch weitere, wertvolle Angaben ergänzt. Beiden Stellen soll hier der Dank des Verfassers zum Ausdruck gebracht werden. Der besseren Übersicht halber wurde das Ergebnis dieser Untersuchungen in der beiliegenden Tabelle 10 zusammengefaßt, wobei dieselbe Reihenfolge wie bei den physikalischen Untersuchungen eingehalten wurde. Die chemisch untersuchten Bodenproben sind außerdem mit den physikalisch untersuchten örtlich identisch. In der Tabelle ist auch die Höhe des Bestimmungsortes über dem Meer angegeben, ein Ergebnis mehrerer Nivelierungslinien vom Seespiegel zum Fluß, die wir dem Ing. *Kurt Ackermann*, Puerto Montt, verdanken. Wir werden auf diese Nivellierung bei der Besprechung der Grundwasserverhältnisse noch zurückkommen. Die Bodenprobe der offenen Heide ist in der Nähe des Flusses entnommen worden, also nahe dem höchsten Punkt des großen Schwemmkegels, etwa 10 m über dem Flußniveau; von da ab nehmen die Höhenquoten nach Westen fortschreitend ab, um am Sumpfrand mit einem Höhenunterschied

Tab. 10: Chemische Bodenanalyse (Station Waldhof)

	Nummer der Probe	p.H.	Organ. Subst. %	Stick- stoff kg/ha	Phos- phor kg/ha	Kalium kg/ha	Karbo- nate	Höhe über N. N.
Pflanzung:								
1. Oberboden der offenen Heide:	6	6.25	4.6	6.6	Spuren	45	—	77.6 m
2. Oberboden der bewaldeten Heide:	7	6.7	5.5	8.2	9.3	60	—	67.2 m
3. Oberboden des Farnbodens:	5	6.3	5.5	7.4	Spuren	155	—	63.8 m
4. Oberboden des Hochwaldes:	12	5.6	5.5	10.3	Spuren	90	—	61.7 m
5. Oberboden beim Sumpf:	11	6.3	6.7	9.0	Spuren	110	—	61.0 m
Gärten:								
6. Boden aus 1. u. 3. gemischt, gekalkt:	1	7.3	3.4	8.2	Spuren	95	—	—
7. Forstgarten: Nr. 6 mit Phosphat und Kali gedüngt:	2	7.3	3.95	6.6	113.8	185	—	63.4 m
8. Gemüsegarten: Nr. 6 mit Stalldünger ge- düngt, gekalkt:	3	7.7	7.1	5.8	85.6	330	—	64.1 m

von 12 m seinen tiefsten Punkt zu erreichen. Wir bewegen uns also von fußnahen, grundwasserfernen zu fußfernen, grundwassernahen Standorten. Die Nummer 6, 7 und 8 sind keine Naturböden, sondern hier handelt es sich um künstlich gemischte, gekalkte und gedüngte Gartenerden.

Betrachten wir nun die Tabelle 10, so fällt zunächst die günstige Bodenreaktion aller untersuchten Böden auf. Daß der Farnboden und der Sumpfboden nur schwach sauer sind (p.H.-Zahl: 6,3), ist bei dem überall in Südchile herrschenden Kalkmangel und im Hinblick auf das stagnierende Wasser im Hualve einigermaßen überraschend. Eine wissenschaftliche Untersuchung der chilenischen Sümpfe scheint noch zu fehlen, aber daß sie sich wesentlich von den europäischen Mooren unterscheiden, geht schon daraus hervor, daß es in Chile meines Wissens keinen Torf gibt. So finden wir hier schwach saure Böden, wo wir in Europa eine hohe Azidität erwarten würden. Die niedrigste pH-Zahl (5,65) weist der Boden des Hochwaldes auf. Nirgends ergab die chemische Untersuchung das Vorhandensein kulturfeindlicher Säuren, wie dies unter Umständen auf Vulkanböden zu fürchten gewesen wäre. Die Erklärung dieses Ergebnisses liegt wohl im ausgesprochen basischen Charakter der Eruptivgesteine des Osornos. Die Aufschwemmung dieses vulkanischen Materials ergab eben jene silikatarmen Sande, wie wir sie bei der physikalischen Bodenuntersuchung festgestellt haben. Auffallend ist das völlige Fehlen von Carbonaten bei allen chemisch untersuchten Bodenarten. Daß die chilenischen Böden außerordentlich arm an verwertbarem Phosphor sind, ist wohl schon den ersten Siedlern bekannt gewesen, denn schon die alten Chiló-Indianer verwendeten Fischköpfe zur Düngung ihrer Kartoffelfelder. Der Heideboden ist selbst arm an Kalium, im Gegensatz zum Farnboden, der angemessene Mengen verwertbaren Kaliums enthält.

Wenn wir nun das Ergebnis der physikalischen und der chemischen Bodenuntersuchungen zusammenfassen, so erscheint der Boden der offenen Heide als sehr flachgründiger, humus- und tonarmer, grundwasserferner Sandboden von geringer Wasserkapazität mit steinigem Unterboden und Untergrund, nährstoffarm, aber nicht direkt kulturfeindlich. Daß die *PINUS RADIATA* sich auf diesem Boden normal entwickelt, spricht für die große Genügsamkeit dieser Baumart. Immerhin drückt sich die Veränderlichkeit des Bodens stark in dem unterschiedlichen Zuwachs der auf diesem Boden gepflanzten Bäume aus. Schon ein Avellano-Busch, ein alter längst vermoderter Coyhué oder irgend eine Baumgruppe mitten auf der offenen Heide bewirkt, daß die dort stehenden Kiefern ihre bodenärmeren Nachbarn an Höhe und Kronenentwicklung um vieles übertreffen. Die Unterschiedlichkeit besonders innerhalb der fußnahen, grundwasserfernen Pflanzung ist daher in erster Linie bodenbedingt, aber vielleicht nicht so sehr des Nährstoffgehalts wegen, sondern weit mehr wegen der unterschiedlichen Wasserkapazität des Bodens. Je höher die Durchlässigkeit des Bodens, desto mehr Nährstoffe werden durch überreichlichen Winterregen ausgeschwemmt, desto trockener wird der Boden während der sommerlichen Dürreperioden.

Der Boden der bewaldeten Heide kann als mittelgründiger, steinarmer Sandboden angesprochen werden, er enthält mehr Humus und tonige

Feinstsubstanzen, hat trotz seiner Grundwasserferne ein größeres Vermögen, Wasser zu speichern und enthält mehr Nährstoffe als der Boden der offenen Heide. Da der Boden feuchter war, konnte sich hier Waldbewuchs entwickeln, während der Wald seinerseits wiederum den Boden durch Laubfall verbesserte. Auffallend ist der Gehalt dieses Bodens an verwertbarem Phosphor und die Wuchsfreudigkeit der *PINUS RADIATA* auf diesem Boden.

Unsere bodenkundliche Untersuchung ist freilich nicht immer in der Lage, alle Unterschiede im natürlichen Bewuchs des Standortes ursächlich zu erklären. Weder die physikalische Beschaffenheit des Bodens noch die darin enthaltenen Nährstoffe geben eine stichhaltige Begründung der Frage, warum auf Boden Nr. 2 (Bewaldete Heide) die Coyhué-Bäume höchstens 15—17 m hoch werden, während dieselbe Baumart auf Boden Nr. 4 (Hochwald) Höhen von 30—35 m erreichen. Der Boden ist ja auch nur einer der Erzeugungsfaktoren, der die Morphologie der Vegetation und ihre soziologische Zusammensetzung bestimmt. Die Erklärung liegt vielmehr darin, daß Boden Nr. 2 grundwasserfern, Boden Nr. 4 grundwasser-nahe ist. Die Grundwassernähe bedeutet nämlich praktisch eine völlige Unabhängigkeit der Vegetation von der Periodizität der Niederschläge, und da der Wasserstand des Hualves auch im trockensten Sommer nur sehr wenig fällt, herrschen dort am flachen Ufer des Hualves stets optimale Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens. Der Wasserhaushalt des Standortes ist daher bei der hohen Durchlässigkeit des Bodens von entscheidender Bedeutung. Im nächsten Kapitel dieser Arbeit werden wir uns daher der Untersuchung dieser Frage zu widmen haben.

**Gartenerden.** In den vorhergehenden Abschnitten haben wir uns mit den Bodenverhältnissen der Großpflanzung befaßt. Indessen ergab sich schon vor Beginn der eigentlichen Pflanzung die Notwendigkeit, Baumschulen, Obst- und Gemüsegärten anzulegen, einmal um über eigenes Pflanzgut zu verfügen und um die Bewohner des Besitzes mit Obst und Gemüse zu versorgen. Zur Verfügung stand ja damals nur der von Menschenhand noch völlig unberührte Naturwald, der erst gelichtet und gesäubert werden mußte, um dem Besitzer und seinen Arbeitern die Besiedelung des Landes zu ermöglichen.

Dabei stellte es sich sehr bald heraus, daß der natürliche Waldboden des Siedlungsortes viel zu flachgründig und nährstoffarm war, um eine gute Gartenerde zu geben. Auf dem künftigen Waldhof war nur der Heideboden vorhanden, dessen chemische Analyse der Bodenprobe Nr. 1 der Tabelle 10 entsprach. Aber selbst dieser Boden war so durchwurzelt, daß der Oberboden in Plaggen abgehoben, durch umständliches Ausklopfen vom Wurzelgeflecht befreit und auch noch durchgesiebt werden mußte. Das Ergebnis war ein schwach humoser Sand, dessen Feinstbestandteile vom Regen in den Untergrund gewaschen wurden, so daß sehr bald ein reiner Grobsand übrig blieb. Der Gedanke lag also nahe, diesen natürlichen Waldboden mit besserer Erde zu vermischen. Der nächstliegende gute Weizenboden war jedoch viele Kilometer weit vom Standort entfernt zu finden und war natürlich keineswegs herrenlos; außerdem hätte sich ein



Herantransport auch gar nicht gelohnt. Es wurde daher sehr früh schon der Versuch gemacht, den natürlichen Waldboden mit der in der Nähe der Siedlung vorhandenen Farnerde im Verhältnis 1:1 zu mischen. Ungemischte Erde des Farnbodens ergab kein günstiges Resultat, denn diese Erde wird, wie wir schon wissen, bei Wasserüberschuß breiig und bei Wassermangel bildet sie harte Krusten oder zerfällt zu Staub. Die Mischung von Waldboden und Farnerde ergab jedoch eine vorzügliche, krümelige Gartenerde, besonders wenn sie gleich bei der Mischung gekalkt wurde. Die chemische Analyse dieser Mischung ist in der Tabelle 10 unter Nr. 6 ersichtlich; sie ist zwar nährstoffarm, aber von mustergültiger Struktur, eine leichte Erde von befriedigender Wasserkapazität, wie man sie auch mit Ackererde strukturell nicht besser hätte herstellen können. Die Nährstoffarmut war ja durch Düngergaben leicht zu beheben.

Mit dem Anlegen der Gärten wurde schon im Jahre 1949 begonnen; für den Pflanzgarten wurde innerhalb des Waldhofs eine Fläche von 1300 qm abgesteckt, die Plaggschicht abgehoben, der Untergrund planiert und eine 40 cm dicke Schicht Mischerde aufgelegt. Bei dem etwa 800 qm großen Gemüsegarten wurde in gleicher Weise verfahren. Beide Gärten bekamen eine Holzschendüngung, der Forstgarten reichlich Phosphat und etwas Kali, der Gemüsegarten wurde jedoch ausschließlich mit Stalldünger gedüngt. Auf die Bedeutung der bei allen Rodungen reichlich anfallenden Holzschale als Düngemittel soll an dieser Stelle besonders hingewiesen werden.

Das Ergebnis war in jeder Beziehung befriedigend: der Forstgarten ergab kräftige, aber niedrige Pflanzen mit best ausgebildetem Wurzelsystem. Von den gezogenen Forstpflanzen wurde *PINUS-RADIATA*-Samen Anfang September ausgesät und keimte 4 Wochen nach der Aussaat. Die Sämlinge mußten zwar während der sommerlichen Trockenperioden etwas gegossen werden, entwickelten sich jedoch den Sommer über so kräftig, daß sie im Juni bis August in der Großpflanzung ausgepflanzt werden konnten, das ist also 8 bis 10 Monate nach der Aussaat. Lange, unverholzte Triebe sind bei dem im Waldhof verwendeten Pflanzgut wegen der Winter- und Spätfröste nicht erwünscht. Gut verholzte niedere Pflanzen werden von den Frösten nicht geschädigt, beginnen erst im Sommer zu treiben und kräftigen sich während des meist milden Herbstes so, daß im darauffolgenden Jahr kein Ausfall mehr zu fürchten ist. Um dies zu erreichen, wurde im Forstgarten von einer Stickstoffdüngung ganz abgesehen. Die chemische Analyse dieser Erde findet sich unter Nr. 7 der Tabelle 10. Die Baumschule des Waldhofs mit ihren 1000 qm nutzbarer Fläche hat in 7 Jahren über eine Million Forstpflanzen produziert.

Auch der stallgedüngte Gemüsegarten gab ein vorzügliches Resultat, alle frostresistenten Gemüsesorten gedeihen dort auf das Beste. Erbsen, Salat, neuseeländischer Spinat, alle Kohlarten, rote und gelbe Rüben, Radieschen und Rettiche (darunter auch der Münchner Bierrettich), Mangold, Rhabarber u. a. m. erfreuten uns mit reichen Ernten, vorzüglichem Geschmack und bester Qualität. Die Anlage eines Mistbeets ermöglichte später auch das Ziehen von Frühgemüse und frostempfindlichen Nutzpflanzen, wie Tomaten und Gurken.

Bei der Anlage des Obstgartens wurde ein anderes Verfahren angewendet; in Frage kamen ja nur Äpfel und spätblühende Birnen, da Kirschen und Pflaumen als Frühblüher Jahr für Jahr den Frühjahrsfrösten zum Opfer fielen. Für die Obstbäume wurden große Pflanzlöcher 1,20 m im Durchmesser und 80 cm tief ausgehoben, der Aushub entfernt und durch Mischerde ersetzt. Gedüngt wurde nur mit Phosphat. Die Obstbäume haben sich gut entwickelt und haben im 4. Jahr bereits getragen. Bis auf etwas *FUSICLADIUM* sind sie bis jetzt schädlingsfrei geblieben. Über die vorhandenen Nährstoffe dieser Gartenerde gibt die Nr. 8 der Tabelle 10 Bescheid.

Leider haben sich die vor einigen Jahrzehnten aus Europa importierten Hasen in den südlichen Provinzen Chiles so vermehrt, daß sie vielfach zu einer wahren Landplage geworden sind. Es darf daher auf keinen Fall versäumt werden, die Baumschulen, Obst- und Gemüsegärten mit einem hohen Maschendrahtzaun zu umgeben. Bei dem im chilenischen Wald vorhandenen Mangel an krautigen Pflanzen, bildet jegliche menschliche Siedlung im Wald einen besonderen Anziehungspunkt für diese stets hungrigen Nagetiere. Da sie zudem nur nachts den Schutz des Waldgestrüpps verlassen, ist ihre Bekämpfung schwierig.

Damit wollen wir den Abschnitt über den Boden schließen und uns im nächsten Kapitel mit dem Wasserhaushalt des Standorts befassen. —

## IV. Das Wasser.

Das Wasser ist als Niederschlag, Oberflächenwasser, Grundwasser, Nebel und Tau ein unentbehrlicher Faktor für die Entwicklung von Fauna und Flora. Es ist der Träger des Stoffwechsels der Organismen (*Troll*) und als solcher für den Wald mit seinem großen Wasserumsatz von besonderer Bedeutung.

Nun sollte man meinen, daß bei einer Jahresregensumme von 2500 mm das Becken von Ensenada so reichlich mit Wasser versorgt wird, daß eine Erörterung dieses Erzeugungsfaktors sich erübrigen müßte. Daß dies indessen nicht der Fall ist, ersehen wir schon aus der höheren Differenziertheit der natürlichen Vegetation, welche weder durch physikalische noch chemische Unterschiede der vorhandenen Böden erklärt werden konnte. Die angegebene Regenmenge kommt dem ganzen Becken zugute, trotzdem finden wir dort moosbedeckte, fast sterile Flächen, offene Heide, Buschwald und Hochwald auf nahezu gleichen Böden. Wir werden im folgenden zu zeigen haben, daß diese Unterschiedlichkeit nur auf die verschiedenartige Wasserversorgung der einzelnen Flächen zurückgeführt werden kann.

**Die Niederschläge.** Die Jahressumme der Niederschläge sagt dem Waldbauern nicht viel; wichtiger für ihn ist, wie diese Niederschläge über das ganze Jahr verteilt sind. Wir haben daher im Abschnitt über das Standortklima die Regenfälle der beobachteten 6 Jahre besonders ausführlich analysiert und die Regenmengen des Winterhalbjahrs denen des Sommers gegenübergestellt. Wie wohl überall in Südchile fallen auch im Waldhof zwei Drittel der Niederschläge im Winterhalbjahr und (im Mittel der 6 Jahre) rund ein Drittel in der Hauptvegetationszeit, das ist im Sommerhalbjahr. Die einzelnen Jahre weichen jedoch nicht unerheblich von diesen Mitteln ab; so schwankt die Regenmenge, die in den Monaten November bis einschließlich Februar fällt, von 13,1% bis 28,2% der Jahresregensumme. Es gibt also Jahre, wo die 4 wärmsten Monate des Standortes doppelt so viel Wasser erhalten als in trockenen Sommern. Diese „Chilenismen“ des Klimas (*G. H. Schwabe*)<sup>32)</sup>, also überreiche Niederschläge im Winter und sehr trockene Sommer, kommen allerdings in der Provinz Llanquihué nicht so häufig vor wie in jenen Provinzen, die sich mehr der Zentralzone Chiles mit ihren dürren Sommern nähern. Trotzdem haben wir am Standort in manchen Jahren eine Regenverteilung, die von optimalen Verhältnissen weit entfernt ist.

Bemerkenswert ist, wie sich die einheimische Vegetation an diese Regenverteilung angepaßt hat. Bis auf *NOTHOFAGUS ANTARCTICA*, die am Standort sporadisch auf immerfeuchten Böden wächst, es also gewissermaßen nicht „notwendig“ hätte, ihre Blätter im Herbst abzuwerfen, sind alle Gewächse des Beckens von Ensenada immergrün. Für sie, ebenso wie

für die importierte *PINUS RADIATA*, haben auch die Winterregen ihren wachstumsfördernden Nutzen. *NOTHOFAGUS DOMBEYI* (Coyhué), die als ausgesprochener Flachwurzler in ihrem Wasserhaushalt vielfach ausschließlich von den Niederschlägen abhängig ist, wirft einen Teil ihrer Blätter im Oktober ab, treibt neue Zweige und Blätter im November, ruht im Sommer und treibt wieder im Herbst. Die *EUCRYPHIA CORDIFOLIA* (muermo) treibt ebenfalls erst im November und blüht im frostfreien und meist trockenen Februar. Die importierten Nutzpflanzen haben dem gegenüber einen anderen Rhythmus: die Pflaumen und Kirschen blühen und begrünen sich schon im höchst frostgefährdeten September, die Birnen Anfang Oktober und nur gewisse Apfelsorten sind Spätblüher. Die *PINUS RADIATA* wächst zweifellos auch im Winter, im Oktober begrünen sich ihre im Winter vorgebildeten Triebe, aber im Herbst, mit dem Einsatz der Herbstregen, bildet sie dann den zweiten Wipfeltrieb und neue Seitentriebe. Wenn wir also bei der *PINUS RADIATA* eine Vegetationspause feststellen wollen, dann fällt diese in die trockenen Sommermonate und nicht in den Winter. Die uns zur Verfügung stehenden Daten über das Heimatklima dieser Kiefer deuten darauf hin, daß in der Montereybucht (Californien) im langjährigen Durchschnitt (!) zwei aufeinanderfolgende Sommermonate regenlos sind. *N. L. King*<sup>29)</sup> sagt allerdings über das Heimatklima der *P. RADIATA (INSIGNIS)*, daß täglich vom Ozean landeinwärts streichende Sommernebel durch Hintanhaltung starker Verdunstung das Auftreten ausgesprochener sommerlicher Dürren verhindern und dadurch die fehlenden Sommerregen wirksam kompensieren. Derselbe Autor hebt jedoch auch die große klimatische Anpassungsfähigkeit der Radiata-Kiefer hervor. Im Waldhof reagiert die *P. RADIATA* auf trockene Sommer durch eine deutliche Vegetationsstockung während der Monate Januar und Februar, treibt aber dafür mit den einsetzenden Herbstregen im April umso kräftiger aus. Nasse Sommer hingegen bewirken ein mehr ausgeglichenes, fortlaufendes, ja luxurierendes Wachstum bis in den Winter hinein. Bei der Douglasie ist es ähnlich, sie ist leider nicht so frostresistent wie die *P. RADIATA*, treibt vielfach schon im Oktober äußerst zarte Triebe aus und fällt dann, zumindest am Standort, den Spätfrösten zum Opfer. In diesem frostgeschädigten Zustand bleibt sie den ganzen Sommer über; erst mit dem Einsetzen der Herbstregen treibt sie wieder und versucht die Frostschäden auszuheilen.

