

**BONNER GEOGRAPHISCHE ABHANDLUNGEN**

ISSN 0373-0468

Herausgegeben von

H. Hahn - W. Kuls - W. Lauer - P. Höllermann - K.A. Boesler

Schriftleitung: H.-J. Ruckert

Heft 73

**Christel Brückner**

**Untersuchungen zur Bodenerosion  
auf der Kanarischen Insel Hierro**

**Ursachen, Entwicklung und Auswirkungen  
auf Vegetation und Landnutzung**

1987

In Kommission bei

Ferdinand Dümmlers Verlag - Bonn

**Christel Brückner**

**Untersuchungen zur Bodenerosion  
auf der Kanarischen Insel Hierro**

**Ursachen, Entwicklung und Auswirkungen auf Vegetation und Landnutzung**

**BONNER GEOGRAPHISCHE ABHANDLUNGEN**

ISSN 0373-0468

Herausgegeben von

H. Hahn W. Kuls W. Lauer P. Höllermann K.-A. Boesler

Schriftleitung: H.-J. Ruckert

---

Heft 73

Christel Brückner

**Untersuchungen zur Bodenerosion  
auf der Kanarischen Insel Hierro**

**Ursachen, Entwicklung und Auswirkungen  
auf Vegetation und Landnutzung**



1987

---

In Kommission bei

**FERD. DÜMMLERS VERLAG · BONN**

– Dümmlerbuch 7623 –

**Untersuchungen zur Bodenerosion  
auf der Kanarischen Insel Hierro**  
**Ursachen, Entwicklung und Auswirkungen  
auf Vegetation und Landnutzung**


von

**Christel Brückner**

**mit 12 Tabellen, 16 Abbildungen,  
15 Hangprofilen, 30 Bodenprofilen  
und 38 Photos**

In Kommission bei

**FERD. DÜMMLERS VERLAG · BONN**

 **Dümmelerbuch 7623**

**Alle Rechte vorbehalten**

**ISBN 3-427-76231-9**

**© 1987 Ferd. Dümmelers Verlag, 5300 Bonn 1**

**Herstellung: Richard Schwarzbald, Witterschlick b. Bonn**

INHALT

1. Einführung	1
1.1 Vorwort	1
1.2 Auswahl des Untersuchungsgebietes	2
1.3 Der Begriff "Bodenerosion"	2
1.4 Aufgabenstellung und Zielsetzung der Untersuchungen	3
1.5 Methodischer Ansatz	3
1.6 Kurzer Überblick über den gegenwärtigen Forschungsstand	4
1.7 Allgemeine Beschreibung des Untersuchungsgebietes	6
1.7.1 Lage	6
1.7.2 Geologie	6
1.7.3 Oberflächenformen	7
1.7.4 Klima	7
1.7.5 Vegetation	8
1.7.6 Böden	10
1.7.7 Siedlungs- und Bevölkerungsentwicklung	10
1.7.8 Landwirtschaft	11
2. Räumliche Differenzierung einzelner Geofaktoren in ihrer Bedeutung für die Bodenerosion - Untersuchungsergebnisse	12
2.1 Klima und Vegetation	12
2.1.1 Niederschlagsverteilung und Bedeutung der Starkregen	13
2.1.2 Auswirkungen des Passats und lokaler Windsysteme	15
2.1.3 Einfluß des Menschen auf die natürliche Vegetation	16
2.1.4 Auswirkungen der anthropogen veränderten Vegetation	18
2.2 Die Böden	20
2.2.1 Einfluß der Umweltfaktoren auf die Bodenentwicklung	20
2.2.2 Regionale Verbreitung und Entwicklung der verschiedenen Bodentypen in der Fußstufe	22
2.2.2.1 Xerorthents	22
2.2.2.2 Calciorthids - Bedeutung polygenetischer Profile	23
2.2.2.3 Böden unter landwirtschaftlicher Nutzung	24

2.2.2.4 Xeralfs - Problematik ihrer Klassifikation	25
2.2.2.5 Rezenter Entwicklungstrend	28
2.2.3 Regionale Verbreitung und Entwicklung der verschiedenen Bodentypen in der Mittelstufe	28
2.2.3.1 Andepts	28
2.2.3.2 Böden an Steilhängen (über 35° Hangneigung)	31
2.2.3.3 Xeralfs	31
2.2.3.4 Anthropogen veränderte Hochlandböden	34
2.3 Land- und Forstwirtschaft	35
2.3.1 Aufforstungen in der Mittelstufe	36
2.3.2 Straßenanlagen und -ausbau	38
2.3.3 Der Bananenbau - Ursachen und Auswirkungen	39
2.3.3.1 Die Fußstufe	40
2.3.3.2 Die Mittelstufe	41
3. Datenreduktion und statistische Zusammenhänge zwischen Bodenerosion und Prädiktorvariablen	43
3.1 Gründe für die Anwendung einer Faktorenanalyse	43
3.2 Die Korrelationsanalyse	44
3.2.1 Auswahl der Variablen und ihre Quantifizierung	44
3.2.2 Ergebnisse der Korrelationsanalyse	46
3.3 Ergebnisse der Faktorenanalyse	47
3.3.1 Zusammensetzung der einzelnen Faktoren	47
3.3.2 Standortklassifizierung durch Faktorenwerte	49
3.3.2.1 Der Faktor 1	49
3.3.2.2 Der Faktor 2	50
3.3.2.3 Der Faktor 3	51
3.3.2.4 Der Faktor 4	52
3.3.3 Einige Bemerkungen zur statistischen Unabhängigkeit der Faktoren	53
3.4 Zusammenfassung von Kapitel 3	54
4. Ausmaß und Wuswirkungen der Bodenerosion - regional unterschiedlicher Zerstörungsgrad und gegenwärtige Entwicklungstendenz	55
4.1 Gebiete ohne nachweisbare Bodenerosion - natürliche oder naturnahe Bedingungen	55

4.2 Schadensstufe 1: Gebiete mit geringer bis mäßiger Bodenerosion - gegenwärtig überwiegend andauernde Intensität	57
4.2.1 Die Schadensstufe 1a	57
4.2.1.1 Voraussetzungen für Art und Intensität der Bodenerosion	57
4.2.1.2 Ausmaß der erosionsbedingten Veränderungen	58
4.2.1.3 Auswirkungen und gegenwärtige Entwicklung	60
4.2.2 Die Schadensstufe 1b	61
4.2.2.1 Voraussetzungen für Art und Intensität der Bodenerosion	61
4.2.2.2 Ausmaß der erosionsbedingten Veränderungen	62
4.2.2.3 Auswirkungen und gegenwärtige Entwicklung	63
4.3 Schadensstufe 2: Gebiete mit mäßiger bis starker Bodenerosion - gegenwärtig überwiegend abnehmende Intensität	64
4.3.1 Die Schadensstufe 2a	64
4.3.1.1 Voraussetzungen für Art und Intensität der Bodenerosion	64
4.3.1.2 Ausmaß der erosionsbedingten Veränderungen	66
4.3.1.3 Auswirkungen und gegenwärtige Entwicklung	68
4.3.2 Die Schadensstufe 2b	70
4.3.2.1 Voraussetzungen für Art und Intensität der Bodenerosion	70
4.3.2.2 Ausmaß der erosionsbedingten Veränderungen	71
4.3.2.3 Auswirkungen und gegenwärtige Entwicklung	72
4.4 Schadensstufe 3: Gebiete mit starker Bodenerosion - gegenwärtig überwiegend andauernde Intensität	74
4.4.1 Die Schadensstufe 3a	74
4.4.1.1 Voraussetzungen für Art und Intensität der Bodenerosion	74
4.4.1.2 Ausmaß der erosionsbedingten Veränderungen	75
4.4.1.3 Auswirkungen und gegenwärtige Entwicklung	77
4.4.2 Die Schadensstufe 3b	78
4.4.2.1 Voraussetzungen für Art und Intensität der Bodenerosion	78
4.4.2.2 Ausmaß der erosionsbedingten Veränderungen	79
4.4.2.3 Auswirkungen und gegenwärtige Entwicklung	82



4.5 Schadensstufe 4: Gebiete mit starker bis sehr starker Bodenerosion - gegenwärtig überwiegend zunehmende Intensität	83
4.5.1 Die Schadensstufe 4a	83
4.5.1.1 Voraussetzungen für Art und Intensität der Bodenerosion	84
4.5.1.2 Ausmaß der erosionsbedingten Veränderungen	85
4.5.1.3 Auswirkungen und gegenwärtige Entwicklung	87
4.5.2 Die Schadensstufe 4b	88
4.5.2.1 Voraussetzungen für Art und Intensität der Bodenerosion	88
4.5.2.2 Ausmaß der erosionsbedingten Veränderungen	89
4.5.2.3 Auswirkungen und gegenwärtige Entwicklung	92
4.6 Meliorationsmaßnahmen zur Verminderung der Bodenerosion	93
5. Zusammenfassung - Summary - Compendio	96
Literaturverzeichnis	103
Lebenslauf	
 <u>Tabellen</u>	
Tab. 1: Bevölkerungsentwicklung auf Hierro	127
Tab. 2: Bevölkerungsentwicklung auf den Kanarischen Inseln	127
Tab. 3a: Niederschlagsdaten von Hierro	128
Tab. 3b: Mittlerer Jahresniederschlagsgang auf Hierro	129
Tab. 4: Vegetationsverhältnisse auf Hierro	130
Tab. 5: Gesamtaufschluß/Bauschanalyse (%)	131
Tab. 6: Rangskala mit Disposition für Windstärke (V2)	132
Tab. 7: Rangskala mit Disposition für Bewölkungsgrad (V3)	132
Tab. 8: Rangskala mit Disposition für gegenwärtige Nutzung (V9)	133
Tab. 9: Rangskala mit Disposition für gegenwärtige und frühere Bodenerosionsgefährdung (V17 und V18)	134
Tab. 10: Korrelationsmatrix	135
Tab. 11: Pearson Correlation Coefficients - Auszug	140
Tab. 12: Faktorenanalyse - Auszug	145
<u>Bodenprofile</u> B 1 bis B 30	146 - 155

Abbildungen

Abb. 1: Oberflächenformen	156
Abb. 2: Mittlere jährliche Niederschlagsverteilung	156
Abb. 3a-k: Niederschlagsverteilung einzelner Stationen	
Abb. 3a: Station San Andres	157
Abb. 3b: Station San Andres	157
Abb. 3c: Station Taibique	158
Abb. 3d: Station Aeropuerto	158
Abb. 3e: Station Erese	158
Abb. 3f: Station Punta Orchilla	159
Abb. 3g: Station Sabinosa	159
Abb. 3h: Station Guarazoca	159
Abb. 3i: Station Guarazoca	160
Abb. 3j: Station Mocañal	160
Abb. 3k: Station Golfo de Mevese	160
Abb. 4: Unterschiedliche Stärke der Windeinwirkung und mittlere Lage des Passatnebels	161
Abb. 5: Gegenwärtige Vegetations- und Nutzungsverhältnisse	161
Abb. 6: Die Böden	162
Abb. 6a: Lage der Bodenprofile	162
Abb. 7: Röntgendiffraktometrische Untersuchungen	163
Abb. 8: Siedlungsverteilung, Straßennetz und Gebiete mit hohem Anteil gegenwärtig aufgegebener Nutzflächen	163
Abb. 9-12 Klassen der Faktorenwerte	
Abb. 9: Faktor 1	164
Abb. 10: Faktor 2	164
Abb. 11: Faktor 3	165
Abb. 12: Faktor 4	165
Abb. 13: Gegenwärtige Bodenerosionsgefährdung und -inten- sität	166
Abb. 14: Lage der Hangprofile	167
Abb. 15: Lage der wichtigsten Barrancos und Sekundärkegel	167
Abb. 16a: Flächenhafter Bodenabtrag	168
Abb. 16b: Kolluvienmächtigkeit	168
<u>Hangprofile</u> 1 bis 15	169 - 175
<u>Photographien</u> 1 bis 38	176 - 194

1948

1949

1950

1951

1952

1953

1954

1955

1956

1957

1958

1959

1960

1961

1962

1963

1964

1965

## 1. EINFÜHRUNG

### 1.1 VORWORT

Für die Beteiligung beim Zustandekommen meiner Arbeit möchte ich mich an dieser Stelle bei allen denjenigen ganz herzlich bedanken, die mich in den letzten drei Jahren mit Rat und Tat unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt der aufmerksamen Betreuung durch Herrn Professor Dr. P. Höllermann, bei dem ich in dieser Zeit auch als wissenschaftliche Hilfskraft tätig sein konnte. Die von ihm im Jahre 1975 geleitete Exkursion auf die Insel Teneriffa erweckte mein Interesse für das Problem der Wechselbeziehung zwischen Mensch und Umwelt auf dem kanarischen Archipel.

Ganz herzlich möchte ich mich auch bei Herrn Professor Dr. H. Zakosek, Institut für Bodenkunde, bedanken, der nach meiner Diplomarbeit wiederum bereit war, meine Doktorarbeit gemeinsam mit Herrn Professor Dr. P. Höllermann zu betreuen.

Meinen Dank richte ich ferner an zwei langjährige Mitarbeiter am bodenkundlichen Institut, Frau Dr. G. Boje-Klein und Herrn Dr. S. Stephan, die sich als sehr geduldige Zuhörer, Kritiker und Helfer in vielen Fragen bezüglich bodenchemischer Untersuchungsmethoden und Bodenklassifikation erwiesen.

Herrn Dr. H. Beckmann und Frau M. Kasten danke ich für die Hilfe bei den röntgendiffraktometrischen Untersuchungen, Frau M. Klein, Frau I. Reutel und Frau M. Steven für ihre Mithilfe bei den bodenchemischen Analysen.

Für die Beratung bei der EDV-Auswertung sowie die zahlreichen, anregenden Diskussionen über die Thematik dieser Arbeit bedanke ich mich bei Herrn W. Siegburg.

Den Mitarbeitern des Meteorologischen Institutes in Santa Cruz/Teneriffa danke ich für die freundliche Erlaubnis der Übernahme zahlreicher meteorologischer Daten. Weiterhin danke ich den Angestellten des Landwirtschaftsministeriums in Santa Cruz und der Inselverwaltungen von Teneriffa und Hierro für ihre trotz Verständigungsschwierigkeiten geduldige und bereitwillige Hilfe bei der Zusammenstellung topographischer Karten und statistischer Daten sowie für ihre ergänzenden mündlichen Mitteilungen.

Nicht zuletzt gilt auch mein Dank allen meinen Reisebegleitern, Frau A. Müller, Frau A. Habermann und Herrn J. Stolarczyk, die mich auf meinen Fahrten ins Untersuchungsgebiet tatkräftig unterstützten und vor allem bei der Bewältigung technischer Probleme unentbehrlich waren.

Für die letzte Durchsicht dieser Arbeit danke ich Herrn Dr. H. Siebertz.

## 1.2 AUSWAHL DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES

Bei der Frage nach einem Arbeitsgebiet fiel die Wahl schon recht bald auf die Kanarischen Inseln, die nicht zuletzt dank ihrer großen landschaftlichen Vielfalt und Gegensätzlichkeit auf engem Raum und wegen ihrer Übergangsstellung zwischen Industrie- und Entwicklungsländern ein reichhaltiges Untersuchungsgebiet darstellen. Die Entscheidung für die Insel Hierro erfolgte aus verschiedenen Gründen: Auf dieser kleinsten Insel des Archipels hat die moderne wirtschaftliche Entwicklung erst in den letzten zwanzig Jahren Fuß gefaßt; dem sekundären und tertiären Sektor kommt deshalb nur eine sehr untergeordnete Bedeutung zu. So können die Auswirkungen der landwirtschaftlichen Nutzung auf Boden und Vegetation auch großflächig weitgehend ungestört erfaßt werden. Das im Vergleich zu den anderen Inseln, insbesondere Teneriffa und Gran Canaria, bis heute nur sehr spärlich vorhandene Untersuchungsmaterial und die in der wissenschaftlichen Literatur meist nur randliche Erwähnung von Hierro, bildeten einen weiteren Anreiz für die Bearbeitung dieses Themas. Ferner wurde ich durch den Artikel von KÄMMER (1976) "The influence of man on the vegetation of the island of Hierro (Canary Islands)" auf die für meine Fragestellung interessanten Probleme aufmerksam gemacht.

## 1.3 DER BEGRIFF "BODENEROSION"

Die unterschiedliche Interpretation des Begriffes "Bodenerosion - Soil Erosion" im deutschen und englischen Sprachgebrauch macht eine kurze Erklärung notwendig. In dieser Arbeit sind "Bodenerosion, Bodenabtrag" etc. stets als anthropogen bedingt oder beeinflußt im Sinne des umfassenderen Begriffes "Soil Erosion" zu verstehen. Dabei spielt es keine Rolle, ob es sich um linear, gra-

vitativ oder flächenhaft wirksame Abtragungsprozesse handelt. Um Mißverständnisse auszuschließen, wird bei den wenigen Fällen, wo die anthropogene Beeinflussung fehlt, ausschließlich der Begriff "Natürlicher Bodenabtrag" verwendet. Der besonders häufig in Verbindung mit der Bodenentwicklung und den Bodenerosionsprozessen gebrauchte Ausdruck "rezent" bezieht sich immer auf die heute noch bestehenden Verhältnisse und Entwicklungsbedingungen.

#### 1.4 AUFGABENSTELLUNG UND ZIELSETZUNG DER UNTERSUCHUNGEN

Das zentrale Thema dieser Arbeit liegt in der Erfassung von Ursachen, Ausmaß und Auswirkungen der Bodenerosion in ihrer zeitlichen Entwicklung auf der Kanarischen Insel Hierro. Die Untersuchungen, mit Schwerpunkten in der Mittelstufe, konzentrieren sich auf die Herausarbeitung der Zusammenhänge und Wechselwirkungen zwischen der Bodenerosion und den sie bestimmenden Faktoren. Hierbei sind vor allem Art, Intensität und Dauer von Nutzung und Erosionsprozessen in ihrer räumlich-zeitlichen Entwicklung von großer Bedeutung.

Das Ziel der Untersuchungen besteht in der Herausarbeitung von mehreren, regional unterschiedlichen Gefährdungsgraden und Schadensstufen in ihrer Abhängigkeit von dem komplexen Beziehungsgeflecht der sie auslösenden Faktoren.

#### 1.5 METHODISCHER ANSATZ

Als Arbeitsgrundlagen dienten neben der Literaturlauswahl (s. Kap. 1.6) die topographischen Karten im Maßstab 1:100000 (Valverde) und 1:50000 (Valverde und Taibique); für die detaillierten Geländeuntersuchungen waren die 34 Grundkarten im Maßstab 1:5000 besonders wichtig. Weiteres Kartenmaterial stellten u.a. die geologischen Karten von PELLICER (1977) und HAUSEN (1973) im Maßstab 1:100000, die Bodenkarte von FERNANDEZ CALDAS et al. (1975 a) im Maßstab 1:130000, die Vegetationskarten von CEBALLOS & ORTUÑO (1951/1976) und KÄMMER (1976) im Maßstab 1:200000 sowie einige kleinere Übersichtskarten aus dem ATLAS BASICO de CANARIAS (1980) dar.

Die Bodenuntersuchungen im Labor - Korngrößenbestimmung (KÖHN), pH-Wert ( $H_2O$ , KCL, NaF), Kohlenstoffbestimmung (LICHTER-

FELD), Carbonatbestimmung (SCHEIBLER), Basensättigung (MEHLICH), röntgendiffraktometrische Tonmineraluntersuchung und Bauschanalyse - erfolgten mit Ausnahme der Bestimmung des Feinheitsgrades (nach SCHÖNHALS, 1955) nach den bei SCHLICHTING & BLUME (1966) und LESER (1977) aufgeführten Methoden.

Die wichtigsten statistischen Daten bezüglich der Niederschlags-, Bevölkerungs- und landwirtschaftlichen Nutzungsverhältnisse entstammen u.a. den Aufzeichnungen des Instituto Meteorologico in Santa Cruz, des Instituto Nacional de Estadística (I.N.E.) und der SPA-Studie (SPA 69/515, 1975).

Die Ergebnisse der Korrelations- und Faktorenanalysen beruhen auf der Auswertung übernommener statistischer Daten und eigener Untersuchungsergebnisse in Gelände und Labor.

#### 1.6 KURZER ÜBERBLICK ÜBER DEN GEGENWÄRTIGEN FORSCHUNGSSTAND

Wie bereits in Kapitel 1.2 angedeutet, liegt bis heute nur sehr wenig wissenschaftliches Material über die Insel Hierro vor. Nähere Untersuchungen zur Bodenentwicklung sowie über Ursachen, Ausmaß und Auswirkungen der Bodenerosion wurden bisher überhaupt noch nicht durchgeführt. Dies beruht mit Sicherheit zu einem Teil darauf, daß es keine Zusammenstellung der dafür notwendigen und bereits verfügbaren Daten gibt; auch ging wichtiges Datenmaterial anlässlich eines Brandes Mitte der 20-iger Jahre in Valverde unwiederbringlich verloren (mdl. Mitteilung der Inselverwaltung 1981). Der Hauptgrund ist aber in den noch viel zu lückenhaften Grundkenntnissen zu suchen, vor allem was die Bodenentwicklung in ihren Zusammenhängen mit den Vegetations- und Nutzungsverhältnissen betrifft.

Die einzigen detaillierten Bodenuntersuchungen führten FERNANDEZ CALDAS, MONTURIAL und GUTIERREZ JEREZ (1974 b) sowie FERNANDEZ CALDAS und TEJEDOR SALGUERO (1975 a) durch. Es werden aber nur die vollständigen Analysedaten zweier Bodenprofile angegeben (1975 a, S. 166-184); die von o.e. Autoren entwickelte Bodenkarte ist infolge der uneinheitlichen Klassifizierung schwer interpretierbar. Hinweise auf Bodenerosionsprozesse und dadurch bedingte Profilveränderungen gibt es nicht. Genaue Altersangaben der oft polygenetischen Bodenprofile können wegen der weitgehend fehlenden Datierung des Ausgangsmaterials bei den geologischen Untersuchungen

(vgl. u.a. HAUSEN 1964, 1973; COELLO 1971, ABDEL-MONEM 1972, PELLICER 1977) nicht gemacht werden. Geomorphologische Untersuchungen liegen bis heute nicht vor.

Die wichtigsten Grundlagen für die Niederschlagsverteilung liefern die leider recht lückenhaften Daten des Instituto Meteorologico in Santa Cruz. Nur bei HUETZ de LEMPS (1969) erfahren die allgemeinen klimatischen Verhältnisse auf Hierro eine etwas nähere Betrachtung; Detailuntersuchungen über lokalklimatische Verhältnisse enthält aber auch diese Arbeit nicht.

Die wohl ausführlichsten Untersuchungen betreffen Vegetation und Landwirtschaft. Neben dem Standardwerk von CEBALLOS & ORTUÑO (1951/1976) befassen sich vor allem SCHMID (1976), KÄMMER (1976, 1979), KUNKEL (1976, 1980) und PARSONS (1981) mit den Vegetationsverhältnissen auf Hierro. Erwähnenswert sind auch noch die Arbeiten von VOGGENREITER (1974) sowie Teile des Exkursionsberichtes von ROHDENBURG, RIEGER & SABELBERG (1978, vgl. besonders S. 12.1 - 14.4), obwohl sich die Arbeit von VOGGENREITER (1974) überwiegend auf Teneriffa bezieht. Alle Autoren weisen auf die tiefgreifenden Vegetationszerstörungen und -veränderungen durch den Menschen hin und erwähnen ganz besonders die negativen Auswirkungen der großflächigen Waldvernichtung auf Boden und Wasserhaushalt. Doch einzig KÄMMER (1976) liefert Detailuntersuchungen und versucht das Ausmaß der Veränderungen durch den Vergleich der potentiell natürlichen Vegetation mit der realen Vegetation zahlenmäßig zu erfassen.

Bei den Untersuchungen der Nutzungs- und Siedlungsverhältnisse erwies sich das Datenmaterial des Instituto Nacional de Estadística (I.N.E. ab 1970), der SPA-Studie (1975) und der Comision Provincial de Servicios Technicos (1969) als recht wichtig. Die beiden letztgenannten Arbeiten sind leider nicht veröffentlicht worden. In der für den gesamten Kanarischen Raum recht umfangreichen Literatur finden sich nur bei TORRIANI (1590/WÖLFEL 1940), KAMPF (1894), DARIAS & DACIO (1929/1980) sowie MATZNETTER (1958) detailliertere Angaben über Siedlungen und Landwirtschaft auf der Insel Hierro. Hierbei versucht vor allem MATZNETTER (1958) die landwirtschaftliche Entwicklung auf den "Islas menores", zu denen auch Hierro gehört, im Vergleich zu den Hauptinseln seit der Conquista darzustellen.



## 1.7 ALLGEMEINE BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES

### 1.7.1 Lage

Die Kanarischen Inseln sind ein vulkanischer Archipel, der aus sieben größeren Inseln mit einer Gesamtoberfläche von 7273 Quadratkilometern besteht. Er liegt zwischen 27° und 30° nördlicher Breite sowie 13° bis 19° westlicher Länge vor der nordwestafrikanischen Küste. Hierro ist mit 278 Quadratkilometern die kleinste Insel und bildet zusammen mit Teneriffa, La Palma und Gomera die westkanarische Provinz Santa Cruz de Tenerife.

### 1.7.2 Geologie

Alle kanarischen Inseln sind tertiärer vulkanischer Entstehung; dabei erbrachte eine von ABDEL-MONEM (1972, S. 811) durchgeführte Altersdatierung für Hierro ein maximales Alter von 3.05 Millionen Jahren. Hierro ist die jüngste Insel des Archipels. Sie baut sich schildvulkanähnlich aus zahllosen übereinanderliegenden Lavadecken mit zwischengeschalteten pyroklastischen Lagen auf und erreicht eine Höhe von 1500 Metern über dem Meeresspiegel. Das Gesteinsmaterial dieser pliozänen und altpleistozänen Serien (PELLICER 1977, S. 181 und HAUSEN 1973, S. 66) ist ganz überwiegend basaltisch und wird von zahlreichen Gangstrukturen und tektonischen Störungen durchzogen. Im Laufe des Pleistozäns entstanden zwei große Steilabbrüche im Westen und Osten, welche die Topographie der Insel völlig veränderten. Die Entstehung der weitaus größeren halbkreisförmigen Umrahmung des El Golfo-Küstenvorlandes als Folge umfangreicher gravitativer Massenbewegungen (HAUSEN 1976, S. 128 ff.) oder als Überreste einer riesigen Caldera (NAVARRO 1908, MITCHELL THOMÉ 1976) wird noch bis heute diskutiert.

Gegen Ende des Pleistozäns setzte eine neue Phase starker vulkanischer Aktivität ein, die zum Teil bis ins Mittelalter hin anhielt. Fast die gesamte Insel wurde mit einem dichten Netz von annähernd 200 Aschen- und Schlackenkegeln unterschiedlicher Größe mit basaltischen Lapilli als Auswurfmassen sowie zahlreichen Lavaströmen überzogen. Bei diesem jungen Adventivvulkanismus läßt sich auch eine räumliche und zeitliche Differenzierung feststellen. Vom Zentrum der Insel ausgehend bis zu ihren Flanken zeigen die Sekundärkegel, von wenigen Ausnahmen abgesehen (Chamuscada), ein immer

jüngeres Alter.

### 1.7.3 Oberflächenformen

Die heutigen Oberflächenformen von Hierro befinden sich infolge des jungquartären Adventivvulkanismus noch in starker Anlehnung an dessen Ausgangsformen. Die unregelmäßigen Umrisse der Insel erinnern an die Form eines an allen Seiten eingebuchteten Dreiecks, das fast überall von Steilküsten mit teilweise mauerartigem Charakter (Kliffhöhen bis 1000 Meter) umrahmt wird. Außerhalb der bis auf den Nordwestteil der Insel nur schwach entwickelten Küstenvorländer und eines größeren Hochlandes im Osten werden meist Hangneigungen von 15 bis 20° erreicht oder überschritten. Die größten Hangneigungen (50 bis über 70°) finden sich an den steilen Umrahmungen des El Golfo-Küstenvorlandes und bei Las Playas im Osten.

Das Hochland dacht sich bei einer durchschnittlichen Hangneigung von 7 bis 12° von seinen höchsten Bereichen im zentralen Ostteil der Insel stufenartig nach Südwesten und Nordosten hin ab. Es wird von zahlreichen Sekundärkegeln um 50 bis mehr als 100 Meter überragt. Die größte Aktivität des jungpleistozänen bis altholozänen Adventivvulkanismus findet sich im Nordosten, wo durch die Dichte der nebeneinander liegenden Kegel ein zusammenhängendes Hügelland entstanden ist.

Ein ausgeprägter fluviatiler Formenschatz konnte sich nur in den Teilen von Hierro erhalten, die nicht oder nur wenig von holozänen Auswurfmassen überdeckt worden waren. Eine randliche Zertalung läßt sich vor allem im Norden und Nordosten noch gut erkennen. Hier reichen schluchtartige, bis über 100 Meter tiefe Täler, sog. Barrancos, von den Randbereichen des Hochlandes und südöstlichen Hügellandes über steilere Hangabschnitte bis hin zur Küste.

Eigene Untersuchungen der Oberflächenformen finden in einer Karte, die besonders die unterschiedlichen Hangneigungen berücksichtigt, ihren Niederschlag (s. Abb. 1).

### 1.7.4 Klima

Hierro weist ein sehr mildes und ozeanisches Klima mit teilweise mediterranem Charakter, jedoch einer deutlich stärkeren Ausprägung der sommerlichen Trockenzeit, auf. Der dominierende Faktor im Klimageschehen ist der fast ganzjährig wehende Nordostpassat,

der seine größte Stärke in den Sommermonaten erreicht. Zwischen Oktober und April wird der Passat zeitweise durch aus nördlichen und nordwestlichen Breiten eindringende, niederschlagsbringende Störungen abgelöst. Gelegentlich kann er auch durch das Übergreifen trockener saharischer Luftmassen unterbrochen werden. Die jährlichen Niederschlagsmengen variieren zwischen etwa 100 Millimetern im südlichen Küstenbereich bis weit über 600 Millimetern im Hochland (vgl. HUETZ de LEMPS 1969, S. 165 ff. und Abb. 2). Hierbei fällt der größte Teil der Niederschläge in Form von Starkregen.

Die relativ kühle und feuchte vom Passat beherrschte Luftschicht reicht bei jahreszeitlichen Schwankungen ihrer Obergrenze bis etwa 1500 Meter Höhe und wird von wärmerer und trockenerer Luft überlagert. An den Grenzen der beiden Luftschichten (Passatinversion) kommt es durch Konvektion zur Ausbildung von flachen, ausgedehnten Wolkenbänken. Diese Wolkendecke beeinflusst als Passatnebel sehr nachhaltig den Nordosten einschließlich weiter Teile des zentralen Hochlandes. Im Süden lösen sich die Wolken infolge absteigender Luftbewegung wieder auf, so daß der feuchteren Luvseite eine trockenere Leeseite gegenübersteht.

#### 1.7.5 Vegetation

In enger Anlehnung an die klimatischen Verhältnisse können bei der Ausbildung von Vegetationshöhenstufen im wesentlichen vier Pflanzenformationen unterschieden werden (vgl. auch CEBALLOS & ORTUÑO 1951/1976, BRAMWELL 1974, KÄMMER 1976, KUNKEL 1980).

Der Sukkulentenbusch der semiariden Fußstufe mit den charakteristischen Vertretern *Euphorbia regisjubae*, *Euphorbia balsamifera*, *Senecio kleinia*, *Rubia fruticosa*, *Rumex lunaria* und *Cneorum pulverulentum* umschließt die gesamte Insel. Bei unterschiedlicher regionaler Dominanz erreicht er im Süden der Insel wesentlich größere Höhen als im Norden.

Die *Juniperus*-Trockengehölz-Formation bildet eine Übergangszone zwischen der baumlosen Fußstufe und den höher gelegenen Waldbereichen, was auch deutlich in der Artenzusammensetzung zum Ausdruck kommt. Leitart und einziger Baum ist *Juniperus phoenicea*; im Unterwuchs dominieren je nach Höhenlage, Ex-

position und Feuchtigkeit *Euphorbia obtusifolia*, *Rubia fruticosa*, *Tolpis proustii*, *Micromeria varia* und *Cistus monspeliensis*. Letztgenannte Pflanze tritt nur im Übergangsbereich zum kanarischen Kiefernwald auf.

In weiten Teilen von Hierro bildet die Obergrenze der *Juniperus*-Trockengehölze die Untergrenze des Kiefernwaldes; nur im Süden schließt dieser direkt an den Sukkulentenbusch der Fußstufe an. Leitart dieses lockeren, oft reinen Waldbestandes ist *Pinus canariensis*, eine extrem langnadelige Kiefer. Nur in den Übergangsbereichen zum Fayal-Brezal wird der Kiefernwald unterschiedlich stark mit busch- und baumförmigen Exemplaren von *Erica arborea* durchsetzt. Der Unterwuchs besteht hauptsächlich aus *Chamaecytisus proliferus*, *Cistus monspeliensis*, *Echium hierrense*, *Echium aculeatum*, *Bystrophogon organifolium*, *Tolpis proustii*, *Micromeria herphyllimorpha* und *Micromeria varia*, wobei auch hier große regionale Unterschiede bezüglich Dominanz und Deckungsgrad auftreten.

Auf der semihumiden Luvseite und in den nördlichen Bereichen des Hochlandes tritt der an die Passatnebelstufe gebundene Lorbeerwald (zwischen 500 und 1500 Meter Höhe) auf. Die ursprüngliche Artenvielfalt in der Baum-, Strauch- und Krautschicht ist heute jedoch nur noch an wenigen unzugänglichen Stellen zu finden. Gegenwärtig dominiert in mehr als 90% der Lorbeerwaldstufe die trockenere, niedrigwüchsige und artenarme Variante des Fayal-Brezal, die sonst nur an extremen Standorten (z.B. Kammlagen mit großer Windwirkung) zu finden ist. In ihr kommen neben den Hauptbaumarten *Myrica faya* und *Erica arborea* nur noch vereinzelte Exemplare von *Ilex canariensis* vor. Im Gegensatz zu KÄMMER (1976, S. 146) konnte bei eigenen Beobachtungen eine Armut an *Erica arborea*-Beständen, zumindest in den stark degradierten Lorbeerwäldern und -buschwäldern, nicht festgestellt werden. Die Strauch- und Krautschicht setzt sich überwiegend aus *Chamaecytisus proliferus*, *Cytisus stenopetalus*, *Rumex maderensis* und *Micromeria varia* zusammen, wobei besonders die

erst- und letztgenannte in weiten Teilen des Hochlandes dominieren.

Insgesamt sind nach KUNKEL (1980, S. 26 ff.) bis heute auf Hierro 530 Pflanzenarten bekannt; davon entfallen 173 auf Endemiten, 263 auf mediterran-nordafrikanische Spezies und 104 auf eingeschleppte Elemente.

#### 1.7.6 Böden

Aufgrund des überwiegend sehr jungen, holozänen Ausgangsgesteins an der Oberfläche ist die Bodenentwicklung meist noch nicht weit fortgeschritten. In Anlehnung an die Klima- und Vegetationsverhältnisse hat sich in der semiariden Fußstufe ein noch recht lückenhaftes Netz geringmächtiger Xerorthents gebildet. In der semihumiden Mittelstufe hingegen überwiegen Andepts verschiedener Ausprägung (vgl. auch FERNANDEZ CALDAS & TEJEDOR SALGUERO 1974 b, S. 364 und 1975 a, Beilage). An Steilhängen und an den zahlreichen stark erodierten Sekundärkegeln treten jedoch auch in Bereichen oberhalb 600 bis 800 Meter Xerorthents auf.

Infolge mehrerer vulkanischer Aktivitätsphasen seit dem Jungpleistozän können viele polygenetische Bodenprofile beobachtet werden. Bei den älteren Bodenbildungen handelt es sich je nach dem Alter des jeweiligen Ausgangsmaterials und der Länge der vulkanischen Ruheperioden teilweise wiederum um Xerorthents oder Andepts. Außerdem besteht ein nicht geringer Teil dieser Paläoböden nach eigenen Untersuchungen (s. Kap. 2.2) aus Xeralfs oder auch Calciorthids, wobei sich letztere ausschließlich auf die Fußstufe beschränken. Vor allem im Ostteil von Hierro wurden diese Böden im Laufe langandauernder Erosionsprozesse teilweise aufgedeckt und liegen gegenwärtig als Reliktböden an der Oberfläche.

#### 1.7.7 Siedlungs- und Bevölkerungsentwicklung

Hierro wurde im Jahre 1405 n.Chr. als dritte der Kanarischen Inseln von Juan de Bethencourt erobert und bald darauf der spanischen Krone unterstellt. Es liegen keine genauen Angaben über die Einwohnerzahl von Hierro zur Zeit der Conquista vor. Bei einer Gesamteinwohnerzahl von 40.000 für den gesamten Archipel im Jahre 1560 (HERNANDEZ HERNANDEZ 1977, S. 273) dürfte die Bevölkerungszahl auf dieser am schwächsten besiedelten Insel Anfang des 15.

Jahrhunderts jedoch kaum mehr als ein paar hundert Menschen beitragen haben.

Die Urbevölkerung alteuropider Herkunft (SCHWIDETZKY 1963, 1971, 1976) vermischte sich mit den einwandernden spanischen Siedlern. Diese waren meist Bauern, und so entwickelten sich die Siedlungsschwerpunkte als landwirtschaftlich orientierte kleine Gemeinden im klimatisch günstigen Hochland und dessen Randbereichen. Etwas später entstand ein kleineres Zentrum, das vor allem auf den Weinbau ausgerichtet war, im El Golfo-Küstenvorland. Die unwirtlichen Küsten sowie der sehr trockene Westen, Südwesten und Süden der Insel blieben bis heute fast unbesiedelt.

Verglichen mit den anderen Inseln des Archipels wuchs die Bevölkerung auf Hierro nur langsam. Zwischen 1700 und 1900 verdoppelte sie sich in etwa von 3300 auf 6500 Einwohner. Der Höchststand wurde 1960 mit 9521 Einwohnern erreicht. Die letzte Zählung 1981 erbrachte dagegen nur noch 6507 Einwohner (Daten des I.N.E. ab 1900). Von einem kontinuierlichen Bevölkerungswachstum kann somit nicht gesprochen werden. Wirtschaftliche Krisenzeiten hatten immer wieder zahlreiche Abwanderungswellen zur Folge. Die kurzzeitig starken Schwankungen der Bevölkerungszahlen konnten jedoch erst in diesem Jahrhundert statistisch genauer erfaßt werden (s. auch Tab. 1 und 2).

### 1.7.8 Landwirtschaft

Die spanischen Siedler bauten den nur kleinräumig von den Ureinwohnern betriebenen Ackerbau nach mediterranem Vorbild großflächig aus und entwickelten in guter Anpassung an die naturräumlichen Gegebenheiten später auch den speziellen kanarischen Trockenfeldbau. Dieser besteht in einer Durchmischung oder Überdeckung des Bodens mit basaltischen Lapilli und wird seit mindestens 150 Jahren auch auf Hierro angewendet (mdl. Mitteilung der Inselverwaltung 1981).

Abgesehen vom Weinbau wurde Hierro, im Gegensatz zu den Nachbarinseln, von den zahlreichen Exportkulturen der vergangenen Jahrhunderte gar nicht oder nur sehr wenig berührt. Man beschränkte sich bei der landwirtschaftlichen Produktion in Form von Getreide-, Gemüse- und Kartoffelanbau sowie mediterranen Fruchtbaumkulturen ganz überwiegend auf die Deckung des Eigenbedarfs. Der Anbau

erfolgte auf kleinen bis mittelgroßen Feldern, die meist durch Steinmauern (Feldlesesteine) voneinander abgegrenzt waren und in steileren Hanglagen (mehr als 10 bis 15° Neigung) zum Teil noch zusätzlich terrassiert wurden (vgl. auch KAMPF 1894, S. 85 und MATZNETTER 1958, S. 69 ff.). Erst Ende der sechziger Jahre begann man im El Golfo-Küstenvorland mit der Anlage von Bananenpflanzungen, die 1978 bereits 170 Hektar einnahmen (LARREA ERENO 1980, S. 28).

Die landwirtschaftliche Nutzfläche von Hierro betrug 1975 43,3% (12.033 Hektar) der Gesamtoberfläche (27.800 Hektar). Davon entfielen gut zwei Drittel (8.400 Hektar) auf intensiv und extensiv genutztes Weideland (Schafe, Ziegen), weiterhin 1.960 Hektar auf Getreide, 522 Hektar auf den Weinbau und 487 Hektar auf Obstkulturen (davon 171 Hektar auf Bananen). Der Anteil der Futterpflanzen machte 380 Hektar und der Gemüseanbau acht Hektar aus (alle Daten aus SPA/69/515, 1975, S. 214 und LARREA ERENO 1980, S. 28).

Der gegenwärtige Trend besteht in einem zunehmenden Ausbau der bewässerten Bananenpflanzungen in der Fußstufe und des Futterpflanzenanbaus für die Stallhaltung (Rinder, Schweine) in der Mittelstufe. Demgegenüber nimmt der Flächenanteil von Getreide und Wein zumindest regional auffällig ab (Wein: 1975 - 522 Hektar, 1978 - 446 Hektar; LARREA ERENO 1980, S. 47). Mit Ausnahme der nur für den Export bestimmten Bananen und geringer Mengen von Rosinen und Feigen sind die angebauten Kulturen jedoch bis heute ganz überwiegend auf den regionalen Markt ausgerichtet.