Hohe Sommertemperaturen, austrocknende Winde, geringe Luftfeuchte besonders am Nachmittag, spärliche, weit auseinanderliegende Sommerregen sind für den gepflanzten Wald sicherlich nicht förderlich, sie dürften jedoch den Erfolg einer Aufforstung mit der Radiata-Kiefer kaum ernstlich bedrohen. Trockene Sommer fördern allerdings noch das Überhandnehmen tierischer Schädlinge (z. B. Läuse), während nasse Sommer das Auftreten von pflanzlichen Schädlingen (Wurzelbrand, Wurzelfäulnis, Halimasch) begünstigen. Daß Forst- und Gemüsegarten stark unter trockenen Sommern leiden, haben wir bei der Besprechung des Standortklimas erwähnt. —

**Das Grundwasser.** Wir haben schon im Abschnitt über den Boden von grundwasserfernen und grundwassernahen Standorten gesprochen.

Die Waldpflanzen nehmen ja die Feuchtigkeit nicht direkt vom Regen auf, sondern der durch Regen oder Grundwasser angefeuchtete Boden liefert den Pflanzen das unentbehrliche Wasser. Bei grundwassernahen Böden kann also die Kapillarwirkung des feinporigen Sandbodens das Grundwasser an die Baumwurzeln heranheben und solcherart den sommerlichen Regenmangel kompensieren. Leider bewirken jedoch trockene Sommer auch ein starkes Absinken des Grundwasserspiegels. Dazu kommt, daß die Steighöhe des Grundwassers selbst unter optimalen Bodenverhältnissen beschränkt ist. *Gutschick*<sup>34)</sup> gibt die Steighöhe in feinsandigem, schwach lehmigen Schluff mit 150—180 cm an; so breit ist also der über dem Grundwasserspiegel stehende Saugsaum feuchten Bodens. Am Standort werden wir daher als grundwassernahe Böden solche bezeichnen, bei denen das Grundwasser im Aufschluß etwa 2—3 m unter der Oberfläche steht. Liegt das Grundwasser tiefer, müssen wir von grundwasserfernen Böden sprechen. Bei einer Grundwassertiefe von 5—6 m übt nach *Gutschick* das Grundwasser keinen merklichen Einfluß auf die Vegetation aus.

**Brunnenbau.** Wir haben daher zunächst zu untersuchen, wo Grundwasser vorhanden ist und wie tief es jeweils unter der Oberfläche liegt. Wenn wir vom Rio Petrohué und seinen kleinen Zuflüssen absehen, finden wir am Standort der Pflanzung keine fließenden Gewässer. Um aber dieses Land zu besiedeln, den Waldhof und die Arbeiterhäuser zu bauen, mußte durch Brunnengrabungen das Grundwasser gesucht werden. In der Folge sind dann auch im Ganzen 8 Brunnen gegraben worden, die in dem vorhandenen Lockermaterial durch aufeinander gelegte Betonringe von 1 m Durchmesser und 50 cm Höhe permanent gefestigt wurden. Einer dieser Brunnen wurde ständig kontrolliert und die Entfernung des Grundwasserspiegels von der Erdoberfläche alle 10 Tage gemessen. Auf diese Art erhielten wir 6jährige Beobachtungsreihen, die gemittelt die Jahreschwankungen des Grundwasserspiegels erkennen lassen (Tabelle 4). Aus diesen Daten sehen wir, daß das Niveau des Grundwassers im April seinen tiefsten Stand erreicht, im Mai und Juni rasch steigt und im August oder September dann der Erdoberfläche am nächsten steht. Die einzelnen Jahre weichen von diesem Schema kaum wesentlich ab, nur daß nasse Winter das Grundwasser höher an die Oberfläche drücken, während trockene Sommer den Grundwasserspiegel so tief absinken lassen, daß der eine oder andere Brunnen versiegt. Dieser sommerliche Wasserstand wurde dann regelmäßig ausgenutzt, um die Brunnen zu säubern und entsprechend zu vertiefen bis wieder hinlänglich Wasser vorhanden war. Auf diese Weise haben die Brunnen auch bei größter Dürre niemals versagt.

**Nivellement.** Um nun die Höhe des Grundwasserspiegels über den Pazifischen Ozean bestimmen zu können, hat Ing. *Curt Ackermann* 1954 ein Nivellement vom Ufer des Llanquihué-Sees bis zum Rio Petrohué durchgeführt und dabei die Seehöhe der Erdoberfläche bei den verschiedenen Brunnen besonders berücksichtigt. (Siehe beiliegender Nivellementsplan.) Der Spiegel des Llanquihué-Sees wurde dabei als Basis angenommen und mit 51 m über dem Meer in Rechnung gesetzt — eine wahr-

scheinlich der Nivellierung der Bahn Puerto Montt—Puerto Varas entnommene Zahl, die auf allen chilenischen Karten dieses Gebietes erscheint. Die Lage der Brunnen und Grundwasseraufschlüsse ist im beiliegenden Nivellierungsplan gekennzeichnet.

Die von Ing. *Ackermann* errechneten Profile enthüllen uns sehr anschaulich die Gefällsverhältnisse und damit die wahre Gestalt der großen Schwemmfläche, auf der die Pflanzung steht. Wenn wir uns daran erinnern, daß die Aufschüttung der Schwemmfläche bei der Angostura des Rio Petrohué begann, finden wir dementsprechend im nördlichen Teil des Besitzes die größten Höhen mit 79,45 m ü. d. M. Nach Südosten senkt sich das Terrain entsprechend dem Gefälle des Flußtales; der Schwemmkegel selbst hat dann auch noch ein Gefälle nach Westen, also in Richtung auf den Llanquihué-See zu. Der am Fuß des Cerro Santo Domingo fließende Petrohué hat sich tief eingetalt und drückt, im Osten durch das Gebirge eingedämmt, mit seiner Seitenerosion nach Westen. Charakteristisch sind auch die Flußterrassen, die im Profil I-H-J-K des Nivellierungsplans besonders gut zum Ausdruck kommen. Die Schwemmfläche hat daher die Gestalt eines den Fluß begleitenden Schildes, das zum Fluß steil, zum See sanft abfällt.

**Grundwasseraustritt.** Uns interessieren in diesem Zusammenhang vor allem die Stellen und ihre Höhe über dem Meer, wo Grundwasser zutage kommt, beziehungsweise wo durch einen Aufschluß der Grundwasserspiegel in Erscheinung tritt. Da das Grundwasser höher steht als der Seespiegel, versickern die Niederschläge in der durchlässigen Aufschotterung der Schwemmfläche, bis sie auf eine wasserundurchlässige Schicht treffen, auf welcher sie sich dem Gefälle entsprechend fortbewegen. Im Westen, also am Rande der Aufschüttungsfläche, kommt es zu einem Grundwasser-Austritt und zu einer Versumpfung der sich zwischen Osorno und Calbuco erstreckenden Tiefenlinie, dem Hualve. Wir haben schon in einem vorhergehenden Abschnitt dieser Arbeit die Vermutung ausgesprochen, daß diese undurchlässige Schicht mit der Erdoberfläche identisch ist, die vor der Aufschüttung der Schwemmfläche durch die Überschwemmungen des Rio Petrohué bestanden hat. Die Niederschläge, die auf die Schwemmfläche fallen, sind indessen nicht die einzigen Ernährer des Grundwassers; vielmehr dürften die auf den ganzen Südhang des Osornos fallenden Regen, die versickernden Schmelzwasser der Hängegletscher und Firnfelder, unterirdisch am Felsgerüst des Vulkans abgleitend, das Grundwasser des Beckens von Ensenada speisen. So finden wir ganz in der Nähe des Hotels am Fuß des letzten Lavastroms ausgedehnte Versumpfungen, wo man nach ausgiebigen Regen oder Schneeschmelze stark aufsprudelnde Quellen mitten im Sumpf beobachten kann. Im Westen und Süden des Standortes tritt also das Grundwasser in den verschiedenen Sumpfflächen zu Tage. Trotzdem ihr Wasserspiegel bis zu 9 m über dem Llanquihué-See liegt, läuft dieses Sumpfwasser, wahrscheinlich wegen der breiigen Konsistenz des Bodens und des dichten Bewuchses außerordentlich träge auf den See zu. Früher haben die im Nivellierungsplan mit 1. und 2. bezeichneten Grundwasseraustritte am Fuß des Osornos mit dem Hualve grande (3.) eine einzige Sumpffläche gebildet. Durch den Bau

der Internationalen Straße zum Todos Los Santos-See und vor allem durch die ca. 1 m tiefen Straßengräben ist das Land rechts und links der Straße weitgehend trockengelegt worden. Diese Straßengräben, in den Nivellierungsplan aufgenommen, führen das ganze Jahr Wasser. Je trockener der Sommer, umso mehr nähert sich der Punkt, wo der Graben Wasser zu führen beginnt, dem See. Trotzdem war es notwendig, die aus dem Sumpfwald an der Gabel zwischen den Straßen gerodeten Felder zu drainieren, weil sonst im Winter die Felder teilweise unter Wasser standen. Als Vorfluter diente der nächste Straßengraben. Dieses Verfahren hat sich bewährt, die Felder brachten, weil grundwassernah, daher immerfeucht, auch in den trockensten Sommern gute Ernten.

Im Osten hat die Tiefenerosion des Flusses die vor der Aufschwemmung bestehende Oberfläche bereits durchschnitten, der Fluß wird daher von einem Quellhorizont begleitet, der durchschnittlich 2 m höher liegt als der Wasserspiegel des Flusses. Bei den Meßpunkten 27 bis 29 des Nivellierungsplanes kann man beobachten, wie im Steilhang des Flußufers über sandsteinartig verfestigte Schichten alten vulkanischen Lockermaterials Quellen zu Tage treten und direkt dem Fluß zufließen. Am Prallhang gegenüber der halbmondförmigen „Isla“ sieht man kaum feuchte Stellen, hier dürfte das Grundwasser unter dem rieselnden Decksand des Hanges unterirdisch zum Fluß durchsickern. Weiter südlich davon entspringt jedoch auf der letzten Flußterrasse ein Bach, der Estero de la Buena Suerte, der nun als fortlaufender Quellhorizont das aus der Schwemmfläche austretende Grundwasser aufnimmt und dieses nach einem fast  $1\frac{1}{2}$  km langen Lauf dem Petrohué zuführt. Unterhalb der breiten, wasserreichen Mündung dieses Gewässers hat sich noch ein kleiner Bach, der Estero Silva, gebildet, der, gleichfalls auf einer Flußterrasse fließend, ebenfalls Grundwasser ableitet. Diese Bäche versiegen auch im trockensten Sommer nicht.

**Absolute Höhe des Grundwasserspiegels.** Da die Höhe der Erdoberfläche am Brunnenrand durch die Nivellierung ermittelt war, bereitete die Bestimmung der Meereshöhe des im Brunnen stehenden Wasserspiegels keine Schwierigkeiten. Es mußte nur am selben Tag die Entfernung des Wasserspiegels von der Erdoberfläche bei allen Brunnen und Aufschlüssen gemessen werden. Hierfür wurde der 16. April 1957 bestimmt, an dem das Grundwasser nach einem sehr trockenen Sommer seinem tiefsten Stand sehr nahe war. In der Tabelle 11 ist nun das Ergebnis dieser Messungen zusammengestellt. Hierbei sind die Brunnen des Waldhof-Areals dem Gefälle entsprechend von Osten nach Westen angeordnet. Im Gehöft selbst betrug also die Grundwasserhöhe ü. d. M. im Mittel 60,14 m oder 9,14 m über dem Spiegel des Llanquihué-Sees. Die mittlere Höhe der Erdoberfläche des Hofareals beträgt rund 64,00 m ü. d. M., so daß das Grundwasser zur Zeit seines tiefsten Standes 3,86 m unter der Erdoberfläche stand. In dem vom Gehöft 200 m entfernten Pozo Arturo liegt das Grundwasser aber nur 1,76 m unter der Oberfläche. Wir sehen also, daß der Waldhof hart an der Grenze der auch im Sommer grundwassernahen Böden steht. Diese Grenze verläuft, wie auf dem Nivellierungsplan angedeutet, etwa 300 bis 400 m entfernt, dem Rande des Hual-

Tab. 11: Ermittlung der Höhe des Grundwasserspiegels am 16. 4. 1957  
(Stat. Waldhof).

Gefälle zum Llanquihué-See						
Brunnen von O. nach W.:	Nr. im Plan	Höh. Erdoberfl. beim Brunnen in m	Erdoberfläche zu Wassersp. in m	Absol. Höhe d. Grundwasserspiegels in m	Höhe über dem Spiegel des Llanquihué-Sees in m	
Pozo Casa	1	64.58	4.38	60.20	9.20	} Brunnen des Hofareals
Pozo Vera*)	2	63.94	3.82	60.12	9.12	
Pozo Gallinero	3	63.44	3.34	60.10	9.10	
Pozo Arturo	4	61.70	1.76	59.94	8.94	
Straßengraben bei B	5	59.87	0.60	59.27	8.27	
Gefälle zum Hualve						
Pozo Gomez	6	64.33	3.47	60.86	9.86	
Hualve	7	60.68	0.0	60.68	9.68	
Gefälle zum Rio Petrohué						
					Höhe über dem Fluß	
Estero B. Suerte						
b. 1000 m Linie	8	56.45	0.0	56.45	1.60	
Pozo Campamento	9	58.55	3.62	54.93	?	

\*) Brunnen, dessen Wasserstand alle 10 Tage gemessen wird.

ves mehr oder weniger parallel. Die Pflanzung selbst liegt ganz auf grundwasserfernen Böden. Wie tief im Einzelnen dieses Grundwasser auf der Pflanzung steht, konnte rechnerisch nicht ermittelt werden. Es wäre notwendig gewesen an der Querachse (1000-m-Linie) und an der Längsachse der Pflanzung an den Höhenbeobachtungspunkten Aufschlüsse aufzugraben, was im Hinblick auf das in Flußnähe immer gröbere Material und den vielen in der Erde liegenden Felsblöcken technisch sehr schwierig und wirtschaftlich untragbar gewesen wäre.

**Grundwasser und Vegetation.** Wenn wir jedoch die aus den Brunnenmessungen resultierenden Gefällsverhältnisse des Grundwassers berücksichtigen, können wir im Profil I-H-J-K des Nivellierungsplanes eine hypothetische Grundwasserstandlinie einzeichnen, die uns eine Vorstellung vermittelt, wie weit das Grundwasser an der Querachse der Pflanzung von der Erdoberfläche entfernt sein dürfte. Wenn wir dann noch die in den einzelnen Abschnitten dieser Achse vorhandenen Vegetationsformen vermerken, ergibt sich klar die Abhängigkeit des Bewuchses von der Höhe des Grundwasserspiegels. In der Nähe des Hualves sehen wir den 35 m hohen *Galeriewald*, der mit ansteigendem Terrain in dichtesten, wenn auch nicht so hohen Wald übergeht. Nach Osten fortschreitend wird der Baumwuchs allmählich spärlicher, so daß die Vegetation als bewaldete Heide angesprochen werden muß. In Flußnähe wird infolge der tiefen Anzapfung des Grundwassers durch den Fluß das Grundwasser 8 bis 10 m unter der Oberfläche liegen; hier fehlt ein zusammenhängender Baumbewuchs und die offene Heide herrscht allein



vor. Daß das Grundwasser in Flußnähe tatsächlich so tief liegt, beweisen uns die von ausgefaulten Urwaldbäumen stammenden Löcher im Quartier 29 (siehe Plan der Pflanzung), die 8 m tief und auch im Winter trocken sind. Auf den Flußterrassen und an den Flußufern finden wir wieder mit zunehmender Grundwassernähe mehr oder minder hohen Wald. Wir müssen daher aus dieser Untersuchung den Schluß ziehen, daß das Vorhandensein und die Wuchsfreudigkeit des Naturwaldes im hohen Maße von der Tiefe des Grundwasserspiegels unter der Erdoberfläche abhängig sind.

Dies ist sicherlich bei einer Regenhöhe von 2500 mm eine überraschende Feststellung. Die Ursache dieser Erscheinung liegt jedoch in der außerordentlich hohen Wasserdurchlässigkeit des Bodens. Entsprechend dem Gesetz der selektiven Aufschüttung von Schwemmfächern liegt das größte Material an der Spitze des Fächers im Nordosten, das weniger durchlässige Feinstmaterial aber am Westrand der Schwemmfäche. Damit verbindet sich in Flußnähe die größte Bodendurchlässigkeit mit Grundwasserferne, also besonders ungünstige Verhältnisse des Wasserhaushalts, während am Rand der Aufschüttung mit wachsender Verdichtung des Bodens mit Feinsand und Tone die Fähigkeit des Bodens, Wasser zu speichern, zugleich mit Grundwassernähe zunimmt. Im Extrem führt dann dort hohe Wasserkapazität des Bodens und Grundwasseraustritt zu Wassersättigung des Bodens und völlige Versumpfung des Geländes, wie wir dies im Hualve grande beobachtet haben.

In den östlichen Teilen der Pflanzung nahe am Fluß stellen sich daher alle für den Waldbau ungünstigen Faktoren gleichzeitig ein: hohe Wasserdurchlässigkeit des Bodens verschärft den Nachteil trockener Sommer (Klima), die geringe Wasserkapazität des groben Aufschüttungsmaterials (Boden) und die fehlende Kompensation der zeitweilig ausfallenden Niederschläge durch das zu tiefe, daher wirkungslose Grundwasser (Wasser) ergeben waldfeindliche Verhältnisse, die sich in der Natur durch Auftreten der offenen *Pernettya*-Heide offenbaren. Aber selbst hier finden wir noch graduelle Unterschiede, nämlich Flächen, wo infolge großer, im Untergrund liegender Lavablöcke und Steinpackungen auch die *Pernettya*-Heide nicht mehr gedeiht und nur mehr Moospolster oder völlig vegetationsloser Boden in Erscheinung treten.

Am Rande der Schwemmfäche sind die sauerstoffarmen, stauwassergesättigten Gliböden des großen Sumpfes ganz ebenso waldfeindlich wie die Sandböden in der Nähe des Flusses. Statt zu wenig Feuchtigkeit haben wir es hier mit zu viel Wasser zu tun, das durch ungünstige Ablaufverhältnisse den Boden in einen rötlichen Brei verwandelt und nur Schilf und Farnkraut aufkommen läßt. Bemerkenswert sind die geringen Schwankungen des Wasserspiegels dieser Sümpfe; wohl steigt nach schweren Winterregen der Wasserspiegel etwas an, aber doch nur für einige Tage, das überflüssige Wasser fließt offenbar rasch ab und der frühere Wasserspiegel des Sumpfes wird schnell wieder erreicht. Andererseits werden diese Sümpfe selbst im dürrsten Sommer nie richtig trocken, zumindest der Boden bleibt wassergesättigt und ohne Auflage von Stangen oder Brettern unbegehrbar.

Dementsprechend schwankt auch der Grundwasserspiegel des Hochwaldes (Galleriewald) nur wenig. Das Grundwasser steht dort normal 1 m unter der Oberfläche, die flachwurzigen Coyhués wachsen dort in einem harten Boden von tonigem Feinsand, der durch die Grundwassernähe immerfeucht ist. Nie stehen diese 35 m hohen Bäume im Wasser; wo dies der Fall ist, finden wir keine Coyhué mehr, sondern die typischen Repräsentanten des Sumpfwaldes, wie Tepu, Luma, Arrayán und Canelo. Der Coyhué verträgt daher offenbar keine Staunässe und teilt diese Abneigung mit dem *EUCALYPTUS GLOBULUS*, der trotz seiner angerühmten Eigenschaft „die Sümpfe auszutrocknen“, zwar immerfeuchten Boden liebt, aber auf wassergesättigtem Gleiboden schon als Jungpflanze abstirbt. Wie wir aus dem Profil I-H-J-K des Nivellierungsplanes sehen, beschränkt sich das Vorkommen hochschäftiger Coyhués auf einen 60—100 m breiten Streifen, der nach Osten nur 10 cm ansteigt und der im Durchschnitt 1,30 m über dem Wasserspiegel des Sumpfes liegt. Aber schon der geringe Bodenanstieg von einem Meter, dem ein Grundwasserstand von 2 Meter unter der Erdoberfläche entsprechen würde, verändert die Vegetation: an Stelle der langschäftigen Coyhués mit schwach entwickelter Krone treten immer mehr Coyhués mit stark verästelter, breiter Krone auf, die in einem undurchdringlichen Gewirr von reiterhohen Murtasträuchern stehen. Demnach herrschen zumindestens für den *NOTHOFAGUS DOMBEYI* bei einem Grundwasserstand von 1,00 bis 1,30 optimale Verhältnisse selbst dann, wenn der Boden, wie im gegebenen Fall, humus- und nährstoffarm ist. Im Galleriewald ist schon der junge Coyhué 20 bis 25 m hoch und bildet sehr begehrte und sonst am Standort nirgends zu findende lange Stangen, die zum Gerüstbau verwendet wurden. Freilich entwickelt sich diese Holzart auch bei Grundwassertiefen von 3 bis 5 m zu schönen Exemplaren, aber nur bei guter Wasserkapazität eines Bodens, der durch reichliche Niederschläge regelmäßige Wasserzufuhr erhält. Aber der Habitus (Phänotyp) der Coyhués auf grundwasserfernen Böden ist von dem der Coyhués im Galleriewald durch das Fehlen der astlosen hohen Schäfte auffallend verschieden.

Bei grundwasserfernen und sehr durchlässigen Böden fehlt der Coyhué vollständig. Man findet dort nur mehr vielstämmige Avellanostauden (*GUEVINA AVELLANA MOL*), die aus einem offenbar als Wasserspeicher dienenden großen, geschlossenen Wurzelteller in 8 bis 10 Trieben aufwachsen. Auch die Radalstauden (*LOMATIA OBLIQUA R. BR.*) haben dort auffallende wasserspeichernde Wurzelverdickungen. Die Anpassung dieser letztgenannten Holzarten an einen durch Grundwassernähe das ganze Jahr über gesicherten Wasserhaushalt ist indessen so groß, daß sowohl der Avellano wie auch der Radal im Galleriewald nicht mehr in Buschform auftreten, sondern ebenso hochstämmige Bäume bilden wie der Coyhué. Der wasserspeichernde verholzte Wurzelteller der Avellanos und die verdickten Wurzeln des Radals fehlen dort vollständig, die Ausbildung der Wurzelstöcke ist dort ganz dieselbe wie bei anderen Flachwurzlern. Wir sehen also, welche ins Auge springende morphologische Differenziertheiten bei einer Vegetation auftreten, die auf kleinem Raum gleichen klimatischen

Bedingungen ausgesetzt, auf nahezu gleichen nährstoffarmen Böden aufwachsen, aber in ihrem Wasserhaushalt verschieden sind. Ein noch so gründliches Studium des Standortsklimas und der gegebenen Bodenverhältnisse genügt also nicht, wenn wir uns über die Erfolgsaussichten einer Baumpflanzung Klarheit verschaffen wollen. Ausschlaggebend wird in vielen Fällen der Wasserhaushalt des künftigen Waldbodens sein, der freilich seinerseits wiederum ohne Kenntnis des Klimas und ohne Untersuchung des Bodens nicht verstanden werden kann.

Das Kondensationswasser. Wenn dem so ist und wenn am Standort die flußnahen, grundwasserfernen Böden den Naturwald nicht haben aufkommen lassen, dann bleibt die Frage offen, warum die *P. RADIATA* trotzdem auch in diesem Teil der Pflanzung gedeiht. Dieselbe Frage werden sich auch manche meiner chilenischen Kollegen gestellt haben, die vegetationsloses Schwemmland und nur mit spärlichen Sträuchern bewachsene Roterde-Gebiete mit Erfolg aufgeforstet haben. Das gleiche Problem ergibt sich ja auch in Süd-Afrika, wo in einem von Natur aus fast waldlosen Gebiet Kunstwälder der verschiedensten Holzarten prächtig gedeihen.

Es ist uns schon bei der Untersuchung des Heidebodens (Seite 77) aufgefallen, daß trotz einer langandauernden, sommerlichen Dürre der Unterboden und der Untergrund bei Grundwasserferne ausgesprochen feucht waren. *Gutschick*<sup>36)</sup> weist nun in seiner Standortskunde darauf hin, wie wichtig für die Vegetation die Kondensation des Wasserdampfes der Luft an den Porenwänden lockerer Böden ist. Er gibt für die Bedeutung dieses Phänomens für den Waldbau ein so gutes Beispiel, daß ich den betreffenden Abschnitt wörtlich zitieren möchte:

„In der sogenannten südmährischen Sahara, einem diluvialen Flugsandgebiet beim Unterlauf der March mit etwa 450 mm Jahresniederschlag, wurden vor mehreren Jahrzehnten große Ödlandflächen mit Hilfe des Kartoffelzwischenbaus erfolgreich aufgeforstet. Spätere Untersuchungen (1930/32) haben das Rätsel gelöst. Auf Flächen ohne Zwischenbau blieb die Kiefer aus Wassermangel im Wachstum zurück, wurde von Reitgras überwachsen und ging trotz wiederholter Nachbesserung ein. Bei Kartoffelanbau zwischen den Pflanzenreihen hatte der Nährstoffzug aus dem armen Boden keine nachteiligen Folgen. Ausschlaggebend war vielmehr die durch ständige Lockerung erzielte Zufuhr von Kondensationswasser, dessen Menge in trockenen Sommern die oberirdischen Niederschläge übertraf. Vermutlich sind die Erfolge, die *Heuson* bei der Verwendung der Schwarzerle als Hilfsholzart nach gründlicher Lockerung trockener Sandböden (mit tiefem Grundwasser) erzielt hat, ebenfalls z. T. der gesteigerten Kondensation des Wasserdampfes im Boden zuzuschreiben.“

Der lockere Boden atmet gewissermaßen ständig Luft ein und aus; die diese Luft bewegende Kraft ist die Temperaturdifferenz zwischen der Erde und den bodennahen Luftschichten. Im Abschnitt über das Standortklima haben wir auf Seite 51 bei der Besprechung der täglichen Schwankungen der Luftfeuchte festgestellt, daß der Hygrograph zwischen Mitternacht und Sonnenaufgang höchste Werte anzeigt. Dies ist aber auch die Tages-

zeit, wo der Erdboden durch nächtliche Ausstrahlung seine tiefste Tagestemperatur erreicht. In diesem erkalteten Boden wird der Wasserdampf der Luft kondensiert und setzt sich an den Wänden der Hohlräume (Poren) des Bodens als Wassertröpfchen ab. Je lockerer der Boden, desto besser kann er atmen. Auf diese Weise entstehen also in lockeren Böden, unabhängig von Niederschlägen und Grundwasser, erhebliche Mengen von Bodenfeuchtigkeit und diese ist es, die den Waldbäumen in trockenen Sommern das zum Leben notwendige Wasser liefert. Dazu kommt, daß die Kiefer im allgemeinen weniger Wasser braucht als die Komponenten des chilenischen „Regenwaldes“. Die *P. RADIATA* ist außerdem auch in ihrer Heimat an regenlose Sommer gewöhnt. Das sind also im wesentlichen die Gründe, warum ein gepflanzter Kiefernwald auch dort gedeihen kann, wo der Boden einen Naturwald nicht hervorgebracht hat.

Nun haben die kritischen, flußnahen Teile der Pflanzung an sich schon einen lockeren Boden, eine weitere Lockerung durch Aufackern schien daher nicht notwendig. Versuche nach *Heuson*, zwischen den Baumreihen durch Ausheben und wieder Zuschütten von Gräben den Boden noch gründlicher aufzulockern und in diese Streifen Schwarzerlen als stickstoffsammelnde Hilfspflanzen zu setzen, hatten vollen Erfolg: die Erlen, die sonst nur in immerfeuchtem Boden gedeihen, sind in den Lockerstreifen nicht vertrocknet, sondern haben sich, wenn auch nicht üppig, so doch normal entwickelt.

In der Lüneburger Heide und in Süd-Afrika<sup>30)</sup> wird das aufzuforstende Areal grundsätzlich voll umgebrochen, das heißt der Boden wird mit Traktorpflügen tief aufgelockert. In Süd-Afrika geschieht dies unter Umständen sogar zweimal, im Herbst und im darauffolgenden Frühjahr. Ob Vollumbruch auch in Südchile empfehlenswert ist, erscheint der hohen Kosten wegen zweifelhaft. In vielen Fällen wird dem Umbruch eine Stockrodung voran gehen müssen, die besonders teuer und zeitraubend ist. An Standorten hingegen mit langen dünnen Sommern und spärlichem natürlichem Bewuchs dürften Versuche, den Steppenboden zur Verbesserung des Wasserhaushalts durch Tiefpflügen gründlich aufzulockern, zweckmäßig sein. Sollten diese Versuche den gewünschten Erfolg ergeben, dann wäre sicherlich der Vollumbruch dem sehr kostspieligen Bau von Bewässerungsanlagen vorzuziehen.

Dichte Böden andererseits haben wieder den Vorteil, die Niederschläge nicht sofort dem Grundwasser zuzuleiten, sondern als Bodenfeuchtigkeit durch längere Zeiträume hindurch aufzuspeichern. Diese Retentionsfähigkeit schwerer und dichter Böden, also die Fähigkeit, die Feuchtigkeit der Winterregen bis in das trockene Frühjahr zurückzuhalten, ermöglicht ja in Zentral-Chile den „Rulo“-Bau, eine extensive landwirtschaftliche Nutzung großer Flächen, die sich zur Bewässerung, also zur intensiven Nutzung, nicht eignen.

Diese Betrachtungen führen uns jedoch schon zu den Problemen des Waldbaus über, welche in Zusammenfassung der Wechselwirkung und in der Synthese aller bisher untersuchten Faktoren: Lage, Klima, Boden und Wasserhaushalt im nun folgenden Schlußkapitel dieser Arbeit behandelt werden sollen.

## V. Der Waldbau.

Bei der Einrichtung einer Baumpflanzung in Chile wird der Forstmann nur ausnahmsweise in der Lage sein, sich das aufzuforstende Land auszusuchen; er wird vielmehr mit dem Vorlieb nehmen müssen, was das zu bepflanzen Land an waldbaulich fördernden und hemmenden Faktoren aufweist. So war es auch im gegebenen Fall. Das erworbene Land war zur landwirtschaftlichen Nutzung und zur Viehzucht ungeeignet und konnte daher nur durch Waldbau zur Produktion gebracht werden.

Natürliche Gegebenheiten der Pflanzung. Es handelt sich also um Neuland, das die Hand des Menschen noch nicht berührt hatte, zum größten Teil offenes, teilweise mit Buschwald bewachsenes Land, das in den vorhergehenden Abschnitten dieser Arbeit bereits hinlänglich beschrieben worden ist. Die Verkehrslage der künftigen Pflanzung war recht günstig, lag sie doch an zwei zu allen Jahreszeiten auch mit Schwerfuhrwerken befahrbaren Straßen, von denen die eine den Besitz quer durchschnitt, die andere das erworbene Land im Norden begrenzte. Diese Straßen führen zu städtischen, an der Hauptbahn gelegenen Siedlungen, die in der Lage sind, die Pflanzung mit allen Lebensnotwendigkeiten zu versorgen. Der das Land im Osten begrenzende Fluß ist flößbar, seine Mündung in den auch für größte Schiffe befahrbaren Fjord von Reloncavi nur etwa 30 km von der Pflanzung entfernt. Ein weiterer Vorteil war die völlige Ebenheit des Geländes und die Möglichkeit, das Land überall und zu allen Jahreszeiten fast ohne jeglichen Straßenbau mit luftbereiften Fahrzeugen befahren zu können. Die wegen Futtermangel schwierige Pferdehaltung fiel dadurch weg, und der geländegängige Jeep trat an Stelle des landesüblichen Reitpferdes. Wenn auch innerhalb der Pflanzung Quellen und fließendes Gewässer fehlten, so war in Straßennähe reichlich sauberes Grundwasser vorhanden. Gerüststangen, Zaunpfähle und Brennholz waren aus dem vorhandenen Wald zu holen, Bauholz mußte dagegen in benachbarten Sägemühlen gekauft werden, da der vorhandene Eigenwald kein brauchbares Schnittholz zu liefern vermochte. Daß das erworbene Land humus- und nährstoffarm war, konnte als bekannt vorausgesetzt werden. Das Klima andererseits schien sich kaum von jenem zu unterscheiden, das die üppigen, die Ufer des Llanquihué-Sees begleitenden Weizenfelder hervorgebracht hatte. Erst spätere kleinklimatische Untersuchungen ließen den Nachteil häufiger bis tief ins Frühjahr hineinreichender Nachtfröste erkennen.

Der Entschluß, diese natürlichen Gegebenheiten als Grundlage für einen Waldbau im Großen zu fassen, war indessen mit einem erheblichen Risiko verbunden. Zwar gab es in der Umgebung schon kleine Waldpflanzungen in günstigen Hanglagen, auf ausgewaschenen Kuppen und auf

mageren Böden; aber das Ziel jener Pflanzungen war, dem Großvieh im Winter Witterungsschutz zu gewähren und die Brennholzversorgung des Gutsbesitzes zu sichern. Im Waldhof jedoch war das Bestockungsziel, einen mindestens 300 ha großen Forst aufzubauen, um nach 30 bis 40 Jahren hauptsächlich Schnittholz ernten zu können. Heute nach 8jähriger Arbeit ist es noch keineswegs sicher, ob das gesteckte Ziel erreicht werden wird. Einmal ist eine so große Pflanzung in der Provinz Llanquihué, also so weit im Süden, noch nicht versucht worden und schließlich ist auch das Risiko von Naturkatastrophen gegeben, weil man unmöglich voraussehen kann, ob die Pflanzung einen Ausbruch der unmittelbar anliegenden Vulkane Osorno oder Calbuco überdauern wird oder nicht. Wir haben es also im gegebenen Fall mit einem Versuch im Großen zu tun, der möglicherweise auch durch höhere Gewalt fehlschlagen kann. Da sich jedoch die natürlichen Gegebenheiten des Standortes von denen anderer Provinzen Chiles, von einer europäischen Aufforstung, ja selbst von Baumpflanzungen in Süd-Afrika unterscheiden, mag es im allgemeinen Interesse sein, die Methoden kennen zu lernen, die bei der Durchführung dieses Versuches angewendet worden sind.

Einrichtung der Pflanzung. Zunächst galt es, das erworbene, 500 ha große Land nach allen Richtungen zu durchforschen. Im krautigen Unterwuchs der tropischen Urwälder genügt ein leichtes Haumesser (Machete), um einen Weg zu bahnen. Der chilenische Regenwald kennt jedoch nur drahtartig verholzten Unterwuchs, der meist so verfilzt ist, daß ein Durchschlüpfen kaum möglich ist. Hier hilft auch die Machete nichts, sondern nur ein nach Innen abgewinkeltes schweres Haumesser (Rozón), das an einem langen zweihändigen Stiel befestigt ist. Da der dichte Buschwald keinerlei Aussicht gewährt, und die Orientierung schwierig ist, wenn die benachbarten Berge in Wolken gehüllt sind, muß man dem mit dem Rozón vorangehenden Arbeiter die Richtung mit dem Kompaß angeben.

Nicht minder wichtig ist das Umzäunen des zu bepflanzen Areal. Da in dieser Gegend Weidetiere frei umherziehen, diese jedoch durch Zertreten junger Pflanzen in den neuen Forstkulturen großen Schaden anrichten, müssen nicht nur feste Grenzzäune errichtet werden, sondern jeder öffentliche Weg, der sich durch den Besitz zieht, muß rechts und links von einem Zaun begleitet sein. Stacheldrahtzäune mit 4 bis 5 Drähten haben sich da am besten bewährt, aber diese manchmal bis zu 20 km langen Zäune bedeuten eine große Belastung des Pflanzbudgets, mit dem aber bei Neuland von vornherein gerechnet werden muß.

Haben sich die Besitzgrenzen durch Wucherung der Vegetation verwischt, müssen die Grenzen von einem Geometer neu vermessen werden. Dabei wird es sich empfehlen, die solcherart festgelegte Umgrenzung der Karte mit topographischen Daten auszufüllen, die Wasserläufe, Straßen und Wege sowie die Siedlungen einzutragen, um so nach und nach eine winkel- und maßstabgetreue Besitzkarte zu erstellen, die Planungen für alle Zukunft wesentlich erleichtern wird. In Chile, wie in den meisten übrigen lateinamerikanischen Ländern, gibt es kein Grundbuch, sondern die Grenzen der Besitzungen ergeben sich aus zumeist sehr mangelhaften

Beschreibungen in den einzelnen Kaufverträgen. Diese Urkunden sind beim zuständigen Notar hinterlegt und sollten durch einen Rechtsanwalt 30 Jahre zurückverfolgt werden, um Anfechtungsklagen und sonstige unliebsame Überraschungen zu vermeiden.

Eine brauchbare Besitzkarte erleichtert auch sehr die Einteilung des zu bepflanzenden Gebietes in einzelne Reviere. Da unser Standort vollständig eben ist, lag es nahe, das ganze Land geometrisch von einer Hauptrichtung oder Magistrale aus einzuteilen. Als solche wurde eine Linie gewählt, die einmal senkrecht zu der Straßengerade stand, die die Nordgrenze des Besitzes bildete, gleichzeitig aber auch der Hauptrichtung des Flusses Petrohúe entsprach, der ja, wie wir aus der beiliegenden Besitzkarte ersehen können, das erworbene Land im Osten begrenzt. Um den auf der Internationalen Straße vorbeifahrenden Touristen das Bild des natürlichen Bewuchses zu erhalten, wurde ein Streifen längs der Straße nicht kultiviert, sondern ein alter Weg als Nordgrenze der Pflanzung festgelegt.

Einteilung der Pflanzung. Unsere erste Arbeit bestand nun darin, die auf der Karte geplante Einteilung der Pflanzung in die Natur zu übertragen. Ausgehend von der Festlegung der Nord—Süd-Hauptlinie wurden mit dem Visierkompaß 3 je 20 m von einander entfernte Fluchtstäbe im gewünschten Winkel in Deckung gebracht und den Arbeitern bedeutet, in dieser Richtung einen 1 m breiten Pfad durch Busch und Wald zu schlagen. Die Arbeiter visieren über die 3 Fluchtstäbe nach vorn und wählen sich einen genau in der Richtung stehenden Baum als Ziel, auf den sie nun hinarbeiten, um nun auch ihrerseits mit fortschreitender Arbeit Fluchtstäbe aufzustellen bis sie das Endziel, in diesem Fall den südlichen Grenzzaun, erreicht haben. Der Pfad muß der Sicht und des Verkehrs wegen sehr sauber ausgeschlagen werden, so daß auch dicke Stämme umgelegt werden müssen, wenn sie in die Richtung fallen oder die Sicht auf die lange Reihe von Fluchtstäben behindern. Mit einiger Übung arbeiten die Leute erstaunlich genau: die Magistrale ist hier 2,25 km lang und die Abweichung von der vorgeschriebenen Richtung betrug an der Südgrenze nur wenige Meter. Gearbeitet wurde mit zwei Mann, wovon der eine mit der Axt die Bäume und starken Büsche umschlug, während der andere mit dem Haumesser (Rozón) den Unterwuchs beseitigte. Die Zahlung erfolgte per laufenden Meter sauberen Pfades.

Nach Fertigstellung dieser ersten Grundlinie wurde die ganze Strecke mit einem 50 m langen Stahlband gemessen und alle 50 m ein weißer Pflock eingeschlagen; alle 250 m jedoch wurden durch einen roten Pflock markiert, um die Ausgangspunkte der Transversallinien deutlich sichtbar zu machen. In 1000 m Entfernung vom Ausgangspunkt der Nord—Süd—Magistrale (0-Linie), wurde nun als erste Transversale ein Pfad vom Steilufer des Flusses bis zum Weg nach Ralún geöffnet und genau so vermessen und eingeteilt wie die Grundlinie. Dadurch ergaben sich die beiden fundamentalen Richtungen als großes Wegkreuz, von denen aus dann die künftige Einteilung der Pflanzung in Quadrate von 250 mal 250 m oder 6,25 ha durch einen Raster von Pfaden vorgezeichnet werden konnte. Diese in der Natur so deutlich kenntlichen Linien erleichterten wesentlich die nun einsetzenden Rodungs- und Säuberungsarbeiten des ganzen zu be-

pflanzenden Geländes. Die einzelnen Arbeiterpartien bekamen dann ein oder mehrere solcher durch die Pfade genau begrenzten und vermessenen Quadrate zugewiesen; die Leute wußten genau, wieviel Hektar sie zu säubern und wieviel sie pro Hektar zu bekommen hatten. Bei der Übergabe der Arbeit gab es daher kein Mißverständnis und keinen Streit.

Die Herstellung von Zäunen und das Ziehen der richtungweisenden Pfade geschah durch Arbeiter, die ständig im Waldhof beschäftigt waren. Die Rodung und Säuberung des Geländes wurde jedoch, zumindest am Anfang, durch angeworbene Arbeiter durchgeführt, die im Winter Waldarbeit verrichten, im Frühjahr und Sommer jedoch auf den landwirtschaftlichen Gütern arbeiten. In gleicher Weise wurde die Errichtung des Wohnhauses und die Erstellung der Arbeiterhäuser, Lagerschuppen und Garagen einem Baumeister und Fremdarbeitern übertragen. Die Fertigstellung dieser Bauten, die Einrichtung von elektrischem Licht, Wasserleitung, Kanalisation und die Beschaffung von Möbel, Kücheneinrichtung und Wäsche dauerte 2 Jahre, während welcher Zeit der Verfasser im Hotel Ensena da wohnte und täglich mit dem Jeep zur Pflanzung fuhr. Ein Verwalter oder Vorarbeiter wurde damals noch nicht angestellt, sondern der Verfasser arbeitete direkt mit den 5 bis 6 ständigen Gutsarbeitern. Bei persönlicher Anwesenheit des Besitzers war die Arbeitsleistung der Leute recht befriedigend.