## 2. RÄUMLICHE DIFFERENZIERUNG EINZELNER GEOFAKTOREN IN IHRER BEDEUTUNG FÜR DIE BODENEROSION - UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

### 2.1 KLIMA UND VEGETATION

Klima und Vegetation sind zwei eng miteinander verknüpfte Faktoren, die einen entscheidenden Einfluß auf die Bodenentwicklung haben. Bei der anthropogen bedingten Veränderung und Zerstörung der natürlichen Vegetation auf Hierro wurden zahlreiche Erosionsprozesse in Gang gesetzt. Ihre Art und Intensität hängen unter anderem auch von dem jährlichen Niederschlagsgang, der Starkregenhäufigkeit, den lokalen Windverhältnissen sowie von der ge-

genwärtigen Vegetationszusammensetzung und dem Deckungsgrad ab. Hierauf beziehen sich auch die im folgenden beschriebenen Untersuchungen.

### 2.1.1 Niederschlagsverteilung und Bedeutung der Starkregen

Bereits HUETZ de LEMPS (1969, S. 165 ff.) weist auf das sehr lückenhafte Netz der Meßstationen für Hierro hin. Daran hat sich bis heute nichts geändert, und die meteorologischen Daten sind dementsprechend spärlich.

Nur eine Meßstation (Punta Orchilla im Südwesten, 108 m) hat seit 1946 neben Niederschlagsmessungen auch Temperatur- und Windmessungen kontinuierlich durchgeführt. (Die Station Aeropuerto Los Congrejos (34 m) im Nordosten, ebenfalls mit Temperatur- und Windmessungen, wurde erst 1974 eingerichtet.) Alle anderen neun Stationen weisen nur unvollständige Niederschlagsmessungen über einen kürzeren Zeitraum, teilweise weniger als zehn Jahre, auf. Aus diesem Mangel an Daten erklären sich wohl auch die sehr unterschiedlichen Aussagen über die Niederschlagsverhältnisse auf Hierro, die u.a. in den Karten von HUETZ de LEMPS (1969, S. 168), HERNANDEZ HERNANDEZ (1977, im Anhang) und im ATLAS BASICO de CANARIAS (1980, S. 28) zum Ausdruck kommen. Ebenso schwanken die den mittleren Jahresniederschlag betreffenden Angaben ganz beträchtlich (MATZNETTER 1958, S. 27: maximal 300 mm; KUNKEL 1980, S. 11/12: 426 mm).

Ein Großteil der bis 1981 vorliegenden Daten konnte nach Einsicht im Instituto Nacional de Meteorologica in Santa Cruz von der Autorin zu den in Tabelle 3 und Abbildung 3 aufgeführten Aussagen zusammengefaßt werden, die auch die Grundlage für eine Niederschlagskarte bildeten (s. Abb. 2).

Die mittleren jährlichen Niederschlagsbeträge schwanken zwischen unter 100 bis 200 Millimetern im Küstenbereich und 600 bis über 700 Millimetern in den Kammlagen der zentralen und nördlichen El Golfo-Umrahmung und im zentralen Hochland. Aufgrund des vorherrschenden Nordostpassats und der regenbringenden Nordwestwinde erfolgt die Niederschlagszunahme mit steigender Höhe im Nordwest- und Nordostteil der Insel rascher als im Westen und Süden.

Die trockensten Bereiche befinden sich im Süden der Restinga-



Halbinsel, wo die jährlichen Niederschläge 100 Millimeter kaum erreichen dürften. Leider gibt es dort bis heute keine Meßstation, die genaue Angaben liefern könnte. Das gleiche gilt für die Umgebung von Valverde (zwischen 500 und 600 m Höhe), von wo nur sehr unvollständige Meßdaten vorliegen. Die Annahmen von HUETZ de LEMPS (1969, S. 167) liegen bei wenig über 600 Millimeter Jahresniederschlag und sind wohl erheblich zu hoch angesetzt, wenn man sie mit denjenigen benachbarter Stationen vergleicht: Mocanal (485 m, 258 mm), Erese (555 m, 222 mm) und Tinor (910 m, 423 mm). (S. auch Abb. 3e und 3j).

Die höchstgelegene Meßstation bei San Andres (1040 m) verzeichnet 636 Millimeter mittleren Jahresniederschlag. Doch dürften diese Zahlen den obersten Werten auf Hierro noch nicht entsprechen. Es besteht die berechnete Annahme, daß die jährlichen Niederschlagsmengen in den bis zu 450 Meter höher liegenden Bereichen des zentralen Hochlandes und in den Kammlagen der El Golfo-Umrahmung zumindest lokal 700 bis 750 Millimeter erreichen oder sogar überschreiten.

Aufgrund der zu geringen Gesamthöhe von Hierro (1500 m) wird die Untergrenze der trockeneren Luftmassen oberhalb der Passatversion nicht erreicht, weshalb auch keine Abnahme der Niederschläge, wie z.B. auf Teneriffa, auftritt. Typisch für das semi-aride bis semihumide Klima sind auch die starken Schwankungen der jährlichen Niederschlagsmengen, die in den tieferen Regionen meist deutlich höher liegen als in der Mittelstufe. Der mittlere Jahresniederschlag vieler Stationen liegt oft um 50 - 60% höher als das entsprechende Minimum. Die Maxima können hingegen die drei- bis mehr als fünffache Menge der jeweiligen Niederschlagsminima erreichen (vgl. Tab. 3a-k).

Die sommerliche Trockenzeit dauert etwa vier bis fünf Monate, und die Ende September bis Anfang Oktober einsetzenden Niederschläge fallen überwiegend als Starkregen (s. Tab. 3a-k und Abb. 3). Oft fällt der gesamte Monatsniederschlag innerhalb von ein bis zwei Tagen, in der Fußstufe meist in einem noch kürzeren Zeitraum als in der Mittelstufe. Hierbei können im Extremfall mehr als 100 Millimeter Niederschlag innerhalb 24 Stunden fallen, was vielfach ein Drittel bis ein Fünftel der gesamten Jahresniederschlagsmenge ausmacht (z.B. 108 mm im April 1977 in San Andres

oder 106 mm im Januar 1979 in Erese; vgl. auch Abb. 3b und 3e).

In den letzten Jahren ist eine Häufung der ergiebigsten Starkregen (über 85 mm innerhalb 24 Stunden) in den Monaten Januar und April festzustellen. Doch auch die herbstlichen Starkregenfälle können 50 Millimeter erreichen oder überschreiten. Vor allem letztere treffen in der entwaldeten Mittelstufe auf stark ausgetrocknete, teils auch verhärtete Böden, abgeerntete Felder und lückenhaftes, verdorrtes Weideland. Die Böden sind nach der langen Trockenzeit oft nicht in der Lage, diese plötzlich anfallenden Wassermassen rasch genug aufzunehmen, und die nur schütterere Vegetation kann ihre Schutzfunktion nicht mehr erfüllen. Hinzu kommen beträchtliche Hangneigungen, im Hochland selber meist 8 bis 12°, an den Sekundärkegeln bis über 35°. Dies alles führt zu einem ruckartigen Oberflächenabfluß, der teils flächenhaften, teils linienhaften Bodenabtrag verursacht und große Mengen abgeschwemmten Bodenmaterials verlagert.

#### 2.1.2 Auswirkungen des Passats und lokaler Windsysteme

Die höchsten Erhebungen auf Hierro erreichen 1200 bis 1500 Meter Höhe und werden von der Passatwolkendecke überschritten, die somit auch auf das nördliche und zentrale Hochland übergreifen kann. Im Gegensatz zu HUETZ de LEMPS (1969, S. 168) zeigen eigene Beobachtungen eine zumindest für die Sommermonate Mai bis August weiter nach Süden und Südwesten ausgreifende Wolkendecke (vgl. Abb. 4). Die Beschattung reicht im Nordteil der Insel oft noch weit über die Küste hinaus aufs Meer.

Der Passat weht im Norden und Osten von Hierro aus nordöstlicher Richtung. Im nördlichen Teil der El Golfo-Umrahmung dreht er unter Einfluß lokaler Hangaufwinde auf Nord bis Nordnordwest und erreicht in den Kammlagen zeitweise Windstärke fünf bis sechs. Demzufolge treten auch im Lee der Insel, vor allem westlich vom Malpaso, starke nordöstliche Hangabwinde auf. Ihre Wirkung ist besonders im Bereich von La Dehesa im Westen an den berühmten, durch Windschur verformten *J u n i p e r u* - Beständen zu sehen (s. Photo 1). Im nordöstlichen Hochland treffen die zwei Windsysteme des vorherrschenden Nordostpassats und der lokalen, nördlichen bis nordnordwestlichen Hangaufwinde des El Golfo-Steilabfalls aufeinander. Die dadurch verstärkte Windwirkung und der

häufige Windwechsel sind noch bis zur La Cumbrecita, östlich von San Andres, deutlich zu spüren (s. Abb. 4). Die geringsten Windstärken hat die Restinga-Halbinsel, etwa unterhalb der 600 Meter-Linie, zu verzeichnen.

Gebiete stärkster Windeinwirkung sind neben den Kammlagen der El Golfo-Umrahmung und La Dehesa vor allem das westliche zentrale Hochland und das östliche Hügelland. Die beiden letztgenannten Bereiche bieten dem Wind auf saisonal fast vegetationsfreien Ackerflächen und an den nur schütter bewachsenen Kegelhängen große Angriffsflächen für die Deflation. Bei den Bodenuntersuchungen (s. Kap. 2.2) konnte an fast allen Standorten der Mittelstufe mit geringem Vegetationsdeckungsgrad eine starke Ausblasung von Feinmaterial (besonders der Feinsand- und Grobschluffraktion) an der Bodenoberfläche festgestellt werden. Auf den Ackerflächen betrifft dieser Verlust von Feinmaterial oft den gesamten  $A_p$ -Horizont, der durch das regelmäßige Pflügen dem Wind immer wieder eine neue Angriffsfläche bietet. Eine Anhäufung von spezifisch leichtem, organischen Material an der Bodenoberfläche, wie z.B. in den Kiefernwäldern, ist unter diesen Umständen gar nicht möglich. Den infolge Nutzung oder schütterer Pflanzendecke ohnehin bereits humusverarmten Böden wird somit weitere organische Substanz entzogen und die Bildung einer Streuauflage als Schutz gegen die Erosion verhindert.

### 2.1.3 Einfluß des Menschen auf die natürliche Vegetation

Unter potentiell natürlichen Bedingungen entfallen nach KÄMMER (1976, S. 328 ff. und Tab. 4) auf den Sukkulentenbusch 15%, auf die *J u n i p e r u s* - Bestände 8%, auf den Lorbeerwald 34% und auf den Kiefernwald 43% der Oberfläche von Hierro. 77% der Insel wären demnach von Wald bedeckt und nur 23% von offenen Busch- oder Gehölzformationen. Gegenwärtig zeigt sich jedoch ein völlig anderes Bild. KÄMMER weist 50% der Inseloberfläche als anthropogen stark beeinflusst aus, und nur 21% verbleiben unter Waldbedeckung. Eine Karte im ATLAS BASICO de CANARIAS (1980, S. 42) weist ebenfalls deutlich auf die großen Unterschiede zwischen potentiell natürlicher Pflanzendecke und rezenter Vegetation hin (vgl. auch CEBALLOS & ORTUNO 1951/1976, S. 151 ff.).

Eigene Untersuchungen führten zu noch detaillierteren Ergebnissen bezüglich der gegenwärtigen Vegetations- und Nutzungsver-

hältnisse (s. Abb. 5). Demzufolge ist der Flächenanteil der anthropogen stark beeinflussten Gebiete mit mindestens 60% anzusetzen. Denn abgesehen von den unzugänglichen Steilabfällen (über 50° Hangneigung) und den fast vegetationsfreien Bereichen mit jungholozäner vulkanischer Überdeckung finden sich nur noch im südwestlichen Hochland und im Südwestteil der Insel größere zusammenhängende Flächen mit annähernd natürlicher Vegetation. Der gesamte Norden und Osten von Hierro ist bereits jeglicher intakter natürlicher Vegetationsbedeckung beraubt. Selbst im fast unbesiedelten Westen um La Dehesa treten die natürlichen Pflanzenformationen infolge ausgedehnter extensiver Weideflächen nur noch inselhaft auf.

Die weitgehende Entwaldung großer Teile der Mittelstufe und oberen Fußstufe ist ebenso klar ersichtlich wie die vollständige Verdrängung der natürlichen Vegetation auf den so gewonnenen Acker- und Weideflächen und ihr Ersatz durch fremde Florenelemente. Doch auch in den übrigen Gebieten macht sich der anthropogene Einfluß auf die Vegetation u.a. durch Holzeinschlag, Stockabschlag, Vieheintrieb, Verbiß und eingeschleppte, teils aggressive Florenelemente mehr oder weniger deutlich bemerkbar.

Die radikale Entwaldung ist bis heute noch nicht zum Stillstand gekommen; vor allem die letzten Areale des Lorbeerwaldes werden rücksichtslos weiter dezimiert. Bei den jungen Aufforstungen (seit Anfang der 50-iger Jahre) erfolgt fast ausschließlich die Anpflanzung von Nadelbäumen. Hierbei wird der eingeführten *Pinus radiata* gegenüber der einheimischen *Pinus canariensis* aufgrund recht kurzsichtiger Überlegungen (besonders rascheres Wachstum) der Vorzug gegeben. Nur an extrem trockenen Standorten, wie z.B. im Gebiet von El Julan, wurden großflächig kanarische Kiefern angepflanzt, da diese sich als einzige selbst noch unter derart ungünstigen Standortbedingungen behaupten konnten. Pläne, die stark degradierten Lorbeerwälder zu schützen oder gar aufzuforsten, gibt es bis heute nicht. Auch an ehemaligen Lorbeerwaldstandorten wurden ausschließlich Kiefern oder auch *Eukalyptus* angepflanzt.

#### 2.1.4 Auswirkungen der anthropogen veränderten Vegetation

Hierbei muß zwischen den direkten Auswirkungen auf die gegenwärtige Zusammensetzung und den Deckungsgrad der Vegetation und den indirekten Auswirkungen, vor allem für die Bodenentwicklung und Bodenerosion, unterschieden werden. Besonders letztere gewinnen langfristig immer mehr an Bedeutung. Auch die im Laufe mehrerer Jahrhunderte oft eher schleichend verlaufende Unterwanderung der einheimischen Vegetation durch fremde Florenelemente ist zu den indirekten Auswirkungen zu rechnen. Die dadurch bedingte und erst spät erkannte Gefahr einer stetig wachsenden Vegetationsveränderung tritt noch zu der fortschreitenden Zurückdrängung und Artendezimierung infolge sich ausbreitender Siedlungs- und Wirtschaftsflächen sowie dem Raubbau in den Wäldern hinzu.

So verhalten sich einige der eingeschleppten Pflanzen außerordentlich aggressiv, wenn sie außer Kontrolle geraten (vgl. KUNKEL 1976, S. 257 ff.). Zu ihnen zählen auf Hierro besonders verwilderte Opuntien, Sisal-Agaven und wilder Tabak (*Nicotiana glauca*). Letzterer säumt fast das gesamte Straßennetz wie anderenorts Alleebäume oder Hecken. Die beiden erstgenannten Arten finden sich mit Ausnahme der trockensten Küstenstreifen im Süden und Westen sonst überall auf der Insel. Vor allem die Opuntien haben weite Bereiche erobert und bedecken oft landwirtschaftlich vernachlässigte oder aufgegebene Flächen, besonders im Norden und Nordosten von Hierro. In der Fußstufe stellen sie lokal teilweise die Ersatzvegetation für die gegen Verbiß und Vertritt empfindlicheren endemischen Sukkulente. Bei ausreichend dichtem Bewuchs (Deckungsgrad über 60 bis 70%) bilden sie an Hängen als Sekundärvegetation einen recht wirksamen Schutz gegen die Bodenerosion.

Gegenwärtig entfallen gut zwei Drittel der landwirtschaftlichen Nutzfläche von Hierro auf Weideland. Der ATLAS BASICO de CANARIAS (1980, S. 58) gibt für das Jahr 1978 die Zahl der Schafe mit 1.300 und die der Ziegen mit 2.160 an. Eine weitere Zählung 1982 erbrachte dagegen einen Ziegenbestand von 6.820 Stück sowie 3.500 Schafe (ANONYMUS, Geografia de Canarias, 1983, S. 116).

Diese im Vergleich zu 1978 doppelt bis dreifach so hohen Zahlen sind wohl auf eine nur lückenhafte Erfassung des tatsäch-

lichen Kleinviehbestandes zurückzuführen. Vermutlich ist ein großer Teil, vor allem der Ziegen, verwildert, so daß ihre Zahl gegenwärtig eigenen Beobachtungen zufolge sogar noch höher liegen mag als der von 1982 angegebene Bestand. Denn Weideflächen wie Buschland zeigen in weiten Bereichen Spuren starken bis sehr starken Verbisses. Dies läßt auf eine zumindest regionale Überstockung des Kleinviehbestandes, vor allem der Ziegen, schließen. Die durchschnittliche Bestockungsdichte liegt nach den Zahlen von 1982 mit mehr als 80 Ziegen und 40 Schafen pro Quadratkilometer Weidefläche bereits recht hoch.

Die Folgen der vielfach unkontrollierten Beweidung durch die Ziegen zeigen sich besonders deutlich an der Vegetation. Der starke Verbiß fördert die Selektion wenig empfindlicher oder als Futter nicht geschätzter Pflanzen (z.B. *Micromeria varia*, harte, büschelartig wachsende Gräser) und führt somit einerseits zu einer Artenverarmung. Andererseits verhindert er eine sekundäre Verbuschung oder Wiederbewaldung der abgeholzten Kegelhänge. Auch die Ausbildung einer geschlossenen Gras- und Krautschicht, vor allem in steileren Hanglagen, ist bei starkem Verbiß und Vertritt nicht möglich. Lückenhafte Pflanzendecke und ausgetretene Viehpfade stellen wiederum gute Ansatzpunkte für Bodenerosionsprozesse dar.

Die großflächigen Entwaldungen in der Mittelstufe zogen rasch einsetzende Erosionsprozesse nach sich. An den steilen Hängen der Sekundärkegel bildeten sich bis über vier Meter tiefe Gräben, und es kam zu zahlreichen Rutschungen und Sackungen in den lockeren Böden (s. Photo 2). Die Stabilität der dort auftretenden Andepts ist nur unter geschlossener Vegetationsdecke mit tiefgründiger Durchwurzelung gewährleistet, wie sie unter intakter Bewaldung auftritt. An anthropogen nur gering bis mäßig beeinflussten Kegelhängen mit altem Waldbestand und bis zu mehrere Zentimeter mächtiger Streuauflage konnten selbst bei Hangneigungen von über 35° bis maximal 40° keine sichtbaren Spuren von Bodenerosion beobachtet werden (s. Photo 3). Eine tiefgründige Zerstörung des humusreichen Oberbodens ist fast allerorts festzustellen. An zahlreichen Sekundärkegeln ist der Bodenabtrag inzwischen aber bereits so weit fortgeschritten, daß zwischen den Rinnen und Gräben eine nur noch schütterere *Micromeria*

Flur überdauert hat. Es erfordert relativ hohen technischen Aufwand, um diese wirtschaftlich nicht mehr nutzbaren Flächen wenigstens teilweise wieder aufzuforsten und die Erosionsprozesse einzuschränken (s. auch Kap. 2.3).

## 2.2 DIE BÖDEN

Die 1974 und 1980 veröffentlichten Bodenkarten von Hierro (FERNANDEZ CALDAS et al. 1974 b, S. 364 und 1975 a, Beilage; ATLAS BASICO de CANARIAS 1980, S.48) sind wegen ihrer uneinheitlichen Klassifikationen und der nur geringen Zahl genau untersuchter Bodenprofile nicht befriedigend. Sie können nur grobe Richtlinien zur Orientierung liefern, denn zur Abgrenzung der einzelnen Bodentypen und Areale wurden auf den Nachbarinseln gewonnene Daten hinzugezogen, welche die fehlenden Untersuchungen ersetzen mußten. Erst zahlreiche eigene Beobachtungen und Untersuchungen in den Jahren 1980/81 zeigten eine kaum vermutete Vielfalt und Komplexität der Bodentypen in ihrer Verbreitung auf Hierro.

Bis heute ist somit noch keine systematische Erfassung und Zuordnung der Böden in eine einheitliche Klassifikation erfolgt. Sie wird, neben einer noch zu lückenhaften Kenntnis bezüglich Bodentypisierung und -verbreitung, von einer Vielzahl von Umweltfaktoren mit regional wechselnder Dominanz sehr erschwert.

Im folgenden richtet sich die Bezeichnung der Bodentypen nach der amerikanischen "SOIL TAXONOMY" (1975); teilweise wird eine Parallelisierung mit der deutschen Klassifikation (ABG Bodenkunde 1971) versucht. Die aus eigenen Untersuchungen an über 80 Bodenprofilen und zahlreichen Aufschlüssen gewonnenen Ergebnisse haben ihren Niederschlag in einer Bodenkarte von Hierro gefunden; sie gibt die gegenwärtige Verbreitung der Böden in ihren ungefähren Grenzen an (s. Abb. 6 und 6a). Die sehr ausführliche Behandlung dieses Kapitels ist auf die zentrale Bedeutung der Bodeneigenschaften bei den Bodenerosionsprozessen zurückzuführen.

### 2.2.1 Einfluß der Umweltfaktoren auf die Bodenentwicklung

Hierro weist, im Vergleich mit den anderen Inseln des Archipels, das wohl einheitlichste Ausgangsmaterial für die Bodenbildung auf. Festgesteine und Lockermaterial sind ausschließlich basaltischer oder basaltähnlicher Zusammensetzung, wobei basalti-

sche Lapilli den weitaus größten Anteil ausmachen. Trotzdem zeigt die mosaikartige Verbreitung der Bodentypen eine kaum geringere Varianz als auf den anderen westlichen Inseln. Vor allem das Klima hat langfristig gesehen eine weit größere Bedeutung für die Bodenentwicklung als das Ausgangsgestein. So lassen sich deutliche Zusammenhänge zwischen den klimatischen und den Vegetationshöhenstufen einerseits und den Bodentypen andererseits feststellen.

Grundsätzlich sind zwei Bereiche mit recht unterschiedlichen Voraussetzungen für die Bodenentwicklung zu erkennen: a) Die semiaride Fußstufe mit sehr lückenhafter Bodendecke, bestehend aus überwiegend geringmächtigen Xerorthents, z.T. auch Calciorthids und Xeralfs, und b) die semihumide Mittelstufe mit überwiegend geschlossener Bodendecke, vorherrschend aus Andepts, z.T. auch aus Xeralfs.

Diese scheinbar einfache Aufteilung in ein klimatisch bedingtes Verbreitungsmuster der Bodentypen unter Berücksichtigung von Höhen-, Luv- und Leelage wird durch eine Vielzahl anderer Umweltfaktoren sehr stark modifiziert. Hierzu zählen sowohl Unterschiede in Alter und Festigkeit des Ausgangsgesteins, als auch in Art und Dichte der Vegetationsbedeckung auf stark reliefiertem Raum. Zusammen mit den anthropogenen Eingriffen und ihren Folgeerscheinungen führen sie zu einem kleinräumigen Verbreitungsmuster unterschiedlicher Böden bezüglich Alter, Eigenschaften und rezenter Entwicklungstendenz.

Vor allem die anthropogenen Einflüsse in den landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten haben infolge Trockenfeldbaus oder auch künstlicher Bewässerung zu weitreichenden Veränderungen geführt. In den letzten zwei Jahrzehnten begannen umfangreiche Bodenverlagerungen durch die Anlage von Bananenpflanzungen im El Golfo-Küstenvorland. Die Herkunftsgebiete des für die Pflanzungen benötigten und mit Baggern entnommenen Bodenmaterials liegen im nördlichen und zentralen Hochland. Dort zeigen sich auch als Folge des Raubbaus und der seit Jahrhunderten andauernden Waldvernichtung die deutlichsten Spuren anthropogen bedingter Bodenveränderung und -zerstörung.



## 2.2.2 Regionale Verbreitung und Entwicklung der verschiedenen Bodentypen in der Fußstufe

In der Fußstufe ist der Anteil der jungholozänen Überdeckungen durch basaltische Laven und Pyroklastika mit fast 90% besonders hoch, und infolge oft mehrerer vulkanischer Aktivitätsphasen ist die Bodenbildung immer wieder unterbrochen worden. So haben sich nur sehr wenige Böden bis zu ihrem Klimaxstadium (hier rezent Calciorthids) entwickeln können.

### 2.2.2.1 Xerorthents

Auf den jungen Lavaströmen hat noch keine Bodenbildung eingesetzt oder diese befindet sich erst in ihrem Initialstadium. Nach MATZNETTER (1958, S. 45) ist es auf diesen sogenannten "Malpaises" auch in klimatisch günstigeren Bereichen des Archipels noch kaum zu einer Bodenbildung gekommen. Der nur langsam einsetzende grusige Zerfall läßt erst nach dem Entstehen kleiner, flacher Mulden zwischen den übrigbleibenden Lavarippen neben der Besiedlung durch Flechten, *Euphorbia*- und *Aeonium*-Arten einen kümmerlichen Graswuchs in den Vertiefungen zu. Vor allem die Gräser fördern durch ihr dichtes Wurzelwerk eine Anhäufung von organischem Material und dessen Vermischung mit den mineralischen Zerfallsprodukten. Dies führt zu einer ersten Bodenbildung in den sich allmählich vergrößernden Mulden der älteren, mehrtausendjährigen Lavaströme (s. Photo 4).

Diese skelettreichen, humusarmen und wenige Zentimeter (Malpaises) bis maximal zwei Dezimeter (Pyroklastika) mächtigen lithic Xerorthents bedecken sehr lückenhaft weite Bereiche der Fußstufe (SOIL TAXONOMY 1975, S. 201 ff.; vgl. "Lithosoles y suelos poco evolucionados" bei FERNANDEZ CALDAS et al. 1974 b, S. 364). Im Westen und Süden jedoch, wo sich die jüngsten vulkanischen Ausbruchszentren befanden, kann von einer Bodenbildung auf den jungen Laven noch nicht gesprochen werden (s. auch Abb. 6).

Auch das dort ausgeworfene Lockermaterial, ausschließlich basaltische Lapilli, nimmt in enger Verzahnung mit den Malpaises große Flächen ein. Diese lassen trotz dichter Pflanzendecke (typisch: *Cneorum pulverulentum*) keine oder nur geringe Zeichen der Bodenbildung erkennen. Der Deckungsgrad kann

hier bis etwa 30% erreichen, im Gegensatz zu unter 10 - 15% auf den Malpaisen. Die auffällige Vegetationszunahme erklärt sich bei näherer Untersuchung aus einem nur wenige Zentimeter bis über zwei Dezimeter mächtigen mehr oder weniger feuchten Horizont in 10 bis 70 Zentimeter Tiefe. Dieser ist selbst in den trockensten Monaten vorhanden (Beobachtungen im Juni bis August) und dient den Pflanzen als Wasserreservoir. Das deutet bereits auf eine große Wasserspeicherkapazität der Lapillidecken hin und verweist auf eine sehr wichtige Eigenschaft der sich in den semihumiden Bereichen der Insel aus den Lapilli entwickelnden typischen Adept's.

#### 2.2.2.2 Calciorthids - Bedeutung polygenetischer Profile

Infolge des sehr jungen Ausgangsmaterials ist die rezente Bodenentwicklung in der Fußstufe von Hierro kaum über die lithomorphen Böden in Form der erwähnten Xerorthents hinausgegangen; denn bis zur Entwicklung charakteristischer Klimaxformen werden längere Zeiträume benötigt.

Nach KUBIENA (1956, S. 244) treten unter rezenten Bedingungen in den trockensten Bereichen der Kanarischen Inseln neben Kalkrohböden, Kalkkrustenböden und Pararendzinen vor allem meridionale Braunerden und Kalkbraunerden auf, die beiden letztgenannten als klimaphytomorphe Böden. Spätere Untersuchungen, u.a. von FERNANDEZ CALDAS (1971 ff.), QUANTIN (1978) und HEMPEL (1978, 1980) führten jedoch noch zu einem weit differenzierteren Verteilungsmuster. Nachdem man die Bedeutung der quartären Klimaschwankungen für die Bodenbildung erkannt hatte, erfolgte eine andere Interpretation der Bodenprofile unter größerer Berücksichtigung ihrer polygenetischen Entwicklung.

So werden heute die auf den Kanarischen Inseln in zahlreichen Böden der Fußstufe im Profil mehrfach auftretenden Kalkanreicherungs Horizonte von einer Reihe Autoren nicht mehr als rezente Bildungsvorgänge gesehen, sondern als Bodenreste aus klimatisch feuchteren Phasen des Quartärs (u.a. FRANZ 1968, ROHDENBURG & SABELBERG 1969 a, HEMPEL 1978, HÖLLERMANN 1982, KLAUS 1983).

Auf Hierro kommen diese Kalkanreicherungs Horizonte in Form von bis 50 Zentimeter mächtigen Kalkkrusten und als dünnere Kalkbänder oder -lamellen vor. Ihre pedogene Entstehung läßt sich mit Hilfe der Deszendenztheorie am besten erklären. Dabei führt die

saisonale Durchfeuchtung der oberen Bodenhorizonte zu einer Auswaschung des Kalkes, der bei fehlender Grundwasserbeeinflussung an der Untergrenze des wechselfeuchten Haftwasserbereiches ausgefällt und angereichert werden kann. Diese Vorgänge erlauben aber keine Entstehung unter gegenwärtigen Klimabedingungen. Eine genügende Durchfeuchtung der Böden, zumindest für die Bildung mehrerer Zentimeter bis Dezimeter mächtiger Kalkbänder oder -krusten, ist bei den gegenwärtigen Niederschlagsmengen von unter 100 bis 250 Millimeter im Jahr in weiten Teilen der Fußstufe nicht mehr gewährleistet.

Geringfügige, azedente Kalkabscheidungen an der Bodenoberfläche sind aber unter den heutigen Bedingungen ebenso möglich wie eine laterale Kalkzufuhr durch an den Hängen abfließendes Niederschlagswasser und äolische Staubablagerungen aus dem westlichen Sahararaum (s. auch ROHDENBURG 1977, SANCHEZ DIAZ, GUERRA DELGADO & FERNANDEZ CALDAS 1978 a). Bis zu 50 Zentimeter mächtige Kalkanreicherungen können damit jedoch nicht erklärt werden.

Polygenetische Böden mit bis zu acht verschiedenen Kalkbändern oder -krusten im Gesamtprofil finden sich kleinflächig vor allem auf der Restinga-Halbinsel und im östlichen Vorland von Valverde. Oft liegt dabei die gegen Abtragungsprozesse widerständigere Kalkkruste unmittelbar an der Oberfläche, während der lockere Oberboden abgetragen wurde (Exhumierung, s. auch Abb. 6 und 6a sowie Photo 5). Meist werden diese Calciorthids jedoch noch von Xerorthents überlagert, was auf den Einfluß der jungen vulkanischen Überdeckung zurückgeht (s. Profil 1). Überhaupt muß bei der Betrachtung komplexer, polygenetischer Bodenprofile mit mehreren, von Lapillischichten begrenzten Paläoböden, neben den quartären Klimaschwankungen vor allem der phasenhaften vulkanischen Schichtung Beachtung geschenkt werden.

### 2.2.2.3 Böden unter landwirtschaftlicher Nutzung

Nur ein kleiner Teil der Böden in der Fußstufe steht unter intensiver ackerbaulicher Nutzung. Hierbei übertreffen traditioneller und kanarischer Trockenfeldbau bei weitem die unter Bewässerung stehenden Flächen. Der spezielle kanarische Trockenfeldbau besteht in einer Durchmischung oder Überdeckung des Bodens mit basaltischen Lapilli auf terrassierten oder mit Steinmauern umgebenen

nen Feldern (s. MATZNETTER 1958, S. 116 ff.). Diese Steinmauern und Terrassen stellen, wenn sie intakt sind, bis heute einen sehr wirksamen Schutz gegen die Bodenerosion dar. Der kanarische Trockenfeldbau bewirkt neben einer Verwischung der meist ohnehin nur schwach ausgeprägten Horizonte vor allem eine deutliche Texturveränderung der Böden, die natürlich auf Gefügeformen und Wasserhaushalt nicht ohne Einfluß bleibt. Die hauptsächlich im Weinbau angewandte Lapilliüberdeckung setzt die Deflation deutlich herab.

In einigen Bereichen der Fußstufe, besonders am Unterhang und Hangfuß des El Golfo-Steilabfalls, treten zahlreiche Kolluvien auf. Ihr Ursprung geht überwiegend auf die Entwaldung der unteren und mittleren Hangabschnitte des erwähnten Steilabfalls zurück. Die Mächtigkeit dieser Andept-Kolluvien kann drei bis vier Meter und mehr erreichen. Der oft recht hohe Humusgehalt (bis über 5%) weist auf die ursprüngliche Herkunft des Materials aus ehemals bewaldeten Gebieten hin. Infolge ihrer guten Wasserspeicherkapazität stehen diese Böden gegenwärtig ausschließlich unter intensiver landwirtschaftlicher Nutzung.

In den jungen bewässerten Böden im El Golfo-Küstenvorland deutet die zur Zeit noch schwach bis mäßig saure Bodenreaktion (pH/H<sub>2</sub>O 5,5 - 6,0) ebenfalls auf die Herkunft dieses Bodenmaterials aus der Mittelstufe. Da es erst innerhalb der letzten 20 Jahre künstlich aufgetragen wurde, hat es sich noch nicht den gegenwärtigen Standortbedingungen eines unter Bewässerung stehenden Bodens im semiariden Klima angepaßt.

Langfristig gesehen werden vor allem durch künstliche Bewässerung, aber auch durch intensiven Trockenfeldbau ohne Lapilliüberdeckung die Prozesse der Versalzung und Karbonatisierung der Böden verstärkt (SANCHEZ DIAZ, FERNANDEZ CALDAS & GUERRA DELGADO 1978 a, S. 245). Auf Hierro ist diese Entwicklung nur aufgrund des weithin sehr jungen Ausgangsmaterials der Böden noch nicht so weit fortgeschritten.

#### 2.2.2.4 Xeralfs - Problematik ihrer Klassifikation

Im Übergangsbereich von Fuß- und Mittelstufe, besonders im feuchteren Norden und Nordosten von Hierro, findet sich ein sehr eng verzahntes Bodenmosaik. In diesem Überwiegen zwar noch die Xerorthents, es sind aber auch schon Ansätze zu den für die Mittel-

stufe typischen Andepts (Vitrandepts und Eutrandepts) zu finden. Hinzu kommt, daß ein Teil des nordöstlichen Vorlandes von Valverde zu den wenigen Bereichen der Insel gehört, die sich nicht oder nur wenig im Einzugsgebiet der Auswurfmassen holozäner Kegel befanden. Sie wurden deshalb verhältnismäßig geringfügig oder gar nicht vom holozänen Adventivvulkanismus überprägt.

Infolge starker Bodenerosion im meist sehr hängigen Gelände blieben die auf älteren Substraten (neben Lapilli auch Basalt oder Basaltschlacke) entstandenen Böden nicht als vollständige Profile erhalten oder wurden überhaupt erst durch Abtrag als Reliktböden aufgeschlossen. Die Klassifikation dieser erodierten Böden, die sich in Aufbau und Eigenschaften sehr deutlich sowohl von den Xerorthents als auch von den Andepts unterscheiden, war etwas problematisch. Sie konnte erst nach zahlreichen Untersuchungen besser erhaltener Profile dieses Bodentyps in der Mittelstufe eindeutig festgelegt werden. Es handelt sich um mäßig bis stark erodierte Xeralfs, hier typic, ultic oder lithic Haploxeralfs (SOIL TAXONOMY 1975, S. 146 ff.). Diese Böden sind etwa vulkanischen Parabraunerden mediterraner Ausprägung vergleichbar, deren A-Horizont meist vollständig abgetragen ist (s. Abb. 6; KUBIENA 1956, S. 243 ff.: erdiger Braunlehm). Der infolge des höheren Ton- und Schluffgehaltes im wechsellückigen Klima stark verhärtete B<sub>t</sub>-Horizont erweist sich als weniger erosionsanfällig und blieb deshalb erhalten.

Die Böden sind flach- bis mittelgründig, sehr dicht und haben ein polyedrisches Gefüge. Der Tonanteil schwankt durchschnittlich zwischen 20 - 35%, der Humusgehalt erreicht selten Werte über drei Prozent. Die Basensättigung ist bei einem mittleren pH-Wert von 6,5 - 8,5 meist hoch (65 bis über 80%). Je höher der Tonanteil, umso tiefgreifender ist die sommerliche Austrocknung und Verhärtung, was sich auch auf Vegetationszusammensetzung und -deckungsgrad auswirkt (s. Profile B 2, 3 und 4 und Abb. 6a).

Die Klassifikation dieser Böden als Xeralfs befriedigt wegen des hohen Allophananteils nicht vollständig. FERNANDEZ CALDAS, BANAYAS & TEJEDOR SALGUERO (1978 a, S. 313) halten eine wirksame Lessivierung in den allophanreichen Andepts für nicht möglich und schließen eine solche für die besonders allophanreichen Dystrandepts völlig aus. Was die typischen Andosole betrifft, so konnten

auch bei eigenen Untersuchungen an den Vitrandepts und Eutrandepts der Mittelstufe von Hierro keine oder nur geringe Anzeichen für Tonverlagerungsprozesse gefunden werden. Die jedoch hier als Xeralfs klassifizierten Böden weisen trotz hohen Allophananteils keinen Andosolcharakter mehr auf und erfüllen die nach der SOIL TAXONOMY notwendigen Voraussetzungen für Alfisols. Auch die in einigen Böden der Mittelstufe schon makroskopisch erkennbaren Toninfiltrationsbändchen lassen eine Klassifizierung dieser Böden als Alfisols mit einem mehr oder weniger deutlich ausgeprägten  $B_t$ -Horizont als berechtigt erscheinen. Zudem weist BOLLHARDT (1972, S. 27, 31/32) auf ähnliche Erscheinungen in einigen Böden der semihumiden Mittelstufe Teneriffas hin und konnte diese Lessivierungsprozesse auch mittels Dünnschliffbild beweisen (vgl. auch ROHDENBURG, RIEGER & SABELBERG 1978, S. 18.1 - 18.8).

Der Allophananteil in den Xeralfs der Fußstufe ist größtenteils geringer als in denjenigen der Mittelstufe, was auf deren unterschiedlichen Standortbedingungen beruht. Größere Trockenheit und höherer pH-Wert begünstigen die direkte Entstehung kristalliner Tonminerale gegenüber der primären Bildung amorpher Allophane, vor allem aber eine raschere Umwandlung in kristalline Formen (Allophan - Halloysit - Kaolinit; FERNANDEZ CALDAS & SCHWAIGHOFER 1974, S. 197 ff.). In der semihumiden Mittelstufe hingegen gehen die Allophane im schwach bis mäßig sauren Milieu erst nach langdauernden Alterungsprozessen in die kristalline Form über.

Die speziellen Eigenschaften und Entwicklungsstadien der aus vulkanischen Pyroklastika hervorgegangenen Böden werden jedoch bis heute in keiner internationalen Klassifikation ausreichend berücksichtigt und erfaßt. Auch in der SOIL TAXONOMY finden diese Böden außerhalb der Ordnung der Inceptisols kaum Beachtung und werden oftmals gar nicht erwähnt. Für die aus vulkanischem Lockermaterial entstandenen Alfisols mit hohem Allophananteil wäre somit die Bezeichnung "Andalfs" als neue Unterordnung besser und würde auch den charakteristischen Eigenschaften dieser Böden eher gerecht.

Die Haploxeralfs der Fußstufe von Hierro sind fast ausschließlich Reliktböden aus feuchteren Perioden des Quartärs. Gegenwärtig befinden sie sich nur noch an wenigen günstigen Standorten (z.B. Hangmulden mit Zuschußwasser) kleinflächig in Weiterbildung. Meist sind die Jahresniederschlagsmengen mit weniger als 250 - 300 Milli-

meter jedoch dafür zu niedrig. Auch die infolge menschlicher Eingriffe große Vegetationszerstörung und der dadurch gesteigerte Bodenabtrag stehen ihrer Weiterbildung im Wege. Eine detaillierte Kartierung dieser Böden auf Hierro existiert bis heute nicht. In der Bodenkarte von FERNANDEZ CALDAS et al. (1974 b, S. 364) finden sie keine Erwähnung.

#### 2.2.2.5 Rezenten Entwicklungstrend

Schon KUBIENA (1956, S. 246) erkannte die zunehmende Xeromorphie der Böden sowohl in der Fuß- als auch in der Mittelstufe, die durch das gegenwärtig trockenere Klima und die zahlreichen anthropogenen Eingriffe hervorgerufen wird. Sie ist gekennzeichnet durch eine fortschreitende Vererdung der Böden mit Humusverarmung, Gefügelockerung und -zerfall. Ihre Folgen kommen in einer progressiven Ausbreitung trockenerer und wenig entwickelter Bodentypen sowie in einer Verstärkung der Abtragungsgefährdung zum Ausdruck. Die Xeromorphie führt damit auch zu einer Wertminderung der Böden bei der landwirtschaftlichen Nutzung.

#### 2.2.3 Regionale Verbreitung und Entwicklung der verschiedenen Bodentypen in der Mittelstufe

Die Böden der semihumiden Mittelstufe unterliegen aufgrund des niederschlagsreicheren Klimas (300 bis über 700 mm) anderen Bildungsbedingungen. Sie sind aber zum großen Teil noch mehr als die Böden der Fußstufe durch anthropogene Eingriffe verändert worden. FERNANDEZ CALDAS et al. (1974 b, S. 360 ff. und 1975 a, Beilage) differenzieren zwischen "Andosoles naturales, Andosoles antropizados, Suelos pardos andicos y Ranker andico" als typischen Böden der Mittelstufe.

##### 2.2.3.1 Andepts

Als Andosole oder Andepts (SOIL TAXONOMY 1975, S. 230 ff.) - etwa vulkanischen Lockerbraunerden vergleichbar - bezeichnet man Böden mit einem hohen Anteil amorpher Allophane. Diese Allophane entstehen bei der Verwitterung junger vulkanischer Substrate, vorzugsweise Pyroklastika (hier basaltische Lapilli). Die natürlichen, anthropogen nicht veränderten Andepts nehmen heute auf Hierro nur noch kleine Flächen ein. Sie befinden sich unter Lorbeerwald-

relikten und Fayal-Brezal im nördlichen Hügelland und südlich der Hoya de Fileba im Zentrum der Insel; unter Kiefernwald gibt es ein noch größeres, geschlossenes Vorkommen nordwestlich von Las Casas.

Es handelt sich überwiegend um schwach bis gut entwickelte Vitrandepts mit teilweisen Übergängen zu Eutrandepts. Vitrandepts sind, je nach Alter und Standortbedingungen, meist flach- bis mittelgründige Böden mit sandiger bis schluffig-sandiger Textur. Sie haben einen oft gut entwickelten, meist stark humosen A-Horizont (Humusgehalt oft über 10 bis 15%) und einen schwach oder gar nicht entwickelten B-Horizont. Der Tonanteil ist meist gering und erreicht nur im Oberboden Werte über 10% (s. auch Profile B 5, 6 und 7, Abb. 6a und Photo 6). Die hier beschriebenen Vitrandepts entsprechen den von FERNANDEZ CALDAS & TEJEDOR SALGUERO (1975 a) in ihrer Karte als "Andosoles naturales" bezeichneten Böden. Die o.e. Autoren geben aber in ihren Analysedaten der Profile "Zabagu" und "Tajanara" (1975 a, S. 166-184) geringere Werte der organischen Substanz im A-Horizont an (max. 9%).

Auf älteren Substraten und unter meist feuchteren Klimabedingungen überwiegen im Hügelland und in den zentralen und nördlichen Teilen des Hochlandes die Eutrandepts lokal gegenüber den Vitrandepts (vgl Profile B 8 und 9 sowie Abb. 6 und 6a). Die hier auftretenden Eutrandepts sind mittel- bis tiefgründige, meist stark humose Böden mit oft gut entwickeltem ABC-Profil. Sie weisen einen höheren Schluff- und meist auch Tongehalt als die Vitrandepts auf. Infolge menschlicher Eingriffe haben sie oft kolluvialen Charakter mit teils mehr als zwei Meter Mächtigkeit und hohen Humusgehalten (oft 4 bis über 5%) im Gesamtprofil (s. Photo 7). Die Eutrandepts werden in der Bodenkarte von FERNANDEZ CALDAS et al. nicht erwähnt.

Die bisher beschriebenen typischen Andepts weisen bei einem pH-Wert von 5,5 - 6,5 eine mittlere bis meist hohe Basensättigung auf und sind stark und tiefgründig durchwurzelt. Sie besitzen keinerlei Plastizität im feuchten Zustand und eine sehr geringe Volumendichte. Ihr lockeres, krümelartiges, recht stabiles Gefüge ermöglicht einerseits eine hohe Wasserhaltefähigkeit und -durchlässigkeit, verhindert aber andererseits Podsolierungsprozesse. Die dunkelbraune Färbung des Oberbodens beruht nicht nur auf des-



sen hohem Humusgehalt, sondern auch auf der Neigung der Allophane zusammen mit den organischen Bestandteilen recht stabile Ton-Humus-Komplexe mit hoher Austauschkapazität zu bilden.

Im unterwuchsarmen Kiefernwald bedeckt unter natürlichen Bedingungen eine schützende, nur wenig zersetzte O-Auflage bis zu sieben Zentimeter Mächtigkeit den A-Horizont der Böden. Oft wird sie aber, zwecks Verwendung als Stallstreu, Bananenverpackungsmaterial und zur Humusanreicherung der ackerbaulich genutzten Böden entfernt.

Nach der fast völligen Entwaldung der Sekundärkegel verlieren die Andepts rasch ihre Stabilität. Bei starker Wasserdurchtränkung infolge Starkregen sind sie vor allem in steileren Hanglagen (über  $10^\circ$  Neigung) sehr anfällig für Rutschungen und Sackungen sowie linienhafte Abtragungsprozesse in Form von Rinnen- und Grabenerosion.

Die Bodenfeuchtigkeit in den Andepts weist in der bewaldeten Mittelstufe, mit Ausnahme sehr trockener Teile des südlichen Hochlandes, andere Werte im Jahresgang auf als in den ackerbaulich und teils auch weidewirtschaftlich genutzten Böden. Erstgenannte haben oft auch in den trockenen Sommermonaten einen infolge des Nebelniederschlags schwach feuchten  $A_h$ -Horizont (meist auf die oberen Zentimeter beschränkt). Doch geht diese positive Auswirkung des Nebels auf den völlig entwaldeten landwirtschaftlichen Nutzflächen weitgehend verloren (vgl. Prozentanteil  $H_2O$  bei den Profilen B 8, 11, 17, 20, 27; wiederholte Messungen Juni bis August 1980/1981). Dort kommt es, besonders bei starker Windeinwirkung, zu einer spürbaren Austrocknung des Oberbodens, die in extremen Fällen auch Teile des B-Horizontes erfassen kann, jedoch nicht mit einer Verhärtung des Bodens verbunden ist. Im Winterhalbjahr sind die Niederschläge im Luv der Insel höher als im Lee, was zu einer besseren Wasserversorgung der Böden im Nordteil führt.

Dieses unterschiedliche Bodenfeuchteregime beeinflusst natürlich die Entwicklung der Böden. So weisen die Andepts in den noch bewaldeten, feuchteren Bereichen von Hierro als Zeichen der größeren Verwitterungsintensität durchschnittlich eine größere Mächtigkeit, einen höheren Feinmaterialanteil sowie einen ausgeprägteren B-Horizont auf. Hinzu kommt eine höhere Austauschkapazität und bessere Vermischung der organischen mit den mineralischen Be-

standteilen als es in den trockeneren Gebieten der Mittelstufe der Fall ist.

### 2.2.3.2 Böden an Steilhängen (über 35° Hangneigung)

An steileren Hängen mit mehr als 35 - 40° Neigung können selbst unter natürlichen Bedingungen oft keine typischen Adepts mehr entstehen (s. auch Abb. 6). Auch menschliche Eingriffe, vor allem die weitgehende Entwaldung, führten durch nachfolgende Boden-erosionsprozesse zu einer regressiven Entwicklung der Böden mit nur noch flachgründigen und vielfach gekappten Profilen.

Xerorthents mit Übergängen zu lithic Vitrandepts kennzeichnen diese Bereiche ("Ranker andico" bei FERNANDEZ CALDAS & TEJEDOR SALGUERO 1975 a, Karte Nr. 3). Die größten Verbreitungsgebiete dieser Bodentypen liegen in den oberen Hangabschnitten und Kammlagen der Steilabfälle von El Golfo und Las Playas, sowie vor allem im Südwesten der Insel. Dabei weisen die Xerorthents ein rankerähnliches AC- oder A-C<sub>v</sub>-C-Profil auf, dessen Humusgehalt unter Waldbestand im gut durchwurzelten A<sub>h</sub>-Horizont sehr hohe Werte von 10 bis über 15% erreichen kann. Der Tongehalt des Oberbodens beträgt nicht mehr als 10 bis 20%, im C<sub>v</sub>-Horizont kaum drei Prozent; der Anteil der Sandfraktion liegt dagegen nicht unter 60%. Je nach Standortbedingungen ist die Basensättigung mittel bis meist hoch. Nur unter Lockermaterial kann es unter dem A<sub>h</sub>-Horizont noch zur Ausbildung eines ebenfalls stark durchwurzelten C<sub>v</sub>-Horizontes kommen. Über festem Basalt hingegen liegt der noch geringmächtigere A<sub>h</sub>-Horizont fast immer unmittelbar dem schwach angewitterten Ausgangsgestein auf.

### 2.2.3.3 Xeralfs

Ein Großteil der Böden in der Fußstufe, vor allem aber in der Mittelstufe, weist ein polygenetisches Profil auf. Teilweise handelt es sich um zwei direkt übereinanderliegende Bodentypen, wie das z.B. bei Profil B 11 (typic Vitrandept über psammentic Haploxeralf) der Fall ist. Meist sind die Böden jedoch durch unterschiedlich mächtige Lapillischichten voneinander getrennt (vgl. B 12). Auf diese Weise können mehrere Bodenbildungsphasen mit unterschiedlich stark entwickelten Profilen - und immer wieder unterbrochen von Lapillischichten - auftreten.

Wie bereits für die Fußstufe beschrieben, sind diese Paläoböden auch in weiten Teilen der Mittelstufe infolge starker Boden-erosion ihrer schützenden Deckschicht beraubt worden und treten heute als Reliktböden an der Oberfläche auf. Dies betrifft vor allem einen großen Teil der entwaldeten Sekundärkegel im nördlichen und zentralen Hochland sowie einige westliche Randbereiche des Hügellandes, aber auch Gebiete, die von den holozänen Auswurfmassen nicht oder nur wenig berührt wurden. Es treten sowohl Haploxeralfs als auch Rhodoxeralfs auf, wobei erstgenannte den bei weitem größten Teil der Flächen innehaben (s. Profile B 13, 14, 15, 16, Abb. 6 und 6a und Photos 8, 9 und 10). Diese Böden entsprechen den von KUBIENA (1956, S. 241 ff.) als erdige Braun- bzw. Rotlehme bezeichneten Böden. FERNANDEZ CALDAS et al. (1974 b) berücksichtigen sie in ihrer Bodenkarte jedoch nicht.

Infolge Bodenerosion sind die Xeralfs nicht immer vollständig erhalten, oft ist ein Teil des Oberbodens oder sogar der gesamte A-Horizont abgetragen worden. Die Mächtigkeit des meist deutlich ausgeprägten  $B_t$ -Horizontes schwankt erheblich; in gut erhaltenen gealterten Haploxeralfs können aber 50 Zentimeter oder mehr erreicht werden. In Aussehen und Eigenschaften unterscheiden sich diese Böden deutlich von den Andepts. Sie zeichnen sich durch hohe Volumendichte, Polyedergefüge und Plastizität aus. Der Humusgehalt des Oberbodens beträgt - außer unter sekundärer Verbuchung - kaum vier bis fünf Prozent und erreicht im B-Horizont nur noch nur noch knapp ein bis 2,5%. Die Durchwurzelung ist bedeutend schwächer als bei den Andepts. Die Textur reicht von schluffig-lehmig bis lehmig-tonig; im  $B_t$ -Horizont können Ton- und Schlufffraktion jeweils 40% oder mehr ausmachen. Nur in den trockeneren Bereichen des Hochlandes und in den Kammlagen der Sekundärkegel ist ein höherer Sandanteil vertreten (vgl. B 14 und Photo 10). Ein weiteres charakteristisches Zeichen ist ihre meist kräftig rotbraune bis rote Farbe (bis 2,5 YR bei den Rhodoxeralfs), die in den feuchteren Bereichen der Mittelstufe am intensivsten ist. Diese Farbintensität beruht auf dem deutlich höheren Fe-Gehalt (11-12%, bes. Hämatit) der Xeralfs, vor allem im  $B_t$ -Horizont, gegenüber wenig über acht Prozent bei den Andepts (vgl. Analyse- daten von B 14, 15, 18a, 19 und 20 in Tb. 5). Der pH-Wert liegt im schwach bis mäßig sauren Bereich, und die Basensättigung ist

deutlich geringer als bei den Andepts (meist unter 50%).

Die Lessivierungsprozesse in den Xeralfs der Mittelstufe sind stärker ausgeprägt als in denjenigen der Fußstufe oder im Übergangsbereich von Fuß- und Mittelstufe. Dies liegt daran, daß sich die Tonverlagerung hauptsächlich in einem pH-Bereich zwischen 5,5 und 6,5 abspielt. Sie ist ein Zeichen für humide oder semihumide Klimaverhältnisse mit vorwiegend abwärts gerichtetem Sickerwasserstrom (vgl. auch ROHDENBURG, RIEGER & SABELBERG 1978, S. 18.7). Der Allophananteil in den Xeralfs der Mittelstufe ist durchschnittlich höher als in denjenigen der Fußstufe. Doch läßt sich bei eigenen röntgenspektrometrischen Untersuchungen eine mehr oder weniger ausgeprägte Tendenz zur Kristallisation (meist in Richtung Kaolinit) feststellen, die bei den Andepts noch völlig fehlt (vgl. auch Abb. 7).

Im Gegensatz zu den Andepts verursachen die meisten Xeralfs, mit Ausnahme der schwächer entwickelten psammentic Haploxeralfs, ungünstige Standortbedingungen für Vegetation und landwirtschaftliche Nutzung. Trotz guter Wasserspeicherkapazität besitzen sie infolge ihres hohen Tongehaltes einen sehr großen Totwasseranteil und trocknen im Sommer rasch und tiefgründig aus. Trockenrisse bis zu 30 Zentimeter Tiefe oder sogar darüber sind keine Seltenheit. Bei den meist als Starkregen fallenden Niederschlägen im Winterhalbjahr können die Xeralfs infolge ihrer hohen Dichte und Feinkörnigkeit das anfallende Niederschlagswasser nicht rasch genug aufnehmen. Sie neigen deshalb zur Verschlämmung und sind somit sehr anfällig für flächenhafte Abtragungsprozesse.

Bei den heute an der Oberfläche liegenden Xeralfs handelt es sich ganz überwiegend um Reliktböden aus meist feuchteren Perioden des Quartärs, die größtenteils erst durch den anthropogen bedingten Bodenabtrag freigelegt wurden. Doch ist ihre Entwicklung als klimaphytomorphe Böden unter den gegenwärtigen Klimabedingungen zumindest in den feuchteren Bereichen der Mittelstufe mit mehr als 500 Millimeter Jahresniederschlag durchaus möglich. Bei Jahresniederschlägen unter 500 Millimeter kann eine Weiterentwicklung nur in abgeschwächter Form (psammentic Haploxeralfs mit weniger stark ausgeprägtem  $B_t$ -Horizont und deutlich geringerem Feinheitsgrad) erfolgen.

Das jedoch zur Zeit in den meisten Bereichen an der Oberflä-

che liegende Ausgangsmaterial ist noch zu jung, als daß sich auf diesem schon Xeralfs hätten entwickeln können. Dafür spricht auch die Tatsache, daß sich in den Gebieten der Insel, die von holozänen Auswurfmassen nicht oder nur noch lückenhaft überdeckt wurden, vor allem im Norden und Osten, der flächenmäßig größte Anteil der am weitesten entwickelten Xeralfs befindet. Nach eigenen Untersuchung ist eine Entwicklung der Böden in der Mittelstufe bis hin zu ihrer Klimaxform in der zeitlichen Abfolge Xerorthent - Vitrandept - Eutrandept - Xeralf denkbar. Hierbei müssen nicht immer alle Entwicklungsstadien durchlaufen werden. Vor allem in den trockeneren Bereichen der Mittelstufe, z.T. auch in der nördlichen oberen Fußstufe, dürfte das Andept-Stadium bei ungestörter Entwicklung weniger deutlich und kürzer ausgeprägt sein.

#### 2.2.3.4 Anthropogen veränderte Hochland-Böden

Der größte Teil der Böden in der Mittelstufe von Hierro ist durch die landwirtschaftlichen Eingriffe mehr oder weniger stark verändert worden. Vor allem das Hochland und seine Randbereiche zwischen Taibique im Süden und Mocanal im Norden wurden schon bald nach der spanischen Eroberung wegen der günstigen klimatischen und morphologischen Voraussetzungen dem intensiven Ackerbau und der Weidewirtschaft unterworfen. Hier hatten sich auch auf überwiegend altholozänen Pyroklastika die tiefgründigsten Böden der Insel (xeric Eutrandepts und mollic Vitrandepts) entwickeln können, die FERNANDEZ CALDAS & TEJEDOR SALGUERO (1975 a) in ihrer Karte als "Andosoles antropizados" bezeichnen. Die gegenwärtig große Varianz dieser Böden macht ihre Zusammenfassung zu einem bestimmten Bodentyp sehr schwierig, wenn nicht gar unmöglich. Sie läßt sich aber durch die starken menschlichen Eingriffe in diesem Raum seit der spanischen Besiedlung erklären.

In den intensiv ackerbaulich genutzten Bereichen entstand eine häufige Vereinheitlichung des Bodenprofils infolge Lapillidurchmischung und wiederholten Pflügens. Die zahlreichen Sekundärkegel wurden nach der fast völligen Entwaldung als spätere Weidegebiete den landwirtschaftlichen Nutzflächen zugefügt. Heute zeigen diese Kegel neben Gras- und Krautwuchs nur noch vereinzelt Relikte der ehemaligen Wald- und Buschvegetation oder sekundäre Verbuschung. Dieser wirtschaftliche Raubbau in Form nahezu tota-

ler Abholzung der Wälder mußte deutliche Spuren hinterlassen: die bis zu wenig über 35° geneigten, steilen Hänge der Kegel werden von zahlreichen, bis mehrere Meter tiefen und breiten Erosionsgräben und zahllosen kleineren Rinnen durchzogen. Hinzu treten Rutschungen und Sackungen, hervorgerufen durch plötzlich einsetzende oder langanhaltende Starkregen. Auch der Einfluß der Winderosion (Deflation) ist nicht zu unterschätzen. Besonders in den exponierten Lagen der nur lückenhaft bewachsenen Kegel, aber auch auf den saisonal fast vegetationsfreien Ackerflächen, führt die Deflation u.a. zu einem beträchtlichen Verlust von Feinmaterial und organischen Bestandteilen an der Bodenoberfläche.

Somit stehen flachgründigen, gekappten Profilen - zu einem nicht geringen Teil Reliktböden - im Gipfel- und Oberhangbereich metertiefe junge Andept-Kolluvien an den Unterhängen und am Hangfuß gegenüber (vgl. Profile B 8, 16, 17, 20, Abb. 6 und 6a und Photo 11). Das abgeschwemmte Bodenmaterial wurde und wird noch bis weit ins umliegende Hochland transportiert und dort abgelagert, falls es nicht bei besonders starken Regenfällen über episodisch wasserführende Barrancos bis in die Fußstufe oder ins Meer gelangt.

In den 50er Jahren begannen umfangreiche Wiederaufforstungsprogramme, neben dem Gebiet von El Julian vor allem an den Adventivkegeln des nördlichen und zentralen Hochlandes. Diese wurden aber nicht konsequent genug durchgeführt, um den Bodenerosionsprozessen Einhalt gebieten zu können.

### 2.3 LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT

Land- und forstwirtschaftliche Nutzung führten in nur wenigen Jahrhunderten in weiten Teilen von Hierro zu einem völligen Wandel des natürlichen Landschaftsbildes. Noch 1590 spricht TORRIANI von "einem Überfluß an Bäumen im Inselinneren" (S. 186/187, Übersetzung von WÖLFEL 1940). Doch spätestens mit der Einführung des Weinbaus gegen Ende des 16. Jahrhunderts, dem zunehmendem Holzexport auf die Hauptinseln und dem fortschreitenden Ausbau der Acker- und Weideflächen schrumpften die Waldbestände rasch auf wenig mehr als ein Drittel ihrer ursprünglichen Ausdehnung zusammen.

Die anthropogenen Eingriffe in Form von Entwaldung und wirtschaftlicher Nutzung sind die Auslöser für die Bodenerosion. Ausmaß und Auswirkungen der Erosionsprozesse in ihrer regional unter-

schiedlichen Schadensstufe und ihrer zeitlichen Entwicklung werden in Kapitel 4 noch ausführlich behandelt. Bodenveränderung und Bodengefährdung infolge Anbau und Beweidung sind schon in den vorangegangenen Kapiteln 2.1 und 2.2 kurz skizziert worden. In diesem Kapitel sollen nur die unmittelbaren Folgen aufgezeigt werden, die im Zuge der Wiederaufforstungen, bei den Straßenanlagen und beim großflächigen Ausräumen von Bodenmaterial in den letzten Jahrzehnten entstanden.

### 2.3.1 Aufforstungen in der Mittelstufe

Bereits in den 50er Jahren, und noch verstärkt im folgenden Jahrzehnt, begann ein umfangreiches Wiederaufforstungsprogramm in der Mittelstufe von Hierro. Es sollte einen Großteil der Sekundärkegel im nördlichen und zentralen Hochland erfassen und auch Randbereiche des Hügellandes sowie einige Abschnitte der südwestlichen Steilhänge miteinbeziehen.

Bei der Wiederaufforstung beschränkte man sich auf nur vier Baumarten, wovon die beiden Kiefernarten ( *P i n u s r a d i a t a* und *P i n u s c a n a r i e n s i s* ) zusammen über 85% ausmachen. Erstere dominiert vor allem im zentralen und nördlichen Hochland, teilweise erfolgt aber auch eine Mischpflanzung der beiden Kiefernarten. Kleinere Aufforstungen mit *E u k a l y p t u s*, der hierbei einzigen Laubholzart, z.T. gemischt mit Kiefern, finden sich ausschließlich im feuchteren Nordteil von Hierro. Auf der trockeneren westlichen Halbinsel überwiegt dagegen *P i n u s c a n a r i e n s i s*. Vereinzelt Pflanzungen von *J u n i p e r u s c e d r u s* wurden sowohl im Norden als auch in der Umgebung östlich von La Dehesa durchgeführt.

Die Vorbereitungen für die Wiederaufforstungen bestanden vor allem im Hochland und Hügelland primär in der Anlage von andert-halb bis gut zwei Meter breiten Terrassierungen an den recht steilen Kegelhängen, die auch fast überall durchgeführt wurden. Leider erfolgte nur bei knapp der Hälfte der vorterrassierten Kegelhänge eine anschließende Bepflanzung; der Rest wurde mangels weiterer finanzieller Mittel sich selbst überlassen. Vor allem im zentralen Hochland erfolgte eine oft nur eine lückenhafte Bepflanzung der Kegelhänge, die zudem vielfach mit hohen Verlustquoten verbunden war.

Die Auswirkungen der Hangterrassierungen auf Böden und Bodenabtrag sind an zahlreichen Sekundärkegeln gut zu erkennen. Zwar werden die dortigen linienhaften Abtragungsprozesse erst einmal unterbunden, doch führt die fast völlige Zerstörung der Vegetation zu einer weitgehenden Entblößung des Oberbodens. Auch wenn es sich dabei meist nur um eine lückenhafte Gras- und Krautflur gehandelt hat, so setzt ihre vollständige Entfernung doch eine Verstärkung der flächenhaften Abspülung und Ausblasung in Gang. Bei Nichtbepflanzung der vorterrassierten Hänge, zu lückenhafter Aufforstung oder hoher Verlustquote erfolgt die Wiederausbildung einer neuen Gras- und Krautschicht viel zu langsam, um die sich rasch intensivierenden Abtragungsprozesse wirksam bremsen zu können.

Die unbefestigten Ränder der schmalen Hangterrassen werden vom abfließenden Niederschlagswasser rasch angegriffen, wobei das in seiner Horizontierung weitgehend gestörte Bodenmaterial den hangabwärts zunehmenden Abflusssmengen nur wenig Stabilität entgegenzusetzen hat. Neue Erosionsrinnen entstehen, und in den Hangabschnitten zwischen den Terrassen kann es zu Rutschungen und Sackungen kommen, die z.T. ganze Terrassenabschnitte verschütten (s. Photos 12 und 13). Die oft fehlende oder lückenhafte Aufforstung in den Kammlagen und am Oberhang verursacht zusammen mit der dort vielfach hohen Verlustquote eine deutliche Zunahme des Oberflächenabflusses. In den sich hangabwärts anschließenden, meist noch recht lichten Baumreihen, kommt es zu einer teilweisen Unterspülung des Wurzelwerks mit anschließendem Umstürzen der Bäume. Nicht zuletzt dadurch werden die Pflanzungen in den oberen und teils auch mittleren Hangabschnitten noch weiter ausgelichtet. Im Gegensatz dazu wird die Kraft des abfließenden Wassers am wesentlich dichter bewachsenen Mittel- und vor allem Unterhang bereits deutlich gebremst und abgeschwemmtes Bodenmaterial schon wieder abgelagert.

Die Quantität des abgetragenen Materials steigt sprunghaft an, und im nicht terrassierten Hangfußbereich werden die nach der Entwaldung entstandenen, heute größtenteils mit Gras zugewachsenen Gräben mit abgespültem Bodenmaterial zugeschüttet (s. Photo 12). Die Mächtigkeit dieser jungen Ablagerungen auf der Grabensohle kann im Hangfußbereich über einen Meter erreichen. So weist z.B. der Südwesthang des Timbarombo im westlichen zentralen Hochland mehrere größere Grabensysteme auf, deren untere Abschnitte zu ei-



nem erheblichen Teil mit jungem, abgeschwemmten Bodenmaterial aufgefüllt worden sind. Nach eigenen Berechnungen kam es in vier von diesen Grabensystemen, die sich auf einer Fläche etwa eines halben Hektars befinden, zu einer Ablagerung von rund 200 Kubikmeter Bodenmaterial innerhalb der letzten zwei Jahrzehnte (s. auch Photo 12). Diese jungen Aufschüttungen betreffen ausschließlich Unterhang und Hangfuß von terrassierten Kegeln, die nicht oder nur sehr lückenhaft wiederaufgeforstet wurden. Teilweise erfolgt in diesen Gräben auch noch ein Weitertransport des abgeschwemmten Materials bis weit ins Hochland oder sogar bis zu einigen Barrancos mit episodischer Wasserführung.

### 2.3.2 Straßenanlagen und -ausbau

Im Zuge des wirtschaftlichen Aufschwungs und der verkehrstechnischen Erschließung von Hierro kam es innerhalb der letzten 20 Jahre zur Neuanlage oder zum Ausbau zahlreicher Straßen (vgl. auch Abb. 8). Hierbei verursachte oder begünstigte nicht zuletzt die Schnelligkeit, mit der dieser Bau vorangetrieben wurde, eine Reihe gravierender Mißstände. Ungenügend befestigte Straßentrassen und Seitenstreifen können ebenso beobachtet werden wie Hangunterschneidungen und Maueranlagen ohne Abfluß beim Queren kleinerer, aber noch episodisch wasserführender Barrancos. Die Folgen blieben nicht aus: Unterspülungen, verbunden mit dem Abrutschen oder Absacken ganzer Straßenteile und Verschüttungen infolge von Hangrutschungen bei zu steilem Böschungswinkel sind keine Seltenheit.

So verläuft z.B. die weitgehend unbefestigte und ungeteerte Straße zwischen San Andres und Isora in einigen Abschnitten parallel zu einer besonders steilen Geländestufe im östlichen Teil des zentralen Hochlandes; dabei unterschneidet die Straße den bis etwa 40° geneigten Hang mehrmals. Eine dieser Unterschneidungen befindet sich westlich von La Cuesta. Auf einer Straßenlänge von kaum 30 Metern entstand infolge des zu steilen Böschungswinkels eine Abrißnische am Unterhang, die sich im Laufe der Zeit immer weiter hangaufwärts ausdehnte und heute den Bereich des Mittelhanges erreicht hat. Durch eine später errichtete, etwa 1,40 Meter hohe Steinmauer, die allerdings nicht das gesamte Abrißgebiet umfaßt, wurde zwar eine ständig neue Überschüttung der Straße durch abrutschendes Stein- und Bodenmaterial weitgehend verhindert. Dies

hatte aber auf die ständige Ausweitung des Abtragungsgebietes am Hang natürlich keinen Einfluß.

Im Zeitraum eines Jahres (zwischen 1980 und 1981) konnte ein Zurückweichen der Abrißnische an ihrer Oberkante um stellenweise bis zu 35 Zentimeter festgestellt werden; insgesamt dürfte der Bodenabtrag etwa sechs Kubikmeter ausgemacht haben. Innerhalb von nur einer Stunde wurde selbst in der sommerlichen Trockenzeit ein dreimaliges Abrollen und -rutschen von Lapilli- und Schlackenmaterial sowie ein einmaliges Nachbrechen eines kleinen Teils des darüberliegenden unterhöhlten Bodens beobachtet. Das Erreichen solch hoher Abtragswerte in einem so kurzen Zeitraum wird neben der großen Hangneigung auch durch die recht instabile Lagerung der Schichten (Wechsel von Lapilli und Basaltschlacke) begünstigt. Hinzu kommt die nur schütterere, bis auf die *Chamaecytisus proliferus* - Büsche nicht sehr tiefwurzelnde Vegetation, die den lockeren Boden (lithic Vitrandept) nicht festzuhalten vermag.

Auch in den dicht bewaldeten Gebieten von Hierro sind zahlreiche, durch Straßenanlagen hervorgerufene Schäden festzustellen. Besonders gut kann dies an einigen Straßenabschnitten einer neu angelegten, schmalen Forststraße zwischen Las Casas und dem Gebiet von El Julan beobachtet werden. In der Umgebung von Hoya del Gallego windet sich die unbebestigte und ungeteerte Straße durch ein kleinräumig sehr stark reliefiertes Gebiet. Mehrere, mit altem Kiefernwald bestandene Hänge werden hierbei unterschritten. Die dadurch in Gang gesetzten Abrutschungen führen an den unbefestigten Böschungen zu einer langsamen Unterhöhlung der oberen Bodenschichten. Dabei kann das dicht verwurzelte, oberflächennahe Bodenmaterial im Gegensatz zu den sehr lockeren, unterlagernden Lapillischichten zuerst noch festgehalten werden. Bei fortgesetzter Unterhöhlung verlieren die Bäume aber schließlich ihren Halt und stürzen um (s. Photo 14).

### 2.3.3 Der Bananenanbau - Ursachen und Auswirkungen

Bereits um die Jahrhundertwende hatte sich die Banane auf den anderen westlichen Inseln zur dominierenden Exportkultur entwickelt. Auf Hierro begann man dagegen erst Ende der 60er Jahre mit der Anlage von Bananenpflanzungen, nachdem Dürreperioden Mitte dieses

Jahrhunderts und totale wirtschaftliche Unterentwicklung die bisher größte bekannte Abwanderungswelle in Gang gesetzt hatten. Diese Abwanderung verursachte, wie auf den anderen Inseln, verstärkt die Aufgabe landwirtschaftlicher Nutzflächen, vor allem in den klimatisch ungünstigeren Randbereichen der Mittelstufe, wo vielerorts mehr als 30% der ehemaligen Wirtschaftsfläche verloren gingen (s. auch Abb. 8).

### 2.3.3.1 Die Fußstufe

Mit der Anlage von Bananenpflanzungen im El Golfo-Küstenvorland wurde auf Hierro erstmals der Bewässerungsanbau eingeführt, der auf den anderen westlichen Inseln schon seit Jahrhunderten praktiziert wurde (s. Abb. 5). Damit verbunden war eine schnelle technische Erschließung der Insel mit Anlage oder Ausbau von Terrassen, Straßen, Schiffs- und Flughäfen. Der Bau der notwendigen Bewässerungsanlagen verursachte eine innerhalb eines Jahrzehntes rasch wachsende Anzahl von Galerías und Brunnen (vgl. SPA/69/515, 1975, S. 225 ff., HERNANDEZ HERNANDEZ 1977, S. 39). Der Wasserbedarf für die bis 1978 auf 170 Hektar angewachsenen Bewässerungsfläche (Ertrag: 3.033 Tonnen 1978) liegt bei 1.200 bis 1.500 Millimeter pro Quadratmeter (s. LARREA ERENO 1980, S. 28 ff. und Photo 15).

Auf den Raubbau in den Wäldern folgte nun auch eine Raubwirtschaft mit den ohnehin stets knappen Wasservorräten. Während weiterhin Tankschiffe Hierro regelmäßig mit Süßwasser versorgen, wird fast jeder erreichbare Kubikmeter Grundwasser aus den unterirdischen Wasserspeichern in die Bananenpflanzungen geleitet. Dieser paradox anmutende Zustand hat sich bis heute nicht geändert. Inzwischen werden sogar noch etliche Hektar Gemüse- und Obstkulturen (Ananas und Zitrusfrüchte, Tomaten, Bohnen und Melonen) im El Golfo-Küstenvorland zusätzlich bewässert. Gleichzeitig geht der Anteil der Weinbauflächen zwischen Frontera und Los Llanitos deutlich zurück (s. auch Abb. 5).

Dem gegenwärtig noch rasch fortschreitenden Ausbau der Bananenpflanzungen sind aber zumindest klimatisch enge Grenzen gesetzt, obwohl sich die kleinfrüchtige und niedrigwüchsige Cavendish-Banane besonders in den windreichen Küstengebieten recht gut bewährt hat. Doch den vor allem in der Trockenzeit sehr kräftig

wehenden Hangaufwinden im El Golfo-Küstenvorland sind auch sie nicht immer gewachsen. Ein weiterer Ausbau der Kulturen auf der noch windexponierteren westlichen Halbinsel bei Punta de la Sal (etwa zehn Hektar) ist schon nach kurzer Zeit zum Stillstand gekommen und kann heute bereits als gescheitert angesehen werden.

### 2.3.3.2 Die Mittelstufe

Terrassenanlagen und Grundwassererschließung genügten jedoch nicht allein zum Aufbau der Pflanzungen, da Bananen auch relativ hohe Ansprüche an den Boden stellen, dessen Qualität und Mächtigkeit im trockenen El Golfo-Küstenvorland natürlich völlig unzureichend war. Für die bis 1978 fertiggestellten und bewirtschafteten 170 Hektar mußten bei einem notwendigen künstlichen Bodenauftrag von 60 bis 80 Zentimeter pro Kubikmeter nach eigenen Berechnungen zwischen 1.020.000 und 1.360.000 Kubikmeter Bodenmaterial auf die für die Pflanzung vorbereiteten Terrassen aufgeschüttet werden.

Dieses Bodenmaterial stammt aus der Mittelstufe (s. auch Abb. 8), wo dessen Ausräumung innerhalb kurzer Zeit gravierende Veränderungen mit sich brachte. Vor allem im zentralen Hochland waren die großflächigen Ausräumungen von oft mehr als drei bis vier Meter mächtigen Bodenschichten (meist Andept-Kolluvien) so schwerwiegend, daß die bis dahin mit Ausnahme der erodierten Sekundärkegel noch relativ intakte traditionelle Bewirtschaftung fast völlig zusammenbrach. Nur wenige Reste alter Weideflächen und Felder, kleinere Obstnaumpflanzungen und durch Stockabschlag genutzte *Chamaecytisus proliferus* - Büsche (z.T. Anpflanzungen) blieben erhalten. Das alte Netz der Steinmauern wurde gänzlich zerstört (s. auch Photo 16). Unterschneidungen an Unterhang und Hangfuß zahlreicher Sekundärkegel führten oft zu nachfolgenden Rutschungen und sich verstärkenden Bodenerosionsprozessen in den sich oberhalb anschließenden Abschnitten.

Auf den Resten des ausgeräumten Bodenmaterials haben sich meist nur noch die *Micromeria* - Zwergsträucher erfolgreich wieder ansiedeln können. Versuche, diese Flächen erneut ackerbaulich zu nutzen, blieben oft schon im Ansatz stecken oder wurden nach kurzer Zeit infolge der deutlich verschlechterten Standortbedingungen aufgegeben. So enthält die nur noch gering-

mächtige Bodenschicht bereits hohe Anteile der groben, unterlagernden Basaltschlacke, und der natürliche Profilaufbau ist infolge der vorhergehenden Belastung durch Bagger und Planiertraupen stark gestört und verdichtet worden. Zudem erfolgt eine randliche Zuschüttung der Nutzflächen durch zahlreiche Rutschungen an den neu geschaffenen Steilwänden, welche die Felder umgeben. Dadurch entfallen in den nach Klima, Boden und Relief günstigsten Gebieten gegenwärtig - und wahrscheinlich auch auf längere Sicht - weite Bereiche für die landwirtschaftliche Nutzung (s. auch Abb. 8).

Auch der Wasserhaushalt wird durch die großflächigen Ausräumungen stark in Mitleidenschaft gezogen. Die hohe Wasserspeicherkapazität der lockeren Andept-Kolluvien, die besonders der ackerbaulichen Nutzung zugute kam, ist weitgehend verloren gegangen. Der geringere Vegetationsdeckungsgrad und die zahlreichen, kaum bewachsenen Abbruchkanten begünstigen neben der Deflation auch eine raschere Austrocknung des Bodens. Besonders bei verdichtetem Unterboden erfolgt eine deutliche Zunahme des Oberflächenabflusses, was zu einem weiteren Verlust von Bodenmaterial und dem so dringend benötigten Wasser führt.

Mit der fortschreitenden Ausräumung von inzwischen weit über eine Million Kubikmeter Bodenmaterial im Zentrum der Insel wurde ein Abbauprozess in Gang gesetzt, dessen Kurzsichtigkeit wohl kaum noch zu überbieten ist und dessen katastrophale Langzeitauswirkungen klar vorauszusehen sind (s. auch KÄMMER 1976, S. 331, 334). Diese hohen Werte einer künstlichen Materialverlagerung innerhalb nur eines Jahrzehnts dürften wohl nur noch von den Abtragungsmengen der durch radikale Entwaldung und nachfolgende Nutzung verursachten Bodenerosion übertroffen werden. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, daß letztere einen bereits seit gut 400 Jahren ablaufenden Prozess darstellt.

### 3. DATENREDUKTION UND STATISTISCHE ZUSAMMENHÄNGE ZWISCHEN BODENEROSION UND PRÄDIKTORVARIABLEN

#### 3.1 GRÜNDE FÜR DIE ANWENDUNG EINER FAKTORENANALYSE

Zahlreiche Untersuchungen in Gelände und Labor erbrachten neben einer Auswertung von über 80 Bodenprofilen und deren Standortbedingungen auch eine Reihe von Kartierungen sowohl zu Formen und Prozessen der Bodenerosion als auch zu Vegetation und landwirtschaftlicher Nutzung. Somit war eine derartige Fülle an Daten zusammengekommen, daß allein deren Menge eine Auswertung mittels EDV als berechtigt erscheinen ließ.

Schon bei den bisherigen Untersuchungen fiel auf, daß ganz bestimmte der untersuchten Merkmale in einem mehr oder weniger starken bivariaten Zusammenhang stehen. Diese bivariaten und z.T. auch multivariaten Beziehungen können mit Hilfe traditioneller Verfahren dargestellt werden (Bodencatenen, Karten, Profile etc.). Das Beziehungsgeflecht aller Merkmale bleibt im Hinblick auf die Bodenerosion dabei jedoch unübersichtlich und unklar.

Für den Fortgang der Arbeit in einem überschaubaren Rahmen ist jedoch eine Beschränkung auf so wenige Merkmale wie nötig erforderlich. Auch sollen nur die für das Thema wesentlichen Zusammenhänge zwischen der Bodenerosion und der sie steuernden Prädiktorvariablen in die Betrachtung eingehen. Dies macht zuerst eine Reduktion der Merkmale (in ihrer Anzahl) erforderlich, um so zu einer modellhaften Vereinfachung des komplexen Wechselwirkungsgefüges der untersuchten Variablen zu gelangen.

Als geeignetes multivariates Verfahren scheint sich somit am ehesten die Faktorenanalyse anzubieten, deren Anwendung in den letzten Jahren auch im deutschen Sprachraum stark zugenommen hat. Aufgabe und Leistung der Faktorenanalyse bestehen in der Zusammenfassung (Reduktion) zahlreicher, miteinander korrelierender Merkmale (Variablen) auf wenige, voneinander unabhängige (unkorrelierte) Faktoren, die einen möglichst hohen Anteil der in den ursprünglichen Merkmalen enthaltenen Gesamtinformation widerspiegeln (ÜBERLA 1971, S. 2 ff.).

### 3.2 DIE KORRELATIONSANALYSE

#### 3.2.1 Auswahl der Variablen und ihre Quantifizierung

Ein erster Schritt stellte die Auswahl von 49 repräsentativen Bodenprofilen und deren Standortbedingungen dar, die in 34 Variablen zusammengefaßt wurden. Von diesen 34 Merkmalen entfallen neun auf Lage und Klima, fünf auf Vegetation und Nutzung, sechs auf die Bodenmächtigkeit, zwei auf die Bodenerosionsgefährdung sowie insgesamt zwölf auf die Bodeneigenschaften.

Tabelle A

Bezeichnung der Variablen	Quantifizierung der Variablen
V1 Meereshöhe	m über NN
V2 Windstärke	Stufen unterschiedl. Windstärke von 1-4 (s. Tab. 6)
V3 Bewölkungsgrad	Stufen unterschiedl. Bewölkung von 1-5 (s. Tab. 7)
V4 Hangneigung	Grad °
V5 Deckungsgrad Baumschicht	%
V6 Deckungsgrad Strauchschicht	%
V7 Deckungsgrad Kraut-/Grasschicht	%
V8 Deckungsgrad Streuauflage	%
V9 Gegenwärtige Nutzung	Stufen unterschiedl. Nutzungintensität von 1-6 (s. Tab. 8)
V10 Mittl. Jahresniederschlag	mm (gemittelt nach Verteilung der Meßstationen)
V11 Jährl. Niederschlagsschwankungen	% (gemittelt nach Verteilung der Meßstationen)
V12 Mittl. jährl. Starkregenanteil	% (gemittelt nach Verteilung der Meßstationen, über 20 mm in 24 h)
V13 Monatl. Starkregenschwankungen (monatl. Minimum)	% (gemittelt nach Verteilung der Meßstationen, über 20 mm in 24 h)
V14 Monatl. Starkregenschwankungen (monatl. Maximum)	% (gemittelt nach Verteilung der Meßstationen, über 20 mm in 24 h)

Bezeichnung der Variablen	Quantifizierung der Variablen
V15 Obergrenze C-Horizont Paläo- o. Reliktboden (unter der Oberfläche)	cm
V16 Obergrenze d. Paläo- o. Reliktbodens (unter d. Oberfläche)	cm
V17 Gegenwärtige Bodenerosionsgefährdung	Stufen unterschiedl. Gefährdung von 1-6 (s. tab. 9)
V18 Frühere Bodenerosionsgefährdung gegenwärtig aufgebener Nutzflächen	Stufen unterschiedl. Gefährdung von 1-6 (s. Tab. 9)
V19 Obergrenze rezenter C-Horizont	cm
V20 Horizontmächtigkeit H 1	cm
V21 Organ. Bestandteile H 1	%
V22 pH-Wert H 1	pH in H <sub>2</sub> O/2 Min.
V23 Feinheitsgrad H 1	nach SCHÖNHALS
V24 Bodenfarbe H 1	Hue nach MUNSELL
V25 Horizontmächtigkeit H 2	cm
V26 Organ. Bestandteile H 2	%
V27 pH-Wert H 2	pH in H <sub>2</sub> O/2 Min.
V28 Feinheitsgrad H 2	nach SCHÖNHALS
V29 Bodenfarbe H 2	nach MUNSELL
V30 Horizontmächtigkeit H 3	cm
V31 Organ. Bestandteile H 3	%
V32 pH-Wert H 3	pH in H <sub>2</sub> O/2 Min.
V33 Feinheitsgrad H 3	nach SCHÖNHALS
V34 Bodenfarbe H 3	nach MUNSELL

(Betr. V20 - V34: Bei H 1 bis H 3 handelt es sich um die oberen drei Bodenhorizonte, deren Erfassung für die Klassifizierung im allgemeinen ausreicht.)