Im Jahre 1949 begann die erste Rodung und zwar auf einer Fläche von 80 ha, die im äußersten Osten der Pflanzung zwischen Fluß und der Magistrale lag. Dies ergab sich aus der Lage des ersten Kampaments, das der Wasserversorgung wegen auf einer Terrasse am Flußufer errichtet wurde. In der Folge haben wir weiter von Osten nach Westen gearbeitet, was jedoch im allgemeinen vermieden werden sollte. Aus Windschutzgründen wäre es richtiger gewesen von Westen nach Osten vorzugehen, denn die häufigen Westwinde treffen heute auf den jüngsten, daher niedersten Teil der Pflanzung, während es zweckmäßiger gewesen wäre, die jeweils jüngere Pflanzung im Windschutz der älteren Aufforstung anzulegen. Glücklicherweise ist das ganze Gelände ziemlich windgeschützt, so daß diese Fehlentscheidung keinen merklichen Schaden nach sich zog.

**Der Forstgarten.** Im August (Spätwinter) 1949 wurde dann mit der Einrichtung des Forstgartens (Forstbaumschule) begonnen. Innerhalb des damals noch im Bau begriffenen Gehöftes wurde eine Fläche von 1300 qm sorgfältig gerodet und hasendicht mit Maschendraht umzäunt. Nach der Stockrodung wurde der Oberboden mit der Breithaue in Plaggen zerschnitten, die schwach humose Erde vom Wurzelgeflecht befreit und durch Siebe geworfen. Diese Erde wurde dann mit zugefahrener Feinerde vom Farnboden im Verhältnis 1:1 gemischt, gekalkt, gesiebt und mit dieser Mischerde 20 m lange, 1 m breite Beete angelegt. Einzelheiten über diese Mischerde wurden bereits im Abschnitt über den Boden (Seite 83) vorweggenommen. Gedüngt wurde damals noch nicht; erst nach der zweiten Ernte bekamen die einzelnen Beete Phosphat und Kali. Stalldünger empfiehlt sich nicht, da er zumeist zuviel Unkrautsamen enthält. Auch Stickstoffgaben sind unerwünscht, weil sonst die Sämlinge zu sehr treiben. Diese sich aus der Ungunst der örtlichen Verhältnisse ergebende Me-



thode einen Forstgarten anzulegen, erfordert eine sonst kaum notwendige, große Erdbewegung, die mit einem vom Jeep gezogenen gummibereiften Vierrad-Anhänger von 4 to Nutzlast bewältigt wurde. Quer durch die Baumschule wurde daher für die Zufuhr von Erde ein 3 m breiter Weg freigehalten und in der Umzäunung entsprechende Tore vorgesehen. So sehr die Mischerde sich bewährt hat, so muß sie doch von Zeit zu Zeit erneuert werden. Durch die starken Regen wird nämlich die Feinerde in den Untergrund gewaschen, so daß die Oberfläche der Beete immer mehr verandert; insbesondere die lästigen Lapilli bedecken nach andauerndem Regen die Beete und können besten Falles nur mit einem Besen weggekehrt werden.

Das Aussäen der Baumsamen erfolgte im September in vorgezogenen seichten Querrillen durch zwei, einander gegenüber auf Hocker sitzende Arbeiter. Jeder bekam eine Glastube, welche bis zu einer deutlichen Marke 30 Samenkörner enthielt, so daß jede einen Meter lange Rille 60 Samenkörner erhielt. Die Rillen selbst sind 10 cm voneinander entfernt. Rechnet man mit einem gewissen Ausfall, so ergibt dies 500 Pflanzen pro Quadratmeter oder 10 000 Pflanzen pro Beet. Der Forstgarten sollte das ganze Pflanzgut für die Aufforstung liefern, da wir den Ankauf von Fremdmaterial vermeiden wollten. Er hat in der Folge seine Aufgabe voll erfüllt und den Pflanzern Jahr für Jahr gut verwendbare Bäumchen geliefert. Es erübrigt sich wohl, Einzelheiten über die Einrichtung solcher Baumschulen zu geben, denn die Grundregeln können als bekannt vorausgesetzt werden.

**Schädlinge im Forstgarten.** Hingegen mag es wichtig sein, über die Schwierigkeiten und Schäden zu berichten, die sich am Standort ergeben haben.

Die im feuchten Klima Südchiles häufig auftretende Pilzkrankheit der Sämlinge (Wurzelbrand) wurde erfolgreich durch Begießen der Beete mit 2%iger Kupfervitriollösung bekämpft. Dies geschieht nach der Ernte und knapp vor der Herrichtung der Beete für die neue Aussaat, also etwa im August. Samenfressende Vögel der Finkenfamilie (*FRINGILLIDAE*), die sich im Frühjahr scharenweise auf die frischgesäten Felder niederlassen, verursachen auch in den Forstgärten schwere Schäden, indem sie mit Füßen und Flügeln die Rillen aufwühlen und systematisch jedes Samenkorn aufpicken. Ganze Beete können so in einem unbewachten Augenblick vernichtet werden. Das Färben der Samen mit Menninge hat sich im Waldhof nicht bewährt, weil die Vögel es verstehen, die Samenschalen zu entfernen und nur den Kern zu fressen. Einen Jungen zum Verjagen der Vögel mit einer Klapper anzustellen, war auch kein großer Erfolg; einmal weil die Vögel schon in den frühen Morgenstunden tätig sind und zweitens, weil die Verlässlichkeit eines solchen Wächters meist sehr zu wünschen übrig läßt. Versagt haben auch alle Arten von Vogelscheuchen; auch das Abschießen einzelner Vögel war wirkungslos. Hingegen hat es sich bewährt, die Beete nach der Aussaat mit Sägespäne zu bestreuen; die veränderte Farbe der Beete und wahrscheinlich auch die Beschmutzung des Federkleides beim Wühlen scheint die Vögel von den Beeten fernzuhalten.

Ratten können in den Gewächshäusern durch Samenfraß und Verbeißen der Sämlinge lästig werden; sie lassen sich jedoch verhältnismäßig leicht mit Rattengift bekämpfen. Talvox gemischt mit Kleie und einigen Tropfen Speiseöl an verschiedenen Stellen des Gewächs- oder Lagerhauses in niederen Konservenbüchsen aufgestellt, ist das beste Mittel gegen die chilenische Waldratte, ebenso wie gegen die importierte große Wanderratte. Gegen das Auffrieren des Bodens (Kammeis) im Winter sowie gegen das Austrocknen des Bodens im Sommer hat sich eine Moospackung sehr bewährt, die man zwischen die Reihen legt und ein wenig festdrückt. Das trockene Moos ist zwar sehr feuergefährlich — ein glimmendes Streichholz kann es anzünden und in Flammen ausbrechen lassen — aber die großen Vorteile des Bodenschutzes und der Unkrautunterdrückung überwiegen diesen Nachteil.

Manche Sämlinge, wie z. B. die Douglasien, vertragen die in diesen Breiten sehr starke Insolation nicht. Auf niederen Gestellen ausgerollte Lattenroste sind gut, erschweren aber die Unkrautbekämpfung und müssen bei Regen immer wieder entfernt werden, um das Auswaschen von Tropfenlöchern zu vermeiden. Man zieht daher die Douglasien am besten in Schattenhäusern, die 2 m hoch die freie Bewegung der Arbeiter erlauben und seitlich sowie oben mit Latten gedeckt sind. In der Regenzeit werden die horizontalen Latten entfernt und im Sommer wieder aufgelegt. Bild 18 zeigt das Innere eines solchen Schattenhauses. Vielfach wird die Umzäunung des Forstgartens mit einer *Macrocarpa*-Zypressenhecke empfohlen. Läßt man sie nur niedrig wachsen, ist der Wind- und Sonnenschutz gering; werden sie mehrere Meter hoch gezogen, ist die Gefahr eines Staufrostes gegeben. In beiden Fällen werden aber die Zypressen meterlange Flachwurzeln in den Forstgarten hineinsenden und die angrenzenden Beete durch dichtes Wurzelgeflecht unfruchtbar machen. Da der Forstgarten im Waldhof von Buschwald umgeben ist, erübrigt sich da ein zusätzlicher Windschutz, zumal eine gute Ventilation in frostgefährdeten Gebieten nur vorteilhaft ist. In sehr offenen Lagen sind 6 m vom Gartenzaun entfernt gepflanzte Windschutzreihen von Insigniskiefern, Pappeln oder Zypressen den Hecken vorzuziehen.

Wahl der Holzart. Die für den Enderfolg der Pflanzung so entscheidende Wahl der Holzart hängt in erster Linie von den natürlichen Gegebenheiten des Standortes ab. Auf mageren, spätfrostgefährdeten Sandböden kam nur einer der schnellwüchsigen Kiefernarten in Frage. Da über das Fortkommen der Insigniskiefer in Chile günstige Vorerfahrungen bestanden, entschlossen wir uns, den zu bepflanzenden Teil der Schwemmfläche (etwa 300 ha) vornehmlich mit *PINUS RADIATA* aufzupforsten. Daneben sollten geschlossene Horste von *PINUS PINASTER* (*MARITIMA*), *PINUS SYLVESTRIS*, *PINUS CANARIENSIS* und *PINUS HALEPENSIS* versuchsweise gepflanzt werden. Die aus vielen Gründen wünschenswerteste Erstellung von Mischwald wurde eingehend studiert. Es stellte sich jedoch bei den Versuchen immer wieder heraus, daß die Insigniskiefer so schnell wächst, daß kein Laubholz, aber auch kein Nadelbaum, nachzukommen vermag. Wir haben solche Versuche mit Schwarz-erlen, *ULMUS PUMILO*, *AILANTUS GLANDULOSA*, *ROBINIA PSEU-*

**DOACACIA**, mit *CEDRUS DEODARA*, *CUPRESSUS MACROCARPA*, *CUPRESSUS TORULOSA* und auch mit verschiedenen Eucalyptusarten gemacht, aber die meisten versagten im mageren Sandboden und bei den übrigen war schon nach 2 Jahren vor auszusehen, daß die Insigniskiefer die zwischengepflanzten Holzarten unterdrücken und vorzeitig vernichten würde. Einzig die *ACACIA MELANOXYLON*, in Chile Aromo australiano genannt, hat unter günstigen Bedingungen mit der *PINUS RADIATA* Schritt gehalten. Diese Acacia wird aber in Südchile nicht sehr hoch, daher erhebt sich die Frage, ob die Insigniskiefer nach 15 oder 20 Jahren den Aromo nicht doch überwachsen wird. Dazu kommt, daß die genannte Acacia vom Hasen ganz systematisch verbissen wird und nach einem solchen Angriff lange Zeit braucht, ehe sie wieder kräftig treibt; inzwischen hat aber die Insigniskiefer einen gewaltigen Vorsprung bekommen, den die Acacia kaum einholen dürfte. Bei gutem Boden und geringem Wildschaden wird sich sicher ein Versuch lohnen, Aromo australiano, schon seines geschätzten Holzes wegen in den Insignispflanzungen zwischenzupflanzen, zumal die Acacia außerdem noch ein wertvoller Stickstoffsammler ist, aber auf mageren Sandböden ist diese Zwischenpflanzung nicht zweckmäßig. Wir haben uns daher entschlossen, 10 m breite Streifen von dicht gepflanzten Aromos als Waldschluß und Feuerschutz um die großen Reviere von 500 mal 500 m zu pflanzen und von einer Zwischenpflanzung dieser Holzart abzusehen. Aber auch da haben wir nicht die besten Erfahrungen gemacht: auf besonders magerem und trockenem Boden wächst der Aromo australiano schlecht, es dauert mehrere Jahre, ehe diese Holzart so starke Loden entwickelt, daß die Hasen sie nicht mehr angreifen. Dünne Loden werden aber immer wieder radikal abgebissen, wodurch die Pflanze wieder auf viele Monate zurückgeworfen wird. Natürlich fördert dieses ständige „auf den Stock Zurückschneiden“ die Entwicklung des Wurzelsystems, so daß schließlich doch ein dicker Trieb entwickelt wird, die der Hase nicht mehr durchzubeißen vermag. Die Lebensfähigkeit dieser Holzart ist erstaunlich, völlig abgefressen, treibt der Aromo immer wieder, aber es dauert Jahre ehe der Baum in der Lage ist, den immer wiederkehrenden Schaden durch Wildverbiß zu überwinden. Es empfiehlt sich daher, dem Aromo schon beim Pflanzen etwas Phosphat mit auf den Lebensweg zu geben.

Was nun die geschlossenen Horste von *PINUS PINASTER (MARITIMA)* und *PINUS SYLVESTRIS* anbelangt, so gedeihen beide Holzarten auch auf Heideboden gut, wenn auch der Zuwachs ungleich geringer ist als bei *PINUS RADIATA*. In der Hauptsache liegt der Unterschied darin, daß die beiden erstgenannten Kiefernarten nur einmal im Jahr Gipfeltriebe vorstoßen, während die Insigniskiefer zweimal im Jahr (Frühjahr und Herbst) treibt. Man kann daher voraussehen, daß die Insigniskiefer auch in der Provinz Llanquihué in 30 bis 40 Jahren schlagreif sein wird, während man bei *P. SYLVESTRIS* und *P. PINASTER* mit einem doppelt so langen Umtrieb wird rechnen müssen. Die Südafrikanischen Pflanzler haben bei *P. PINASTER* dieselbe Erfahrung gemacht, wobei diese dort sehr beliebte Holzart in Südafrika auf nährstoffreichen Böden gezogen werden<sup>37)</sup>. *P. SYLVESTRIS* hat im Waldhof sowohl auf Heideboden wie

auch auf Farnboden guten Zuwachs gezeigt; besonders der Samen aus Schottland brachte kräftige Sämlinge, die sich zu schönen Jungbäumen entwickelten und von Schädlingen (Läuse) nicht angegriffen worden sind. Aus Mitteleuropa bezogener Samen schlug nicht so gut ein, die Jungbäume waren sehr windempfindlich und neigten zu abnormen Ausbildungen der Äste. In Südafrika wird *P. Sylvestris* abgelehnt. *P. HALEPENSIS* scheint auf trockenem Sand- und Felsboden recht aussichtsreich, besonders nach Kalkdüngung. Hingegen ist *P. CANARIENSIS* zum weitaus größten Teil im Winter erfroren und was am Leben geblieben ist, kümmerst hoffnungslos dahin. Der Standort ist dieser Holzart einfach zu kalt. Auch die *PSEUDOTSUGA TAXIFOLIA* VAR. *VIRIDIS* gedeiht nicht auf Sandböden in Freilandkultur, weil ihre Frühjahrstrieb am Standort regelmäßig erfrieren. *P. CARIBEA* wächst auch im Waldhof gut, besonders in geschützten Lagen und ist schnellwüchsig genug, um neuerdings in Chile erhöhte Beachtung zu finden. *P. EXCELSA* hat auf Farnboden einen guten Zuwachs und ist nicht klimaempfindlich, hingegen kümmerst merkwürdigerweise *P. STROBUS* auf guten wie auch auf schlechten Böden des Waldhofs. *P. PONDEROSA* und *P. JEFFREYI* wachsen auch in der Jugend sehr langsam, ein endgültiges Urteil läßt sich jedoch heute noch nicht fällen. Dasselbe gilt für *P. CONTORTA* VAR. *LATIFOLIA*. Die Versuche müßten noch durch mindestens 10 Jahre fortgesetzt werden, ehe klar erkannt werden kann, welche Holzart neben der Insigniskiefer auf ähnlichen Standorten wie im Waldhof für Großpflanzungen in Frage kommen. Bei den gegebenen Verhältnissen ist ohne Zweifel die *P. RADIATA* am wirtschaftlichsten und sie bildet auch die Holzart, die, von vornherein ausgewählt, 95% der aufgeforsteten 300 ha bedeckt.

**Rodung und Säuberung des Geländes.** Das zu bepflanzende Land, im ersten Jahr 80 ha, später je 50 ha pro Jahr, wurde im Spätwinter und Frühjahr kahl geschlagen. Im Sommer trocknet nun das mehr oder weniger dicht liegende Gewirr von Stämmen, Ästen und belaubten Zweigen und wird nach Anlage von Feuerschutzstreifen im Herbst bei nicht allzu starkem Wind angezündet. Diese sogenannte Quema ist nicht ungefährlich, da das Übergreifen des Feuers auf nachbarlichen Grund und auf die schon bestehende eigene Pflanzung unter allen Umständen vermieden werden muß. Zweckmäßigerweise wird man einen bedeckten Tag nach vorangegangenem tüchtigem Regen wählen, einen Tag also, an dem die Erde noch feucht, der zu verbrennende Abraum aber schon wieder trocken ist. Angezündet wird sowohl die Windseite, wie auch gleichzeitig die Gegenwindseite, damit das in Windrichtung rasch fortschreitende Feuer auf Gegenfeuer trifft und dadurch zum Halten gezwungen ist. Ein solcher Flächenbrand geht außerordentlich rasch vor sich, 50 ha brennen in 2 Stunden ab, nach 2 weiteren Stunden ist das Feuer erloschen. Dabei verbrennt das an ätherischen Ölen sehr reiche Laub des natürlichen Bewuchses, ferner die Zweige und das oft in Schichten am Boden liegende dürre Holz, trockene Pflanzenteile abgestorbener Heidestauden und das im Sommer so feuergefährliche trockene Moos. Ist die Erde sehr trocken, dann brennt und schwelt auch das dichte Wurzelgeflecht der Heidestauden (Trockentorf) und dieses unterirdische Feuer bildet eine Gefahr, die schließlich

nur ein ausgiebiger Regen beseitigen kann, daher die Notwendigkeit bei feuchter Erde zu brennen. Diese in den Augen des Forstmanns recht barbarische Methode hat jedoch nicht nur den Vorteil der Billigkeit, sondern sie entfernt auch jenen Bodenbelag, der das so gefürchtete Bodenfeuer weiterleitet. Die neue Pflanzung ist dadurch für die brandempfindlichen ersten Jahre von einer Bedrohung durch Bodenbrand befreit, das Pflanzen selbst ist auf der sauber gebrannten Fläche viel einfacher, und die Pflanzen bekommen auch noch eine initiale Holzschendüngung, die bei dem mineralarmen Sandboden nicht genug geschätzt werden kann.

Will man gewissermaßen als Zwischenpflanzung einen Teil des natürlichen Bewuchses, etwa schöne Exemplare von *EUCRYPHIA CORDIFOLIA* (Muermo) erhalten, dann muß der Abraum nach der Schlängelung des übrigen Bewuchses in vielen kleinen Haufen verbrannt werden. Die ganze Rodungsarbeit muß dann so koordiniert werden, daß das Roden und Verbrennen in den regenreichsten Monaten des Jahres geschieht, weil ohne ständiger Regenfeuchtigkeit die kleinen Feuer sich unkontrollierbar am Boden ausbreiten und die mühsam selektionierten Naturbäume mitverbrennen. Dieses Verfahren ist daher außerordentlich kostspielig und technisch nur unter Schwierigkeiten durchführbar. Die feuergefährliche Bodenschicht bleibt bestehen, die Schendüngung fällt weg, und die Pflanzung selbst muß zwischen Grasbüscheln, Dorn- und Heidesträucher vor sich gehen, Unkraut also, das den jungen Bäumchen zwar anfangs etwas Schutz bietet, in der Folge aber eine erhebliche Wurzelkonkurrenz verursacht.

Nach dem Flächenbrand sind die nicht verbrannten Äste zu Haufen zusammenzutragen und zum zweitenmal anzuzünden; sie sind durch die Hitze des ersten Brandes vorgetrocknet und verbrennen auch bei Regen restlos. Was übrig bleibt sind jetzt nur noch die Stöcke und die Stämme. Erstere werden nicht gerodet, sondern faulen in wenigen Jahren ab. Stockausschläge kommen nur bei der *GUEVINA AVELLANA* (Avellano) vor, sie sind aber nicht unwillkommen, denn dieser stark laubwerfende Baum verbessert den Boden.

Die Stämme werden meist zu Brennholz verarbeitet. Gradwüchsige und spaltbare Stämme (meist Coihué) werden mit Eisenkeilen geviertelt und zu 1,80 m hohen Zaunpfählen zurechtgehackt. Hierfür und für das Fällen der Bäume wurde nur die Hartholzaxt verwendet, da die Säge von den Waldarbeitern Südchiles grundsätzlich abgelehnt wird. Brennholz und Zaunpfähle müssen noch weggefahren und außerhalb der Pflanzung gestapelt werden.

Ein Ertrag wurde dabei nicht erzielt; wohl müßte man Brennholz und Zaunpfähle kaufen, wenn man sie nicht selbst erzeugen würde, an einen Verkauf dieser Produkte war jedoch am Standort nicht zu denken, da ja auch die Nachbargüter ihren Bedarf aus Eigenem decken. Bei Stadtnähe könnte man allenfalls Brennholz zur Stadt bringen, aber die Lastkraftwagenfrachten sind heute in Chile so hoch, daß ein längerer Straßentransport von Brennholz nicht lohnt. In Europa, wo die dünnsten Äste noch willige Abnehmer finden, liegen die Verhältnisse schon wegen des dichten Verkehrsnetzes und der ungleich zahlreicheren Bevölkerung wesentlich

anders als in den so dünn besiedelten Randgebieten Chiles. Gerade in der Forstwirtschaft ist in diesen Teilen des Landes nur eine extensive Wirtschaft ökonomisch tragbar, und so bedauerlich es ist, daß dabei Brauchbares verwüstet wird, so schwierig wird es sein, wirtschaftliche Methoden zu erdenken und in der Praxis durchzuführen, die einer solchen Verwüstung Einhalt gebieten könnten. Die Behörden können zwar das Brennen im Wald verbieten, aber wie man dann in der Praxis ein aufzuforstendes Gelände sauber bekommen soll, bleibt ein unlösbares Problem.

**Das Pflanzen.** Die am Standort angewendete Pflanzmethode ist in Chile weit verbreitet, sie wurde jedoch durch Verwendung zusätzlicher Werkzeuge vor allem durch die Einführung des Pflanzhäudels nach Forstmeister *Reißinger* weiter ausgebaut. Der Pflanzung vorausgehen muß jedoch eine neuerliche Vermessung des nunmehr sauberen und überall zugänglichen Geländes. Da die Fluchtstangen durch den Flächenbrand zu meist mitverbrannt sind, wurden in den 250×250-m-Quartieren unter Berücksichtigung der Wege und der Feuerschneissen neuerdings an den 4 Begrenzungslinien alle 50 m Stäbe gesteckt und solcherart die eigentliche Pflanzung von *P. RADIATA* begrenzt. Will man eine besonders geradlinige Pflanzung erzielen, dann kann man noch innerhalb des Quartiers in beiden Richtungen alle 50 m Fluchtstangen stecken und erhält dadurch 25 Quadrate von 50 m Seitenlänge entsprechend der Länge der zum Pflanzen verwendeten Meßkette.

Diese Kette läßt man sich am besten von einem geschickten Schmied aus 3 mm dickem, steifem Draht herstellen; dabei werden die einzelnen Glieder so zusammengefügt, daß die Entfernung von Ringgelenk zu Ringgelenk genau 1 m beträgt. 50 solche Glieder bilden dann die Kette, die an beiden Enden in der Mitte einer 2 m langen Stange befestigt ist. Zwei Arbeiter bedienen die Enden der Kette, indem sie die Stangen nach entsprechender Spannung der Kette senkrecht zwischen die schon vorher gesetzten 50 m von einander entfernten Fluchtstäbe in die Erde stoßen. Will man, wie es in der Waldhofpflanzung die Regel war, die Pflanzlöcher 2 m von einander entfernt anbringen, dann ist an jedem zweiten Gelenk der Meßkette ein Pflanzloch herzustellen. Am Anfang, solange die Übung noch fehlt, empfiehlt es sich, jedes zweite Gelenk mit einem bunten Stück Zeug zu markieren. Sollen auch die Reihen 2 m Abstand haben, so legen die beiden am Ende der Meßkette stehenden Arbeiter die 2 m langen Stangen in Pflanzrichtung auf die Erde und stellen sie dann mit einer Drehbewegung so auf, daß nun die andere Spitze der Stange senkrecht in den Boden gestoßen wird. Beim Herstellen der Pflanzlöcher arbeiten am besten 6 Mann an einer Meßkette, die beiden verlässlichsten Arbeiter stehen an den beiden Stangen und sorgen dafür, daß die Kette abstandsgerecht und geradlinig aufliegt, die 4 restlichen Leute heben die Kette während der Bewegung hoch und helfen so der Kette über Hindernisse wie Felsblöcke oder über die meist in Brusthöhe geschnittenen Stöcke hinweg.

**Herstellung der Pflanzlöcher.** Bei dem dichten Wurzelgeflecht des Heidebodens haben am Standort alle verfeinerten europäischen Methoden versagt. Ein Spaten z. B. ist selbst bei äußerster Kraft-

anstrengung nicht in der Lage, das Wurzelgeflecht zu durchschneiden. Früher hat man daher vielfach in Chile ein spitzes Brecheisen in den Boden gestoßen und durch eine drehende Bewegung ein trichterförmiges Loch gemacht. Die Pflanzler haben dann dieses Pflanzloch mit einem kurzen Pflanzholz etwas erweitert und die Wurzeln der Forstpflanzen in dieses immer noch trichterförmige Loch hineingezwängt. Da beide Werkzeuge die Lochwände verdichten und die Lochform zum Umbiegen der Wurzeln führt, waren die Ausfälle groß. Wir haben nun dieses Verfahren insofern weiterentwickelt, als wir die Arbeiter zwar auch mit einem brechstangenartigen Werkzeug ausrüsteten, dieses aber an einem Ende mit einer 7 bis 10 cm breiten Schneide ergänzen ließen. Hierzu wurden dreiviertelzöllige Rundeißen verwendet, die als Schneide ein Stück Autofeder aufgeschweißt erhielten. Die Schneide wurde geschärft und die Spitze am anderen Ende gehärtet. Mit diesem Werkzeug stoßen die Arbeiter kreisförmig oder im Quadrat in den Boden, durchschneiden mühe-los das Wurzelgeflecht und heben dann die geschnittene Plagge heraus. In das so hergestellte Loch wird nun die Spitze des Werkzeuges mehrmals gestoßen und damit die Erde des Pflanzloches gründlich gelockert. Sollen stark bewurzelte, ältere Pflanzen, etwa 2jährige *Aromo australiano*, gesetzt werden, dann wird an Stelle des Pflanzeneisens (*Barretilla*) eine importierte Kreuzhaue verwendet, wobei eine 50×50 cm große Plagge mit der Breithaue geschnitten und die darunter befindliche Erde mit der anderen Seite des Werkzeuges, dem Krampen, aufgelockert wird.

Einsetzen der Forstpflanzen. Meistens haben wir vormittags die Pflanzlöcher gemacht und zu den mildereren Nachmittagsstunden die Bäumchen eingesetzt. Insigniskiefern werden direkt den Saatbeeten entnommen, sie sind dann zur Pflanzzeit vom Moment der Saat an gerechnet 8 bis 11 Monate alt. Um die Mittagszeit wird das Pflanzgut aus den Beeten gehoben, die Wurzeln mit einem scharfen Haumesser auf gleiche Länge reduziert und dann gezählt auf 6 Pflanzkistchen verteilt. Nach der Mittagspause wurde unverzüglich mit dem Pflanzen begonnen: jeder Arbeiter nimmt sein Kistchen und seinen Reissinger-Häundel mit und die ganze Arbeitspartie wird der Zeitersparnis wegen mit dem Lastkraftwagen zur Arbeitsstelle gefahren. Die Pflanzler zerschlagen nun mit dem Häundel die neben den Löchern liegenden Plaggen, klopfen das Wurzelgeflecht aus und mischen die Plaggenerde mit dem schon durch das Brecheisen aufgelockerten Unterboden; das Häundel wird dann kräftig in den aufgelockerten Boden geschlagen und nach rückwärts gezogen. Hierdurch entsteht ein 18 bis 20 cm tiefer Spalt, in den die Pflanze leicht ohne Rückbiegen der Wurzeln versenkt werden kann. Mit dem hammerförmigen Ende des Häundels wird dann die Erde um die Pflanze festgeklopft und das Pflanzloch beim Weiterschreiten noch mit dem Fuß glatt getreten. Das Pflanzen geschieht in der Hocke, eine Stellung, an die die Arbeiter seit Kindheit an gewohnt sind, oder zur Abwechslung aus der Rumpfbeuge heraus, was etwas schneller geht. Die Arbeiter wurden im Stücklohn pro gepflanztes Bäumchen gezahlt, sie haben daher ein Interesse daran, möglichst schnell zu pflanzen. Dies führt natürlich wieder zu Flüchtigkeit und zwar werden die Pflanzen meist zu tief gesetzt, was

Kümmern oder Ausfälle verursachen kann. Eine entsprechende Beaufsichtigung der Pflanzler ist daher notwendig. Sechs geübte Leute können bei gutem Wetter in der beschriebenen Art pro Tag einen Hektar lochen und pflanzen, das sind 2500 Bäumchen. Der Ausfall ist bei dieser Methode gering; höchstens 3 bis 5% der Pflanzen gehen nicht an oder vertrocknen im darauffolgenden Sommer. Dieses Resultat bezieht sich jedoch nur auf sauber gebrannter Fläche; muß zwischen unverbrannten Heidekräutern und schlecht gerodeten Büschen gepflanzt werden, ist der Ausfall meist erheblich größer. Die sorgfältige Säuberung des aufzuforstenden Geländes ist daher für den Erfolg der Pflanzung von ausschlaggebender Bedeutung. Eine noch sorgfältigere vorbereitende Bearbeitung des Bodens wie Vollumbruch, die Pflanzung eines Vorwaldes oder die Zwischenpflanzung bodenlockernder und stickstoffsammelnder Hilfspflanzen ist im Großen meines Wissens in Chile noch nicht versucht worden. Solche umfangreiche Vorbereitungen sind offenbar zu kostspielig.

**Pflanzzeit und Reihenabstand.** Die beste Zeit für das Pflanzen sind die regenreichen Wintermonate Mai bis einschließlich August. Kurze, verholzte Sämlinge sind unempfindlich gegen die Winterfröste; da sie im ersten Frühjahr zudem spät treiben — bei trockenem Sommer vielfach erst im Herbst — werden sie auch von den Spätfrösten nicht geschädigt. Sämlinge mit langen, unverholzten Trieben verlieren vielfach schon im Winter den Gipfeltrieb durch Frost. Sie stocken dann in ihrem Wuchs meist ein ganzes Jahr und bleiben auch sonst im Zuwachs zurück. Der Erfolg einer Pflanzung ist daher nicht nur von einer sorgfältigen Säuberung des Geländes abhängig, sondern auch von der Eignung des aus dem Forstgarten bezogenen Pflanzgutes, der Gewissenhaftigkeit der Pflanzler und der Wahl der richtigen Holzart. Über die Zweckmäßigkeit der verschiedenen Reihen- und Pflanzenabstände sind die Meinungen noch geteilt. Je dichter gepflanzt wird, desto teurer wird die Pflanzung, da pro gepflanztes Bäumchen gezahlt wird. Am Standort wurde *P. RADIATA* 2 mal 2 m gepflanzt, also Pflanzen- und Reihenabstand 2 m oder 2500 Pflanzen pro Hektar. Eine Fläche von 30 ha besseren Bodens wurde im Kreuzverband mit einem Reihenabstand von 1 m und einem Pflanzenabstand von 2 m mit *P. RADIATA* aufgeforstet, die Pflanzen stehen dann 1,40 m voneinander, so daß 5000 Pflanzen pro Hektar kommen. Die Randpflanzungen von *Aromo australiano* sind 1 mal 1 m angelegt worden. Welche von den beiden Pflanzarten von *P. RADIATA* unter den gegebenen Verhältnissen das beste Ergebnis zeitigen wird, läßt sich heute noch nicht beurteilen. Grundsätzlich darf aber gesagt werden, daß eine dichte Bepflanzung magerer Böden nicht empfohlen werden kann; bei sehr guten Böden ist hingegen dichte Pflanzung wegen der Förderung des Höhenwachstums und der Vermeidung grobstämmiger Seitentriebe geradezu notwendig.

**Pflege der Pflanzung.** Es ist ein in Chile weit verbreiteter Irrtum, daß mit dem Pflanzen allein der Mensch seinen Teil getan hat, und nun die Natur für alle weitere Zukunft zu sorgen hat. Wird, wie dies bei Großpflanzungen vielfach geschieht, die Aufforstung einem Kontraktisten überlassen, so sind nach Beendigung der Pflanzung meistens die hierfür



ausgeworfenen Gelder erschöpft, und der einzige Fachmann, nämlich der Kontraktist, hat mit seinen geübten Arbeitern das Land auf Nimmerwiedersehen verlassen. Die so notwendige Pflege der Aufforstung erfordert indessen zusätzliche Geldmittel, fachmännische Leitung und geübte Forstarbeiter. Denn unmittelbar nach der Pflanzung muß man, besonders auf guten Böden, mit der Unkrautbekämpfung beginnen. Gerade dort können die in Chile verwilderte Brombeere so überhand nehmen, daß die Aufforstung auf ausgedehnten Flächen unzugänglich wird und man an die einzelnen Bäume nicht mehr herankann. Dies ist glücklicherweise am Standort nicht der Fall, denn die Brombeere vermeidet trockene, magere Sandböden. Auf jeden Fall muß jedoch die Pflanzung im 2. Jahr auf Ausfälle geprüft werden und diese durch Nachpflanzen ersetzt werden. Im 3. Jahr sind Zwiesel auszuschneiden und andere Mißbildungen zu entfernen, ein Nachpflanzen dieser Ausfälle ist jedoch zwecklos, weil die Pflanzung bereits einen solchen Vorsprung hat, daß die Ausbesserungen im Zuwachs nicht mehr nachkommen. Am Standort trat vom 3. Jahr ab das Absterben von Bäumen durch den Hallimaschpilz (*ARMILLARIA MELLEA QUEL.*) auf. Das Myzel dieses Pilzes dringt unter die Wurzelrinde und unter die Rinde des Stammendes ein, bildet dort dicke, weiße Lappen, die den Nährstrom des Baumes abfangen und für sich in Anspruch nehmen. Zuerst trauern die Triebe, dann welkt der ganze Baum, um schließlich infolge Nahrungs- und Wassermangel ganz zugrunde zu gehen. Die Auszählung einer 3jährigen Pflanzung ergab einen Hallimaschbefall von 0,83%. Die befallenen Bäume wurden mit dem Wurzelstock ausgehoben und außerhalb der Pflanzung verbrannt.

Die Auszählung ergab folgendes Ergebnis:

Größe der bepflanzten Fläche (ha)	5 512
1954 gepflanzt (Bäume)	14 003
1957 gezählt	
Fehlende Pflanzen	233
Hallimaschtote	116
Kümmerer	811
Ausfall	1 160
Verbleiben gesunde Bäume	12 843
Verlust	8,3%

Der Hallimaschbefall war sporadisch. Das Auftreten von kreisförmigen Sterbelöchern, wie sie der Pilz *TRAMETES RADICIPERDA H.* verursacht, ist am Standort nicht beobachtet worden.

Zur Pflege der Pflanzung gehört auch das Sauberhalten der Wundstreifen und Feuerschneisen, die Anlage von Fahrstraßen und Zugangswege und die Instandhaltung der Zäune.

Da die *P. RADIATA* sich nicht selbst von den unteren Ästen reinigt, wird zur Vermeidung von Astlöchern im Schnittholz das frühe Aufasten empfohlen. Auf Heideböden kommt es jedoch in erster Linie darauf an, daß sich möglichst rasch der Kronenschluß bildet und dadurch die konkurrierenden Heidegewächse unterdrückt werden. Ist dieses Stadium erreicht, dann kann aufgeastet werden. Einen weiteren Schritt bildet die periodisch

notwendige Durchforstung der Pflanzung mit dem Ziel, den wertvollsten Bäumen ungestörte Entwicklung zu sichern. Diese verantwortungsvolle Arbeit sollte von einem fachlich geschulten Forstmann geleitet werden und bedeutet eine weitere recht erhebliche geldliche Belastung. Wird aber nicht sachgemäß durchgeforstet, dann wird die Pflanzung kaum Schnittholz, sondern im wesentlichen nur Brennholz liefern. Die Durchforstungsfrage bildet in Chile ein sehr ernstes Problem: zunächst verlangen die Arbeiter für das Eindringen und Fällen in ungepflegten Pflanzungen sehr hohe Löhne; unter Umständen findet man überhaupt keine Leute, die das Durchforsten übernehmen wollen. Tatsächlich ist das schonende Heraustransportieren der gefällten Bäume aus der Pflanzung eine mühsame und zeitraubende Arbeit. Dazu kommt, daß vielfach die Zwischennutzung der ausgeforsteten Stämme ausbleibt, denn die Zellulose-Fabriken zahlen in Chile für Schleifholz so niedere Preise, daß damit kaum die Fracht bezahlt werden kann. Stangenholz ist überhaupt unverkäuflich, weil Stangen in der chilenischen Praxis keine Verwendung finden. Den sehr hohen Unkosten der Durchforstung stehen daher in sehr vielen Fällen keine Einnahmen gegenüber, sie wird daher immer wieder hinausgeschoben oder ganz unterlassen.

**Bisheriges Ergebnis der Pflanzung.** Wollen wir uns darüber Rechenschaft geben, was das bisherige Ergebnis der Pflanzung im Becken von Ensenada bedeutet, so dürfen wir nicht außer Acht lassen, daß die Pflanzung waldbaulich noch sehr jung ist.

Mai—August 1950	wurden	80 ha	gepflanzt	= 7jährig
„	1952	„ 50 ha	„	= 5jährig
„	1953	„ 10 ha	„	= 4jährig
„	1954	„ 60 ha	„	= 3jährig
„	1955	„ 50 ha	„	= 2jährig
„	1956	„ 50 ha	„	= 1jährig
Zusammen:		300 ha		

Wir können uns daher bei der Beurteilung nur an die 80 ha 7jähriger und an die 50 ha 5jähriger Bestände halten. Nun liegen diese 130 ha in der allerungünstigsten Lage des Standortes, nämlich auf besonders grundwasserfernen, offenem Heideboden. Daß die Pflanzung unter diesen denkbar schlechtesten standortlichen Gegebenheiten nicht versagt hat, ist schließlich ein ermutigendes Zeichen. Freilich die Schnellwüchsigkeit und Üppigkeit, die Pflanzungen auf besseren Böden und bei günstigerem Wasserhaushalt aufweisen, sind hier nicht gegeben. Immerhin ist die Feststellung bemerkenswert, daß die *P. RADIATA* auf unseren mageren Böden phänotypische Unterschiede gegenüber jenen Insigniskiefern zeigen, die unter günstigeren Bedingungen aufgewachsen sind. Die *P. RADIATA* hat nämlich am Standort einen ausgesprochenen feinastigen und säulenförmigen Habitus, während auf guten Böden Grobastigkeit und pyramidalen Wuchs die Regel bilden. Die Feinastigkeit ist hier keineswegs die Folge dichter Pflanzung, denn am besprochenen Standort stehen die Kiefern 2 mal 2 m auseinander, auch haben selbst die 7jährigen Bestände, eben wegen ihres säulenförmigen Wuchses, noch keineswegs einen Kro-

nenschluß gebildet. Sollte also in Zukunft die Insigniskiefer am Standort ihr Höhenstreben bei verminderten Seitentrieben beibehalten, dann wäre dies für die Erreichung des Bestockungszieles günstig, so daß man demgegenüber eine Verlängerung der Umtriebszeit durchaus in Kauf nehmen könnte.

**Mangelercheinungen.** Freilich kann nicht übersehen werden, daß bei grundwasserfernen Beständen Mangelercheinungen auftreten. Hierzu gehört in erster Linie das sogenannte Gelbwerden der Nadeln. Diese Erscheinung führt vielfach zu einem verfrühten Absterben der Nadeln; die gesunden Nadeln dieser Bäume sind etwas kürzer als normal und haben eine mehr grau-grüne Farbe. Während des Sommers verliert sich die Gelbfärbung, so daß der Baum bald wieder sein normales Aussehen erhält. Da weder pflanzliche, noch tierische Schädlinge festgestellt werden konnten, war an physiologische Wirkung eines oder mehrerer fehlender Nährstoffe zu denken.

**Walddüngungsversuche.** Um die Mangellemente feststellen zu können, wurde im Quadrat 35 im November 1955 ein Walddüngungsversuch unternommen und zwar wurde an der 1000-m-Linie 5 Quadrate 50 mal 50 m ausgesteckt. Das erste Quadrat erhielt Natronsalpeter (Salitre), das nächste Quadrat wurde als Kontrollstreifen nicht gedüngt, dann kam wieder ein Quadrat mit Kalkdüngung, ein weiterer Kontrollstreifen und schließlich ein Quadrat mit Phosphat-Kali-Düngung. Gleichzeitig wurde die Wipfelhöhe aller in diesen 5 Quadraten befindlichen, ca. 2500 Bäume auf Zentimeter genau gemessen. Schon nach einigen Monaten konnte beobachtet werden, daß die Phosphat-Kali-Düngung das beste Ergebnis gezeitigt hatte. In diesem Quadrat trat nach der Düngung während einer 2jährigen Beobachtung das Gelbwerden der Nadeln nicht mehr auf, im Gegenteil, die Bäume waren dicht benadelt, die Nadeln selbst länger als der Durchschnitt, die Farbe der Bäume war ein gesundes dunkles Blaugrün und der ganze Wuchs im Vergleich zu den Kontrollstreifen geradezu luxurierend. Da die chemische Bodenuntersuchung für den Boden dieses Standortes (offene Heide) 6,6 kg/ha Stickstoff, nur Spuren von Phosphor und 45 kg/ha Calcium nachgewiesen hatte, ist es naheliegend anzunehmen, daß das periodische Gelbwerden der Nadeln auf Phosphormangel zurückzuführen ist.