Bei der zahlenmäßigen Erfassung der Variablen V2, V3, V9, V17 und V18 ergaben sich Schwierigkeiten, da ihre direkte Übernahme wie bei den anderen ratioskalierten (verhältnisskalierten)



Daten nicht möglich war. Aufgrund ihrer großen Bedeutung für die Erfassung der Bodenerosion war es notwendig, diese ordinalskalierten (rangskalierten) Daten in die Faktorenanalyse miteinzubeziehen. Hierbei werden die Intervalle zwischen den unterschiedlichen Merkmalsausprägungen zur Vereinfachung als gleich angesehen.

Für die notwendige Quantifizierung wurde eine Vielzahl von Merkmalen herangezogen, von denen etliche nicht in den aufgeführten 34 Variablen enthalten sind und auf zusätzlichen Felduntersuchungen und Beobachtungen beruhen. Für jede Variable entstand eine Skala, auf der die unterschiedliche Ausprägung des jeweiligen Merkmals an jedem Standort aufgeführt und mittels Schwellenwerten voneinander abgegrenzt wurde.

So erfolgte z.B. die zahlenmäßige Erfassung der Variablen V2 (Windstärke) und V3 (Bewölkungsgrad) einerseits mit Hilfe der bereits aufgeführten Lage- und Klimamerkmale. Andererseits wurden aber auch weitere Beobachtungen wie Auswirkungen des Windes (Windschur, Deflation) und der Exposition, der tägliche Bewölkungsgang oder die Verbreitung schattenliebender Pflanzen mit herangezogen. Ähnliches gilt für die Variablen V9 (Nutzung), V17 und V18 (gegenwärtige und frühere Bodenerosionsgefährdung). Bei erstgenannter spielen neben dem Deckungsgrad (V7 bis V10) vor allem Nutzungsart und -intensität eine große Rolle. Bei den beiden letztgenannten tritt die Beurteilung der durch die Bodenerosion entstandenen Schäden (Vorhandensein und Zustand des A-Horizontes, Rinnen, Gräben, Rutschungen, Deflation etc.) unter Berücksichtigung der oft zeitlich unterschiedlichen Verbreitung in den Vordergrund. Für V18 sind daneben auch noch Nutzungsdauer sowie Art und Deckungsgrad der Sekundärvegetation auf den gegenwärtig aufgegebenen Nutzflächen von Bedeutung.

### 3.2.2 Ergebnisse der Korrelationsanalyse

In der nun folgenden Korrelationsanalyse wurden alle Variablen miteinander korreliert. Das Ergebnis ist die Korrelationsmatrix, die deutlich Schwerpunkte starker negativer und positiver Korrelationen erkennen läßt (s. Tab. 10 und 11).

Die stärksten Korrelationen mit 10 oder 11 Variablen weisen dabei der Bewölkungsgrad (V3), die jährlichen Niederschlagschwankungen (V11) und der pH-Wert H 2 (V27) auf. Korrelationen

mit sieben bis neun Merkmalen werden bei den Variablen Meereshöhe (V1), Windstärke (V2), Nutzung (V9), mittlerer jährlicher Niederschlag (V10), gegenwärtige und frühere Bodenerosionsgefährdung (V17, V18) sowie bei organischen Bestandteilen und pH-Werten in meist allen drei Horizonten erreicht. Deutlich treten große Zusammenhänge einerseits zwischen Klima, Meereshöhe und Bodeneigenschaften, andererseits zwischen Deckungsgrad, Nutzung und Bodenerosionsgefährdung hervor. Enge Korrelationen zwischen den Bodeneigenschaften der einzelnen Horizonte sind selbstverständlich. Demgegenüber spielt die Horizontmächtigkeit - hier werden nur die drei obersten Horizonte berücksichtigt (z.B. A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>p</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>2t</sub>, B<sub>3</sub>, C<sub>v</sub> etc.) - kaum eine Rolle.

Interessant ist weiterhin, daß die Variable V4, nämlich die Hangneigung, als einzige Variable mit keinem anderen Merkmal korreliert. Dies zeigt ganz deutlich, daß Vegetationsdeckungsgrad und Bodenerosionsgefährdung unter natürlichen Bedingungen unabhängig von der Hangneigung sind. Dies trifft zumindest für die an den einzelnen Standorten gemessenen Werte bis maximal 40° Hangneigung zu. Vielmehr stellen Nutzungsart, -intensität und -dauer die verantwortlichen Auslöser für die Bodenerosion dar, unabhängig davon, ob an dieser Stelle nun eine Hangneigung von 5, 15, 25 oder 35° vorliegt. Doch muß ausdrücklich hervorgehoben werden, daß nach Zerstörung der ursprünglichen Vegetationsdecke die Hangneigung dagegen sehr wohl für die unterschiedlich vorherrschenden Erosionsprozesse als auch für die Erosionsintensität selbstverständlich von Bedeutung ist. Diese Merkmale wurden jedoch bei der Korrelationsanalyse noch nicht berücksichtigt, sondern kommen erst in Kapitel 4 zu einer lokal detaillierten Auswertung.

### 3.3 ERGEBNISSE DER FAKTORENANALYSE

#### 3.3.1 Zusammensetzung der einzelnen Faktoren

Um das immer noch komplexe Beziehungsgeflecht zwischen den Variablen noch durchschaubarer zu machen, wurde im Anschluß an die Korrelationsanalyse eine Faktorenanalyse (i.e.S.) durchgeführt. Bei der Faktorenanalyse erfolgte eine Beschränkung auf 29 Variable mit insgesamt 49 repräsentativen Fällen (Standorten). Hierbei erklärten die folgenden vier Faktoren die höchsten Vari-

anzanteile:

Tabelle B

Faktor 1 (28,7%) Klima - Bodenfaktor

V1	- Meereshöhe	++
V2	- Windstärke	+
V3	- Bewölkungsgrad	++
<u>V10</u>	<u>- Mittl. jährl. Niederschlag 0,89522</u>	<u>++</u>
V11	- Mittl. jährl. Niederschlagsschwankungen	+
V21	- Organ. Bestandteile H 1	+
V22	- pH-Wert H 1	-
V26	- Organ. Bestandteile H 2	++
V27	- pH-Wert. H 2	--
V31	- Organ. Bestandteile H 3	+
V32	- pH-Wert H 3	--

Faktor 2 (18,5%) Nutzungs - Vegetationsfaktor

V5	- Deckungsgrad Baumschicht	++
V6	- Deckungsgrad Strauchsicht	++
V8	- Deckungsgrad Streuauflage	+
<u>V9</u>	<u>- Gegenwärtige Nutzung -0,88296</u>	<u>--</u>
V17	- Gegenwärtige Bodenerosionsgefährdung	--
V21	- Organ. Bestandteile H 1	(+)

Faktor 3 (11,5%) Bodenfaktor I

V2	- Windstärke	(+)
V16	- Obergrenze d. Paläo- o. Reliktbodens	-
V23	- Feinheitsgrad H 1	++
<u>V28</u>	<u>- Feinheitsgrad H 2 0,88480</u>	<u>++</u>
V33	- Feinheitsgrad H 3	++

Faktor 4 (9,6%) Bodenfaktor II

V16	- Obergrenze d. Paläo- o. Reliktbodens	(+)
V18	- Frühere Bodenerosionsgefährdung	-
V24	- Bodenfarbe YR H 1	++
<u>V29</u>	<u>- Bodenfarbe YR H 2 0,88516</u>	<u>++</u>
V34	- Bodenfarbe YR H 3	--

Diese vier Faktoren erklären 68,3% der Gesamtvarianz. Für die Betrachtung der weiteren Faktoren ergaben sich bezüglich der Bodenerosion keine interessanten Interpretationsansätze (s. auch Tab. 12).

Der Faktor 1 zeigt deutlich den Einfluß des Klimas, insbesondere des Niederschlages, auf die Bodenentwicklung, Faktor 2 die Auswirkungen der Entwaldung und nachfolgenden landwirtschaftlichen Nutzung auf Vegetation und Boden. Die Faktoren 3 und 4 stellen im wesentlichen die Verknüpfung bestimmter Bodeneigenschaften mit Alter und Erosionsgefährdung dar.

### 3.3.2 Standortklassifizierung durch Faktorenwerte

#### 3.3.2.1 Der Faktor\_1

Der Faktor 1 hat mit 28,7% den höchsten Varianzanteil der vier Faktoren inne und kann auch als Niederschlags- oder Klimafaktor bezeichnet werden. Wie aus der Tabelle 12 hervorgeht, bedeuten hohe Faktorenwerte eine relativ große Meereshöhe, Windstärke und mittlere jährliche Niederschläge und Niederschlagsschwankungen sowie einen hohen Bewölkungsgrad und Anteil organischer Bestandteile bei gleichzeitig niedrigen pH-Werten (negative Faktorladungen).

Die Wertigkeit der einzelnen Standorte zeigt auf der Karte (s. Abb. 9) eine sehr regelmäßige Verteilung mit den höchsten Faktorwerten im zentralen Ostteil der Insel und den niedrigsten Werten in den nordöstlichen, westlichen und südlichen Randbereichen. Daraus kann man auf eine potentiell höhere Bodenerosionsgefährdung in den erstgenannten Gebieten schließen, sofern die dort ursprünglich dichte Vegetationsdecke (Lorbeer- und Kiefernwald) zerstört wurde.

In den Übergangsbereichen auftretende kleine Unregelmäßigkeiten, vor allem in den östlichen Randbereichen des zentralen Hochlandes, lassen sich entweder auf besondere Lagebedingungen (z.B. Kessellage bei La Caldereta) oder sekundäre Veränderungen der Bodeneigenschaften (z.B. Abnahme der organischen Bestandteile infolge starker Erosion oder Nutzung auch im Hochland) zurückführen.

### 3.3.2.2 Der Faktor 2

Der Varianzanteil von Faktor 2 beträgt 18,5%. Bei diesem Vegetations- und Nutzungsfaktor zeigt sich eine sehr enge Verknüpfung zwischen hohen Deckungsgraden in Baum-, Strauch- und Streuschicht sowie einem ebenfalls hohen Anteil organischer Bestandteile im Oberboden bei gleichzeitig niedrigen Werten der Variablen Nutzung und gegenwärtiger Bodenerosionsgefährdung (s. auch Tab. 12). Im Gegensatz zu Faktor 1 weist die Faktorwertigkeit der einzelnen Standorte jedoch eine sehr unregelmäßige Verteilung auf (vgl. Abb. 10). Dies ist mit Sicherheit auf Nutzungsart und -intensität zurückzuführen, die ja beide innerhalb kurzer Distanz viel rascher wechseln können, als es klimatischen Einflüssen möglich wäre.

Die höchsten Faktorwerte mit den entsprechenden Deckungsgraden finden sich natürlich in den geschlossenen Waldgebieten der Mittelstufe. Doch auch Standorte mit relativ dichtem Buschwald oder starker Verbuschung weisen noch hohe positive Faktorladungen auf, gleichgültig, ob es sich dabei um natürliche Formationen (z.B. La Dehesa, Fußstufe südöstlich von Tamaduste) oder Sekundärverbuschung (südliche Ausläufer der La Cumbrecita) handelt. Standorte mit überwiegend geschlossener Gras- und Krautschicht in der Mittelstufe oder mit degradiertem, niedrigwüchsigen Sukkulentenbusch in der Fußstufe nehmen meist eine mittlere Wertigkeit ein. Die niedrigsten Faktorwerte werden an den Standorten mit der größten Nutzungsintensität und/oder -dauer erreicht, also ausschließlich in der Mittelstufe, mit deutlichem Schwerpunkt im zentralen Hochland und dessen nordöstlichen Randbereichen. Hier treffen höchste Bodenerosionsgefährdung und -schädigung auf größeren, nicht terrassierten Acker- und Weideflächen, an Hängen und in Kammlagen der entwaldeten Sekundärkegel mit hohen Niederschlägen, großer Vegetationszerstörung und meist intensiver landwirtschaftlicher Nutzung zusammen.

Relativ hohe Deckungsgrade der Gras- und Krautschicht können sowohl im Fayal-Brezal und auf sekundär verbuschten Flächen als auch in den wesentlich intensiver genutzten Weidegebieten und an den stark erosionsgeschädigten Hängen der Sekundärkegel auftreten. Insgesamt gesehen ist diese Variable V7 (Deckungsgrad Gras-/Krautschicht) eher ein Zeichen für eine relativ hohe Nutzungsintensität.

tät. Aufgrund des möglichen starken Auftreten- dieses Merkmals jedoch auch in Busch- und Buschwaldformationen ist deren negative Faktorladung zu gering, um als weitere Variable für die gegenwärtige Bodenerosionsgefährdung innerhalb des Nutzungsfaktors größere Bedeutung gewinnen zu können (s. auch Tab. 12).

### 3.3.2.3 Der Faktor\_3

Der Faktor 3 ist als Feinheitgradfaktor mit einem Varianzanteil von 11,5% vertreten. Die Verteilung der Faktorwerte bei den einzelnen Standorten weist, wie bei Faktor 1, stark regelmäßige Züge auf, die jedoch in ihrer regionalen Verbreitung anders ausgeprägt sind. Negativen Faktorwerten für die Obergrenze der Paläo- oder Reliktböden stehen hohe positive Faktorwerte der Feinheitgrade in den oberen drei Horizonten und mäßig hohe Werte bei der Windstärke gegenüber. Das bedeutet vor allem, je höher der Feinheitgrad in den Böden ist, um so größer ist der Anteil der alten Böden (meist Xeralfs) mit einem im Vergleich zu den Andepts höheren Verwitterungsgrad an diesem Standort.

Insgesamt gesehen nehmen die Faktorwerte von Nordosten nach Südwesten und Süden hin immer mehr ab. Das hängt sowohl mit der meist in gleicher Richtung verlaufenden Abnahme der Verwitterungs- und Nutzungsintensität als auch mit dem durchschnittlich jünger werdendem Bodenausgangsmaterial zusammen (s. Abb. 11 und Tab. 12). Der Feinheitgrad, als Indikator für Verwitterungsintensität und -dauer in einem Boden, erreicht seine höchsten Werte im nordöstlichen zentralen Hochland und in der Umgebung von Valverde. Dort sind auch heute die wohl ältesten, an der Oberfläche liegenden Böden der Insel aufgeschlossen (alle Xeralfs). Die hier großflächige Verbreitung dieser Böden ist ein deutlicher Indikator für die langandauernde Intensität der Bodenerosion, da alle jüngeren Bodenbildungen bereits weitgehend abgetragen wurden.

Die im südlichen Vorland von Taibique auftretenden Xeralfs weisen ebenso wie in einigen Kammlagen der Sekundärkegel eine bedeutend sandigere Komponente und demzufolge einen erheblich geringeren Feinheitgrad auf als die entsprechenden Böden im Nordosten von Hierro. Dies kann sowohl am jüngeren Ausgangsmaterial und Alter als auch an der geringeren Verwitterungsintensität dieser Böden unter trockeneren Klimabedingungen liegen.

Bei den Andepts findet sich der höchste Feinheitsgrad bei den Eutrandepts, teilweise auch noch bei relativ alten mollic Vitrandepts (z.B. La Dehesa). Einige auffällig niedrige Faktorenwerte treten im nördlichen Teil der Insel, vor allem im zentralen Hochland, auf. Sie sind entweder auf sehr junges Ausgangsmaterial (z.B. Chamuscada) oder auf stark erodierte Bodenprofile mit nur einem oder zwei Horizonten an meist sehr steilen Hängen (z.B. Montaña de Afosa) zurückzuführen.

#### 3.3.2.4 Der Faktor\_4

Dieser Bodenfarbfaktor hat mit 9,6% den geringsten Varianzanteil aller vier Faktoren inne. Hier stehen hohen Faktorladungen bezüglich der Bodenfarbe in allen drei Horizonten und mäßig hohen Faktorladungen bei der Obergrenze der Paläo- oder Reliktböden geringe Faktorladungen die frühere Bodenerosionsgefährdung betreffend gegenüber. Insgesamt sind große Zusammenhänge zwischen früherer Bodenerosionsgefährdung und Bodenfarbe zu erkennen. Da die Farbintensität (von braun zu rot) mit zunehmendem Alter des Bodens steigt, kann man in den Bereichen von Hierro, wo die farbintensivsten Böden (niedriges Hue) an der Oberfläche liegen, mit einer besonders hohen, vor allem aber langdauernden (s. V18) Erosionsgefährdung mit entsprechenden Abtragswerten rechnen.

Dies trifft auf weite Teile des zentralen und nordöstlichen Hochlandes und Hügellandes (Standorte mit stark negativen Faktorwerten) und damit auf die Kernbereiche des Untersuchungsgebietes zu. Die negativsten Faktorladungen (unter -0,6) werden ausschließlich im Hochland erreicht, mit deutlichem Schwerpunkt im zentralen Hochland und dessen Randbereichen. Hier liegen ja auch überwiegend die Gebiete mit der höchsten Nutzungsintensität und -dauer, was eine entsprechende Bodenerosionsgefährdung verursacht (s. auch Tab. 12 und Abb. 12).

Schwieriger wird es bei der Interpretation der hohen und z.T. auch mittleren Faktorenwerte. Sie treten sowohl in der Mittel- als auch in der Fußstufe auf, obwohl die Böden der Mittelstufe seit langem meist einer höheren Nutzungsintensität und Erosionsgefährdung unterliegen. Die Ursachen dafür beruhen einmal auf der in der Mittelstufe deutlich größeren Mächtigkeit und stärkeren Horizontierung auch der rezenten Andepts. Zum anderen muß bei den Stand-

orten im Hangfußbereich oder in unmittelbarer Umgebung der Sekundärkegel mit einer starken kolluvialen Überprägung gerechnet werden (Vergleich von Standorten in Kamm-, Mittel-, Unterhang- und Hangfußlagen im zentralen Hochland). Bei der statistischen Erfassung nur der drei oberen Horizonte werden deshalb die niedrigen Hue-Werte der Paläoböden in den unteren Horizonten nicht mehr berücksichtigt. So können z.B. in den Böden unter geschlossenen alten Kiefernbeständen im südlichen Hochland niedrigere Faktorenwerte erreicht werden als auf den landwirtschaftlich meist intensiv genutzten Kolluvien des zentralen und nördlichen Hochlandes. In den erstgenannten fehlt nämlich oft jegliche kolluviale Überprägung. Deshalb liegt die Obergrenze der Paläoböden, besonders bei nicht durch eine Lapillischicht getrennten polygenetischen Profilen, oft wesentlich höher und wird so bei der statistischen Erfassung anders bewertet.

Zudem sollte nicht unerwähnt bleiben, daß in den trockeneren Bereichen von Hierro die Tendenz zu einer kräftigen rotbräunlichen Bodenfarbe in den alten Xeralfs (südliches Vorland von Taibique, Vorland von Valverde) oft nicht besteht, der Farbindikator hier also nicht zu Buche schlägt.

### 3.3.3 Einige Bemerkungen zur statistischen Unabhängigkeit der Faktoren

Grundsätzlich bestehen zwischen den einzelnen Faktoren keine statistischen Zusammenhänge linearer Art. Trotzdem mag es vielleicht überraschen, daß die statistische Analyse zwischen diesen und jenen Variablen gar keinen oder nur einen schwachen Zusammenhang ergab. Diese Sachverhalte beruhen darauf, daß noch andere Merkmale eine Rolle spielen, die in der Faktorenanalyse nicht oder nicht genügend berücksichtigt wurden. Vor allem die Variablen "Zeit" und "besondere Standortbedingungen" sind für das Auseinanderfallen der Faktoren mitverantwortlich.

So ist z.B. die Zeit das ausschlaggebende Merkmal für das Auseinanderfallen der Faktoren 2 und 4. Je länger nämlich der Zeitraum ist, in dem sich Erosionsprozesse abspielen, um so größer ist die Wahrscheinlichkeit, daß der rezente Boden überwiegend oder vollständig abgetragen wurde und ältere Reliktböden mit dem entsprechenden Farbindikator an der Oberfläche liegen.



Eine erst seit einem kürzeren Zeitraum (einige Jahrzehnte) wirksame Bodenerosion mag zwar gegenwärtig hohe Abtragswerte erreichen, sie hat aber noch nicht lange genug gedauert, um zu einer großflächigen Aufdeckung der alten Böden geführt zu haben. Umgekehrt kann auf ehemals stark genutzten, gegenwärtig aber wirtschaftlich aufgegebenen Flächen eine sich relativ rasch entwickelnde Sekundärverbuschung heute eine geringere Bodenerosionsgefährdung anzeigen. Doch ist der dort auftretende erodierte Xeralf ein deutlicher Indikator für eine insgesamt gesehen hohe Abtragsrate. Denn der Boden benötigt im Vergleich zur Vegetation eine viel längere Zeitspanne, um sich wieder den gegenwärtigen Standortbedingungen anzupassen.

Für das Auseinanderfallen der Faktoren 3 und 4 sind hingegen besondere Standortbedingungen verantwortlich, vor allem im Übergangsbereich der nördlichen Fuß- und Mittelstufe. Sie zeigen sich besonders in einem von Norden nach Süden hin abnehmenden Durchschnittsalter der Böden bei gleichzeitiger Änderung der klimatischen Bedingungen (Luv-/Leelage). Die Farbtintensität der Xeralfs ist in den feuchteren Bereichen des Hochlandes am stärksten ausgeprägt. Sie nimmt sowohl nach Norden als auch nach Süden hin immer weiter ab, derweil der Feinheitsgard im Norden ähnlich hohe Werte wie im zentralen Hochland erreicht. Die starken Abstufungen bezüglich der Bodenfarbe beruhen mit Sicherheit auf der in den trockeneren und feuchteren Gebieten der Insel unterschiedlichen Eisenverwitterung. An Standorten mit Hangzuschußwasser tritt nämlich auch in der nördlichen Fußstufe und deren Übergangsbereichen zur Mittelstufe eine ähnliche Farbtintensität wie im wesentlich feuchteren zentralen Hochland auf.

### 3.4 ZUSAMMENFASSUNG VON KAPITEL 3

Um den Fortgang der Arbeit in einem überschaubaren Rahmen durchführen zu können, wurde eine Faktorenanalyse mit den für Intensität und Ursachen der Bodenerosion auf Hierro wesentlichen Variablen durchgeführt. Dabei konnte eine Reduktion der insgesamt 29 Variablen auf sieben komplexe Faktoren erreicht werden, von denen vier wesentliche Interpretationsansätze liefern.

In den Kapiteln 3.3.2.1 bis 3.3.2.4 wurden die durch die Faktoren aufgezeigten Zusammenhänge zwischen Klima- und Bodenentwick-

lung, Nutzung, Vegetationsdeckungsgrad und gegenwärtiger Bodenerosionsgefährdung sowie zwischen bestimmten Bodeneigenschaften und der langfristigen Bodenerosionsgefährdung erfaßt. Neben diesen Zusammenhängen sollen in der weiteren Untersuchung diejenigen Variablen besondere Beachtung finden, die sich jeweils als bestgeeignete Indikatoren der einzelnen Faktoren erwiesen. Es handelt sich hierbei um die Variablen mit den höchsten Faktorladungen (s. auch Tab. B): Gegenwärtige Nutzung (V9), mittlerer jährlicher Niederschlag (V10), Feinheitgrad H 2 (V28) und Bodenfarbe H 2 (V29).

#### 4. AUSMASS UND AUSWIRKUNGEN DER BODENEROSION - REGIONAL UNTERSCHIEDLICHER ZERSTÖRUNGSGRAD UND GEGENWÄRTIGE ENTWICKLUNGSTENDENZ

Nach Abschluß aller Untersuchungen ergibt sich ein recht komplexes Bild bezüglich regionaler Verbreitung, Intensität und Formen der Bodenerosion. Die in den Kapiteln 2 und 3 aufgezeigten Ergebnisse lassen jedoch immer wieder bestimmte Regelmäßigkeiten in Verbindung mit den entsprechenden Prozeßkombinationen erkennen. Hierbei weist die Intensität der Bodenerosion, abgesehen von der Hangneigung, hauptsächlich eine Abhängigkeit von Niederschlagshöhe, Vegetationsdeckungsgrad, Nutzungsart, -intensität und -dauer auf. Art und Vorherrschen bestimmter Abtragungsprozesse werden hingegen neben der Hangneigung vor allem von den Bodeneigenschaften beeinflusst.

In diesem Kapitel soll versucht werden, die durch die Bodenerosion entstandenen Schäden mittels kleinflächiger Kartierungen in einem möglichst großen Teil des Untersuchungsgebietes zu erfassen.

##### 4.1 GEBIETE OHNE NACHWEISBARE BODENEROSION - NATÜRLICHE ODER NATURNAHE BEDINGUNGEN

Um Ausmaß und Auswirkungen der Bodenerosion so gut wie möglich erfassen zu können, ist es notwendig, Gebiete zu untersuchen, in denen diese keine Rolle spielt. Die größten zusammenhängenden Flächen, die bis heute vom Menschen nicht oder nur wenig beeinflusst werden, befinden sich im Süden und Südwesten von Hierro sowie in einigen Abschnitten der Steilabfälle von El Golfo und Las

Playas (s. Abb. 5). Diese Gebiete zählen nicht zum näheren Untersuchungsgebiet, das sich weitgehend auf das Hochland und Hügelland mit deren Randbereichen beschränkt. Doch auch im Grenzbereich zwischen zentralem und südlichem Hochland liegt ein etwa 15 Quadratkilometer großes Gebiet mit nur geringer anthropogener Beeinflussung (s. Abb. 13).

Hangprofil 1 zeigt in einem repräsentativen Ausschnitt die gegenwärtige Situation (vgl. Abb. 14). Die Wald- und Buschwaldformationen sind zwar bereits auf weiten Flächen mehr oder weniger stark degradiert und artenverarmt, doch weist die Baumschicht kaum Lücken auf. Unter dem von Nordwesten nach Südosten abnehmenden Einfluß des Passatnebels gehen die Lorbeerwaldbestände mit dichtem Unterwuchs nach Südosten hin ziemlich rasch in *E r i - c a a r b o r e a* - Buschwaldformationen über. Diese werden immer mehr von Kiefern durchsetzt und machen schließlich einem unterwuchsarmer *P i n u s c a n a r i e n s i s* - Wald mit bis zu sieben Zentimeter mächtiger, intakter Streuauflage Platz. Der Stammumfang in den Kiefernaltbeständen erreicht häufig Werte von drei bis vier Metern. Das Kronendach ist im Vergleich zum Lorbeerwald deutlich lückenhafter und beträgt selten über 80%. Abgesehen von einem geringen Stockabschlag im Lorbeerbuschwald erfolgt keine Nutzung.

Bei Jahresniederschlägen von über 700 Millimeter im Nordwesten und um 500 Millimeter im Südosten stellt der mollic Vitrandept aus basaltischen Lapilli (wahrscheinlich altholozänen Alters) den typischen Boden dar. Im Norden stärker entwickelt als im Süden kann er an den bis zu 30° geneigten Geländestufen lokal vom mollic lithic Vitrandept abgelöst werden. Im immer trockener werdenden Südosten geht er allmählich in den typic Vitrandept über (s. Hangprofil 1 und Photo 6). Unter geschlossener Krautschicht oder Streuauflage ist der stark humose A-Horizont gut entwickelt.

Die Mächtigkeit des Gesamtprofils schwankt zwischen wenig unter 40 Zentimeter bei den mollic lithic Vitrandepts und 70 bis über 90 Zentimeter bei den mollic Vitrandepts (vgl. (B 5, B 6, B 7, B 11 und B 19 unter ähnlichen Standortbedingungen). Am Fuß der Geländestufen werden die größten Bodenmächtigkeiten mit einem Meter oder etwas darüber erreicht. Dies kann als Zeichen für einen geringfügigen natürlichen Bodenabtrag mit ganz überwiegend flächen-

hafter Wirkung an den steilen Hangabschnitten gewertet werden. Doch müssen sich diese an der Oberfläche nicht festzustellenden Abtragungsprozesse innerhalb sehr langer Zeiträume (einige 1000 Jahre) in schleichender Form abgespielt haben. Der ungestörte Profilaufbau der Böden im Fußbereich der Geländestufen weist nämlich trotz der Materialzufuhr von durchschnittlich 20 Zentimeter Mächtigkeit keine Zeichen einer plötzlich einsetzenden kolluvialen Überprägung auf, wie sie für die jüngeren Hochlandkolluvien in den entwaldeten und bewirtschafteten Teilen von Hierro charakteristisch ist (s. bes. Kap. 4.3 und 4.5).

#### 4.2 SCHADENSSTUFE 1: GEBIETE MIT GERINGER BIS MÄSSIGER BODENEROSION - GEGENWÄRTIG ÜBERWIEGEND ANDAUERENDE INTENSITÄT

##### 4.2.1 Die Schadensstufe 1a

Die Schadensstufe 1a findet ihre Verbreitung vor allem in den Übergangsbereichen vom zentralen zum südlichen Hochland sowie zwischen nördlichem Hochland und angrenzender Fußstufe. Auch Teile der westlichen Halbinsel werden von ihr erfaßt (s. auch Abb. 13). Weitgehend ausgenommen hiervon sind aber die in diesen Gebieten liegenden Sekundärkegel und steileren Geländestufen, was bei einer Karte im Maßstab 1: 100.000 aber nicht mehr vollständig dargestellt werden kann.

Allen Standorten in diesen Gebieten ist gemeinsam, daß äußerliche Anzeichen von Bodenerosion an der Oberfläche nicht oder nur wenig (Deflation) zu erkennen sind. Erst durch den Vergleich zahlreicher Bodenprofile konnte der Beweis für gegenwärtige Bodenerosionsprozesse erbracht werden. Die nachfolgend ausgewählten Beispiele stammen ausschließlich aus dem südlichen Hochland. Sie können aber auch als repräsentativ für die anderen Gebiete gelten, die durch die Schadensstufe 1a charakterisiert werden.

##### 4.2.1.1 Voraussetzungen für Art und Intensität der Bodenerosion

Im südlichen Hochland trifft man auf einen besonders kleinräumigen Wechsel zwischen naturnahen und landwirtschaftlich beeinflussten Standorten, was die genaue Erfassung der nutzungsbedingten Veränderungen sehr begünstigt.

Die potentiell natürliche Vegetation ist der Kanarische Kiefernwald. Der mittlere Jahresniederschlag schwankt zwischen 500 Millimeter in 1000 Meter und 350 Millimeter in 750 Meter Höhe. Die Windstärke erreicht selten Werte über drei.

In der nahen Umgebung von Taibique haben großflächige Rodungen Platz für zusammenhängende Wirtschaftsflächen geschaffen. Die Nutzungsverhältnisse sind durch meist kleinflächige Felder mit hohem Terrassierungsanteil und geringer Beweidungsintensität gekennzeichnet. Auffällig ist ein besonders großer Anteil von Obstpflanzungen und Weinanbau (s. auch Abb. 5, 10, Photo 17 und Hangprofil 2). Die Kleinviehbeweidung erfolgt nur auf einigen begrenzten Flächen. Der größte Teil der weitständigen Obstkulturen weist einen recht dichten, bis 20 Zentimeter hohen Grasunterwuchs auf, welcher keine oder nur geringe Beweidungsspuren erkennen läßt. Die aufgegebenen Nutzflächen machen weniger als 15% aus; sie sind entweder von einer dichten Grasdecke überzogen oder sekundär mit Opuntien bewachsen.

Im südlichen Hochland, etwa fünf Kilometer westlich von Taibique, erfolgt unterhalb 900 Meter Höhe nur noch eine kleinräumige landwirtschaftliche Nutzung inmitten großer Kiefernwaldareale. Trotz Hangneigungen von teilweise mehr als 10 bis 16° gibt es keine Feldterrassierungen, und das Netz der Steinmauern ist wesentlich weitmaschiger und lückenhafter als im intensiver genutzten Umland von Taibique (s. Hangprofil 3, Abb. 14 und Photo 3). In den weitständigen Feigenbaumkulturen fehlt fast jegliche Gras- und Streuschicht.

Die typischen Böden im südlichen Hochland sind Vitrandepts mit altholozänen Lapilli als Ausgangsmaterial (s. B 6, B 13 und B 21). In den südöstlichen Abschnitten treten auch schwach entwickelte psammentic Haploxeralfs über jungpleistozänen Lapilli oder Schlacken auf (s. B 14). Sie unterscheiden sich aber in ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften nicht wesentlich von den Vitrandepts. Der für Hierro typische polygenetische Profilaufbau ist bei einer Reihe von Böden zu finden.

#### 4.2.1.2 Ausmaß der erosionsbedingten Veränderungen

Beim Vergleich von polygenetischen Bodenprofilen können deutliche Unterschiede zwischen unter landwirtschaftlicher Nutzung

stehenden Böden (besonders Ackerbau) und unter natürlicher oder naturnaher Vegetation befindlichen Böden festgestellt werden (vgl. B 6 und B 21). Es zeigt sich, daß der unter Waldbedeckung fast immer vorhandene CR-Horizont (Lapillischicht) als Grenze zwischen dem rezenten und dem fossilen Boden auf den ackerbaulich genutzten Flächen infolge Vermischung mit dem Oberboden weitgehend fehlt (s. B 5, B 6, B 19 und B 21). Dadurch besteht ein direkter Kontakt mit dem obersten Horizont des älteren Bodens. Die Obergrenze dieses fossilen Bodens liegt unter Waldbedeckung in durchschnittlich 55-70 Zentimeter Tiefe, unter Nutzung hingegen bereits in 45-55 Zentimeter Tiefe. Es bestehen also Unterschiede in der Bodenmächtigkeit von rund 10-20 Zentimetern zwischen genutzten und nicht unter Nutzung befindlichen Böden.

Dies deutet auf schleichend verlaufende Bodenerosionsprozesse, die sich im Laufe jahrhundertelanger Nutzung durch geringe flächenhafte Abspülungen und auch Deflation von Bodenmaterial abgespielt haben und heute noch andauern. Anzeichen für linienhaften Bodenabtrag können nicht beobachtet werden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Materialverlagerungen in den Teilen von Hierro mit kleinräumiger Felderwirtschaft und zahlreichen Terrassenanlagen fast nur innerhalb der Feldbegrenzungen (Steinmauern) stattfinden (s. Hangprofil 2 und Photo 17). Je nach Hangneigung und Feldgröße erreicht die geringe kolluviale Überprägung in den tiefstgelegenen Feldabschnitten bis zu 20 Zentimeter Mächtigkeit.

Auf nicht terrassierten Wirtschaftsflächen mit weiträumigerem und lückenhaftem Netz von Steinmauern, wie z.B. im südwestlichen Hochland (s. Hangprofil 3 und Photo 3), sind größere Materialverlagerungen zu verzeichnen. Das flächenhaft abgespülte Bodenmaterial kann bei vergrößertem Einzugsgebiet über längere Distanzen transportiert werden. So macht z.B. die junge kolluviale Überprägung im untersten Bereich der Nutzflächen bei La Asomada und Asanaque (s. Hangprofil 3) mindestens 15 bis gut 30 Zentimeter Mächtigkeit aus.

Nach eigenen Untersuchungen kann die Menge des kolluvialen Bodenmaterials auf einem Feld von etwa einem Hektar Fläche bis zu mehrere 100 Kubikmeter betragen. Auf kleinen terrassierten Feldern von nur wenigen 100 Quadratmetern Fläche, wie z.B. nördlich von Taibique, sind es oft nur noch einige Kubikmeter. Diese vielleicht

zu niedrig erscheinenden Zahlen kommen dadurch zustande, daß bei lückenhaften Feldebegrenzungen natürlich auch Bodenmaterial über diese Grenzen hinaus noch weiter transportiert wird und somit quantitativ nicht mehr erfaßt werden kann.

Der durchschnittliche flächenhafte Bodenabtrag dürfte bei der Schadensstufe 1a bei 10-20 Zentimeter (1000-2000 Kubikmeter/Hektar) innerhalb der letzten 300 bis 400 Jahre anzusetzen sein. Insgesamt gesehen sind die durch die Abtragungs- und Umlagerungsprozesse hervorgerufenen Veränderungen so gering, daß sie nur durch eine Verkürzung des Bodenprofils in Erscheinung treten, nicht aber zu einer Kappung des Oberbodens geführt haben.

#### 4.2.1.3 Auswirkungen und gegenwärtige Entwicklung

Die charakteristischen Unterschiede zwischen landwirtschaftlich genutzten und ungenutzten Böden im südlichen Hochland (s. B 6 und B 21) kann man im allgemeinen auf die gesamte Insel übertragen. Auf den Wirtschaftsflächen zeigt sich eine starke Abnahme der organischen Bestandteile (vor allem im A-Horizont), ein weitgehender Verlust der Tonfraktion, eine Verwischung der einzelnen Horizontgrenzen sowie eine Zunahme der Mittel- und Grobsandfraktion im A<sub>p</sub>-Horizont gegenüber dem B-Horizont. Letztere gilt besonders für die Ackerflächen. Eine Ausnahme hierbei bilden nur die mit basaltischen Lapilli überdeckten Anbauflächen bei Anwendung dieser speziellen Methode des kanarischen Trockenfeldbaus.

Die Andepts mit ihrem lockeren Gefüge sind auch sehr winderosionsgefährdet. Die Deflation spielt im südlichen Hochland eine bedeutend geringere Rolle als in den zentralen und nördlichen Teilen, wo sie neben der zunehmenden Windstärke vor allem durch den größeren Anteil zusammenhängender Ackerflächen sehr begünstigt wird.

Die durch die Schadensstufe 1a hervorgerufenen Veränderungen sind aber insgesamt gesehen so minimal, daß sie weder äußerlich in Erscheinung treten, noch auf die gegenwärtige landwirtschaftliche Nutzung und Vegetation einen nennenswerten Einfluß haben.

#### 4.2.2 Die Schadensstufe 1b

Der Übergang zwischen den Schadensstufen 1a und 1b verläuft fließend, und so befinden sich diese Bereiche meist in enger Vergesellschaftung miteinander (s. auch Abb. 13). Die Ergebnisse der vorangegangenen Kapitel lassen sich zu einem großen Teil auch auf die Gebiete übertragen, die mit der Schadensstufe 1b gekennzeichnet sind. Doch liegen hier die Abtragswerte deutlich höher, und die Grenze zu sichtbar verlaufenden Bodenerosionsprozessen wird lokal erreicht.

Das nachfolgend näher dargestellte Beispiel stammt aus dem Gebiet von La Dehesa, doch zeigen sich keine wesentlichen Unterschiede zu den Untersuchungen im zentralen Hochland und in den mittleren Hangabschnitten der El Golfo-Umrahmung (s. Abb. 13), so daß es als repräsentativ für die Schadensstufe 1b angesehen werden kann.

##### 4.2.2.1 Voraussetzungen für Art und Intensität der Bodenerosion

Im Vergleich zur Schadensstufe 1a haben sich bei den Nutzungsverhältnissen hauptsächlich die Anteile der Ackerflächen und die Intensität der Kleinviehbeweidung erhöht. Bei gleichzeitiger Zunahme der Feldgröße nimmt dagegen die Anzahl der Feldterrassierungen ab. Der Anteil der aufgegebenen Wirtschaftsflächen ist deutlich höher als bei der Schadensstufe 1a und erreicht über 25%, mancherorts aber auch mehr als 50% (vgl. Abb. 5 und 8).

Die Dehesa liegt im äußersten Südwesten von Hierro und befindet sich bei einer Höhe zwischen 400 und 600 Meter im Übergangsbereich von Fuß- und Mittelstufe. Die mittleren Jahresniederschläge sind mit 200 bis 300 Millimeter entsprechend niedrig. Die potentiell natürliche Vegetation stellen die *J u n i p e r u s p h o e n i c e a* - Trockengehölze dar, die jedoch gegenwärtig nur noch rund 25% der Fläche einnehmen. Das Gebiet zeichnet sich durch besonders starke Hangabwinde aus (s. auch Kap. 2.1.2, Abb. 4 und Photo 1).

Etwa 30 - 35% der Dehesa werden gegenwärtig noch landwirtschaftlich genutzt, wobei das extensive Weideland mit etwa 70 bis 80% gegenüber den Ackerflächen bei weitem überwiegt. Trotz einer durchschnittlichen Hangneigung von 12 - 20° gibt es keine Feldterrassierungen, und das Netz der Steinmauern ist weitmaschig und lückenhaft (Feldergröße nicht unter einem halben Hektar). Etwa



25 - 30% der Steinmauern sind infolge aufgegebener Nutzung bereits in Zerstörung begriffen.

Bei den typischen Böden handelt es sich auch hier wiederum um Vitrandepts aus meist altholozänen Pyroklastika mit teilweise polygenetischem Profilaufbau ( s. B 7, B 22, und Abb. 6a). Nur im Nordostteil von Hierro spielen auch Eutrandopts eine Rolle.