Im August 1957 wurde neuerdings die Höhe jedes Baumes auf den Versuchsquadraten gemessen, so daß wir in der Tabelle 12 das zahlenmäßige Ergebnis dieses Düngungsversuches vorlegen können. Aus dieser Tabelle ist zunächst zu ersehen, daß die zweimalige Düngung des Feldes A (Frühjahr und darauffolgender Herbst) den Zuwachs nicht gefördert hat, das Feld zeigt vielmehr einen schlechteren Zuwachs als die Kontrollstreifen B und D. Es war zwar anzunehmen, daß der leicht lösliche Chilesalpeter bei dem so durchlässigen Boden durch die Regen rasch zum Grundwasser durchgespült werden würde, aber dieses völlig negative Ergebnis ist doch nicht erwartet worden. Da auch die Zahl der vorwüchsigen Bäume im Verhältnis zu den anderen Versuchsfeldern gering ist, liegt vielleicht eine Erklärung dieser geringen Wuchsfreudigkeit darin, daß diese Ecke an einer 40 m breiten Longitudinal- und an einer 20 m breiten Transversal-

Tab. 12: Ergebnis eines Walddünungsversuches Nov. 1955 bis August 1957.  
Auf magersten, grundwasserfernsten Sandböden durchgeführt im Quartier 35

Grundstück:	Von Westen nach Osten:					Summen:
	A	B	C	D	E	
Düngung November 1955:	Natron- salpeter	Kontroll- streifen	gelösch. Kalk	Kontroll- streifen	$\frac{2}{3}$ Phosphat $\frac{1}{2}$ KaH	
Größe der Flächen in m <sup>2</sup> :	2500	2500	2500	1300	2500	1.13 ha
Zahl der gepflanzten Bäume 1950:	625	625	625	325	625	2.825
Noch vorhanden Nov. 1955:	555	562	557	286	578	2.538
Noch vorhanden August 1957:	555	558	550	286	575	2.524
Ausfall in 7 Jahren in %:	11.2	10.7	12.0	12.0	8.0	10.65
						Mittel:
Durchschn. Höhe d. Bäume 1955:	1.25 m	1.28 m	1.30 m	1.36 m	1.32 m	1.30 m
Durchschn. Höhe d. Bäume 1957:	2.44 m	2.51 m	2.51 m	2.46 m	2.63 m	2.51 m
Zuwachs in 21 Monaten:	1.19 m	1.23 m	1.21 m	1.10 m	1.31 m	1.21 m
Auszählung und Messung August 1957:						Summen:
Zahl der Bäume $\geq$ 6 m:	.	1	.	.	1	2
Zahl der Bäume $\geq$ 5 m:	.	3	2	2	3	10
Zahl der Bäume $\geq$ 4 m:	23	27	39	13	40	142
Zahl der Bäume $\geq$ 3 m:	128	148	124	71	172	430
Zahl der Bäume $\leq$ 1 m:	37	29	34	20	25	145

schneise liegt, daher als erste den Westwinden ausgesetzt und somit gegenüber den weiter östlich liegenden Feldern benachteiligt ist. Schon die zahlreichen Kümmerer (Bäume unter 1 m) deuten auf Wachstumstörungen hin, die weiter beobachtet werden müssen, ehe ihre Ursache einwandfrei festgestellt werden kann.

Der ungedüngte Kontrollstreifen hat weniger Ausfälle, einen größeren Zuwachs, mehr vorwüchsige Bäume und weniger Kümmerer als das Feld A. Er läßt sich leider nicht gut mit dem Kontrollstreifen D vergleichen, da letzterer aus örtlichen Gründen nur etwas mehr als die Hälfte der Fläche der übrigen Felder aufweist. Das mit Kalk gedüngte Feld C hat etwas mehr Kümmerer als der Kontrollstreifen B, stimmt aber sonst mit ihm im Ergebnis fast völlig überein. Eine Kalkdüngung wäre ja an sich unter den gegebenen Verhältnissen abwegig, einmal weil die Insigniskiefer zum Unterschied von der *P. HALEPENSIS* nicht kalkbedürftig ist und Kalk auch nicht geeignet ist, die Güte des gegebenen Bodens wesentlich zu verbessern. Die Übereinstimmung zwischen dem Kontrollstreifen B und dem Feld C deutet darauf hin, daß das Feld C dieselben Ergebnisse ausgewiesen hätte, wenn es nicht mit Kalk gedüngt worden wäre. Dieser negative Beweis ist schließlich auch wissenschaftlich wertvoll.

Besonders eindrucksvoll ist jedoch die Wirkung der Phosphat-Kali-Düngung auf dem Feld E. Die geringsten Ausfälle verbinden sich da mit dem höchsten Zuwachsdurchschnitt, der größten Zahl der vorwüchsigen Bäume und relativ wenig Bäume unter 1 m Wipfelhöhe. Wir haben schon

darauf hingewiesen, daß schon kurz nach der Düngung das Aussehen dieses Feldes sich deutlich von dem seiner Nachbarn abhob. Während auf den Kontrollstreifen das Gelbwerden der Nadeln auftrat, verfärbten sich die Nadeln der Bäume auf Feld E nur insofern, als das sonst übliche Graugrün einem dunklen Blaugrün wich. Auch von Läusen blieb dieses Feld verschont. Der Walddüngungsversuch hat somit gezeigt, daß eine Bodenverbesserung durch Phosphatgaben auf Böden der offenen Heide sehr erwünscht ist und daß der Enderfolg der Pflanzung auch auf diesen Böden durch eine Phosphordüngung gesichert werden kann.

**Mykorrhizapilze.** Eine weitere Folge des Mangels an frei aufnehmbarem Stickstoff und an Phosphorsäure ist das Auftreten von Mykorrhizapilzen. Schon in der Baumschule kann man an den Faserwurzeln der 2jährigen Forstpflanzen die Myzelgespinnte beobachten, die ja in nährstoffarmen Böden für das Wachstum der Holzgewächse durch Austausch von Nähr- und Wirkstoffen entscheidend sind. Als Mykorrhizapilz trat bisher am Standort nur der Butterpilz (*BOLETUS LUTEUS L. EXFR.*) auf. Er erschien im 4. Jahr nach der Pflanzung schon in ansehnlichen Mengen, ist im Gegensatz zu Europa madenfrei und nach Abzug der klebrigen Haut essbar, aber kann nicht getrocknet oder konserviert werden.

**Forstschädlinge.** Von den pflanzlichen Schädlingen sind im Zusammenhang mit der Pflege der Pflanzung die Ausfälle durch Hallimasch schon besprochen worden. Auch von den leider nach Chile importierten Hasen war schon die Rede. Die Hasen leben am Standort im Buschwald, halten sich tagsüber verborgen und scheinen nur nachts, Äsung suchend, umherzuziehen. Diese Nager überspringen oder überklettern durch den Hunger getrieben 1,40 m hohe Maschendrahtzäune, finden jedes Schlupfloch in den Umzäunungen und fallen in den Gärten alle krautigen Pflanzen an, die ihnen sonst im Buschwald fehlen. Der einheimische Graufuchs ist anscheinend zu klein, um der Hasenplage Herr werden zu können. Dazu kommt, daß die Einheimischen den Hasenbraten nicht schätzen, so daß die Hasen auch von dieser Seite nicht verfolgt werden. Des dichten Unterholzes und der Heidengewächse wegen ist die Jagd auf Hasen an sich schon recht schwierig. Bisher haben die Hasen im Waldhof den Sämlingen der Nadelhölzer keinen nennenswerten Schaden zugefügt, dafür lassen sie aber Laubbäume wie Aromo, Pappeln, Erlen, Weiden und Obstbäume selten unbeschädigt. Glücklicherweise gibt es am Standort keine Kaninchen!

Je ungünstiger die Standortverhältnisse, umso krankheitsempfänglicher sind die Waldbäume. Dies wurde im Herbst 1957 besonders deutlich, als nach einem langen, besonders trockenen Sommer zum ersten Mal ein Lausbefall in der Großpflanzung des Verfassers auftrat. Eine nähere Bestimmung dieses Schädlings fehlt noch. Er ist aber 1957 nicht nur im Waldhof, sondern auch in vielen anderen Pflanzungen Chiles aufgetreten. Auszählungen in dem am meisten geschädigten Quadrat 31 ergab 5% befallene Kiefern, und zwar zumeist an zurückgebliebenen oder kümmernden Bäumen. Die mit einem weißen Wachs überzogenen Läuse finden sich sowohl an den Stämmen und an den Ästen, scheinen sich aber besonders um die jungen Triebe zu konzentrieren; diese welken und sterben nach

verhältnismäßig kurzer Zeit ab. Braune, vertrocknete Triebe lassen solcherart den lausbefallenen Baum schon von weitem erkennen. Das Bild des Befalles erinnert daher stark an das der Tannentrieblaus *DREYFUSIA NUSSLINI* C. B. Kräftige Bäume sind entweder überhaupt nicht befallen oder erholen sich nach dem Befall ziemlich rasch. Schwachwüchsige Kiefern sterben nach dem Befall unweigerlich ab. Die Läuse scheinen daher als „Schwächeparasiten“ aufzutreten, indem sie in einer natürlichen Selektion die lebensuntüchtigen Bäume anzeigen und zum Absterben bringen. Im Herbst entwickelt sich die Lausplage am besten; die Winterregen scheinen jedoch die Läuse trotz ihrem Wachskleid zu schädigen, jedenfalls vermindert sich im Winter ihre Zahl erheblich; aber wie sie sich im darauffolgenden Frühjahr und Sommer entwickeln werden, wird erst die Zukunft lehren. Da diese Läuse in Süd- und Mittelchile schon in früheren Jahren aufgetreten sind, ist dieser Schädling, der in Europa selten verwüstend auftritt, hier zu Lande durchaus ernst zu nehmen. So ist dem Verfasser bekannt, daß in Südchile eine ganze Pflanzung von *P. SYLVESTRIS* durch Lausbefall zugrunde gegangen ist und daß in Mittelchile die *P. RADIATA* verhältnismäßig schwach, andere Exoten aber wie *P. CANARIENSIS* (45%) und *P. PINEA* (95%) sehr stark befallen worden sind. (Briefliche Mitteilung des Herrn *Hermann Riegel*, Plantacion Pajonal bei Valparaiso.) Baumläuse ohne Wachskleid befielen zum ersten Mal im Jahre 1955 im Waldhof eine Weidenpflanzung. Die Weiden wurden mit Öl-Emulsion bespritzt und blieben als Ergebnis dieser Behandlung in den folgenden Jahren schädlingsfrei. Bei den Kiefernläusen scheint aber die Öl-Emulsion infolge des Wachskleides dieses Schädlings nicht so radikal zu wirken. *H. Hermann Riegel* empfiehlt das Einschlagen eines 1½zölligen Kupfernagels knapp über dem Vegetationspunkt und berichtet aus eigener Erfahrung, daß dadurch die Läuse verschwand und die Bäume bald wieder kräftig ausschlugen. Auch ein Begießen der Erde um die befallenen Bäume mit einer sehr verdünnten Kupfersulfatlösung käme nach *Riegel* in Frage. Andere tierische Schädlinge, wie Raupen oder Käfer, wurden an den Insigniskiefern nicht beobachtet.

## Schlußwort

Da es sich bei dieser Arbeit um geographisches Neuland und bei der Standortskunde um eine noch junge Wissenschaft handelt, haben wir diese Untersuchungen so gründlich, wie unter den gegebenen Umständen möglich, erweitert und vertieft. Natürlich bedarf es nicht 6jähriger meteorologischer Beobachtungsreihen, um über das Kleinklima einer Pflanzung Bescheid zu wissen. Die Wissenschaft verlangt jedoch dort exakte und vergleichbare Zahlenangaben, wo der Praktiker sich mit allgemeinen Erkenntnissen begnügen kann. Einfache, tagebuchartig zusammengestellte Wetterbeobachtungen, Bodenuntersuchungen durch die zuständigen staatlichen Institute und Beobachtungen über den Wasserhaushalt kann und soll jeder Land- und Forstwirt betreiben. So beweisen die einleuchtenden Zahlen der Tabelle 12, daß eine Pflanzung nicht nur durch das Vermessen und Säubern des Geländes, sondern auch durch standortskundliche Untersuchungen auf das sorgfältigste vorbereitet werden muß. Wären mir die Bodenverhältnisse und der Wasserhaushalt in Flußnähe schon vor 1950, also vor der ersten Pflanzung klar gewesen, dann wäre es naheliegender gewesen, von vornherein eine Pflanzlochdüngung mit Phosphat anzuordnen, wodurch mehrere Jahre verminderter Wuchsfreudigkeit vermieden worden wäre. Die praktische Bedeutung standortskundlicher Untersuchungen kann also an diesem Beispiel besonders klar erkannt werden. Auf Neuland, wo keinerlei Vorerfahrungen vorliegen, erfordern solche Studien gewisse Kenntnisse, die die Forstinstitute der Universitäten zu vermitteln haben, sie erfordern aber auch Zeit und geübtes Personal, was unmittelbar vor der Neueinrichtung einer Waldpflanzung meist nicht zur Verfügung steht. Aber es ist besser, das erste Pflanzjahr zu verlieren, als Fehler zu begehen, die den Enderfolg von Arbeit und Geldaufwand in Frage stellen können. Günstiger für die Durchführung standortskundlicher Untersuchungen liegen die Verhältnisse bei alten landwirtschaftlichen Besitzungen, wo aus Holzmangel in zunehmendem Maße die Aufforstung genutzter Naturwälder oder sonstiger geeigneter Ländereien durchgeführt werden muß. Schon die Wahl der zu pflanzenden Holzart ist hier ohne vorangegangene Studien des Klimas, des Bodens und des Wasserhaushaltes kaum richtig zu treffen. Insigniskiefern bei mildem Klima auf gute Böden zu pflanzen, ist ebenso abwegig, wie zu verlangen, daß Douglasien in Frostlöchern und sterilem Boden gedeihen. Ebenso wenig kann man auf mageren Böden, die der Insignis gerade genügen, üppige Mischwälder hochziehen.

Die Campagne gegen die Monokultur sollte sich daher viel eher von dem Grundsatz „Jedem das Seine“ leiten lassen; nämlich nicht überall und blindlings Insignis zu pflanzen, sondern je nach der Bonität des Kleinklimas und des Bodens mit den diesen natürlichen Gegeben-

heiten angepaßten Holzarten aufzuforsten. Da Kleinklima und Boden nirgends völlig uniform sind, wird sich nach obigem Grundsatz allmählich ein waldbauliches Bild größter Mannigfaltigkeit ergeben, dessen wirtschaftlicher Erfolg die alleinige Nutzung der Insigniskiefer weit übertreffen wird. So ist es eine Verschwendung, Insigniskiefern auf gute Böden zu pflanzen; dorthin gehören Douglasien, Cedern, Cypressen und andere Exoten mit hochgeschätztem Nutzholz, selbst auf die Gefahr hin, daß diese Holzarten zu ihrer Reife einen längeren Umtrieb brauchen als die *P. RADIATA*. Es sollten also nicht innerhalb eines und desselben Standorts die verschiedensten Baumarten durcheinander gepflanzt werden, sondern die natürlichen Gegebenheiten jedes einzelnen Standorts haben die Holzarten zu bestimmen, die den einzelnen Standorten am besten angepaßt sind und daher den größten Nutzen abzuwerfen versprechen. Auch der Landwirt unterscheidet Weizenböden von Hafer- und Kartoffelböden, so sollte man auch in der chilenischen Forstwirtschaft Insignisböden von Douglasien- oder Pappelböden unterscheiden können.

Vorbedingung für eine solche Rationalisierung des Waldbaus in Chile sind jedoch standortskundliche Untersuchungen im Großen und systematische Akklimatisationsversuche wertvoller Holzarten, wie sie der Verfasser im Waldhof durchführt. In der Erforschung dieser Grundlagen des Waldbaus sehe ich eine der wichtigsten Aufgaben der Forstwissenschaft, denn ohne die Klärung dieser Grundfragen wird eine moderne Forstpoltik in Chile nicht verwirklicht werden können.

Mit der Veröffentlichung der Methoden und Ergebnisse der standortskundlichen Untersuchungen auf seiner eigenen Pflanzung hofft daher der Verfasser einen Beitrag zur Erforschung der waldbaulichen Möglichkeiten Chiles geleistet zu haben.



## Resumen

El autor reside en el Sur de Chile y se dedica desde hace diez años a la silvicultura y a la repoblación forestal de terrenos de su propiedad no aptos para la agricultura. La plantación descrita en esta publicación se encuentra situada en las proximidades de la orilla oriental del lago Llanquihué, en el valle central de Chile, pero en una zona bastante alejada del centro de las grandes plantaciones chilenas, situadas en los alrededores de la ciudad de Concepción. Se trata, en efecto, de la plantación a gran escala más meridional de Chile, circunstancia que indujo al autor a emprender estudios e investigaciones pormenorizadas sobre las condiciones fundamentales imperantes en el lugar de la nueva plantación.

En el primer capítulo, el autor describe la ubicación de la cuenca de La Ensenada, su situación topográfica entre los volcanes Osorno y Calbuco y el cerro Santo Domingo, macizo diorítico éste último que forma parte de la Cordillera Real andina. Sobre ésta llanura aluvial de origen volcánico-fluviatil y de muy reciente formación geológica se estableció la plantación.

A lo largo de un período de seis años, el autor realizó observaciones meteorológicas en una estación situada cerca de la casa patronal del fundo, y basándose en los datos así obtenidos y debidamente computados, describe el clima reinante en el lugar de la plantación. Este se distingue del clima regional de la provincia de Llanquihué por la frecuencia de heladas nocturnas, sobre todo durante los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre, o sea, durante el período de crecimiento más intenso de las especies forestales exóticas. Se hacen comparaciones entre el clima local de la plantación y el clima de Puerto Montt, la estación meteorológica más próxima a La Ensenada. Además, se dan los datos climáticos del país de origen de varias especies forestales y el clima de algunas estaciones chilenas donde se repuebla en gran escala a base de estas especies foráneas. Al final de este capítulo se ponen de relieve los límites que el clima local de la plantación impone al desarrollo de ciertas especies forestales incapaces de soportar las heladas primaverales.

El tercer capítulo lo componen diversos estudios sobre el origen y composición física y química de los suelos forestales. Se trata de arenas, piedras y rocas volcánicas procedentes del volcán Osorno, muy permeables a las precipitaciones, especialmente cerca del río Petrohué, el cual repartió todo este material en forma de cono de deyección durante las últimas erupciones del mencionado volcán. A cierta distancia del río el material es más fino y menos permeable. La vegetación natural de este paraje pone bien a las claras la calidad del suelo: en la parte cercana al río, crecen matorrales de *Pernettya spec.* (Chaura) y *Ugni Molinae* (Murta) y pocos o ningún árbol, y en la parte más alejada se inicia un bosque poco denso y raquíto, al que sucede un tupido bosque alto. Los datos analíticos de diferentes muestras de suelos demuestran una pobreza marcada en sales nutritivas, y particularmente una falta casi total de fósforo aprovechable.

Se estudian después la distribución y el nivel de las aguas subterráneas y los puntos donde estas aguas afloran a la superficie. Mediante una nivelación exacta y la medición simultánea del nivel del agua en los diferentes pozos del fundo se determinó la distancia entre el nivel de las aguas subterráneas y la superficie, señalando los lugares donde estas aguas llegan a compensar la permeabilidad de los suelos y las frecuentes períodos estivales de sequía. Justamente en esos lugares el desarrollo vegetativo de los bosques alcanza su forma óptima. La interdependencia entre los bosques y las aguas subterráneas en suelos permeables quedó así claramente demostrada, incluso en aquellas zonas donde la altura de las precipitaciones supera los 2.000 mm anuales.

Finalmente se resumen en el último capítulo dedicado a la silvicultura las condiciones naturales existentes en el lugar de la plantación, relacionándolas con el crecimiento de diferentes especies forestales. No cabe duda alguna que, bajo estas condiciones generalmente adversas, el *Pinus radiata* (*insignis*) es el que da los mejores resultados. Resiste las heladas primaverales, se adapta a las sequías estivales y se desarrolla normalmente en suelos muy pobres, siempre que la repoblación se haga en forma racional y que en los años subsiguientes se dediquen al nuevo bosque los cuidados indispensables, si lo que se quiere obtener son árboles maderables y no leña solamente. El autor describe los métodos que se utilizaron en su plantación y en el correspondiente vivero, señalando los enemigos que atacan las plantas forestales y describiendo ciertos síntomas relacionados con la pobreza del suelo. Un ensayo sistemático con abonos químicos dió sorprendentes resultados y confirma plenamente que es el fosfato el que más se precisa en aquellos suelos.

Se llega, pues, a la conclusión de que en Chile existen grandes extensiones de terrenos volcánicos en los que solamente el pino *insignis* ofrece perspectivas de rentabilidad. El autor comparte, sin embargo, la opinión general de que el monocultivo del pino *insignis* implica grandes riesgos, pero que en suelos pobres el bosque mixto no ofrece la solución deseada, ya que el crecimiento excesivamente rápido del pino *insignis* impide el desarrollo de otras especies acompañantes. Por otra parte, el cultivo del pino *insignis* en lugares dotados de condiciones naturales favorables, en los que podrían prosperar árboles más nobles, significa un despilfarro de energía y de dinero.

El autor propone, pues, que se investiguen, al igual que se hace en el trabajo presente, las diferentes regiones de Chile aptas para la repoblación forestal, en relación con su clima, suelos y regímenes hidráulicos, con el fin de determinar qué terrenos se prestan al cultivo del pino de Oregón, cedros, cipreses y otros árboles nobles, y cuáles apenas podrían producir madera mediante la plantación del pino *insignis*. Como las condiciones naturales varían de un lugar a otro, las plantaciones adaptadas a estas diferentes condiciones abarcarían una gran variedad de especies forestales, lo cual no solamente evitaría los riesgos del monocultivo, sino que ofrecería al mismo tiempo una notable contribución al progreso de la industria maderera chilena.