#### 4.2.2.2 Ausmaß der erosionsbedingten Veränderungen

Die bereits in Kapitel 4.2.1.2 erwähnte nutzungsbedingte Veränderung der Böden kann auch hier festgestellt werden, doch ist sie noch deutlicher ausgeprägt, vor allem auch was die Profilmächtigkeiten betrifft. Im Bereich intakter J u n i p e r u s - Trokengehölze mit reichem endemischen Sukkulenten-Unterwuchs haben sich bei Hangneigungen bis 20<sup>0</sup> mollic Vitrandepts mit teils polygenetischem Profilaufbau und einer durchschnittlichen Mächtigkeit von 70 bis über 100 Zentimeter gebildet (s. b 7). Ihr Ausgangsmaterial besteht aus einer meist geringmächtigen Lapillischicht über einer bis zu zwei Meter mächtigen Lage aus mittelgrober bis grober Basaltschlacke.

Unter landwirtschaftlicher Nutzung beträgt die Mächtigkeit der ausschließlich als typic oder lithic Vitrandepts vorliegenden Böden nur noch 60 bis wenig unter 50 Zentimeter; ein polygenetischer Profilaufbau findet sich nicht mehr ( s. B 22). Das gegenwärtige Ausgangsmaterial ist bereits weitgehend die oben erwähnte Basaltschlacke. Die Mächtigkeitsdifferenz zwischen genutzten und ungenutzten Böden kann also lokal bis zu einem halben Meter oder sogar wenig darüber betragen und das ursprüngliche Ausgangsmaterial (basaltische Lapilli) mitbeeinflussen. Diese Beobachtungen konnten auch an zahlreichen Stellen im Hochland gemacht werden, so daß die angesprochenen Unterschiede wohl als regelhaft anzusehen sind.

Teilweise zerstörte Furchen im Bereich aufgegebener Ackerflächen lassen auch auf beginnende linienhafte Bodenerosionsprozesse während der Niederschlagszeit schließen. Doch dürfte der flächenhaften Abspülung die weitaus größere Bedeutung zukommen. Infolge der hohen Windintensität (Windstärke 5-6) ist die Bodenoberfläche sehr stark feinmaterialverarmt. In exponierten Lagen kann die Ausblasung so weit gehen, daß nur noch das Bodenskelett

in Form von Lapilli oder Schlacke an der Oberfläche zurückbleibt.

Die kolluviale Überprägung in den unteren Feldabschnitten kann lokal bis zu 50 Zentimeter Mächtigkeit betragen, meist werden aber nur 25 - 30 Zentimeter erreicht. Das erklärt sich außer durch Deflation aus dem lückenhaften, teils zerstörten Netz der Feldbegrenzungen, wodurch eine wesentlich großflächigere und weitreichendere Verteilung des abgeschwemmten Bodenmaterials ermöglicht wird. Dabei muß auch noch der im Vergleich zur Schadensstufe 1a in diesen Gebieten deutlich höheren Hangneigung (über  $12-20^{\circ}$ ) Beachtung geschenkt werden.

Insgesamt gesehen dürften die Abtragungswerte etwa die doppelte Menge des bei der Schadensstufe 1a umgelagerten Bodenmaterials erreichen (2000-3000 Kubikmeter/Hektar). Dabei kann die Reichweite des transportierten Materials wesentlich größere Distanzen ausmachen (oft bis zu mehrere 100 Meter im Vergleich zu meist weit unter 100 Meter bei der Schadensstufe 1a). Die durch die Abtragungs- und Umlagerungsprozesse verursachten Veränderungen in den letzten drei bis vier Jahrhunderten sind aber auch bei der Schadensstufe 1b - abgesehen von der Deflation - oberflächlich noch nicht zu sehen. Eine Ausnahme davon bilden die bereits erwähnten, meist geringfügigen Zerstörungen von Ackerfurchen im Bereich aufgegebenen Wirtschaftsflächen.

#### 4.2.2.3 Auswirkungen und gegenwärtige Entwicklung

Im wesentlichen lassen sich die in Kapitel 4.2.1.3 für die Schadensstufe 1a erläuterten Auswirkungen auch auf die Schadensstufe 1b übertragen. Trotz höherer Abtragungsraten ist noch kein Einfluß auf Nutzung und Vegetation festzustellen. Eine Ausnahme hiervon stellen die Ackerflächen mit einer Bodenmächtigkeit um oder unter 50 Zentimeter dar. Infolge der zunehmend geringeren Profiltiefe und des sehr hohen groben Skelettanteils aus der unterlagernden Basaltschlacke wird die ackerbauliche Nutzung in absehbarer Zeit immer unrentabler und letztlich aufgegeben werden. Der gegenwärtig bereits recht hohe Anteil ehemaliger Nutzflächen (über 25 bis mehr als 50%) hat seinen Ursprung aber mehr in dem auf ganz Hierro zunehmenden Trend traditionell genutzte Flächen in wirtschaftlich ungünstigen Randlagen aufzugeben.

### 4.3 SCHADENSSTUFE 2: GEBIETE MIT MÄSSIGER BIS STARKER BODENEROSION - GEGENWÄRTIG ÜBERWIEGEND ABNEHMENDE INTENSITÄT

Im Gegensatz zur Schadensstufe 1, bei der unter landwirtschaftlicher Nutzung Hangneigungen von  $15^{\circ}$  nicht überschritten wurden, erfaßt die Schadensstufe 2 einen Teil der Sekundärkegel und das Hügelland mit Hangneigungen über  $20^{\circ}$  bis lokal  $35^{\circ}$ . Dies bewirkt ein enges Zusammenspiel zwischen flächenhaft, linienhaft und gravitativ wirksamen Abtragungsprozessen mit lokal unterschiedlicher Dominanz.

#### 4.3.1 Die Schadensstufe 2a

Die Schadensstufe 2a betrifft weite Teile des Hügellandes, wo sie in stetem Wechsel mit der Schadensstufe 2b auftritt (s. auch Abb. 13). Sie erfaßt weiterhin eine Reihe von Sekundärkegeln im Übergangsbereich zwischen zentralem und südlichem Hochland sowie wenige Kegel im zentralen Hochland. Ihre zeichnerische Darstellung in der oben erwähnten Abbildung ist aber, wie bereits in Kapitel 4.2.1 bemerkt, nur andeutungsweise möglich.

Die beiden nachfolgend näher erläuterten Beispiele stammen aus den nordwestlichsten und südlichsten Bereichen des zentralen Hochlandes und können als repräsentativ für die Schadensstufe 2a angesehen werden.

##### 4.3.1.1 Voraussetzungen für Art und Intensität der Bodenerosion

Der wahrscheinlich im Jungpleistozän entstandene Sekundärkegel der Montaña de Masilba befindet sich im Übergangsbereich vom südöstlichen Teil des zentralen Hochlandes zum südlichen Hochland (s. Abb. 15). Bei einer Gipfelhöhe von 1278 Meter werden noch mittlere Jahresniederschläge von 550 bis 600 Millimeter erreicht, die aber nach Süden zu rasch auf etwa 450 Millimeter absinken (s. Hangprofil 4 und Abb. 14). Die potentiell natürliche Vegetation ist der kanarische Kiefernwald. Die dreieinhalb Kilometer nördlich gelegene Montaña de Afosa (1230 Meter) dürfte ähnlichen Alters sein (s. Abb. 15). Sie gehört mit Niederschlägen bis über 700 Millimeter im Jahr zu den feuchtesten Bereichen auf Hierro und war ursprünglich von Lorbeerwald bedeckt (s. Hangprofil 5 u. Abb. 14).

Das Umland der Montaña de Masilba ist der Schadensstufe 1a

zuzurechnen, in der Umgebung der Montaña de Afosa wird die Schadensstufe 1b erreicht (vgl. Abb. 13). Daraus lassen sich Rückschlüsse auf die landwirtschaftliche Nutzung ziehen, die natürlich auch auf die Kegelhänge selber Einfluß ausgeübt hat. Der Übergangsbereich zwischen zentralem und südlichem Hochland war immer nur einer extensiven Feld- und Weidewirtschaft unterworfen, die sogar kleine Reste des ehemaligen Kiefernwaldes stehen ließ. Heute gehört dieses Gebiet zu den Bereichen der Insel mit dem höchsten Anteil an schon vor einigen Jahrzehnten aufgegebenen Wirtschaftsflächen (bis über 70%).

Nach Dichte und Alter der Sekundärvegetation (*Pinus canariensis*, *Chamaecytisus proliferus*) zu schließen, liegt die Vermutung nahe, daß die Aufgabe dieser Nutzflächen spätestens nach der Dürreperiode in den 40er Jahren erfolgte. Dichte und Höhe des Graswuchses schließen eine gegenwärtige Beweidung aus (s. auch Hangprofil 4).

Das Umland der Montaña de Afosa unterliegt intensiverer Nutzung, doch nimmt auch hier der Anteil aufgegebener Nutzflächen (gegenwärtig 25 - 30%) infolge der großflächigen Ausräumung von Bodenmaterial im Umland seit Ende der 60er Jahre stetig zu (s. Hangprofil 5). Eine wirtschaftliche Nutzung der Kegelhänge, die nach der Entwaldung sicherlich über längere Zeiträume als extensives Weideland dienen, besteht wie bei der Montaña de Masilba nicht mehr.

Fehlende oder geringe Beweidung und erhalten gebliebene Reste der ehemaligen Waldvegetation im unmittelbaren Umkreis der Kegel oder an deren Hängen ermöglichten in den letzten Jahrzehnten eine fortschreitende Sekundärverbuschung oder -bewaldung. Diese konzentriert sich überwiegend auf die unteren Hangabschnitte und richtet sich weitgehend nach den langgestreckten Grabenstrukturen, die mehr Feuchtigkeit und einen gewissen Windschutz bieten (s. Photo 18).

Die typischen Böden sind überwiegend Andepts sehr verschiedener Ausprägung. Im südlichen Teil des zentralen Hochlandes handelt es sich ausschließlich um Vitrandepts, die in ihrer ursprünglichen Ausbildung jedoch kaum noch anzutreffen sind (vgl. b 6, B 11, B 21). Infolge des polygenetischen Profilaufbaus, der an den Grabenwänden gut zu verfolgen ist, treten bei Bodenerosion stark ver-

kürzte Bodenprofile und bereits auch Böden aus früheren Bildungsperioden an die Stelle der jüngeren, rezenten Böden. Hierbei handelt es sich teils noch um lithic oder typic Vitrandepts, im Gipfel- und Oberhangbereich aber auch um psammentic Haploxeralfs, deren Oberboden bereits Erosionsspuren aufweist (s. Hangprofil 4). Unterhang und Hangfuß sind hingegen von jungen, bis über drei Meter mächtigen Andept-Kolluvien überdeckt.

Ganz ähnliche Verhältnisse finden sich in den mittleren und nördlichen Teilen des Hochlandes, nur daß hier die Eutrandepts gegenüber den Vitrandepts überwiegen, und die kolluviale Überprägung noch größere Mächtigkeiten erreicht (s. Hangprofil 5 u. B 23).

Das Durchschnittsalter der Böden ist demnach am kolluvial überprägten Unterhang und Hangfuß bedeutend geringer als in den durch intensive Bodenerosion beeinflussten höheren Hangabschnitten und im Gipfelbereich mit exhumierten Reliktböden.

#### 4.3.1.2 Ausmaß der erosionsbedingten Veränderungen

Trotz Sekundärverbuschung weisen die von der Schadensstufe 2a betroffenen Kegel deutliche Spuren von Bodenerosionsprozessen auf, deren Intensität vor wenigen Jahrzehnten noch merklich größer war.

An der bis zu wenig über 30° steilen Montaña de Masilba verlaufen zahlreiche kleine Erosionsrinnen vom Gipfel und Oberhang ausgehend abwärts. Sie schließen sich noch im Oberhangbereich zusammen und werden zu größeren Gräben erweitert. Nach unten zu stellt sich allmählich eine Versteilung der Grabenwände und eine Verbreiterung der Grabensohle ein. Dabei können Breite und Tiefe der Gräben am Unterhang über drei Meter erreichen. Im Hangfußbereich nimmt der Grad der Eintiefung rasch ab, und die Gräben greifen nur selten auf das umliegende Hochland über (s. auch Hangprofil 4 und Photo 19).

Diese Verhältnisse lassen sich auch auf die Montaña de Afosa übertragen, doch sind vergangene und gegenwärtige Intensität der Grabenerosion noch stärker ausgeprägt (s. Hangprofil 5 u. Photo 18). Besonders in den feuchteren Teilen des Hochlandes treten am Mittelhang erstmals Rutschungen und Sackungen als gravitative Formen der Bodenerosion auf. Sie verlaufen teils zu den Grabenrändern, teils zu den Höhenlinien parallel und sind gegenwärtig deutlich aktiver als Rinnen- und Grabenerosion. Diese Prozesse beschränken sich aber auf Hangabschnitte mit mehr als 15 - 20° Neigung, fehlender

Sekundärverbuschung sowie lückenhafter Gras- und Krautschicht.

Eine quantitative Erfassung des abgetragenen und verlagerten Bodenmaterials ist schwierig, da neben der gut sichtbaren linienhaften und gravitativen Erosion ja auch weniger auffällige flächenhafte Abtragungsprozesse eine Rolle spielen (s. Kap. 4.2). Bei Hangneigungen unter  $15^{\circ}$  dominieren die flächenhaften - bei größeren Neigungsgraden die linienhaften und gravitativen Abtragungsprozesse. Im Hangfußbereich überwiegt dann die flächenhafte Ablagerung in Form von Kolluvien.

Das Ausmaß des flächenhaften Bodenabtrags läßt sich lokal recht gut mit Hilfe des polygenetischen Profilaufbaus erfassen. Die im Gipfel- und Oberhangbereich aufgeschlossenen psammentic Haploxeralfs (Schadensstufe 2a, s. Hangprofile 4 u. 5) finden sich im nicht kolluvial beeinflussten Umland erst in tieferen Horizonten (Schadensstufe 1, s. B 11 u. B 6). Der flächenhafte Bodenabtrag beträgt in den oberen Kegelabschnitten durchschnittlich 50 bis lokal über 80 Zentimeter, in den niederschlagsreichsten Teilen des Hochlandes (Montaña de Afosa) auch noch etwas darüber. In den mittleren und unteren Hangabschnitten werden 30 Zentimeter nicht mehr überschritten.

Größere Schwierigkeiten bereitet hingegen die Erfassung des linienhaft abgetragenen Bodenmaterials. Hier können nur grobe Schätzungen je nach Größe und Anzahl der Grabensysteme pro Flächeneinheit geliefert werden. Mächtigkeit (200 bis über 300 Zentimeter) und Ausdehnung der Kolluvien beruhen sowohl auf der Intensität aller Abtragungsprozesse (mit Ausnahme der Deflation) als auch auf der Menge des über den Hangfuß hinaustransportierten Materials.

Nach eigenen Untersuchungen und Berechnungen beläuft sich allein der flächenhafte Bodenabtrag auf etwa 3500 bis 4500 Kubikmeter pro Hektar. Weitere 1000 bis 1500 Kubikmeter pro Hektar dürften auf die Grabensysteme entfallen. Gravitativ bedingte Rutschungen und Sackungen werden aufgrund ihrer oft nur kurzen Verlagerungsdistanz von Bodenmaterial nicht miterfaßt. Im zentralen Hochland ergaben ähnliche Berechnungen auf einer entsprechenden Fläche einen bis zu 500 Kubikmeter höheren Bodenabtrag, was neben der etwas größeren Hangneigung sowohl auf den geringeren Deckungsgrad der Baum- und Strauchschicht als auch auf die höherer Jahresnie-

derschläge zurückzuführen ist (vgl. Abb. 9 u. 10, Kap. 3.3.2 u. 3.3.3).

Diese Zahlen stellen aber nur Mittelwerte dar, sie geben keine Auskunft über den tatsächlichen flächenhaften Bodenabtrag an einem bestimmten Standort. Dieser schwankt zwischen knapp 100 Zentimeter Mächtigkeit in den oberen Hangabschnitten und wenigen Zentimetern am Unterhang, wobei lokal auch große Unterschiede zwischen Gebieten mit überwiegend flächenhafter und linienhafter Abtragung bestehen. Insgesamt gesehen kann aber festgestellt werden, daß die Quantität des flächenhaft abgetragenen Bodenmaterials bei der Schadensstufe 2a in den letzten drei bis vier Jahrhunderten mehr als 3000 bis über 5000 Kubikmeter pro Hektar erreicht, letztgenannte Zahl jedoch nicht überschreitet.

#### 4.3.1.3 Auswirkungen und gegenwärtige Entwicklung

Die deutlichen Spuren der Bodenerosion an den Kegelhängen scheinen auf den ersten Blick im Widerspruch zu der heute relativ geschlossenen Vegetationsdecke in der Kraut- und teils auch Strauchschicht zu stehen. Diese nur scheinbaren Gegensätze lassen sich aber durch den gegenwärtig hohen Prozentsatz aufgebener Nutzflächen, geringe oder fehlende Beweidung und im Süden noch zusätzlich eine ausschließlich extensive Landwirtschaft im Umland der Kegel erklären (s. auch Kap. 4.3.1.1).

Die Ausbildung der neuen Baum- und Strauchschicht beginnt praktisch immer auf den tiefgründigen, humosen und gut wasserversorgten Andept-Kolluvien am Hangfuß und setzt sich überwiegend in den windgeschützten Gräben fort (*E r i c a a r b o r e a*, *C h a m a e c y t i s u s p r o l i f e r u s*; dazu im südlichen Hochland *P i n u s c a n a r i e n s i s*, in den nördlichen Teilen *M y r i c a f a y a*). Hangaufwärts nehmen Neigungsgrad und Windintensität zu, Grabentiefe, Bodenmächtigkeit und günstige Wasserversorgung hingegen ab. So finden Baum- und Strauchwuchs immer ungünstigere Standortbedingungen, und der Deckungsgrad geht deutlich zurück (s. Photos 18, 19 und Hangprofile 4 u. 5).

Die zwischen den Erosionsgräben liegenden Flächen mit flachgründigen Andepts werden von einer nach oben zu immer lückenhafteren Gras- und Krautflur eingenommen. Dabei ist *M i c r o m e r i a v a r i a* infolge ihrer geringen Standortansprüche die am weite-

sten verbreitete Pflanze. Oberhang und Gipfel der Kegel sind mit Ausnahme des südlichen Hochlandes einer so starken Windeinwirkung unterworfen, daß eine natürliche Wiederbewaldung ohne den Schutz von älteren Bäumen (z.B. Moñtana de Masilba, Photo 20) kaum noch möglich ist.

Unter Einfluß der hohen Luftfeuchtigkeit (Passatnebel) im zentralen Hochland hat sich auch ein Großteil der freien Bodenoberfläche, besonders im Gipfelbereich, mit Flechten überzogen. Ohne Einwirkung von Viehtritt bilden sie einen recht wirksamen Schutz gegenüber Deflation und Abspülung (Montaña de Afosa). In den südlichen Gebieten treten sekundäre Verbuschung oder Reste alter Baumbestände an ihre Stelle (Montaña de Masilba).

So spielen die flächenhaften Abtragungsprozesse in den oberen Hanglagen gegenwärtig keine so große Rolle mehr. Demgegenüber treten die linienhaften und gravitativen Formen der Bodenerosion, vor allem am Ober- und Mittelhang, heute deutlich stärker hervor. Doch wird deren Verbreitungsgebiet infolge der zunehmenden, dichten Sekundärvegetation von unten her immer weiter eingeschränkt. Vom abfließenden Niederschlagswasser mitgeführtes Bodenmaterial, das aus den oberen Hangabschnitten stammt, kann am Unterhang meist schon wieder aufgefangen werden. Dabei stellt das immer dichter werdende Wurzelwerk eine wirksame Bremse gegen ein Fortschreiten der Bodenerosion dar. Die weitgehend geschlossene Verbuschung schaltet die Deflation aus und fördert die Humusanreicherung im Oberboden. Sie verhindert ebenso ein direktes Auftreffen des Niederschlages auf die Bodenoberfläche wie einen Weitertransport des abgeschwemmten Materials ins umliegende Hochland.

Insgesamt gesehen ist diese Entwicklung im mittleren und nördlichen Teil des zentralen Hochlandes infolge der längeren und intensiveren Umlandnutzung noch nicht so weit fortgeschritten wie im Süden. Eine langfristige wirtschaftliche Nutzung der Kegelhänge ist trotz der gegenwärtig abnehmenden Erosionsintensität nur in Form von gut angelegten Aufforstungen möglich (s. auch Kap. 2.3.1).



#### 4.3.2 Die Schadensstufe 2b

Die Schadensstufe 2b beschränkt sich ausschließlich auf das Hügelland und dessen Randbereiche (s. Abb. 13 u. Photo 21). Die Schwerpunktuntersuchungen konzentrieren sich auf die östlichen und südlichen Teile des Hügellandes. Zahllose fließende Übergänge zwischen den Schadensstufen 2a und b treten im gesamten Hügelland auf.

##### 4.3.2.1 Voraussetzungen für Art und Intensität der Bodenerosion

Das im Jungpleistozän entstandene Hügelland liegt fast vollständig im Bereich der Passatnebelstufe. Dabei steigen die Niederschläge von Nordosten nach Südwesten hin rasch an und erreichen in Höhen über 900 Meter mehr als 600 Millimeter. Von der ursprünglichen Lorbeerwaldvegetation (im Südosten Kiefern) blieben nur wenige, stark degradierte Reste erhalten.

Der Sekundärkegel der Altos de Atara (1049 m) befindet sich am südwestlichen Rand des Hügellandes (s. Hangprofil 6, Abb. 14 u. 15). Was die Nutzung betrifft, so liegt er im Grenzbereich zwischen dem intensiv genutzten nördlichen Hochland (Schadensstufe 1b) und dem nach der Abholzung bis heute wenig erschlossenen südlichen Hügelland. Bei durchschnittlichen Hangneigungen um oder über 25 - 30° beschränkt sich die wirtschaftliche Nutzung ausschließlich auf die Kleinviehbeweidung (überwiegend Ziegen). Dabei muß die Beweidungsintensität deutlich höher angesetzt werden als in den mit der Schadensstufe 2a gekennzeichneten Gebieten. Infolgedessen ist eine sekundäre Verbuschung oder Wiederbewaldung der Hänge, ausgehend von den degradierten Restbeständen, im Gegensatz zu den vorher untersuchten Gebieten, weithin nicht möglich (vgl. Photos 22 u. 23 mit 18 u. 20).

Die Ausprägung der Böden weist große Unterschiede auf. Unter dichter Buschwaldbedeckung finden sich je nach Hangneigung mittel- bis tiefgründige mollic Vitrandepts und xeric Eutrandepts mit hohen Humusgehalten im Gesamtprofil (bis über 8% in 80 Zentimeter Tiefe, s. auch B 9). Die bis zu über 350 Zentimeter mächtigen Eutrandept-Kolluvien weisen den auf Hierro höchsten Prozentsatz organischer Bestandteile auf (s. B 8). Dies kann als ein klarer Hinweis auf das ehemals große Waldpotential im Einzugsgebiet der Kol-

luvien gewertet werden.

Die am Oberhang und in den Kammlagen auftretenden lithic Eustrandepts und Vitrandepts sind oft flachgründig und deutlich humusärmer. Sie lassen bereits teilweise Alterungserscheinungen in Form von geringen Lessivierungstendenzen erkennen (vgl. B 24), die bei den Andepts der anderen Untersuchungsgebiete kaum beobachtet werden konnten.

Ob es sich bei diesen Böden um durch Erosion gekappte Profile rezenter Böden oder bereits um um jetzt aufgeschlossene Profile fossiler Böden handelt oder beide Möglichkeiten in Betracht kommen, ist schwer zu sagen. Näheres ließe sich erst durch detailliertere Untersuchungen in diesem an Aufschlüssen sehr armen Gebiet klären. Fest steht, daß das Hügelland der jungpleistozänen Periode des Adventivvulkanismus entstammt. Dadurch liegt die Vermutung nahe, daß an einigen, nicht so erosionsgefährdeten Hangabschnitten mit geschlossener Vegetationsdecke noch Böden oder Bodenreste erhalten geblieben sein könnten, die sich auf der jüngsten Lapillischicht entwickelt haben. Meist handelt es sich aber bereits um exhumierte Profile aus klimatisch feuchteren Phasen des Pleistozäns. Dabei konnte das damalige Klimaxstadium der Böden (ultic Haploxeralf, typic Rhodoxeralf, s. Kap. 4.4 und 4.5) wahrscheinlich infolge zu rasch aufeinander folgender vulkanischer Ausbruchsphasen nicht erreicht werden.

#### 4.3.2.2 Ausmaß der erosionsbedingten Veränderungen

Auch bei der Schadensstufe 2b werden die Kegelhänge vom Oberhang an abwärts von zahlreichen Rinnen und Gräben durchzogen, doch zeigt deren Form und Verlauf deutliche Unterschiede im Vergleich zur Schadensstufe 2a. Bei durchschnittlich etwas geringerer Breite (bis zwei Meter) und Tiefe (bis zweieinhalb Meter) der Gräben fallen die seitlichen Grabenwände fast senkrecht ein und können in den untersten Wandabschnitten sogar Unterschneidungen aufweisen (s. Photo 23). Die Grabensohle ist meist vegetationsfrei und vor allem in den mittleren und unteren Hangabschnitten manchmal von jungem, abgeschwemmten Bodenmaterial bedeckt. Bei fehlender Verbuschung oder Bewaldung im Hangfußbereich nimmt der Grad der Grabeneintiefung nur langsam ab. Die größeren Grabensysteme reichen noch bis weit ins Umland hinein. Im besonders steil abfallenden östlichen Hügelland

(Umgebung von Tinor, s. Abb. 8) finden diese Gräben oft noch Anschluß an die tief eingeschnittenen Barrancos (s. Abb. 1 u. 5).

Die quantitative Erfassung des abgetragenen Bodenmaterials ist deutlich schwieriger als bei der Schadensstufe 2a. Ein Teil des erodierten Bodenmaterials kommt nämlich nicht mehr am Hangfuß oder in unmittelbarer Umgebung der Kegel zur Ablagerung, sondern gelangt in den Gräben bis zu den Barrancos. Von dort aus kann es bei den regelmäßigen Starkregen im Winterhalbjahr (s. Abb. 3) bis zum Meer transportiert werden. Dies betrifft vor allem den Ostteil des Hügellandes, das deshalb arm an Kolluvien ist, kann aber auch auf das nördliche Hügelland übergreifen (vgl. Kap. 4.3.3.2 u. Abb. 15).

Im südwestlichen Hügelland hingegen treten bei geringerer Hangneigung und Reliefenergie sowie oft dichter Verbuschung in den unteren Hangabschnitten durchweg Kolluvien auf. Ihre Mächtigkeit kann selbst noch bei 25° Hangneigung mehr als 250 Zentimeter betragen, am Hangfuß werden noch über 100 Zentimeter mehr erreicht (s. B 8, Hangprofil 6). Das ist ein deutliches Zeichen für die große Auffangkapazität des unterwuchsreichen Lorbeerbuschwaldes bezüglich des in höheren Lagen abgeschwemmten Bodenmaterials.

Die Untersuchungen der verschiedenen Bodenprofile (u.a. B 8, B 9 u. B 24) sowie von Kolluvienmächtigkeit und Grabensystemen erbrachten einen mittleren flächenhaften Abtrag von gut 50 bis über 60 Zentimeter (5000 bis über 6000 Kubikmeter/Hektar), lokal sicherlich bis über 100 Zentimeter. Auf die Rinnen- und Grabensysteme entfallen hingegen pro Hektar mehr als 1000 Kubikmeter. Dies entspricht einer Steigerung der Abtragsmenge um durchschnittlich 20 bis 30% gegenüber der Schadensstufe 2a. Dabei werden die höchsten Abtragswerte mit Sicherheit im östlichen Hügelland erreicht, wo auch den dort sehr ausgeprägten und weitreichenden Erosionsrinnen und -gräben eine besonders große Bedeutung als Transportbahnen für das abgeschwemmte Bodenmaterial zukommt.

#### 4.3.2.3 Auswirkungen und gegenwärtige Entwicklung

Wie bei der Schadensstufe 2a, so ist auch in diesen Gebieten die Erosionsintensität im Vergleich zu den ersten Jahrzehnten nach der Entwaldung merklich zurückgegangen. Doch hat sich, wie bereits erwähnt, bei einer bis heute andauernden, meist mäßigen bis lokal

starken Kleinviehbeweidung in weiten Teilen keine expandierende Sekundärverbuschung entwickeln können. Vielmehr weisen die restlichen Buschwaldbestände deutliche Spuren von Verbiß auf, der besonders die empfindlichen Hartlaubgewächse schädigt.

Doch hat die Beweidung auch die relativ dichte Gras- und Krautschicht merklich beeinflusst. Bei einer durchschnittlichen Wuchshöhe von selten mehr als 10 Zentimeter ist der Graswuchs mancherorts von ein Meter hohen Disteln durchsetzt und wird an den steileren Hangabschnitten immer schütterer. Oft wird mehr als die Hälfte der Gras- und Krautschicht, stellenweise bis über 80%, von den holzigen *M i c r o m e r i a* - Zwergsträuchern eingenommen, die ebenso wie die Disteln widerständiger gegen den Verbiß sind und als Futter nicht sehr geschätzt werden (s. Photo 23). In den windexponierten oberen Hanglagen überwiegt immer die *M i c r o m e r i a* - Flur infolge ihrer geringeren Standortansprüche.

Der Deckungsgrad in der Kraut- und Grasschicht nimmt in den oberen Hangabschnitten stetig ab und erreicht in Kammlagen selten über 75%. Fortgesetzter Viehtritt und Verbiß verhindern die Ausbildung einer geschlossenen Vegetationsdecke und zerstören den Flechtenüberzug an der Bodenoberfläche. Intensive Ausblasung und Abspülung sind die Folgen. Doch bereits im oberen Mittelhangbereich kommen die flächenhaften Abtragungsprozesse bei zunehmendem Vegetationsdeckungsgrad zur Ruhe. Mittels der Erosionsgräben erfolgt jedoch noch ein Weitertransport des in höheren Hanglagen abgeschwemmten Bodenmaterials bis zum Hangfußbereich und ins Umland der Kegel oder bei fehlender Hangfußverbuschung noch darüber hinaus.

Im Gegensatz zur Schadensstufe 2a kommt gegenwärtig den flächenhaften Abtragungsprozessen im Gipfel- und Oberhangbereich die größte Bedeutung zu. Sie liefern noch eine genügend große Menge abgeschwemmten Bodenmaterials, um durch den Weitertransport in den hangabwärts sich anschließenden Gräben deren Vergrasung weitgehend zu verhindern und dadurch eine weitreichende Bodenverlagerung zu ermöglichen.

#### 4.4 SCHADENSSTUFE 3: GEBIETE MIT STARKER BODENEROSION - GEGENWÄRTIG ÜBERWIEGEND ANDAUERENDE INTENSITÄT

##### 4.4.1 Die Schadensstufe 3a

Die Schadensstufe 3a erfaßt den weitaus größten Teil der entwaldeten Sekundärkegel im zentralen und nördlichen Hochland sowie einige Kegel im südlichen Hochland (z.B. Montaña Aguachicho, s. Abb. 15). Dazu kommen einige steilere Geländestufen im östlichen Teil des zentralen Hochlandes zwischen San Andres und Isora und einige Randbereiche des Hügellandes (s. auch Abb. 8 u. 13). Die beiden nachfolgend näher erläuterten Beispiele stammen aus dem zentralen Hochland. Sie erfassen das gesamte Spektrum der Schadensstufe 3a und zeigen auch die fließenden Übergänge zur Schadensstufe 2.

##### 4.4.1.1 Voraussetzungen für Art und Intensität der Bodenerosion

Die Montaña de las Rosas (1108 m) befindet sich im östlichen Teil des zentralen Hochlandes und wird bei einem durchschnittlichen Jahresniederschlag von 550 Millimeter von den Ausläufern des Passatnebels noch gerade gestreift (s. Abb. 15). Ähnlich wie die Montaña del Tomillar (1026 m) im nördlichen Hochland (s. Abb. 15) nimmt sie eine Art Übergangsstellung zwischen den Schadensstufen 2 und 3a ein, doch überwiegen bereits die Charakteristika für eine gegenwärtig andauernde Erosionsintensität. Zwar hat am Hangfuß und Unterhang dieser Kegel bereits eine Sekundärverbuschung eingesetzt (ausschließlich *Chamaecytisus proliferus*; vereinzelte Exemplare von *Juniperus cedrus* sowie Feigenbäume sind angepflanzt; s. auch Hangprofil 7). Doch diese ist wesentlich jüngeren Datums als bei der Schadensstufe 2a und erst innerhalb der letzten fünf bis zehn Jahre entstanden.

Die Gründe für die Aufgabe der Wirtschaftsflächen im Umfeld der Kegel liegen einerseits in der wachsenden Bodenungunst infolge flächenhafter Abtragungsprozesse (vermehrtes Auftreten von Haplo- und Rhodoxerals an der Oberfläche, vor allem im östlichen Teil des zentralen Hochlandes; s. auch Kap. 4.5). Andererseits lassen sich auch wieder Zusammenhänge mit großflächigen Ausräumungen von Bodenmaterial erkennen. Dies betrifft ganz überwiegend

den westlichen Teil des niederschlagsreichen zentralen und nördlichen Hochlandes (s. Abb. 8). Dort fehlt fast jegliche Sekundärverbuschung, und das Umland der Kegel ist durch die Ausräumungen vielerorts derart zerstört worden, daß die wirtschaftliche Nutzung bis auf die immer noch starke Kleinviehbeweidung weitgehend zusammenbrach ( s. Kap. 2.3.3.2, Photo 24, Hangprofile 7 u. 8a).

Das Bodenspektrum bei der Schadensstufe 3a reicht von maximal viereinhalb Meter mächtigen jungen Eutrandept-Kolluvien (B 20, Photo 11) im Hangfußbereich über unterschiedlich stark erodierte Andepts (B 27, Photo 25) bis hin zu lithic Xerorthents (B 10) an den Hängen. Der polygenetische Profilaufbau ist an den Grabenrändern gut zu beobachten. Er liefert auch den Beweis dafür, daß es sich bei den Mittel- und Oberhangböden meist bereits um durch flächenhafte Abtragung aufgeschlossene Andepts älterer Bildungsphasen handelt. Die Kammlagen werden durchweg von noch älteren Reliktböden in Form stark gealterter Andepts mit Übergängen zu Xeralfs (B 26) oder von schwach entwickelten Haploxeralfs unterschiedlicher Ausprägung eingenommen. Ein ganz deutliches Zeichen für ihren Reliktcharakter ist der insgesamt hohe Anteil an organischen Bestandteilen (über 5-7% im Oberboden, B 26), der mit der heutigen schütterten *M i c r o m e r i a* - Flur keinesfalls in Verbindung zu bringen ist.

#### 4.4.1.2 Ausmaß der erosionsbedingten Veränderungen

Die von der Schadensstufe 3a betroffenen Kegelhänge und Geländestufen werden vom Oberhang an abwärts von zahllosen nebeneinander liegenden Rinnen und Gräben durchzogen. Diese befinden sich bei Hangneigungen über 20° oft in enger Verzahnung mit den ineinandergreifenden Abrißnischen jüngerer Rutschungen und Sackungen, welche die Grabenwände unregelmäßig erweitern (s. Hangprofile 8a und b, Photo 26).

An der besonders steilen Geländestufe zwischen San Andres und Isora dominieren bei Hangneigungen bis über 35° die gravitativen Abtragungsprozesse gegenüber der Rinnen- und Grabenerosion (s. Hangprofil 7 bei B 10 und Photo 2). Rutschungen und Sackungen werden hier besonders durch den häufigen Wechsel von Lapilli und Basaltschlacke begünstigt. Denn nach Entfernung tiefwurzelnder Vegetation und eines Teils der Bodendecke können Material und Schich-

tung bei Hangneigungen um oder über 30° keine stabile Lagerung mehr gewährleisten, so daß es zum Abrutschen ganzer Bodenschollen kommt (vgl. Kap. 2.3.2). Dabei bilden die steilen Grabenwände oft die Ansatzpunkte für nachfolgende gravitative Abtragungsprozesse.

In den Kammlagen treten die linienhaften Erosionsprozesse zurück und machen der flächenhaften Abspülung und Deflation Platz. In den besonders windexponierten westlichen Teilen des Hochlandes hat die Deflation in den oberen Hangabschnitten zu einem fast vollständigen Verlust des Feinbodens an der Oberfläche geführt und nur das Bodenskelett aus basaltischen Lapilli zurückgelassen.

Hangfuß und Unterhang werden von bis zu 450 Zentimeter mächtigen und mehrere Dekameter breiten Eutrandept-Kolluvien eingenommen. Diese werden von weit ins Hochland reichenden Gräben zerschnitten (s. Photos 11, 12, 26 sowie Hangprofile 8a und b). Die Gräben am Hangfuß und im Umfeld der Kegel sind heute überwiegend vergrast, ein Zeichen dafür, daß das weiterhin in den mittleren und oberen Hangabschnitten abgespülte Bodenmaterial meist im Bereich der mit einer recht dichten Kraut- und Grasschicht bewachsenen Kolluvien zur Ablagerung kommt. Nur in Gebieten mit lückenhaften Aufforstungen oder dafür vorterrassierten Hangabschnitten tritt eine Reaktivierung der Abtragungsprozesse auch in den unteren Hangabschnitten ein. Dies hat eine deutliche Auffüllung der Gräben mit abgeschwemmtem Bodenmaterial zur Folge (s. Photo 12 u. Kap. 2.3.1).

Die Quantität des nach der Entwaldung abgetragenen Bodenmaterials dürfte durchschnittlich flächenhaft über 60 bis gut 80 Zentimeter erreichen, was einer Menge von mehr als 6000 bis über 8000 Kubikmeter pro Hektar entspricht (vgl. auch B 20, B 26, B 27). Dabei treten lokal beträchtliche Schwankungen auf (Unterhang weniger als 50 Zentimeter, Kammlagen bis über 120 Zentimeter).

Insgesamt gesehen liegen die höchsten Abtragsmengen in den niederschlagsreichsten Gebieten im westlichen Hochland, wo auch die lineare Zerschneidung der Hänge bei nur geringem Vegetationsdeckungsgrad am weitesten fortgeschritten ist (zusätzlich über 1500 Kubikmeter Materialverlust pro Hektar). Die dort größere Mächtigkeit der Kolluvien kann als weiterer Beweis für intensive Ab- und Umlagerung gewertet werden. Die gegenwärtig aktiven Abtragungs- und Umlagerungsprozesse bei der Schadensstufe 3a erfassen

den gesamten Kegelbereich, wo sie unvermindert andauern; sie beeinflussen aber kaum noch das umliegende Hochland selbst.

#### 4.4.1.3 Auswirkungen und gegenwärtige Entwicklung

Der Grund für die bis heute andauernden Bodenerosionsprozesse ist in der starken Kleinviehbeweidung zu suchen, die sich nicht nur auf das Umfeld der Kegel erstreckt, sondern vor allem auch die Hänge selber erfaßt. Die durch Verbiß, Vertritt und Selektion bestimmter Pflanzen hervorgerufenen direkten und indirekten Schäden sind mannigfaltig und bei weitem schwerwiegender als bei der Schadensstufe 2b.

Der Graswuchs erreicht nur noch auf den gut wasserversorgten Hangfußkolluvien eine geschlossene Ausbildung und bis zu zehn Zentimeter Höhe. Hangaufwärts werden bei zunehmend geringerem Deckungsgrad (unter 50%) fünf Zentimeter Wuchshöhe meist nicht überschritten (s. Photo 2). Schon im oberen Drittel der Kolluvien geht der Graswuchs sprunghaft zurück und wird oft von einer reinen *Micromeria* - Flur (Deckungsgrad bis 90%) abgelöst (s. Photo 26). Der bereits erwähnte Ersatz der Grasgesellschaften durch die anspruchslosere und gegen Verbiß widerständigere *Micromeria* - Flur mit weit geringerem Nährwert schreitet bei andauernder Beweidungsintensität an den Sekundärkegeln langsam weiter fort. Langfristig bedeutet dies einen zunehmenden Verlust von Weideflächen infolge Kleinviehüberstockung.

Hangaufwärts nimmt der Deckungsgrad in der Krautschicht immer weiter ab und erreicht in den Kammlagen nur noch 10 - 30%. Auch Rinnen und Gräben sind in den oberen Hangabschnitten nur noch selten von einer mäßig dichten Krautschicht (über 60%) bedeckt. Stattdessen findet sich in ihnen abgeschwemmtes, zwischengelagertes Bodenmaterial, das im Laufe der nächsten Niederschlagsperiode weiter hangabwärts transportiert wird.

Die schütterere Vegetation ist natürlich nicht in der Lage, die für die Schadensstufe 3a so charakteristischen Rutschungen und Sackungen abzubremsen oder gar zu verhindern. Die gegenwärtige Aktivität dieser Prozesse mit Abrißnischen, Transportbahnen und teils zungenförmigen Ablagerungsgebieten kann besonders gut an der recht häufigen Überschüttung der Kraut- und Grasvegetation beobachtet werden (s. Photos 2 u. 27). Dadurch wird eine zunehmende Vegeta-



tionsbedeckung der Hänge, ausgehend von den unteren Hangabschnitten, gegenwärtig mindestens verlangsam oder sogar verhindert.

Am Mittel- und Oberhang erreicht die Bodenmächtigkeit heute auf den zwischen den Rinnen und Gräben liegenden Flächen oft nur noch 20 Zentimeter oder wenig darüber. Der Wasserhaushalt dieser sehr flachgründigen Böden ist so ungünstig, daß flachwurzelnde Gräser nicht genügend Feuchtigkeit erhalten, um eine geschlossene Grasschicht ausbilden zu können, selbst wenn die Beweidungsintensität nachlassen würde. Dem gegenwärtig fortschreitenden Bewuchs der Kegelhänge mit *M i c r o m e r i a* - Zwergsträuchern kann nur noch durch gezielte Aufforstungen entgegengewirkt werden (s. auch Photo 13).