## Literatur

- 1) *A. Scobel*, Geographisches Handbuch, Bd. II, pg. 460.
- 2) *Charles Darwin*: Geologische Beobachtungen über Suedamerika, aus dem Englischen übersetzt von J. Victor Carus, Stuttgart 1899, Anhang: Über den Zusammenhang gewisser vulk. Erscheinungen . . . pg. 26.
- 3) *Friedrich Reichert*: Auf Berges- und Lebenshöhe, Buenos Aires 1946, Bd. I, pg. 297 ff. — Bd. II, pg. 368 bringt eine interessante Photographie der Kraterspalte im Eis.
- 4) *Friedrich Reichert*: Auf Berges- und Lebenshöhe, B. A. 1946, Bd. II, pg. 479 ff.
- 5) *Juan Brügger*: Geologia, Edit. Nacimiento, Santiago, 1950. Seite 363.
- 6) Zitiert von *W. Meyer R.* in seinem Buch: „Diccionario Geografico-Etimologico Indigena“ Padre Las Casas 1956. pg. 131.
- 7) *W. Meyer R.*: Diccionario Geografico-Etimologico, pg. 179.
- 8) *W. Brunhs*: Gesteine vom Vulkan Osorno in Südchile. Bericht der Naturforschenden Gesellschaft in Freiburg/Brsg. Bd. 10, 1898, pg. 201—214.
- 9) Expeditionsbericht: Annales de la Universidad de Chile, Bd. X, pg. 107—110, 1853 mit Karte des Osorno von Döll.
- 10) Mit der Bezeichnung Granit und Basalt sollen nur generell die Plutonite (Tiefengesteine) von den Vulkaniten (Ergußgesteine) unterschieden werden.
- 11) *K. Wolffhuegel*: „Rätsel der Notohylaea“, Revista Sudamericana de Botanica, Montevideo, Mayo 1949.
- 12) Globus, Illustrierte Zeitschrift für Länder und Völkerkunde, Bd. LIII. Nr. 15, Kürzere Mitteilungen: S. 237. Braunschweig 1888.
- 13) *K. Knoch*: Klimakunde von Südamerika, Band II des Handbuches für Klimatologie, hrsg. von *W. Koeppen* und *R. Geiger*, S. 6.
- 14) *C. Martin*: Landeskunde von Chile, Hamburg 1909, Lebensumriß S. IX u. ff.
- 15) *K. Knoch*: ebenda S. G 257.
- 16) *J. Hann*: Handbuch der Klimatologie, III. Bd. S. 553.
- 17) *Knoch*: ebenda S. G 257.
- 18) *L. Tschermak*, Waldbau, Wien 1950, Seite 26.
- 19) *R. Geiger*: „Das Klima der bodennahen Luftschicht“, Braunschweig 1947, Seite 367.
- 20) *J. Hann*: Handb. der Klimatologie, Stuttgart 1911, pg. 227.
- 21) *R. Geiger*: ebenda, pg. 186.
- 22) *K. Knoch*: Klimakunde von Südamerika, Berlin 1930, Seite G 45.
- 23) *R. Geiger*: ebenda pg. 167.
- 24) *E. Muench*: Beiträge zur Forstpflanzenzucht, pg. 21.
- 25) *G. H. Schwabe*: Die ökologischen Jahreszeiten im Klima von Mininco (Chile). Heft 17 der Bonner Geographischen Abhandlungen „Forschungen in Chile“, Seite 139.
- 26) *Troll, C.*: Strukturböden, Solifluktion und Frostklimate der Erde. Klimaheft der Geolog. Rundschau, Bd. 34, 1944; vgl. auch *Krumme, O.*: Frost und Schnee in ihrer Wirkung auf den Boden im Hochtaunus. Rhein-Main-Forsch., 13, Frankfurt 1935.
- 27) *C. A. Schenk*: „Fremdländische Wald- und Parkbäume“, 3 Bde., Paul Parey, Berlin 1939.
- 28) *Schenk*, ebenda Bd. I, pg. 50.

- 29) *E. A. Mitscherlich*: Bodenkunde, Paul Parey, Berlin 1954 (Vorwort zur 7. Auflage).
- 30) Bei diesen Untersuchungen sind wir im allgemeinen den Angaben der „Bodenkunde“ von *R. Fabry*, München 1950, gefolgt.
- 31) *R. Fabry*, Bodenkunde, München 1950, pg. 64.
- 32) *Schwabe, G. Helmut*: Die ökologischen Jahreszeiten im Klima von Mininco (Chile). In: Forschungen in Chile. Bonner Geogr. Abhandl., H. 17, Bonn 1956. S. 139-183.
- 33) *N. L. King*: *PINUS INSIGNIS DOUG.* in South Africa, Pretoria 1925, pg. 4.
- 34) *V. Gutschick*: Forstliche Standortskunde, Hannover 1950, pg. 50.
- 35) *V. Gutschick*: Forstliche Standortskunde, Hannover 1950, pg. 45.
- 36) *T. R. Sim*: Tree Planting in South Africa, Pretoria 1927, pg. 350.
- 37) *T. R. Sim*: Tree Planting in South Africa, Pietermaritzburg, 1927, pg. 161.

**Anschrift des Verfassers:**

**Dr. phil. Peter P. von Bauer Chl., Granja Forestal, La Ensenada,  
via Puerto Varas, Chile - Suramerica**



Bild 1: Der Waldhof bei La Ensenada. Im Vordergrund Buschwald (Photo v. Bauer)

Bild 2: Llanquihue-See mit Vulkan Osorno (Photo: Mora)

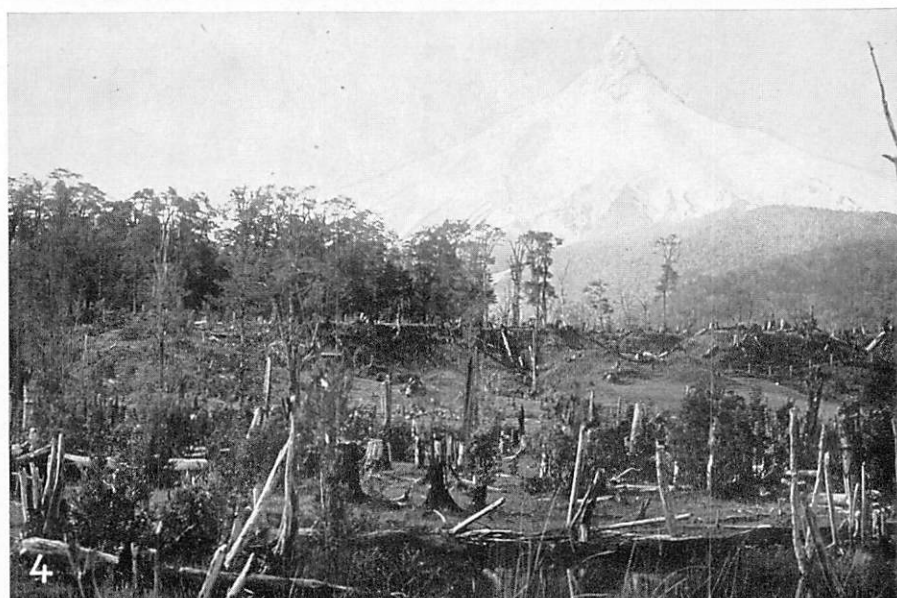


Bild 3: Vulkan Osorno im Winter von Südosten gesehen (Photo: Mora)

Bild 4: Cerro Puntiagudo, das „chilenische Matterhorn“. Immergrüner Notofagus-Wald  
(Photo: Mora)

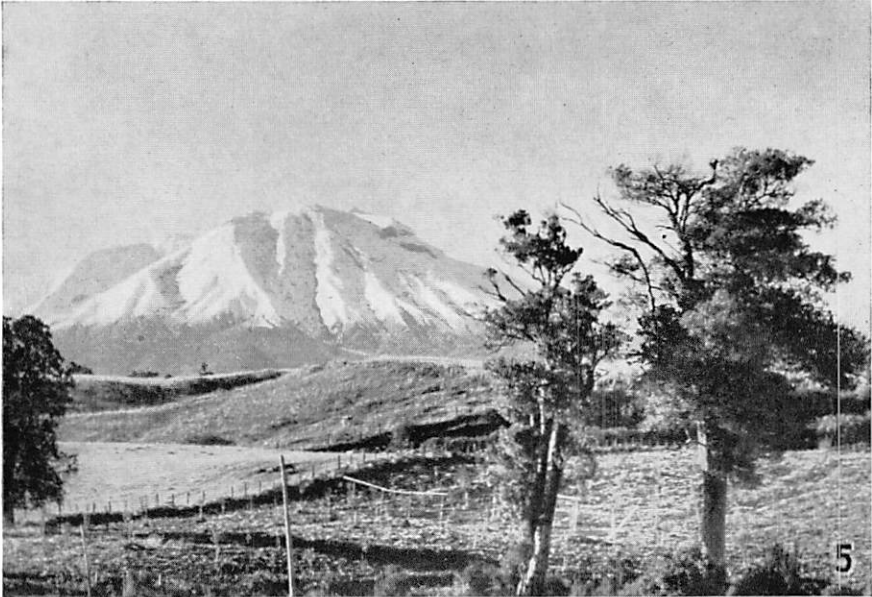


Bild 5: Vulkan Calbuco (Photo: Mora)

Bild 6: Alter Torrente, z. T. schon mit Moos bewachsen. Im Hintergrund der Osorno  
(Photo: Mora)



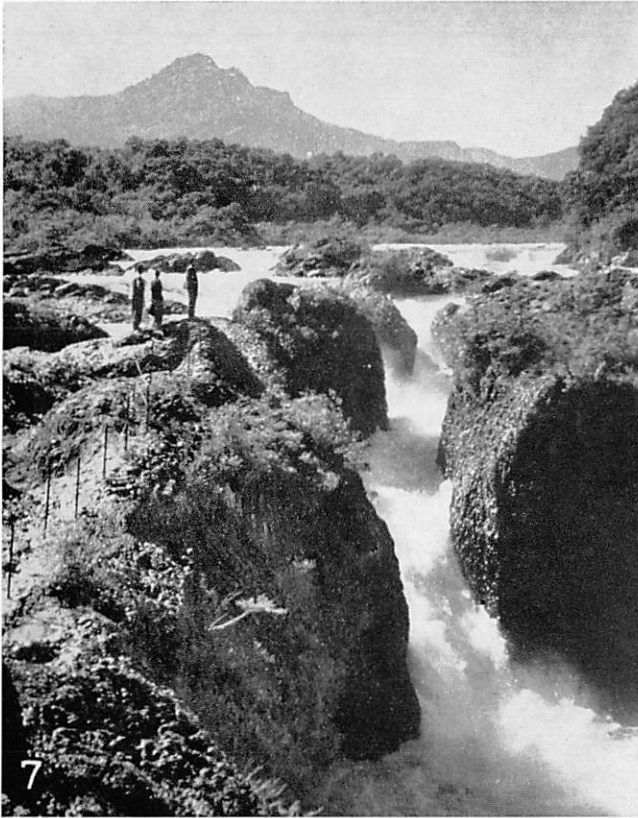


Bild 7: Rio Petrohué durchschneidet einen Lavastrom



Bild 8: Farnboden, Straßengraben-Aufschluß

(Photos v. Bauer)



Bild 9: Heideboden, Straßengraben-Aufschluß

(Photo v. Bauer)

Bild 10: Heideboden, Steinriegel im Straßengraben

(Photo v. Bauer)

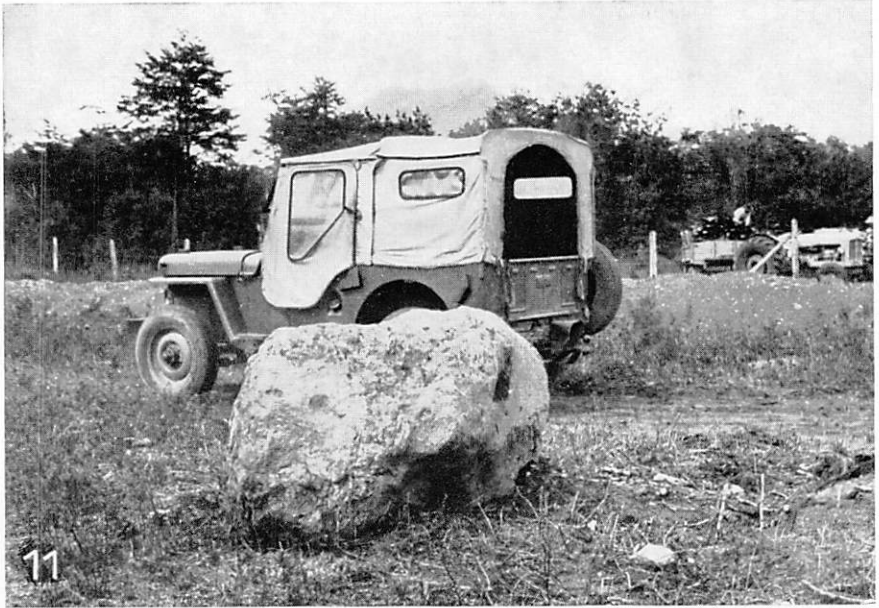


Bild 11: Ausgegrabener Basaltblock

Bild 12: Forstgarten: Rechts Mutterbeet für Wettstein-Pappel, links 2jähr. Douglasien  
Im Hintergrund: rechts Gewächshaus, mitte Pinus radiata, links Cupressus torulosa  
(Photos v. Bauer)

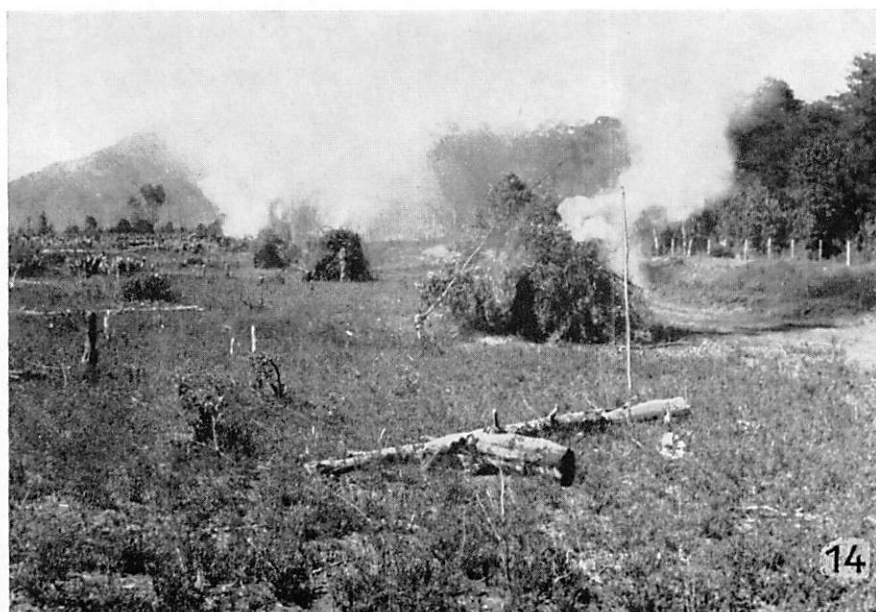


Bild 13: Gerodete Stöcke werden zur Verbrennung zusammengefahren

Bild 14: Verbrennung von Stöcken und Reisig

(Photos v. Bauer)



Bild 15: *Pinus radiata*. 5jährige Pflanzung.  
Im Vordergrund: Heidegewächse (*Pernettya spec.*)



Bild 16: *Pinus radiata*. 7jährige Pflanzung

(Photos v. Bauer)



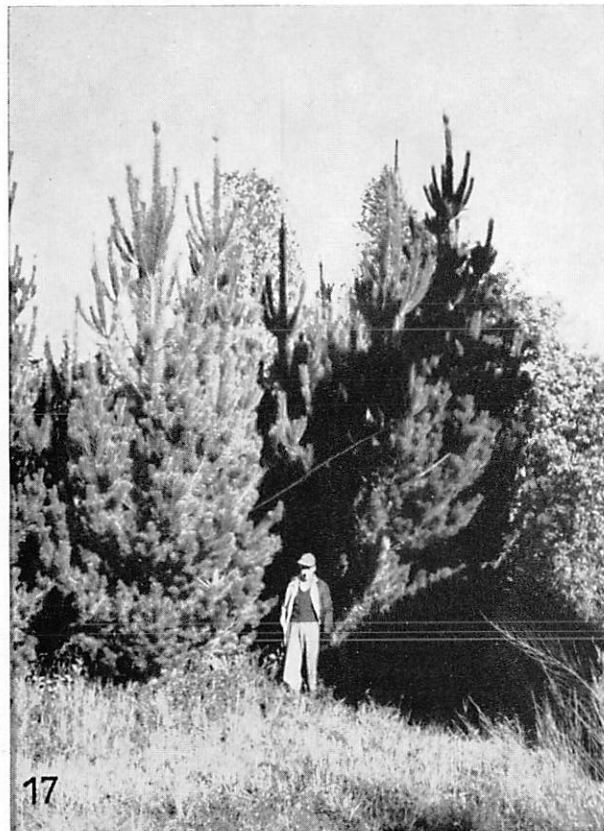
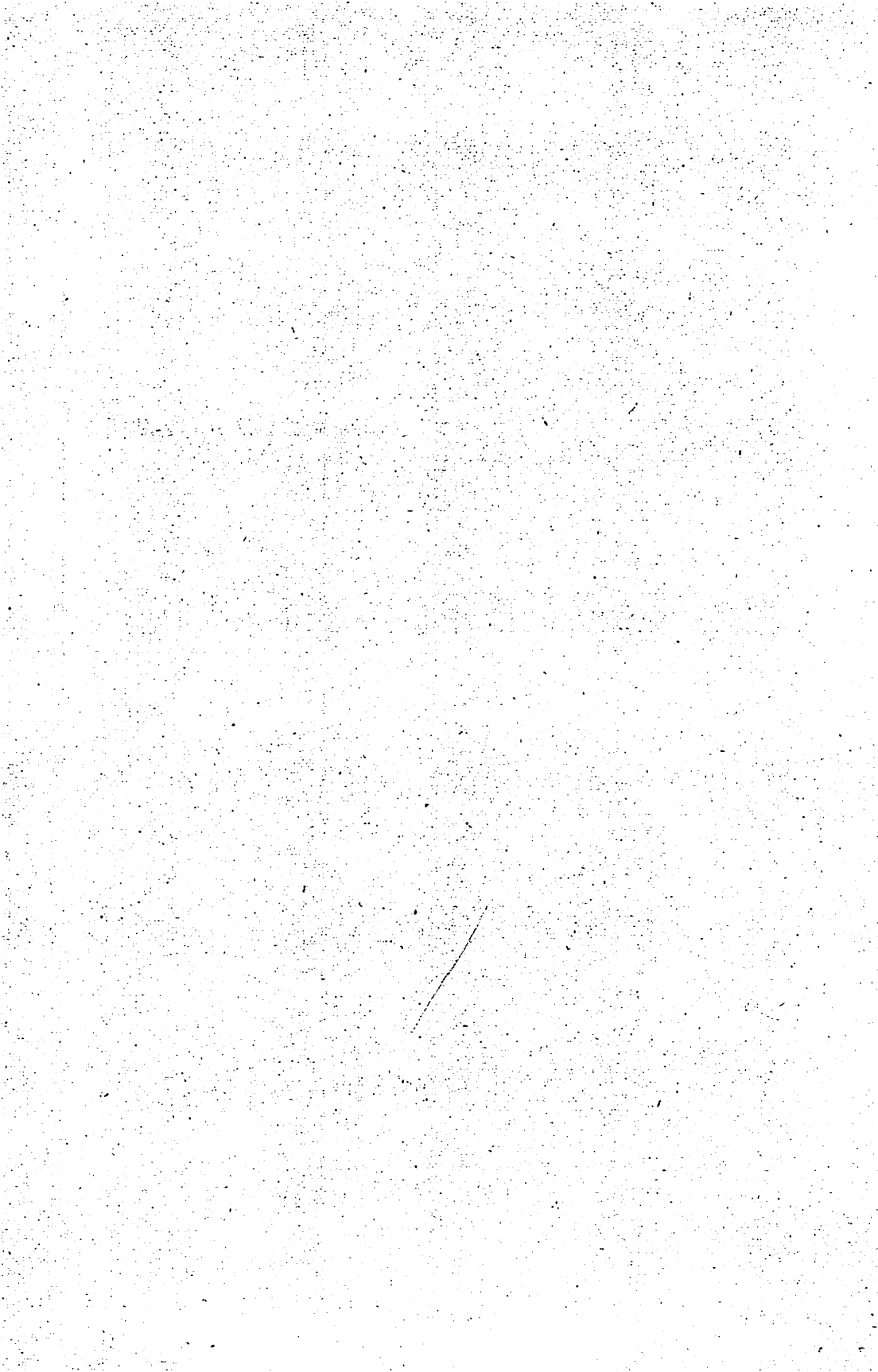


Bild 17: Pinus radiata. 8jährige Pflanzung (1957). Versuchspflanzung 1949 (Photo v. Bauer)

Bild 18: Forstgarten, Schattenhaus. (Photo: Landesforstmeister R. Philippi)



# Arbeiten zur Rheinischen Landeskunde

Herausgegeben vom Geographischen Institut der Universität Bonn  
durch C. Troll und F. Bartz

Schriftleitung: Helmut Hahn

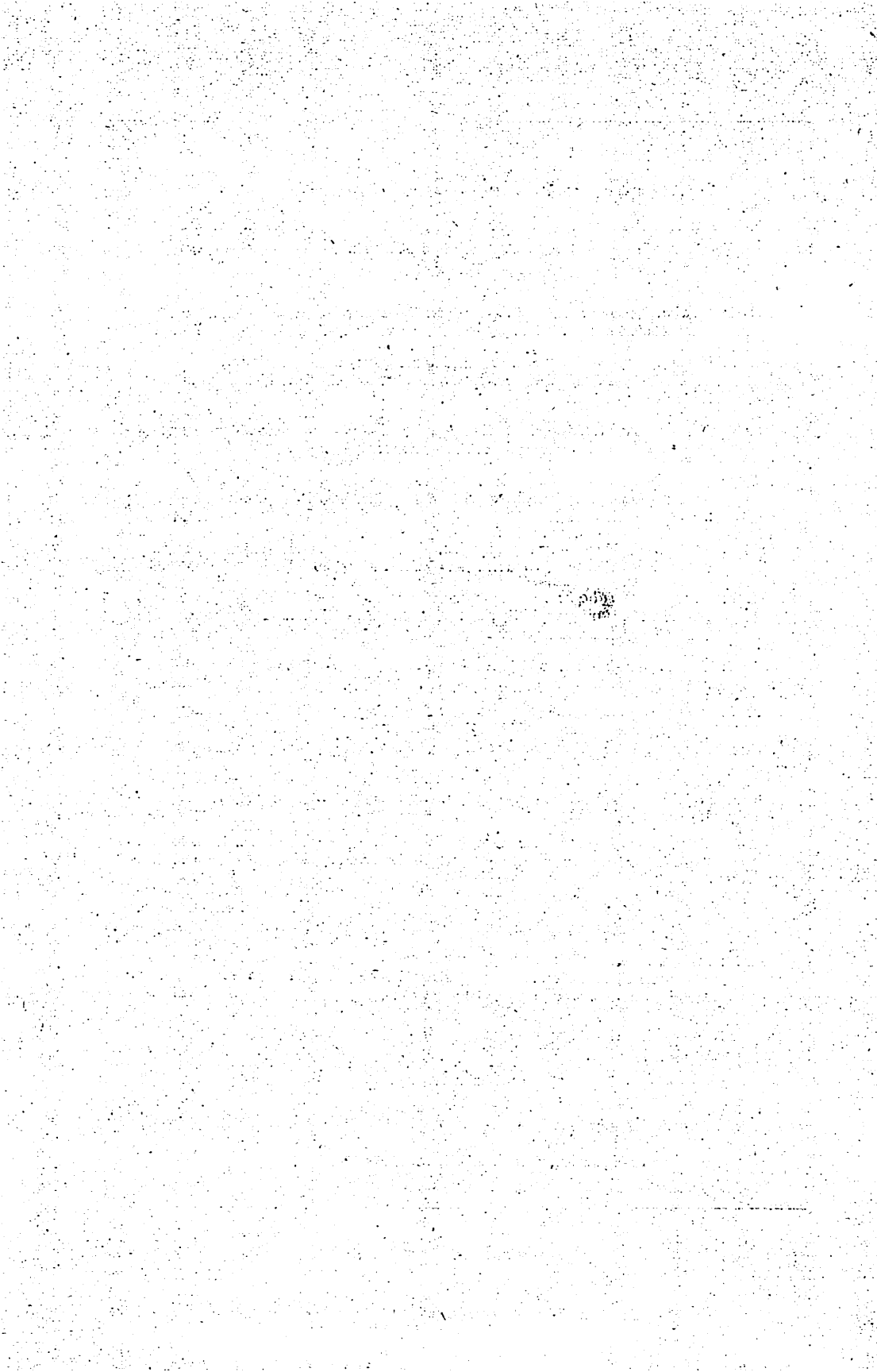
- Heft 1: *Straka, Herbert*: Zur spätquartären Vegetationsgeschichte der Vulkaneifel. 1952. 116 S., 7 Abb., 5 Tafeln und 23 Tabellen. DM 5.—
- Heft 2: *Kötter, Heinrich*: Die Textilindustrie des deutsch-niederländischen Grenzgebietes in ihrer wirtschaftsgeographischen Verflechtung. 1952. 86 S. und 16 Abb. DM 3.50
- Heft 3: *Schwickerath, Hildegard*: Die Basaltindustrie zwischen Rhein, Sieg und Wied. 1953. 59 S., 13 Abb. und 1 Kartenbeilage. DM 3.50
- Heft 4: *Sins, Gabriele*: Die Baumschulen des Rheinlandes mit besonderer Betonung der Verhältnisse von Meckenheim. 1953. 69 S., 14 Abb. und 2 Kartenbeilagen. DM 4.—
- Heft 5: *Schneider, Matthias*: Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft im Gebiet der Ertfquellflüsse (Nordeifel). 1953. 89 S. und 30 Abb. DM 5.—
- Heft 6: *Kremer, Elisabeth*: Die Terrassenlandschaft der mittleren Mosel als Beitrag zur Quartärgeschichte. 1954. 100 S., 28 Abb., 11 Profile, 5 Tab. und 2 Karten im Anhang. DM 5.—
- Heft 7: *Emonds, Hubert*: Das Bonner Stadtklima. 1954. 64 S., 35 Abb. und 6 Tabellen. DM 4.—
- Heft 8: *Barners, Ernst*: Landnutzung und agrargeographische Struktur des Bitburger Landes. 1955. 83 S., 40 Abb., 11 Tab. und 1 mehrfarbige Nutzflächenkartierung als Beilage. DM 6.—
- Heft 9: *Kufferath-Sieberin, Günter*: Die Zuckerindustrie der linksrheinischen Bördenlandschaft. 1955. 44 S., 13 Abb. und 3 mehrfarbige Kartenbeilagen. DM 5.—
- Heft 10: *Heyn, Erich*: Zerstörung und Aufbau der Großstadt Essen. 1955. 149 S., 22 Abb., 15 Bilder im Anhang und 1 Kartenbeilage. DM 6.—
- Heft 11: *Herzog, Wilhelm*: Die Rieselfeldkulturen der Stadt Dortmund. Kultur-geographische Auswirkungen städtischer Abwasserwirtschaft. 1956. 58 S., 15 Abb., 12 Diagramme und 1 mehrfarbige Karte. DM 6.—
- Heft 12: *Ballensiefen, Willi*: Die Agrarlandschaft der Wittlicher Senke und ihrer Nachbargebiete. 1957. 137 S., 67 Abb., 16 Tab. im Anhang und 2 Bodennutzungskarten als Beilage. DM 8.—
- Heft 13: *Pley, Herbert*: Garten- und Feldgemüsebau am mittleren Niederrhein. 1958. 107 Seiten mit 6 Abbildungen u. 1 Landnutzungskarte. DM 10.80

In Vorbereitung:

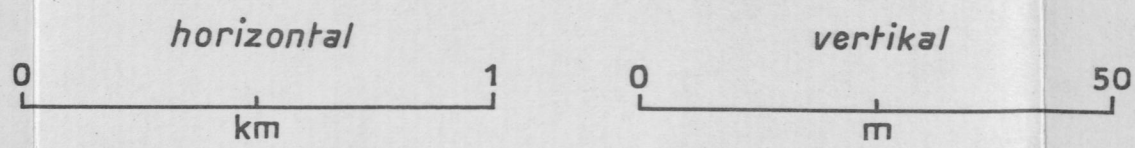
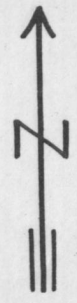
- Heft 14: *Bohling, Günther*: Die Rindviehwirtschaft in den Agrarlandschaften des nördlichen Rheinlandes.

In Kommission bei Ferd. Dümmlers Verlag Bonn

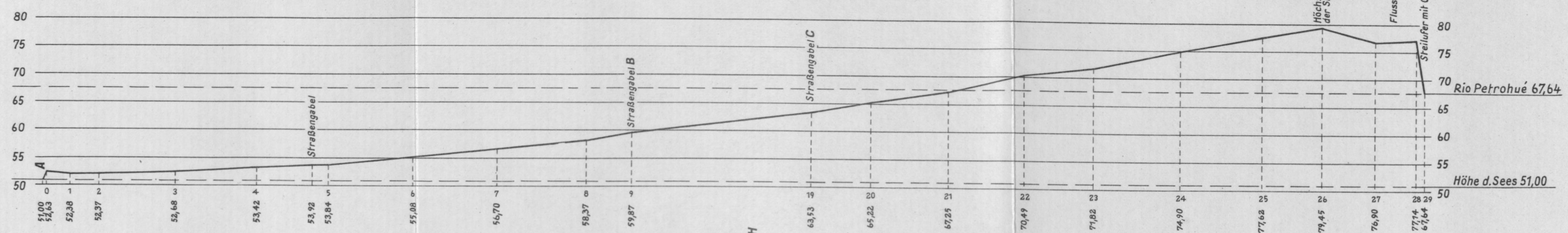




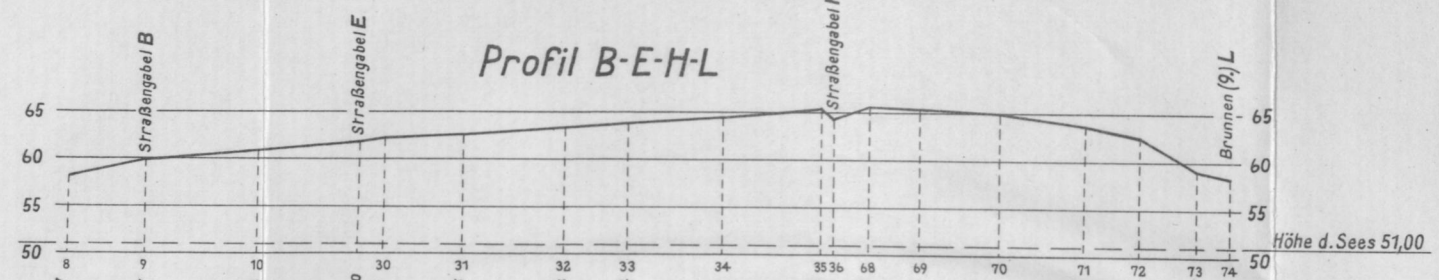
# Nivellierungsplan der Aufforstung „Waldhof“



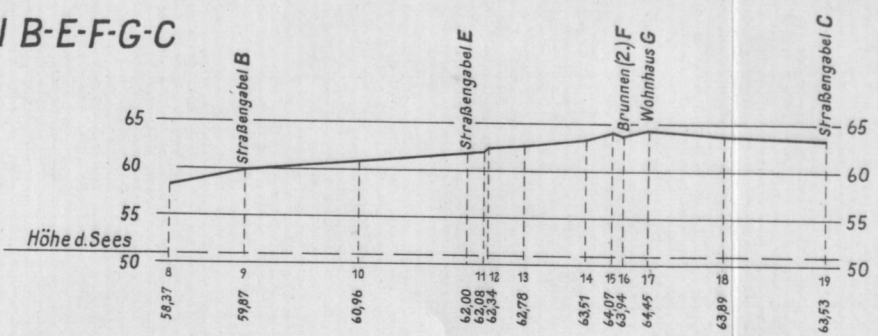
Profil A-B-C-D



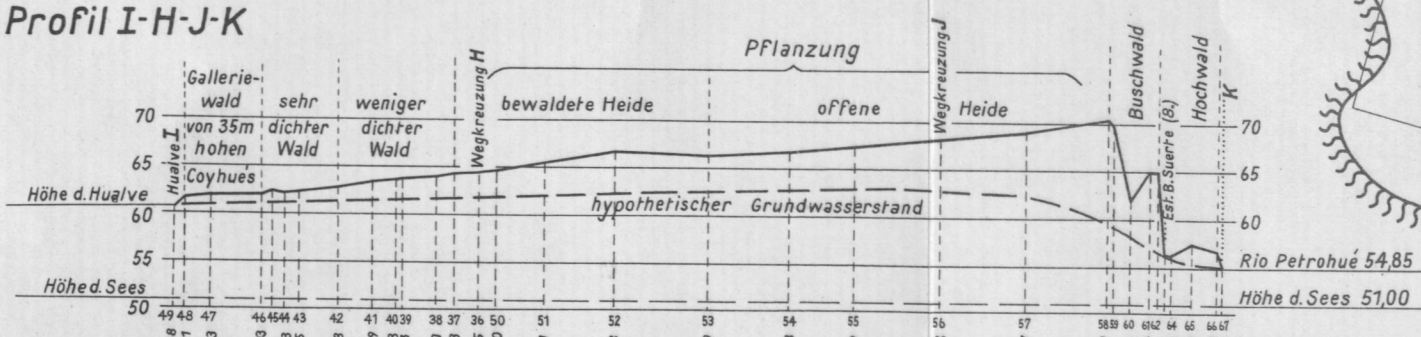
Profil B-E-H-L



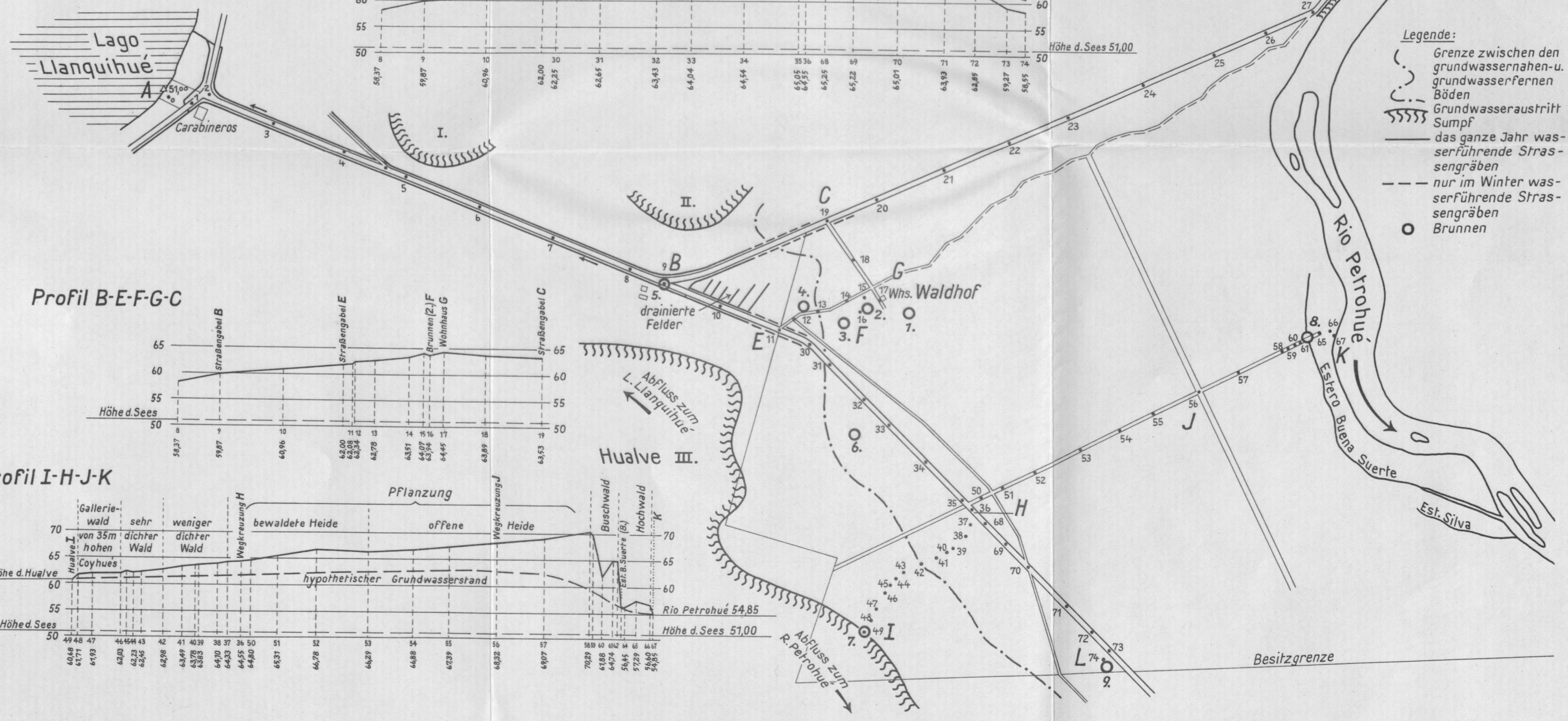
Profil B-E-F-G-C



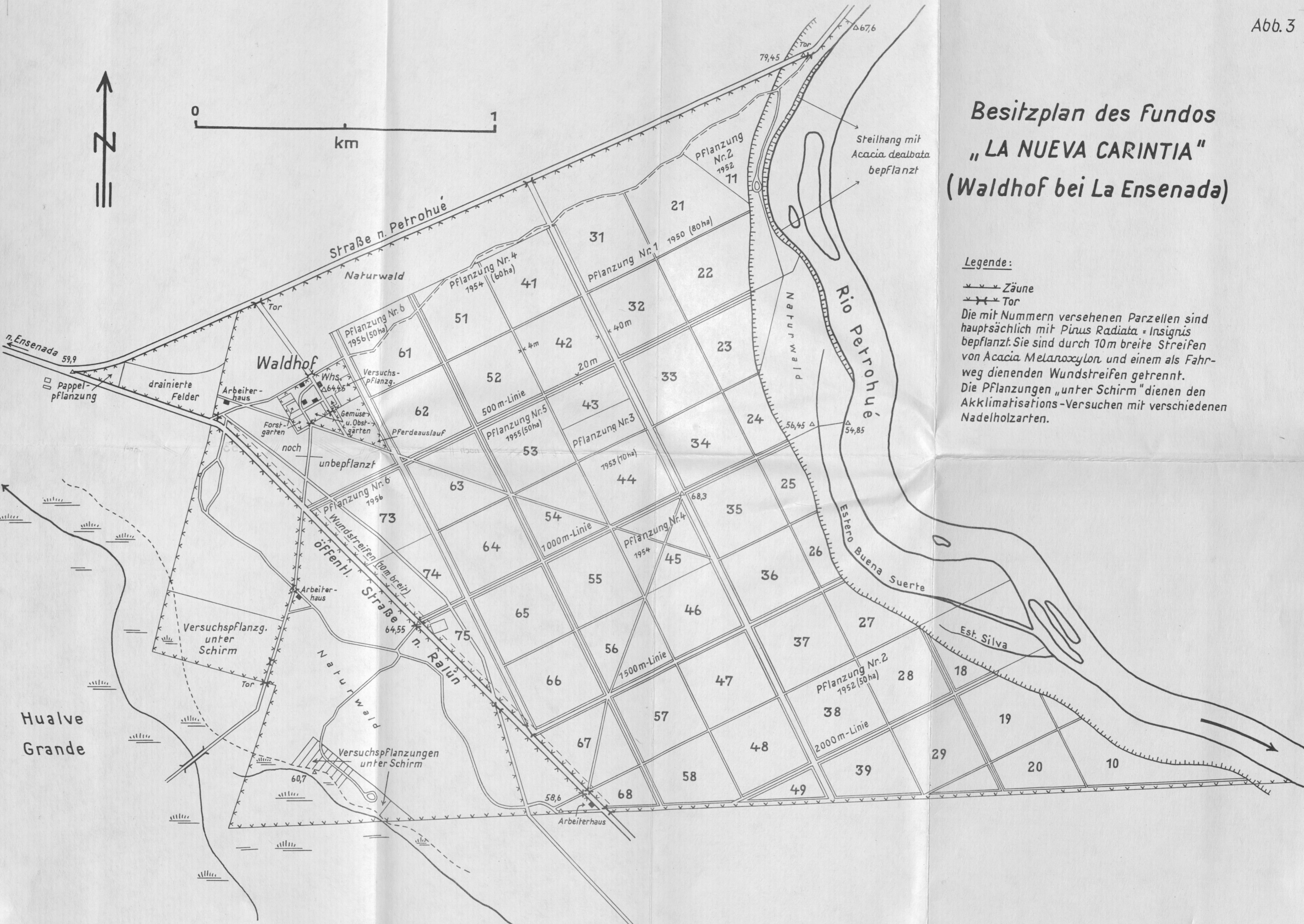
Profil I-H-J-K



- Legende:**
- Grenze zwischen den grundwassernahen- u. grundwasserfernen Böden
  - Grundwasseraustritt
  - Sumpf
  - das ganze Jahr wasserführende Straßengräben
  - nur im Winter wasserführende Straßengräben
  - Brunnen







**Besitzplan des fundos  
„LA NUEVA CARINTIA“  
(Waldhof bei La Ensenada)**

Legende:

- Zäune
  - Tor
- Die mit Nummern versehenen Parzellen sind hauptsächlich mit *Pinus Radiata - Insignis* bepflanzt. Sie sind durch 10m breite Streifen von *Acacia Melanoxylon* und einem als Fahrweg dienenden Wundstreifen getrennt. Die Pflanzungen „unter Schirm“ dienen den Akklimatisations-Versuchen mit verschiedenen Nadelholzarten.