#### 4.4.2 Die Schadensstufe 3b

Die Schadensstufe 3b beschränkt sich ausschließlich auf den Nordostteil von Hierro, wo sie besonders das östliche Vorland von Valverde und die Übergangsbereiche zwischen dem östlichen Hügelland und den Steilabfällen erfaßt (s. Abb. 2 u. 13). Erstmals sind Fuß- und Mittelstufe gemeinsam von einem hohen Zerstörungsgrad betroffen, obwohl die natürlichen Standortbedingungen große Unterschiede aufweisen. Die nachfolgenden Beispiele stammen aus allen oben genannten Gebieten und repräsentieren das gesamte Spektrum der Schadensstufe 3b.

##### 4.4.2.1 Voraussetzungen für Art und Intensität der Bodenerosion

Das östliche Vorland von Valverde befindet sich zwischen 250 und 400 Meter Höhe und weist bei Jahresniederschlägen von 200 bis wenig über 250 Millimeter als potentiell natürliche Vegetation einen endemischen Sukkulantenbusch auf. Oberhalb davon schließen sich die Randbereiche des Hügellandes an, die von einigen Barrancos zerschnitten werden. Einer davon ist der Barranco de Santiago, der auf der Höhe von Valverde (500-600 Meter) bereits von den Pasatnebeln gestreift wird (s. Abb. 15). Bei Jahresniederschlägen um 350 Millimeter liegt dieses Gebiet im Übergangsbereich zwischen *J u n i p e r u s* - Trockengehölzen und Lorbeerwald (s. Abb. 14 u. Hangprofil 10). Der mittlere Abschnitt des Barranco de Tinor befindet sich etwa drei Kilometer südwestlich des Barranco de Santiago und bei Niederschlägen von 400 - 450 Millimeter in 750 bis 900 Me-

ter Höhe bereits im potentiell natürlichen Kiefernwaldbereich (vgl. Abb. 14, 15 u. Hangprofil 9).

Ein großer Teil der von der Schadensstufe 3b betroffenen Gebiete liegt außerhalb des näheren Einzugsbereiches holozäner und pleistozäner Sekundärkegel und hat durch deren Auswurfmassen keine oder nur eine maximal wenige Dezimeter mächtige Überdeckung erfahren. Die Entstehung der bis zu über 100 Meter eingetieften Barrancos in die Basaltlagen der nordöstlichen Steilhänge geht möglicherweise bis ins Pliozän zurück. Dabei läßt der glattgeschliffene Basaltuntergrund der Barrancosohlen auf recht intensive Korrasion während langer Zeiträume schließen. Heute erfolgt nur noch eine episodische Wasserführung, die am Barranco de Santiago aufgrund der fortschreitenden Verbauung in den mittleren Abschnitten in Zukunft vielleicht noch weiter zurückgehen wird.

Alle Gebiete unterliegen bis heute einer intensiven Kleinviehbeweidung, während der nur in der Umgebung von Valverde betriebene Trockenfelddbau stark zurückgegangen ist (s. Abb. 8, Hangprofile 9 u. 10). Die mit der starken Beweidung einhergehenden Vegetationsveränderungen brauchen hier nicht mehr näher erläutert zu werden (s. Kap. 4.4.1).

Infolge der nur geringen oder fehlenden Überdeckung mit jungpleistozänen und holozänen Pyroklastika bei gleichzeitig hohen Abtragsraten treten in allen von der Schadensstufe 3b betroffenen Gebieten ganz überwiegend alte, im Pleistozän entstandene Xerals (meist über Basalt oder Basaltschlacke) an die Oberfläche (s. B 2, B 3 u. B 4). Es handelt sich überwiegend um lithic, seltener um typic Haploxerals, deren Oberboden bereits fast überall vollständig abgetragen wurde. Im östlichen Vorland von Valverde liegen kleinflächig auch die Kalkanreicherungshorizonte alter Calciorthids an der Oberfläche (vgl. B 1). Aus jüngeren Lapilli entstandene Böden finden sich in Form sehr flachgründiger lithic Vitrandepts nur noch vereinzelt unter Buschwaldrelikten und auf Terrassenanlagen. Kolluvien treten selten auf, da das abgeschwemmte Bodenmaterial mittels der Barrancos meist bis zum Meer transportiert wird.

#### 4.4.2.2 Ausmaß der erosionsbedingten Veränderungen

Im Vergleich zur Schadensstufe 3a fällt auf, daß linienhafte und gravitative Abtragungsprozesse weitgehend fehlen. Dies er-

scheint um so verwunderlicher, als die durchschnittliche Hangneigung in der Fußstufe kaum unter  $15^{\circ}$  liegt, und in der Mittelstufe häufig Werte über 30 bis  $35^{\circ}$  erreicht werden. Die auffällige Dominanz der flächenhaft wirksamen Abtragung beruht ganz überwiegend auf den unterschiedlichen Eigenschaften von Xeralfs und Andepts. Die Xeralfs mit ihrem hohen Schluff- und Tongehalt sind bei ihrer Neigung zu tiefgründiger Verhärtung und Austrocknung in den Sommermonaten und der darauf beruhenden stark verlangsamten Wasseraufnahme- und -leitfähigkeit gar nicht so anfällig für linienhafte Abtragungsprozesse. Die lockeren Andepts weisen hingegen nur unter intakter Vegetationsbedeckung und tiefgründiger Durchwurzelung auch bei Hangneigungen über  $20^{\circ}$  eine hohe Stabilität auf (vgl. Kap. 2.2.2.4 und 2.2.3.3).

Auf den Xeralfs kommt es somit vor allem zu Beginn der Niederschlagsperiode zu einem erhöhten Oberflächenabfluß, der weit mehr in die Breite als in die Tiefe wirken kann. Ein deutliches Zeichen für das Vorherrschen der flächenhaften Abspülung - vor allem in der Fußstufe - ist z.B. die oft am Hang auftretende Materialablagerung oberhalb größerer Steine oder Felsbrocken. Wenn der gesamte Oberboden entfernt worden ist und der  $B_t$ -Horizont an der Oberfläche liegt, verlangsamen sich die Abtragungsprozesse infolge der größeren Widerständigkeit dieses am stärksten verhärteten, tonreichsten Horizontes. Eine ähnliche Wirkung geht von den an der Oberfläche liegenden Ca-Horizonten aus. Insgesamt gesehen ist somit ein deutlich langsamerer Verlauf der Abtragungsprozesse bei den Xeralfs gegenüber den Andepts festzustellen. Schaden und Ungunstfaktoren sind bei wirtschaftlicher Nutzung aber ungleich größer.

In der Mittelstufe, im Einzugsgebiet der alten Barrancos, haben höhere Niederschlagsmengen und größere Hangneigung bei gleichzeitig geringerer Bodenmächtigkeit im Vergleich zur Fußstufe vielerorts zu noch stärkerer Abtragung geführt. Auf etwa 25-35% der Fläche (im Extremfall bis über 50%) ist der Boden auch bei Hangneigungen unter  $30^{\circ}$  vollständig entfernt worden, so daß der unterlagernde Basalt direkt an die Oberfläche tritt (vgl. Photos 28 u. 29). Die flächenhaften Abtragungsprozesse werden noch durch das harte basaltische Ausgangsgestein der Böden unterstützt, das eine linienhafte Eintiefung innerhalb so kurzer geologischer Zeiträume

wie den letzten Jahrhunderten nach der Entwaldung gar nicht ermöglicht.

Die Deflation spielt trotz großer Windstärke (Windschur, vgl. Photo 28) infolge der Oberflächenverhärtung (Xeralfs) und Verkru- stung (Ca-Horizonte der Calciorthids) im Gegensatz zu den Andepts keine große Rolle.

Die Quantität des abgetragenen Materials pro Hektar erreicht teilweise nur mäßig höhere Werte als bei der Schadensstufe 3a, in der Fußstufe kann sie sogar noch etwas geringer sein. Im östlichen Vorland von Valverde kann von einem durchschnittlichen Abtrag von 5000 bis 7000 Kubikmeter pro Hektar (50-70 Zentimeter) nach der Entwaldung ausgegangen werden. In der Mittelstufe können bei voll- ständigem Bodenabtrag weit über 80 Zentimeter erreicht werden. Diese Zahlen beziehen sich ausschließlich auf die mehr oder weni- ger stark erodierten Haploxeralfs.

Bei der Annahme einer jüngeren Bodenbildung über den Xeralfs kann die Abtragsmenge aber noch deutlich höher liegen und 100 Zen- timeter überschreiten (über 10000 Kubikmeter/Hektar). Dies scheint zumindest für Teile der Mittelstufe möglich, da die Xeralfs unter Buschwaldresten noch von flachgründigen Andepts überlagert werden, die z.B. auch auf den verfallenden Terrassen am südostexponierten Talhang des Barranco de Santiago zu finden sind (s. Hangprofil 10).

Kolluvien können bei der Beurteilung der Abtragsmengen nicht mithinzugezogen werden, da der größte Teil des abgespülten Boden- materials oft mangels fehlender Terrassen oder Steinmauern nicht aufgefangen werden kann, sondern durch die episodische Wasserfüh- rung der Barrancos weitgehend fortgeführt wird. Nur auf einigen tief gelegenen Terrassen nahe der Barrancosohle kommt das abge- schwemmte Material teils auch dauerhaft zur Ablagerung (s. auch Photo 28).

Bei der Untersuchung des in der Barrancosohle zwischengelager- ten Bodenmaterials zeigt sich noch deutlicher als bei den Hangfuß- kolluvien der Hochlandkegel eine sehr starke Zunahme der organi- schen Bestandteile gegenüber den erodierten Hangböden. Mit weit unter zwei Prozent (vgl. B 4) haben diese einen vier- bis sechs- fach niedrigeren Humusanteil als das abgeschwemmte Bodenmaterial in der Barrancosohle. Dies weist sowohl auf dessen leichte Erodierbar- keit als auch auf das große Einzugsgebiet der Barrancos im nieder-

schlagsreicheren Hoch- und Hügelland hin.

Die von der Schadensstufe 3b betroffenen Gebiete gehören zu den Teilen von Hierro, in denen seit der Entwaldung bis heute die größten Zerstörungen durch Bodenerosion entstanden sind. Trotzdem können sie nicht mehr zu den Bereichen mit gegenwärtig zunehmender Erosionsintensität gerechnet werden (vgl. Kap. 4.5). Denn der Boden ist vielerorts schon bis zum harten Ausgangsgestein abgetragen, weshalb die Abtragsraten gegenwärtig natürlich nicht mehr steigen können, sondern infolge des immer weiterabnehmenden Materials eher rückläufige Tendenz zeigen. Auch durch die häufige Lage widerständiger  $B_t$ - oder Ca-Horizonte an der Oberfläche wird die Quantität des abgetragenen Materials verringert, so daß nur von andauernder, nicht aber von zunehmender Erosionsintensität, wie bei der Schadensstufe 4, gesprochen werden kann.

#### 4.4.2.3 Auswirkungen und gegenwärtige Entwicklung

Das Ausmaß der innerhalb der letzten 300 bis 400 Jahre entstandenen Schäden läßt sich für die Mittelstufe am besten durch den Vergleich zweier Photos vor Augen führen.

Südlich von Frontera wird der obere Teil des El Golfo-Steilabfalls auch bei Hangneigungen um oder etwas über  $40^\circ$  von einem zwar degradierten, aber dicht geschlossenen Lorbeerwald eingenommen (s. Photo 30 in 1200 Meter Höhe, Abb. 5 u. 8). Am östlichen Steilabfall, unterhalb von Tinor, müßte parallel dazu ein *Pinus canariensis*-Wald mit *Erica arborea*-Unterwuchs anzutreffen sein. Stattdessen haben Abholzung und jahrhundertelange Kleinviehbeweidung nur noch eine sehr lückenhafte Bodendecke mit schütterem Bewuchs von Gräsern, *Micromeria varia*, *Cistus monspeliensis*, Opuntien und vereinzelt auch Sisalagaven zurückgelassen (s. auch Photo 29 und Hangprofil 9). Lokal sind sogar endemische Sukkulenten bis in Höhen um 1000 Meter vorgedrungen. Degradierete Buschwaldbestände treten fast nur noch im Grenzbereich zum östlichen Hügelland und in unmittelbarer Umgebung der Barrancosohlen auf, wo auch die größten Bodenmächtigkeiten (bis 50 Zentimeter) und die günstigste Wasserversorgung anzutreffen sind (vgl. Hangprofil 9 u. Photo 29).

Die gesamte Vegetation unterliegt starkem Verbiß, der auch den Flechtenbewuchs weitgehend zerstört hat. Der Wasserhaushalt in den

geringmächtigen, ton- und schluffreichen Xeralsfs ist so ungünstig, daß der Welkepunkt bei den flachwurzelnenden Gräsern in der Trockenzeit rund drei bis vier Wochen früher einsetzt als auf den lithic Vitrandepts, die einen weit geringeren Totwasseranteil besitzen. Bei andauernden Abtragungsprozessen kann, wie bei der Schadensstufe 3a, mittel- bis langfristig von einer fortschreitenden Einschränkung der Weideflächen bis hin zu deren vollständiger Aufgabe ausgegangen werden.

Durch den Abtransport des abgespülten Bodenmaterials mittels der Barrancos wird der Aufbau von Kolluvien verhindert, die im Hoch- und teils auch Hügelland dank ihrer guten Wasserspeicherkapazität die Ausbildung einer geschlossenen Vegetationsdecke am Hangfuß ermöglichen. Der dichte Bewuchs bedeutet eine wirksame Bremse für das am Hang abgespülte Bodenmaterial, verringert dessen Weitertransport ins Umland und stellt zusammen mit den Grabensohlen die günstigsten Ausgangspunkte für eine Sekundärverbuschung der Kegel dar (vgl. besonders Schadensstufe 2, Kap. 4.3).

In der Fußstufe ist die Zerstörung des endemischen Sukkulentenbusches vor allem im Nordteil von Hierro weit fortgeschritten. Infolge des flächenhaften Bodenabtrags liegen gegenwärtig weitgehend verhärtete  $B_t$ - oder Ca-Horizonte an der Oberfläche. Diese verhindern zwar eine Intensivierung der Erosionsprozesse, bieten aber keine günstigen Standortbedingungen für Vegetation und Nutzung und führen zu einer wachsenden Aufgabe von Wirtschaftsflächen (vgl. Kap. 4.5.2).

#### 4.5 SCHADENSSTUFE 4: GEBIETE MIT STARKER BIS SEHR STARKER BODEN- EROSION - GEGENWÄRTIG ÜBERWIEGEND ZUNEHMENDE INTENSITÄT

##### 4.5.1 Die Schadensstufe 4a

Die Schadensstufe 4a findet ihre Verbreitungsschwerpunkte im südwestlichen Teil des nördlichen Hochlandes und im südlichen Vorland von Taibique (s. Abb. 13). Dabei handelt es sich teils um Gebiete, die schon seit Jahrhunderten unter starkem Bodenabtrag stehen, teils auch um Bereiche, die erst innerhalb der letzten Jahrzehnte von intensiven Erosionsprozessen erfaßt wurden. Betroffen sind sowohl Sekundärkegel als auch Teile des Hochlandes selber, was auch in den zwei nachfolgend näher erläuterten Beispielen zum

Ausdruck kommt.

#### 4.5.1.1 Voraussetzungen für Art und Intensität der Bodenerosion

Die Montaña Hoya de la Vaca liegt im südwestlichsten Teil des nördlichen Hochlandes über 1150 Meter Höhe (s. Abb. 15). Es handelt sich um zwei jungpleistozäne Adventivkrater, die ihr Umland ebenso wie die westlich und nördlich davon gelegenen Kegel meist nur um 25 bis 30 Meter überragen (vgl. Hangprofil 12). Im Gegensatz zu den vorher untersuchten Sekundärkegeln werden 20° Hangneigung kaum überschritten. Die jährlichen Niederschläge dürften etwa 700 Millimeter erreichen, und der ganzjährige Passatnebeleinfluß ermöglichte eine ursprünglich dichte Lorbeerwaldvegetation.

Im südlichen Vorland von Taibique erreichen die jährlichen Niederschläge in 600 - 700 Meter Höhe nur noch zwischen 250 und 300 Millimeter (s. Abb. 2). Die ursprüngliche Vegetation stellt einen Übergang zwischen den südlichsten Ausläufern des kanarischen Kiefernwaldes und den *J u n i p e r u s* - Trockengehölzen dar.

Von der natürlichen Vegetation sind im Norden gar keine, im Süden nur geringe Reste übriggeblieben. Die unterschiedlichen Standortbedingungen der beiden Untersuchungsgebiete spiegeln sich auch in der wirtschaftlichen Nutzung wider. Die besonders windexponierten Teile des nordwestlichen Hochlandes gehören schon seit der Entwaldung zu den besonders intensiv genutzten Weidegebieten von Hierro. Demgegenüber unterliegt das südliche Vorland von Taibique einem kleinflächigen Wechsel von Wein- und Trockenfeldbau sowie zahlreichen Obstkulturen auf nicht terrassierten Wirtschaftsflächen. Innerhalb der letzten Jahrzehnte beschränkte man sich nicht zuletzt infolge der wirtschaftlichen Umstrukturierung bei der Nutzung mehr und mehr auf die ortsnäher liegenden Bereiche mit etwas höheren Niederschlägen. Ein Großteil der entfernteren, extensiveren Nutzflächen (über 50-70%) wurde aufgegeben und oft wilder Beweidung überlassen (vgl. Abb. 8 u. Hangprofil 11).

Bei den von der Schadensstufe 4a betroffenen Gebieten handelt es sich ganz überwiegend um Bereiche, die keine holozäne Lappilliüberdeckung mehr erfahren haben. Infolge hoher Erosionsintensität reicht das gegenwärtige Bodenspektrum von mehr als fünf

Meter mächtigen Eutrandepts-Kolluvien im nördlichen Hochland über stark gealterte xeric Eutrandepts mit zahlreichen Übergängen zu psammentic Haploxeralfs bis hin zu lithic Eutrandepts und Xerorthents (vgl. Kap. 4.4.1.1). Vor der Entwaldung lagen wohl gut entwickelte, tiefgründige Eutrandepts und psammentic Haploxeralfs an der Oberfläche (s. auch B 9, B 14 u. Photo 10). Durch die Abtragung erfolgte entweder eine weitgehende Kappung der Profile bis hin zu Xerorthents, oder es kam zu einem Aufschluß älterer Böden unterschiedlicher Ausprägung. Das trifft besonders auf die Kegelschnitte mit größerer Hangneigung zu (vgl. B 27, B 28, B 29 u. Photo 26). Im nördlichen Hochland sind die meisten der tiefgründigen Böden (Eutrandepts) im Umfeld der Sekundärkegel so stark kolluvial überprägt, daß ihre ursprüngliche Mächtigkeit nur noch schwer festzustellen ist. Sie dürfte aber mit Sicherheit über 100 Zentimeter betragen haben (vgl. B 8, B 9, B 20).

#### 4.5.1.2 Ausmaß der erosionsbedingten Veränderungen

Ähnlich wie bei der Schadensstufe 3a tritt ein steter Wechsel von flächen- und linienhaften Abtragungsprozessen auf. Die gravitativen Formen der Bodenerosion sind jedoch nicht so häufig, da die Hangneigungen  $20^{\circ}$  nur selten überschreiten.

Auch bei den für Hierro nur geringen Hangneigungen zwischen fünf und zehn Grad im südlichen Vorland von Taibique sind die schwach entwickelten psammentic Haploxeralfs sehr anfällig gegenüber der Bodenerosion. So haben sich auf den aufgegebenen Wirtschaftsflächen mit einem Vegetationsdeckungsgrad von oft unter 50% innerhalb weniger Jahrzehnte bis zu einem Meter tiefe und breite Erosionsrinnen gebildet. Sie tiefen sich rückschreitend immer weiter ins basaltische Lapillimaterial ein, das bei B 14 noch in 160 Zentimeter Tiefe liegt (vgl. Hangprofil 11, Photos 10, 31 und 32). Bei zunehmender Eintiefung der Erosionsrinnen erfolgen oft kleine, seitliche Abrutschungen, die zu einer Erweiterung der linearen Formen führen (s. Photo 32).

Die für Xeralfs sehr lockeren, sandigen Böden können auch der flächenhaften Abspülung und Deflation keinen Widerstand entgegenzusetzen, so daß mancherorts an der Oberfläche nur noch ein Teil des Bodenskeletts in Form kiesgroßer Lapillistückchen zurückbleibt (s. Photo 31). Unter Zusammenwirkung flächen- und li-



nienhafter Abtragungsprozesse ist die Bodenmächtigkeit unter Verlust fast sämtlicher organischer Bestandteile lokal bis auf unter 20 Zentimeter zurückgegangen (s. B 29).

Kolluvien treten nur vereinzelt auf, da das Gelände sich bis zur Küste hin mit Hangneigungen zwischen 6 und 12° abdacht, und Steinmauern oder Terrassierungen unterhalb 650 Meter Höhe weitgehend fehlen oder zerstört sind (s. Hangprofil 11).

Die Montaña Hoya de la Vaca und benachbarte Sekundärkegel unterliegen schon seit Jahrhunderten intensiver Weidewirtschaft und verstärkter Bodenerosion. Bei einem Vegetationsdeckungsgrad von unter 5 - 20% zeigt sich ein fast lückenloses Zusammenspiel von flächen- und linienhaften Abtragungsprozessen zwischen Gipfel- und Hangfußbereich (s. Photo 33 u. Hangprofil 12). Rutschungen und Sackungen beschränken sich allerdings auf das untere Hangdrittel, das stark kolluvial überprägt ist. Die tiefgründige saisonale Wasserdurchtränkung der bis über fünf Meter mächtigen, lockeren und kaum bewachsenen Kolluvien begünstigt in den niederschlagsreichsten Teilen von Hierro auch bei Hangneigungen unter 15° im Unterhangbereich die gravitativen Formen der Bodenerosion (s. Photo 33 u. Hangprofil 12).

Die quantitative Erfassung des abgetragenen Bodenmaterials ist im südlichen Hochland wesentlich einfacher als im nördlichen Hochland. Beim Vergleich der Bodenprofile B 14, B 28 und B 29 läßt sich ein maximaler flächenhafter Abtrag von gut 140 Zentimeter feststellen (B 14 u. B 29). Dies entspräche etwa 14000 Kubikmeter pro Hektar. Die mittleren Abtragswerte im Süden dürften um 100 - 120 Zentimeter schwanken (vgl. B 14 u. B 28); in den letzten Jahrzehnten sind sie deutlich verstärkt worden.

Im nördlichen Hochland ist die Abtragsmenge schwerer zu erfassen, da an den Kegelhängen gegenwärtig ausschließlich Reliktböden aufgeschlossen sind. Im Vergleich zu waldbedeckten Böden mit ähnlich altem Ausgangsmaterial läßt sich eine mittlere Bodenmächtigkeit von 50 bis über 90 Zentimeter in den Hanglagen für die jetzt abgetragenen, jüngeren Hangböden rekonstruieren (vgl. B 5, B 9, B 19, B 21, B 24). Dies würde einem flächenhaften Abtrag von mindestens 120 Zentimeter entsprechen. Ausdehnung und Mächtigkeit der Kolluvien lassen aber auf 130 - 150 Zentimeter mittleren Antrag (13000- 15000 Kubikmeter/Hektar) schließen. Dies wird der längeren

Abtragsdauer (300 bis 400 Jahre) bei höheren Jahresniederschlägen im Vergleich zum südlichen Hochland mit früher geringerer Erosionsintensität (Schadensstufe 1b) auch eher gerecht.

#### 4.5.1.3 Auswirkungen und gegenwärtige Entwicklung

Im südlichen Vorland von Taibique bewirkte die Aufgabe großer Wirtschaftsflächen, verbunden mit der Zerstörung der Feldbegrenzungen und unkontrollierter Ziegenbeweidung, eine sprunghafte Zunahme der Erosionsintensität. Meist gelangte es nur den *Micromeria*-Zwergsträuchern und einigen harten, büschelartigen Gräsern die aufgegebenen Ackerflächen zurückzuerobern. Doch reicht ihr schütterer Bewuchs nicht aus, um die expandierende flächenhafte Abspülung und die sich intensivierende Rinnenerosion auf den sandigen Böden wirksam zu bremsen (s. auch Hangprofil 11, B 28, B 29, Photos 31 u. 32).

Im nördlichen Hochland erreicht die Schadensstufe 4a gegenwärtig ihre größte Aktivität. Jahrhundertelange Beweidung und Überweidung führten letztlich zu einer fast völligen Zerstörung der Vegetation. Es dominiert heute eine nahezu reine, sehr lückenhafte *Micromeria*-Flur, deren Deckungsgrad an den Kegelhängen unter 20% beträgt und in den Kammlagen keine fünf Prozent mehr erreicht (s. auch Hangprofil 12 u. Photo 33). Der Graswuchs im umliegenden Hochland zeigt kaum Höhen über fünf Zentimeter und weist erhebliche Lücken auf.

Die gegenwärtige Intensität der Bodenerosionsprozesse in Form von flächen- und linienhafter Abspülung, Rutschungen und Deflation ist so groß, daß das abgeschwemmte Bodenmaterial Hangfuß und angrenzendes Hochland saisonal immer wieder neu überschüttet (vgl. dagegen Schadensstufe 3a, Kap. 4.4.1.3). Dadurch werden auch die Weideflächen im Umfeld der Kegel erheblich in Mitleidenschaft gezogen oder sogar völlig zerstört und die progressive Ausbreitung der *Micromeria*-Flur gefördert. Die intensive Abspülung an den Kegelhängen würde gegenwärtig selbst bei fehlendem Verbiß und Vertritt das Aufkommen einer dichteren Gras- und Krautschicht sehr erschweren, wenn nicht gar weitgehend verhindern.

Alle von der Schadensstufe 4a betroffenen Gebiete sind wirtschaftlich mit Ausnahme extensiver Beweidung kaum noch oder nicht mehr nutzbar. Eine neue, geschlossene Vegetationsdecke mit nachfol-

gender Abschwächung der Erosionsprozesse kann sich ohne anthropogene Eingriffe nicht mehr bilden.

#### 4.5.2 Die Schadensstufe 4b

Die Schadensstufe 4b beschränkt sich ausschließlich auf den Nordostteil von Hierro, wo sie ihre Verbreitungsschwerpunkte in den südwestlichen Randbereichen des nördlichen Hochlandes und im Übergangsbereich zwischen zentralem Hochland und östlichem Steilabfall findet (vgl. Abb. 1 u. 13). Alle diese Gebiete unterliegen seit Jahrhunderten intensiver ackerbaulicher oder weidewirtschaftlicher Nutzung.

##### 4.5.2.1 Voraussetzungen für Art und Intensität der Bodenerosion

Die östlichen Randbereiche des zentralen Hochlandes gehören fast ausschließlich zu den Gebieten von Hierro, die keine holozäne oder jungpleistozäne vulkanische Überprägung mehr erfahren haben. Die einzige Ausnahme hiervon bildet der östlich von San Andres gelegene Krater der Chamuscada, der vor knapp 3000 Jahren entstand (s. Kap. 1.7.2, Abb. 1 und 15). Seine Auswurfmassen in Form basaltischer Lapilli beeinflussen einige Bereiche dieses Untersuchungsgebietes.

Mit gut 450 Millimeter liegen die mittleren Jahresniederschläge im östlichen Hochland in 900 Meter Höhe um ein knappes Drittel niedriger als in den Randbereichen vom nördlichen Hochland zum südwestlichen Hügelland. Von der ursprünglichen Kiefern- bzw. Lorbeerwaldvegetation sind keine Reste mehr erhalten geblieben. Innerhalb der letzten drei Jahrzehnte ist ein auffälliger Rückgang der weidewirtschaftlichen und noch mehr der ackerbaulichen Nutzung festzustellen. Dies beruht weniger auf der wirtschaftlichen Umstrukturierung, wie es auf die meisten Gebiete mit geringerer Schadensstufe zutrifft. Vielmehr wird die Aufgabe der Nutzflächen (über 30 bis lokal über 70%) durch wachsende Bodenungunst erzwungen. Infolge starker Bodenerosion wurde nämlich die meist nur geringmächtige, jungholozäne Lapilliüberdeckung weitgehend abgetragen. Dabei treten die alten, gut entwickelten Xerals mit ihren ungünstigen Eigenschaften großflächig an die Oberfläche (vgl. Hangprofile 13 u. 14, Abb. 14).

Die gegenwärtig aufgeschlossenen ultic Haplo- und typic Rho-

doxeralfs gehören wie bei der Schadensstufe 3b mit zu den ältesten Böden auf Hierro. Aufgrund langer vulkanischer Ruhezeiten haben sich diese sehr ton- und schluffreichen Böden im Pleistozän ausbilden können. Sie weisen teilweise sogar Alterungserscheinungen auf und deuten eine tendenzielle Entwicklung in Richtung Palexeralf an (vgl. Kap. 2.2.3.3, B 13, B 15, B 16 sowie Photos 8 u. 9). Die Mächtigkeit des  $B_t$ -Horizontes beträgt selten weniger als 50 Zentimeter; die Ton- und Schluffanteile erreichen meist Werte von zusammen über 70 bis 80% (vgl. Abb. 11 u. 12).

Nur im Hangfußbereich des jungholozänen Adventivkraters ist noch eine mehr als zwei Meter mächtige Lapilliüberdeckung über den alten Xeralfs festzustellen (s. Photo 34). Meist erreichen die Lapilli aber nur eine Mächtigkeit von 50 - 100 Zentimeter, die sich jedoch auf Bereiche ohne oder mit sehr geringer wirtschaftlicher Nutzung beschränkt. Dabei ist die Bodenentwicklung erst bis zum typic Xerorthent fortgeschritten (vgl. B 12); die Ausbildung von Andepts erfordert längere Zeiträume (vgl. Kap. 2.2.2.1).

Trotz hoher Abtragungsmengen treten weitgehend keine Kolluvien auf. Dieses auffällige Fehlen fast jeglicher kolluvialer Überprägung erklärt sich aus der Lage der von der Schadensstufe 4b betroffenen Gebiete in unmittelbarer Nähe von episodisch wasserführenden Barrancos (vgl. Hangprofil 14 u. Schadensstufe 3b).

#### 4.5.2.2 Ausmaß der erosionsbedingten Veränderungen

In den mit der Schadensstufe 4b gekennzeichneten Gebieten liegen weitgehend mehr oder weniger stark erodierte Xeralfs an der Oberfläche. Demzufolge überwiegt die flächenhafte Abspülung gegenüber den gravitativen und linienhaften Formen der Bodenerosion (vgl. Photo 35, Hangprofile 13 u. 14). Die Oberflächenverhärtung in der Trockenzeit verhindert trotz hoher Windeinwirkung eine größere Bedeutung der Deflation.

Doch sind auch Formen zu beobachten, die denjenigen durch die Rinnenerosion hervorgegangenen auf den ersten Blick recht ähnlich sind. Die bis zu 30 Zentimeter tiefen Trockenrisse bilden gute Ansatzpunkte für ein lokal rasches Eindringen des Niederschlagswassers zu Beginn des Winterhalbjahres. Nach ausreichender Wasserdurchtränkung verursacht dann der hohe Ton- und Schluffanteil im  $B_t$ -Horizont eine wachsende Mobilität. Dies führt in Hanglagen

letztlich zu einem unterirdischen Auswaschen und Abschwemmen von Bodenmaterial aus dem  $B_t$ -Horizont. Das randliche Einsinken oder Abbrechen größtenteils noch intakter Bodenschollen entlang hangabwärts verlaufender, meist länglicher Hohlformen kann nur durch diesen vorher erfolgten Materialverlust im Unterboden erklärt werden (vgl. Photos 36 u. 38 (Bildmitte) sowie Hangprofile 13b und 14). Eine dichte Durchwurzelung des  $B_t$ -Horizontes, die diesen eventuell stabilisieren könnte, entfällt; sie beschränkt sich unter der extrem kurzen (unter fünf Zentimeter), lückenhaften Grasnarbe ausschließlich auf die oberen 20 Zentimeter des Bodens.

Diese auf Hierro nicht sehr typische Form der Bodenerosion tritt nur dort auf, wo sehr alte, stark verwitterte und tiefgründige Xerals mit über 70% Ton- und Schluffanteil im mehr als 50 Zentimeter mächtigen  $B_t$ -Horizont an der Oberfläche liegen. Weitere Voraussetzungen dafür sind Hangneigungen über acht Grad, Jahresniederschläge über 450 Millimeter, Trockenrisse, fehlende Baum- und Strauchschicht sowie die Ausbildung einer teils lückenhaften und stark beweideten Grasnarbe.

Plastizität und Mobilität des tonreichen Materials sind auch besonders gut bei an der Oberfläche liegendem  $B_t$ -Horizont zu erkennen. Bei Hangneigungen von mehr als sechs bis acht Grad ist der Boden unter geschlossener Grasdecke von unregelmäßigen Fließstrukturen gekennzeichnet. Bei ausreichender Wasserdurchträngung führt die hohe Mobilität des Substrates schließlich zu einem Zerreißen der Grasnarbe, wodurch neue Ansatzpunkte für die oberflächliche Abspülung entstehen (s. Photo 37 u. Hangprofil 14).

Auch diese in ihren Ansätzen recht versteckten Formen der Bodenerosion beschränken sich auf tonreiche Xerals in niederschlagsreichen Gebieten (mindestens 450 Millimeter, gehäuftes Auftreten bei über 600 Millimeter) mit intensiver Kleinviehbeweidung. Nur liegt hier das bei Wasserdurchträngung besonders mobile Material des  $B_t$ -Horizontes unmittelbar an der Oberfläche. Unter Buschwald oder geschlossener Sekundärverbuschung können auch bei Hangneigungen über  $25^\circ$  keine derartigen Bodenerosionsformen beobachtet werden (s. B 13 u. Hangprofil 13b).

Bei der quantitativen Erfassung des nach der Entwaldung abgetragenen Materials kann in den östlichen Randbereichen des zentralen Hochlandes flächenhaft von mindestens 120 Zentimeter aus-

gegangen werden (12000 Kubikmeter/Hektar). Auf allen gegenwärtig noch genutzten oder aufgegebenen Wirtschaftsflächen ist die einige Dezimeter bis etwas über einen Meter mächtige Lapilliüberdeckung mit junger Bodenbildung vollständig abgetragen worden (vgl. B 12). Die ursprünglich über 120 Zentimeter mächtigen Profile der Xeralfs ( B 15) werden bei lückenhafter Grasdecke und Hangneigungen über fünf Grad bis auf 30 bis 50 Zentimeter gekürzt (s. B 25, B 30 u. Hangprofil 13a). In den darunterliegenden, noch aufgeschlossenen Horizonten läßt sich ein weiterer ultic Haploxeralf über festem Basalt mit wesentlich höherem Humusgehalt nachweisen (über 6% im A'<sub>2</sub>, s. B 30). Dieser ist mit Sicherheit auch unter den weniger erodierten Profilen anzutreffen; er wurde dort wegen seiner erheblich tieferen Lage jedoch nicht erfaßt (s. B 13, B 15). So kann in den besonders bodenerosionsgefährdeten Lagen mit einem flächenhaften Abtrag bis über 170 Zentimeter (über 17000 Kubikmeter/Hektar) nach der Entwaldung gerechnet werden.

Im Übergangsbereich zwischen nördlichem Hochland und südwestlichem Hügelland sind Intensität der Bodenerosionsprozesse und Quantität des abgetragenen Materials bei deutlich höheren Jahresniederschlägen noch höher anzusetzen. Da in der gesamten Umgebung dieses Gebietes gegenwärtig meist gering bis mäßig erodierte alte Aandepts an der Oberfläche liegen (Schadensstufen 1b und 2b), kann man davon ausgehen, daß eine ursprünglich geschlossene Überdeckung jungpleistozäner Lapilli von mindestens 70 - 100 Zentimeter vorhanden war. Auf den Wirtschaftsflächen fehlt diese Überdeckung völlig, und die gegenwärtig an der Oberfläche liegenden Xeralfs sind oft schon bis zum B<sub>c</sub>-Horizont abgetragen worden.

An einigen Stellen im nördlichen Hochland läßt sich wiederum ein polygenetisches Profil zweier übereinanderliegender ultic Haploxeralfs oder eines Rhodo- und Haploxeralfs über festem Basalt nachweisen. Sie haben sicher ein ähnlich hohes Alter wie die Böden im östlichen Teil des zentralen Hochlandes (s. Photo 35). Die Mächtigkeit der beiden B<sub>c</sub>-Horizonte beträgt um 50 Zentimeter, so daß auch der jüngere Xeralf mit Sicherheit über einen Meter Mächtigkeit erreicht hat. Lokal ist jedoch sogar dieser Boden vollständig abgetragen worden, wodurch sich gegenwärtig der ältere Xeralf mit überwiegend noch erhaltenem A-Horizont (rund 20 Zentimeter) an der Oberfläche befindet.

Nach diesen Untersuchungen kommt man zu dem Ergebnis, daß der mittlere flächenhafte Bodenabtrag innerhalb der letzten 300 bis 400 Jahre bei etwa 140 - 170 Zentimeter (14000-17000 Kubikmeter/Hektar) anzusetzen ist. An einigen Stellen können aber sicher bis 200 Zentimeter erreicht werden. Diese hohen Abtragsraten sind um so schwerwiegender, weil es mangels Terrassenanlagen und nur weniger, meist verfallender Steinmauern kaum zur Ablagerung von Kolluvien kommt. Der größte Teil des abgeschwemmten Bodenmaterials wird in den nahegelegenen Barrancos bis ins Meer transportiert.

#### 4.5.2.3 Auswirkungen und gegenwärtige Entwicklung

Die von der Schadensstufe 4b betroffenen Gebiete weisen den höchsten Anteil aufgegebener Wirtschaftsflächen (bis über 70%) auf der ganzen Insel auf. Das betrifft vor allem den Ackerbau, der infolge wachsender Bodenungunst fast vollständig zum Erliegen gekommen ist. Bei der Untersuchung der Xeralfs zeigt sich deutlich die Problematik dieser Böden bei ackerbaulicher Nutzung unter semihumiden, sommertrockenen Klimabedingungen. Der Profilaufbau ist noch Jahre nach Nutzungsaufgabe so schwer gestört, daß die ursprüngliche Horizontabfolge sich nur schwer rekonstruieren läßt (s. B 25 - ultic ruptic xerochreptic Haploxeralf). Im Gegensatz zu den Andepts zerfallen die Xeralfs nach Beackerung in recht große, eckige Bruchstücke bis über 30 Zentimeter Durchmesser, die in der Trockenzeit steinhart werden und somit kaum noch zu zerkleinern sind. Die daraus resultierenden Auswirkungen auf Wasserhaushalt, Durchlüftung und Durchwurzelbarkeit stellen für die Nutzpflanzen denkbar ungünstige Standortbedingungen dar.

Doch auch der Anteil der Weideflächen hat innerhalb der letzten Jahrzehnte, wahrscheinlich verstärkt nach der Dürreperiode in den 40er Jahren, spürbar abgenommen. Gegenwärtig dürften davon rund 30% des ursprünglichen Weidelandes betroffen sein. Auf diesen Flächen hat sich je nach Lage und Zeitdauer eine Mischung von *Erica arborea*, *Chamaecytisus proliferus*, *Cistus monspeliensis*, *Micromeria varia* sowie Opuntien und Agaven als Sekundärvegetation eingestellt. Bei ausreichendem Deckungsgrad (insgesamt über 80% in der Kraut- und Strauchschicht), tiefgründiger Durchwurzelung und geringem Verbiß können sie die Bodenerosionsprozesse

deutlich verlangsamen oder sogar weitgehend verhindern (s. B 8 u. Hangprofil 13b).

In den bis heute sehr stark beweideten Bereichen dauern Abspülung und Auswaschung von Bodenmaterial an der Oberfläche und in tieferen Bodenhorizonten unvermindert an oder erfahren sogar oft noch eine Intensivierung. Die Mobilität der tonreichen Xeralfs im hängigen Gelände mit den beschriebenen Folgen ist auch den Bauern schon lange bekannt. Dem großflächigen Verlust von Bodenmaterial versuchten sie mittels hangparallel verlaufender, eng gestaffelter und niedriger Steinmauern Einhalt zu gebieten (s. Hangprofil 13a u. Photos 36 u. 38). Teilweise hatten sie damit auch Erfolg, wie das oberhalb der Mauern abgelagerte Bodenmaterial zeigt. An etlichen Stellen erfolgte jedoch auch ein Einsturz der Mauern, verursacht entweder durch die Mobilität des Substrates im hangabwärts wandernden obersten Bodenhorizont oder durch Materialverlust in tieferen Horizonten. Hangabschnitte ohne Querverbauung zeigen jedoch insgesamt eine deutlich höhere Intensität der Abtragungsprozesse (vgl. Photos 37 u. 38). Eine wirtschaftliche Nutzung der von der Schadensstufe 4b betroffenen Flächen ist kaum noch möglich.

Die Tatsache, daß sich diese alten Xeralfs trotz jahrhundertelanger intensiver Bewirtschaftung auch bei größerer Hangneigung erhalten können, liegt an ihrer tiefgründigen Verhärtung. Gegenwärtig können die Xeralfs nur in den Bereichen überdauern, wo sich inzwischen eine sekundäre Verbuschung eingestellt hat. Langfristig gesehen leitet der intensive flächenhafte Bodenabtrag aber zu den Verhältnissen über, wie sie in den von der Schadensstufe 3b betroffenen Gebieten schon heute herrschen. Dort haben wesentlich größere Hangneigung und Reliefenergie sowie eine insgesamt geringere Bodenmächtigkeit bereits jetzt zu einem lokal vollständigen Bodenabtrag geführt (vgl. Kap. 4.4.2, Photos 28 u. 29).

#### 4.6 MELIORATIONSMASSNAHMEN ZUR VERMINDERUNG DER BODENEROSION

Die durch die Bodenerosion entstandenen Schäden beeinflussen mehr oder weniger stark weite Teile der wirtschaftlichen Nutzflächen und erfordern deshalb entsprechende Gegenmaßnahmen. Diese dürfen auf der wirtschaftlich unterentwickelten Insel natürlich



keinen hohen technischen und finanziellen Aufwand benötigen.

Erste und zugleich wichtigste Maßnahme ist eine deutliche Reduzierung der oft unkontrollierten Kleinviehbeweidung (vor allem Ziegen), die auf jeden Fall mit der Beschränkung auf kleinere, saisonal wechselnde Flächen verbunden sein sollte. Es wäre wünschenswert, wenn Steilhänge und Sekundärkegel langfristig gesehen von der Beweidung weitgehend ausgeschlossen würden, da sonst eine sekundäre Verbuschung der Hänge, wie bei der Schadensstufe 2 in Ansätzen vorhanden, nicht möglich ist. Doch auch eine geringere Beweidung, wie z.B. bei der Schadensstufe 2b, oder eine nur saisonale Nutzung der Hänge könnten die Ausbildung einer geschlossenen Gras- und Krautschicht fördern. Dies könnte langfristig zur Schonung und Erhaltung der Weideflächen beitragen und auch die Erosion herabsetzen. Die starke Beweidung an den Kegelhängen führt letztlich nämlich selbst zum Verlust dieser Weideflächen, da die Grasdecke immer schütterer wird und schließlich in eine lückenhafte *M i c r o m e r i a* - Flur übergeht (s. Schadensstufen 3a und 4a).

Vor allem in den windexponierten Teilen der Mittelstufe erscheint neben der wichtigen Erhaltung der Steinmauern und einer Bevorzugung kleinerer Feldgrößen die Anlage von Windschutzstreifen als Randbegrenzung sehr günstig. Erhaltung und Wiederaufbau der Steinmauern sind besonders bei hangparallelem Verlauf an den Kegeln wichtig. Diese Mauern stellen nämlich sowohl einen guten Schutz gegen den Bodenabtrag als auch gegen wilde Beweidung dar. Bei den Windschutzstreifen wären Mischpflanzungen aus Laub- und Nadelhölzern mit dichtem Unterwuchs empfehlenswert (z.B. *P i n u s c a n a r i e n s i s*, *E r i c a a r b o r e a*, *M y r i c a f a y a*, *E u k a l y p t u s g l o b u l u s*, *C h a m a e c y t i s u s p r o l i f e r u s*). Dadurch könnte sowohl eine Verminderung der Deflation als auch eine lokale Erhöhung des Nebelniederschlages erreicht werden. Eine Förderung des kanarischen Trockenfeldbaus in Form von Lapilliüberdeckung wäre vor allem im Nordteil von Hierro zum Schutz gegenüber Deflation und Abspülung recht günstig.

Die von den Schadensstufen 3 und 4 betroffenen Gebiete sind gegenwärtig wirtschaftlich nur noch gering oder gar nicht mehr nutzbar. Ohne hohen technischen und finanziellen Aufwand ist eine

deutliche Verbesserung nicht möglich. Um ein weiteres Fortspülen des wertvollen restlichen Bodenmaterials durch episodisch wasserführende Barrancos zumindest lokal zu unterbinden, wäre die Anlage gestaffelter und quer zur Barrancosohle verlaufender Mauern empfehlenswert. Sie könnten als eine Art Auffangbecken für das abgeschwemmte Bodenmaterial dienen und bei entsprechender Auffüllung langfristig gesehen vielleicht sogar wirtschaftlich genutzt werden. Dabei muß allerdings für einen geregelten Abfluß in der Niederschlagsperiode gesorgt werden.

Bei der Schadensstufe 4b bieten die bereits von den Bauern lokal angelegten und hangparallel verlaufenden Mauern schon einen recht guten Ansatzpunkt, um die Mobilität des Bodenmaterials abzubremsen. Gleichzeitig gilt es, an besonders gefährdeten Stellen eine sekundäre Verbuschung zu fördern.

Bei zukünftigen Aufforstungen an den Kegeln sollte primär darauf geachtet werden, daß nur solche Hänge vorterrassiert werden, die danach innerhalb kurzer Zeit bepflanzt werden. Sonst tritt eine plötzliche Intensivierung der Abtragungsprozesse in der Form ein, wie sie in Kapitel 2.3.1 beschrieben wurden und dann etwa der Schadensstufe 4a entsprechen können (s. auch Hangprofil 15, Photos 12 u. 13). Eine Aufforstung im Bereich der gegenwärtig vorterrasierten Hangabschnitte ist also dringend erforderlich. Dabei dürfte ein höherer Anteil endemischer Baumarten, die zwar ein langsames Wachstum, aber eine bessere Anpassung an die mancherorts extremen Standortbedingungen und eine geringere Verlustquote zeigen, empfehlenswert sein.

Für die von den Schadensstufen 3b und 4b betroffenen Gebiete erscheinen zukünftige Aufforstungen wegen der ungünstigen Standorteigenschaften der alten Xeralfs nicht sehr erfolgversprechend oder sind bei geringmächtiger und lückenhafter Bodendecke gar nicht mehr möglich.

Zahlreiche Hangunterschneidungen entstanden beim Straßenbau und beim Ausräumen von Bodenmaterial. Um den dadurch verursachten Rutschungen und Sackungen entgegenzuwirken, müssen Seitenbefestigungen an den besonders gefährdeten Stellen durchgeführt werden. Dies gilt vor allem für Hangabschnitte mit instabil gelagertem Boden- oder Gesteinsmaterial und schütterer Vegetationsdecke (vgl. Kap. 2.3.2 u. Photo 14).

Die jüngsten Bodenzerstörungen in den von großflächigen Ausräumungen betroffenen Gebieten sind so gravierend, daß Meliorationsmaßnahmen nur mit einem großen technischen und finanziellen Aufwand durchzuführen sind (vgl. Photos 16 u. 25). Eine langfristige Rückgewinnung dieser Bereiche als landwirtschaftlich wieder nutzbare Flächen ist nur mittels einer Einebnung weiter Geländeteile und der Wiederherstellung einer ausreichend mächtigen Boden- decke möglich (mindestens 60-70 Zentimeter bei Ackerbau). In- sgesamt gesehen erscheint aber eine kontinuierliche Aufforstung die- ser Bereiche weniger kostenaufwendig, da sie auch ohne weitge- spannte Einebnungen realisierbar ist.

## 5. ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit führen von einer Bodenklassifikation über die genaue Erfassung und den statisti- schen Vergleich repräsentativer Standorte schließlich zu der Her- ausarbeitung von vier unterschiedlichen Schadensstufen mit jeweils einer weiteren Unterteilung. Dabei können besonders die Zusammen- hänge und Abhängigkeiten zwischen Art und Intensität der Abtra- gungsprozesse einerseits sowie Klima, Boden, Vegetation und Nu- tzung in ihrer räumlich-zeitlichen Entwicklung andererseits her- ausgestellt werden.

Erwartungsgemäß liegen die stärksten Schadensstufen 3 und 4 -mit Ausnahme des südlichen Vorlandes von Taibique- ausschließlich im Nordteil von Hierro. Hier fallen längste Nutzungsdauer und größte Vegetationszerstörung innerhalb der letzten drei bis vier Jahrhunderte mit den höchsten jährlichen Niederschlägen zusammen (s. Abb. 5, 9, 10, 13). Intensive Beweidung, fehlende Terrassie- rungen und großräumige Wirtschaftsflächen mit nur lückenhafter Feldbegrenzung (Steinmauern) stellen bei Hangneigungen über sechs bis acht Grad weitere günstige Ansatzpunkte für erhöhte Bodenge- fährdung und -zerstörung dar.

Neben der Hangneigung führen die unterschiedlichen Bodenei- genschaften zu einer regional stark wechselnden Dominanz der ein- zelnen Abtragungsprozesse und -formen. Bei den Andepts spielen ne- ben flächenhafter Abspülung und Deflation an den entwaldeten Hän- gen der Sekundärkegel auch gravitativ bedingte Rutschungen und

Sackungen sowie Rinnen- und Grabenerosion eine große Rolle. Auf den Xeralfs dominiert dagegen bei weitem die flächenhafte Abspülung. Daneben verursacht das besonders tonreiche Material des B<sub>t</sub>-Horizontes nach Wasserdurchtränkung dessen Mobilität. Das führt auch bei noch geschlossener Grasnarbe zur Bodenerosion. Je nach Lage des Tonanreicherungs-horizontes entstehen entweder unregelmäßige Fließstrukturen an der Oberfläche oder unterirdische Ausschwemmungen von Bodenmaterial mit Einsinken der oberen Horizonte sind die Folge.

Mittlere und maximale Werte von flächenhaftem Bodenabtrag und Kolluvienmächtigkeit weisen zwischen den Schadensstufen 1 und 4 keine kontinuierliche Zunahme auf (s. Abb. 16a u. b). Der mittlere flächenhafte Bodenabtrag beträgt bei der Schadensstufe 1a 15 Zentimeter, bei der Schadensstufe 4b 140 Zentimeter; die Maxima erreichen zwischen 25 und 200 Zentimeter. Die mittleren Abtragsvolumina liegen insgesamt bei etwa 7000 - 10000 Kubikmeter pro Hektar. Vergleichbare Daten bei der Kolluvienmächtigkeit zeigen Mittelwerte von 15 bis 400 Zentimetern und Maxima zwischen 30 und über 500 Zentimeter. Die rasche Zunahme, vor allem der Maxima, zwischen den Schadensstufen 1 und 2 erklärt sich aus der deutlich höheren Hangneigung an den Sekundärkegeln sowie aus den Ablagerungsschwerpunkten an deren Hangfuß bei der Schadensstufe 2. Das auffällige Fehlen von Kolluvien bei den Schadensstufen 3b und 4b (lokal andeutungsweise auch schon bei der Schadensstufe 2b) ist auf die Lage dieser Gebiete im Einzugsbereich episodisch wasserführender Barrancos zurückzuführen.

Die Schadensstufe 1 hat größtenteils noch keine nennenswerten Veränderungen bei Vegetation und landwirtschaftlicher Nutzung nach sich gezogen. Die von der Schadensstufe 2 betroffenen Gebiete zeigen infolge gegenwärtig nur noch geringer bis mäßiger Beweidung und einem hohen Prozentsatz aufgegebener Nutzflächen, auch in ihrem Umland, lokal bereits Ansätze zur sekundären Verbuschung oder Wiederbewaldung. Diese gegenwärtig überwiegend abnehmende Erosionsintensität kann aber nur bei nicht zunehmender Beweidung erhalten bleiben.

Auf die Schadensstufen 3 und 4 entfallen zur Zeit rund 1250 Hektar in den klimatisch günstigsten Teilen von Hierro; das entspricht etwa zehn Prozent der gesamten Nutzfläche. Eine acker-

bauliche Nutzung dieser Gebiete ist bereits heute nicht mehr möglich, aber die regionale Überweidung zeigt kaum abnehmende Tendenz. Im Norden und Nordosten sind infolge geringen Adventivvulkanismus, hoher Reliefenergie und zahlreicher Barrancos nach Entwaldung und jahrhundertelanger Beweidung großflächig alte Xeralfs aufgedeckt und teilweise bis zum basaltischen Ausgangsgestein abgetragen worden. Es ist anzunehmen, daß dort, ebenso wie im südlichen Vorland von Taibique, bei fortgesetzter unkontrollierter Beweidung eine kontinuierliche, möglicherweise sogar rasche Ausbreitung der schwersten Schadensstufen mit letztlichem Verlust von Wirtschaftsflächen die Folge sein wird.

### SUMMARY

The research involved in this thesis ranges from soil classification to the establishment of four different degrees of destruction, each of which can be broken down further, and also covers the precise investigation and statistical comparison of representative locations. Thus particularly the connections and degree of dependence can be established between the types of erosion and their intensity on the one hand, and between climate, soil, vegetation and cultivation within the framework of their spacial and temporal development on the other hand.

As was expected the highest degrees of destruction (3 and 4) were found in the northern part of Hierro (with the exception of the southern foreland of Taibique), where the longest period of cultivation and the highest degree of vegetation destruction within the last three to four centuries coincide with the highest annual rates of precipitation (see Fig. 5, 9, 10, 13). Intensive grazing, a lack of terracing and large expanses of cultivation with only incomplete stone walls as field boundaries, constitute factors which further increase the danger of soil destruction at inclinations over  $6^{\circ}$ - $8^{\circ}$ .

In addition to the inclination, different soil characteristics result in a predominance of the individual types of erosion which varies greatly from region to region. In Andept areas gravity-induced land-slides and saggings and rill and gully erosion play an important role alongside sheet erosion and deflation on the deforested slopes of the adventive volcanoes. In Xeralf

areas, however, sheet erosion predominates by far. Also the fact that the material of the B<sub>t</sub>-horizon is rich in clay means that it is more mobile when waterlogged. In areas with a relatively dense grass cover this results either in irregular surface structures (caused by solifluction) or in the washing away of soil underground thus causing the upper horizons to sink, depending on the position of the clay horizon.

Medium and maximum amounts of material eroded by sheet flooding and depths of colluvium do not increase continuously between the first and fourth degrees of destruction (see Fig. 16a and b). The average depth of eroded material is 15 cm in the 1a category and 140 cm in the 4b category; the maximal depths are between 25 and 200 cm. The average amount of eroded material is about 7000 - 1000 m<sup>3</sup>/ha. comparative figures for the depth of colluvium reveal averages of 15 to 400 cm, and maximal depth of between 30 to over 500 cm. The sudden increase between the first and second categories, particularly with regard to the maximal depths, can be explained by the obviously steeper slopes of the adventive volcanoes as well as by the concentrated accumulation of eroded material at the foot of these slopes in cases of the second category. The obvious lack of colluvium in areas of grades 3b and 4b (and in certain grade 2b places) is due to the fact that these areas are in the region of episodically water-bearing Barrancos.

In grade 1 areas hardly any changes in vegetation and cultivation have been observed. In areas where grade 2 applies the only effects up to now of less grazing and a higher percentage of uncultivated land, which is also apparent in the surrounding area, are the growth of shrubs and natural reforestation. The present trend of a decrease in erosion will only last as long as the amount of grazing is not increased.

At the present time some 1250 ha. in the climatically most favourable parts of Hierro fall into categories 3 and 4. This accounts for about ten percent of the cultivated area. The use of these areas for arable farming is no longer possible even today, but the trend of regional over-grazing shows little sign of change. In the north and north-east large areas of old Xeralfs have been uncovered and partly eroded to reveal the basalt be-

neath. It must be assumed that here, as in the southern foreland of Taibique, if grazing is continued and not controlled, the result may be a sudden expansion of the most severe degree of destruction leading finally to a loss in the agricultural surface area.

### COMPENDIO

Las investigaciones del presente trabajo conducen, a partir de una clasificación de los suelos, a la comprensión exacta y a la comparación estadística de lugares representativos, y finalmente a poner de relieve cuatro distintos grados de destrucción, cada una con una subdivisión mas. Así se pueden destacar sobre todo las relaciones y dependencias entre la naturaleza e intensidad de los procesos de ablación por un lado, y el clima, el suelo, la vegetación y explotación en su desarrollo en el espacio y en el tiempo, por otro.

Como era de esperarse, los grados más grandes de destrucción 3 y 4 están situados exclusivamente en el Norte de Hierro (con excepción de los terrenos al Sur de Taibique), donde la más larga duración de explotación y la más grande destrucción de vegetación concurren con las más altas precipitaciones anuales (véase imágenes 5, 9, 10, 13). El intenso pastoreo, la falta de terrazas y campos de gran superficie con límites fragmentarios (paredes de piedra), constituyen otros favorables puntos de partida de riesgos y destrucción del suelo en cuestas de más de  $6^{\circ}$ - $8^{\circ}$ .

A de más de las cuestas, las diferentes propiedades del suelo, conducen a una dominancia regionalmente muy cambiante de cada uno de los procesos y formas de ablación. En el caso de Andepts son muy importantes además de arranques superficiales y de deflación en las cuestas de picos volcanicos sin bosques, también los derrumbamientos a causa de la gravitación, así como erosión en formade goteras y zanyas. En los Xeralfs en cambio predomina claramente la ablación superficial. Fuera de esto el especialmente arcilloso material de horizonte  $B_t$ , causa al empaparse su propia movilidad. Eso tiene como consecuencia, también cuando la capa de césped está cerrada y según òa posición del horizonte de enriquecimiento del barro, o estructuras móviles, en la superficie, o bien arroyadas subterráneas de suelo con consecuentes hundimien-

tos de los horizontes superiores.

Los valores computados del medio y los máximos del desmonte superficial del suelo y de la extensión de 'colluvium' no presentan entre los grados 1 y 4 de destrucción ningún incremento continuo. El valor medio del desmonte del suelo sube a 15 centímetros (grado de destrucción 1a), y a 140 centímetros en caso de grado de destrucción 4b. Los valores máximos alcanzan entre 25 y 200 centímetros. Los datos comparables en caso de extensión de 'colluvium' ofrecen valores medios de 15 a 400 centímetros y valores máximos entre 30 y más de 500 centímetros. El rápido incremento, sobre todo de los valores máximos entre los grados 1 y 2 de destrucción, es debido evidentemente a cuestras más altas en los picos volcanicos y también a los puntos principales de sedimentos al pie de cuestras con grado 2 de destrucción. La falta llamativa de 'colluvium' en los grados de destrucción 3b y 4b (localmente se insinúan de igual modo en el grado 2b) hay que atribuirle a la posición de aquellas regiones en zonas de captación de barrancos, que de vez en cuando llevan agua.

El grado 1 de destrucción en general no ha causado a penas cambios de vegetación ni de aprovechamiento agrícola. Por existir un pastero entre reducido y mediano en las regiones con grado 2 de destrucción y por haber abandonado muchas tierras incluso en los contornos, se muestran localmente comienzos de matorral y de embosquezer secundario. Esta intensidad de erosión actual, que va en descenso, sólo puede mantenerse mientras no se intensifique el pastoreo.

A los grados 3 y 4 de destrucción corresponden actualmente cerca de 1.250 hectáreas en las zonas más favorables climáticamente lo que equivale a 10% aproximadamente de toda la superficie útil. Hoy en día ya no es posible aprovechar estas zonas para la agricultura, pero tampoco se nota una tendencia descendiente del enorme pastoreo regional. En el norte y noreste, a causa de un ligero volcanismo adventicio, una gran energía de relieve y un elevado número de barrancos, tras despoblación de bosques y siglos de pastoreo, han quedado descubiertas grandes superficies de antiguos Xeralfs y en parte desmontados hasta las piedras basálticas originarias. Se puede suponer que allí, como en la zona al sur de Taibique, con más pastoreo incon-  
controlado se dé como consecuencia una continua y, posiblemente inclu-



so, más rápida difusión de grados de destrucción más elevados con la pérdida final de superficies agrícolas.

Literaturverzeichnis

- ABDEL-MONEM, A., WATKINS, N.D. and GAST, P.W. (1967): Volcanic history of the Canary Islands (Abstract); in: American Geophys. Union Transact., 48, S. 226-227
- ABDEL-MONEM, A., WATKINS, N.D. and GAST, P.W. (1972): Potassium-Argon ages, volcanic stratigraphy and geomagnetic polarity history of the Canary Islands: Tenerife, La Palma and Hierro; in: Americ. Journal of Science, 272, S. 805-825
- ABREU GALINDO, F.J. (1632/1955): Historia de la conquista de las siete Islas Canarias (1632); Santa Cruz de Tenerife
- ALCARAZ, E. (1925): Climat des Canaries; in: Climatológica Ibérica, Climatológica Agrícola II, 3, Madrid, S. 303-320
- ANDRE, J.E. and ANDERSON, H.W. (1961): Variation of soil erodibility with geology, geographic zone, elevation and vegetation type in northern California wildlands; in: Journal of Geogr. Research, 66, S. 3351-3358
- ANONYMUS (1971): La Laurisilva Canaria en peligro; in: El Día (Santa Cruz de Tenerife), 30.3., 31.3., 1.4.1971
- ANONYMUS (1973): La Región Canaria en Cifras; Consejo Económico Social Sindical de Canarias, Santa Cruz de Tenerife, 57 S.
- ANONYMUS (1975): Economía Canaria 73 y 74; Centro Investigación Económica y Social (CIES), Las Palmas, 490 S.
- ANONYMUS (1983): Geografía de Canarias; Editorial Interinsular Canaria, Santa Cruz de Tenerife, 212 S.
- ASCH, T. van (1980): Water erosion on slopes and landsliding in a mediterranean landscape; in: Utrechtse Geogr. Studies, 20, Utrecht, 238 S.
- ATLAS BASICO DE CANARIAS (1980): Editorial interinsular Canaria s.A., 80 S.
- AZNAR, E. (1979): Organización económica de las Islas Canarias despues de la Conquista 1478-1527; in: Colección Guagua, 4, 45 S.

- BAHRENBERG, G. und GIESE, E. (1975): Statistische Methoden und ihre Anwendung in der Geographie; Teubner Studienbücher Geographie, Stuttgart, 308 S.
- BANNERMAN, D.A. (1922): The Canary Islands, their history, natural history and scenery; London, 365 S.
- BENAYAS, J., FERNANDEZ CALDAS, E. y TEJEDOR SALGUERO, M.L. (1978): Estudio micromorfológico de Vitrandepts (I. Tenerife); in: Anales de Edafología y Agrobiología, 37, S. 295-302
- BENAYAS, J., FERNANDEZ CALDAS, E., TEJEDOR SALGUERO, M.L. y RODRIGUEZ RODRIGUEZ, A. (1980): Características micromorfológicas de los suelos de una climatosecuencia de la vertiente meridional de la Isla de Tenerife; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 39, S. 51-74
- BENL, G. (1970): Beiträge zur Kenntnis der Pteridophyten-Vegetation und -Flora in der Kanarischen Westprovinz (Tenerife, La Palma, Gomera, Hierro); in: Nova Hedwigia, 20, S. 413-462
- BERRY, B.J.L. (1977): The logic and limitations of Comparative Factorial Ecology; in: Econom. Geogr., 47, 2 (Suppl.), S. 209-219
- BERTHELOT, S. (1879): Etnografía y anales de la Conquista de las Islas Canarias; Imprente Islena, Santa Cruz de Tenerife
- BLESA, A.C. y LUQUE, A. (1972): Contribución al estudio de los lapillis volcánicos de las Islas Canarias para su utilización en los cultivos hidroponicos; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 31, S. 583-599
- BLÜMEL, W.D. (1981): Pedologische und geomorphologische Aspekte der Kalkkrustenbildung in Südwestafrika und Südostspanien; Habil.-Schrift; in: Karlsruher Geogr. Hefte, 10, 228 S.
- BOLLHARDT, M. (1972): Der hypsographische Formenwandel der Landschaft im nördlichen Teneriffa - eine bodengeographische Untersuchung; Staatsexamensarbeit, Geogr. Inst. d. Univ. Hamburg, unveröff. Schreibmaschinenmanuskript, 70 S.

- BORNMÜLLER, J. (1904): Ergebnisse zweier botanischer Reisen nach Madeira und den Canarischen Inseln; in: Botan. Jahrb., 33, S. 387-492
- BRAMWELL, D. and Z. (1974): Wild flowers of the Canary Islands; Santa Cruz de Tenerife - London, 261 S.
- BRAMWELL, D. (1976): The endemic flora of the Canary Islands; in: G. KUNKEL (Ed.): Biogeography and Ecology in the Canary Islands; Monographiae Biologicae, 30, The Hague, S. 207-240
- BRAVO RODRIGUEZ, J.J., FERNANDEZ CALDAS, E. y MONTURIOL, F. (1976): Distribución y características de los suelos canarios. Isla de La Palma; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 35, S. 495-514
- BRAVO, T. (1954): Geografía general de las Islas Canarias I; Santa Cruz de Tenerife, 410 S. (II, 1964, 592 S.)
- BREBURDA, J. (1983): Bodenerosion - Bodenerhaltung; Frankfurt a. M., 128 S.
- BROWN, A.S. (1894): Madeira and the Canary Islands; London, 270 S.
- BUCH, L. von (1823): Remarques sur le climat des Iles Canaries; in: Annal. Chim. Phys., 22, Paris, S. 281-304
- BUCH, L. von (1825): Physikalische Beschreibung der Kanarischen Inseln; Berlin
- BURCHARD, O. (1929): Beiträge zur Ökologie und Biologie der Kanarischen Pflanzen; in: Bibl. Botan., 98, Stuttgart, 262 S.
- BURRIEL de ORUETA, E.L. (1975): Evolución moderna de la población de Canarias; in: Estudios Geogr., S. 138/139, 157-197
- BÜTTIKOFER, J. (1952): Die Kanarischen Inseln als letztes Refugium einer hochinteressanten, aussterbenden alten Flora; in: Schweiz. Naturschutz, Protect. de la Nature, 18, S. 75-81, 93-98
- CABEZAS VIANO, O. (1975): Estudio mineralógico (fracción <math> < 2\mu </math>) de los Andosoles de las Islas Canarias; Tesis Doctoral, Univ. de la Laguna, Tenerife

- CABEZAS VIANO, O., HERNANDEZ MORENO, J., TEJEDOR SALGUERO, M.L. y FERNANDEZ CALDAS, E. (1977a): Características mineralógicas de la fracción arena en una secuencia cronológica de Andepts de las Islas Canarias; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 36, S. 787-804
- CABEZAS VIANO, O., RODRIGUEZ PASCUAL, C., FERNANDEZ CALDAS, E. y HERNANDEZ MORENO, J. (1977b): Características mineralógicas de la fracción inferior  $2\mu$  en Dystrandeps II; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 36, S. 804-824
- CABEZAS VIANO, O., FERNANDEZ CALDAS, E., TEJEDOR SALGUERO, M.L. y HERNANDEZ MORENO, J. (1979): Disolución diferencial de Si, Al y Fe I: Secuencia climática: Andosoles, suelos pardos; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 38, S. 1573-1589
- CALVO, C.S. (1956): Chemische und bodenmineralogische Studien über den Typus Braunlehm der Kanarischen Inseln und dessen gegenwärtige Umwandlungstendenzen; in: Sixième Congrès de la Science du Sol, 5, 71, Paris, S. 433-437
- CANELL, G.H. and WEEKS, L.V. (1979): Erosion and its control in semi-arid regions; in: A.E. HALL, G.H. CANELL and H.W. LAWTON (Ed.): Agriculture in Semiarid Environments; Ecological Studies, 34, S. 238-256
- CARRACEDO, J.C., PULLIDO, T., ALVAREZ, A. et al. (1980): Canarias; Madrid, 318 S.
- CEBALLOS, L. y ORTUÑO, F. (1951): Estudio sobre la vegetación y flora forestal de las Canarias Occidentales; Madrid, 465 S. (Neuauflage: Santa Cruz de Tenerife, 1976, 433 S.)
- CEBALLOS, L. y ORTUÑO, F. (1952): El bosque y el agua en Canarias; in: Montes, Publicación de los ingenieros de montes, 8, (48), Madrid, S. 418-423
- CHEPIL, W.S. (1945a): Dynamics of wind erosion I: Nature of movement of soil by wind; in: Soil Science, 60, S. 305-320
- CHEPIL, W.S. (1945b): Dynamics of wind erosion II: Initiation of soil movement; in: Soil Science, 60, S. 397-411
- CHEPIL, W.S. (1945c): Dynamics of wind erosion III: The transport capacity of the wind; in: Soil Science, 60, S. 475, 480

- CHRIST, H. (1885): Vegetation und Flora der Canarischen Inseln;  
in: Botan. Jahrb., 6, S. 458-526
- CHRIST, H. (1886): Eine Frühlingsfahrt nach den Canarischen Inseln;  
Altenberg, 249 S.
- CIFERI, R. (1962): La Laurisilva Canaria: Una paleoflora vivente;  
in: Ricerca Scient., 32, (1), S. 111-134
- CLAUSS, G. und EBNER, H. (1977): Grundlagen der Statistik - Für  
Psychologen, Pädagogen und Soziologen; Frankfurt a.M., 530 S.
- COELLO, J. (1971): Contribución a la tectónica de la Isla de  
Hierro (Canarias); in: Estud. Geol., 27, Madrid, S. 335-340
- COELLO, J. (1973): Las series volcánicas en subsuelos de Tenerife;  
in: Estud. Geol., 29, Madrid, S. 491-512
- CONFEDERACION ESPANOLA de C.A. (1971): Situación actual y perspec-  
tivas del Desarrollo de Canarias; Tomo 1-4, Madrid
- CUSCOY, L.D. (1968): Los Guanches. Vida y cultura del primitivo  
habitante de Tenerife; Publicaciones del Museo Arqueológico  
de Tenerife, Santa Cruz de Tenerife, 280 S.
- DANSEREAU, P. (1966): Etudes macaronésiennes III. La zonation al-  
titudinale; in: Naturaliste Canadienne, 93, S. 779-795
- DANSEREAU, P. (1968): Macaronesian studies II. Structure and func-  
tions of the laurel forest in the Canaries; in: Coll. Botan.,  
7, S. 227-280
- DARIAS, P. y DACIO, V. (1929/1980): Noticias generales historicas  
de la Isla del Hierro; Santa Cruz de Tenerife, 280 S.
- DAPPER, H. (1967): Teneriffas Nutzpflanzen und deren Anbaugemie-  
te; in: Natur u. Museum, 97, Frankfurt a.M. S. 289-300
- DEPUY de LOME, E. y MARIN de la BARCENA, A. (1964): Estudio hi-  
drológico de la Isla de Hierro (Canarias); in: Bol. Inst.  
Geol. y Minero Espan., 75, 161 S.
- DUDAL, R. (1964): Correlation of soils derived from volcanic ash;  
in: Meeting on the Classification and Correlation of Soils  
from Volcanic Ash, World Soil Sources Report, 14, FAO-  
UNESCO, Tokyo, S. 134-137

- EDES, S.A. (1969): Estudio Preliminar sobre posibilidades de Desarrollo Agrícola de la Isla de El Hierro; Comisión Provinc. de Servicios Técnicos, Santa Cruz de Tenerife - Madrid
- FERNANDEZ CALDAS, E. y GARCIA, V. (1970): Contribución al estudio de la fertilidad de los suelos de plátanos de la Isla de Tenerife; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 29, S. 45-64
- FERNANDEZ CALDAS, E. y GUERRA DELGADO, A. (1971a): Condiciones de formación y evolución de los suelos de Tenerife; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 30, S. 565-610
- FERNANDEZ CALDAS, E., GARCIA, V., GUTIERREZ JEREZ, F. y BRAVO RODRIGUEZ, J.M. (1971b): Estudio comparativo de la fertilidad de los suelos de plátanos en las Islas Canarias; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 30, S. 721-736
- FERNANDEZ CALDAS, E. y GUTIERREZ JEREZ, F. (1971c): Estudio de la fracción orgánica en andosuelos de la zona húmeda de Tenerife; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 30, S. 737-750
- FERNANDEZ CALDAS, E. y GUTIERREZ JEREZ, F. (1971d): La materia orgánica en andosuelos de diferentes regiones climáticas de Tenerife; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 30, S. 751-760
- FERNANDEZ CALDAS, E. und SCHWAIGHOFER, B. (1974a): Mineralumwandlung im Zuge der Genese der Kanarischen Andosole (Tenerife); in: Sitzungsber. Österreich. Akad. d. Wissensch., Mathem. Naturw. Kl. Abt., 181, H. 7-10, S. 197-212
- FERNANDEZ CALDAS, E., MONTURIOL, F. y GUTIERREZ JEREZ, F. (1974b): Distribución y características de los suelos canarios; II: Isla del Hierro; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 33, S. 359-370
- FERNANDEZ CALDAS, E., MONTURIOL, F. y GUTIERREZ JEREZ, F. (1974c): Distribución y características de los suelos canarios; III: Isla de La Gomera; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 33, S. 531-544
- FERNANDEZ CALDAS, E. y TEJEDOR SALGUERO, M.L. (1975a): Andosoles de las Islas Canarias; Santa Cruz de Tenerife, 207 S.

- FERNANDEZ CALDAS, E., BENAYAS, J. y ALONSO, J.J. (1975b): Influencia del medio ecológico en la micromorfología de andosuelos (I. Tenerife) con especial referencia a la materia orgánica y fracción arcilla; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 34, S. 67-80
- FERNANDEZ CALDAS, E. y TEJEDOR SALGUERO, M.L. (1975c): Andosoles canarios I. Características generales de estos suelos; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 34, S. 213-236
- FERNANDEZ CALDAS, E. y TEJEDOR SALGUERO, M.L. (1975d): Andosoles canarios III. Intergrados andosol-tierra parda oligotrófica. Características físicas; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 34, S. 253-262
- FERNANDEZ CALDAS, E., TEJEDOR SALGUERO, M.L. y HERNANDEZ MORENO, J. (1975e): Andosoles canarios VII. Andosoles poco diferenciados, vítricos, fuertemente desaturados. Características morfológicas y químicas; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 34, S. 354-370
- FERNANDEZ CALDAS, E., TEJEDOR SALGUERO, M.L. y HERNANDEZ MORENO, J. (1975f): Andosoles canarios IX. Vitrandepts. Características morfológicas y químicas; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 34, S. 383-394
- FERNANDEZ CALDAS, E., QUANTIN, P., RODRIGUEZ PASCUAL, C. y TEJEDOR SALGUERO, M.L. (1975g): Andosoles canarios X. Vitrandepts. Características mineralógicas. Interpretación y clasificación; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 34, S. 395-406
- FERNANDEZ CALDAS, E., CABEZA VIANO, O., TEJEDOR SALGUERO, M.L. y RODRIGUEZ PASCUAL, C. (1977a): Características mineralógicas de la fracción inferior a  $2\mu$  en Vitrandepts evolucionados III; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 36, S. 449-468
- FERNANDEZ CALDAS, E., CABEZA VIANO, O., TEJEDOR SALGUERO, M.L. y HERNANDEZ MORENO, J. (1977b): Minerales primarios en intergrados andosol-tierra parda oligotrófica y productos de alteración; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 36, S. 777-786



- FERNANDEZ CALDAS, E., BENAYAS, J. y TEJEDOR SALGUERO, M.L.  
(1978a): Microestructura de dystrandepts en la Isla de Tenerife; in: *Anales de Edafología y Agrobiología*, 37, S. 303-314
- FERNANDEZ CALDAS, E. y RODRIGUEZ HERNANDEZ, C.M. (1978b): Suelos formados sobre materiales volcánicos (Islas Canarias). Aridisoles; Natrargids, Calciorthids I. Características generales de estos suelos; in: *Anales de Edafología y Agrobiología*, 37, S. 717-730
- FERNANDEZ CALDAS, E., TEJEDOR SALGUERO, M.L. y HERNANDEZ MORENO, J. (1979): Disolución diferencial de Si, Al y Fe. II. Secuencia climática: Suelos feralíticos, suelos fersialíticos y vertisoles; in: *Anales de Edafología y Agrobiología*, 38, S. 1591-1606
- FERNANDOPULLÉ, D., HERAS RODRIGUEZ, R. and SAENZ OIZA, J. (1975): Water resources of volcanic islands. A pilot project in the Canaries; in: *Nature and Resources*, 11, S. 8-12
- FERNANDOPULLÉ, D. (1976): Climatic characteristics of the Canary Islands; in: G. KUNKEL (Ed.): *Biogeography and Ecology in the Canary Islands*; Monograph. Biologicae, 30, The Hague, S. 185-206
- FICKER, H. von (1926): Die Richtung von Wind und Wolken auf Teneriffa; in: *Sitzungsber. Akad. d. Wiss. Wien, Math. Naturwiss. Kl.*, 7, 8
- FICKER, H. von (1930): Die meteorologischen Verhältnisse der Insel Teneriffa; in: *Abhandl. d. Preuss. Akad. d. wiss. phys.-math. Kl.* 1
- FLACH, K.W. (1964): Classification of ash-derived soils in the United States of America; in: *Meeting on the Classification and Correlation of Soils from Volcanic Ash, World Soil Resources*, 14, FAO-UNESCO, Tokyo, S. 111-114
- FONT TULLOT, I. (1949): El régimen de neutos superiores en Tenerife; in: *Rev. Geofísica, Madrid*, 42
- FONT TULLOT, I. (1955): Factores que gobiernan el clima de las Islas Canarias; in: *Estud. Geogr.*, 58, S. 5-21

- FONT TULLOT, I. (1956): El tiempo atmosférico en las Islas Canarias; in: Servicio Meteorológico Nacional, Memoria A, 26, Madrid, 96 S.
- FONT TULLOT, I. (1959): El clima de las Islas Canarias; in: Anuario de Estud. Atlánticos, Madrid - Las Palmas, S. 57-104
- FOURNIER, F. (1960): Climat et érosion: la relation entre l'érosion du sol par l'eau et les précipitations atmosphériques; Paris, 201 S.
- FRAHM, J.P. (1973): Ein geoökologisches Profil der Insel Gran Canaria; in: H. KLUG (Hrsg.): Beiträge zur Geographie der mittelatlantischen Inseln; Schr. d. Geogr. Inst. d. Univ. Kiel, 39, S. 81-119
- FRANZ, H. und G. (1968): Beitrag zur Kenntnis der Bildung von Kalkkrusten in Böden der warmen Trockengebiete; in: Ztschr. f. Pflanzenernähr. u. Bodenkd., 121 (1), S. 34-42
- FRITSCH, K. von (1867/1868): Reisebilder von den Kanarischen Inseln; in: Petermanns Mitteil., Ergänzungsbd. 5, Gotha
- FRITSCH, K. von (1878): Hierro; in: Leopoldina, 14, Dresden, S. 61-64
- FRUTUOSA, G. (1590): Las Islas Canarias de "Saudades da Terra"; Übersetz. aus d. Portugies., La Laguna
- FUSTER, J., ARANA, V., BRANDLE, J.L., NAVARRO, J.M., ALONSO, U. y APARICIO, A. (1968): Geología y volcanología de las Islas Canarias, Tenerife; Madrid, 218 S.
- GAGEL, C. (1910): Die Mittelatlantischen Vulkaninseln; in: Handbuch d. regionalen Geologie, VII, 10, Heidelberg
- GANSSEN, R. (1968): Trockengebiete: Böden, Bodennutzung, Bodenkultivierung, Bodengefährdung; Hochschultaschenbücher, 354/354a, Mannheim - Zürich, 180 S.
- GARCIA, V., DIAZ, A., FERNANDEZ CALDAS, E. y ALVAREZ, C.E. (1977): Características químicas de los suelos de plátanos de Tenerife; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 36, S. 943-956

- GLAS, G. (1764): The history of the discovery and conquest of the Canary Islands; London
- GOSEMANN, H.U. (1979): Studien zur Reliefformung in verschiedenen Höhenstufen Teneriffas; unveröffentl. Staatsexamensarbeit, Univ. Hannover, 1. Teil, 118 S.
- HAUSEN, H. (1951): On the ground water conditions in the Canary Islands and their irrigation culture; in: Acta Geografica, 12, 2, Helsingfors, S. 1-45
- HAUSEN, H. (1954): Hidrografia de las Islas Canarias. Rasgos generales y riego de los cultivos subtropicales; in: Inst. de Estud. Canarios, Monogr. ec. IV, XII, La Laguna, 84 S.
- HAUSEN, H. (1962): New contributions to the geology of Grand Canary; in: Commentat. Phys.-Math. Soc. Scient. Fennica, 37, Helsinki, 418 S.
- HAUSEN, H. (1964): Rasgos geológicos generales de la Isla de Hierro (Archipelago Canario); in: Anuario Estud. Atlanticos, 15, Madrid - Las Palmas, S. 547-593
- HAUSEN, H. (1965): Some comments on the structural geology of Gomera (Canary Islands); in: Acta Geografica, 18, 7, Helsinki, S. 3-15
- HAUSEN, H. (1971a): Outlines of the geology of Gomera (Canary Islands) in relation to its surface forms; in: Commentat. Phys.-Math. Soc. Scient. Fennica, 41, Helsinki, 53 S.
- HAUSEN, H. (1971b): Rockfalls, Landslides and Creep in the Canaries; in: Acta Geografica, 23, 43 S.
- HAUSEN, H. (1973): Outlines of the geology of Hierro (Canary Islands); in: Commentat. Phys.-Math. Soc. Scient. Fennica, 43, 1, Helsinki, S. 65-148
- HEILIG, G.K. (1980): Die Faktorenanalyse als ein vorbereitendes Verfahren zur Bildung homogener Regionen mehrdimensionaler Definition; in: Karlsruher Manuskripte z. Math. u. Theoret. Wirtschafts- u. Sozialgeogr., 39, 29 S.

- HEMPEL, L. (1978): Physiogeografische Studien auf der Insel Fuerteventura (Kanarische Inseln); in: Münstersche Geogr. Arb., 3, S. 50-104
- HENNING, I. (1974): Geoökologie der Hawaii-Inseln; in: Erdwiss. Forsch., Akad. d. Wiss. u. Literatur, 9, Mainz, 153 S.
- HERNANDEZ HERNANDEZ, P.A. (Hrsg.) (1977): Natura y Cultura de las Islas Canarias; Santa Cruz de Tenerife, 574 S.
- HERNANDEZ MORENO, J.M., CABEZAS VIANO, O., FERNANDEZ CALDAS, E. y TEJEDOR SALGUERO, M.L. (1976): Características de los materiales amorfos ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) en diferentes tipos de andosoles; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 35, S. 889-898
- HERNANDEZ MORENO, J.M., FERNANDEZ CALDAS, E., RODRIGUEZ PASCUAL, C. y CABEZAS VIANO, O. (1977): Características mineralógicas de la fracción inferior  $2\mu$  en Vitrandepts IV; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 36, S. 469-486
- HÖLLERMANN, P. (1975): Formen kavernöser Verwitterung ("Tafoni") auf Teneriffa; in: Catena, 2, Gießen, S. 385-410
- HÖLLERMANN, P. (1978): Studium der aktuumorphologischen Prozesse auf der Kanareninsel Teneriffa; in: Sonderdruck aus: Jahrb. d. Akad. d. Wiss. in Göttingen, 1977, S. 121-122
- HÖLLERMANN, P. (1981): Microenvironmental studies in the laurel forest of the Canary Islands; in: Mountain Research and Development, 1, 3-4, S. 193-207
- HÖLLERMANN, P. (1982): Studien zur aktuellen Morphodynamik und Geoökologie der Kanareninseln Teneriffa und Fuerteventura; in: Abh. d. Akad. d. Wiss. in Göttingen, Mth. Phys. Kl., 3, 34, 406 S.
- HOYOS de CASTRO, A. et SOLER, V. (1956): Développement des terres brunes dans les pays subtropicaux (Iles Canaries, Espagne); in: 6<sup>e</sup> Congr. de la Science du Sol, V, 49, Paris, S. 303-306
- HUETZ de LEMPS, A. (1969): Le climat des Iles Canaries; in: Publ. de la Fac. des Lettres et Sciences Humaines de Paris - Sorbonne, 54, SEDES, 224 S.

- HUMBOLDT, A. von et BONPLAND, A. (1814): Voyage aux régions équinoxiales du Nouveau Continent; Vol. I, Paris
- HUTCHINSON, J. (1919): The rain tree of Hierro, Canary Islands; in: Kew Bull., S. 153-164
- INSTITUTO NACIONAL de ESTADISTICA (I.N.E.) (1977): Poblaciones de Derecho y de Hecho de los municipios Españoles; Padrón Municipal de 1975, Madrid, 208 S.
- INSTITUTO NACIONAL de ESTADISTICA (I.N.E.) (1978): Anuario Estadístico de España; Madrid, 778 S.
- JEREMINE, E. (1935): Contributions à l'étude des Iles Hierro et Gomera (Archipel Canarian); in: Bull. de la Soc. Franc. de Minéralogie, Paris
- KÄMMER, F. (1974): Klima und Vegetation auf Tenerife, besonders im Hinblick auf den Nebelniederschlag; in: Scripta Geobotanica, 7, Göttingen, 78 S.
- KÄMMER, F. (1976): The influence of man on the vegetation of Hierro (Canary Islands); in: G. KUNKEL (Ed.): Biogeography and Ecology in the Canary Islands; Monogr. Biologicae, 30, The Hague, S. 327-346
- KÄMMER, F. (1979): The influence of man on the vegetation of Macaronesia; in: Ber. d. Internat. Sympos. d. Internat. Vereinigung f. Vegetationskde., XVI, Vaduz, S. 601-616
- KAMPF, W. (1894): Die Erwerbsquellen auf den Kanarischen Inseln und ihre Wandlungen; Inaugural-Disertation, Univ. Bonn, 92 S.
- KLAUS, D. (1983): Verzahnung von Kalkkrusten mit Fluß- und Strandterrassen auf Fuerteventura/Kanarische Inseln; in: Essener Geogr. Arb., 6, S. 93-127
- KLUG, H. (1967): Die Talgenerationen der Kanarischen Inseln; in: 36. Deutscher Geographentag, Bad Godesberg, Tagungsber. u. wiss. Abh., S. 369-381
- KLUG, H. (1968): Morphologische Studien auf den Kanarischen Inseln; Beiträge zur Küstenentwicklung und Talbildung auf einem vulkanischen Archipel; in: Schr. d. Geogr. Inst. d. Univ. Kiel, 24, 3, 184 S.

- KLUG, H. (1977a): Vergleichende Studien zur Tal- und Hangentwicklung auf den Kanarischen und Kapverdischen Inseln; in: Ztschr. f. Geomorph., N.F., Suppl.-Bd. 28, S. 101-123
- KLUG, H. (1977b): Kanaren und Kapverden; Entwicklungsdivergenz und Gegenwartsprobleme wesensverwandter Inselgruppen im geographischen Vergleich; in: Frankfurter Wirtschafts- u. Sozialgeogr. Schr., 26
- KNAPP, R. (1963): Pflanzengesellschaften der westlichen Kanarischen Inseln, höhere Vegetationseinheiten; in: Geobotan. Mitteil., 21, 9 S.
- KNAPP, R. (1964): Eigenschaften der Vegetation von Trockengebieten im Bereich der Subtropen und Tropen auf den Kanarischen Inseln, im südwestlichen Nordamerika und im nördlichen Polynesien; in: Ber. d. Oberhess. Gesellsch. f. Natur- u. Heilkde. zu Gießen, N.F., Naturwiss. Abt., 33, S. 149-163
- KNEBEL, W. von (1906): Studien zur Oberflächengestaltung der Inseln Palma und Ferro; in: Globus, IV, S. 20-21
- KNIRSCH, R. (1969): Bevölkerungsverhältnisse auf den Kanarischen Inseln 1955-1965; in: Petermanns Geogr. Mitt., 4, S. 301-304
- KNIRSCH, R. (1977): Bevölkerungsverteilung und Fremdenverkehr auf den Kanarischen Inseln; in: Frankfurter Wirtschafts- u. Sozialgeogr. Schr., 26, S. 223-237
- KREJCI-GRAF, K. (1964): Die mittelatlantischen Vulkaninseln; in: Mitt. d. Geol. Gesellsch. Wien, 57, 2
- KUBIENA, W.L. (1956): Materialien zur Geschichte der Bodenbildung auf den Westkanaren (unter Einschluß von Gran Canaria); in: 6<sup>e</sup> Congrès de la Science du Sol, Rapp. Comm., V, 38, S. 241-246
- KUBIENA, W.L. (1962): Die Bodenverhältnisse auf Teneriffa; in: Ber. über d. Tagung "Forschungsmöglichkeiten auf Teneriffa", 1962; Max-Planck-Inst. f. Kulturpflanzenzüchtung, Hamburg, S. 6-13
- KUNKEL, G. (1965): Pflanzenwelt, Landwirtschaft und Terrassenkulturen auf den Kanarischen Inseln; in: Geogr. Rundschau, 7, S. 289-291

- KUNKEL, G. (1973): Die Lorbeerwaldrelikte auf Gran Canaria, ihre floristische Zusammensetzung und ihre Verbreitung; in: H. KLUG (Hrsg.): Beiträge zur Geographie der mittelatlantischen Inseln; Schr. d. Geogr. Inst. d. Univ. Kiel, 39 S. 121-130
- KUNKEL, G. (Ed.) (1976a): Biogeography and Ecology in the Canary Islands; Monogr. Biologicae, 30, The Hague, 511 S.
- KUNKEL, G. (1976b): Notes on the introduced elements in the Canary Islands' flora; in: G. KUNKEL (Ed.): Biogeography and Ecology in the Canary Islands; Monogr. Biologicae, 30, The Hague, S. 249-266
- KUNKEL, G. (1980): Die Kanarischen Inseln und ihre Pflanzenwelt; Stuttgart - New York, 185 S.
- LADERO QUESADA, M.A. (1974): La economía de las Islas Canarias a comienzos del siglo XVI; in: Anuario de Estud. Americanos, 31, S. 725-749
- LARREA EREÑO, S. (Ed.) (1980a): Canarias - Aspectos de la Agricultura Canaria; in: El Campo, 76, Bol. de Información agraria del Banco de Bilbao, 4, 67 S.
- LARREA EREÑO, S. (Ed.) (1980b): Canarias - Suelos de las Islas Canarias; in: El Campo, Supl. Extraordin. al No. 76, Bol. de Información agraria del Banco de Bilbao, 4, 48 S.
- LEAMY, M.L., SMITH, G.D., COLMET-DAAGE, F. and OTOWA, M. (1980): The morphological characteristics of Andisols; in: K.G. THENG (Ed.): Soils with variable charge; New Zealand Soc. of Soil Science, Palmerston North, S. 17-34
- LESER, H. (1977): Feld- und Labormethoden der Geomorphologie; Berlin - New York, 446 S.
- LINDINGER, L. (1926): Beiträge zur Kenntnis von Vegetation und Flora der Kanarischen Inseln; in: Abh. a. d. Gebiet d. Auslandske., 2, 1, Univ. Hamburg, Reihe C, Naturwiss., 8, 350 S.
- LINES ESCARDO, A. (1953): Los temporales de las Islas Canarias; in: Estud. Geogr., 14, 52, S. 345-361
- LOPEZ GOMEZ, J. y A. (1979): El clima de Canarias según la clasificación de Köppen; in: Estud. Geogr., 40, S. 321-340

- LÜPNITZ, D. (1971): Zur Physiognomie des Kanarischen Sukkulentenbusches; in: Mainzer Naturwiss. Archiv, 10, S. 133-148
- MARTEL, M. (1951): Génesis del Archipiélago Canario; in: Estud. Geol., 7, Madrid, S. 69-79
- MASFERRER y ARQUIMBAU, R. (1880-82): Recuerdos botánicos de Tenerife, o sea datos para el estudio de la Flora Canaria; in: Anales Soc. Espan. Hist. Nat., 9, S. 309-369; 10, S. 139-230; 11, S. 307-398
- MATZNETTER, J. (1953): Kulturgeographische Untersuchungen auf den Kanarischen Inseln; in: Mitt. d. Geogr. Gesellsch. Wien, 95, S. 7-11
- MATZNETTER, J. (1955): Der Trockenfeldbau auf den Kanarischen Inseln; in: Mitt. d. Geogr. Gesellsch. Wien, 97, S. 79-96
- MATHNETTER, J. (1958): Die Kanarischen Inseln, Wirtschafts- und Agrargeographie; in: Petermanns Geogr. Mitt., Ergänzungsh. 266, 192 S.
- MATZNETTER, J. (1967): Bevölkerungsdichte auf den Kanarischen und Kapverdischen Inseln, sowie Sao Tomé und Príncipe; in: Geogr. Rundschau, 18, 12, S. 478-479
- MATZNETTER, J. (1968): Die Inseln der ostatlantischen Archipele als reliefbedingte Klimatypen; in: Wetter und Leben, 20, S. 93-109
- MIEHLICH, G. (1974): Klima- und altersabhängige Bodenentwicklung von Vulkanascheböden der Sierra Nevada in Mexiko; in: Mitt. d. Deutschen Bodenkdl. Gesellsch., 18, S. 360-369
- MILLARES, A. (1895): Historia General de las Islas Canarias; 10 Bde., Las Palmas
- MITCHELL-THOMÉ, R.C. (1976): Geology of the Middle Atlantic Islands; in: Beitr. z. Region. Geol. d. Erde, 12, 382 S.
- MORALES LEZCANO, V. (1968): Síntesis de la Historia económica de Canarias; Santa Cruz de Tenerife
- NAVARRO, L.F. (1907/08): Observaciones geológicas en la Isla de Hierro (Canarias); in: Mem. Real. Soc. Espan., Hist. Nat., 5, S. 49-92



- OBERDORFER, E. (1965): Pflanzensoziologische Studien auf Teneriffa und Gomera (Kanarische Inseln); in: Beitr. Naturkd. Forsch. Südwest-Deutschl., 24, S. 47-104
- OLIVE, P. de (1865/1964): Dissionario estadístico - administrativo de las Islas Canarias; Barcelona
- ORTUNO, F. y Ceballos, A. (1967): Spanish woodlands; INCAFO, Madrid - Sevilla
- PARSONS, J.J. (1981): Human influences on the Pine and Laurel Forests of the Canary Islands; in: The Geogr. Review, 71, 3, New York, S. 253-271
- PAULY, V. (1976): Die Vegetation der Kanarischen Inseln, insbesondere von Teneriffa. Versuch einer ökologischen Analyse; Diplomarbeit, Schreibmaschinenmanuskript, Abt. f. Ökophysiologie u. Vegetationskunde. d. Univ. Hohenheim, 65 S.
- PELLICER, M.J. (1977): Estudio volcanológico de la Isla del Hierro; in: Estud. Geol., 33, Madrid, S. 181-197
- PEREZ GARCIA, V., FERNANDEZ CALDAS, E. y GARCIA, V. (1975): Distribución y características de los suelos de la Isla de Tenerife; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 34, S. 595-606
- PITARD, J. et PROUST, L. (1908): Les Iles Canaries. Flore de l'Archipel; Paris; Nachdruck O. KOELTZ, Königstein, 1973, 503 S.
- POLO, A., MILLA, G. y VELASCO, F. (1978): Características del humus a lo largo de una toposecuencia de andosoles en la Isla de Tenerife; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 37, S. 801-808
- QUANTIN, P. (1972): Les andosols - Revue bibliographique de connaissances actuelles; in: Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., 10, S. 273-301
- QUANTIN, P., FERNANDEZ CALDAS, E., GUTIERREZ JEREZ, F., TEJEDOR SALGUERO, M.L. et DELIBRIAS, G. (1975a): Problème du rajeunissement des sols issus de l'altération de roches volcaniques par des éruptions récentes de cendres, aux Nouvelles-Hébrides et aux Iles Canaries; in: Bull. de l'Assoc. Géogr, Franc., 426, S. 211-217

- QUANTIN, P., RODRIGUEZ PASCUAL, C., FERNANDEZ CALDAS, E. y TEJEDOR SALGUERO, M.L. (1975b): Andosoles canarios VIII. Andosoles poco diferenciados, vitricos, fuertemente desaturados. Características mineralógicas. Interpretación y clasificación; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 34, S. 371-382
- QUANTIN, P. et TEJEDOR SALGUERO, M.L. (1976): Séquence chronologique et climatique sur roches volcaniques aux Iles Canaries; Com. Orale, AFES, le 2.12.76
- QUANTIN, P., TEJEDOR SALGUERO, M.L. et FERNANDEZ CALDAS, E. (1978a): Observations sur la présence de sols ferralitiques dérivés de matériaux volcaniques aux Iles Canaries; in: Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., 16, 2
- QUANTIN, P., TEJEDOR SALGUERO, M.L. et FERNANDEZ CALDAS, E. (1978b): Séquence climatique des sols récents de la région septentrionale de Ténérife (Iles Canaries). 2<sup>e</sup> partie: Caractéristiques minéralogiques. Interprétation et classification (1); in: Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., 16, 4, S. 397-412
- QUANTIN, P. (1978c): Les andosols. Revue bibliographique; in: Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., 12, S. 3-12
- QUANTIN, P., FERNANDEZ CALDAS, E. et TEJEDOR SALGUERO, M.L. (1979): Relation entre la réparation des sols volcaniques et l'évolution climatique récente à Ténérife, Iles Canaries; in: 4<sup>e</sup> Colloque de Géomorphol. Volcanique, Fac. de Lettres et Sciences Humaines de Clermont-Ferrand, Inst. de Géogr., 57, S. 87-89
- RAFOLS, E.S. (HRSG.) (1949): Fontes Rerum Canarium; Acuerdos del Cabildo de Tenerife, Bd. IV, 1497-1507, La Laguna
- RAFOLS, E.S. y ROSA, L. de la (HRSG.) (1952): Fontes Rerum Canarium; Acuerdos del Cabildo de Tenerife, Bd. V, 1508-1513, La Laguna
- REYES DARIAS, A. (1969): Tenerife, La Palma, La Gomera y El Hierro; Ed. Destino, Barcelona
- RIEDEL, U. (1971): Der Fremdenverkehr auf den Kanarischen Inseln. Eine geographische Untersuchung; in: Schr. d. Geogr. Inst. d. Univ. Kiel, 35, 300 S.

- RODRIGUEZ, L. (1946): Los árboles históricos y tradicionales de Canarias; 2 vols., Santa Cruz de Tenerife
- RODRIGUEZ PASCUAL, C., FERNANDEZ CALDAS, E. y BORGES PEREZ, A. (1971): Mineralogía de arcillas y limos en algunos suelos volcánicos de Tenerife (Islas Canarias); in: Anales de Edafología y Agrobiología, 30, S. 1031-1053
- RODRIGUEZ PASCUAL, C., QUANTIN, P., TEJEDOR SALGUERO, M.L. y FERNANDEZ CALDAS, E. (1975): Andosoles canarios IV. Intergrados andosol-tierra parda oligotrófica. Características mineralógicas. Interpretación y clasificación; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 34, S. 263-280
- RODRIGUEZ PASCUAL, C., CABEZAS VIANO, O., TEJEDOR SALGUERO, M.L. y FERNANDEZ CALDAS, E. (1976): Características mineralógicas de la fracción 2u en intergrados andosol-tierra parda oligotrófica; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 35, S. 1093-1114
- RODRIGUEZ PASCUAL, C., FERNANDEZ CALDAS, E. y RODRIGUEZ HERNANDEZ, C.M. (1980): Suelos formados sobre materiales volcánicos (Islas Canarias) intergrado fersialítico-vértico. Características morfológicas, físico-químicas y mineralógicas. Interpretación y clasificación; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 39, S. 477- 496
- RODRIGUEZ RODRIGUEZ, A., TEJEDOR SALGUERO, M.L. y FERNANDEZ CALDAS, E. (1979a): Características generales de los suelos fersialíticos de las Islas Canarias; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 38, S. 1121-1138
- RODRIGUEZ RODRIGUEZ, A., TEJEDOR SALGUERO, M.L. y FERNANDEZ CALDAS, E. (1979b): Suelos fersialíticos sobre cenizas volcánicas I. Características morfológicas y físico-químicas; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 38, S. 1607-1624
- RODRIGUEZ RODRIGUEZ, A., TEJEDOR SALGUERO, M.L. y FERNANDEZ CALDAS, E. (1979c): Suelos fersialíticos sobre cenizas volcánicas II. Características mineralógicas; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 38, S. 1625-1640

- RODRIGUEZ RODRIGUEZ, A., QUANTIN, P., TEJEDOR SALGUERO, M.L. y FERNANDEZ CALDAS, E. (1979d): Suelos fersialíticos sobre lapillis basálticos I. Características morfológicas, físico-químicas y mineralógicas; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 38, S. 1641-1662
- RODRIGUEZ RODRIGUEZ, A., FEDOROFF, N., TEJEDOR SALGUERO, M.L. y FERNANDEZ CALDAS, E. (1980a): Suelos fersialíticos sobre cenizas volcánicas III. Características micromorfológicas. Interpretación y clasificación; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 39, S. 37-50
- RODRIGUEZ RODRIGUEZ, A., FEDOROFF, N., TEJEDOR SALGUERO, M.L. y FERNANDEZ CALDAS, E. (1980b): Observaciones preliminares sobre la alteración en los suelos fersialíticos sobre materiales volcánicos (Islas Canarias); in: Anales de Edafología y Agrobiología, 39, S. 1923-1940
- ROHDENBURG, H. und Sabelberg, U. (1969a): "Kalkkrusten" und ihr klimatischer Aussagewert - Neue Beobachtungen aus Spanien und Nordafrika; in: Göttinger Bodenkdl. Ber. 7, S. 3-26
- ROHDENBURG, H. und Sabelberg, U. (1969b): Zur landschaftsökologisch-bodengeografischen und klimagenetisch-morphologischen Stellung des westlichen Mediterrangebietes; in: Göttinger Bodenkdl. Ber. 7, S. 27-47
- ROHDENBURG, H. (1977): Neue 14C-Daten aus Marokko und Spanien und ihre Aussagen für die Relief- und Bodenentwicklung im Holozän und Jungpleistozän; in: Catena, 4, Gießen, S. 215-228
- ROHDENBURG, H. und M., RIEGER, W. und SABELBERG, U. (1978): Exkursionsbericht der Fahrt zu den Kanarischen Inseln - 3. Februar bis 15. März 1977.; Techn. Univ. Braunschweig, Lehrstuhl f. Phys. Geogr. u. Landschaftsökologie, 418 S.
- ROHDENBURG, H. und BORK, H.R. (1979): Geomorphodynamik und Persistenz des Lorbeerwaldes (Teneriffa); in: Landschaftsgenese und Landschaftsökologie, 5, Braunschweig, S. 83-85
- ROTHER, P. (1974): Canary Islands - origin and evolution; in: Naturwissenschaften, 61, Berlin, S. 526-533

- ROTHER, A. und F. (1979): Die Kanarischen Inseln; Du Mont Landschaftsführer, Köln, 335 S.
- SABELBERG, U. und ROHDENBURG, H. (Hrsg.) (1979): Relief- und Bodenentwicklung im Mediterrangebiet; in: Kurzber. eines Symposiums (Braunschweig, Feb. 1979), Landschaftsgenese und Landschaftsökologie, 5, 120 S.
- SANCHEZ-CALVO, M.d.C. (1958): El Braunlehm y las tendencias de su alteración en las Canarias Occidentales; in: Anales de Edafología y Fisiología Vegetal, 21, S. 407-437
- SANCHEZ DIAZ, J., FERNANDEZ CALDAS, E. y GUERRA DELGADO, A. (1978a): El orden aridisol en la Isla de Gran Canaria; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 37, S. 231-248
- SANCHEZ DIAZ, J., GUERRA DELGADO, A. y FERNANDEZ CALDAS, E. (1978b): El suborden andept en la Isla de Gran Canaria; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 37, S. 387-400
- SANGIL, M.M. (1951): Génesis del Archipelago Canario; in: Estud. Geol., 13, S. 69-80
- SANZ, J.A. (1950): Un capítulo olvidado del ayer económico canario; in: Estud. Geogr., 38, 73 S.
- SEIDEL, D. (1978): Vegetationszonen auf den Kanarischen Inseln; in: Biologie in unserer Zeit, 8, 6, Weinheim, S. 161-168
- SOIL SURVEY STAFF (1975): Soil Taxonomy - a basic system of Soil Classification for making and interpreting Soil Surveys; Agriculture Handbook, 436, Soil Conservation Service, U.S. Dept. of Agriculture, Washington D.C., 754 S.
- SPA 69/515 (1975): Estudio científico de las Recursos de Agua en las Islas Canarias; Ministerio de Obras Públicas, Dirección general de Obras Públicas, Vol. III, Prov. de Santa Cruz de Tenerife - Madrid, 238 S.
- SUNDING, P. (1973): A Botanica Bibliography of the Canary Islands; Botan. Gard. Univ. Oslo, 46 S.

- SUTTON, M. (1976): Conservation of fragile Ecosystems in the Canary Islands; in: G. KUNKEL (Ed.): Biogeography and Ecology in the Canary Islands; Monogr. Biologicae, 30, Then Hague, S. 479-483
- SCHÄFFER, H.H. (1967): Pflanzen der Kanarischen Inseln; Kanaren-Verlag Ratzeburg, 287 S.
- SCHENCK, H. (1907): Beiträge zur Kenntnis der Vegetation der Kanarischen Inseln; in: Wiss. Ergebn. Deutsche Tiefsee-Exped. "Valdivia" 1898/99, 2, (1), 3, Jena, 182 S.
- SCHLICHTING, E. und BLUME, H.P. (1966): Bodenkundliches Praktikum; Berlin, 209 S.
- SCHMID, E. (1976): The laurisilva of Hierro; in: G. KUNKEL (Ed.): Biogeography and Ecology in the Canary Islands, Monogr. Biologicae, 30, Then Hague, S. 241-248
- SCHMINCKE, H.U. (1976): The geology of the Canary Islands; in: G. KUNKEL (Ed.): Biogeography and Ecology in the Canary Islands, Monogr. Biologicae, 30, Then Hague, S. 67-184
- SCHÖNHALS, E. (1955): Kennzahlen für den Feinheitsgrad des Lösses; in: Eiszeitalter u. Gegenwart, 6. Öhringen, S. 133-147
- SCHRÖDER, P. (1978): Die Koschenillezucht auf den Kanarischen Inseln; in: Ztschr. f. Wirtschaftsgeogr., 22, S. 165-166
- SCHWAIGHOFER, B. (1976): Die Verwitterung basischer Vulkanite (mineralog.-chem. Untersuchungen vulkanogener Verwitterungsprofile auf Teneriffa); in: Österr. Akad. d. Wiss., Math. Nat. Kl., Denkschr. 119, Wien, 139 S.
- SCHWIDETZKY, I. (1971): Die vorspanische und die heutige Bevölkerung der Kanarischen Inseln. Kontinuität und Diskontinuität von Bevölkerungsstrukturen; in: Homo, 22, S. 226-252
- SCHWIDETZKY, I. (1976): The prehispanic population of the Canary Islands; in: G. KUNKEL (Ed.): Biogeography and Ecology in the Canary Islands, Monogr. Biologicae, 30, Then Hague, S. 15-36
- TEJEDOR SALGUERO, M.L. (1974): Estudio de los Andosuelos de las Islas Canarias Occidentales (Tenerife, Gomera y Hierro); These Univ. de La Laguna, Tenerife, 329 S.

- TEJEDOR SALGUERO, M.L. y FERNANDEZ CALDAS, E. (1975a): Andosoles canarios II. Intergrados andosol-tierra parda oligotrófica. Características morfológicas y químicas; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 34, S. 237-252
- TEJEDOR SALGUERO, M.L. y FERNANDEZ CALDAS, E. (1975b): Andosoles canarios V. Dystrandeps. Características morfológicas y químicas; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 34, S. 335-346
- TEJEDOR SALGUERO, M.L., QUANTIN, P., RODRIGUEZ PASCUAL, C. y FERNANDEZ CALDAS, E. (1975c): Andosoles canarios VI. Dystrandeps. Características mineralógicas. Interpretación y clasificación; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 34, S. 347-358
- TEJEDOR SALGUERO, M.L. y FERNANDEZ CALDAS, E. (1975d): Andosoles canarios XI. Características físicas de diferentes tipos; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 34, S. 407-422
- TEJEDOR SALGUERO, M.L., HERNANDEZ MORENO, J.M., CABEZAS VIANO, O. y FERNANDEZ CALDAS, E. (1976): Materiales amorfos en dystrandeps y vitrandeps evolucionados; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 35, S. 877-888
- TEJEDOR SALGUERO, M.L., FERNANDEZ CALDAS, E. et QUANTIN, P. (1978): Séquence climatique des sols récents de la région septentrionale de Ténérife (Iles Canaries). 1<sup>re</sup> partie: Ecologie, morphologie, caractéristique physico-chimiques; in: Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., 16, 3, S. 251-264
- THENG, B.K.G. (1980): Soils with variable charge; New Zealand Soc. of Soil Science, Palmerston North, 448 S.
- TORRIANI, L. (1590): Die Kanarischen Inseln und ihre Urbewohner; hrsg. von D.J. WÖLFEL, Quellen u. Forsch. z. Gesch. d. Geogr. u. Völkerkde., 6, Leipzig, 323 S.
- ÜBERLA, K. (1972): Faktorenanalyse. Eine systematische Einführung für Psychologen, Mediziner, Wirtschafts- und Sozialwissenschaftler; Berlin

- VIERA y CLAVIJO, J. (1933): Noticias de la Historia General de las Islas Canarias (1772-1773); La Provincia, I-IV, (Neuerschein. 1967), Las Palmas
- VIERA y CLAVIJO, J. (1942): Diccionario de Historia Natural de las Islas Canarias; Bibliotheca Canaria, I-II, Santa Cruz de Tenerife
- VIZCAYNO MUNOZ, C., GARCIA VICENTE, J. y GARCIA GONZALEZ, M.T. (1978a): Suelos volcánicos españoles I. Canarias. Características morfológicas y químicas; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 37, S. 1017-1034
- VIZCAYNO MUNOZ, C., GARCIA VICENTE, J. y GARCIA GONZALEZ, M.T. (1978b): Suelos volcánicos españoles II. Canarias. Mineralogía de la fracción arcilla; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 37, S. 1035-1054
- VIZCAYNO MUNOZ, C., GARCIA GONZALEZ, M.T. y GARCIA VICENTE, J. (1979): Relaciones entre los elementos mayoritarios, minoritarios y traza en dos suelos de las Islas Canarias; in: Anales de Edafología y Agrobiología, 38, S. 505-520
- VOGGENREITER, V. (1974): Geobotanische Untersuchungen an der natürlichen Vegetation der Kanareninsel Tenerife (Anhang: Vergleiche mit La Palma und Gran Canaria) als Grundlage für den Naturschutz; in: Dissertationes Botanicae, 26, 718 S.
- VOGGENREITER, V. (1975): Vertikalverbreitung der Flora Tenerifes; in: Monogr. Biolog. Canariensis, 6, Las Palmas, 47 S.
- WADA, K. (1980): Mineralogical characteristics of Andisols; in: B.K.G. THENG (Ed.): Soils with variable charge, New Zealand Soc. of Soil Science, Palmerston North, S. 87-107
- WALTER, O. (1894): Petrographische Studien an Gesteinen der Insel Hierro; Inaugural-Dissertation, Halle
- WEBB, P.B. et BERTHELOT, S. (1835-1850): Histoire naturelle des Iles Canaries. Phytografia canariensis; Paris
- WÖLFEL, D.J. (1941): Hauptprobleme Weissafrikas; in: Arch. Anthrop. N.F., 27, S. 89-140



WÖLFEL, D.J. (1950): Die Kanarischen Inseln, die westafrikanischen Hochkulturen und das alte Mittelmeer; in: Páidenma, 4, S. 231-253

WRIGHT, A.C.S. (1964): The "Andosols" or "humic Allophane" Soils of South America; in: Meeting on the Classification and Correlation of Soils from Volcanic Ash, FAO-UNESCO, Tokyo, World Soil Resources Report, 14, S. 9-15

Tab. 1: Bevölkerungsentwicklung auf Hierro

um 1500	-	mehrere 100		
um 1600	-	etwa 1500		
1678	-	3297		
1742	-	3600		
1768	-	4022		
1787	-	4040		
1840	-	4692		
1860	-	5026		
1877	-	5334		
1900	-	6508		
1910	-	6827		
1920	-	7225		
1930	-	8071	Provinz	Provinz
1940	-	8894	Valverde	Frontera
1950	-	8723		
1960	-	9521	5632	3889
1970	-	5800	3328	2472
1973	-	6681	3583	3098
1974	-	7188	3738	3450
1976	-	7278	4015	3263
1981	-	6507	3476	3031

Quellen: SPA/69/515 (1975), Vol. III, S. 214; I.N.E., Censo de poblacion (ab 1900); HERNANDEZ HERNANDEZ (1977), S. 44

Tab. 2: Bevölkerungsentwicklung auf den Kanarischen Inseln

1560	-	40.000
1688	-	105.375
1787	-	160.285
1859	-	237.036
1900	-	358.868
1950	-	793.000
1967	-	1.137.380
1974	-	1.291.612
1976	-	1.361.211
1978	-	1.400.000
1981	-	1.444.626

Quellen: HERNANDEZ HERNANDEZ (1977), S. 273; ATLAS BASICO de CANARIAS (1980), S. 58; I.N.E., Censo de poblacion (ab 1900)

Tab. 3a: Niederschlagsdaten von Hierro

Station	Meeres- höhe m	Meßreihe	Mittlerer Jahresnie- derschlag	Jahresnieder- Min.	Jahr	Jahresnieder- Max.	Jahr	abs. Starkregenmax. mm/Monat/Jahr (innerhalb 24 Std.)
Aeropuerto	34	ab 1974	167,7	64,5	1978	261,0	1980	68, März 1980
Puerto de la Estaca	40	1960-63	192,2	103,4	1961	374,5	1962	
Punta Orchilla	108	ab 1946	191,9	70,4	1948	365,4	1953	
Sabinosa	250	ab 1960	273,4	143,0	1978	431,8	1979	98, Januar 1979
Golfo de Mevese	290	ab 1963	353,0	191,0	1977	510,0	1979	96, Januar 1979
Guarazoca	515	ab 1948	311,1	151,4	1978	544,5	1956	52, Januar 1978
Erese	555	ab 1960	222,0	77,7	1961	369,0	1979	106, Januar 1979
Mocanal	485	ab 1960	257,8	143,8	1961	503,7	1979	89, Januar 1978
Taibique	815	ab 1960	386,0	279,4	1961	541,0	1963	63, April 1977
Tinor	910	ab 1960	423,5	347,7	1961	499,4	1960	52, Dezember 1961
San Andres	1040	ab 1960	636,6	309,3	1975	1065,6	1962	108, April 1977

Quellen: zusammengestellt aus Daten des Meteorologischen Institutes in Santa Cruz 1980/1981

Tab. 3b: Mittlerer Jahresniederschlagsgang

Station	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr ges.
Aero- puerto	17,5	-	-	62,0	-	-	-	-	-	19,0	-	14,0	112,5 1977
Punta Orchilla	19,5	12,5	74,7	2,0	-	-	-	-	2,9	-	20,5	60,5	192,6 1949
Sabinosa	14,5	23,4	9,3	2,6	11,2	-	-	-	2,7	63,4	7,4	101,4	235,9 1976
Golfo de Mevese	31,0	93,0	14,0	12,0	10,0	-	-	1,0	2,0	35,0	14,0	145,0	357,0 1976
Guara- zoca	28,6	54,5	38,0	0,1	3,2	-	-	-	2,6	39,5	4,5	97,7	268,7 1976
Erese	91,0	4,0	97,5	24,5	9,5	-	-	-	13,5	-	-	14,0	254,0 1980
Mocanal	28,2	26,1	28,2	2,0	2,0	-	-	-	5,0	42,1	-	104,5	238,1 1976
Taibique	51,5	21,5	-	184,0	-	-	-	-	-	63,5	22,0	94,2	436,7 1977
San Andres	81,8	148,0	79,7	26,0	3,0	4,0	-	9,0	115,4	120,7	27,5	105,4	740,4 1972

Quellen: zusammengestellt aus Daten des Meteorologischen Institutes in Santa Cruz 1980/1981

Tab. 4: Vegetationsverhältnisse auf Hierro

<u>Potentiell natürliche Vegetationsstufen (%)</u>	
Baumlose Fußstufe (Sukkulentenformation)	15
J u n i p e r u s - Trockengehölzformation	8
Lorbeerwald und -buschwald im weitesten Sinne	34
Kanarischer Kiefernwald	43
ges.	<u>100</u>

<u>Rezente Vegetationsstufen (%)</u>	
A) Anthropogen gering bis mäßig beeinflusst	
Baumlose Fußstufe (Sukkulentenformation)	28
J u n i p e r u s - Trockengehölzformation	1
Lorbeerwald und -buschwald im weitesten Sinne	11
Kanarischer Kiefernwald	10
ges.	<u>50</u>

B) Anthropogen stark beeinflusst	
Aufforstungen	1
Gebiete extensiver Landwirtschaft	27
Gebiete intensiver Landwirtschaft	19
Siedlungen	3
ges.	<u>50</u>

<u>Differenzen zwischen realer und potentiell natürlicher Vegetation</u>	
Baumlose Fußstufe (Sukkulentenformation)	+ 13
J u n i p e r u s - Trockengehölzformation	- 7
Lorbeerwald und -buschwald im weitesten Sinne	- 23
Kanarischer Kiefernwald	- 33

Quelle: nach KÄMMER (1976), S. 329/330

Tab. 5: Gesamtaufschluss / Bauschanalyse (§)

Probe	Nr.	in 100 ml, Verd. 1:5)	in 100 ml, Verd. 1:50)	in 100 ml, Verd. 1:50)	in 100 ml, Verd. 1:50)	in 100 ml, Verd. 1:50)
$\text{SiO}_2$ (0,5n $\text{HNO}_3$ )	B 19 <sup>B2</sup>	24,00	8,300	0,209	0,409	9,240
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ (0,5n $\text{HNO}_3$ )	B 20 <sup>A13</sup>	22,10	8,827	0,261	0,847	18,010
$\text{B 18}^{\text{B2t}}$		25,10	12,810	0,117	0,395	12,440
B 15 <sup>B2t</sup>		26,00	11,210	0,152	0,430	13,440
B 15 <sup>B3</sup>		24,30	12,260	0,137	0,425	11,900
B 14 <sup>A1</sup>		31,20	8,400	0,162	0,580	11,050

Tab. 6: Rangskala mit Disposition für Windstärke (V 2)

- (1) - unter 2
- (2) - 2 - 3
- (3) - 4 - 5 (geringe bis mäßige Windschur)
- (4) - über 5 (starke Windschur)

Tab. 7: Rangskala mit Disposition für Bewölkungsgrad (V 3)

- (1) - 0 - 10% bevorzugt S-SW-Exposition
- (2) - 10 - 25% bevorzugt W-Exposition
- (3) - 25 - 50% bevorzugt SE-ESE-Exposition
- (4) - 50 - 75% bevorzugt NW-Exposition
- (5) - über 75% bevorzugt N-NE-ENE-Exposition

Tab. 8: Rangskala mit Disposition für gegenwärtige Nutzung (V 9)

- (1) Geschlossene alte Baumbestände mit natürlicher Verjüngung und intakter Krautschicht oder Streuauflage
- (2) Lückenhafter natürlicher Baumbestand mit geschlossenem, unbeweidetem Unterwuchs; alte, engständige Aufforstungen; geschlossene Sekundärverbuschung
- (3) Lückenhaft verbuschte ehemalige Nutzflächen; junge, relativ geschlossene Aufforstungen; gering beweidete Flächen mit dichter Gras- oder Krautvegetation; Obstkulturen mit Unterwuchs
- (4) Obstkulturen ohne Unterwuchs; kleine, mit Steinmauern umgebene oder terrassierte Ackerflächen (max. 8° Neigung); kleinflächiger Weinanbau mit Lapilliüberdeckung; mäßige Beweidungsintensität
- (5) Junge, lückenhafte Aufforstungen; nicht terrassierte, größere Felder (über 8° Neigung); stark beweidete Flächen mit deutlichem Verbiß
- (6) Größere Ackerflächen ohne Begrenzung durch Steinmauern bei über 12° Hangneigung; sehr intensiv genutzte Weideflächen mit starkem Verbiß und kurzer, lückenhafter Grasnarbe; junge, aufgegebene Wirtschaftsflächen ohne nennenswerte Sekundärvegetation (über 8° Neigung)



Tab. 9: Rangskala mit Disposition für gegenwärtige und frühere Boden-erosionsgefährdung (V 17 und V 18)

- (1) Ungestörtes Bodenprofil; intakter, gut ausgeprägter, humusreicher  $A_h$ -Horizont mit Streuauflage
- (2) Mäßig ausgeprägter  $A_h$ -Horizont; leicht bis mäßig humusverarmt, weitgehend fehlende Streuauflage, geringer Verlust von Feinmaterial durch Deflation
- (3) Geringmächtiger A-Horizont, mäßig bis stark humusverarmt, ohne Streuauflage; mäßiger bis starker Verlust von Feinmaterial an der Bodenoberfläche
- (4) Lückenhafter, stark humusverarmter und geringmächtiger A-Horizont, z.T. Kappung des gesamten A-Horizontes; beginnende Rinnenerosion bis max. 30 cm Tiefe
- (5) Sehr lückenhafter, stark humusverarmter und geringmächtiger A-Horizont, oft Kappung des gesamten Oberbodens; Rinnenerosion bis max. 100 cm Tiefe; starke flächenhafte und linienhafte Abtragungsprozesse; mäßig oft bereits Reliktböden an der Oberfläche aufgeschlossen
- (6) Weitgehend fehlender, stark humusverarmter, sehr geringmächtiger Oberboden; Rinnen- und Grabenerosion über 100 cm Tiefe; sehr starke flächen- und linienhafte Abtragungsprozesse; gegenwärtig oft Reliktböden an der Oberfläche

Tab. 10: Korrelationsmatrix

V <sub>1</sub>	<u>Meereshöhe:</u>	
	Windstärke	(+)
	Bewölkungsgrad	+
	Mittl. jährl. Niederschlag	++
	Jährl. Niederschlagsschwankungen	+
	pH-Wert H 1	(-)
	pH-Wert H 2	--
	pH-Wert H 3	--
V <sub>2</sub>	<u>Windstärke:</u>	
	Meereshöhe	(+)
	Bewölkungsgrad	+
	Mittl. jährl. Niederschlag	+
	Jährl. Niederschlagsschwankungen	++
	pH-Wert H 1	-
	Feinheitsgrad H 1	+
	Organ. Substanz H 2	+
	pH-Wert H 2	-
	Feinheitsgrad H 2	+
	pH- Wert H 3	-
V <sub>3</sub>	<u>Bewölkungsgrad:</u>	
	Meereshöhe	+
	Windstärke	+
	Mittl. jährl. Niederschlag	++
	Jährl. Niederschlagsschwankungen	++
	Monatl. Starkregenschwankungen (Max.)	(+)
	pH-Wert H 1	(-)
	Feinheitsgrad H 1	(+)
	Organ. Substanz H 2	+
	pH-Wert H 2	-
	Organ. Substanz H 3	(+)
	pH-Wert H 3	-
V <sub>4</sub>	<u>Hangneigung</u> korreliert nicht	
V <sub>5</sub>	<u>Deckungsgrad Baumschicht:</u>	
	Deckungsgrad Streuauflage	++
	Gegenwärtige Nutzung	-
	Gegenwärtige Bodenerosionsgefährdung	-
	Frühere Bodenerosionsgefährdung	-
	Organ. Substanz H 1	+
V <sub>6</sub>	<u>Deckungsgrad Strauchsicht:</u>	
	Deckungsgrad Streuauflage	(+)
	Gegenwärtige Nutzung	-
	Gegenwärtige Bodenerosionsgefährdung	-

V <sub>7</sub>	<u>Deckungsgrad_Kraut-/Grasschicht:</u>	
	Deckungsgrad Streuauflage	(-)
	Obergrenze rezenter C-Horizont	(+)
V <sub>8</sub>	<u>Deckungsgrad_Streuauflage:</u>	
	Deckungsgrad Baumschicht	++
	Deckungsgrad Strauchsicht	+
	Deckungsgrad Kraut-/Grasschicht	(-)
	Gegenwärtige Nutzung	-
	Gegenwärtige Bodenerosionsgefährdung	-
	Organ. Substanz H 1	++
V <sub>9</sub>	<u>Gegenwärtige_Nutzung:</u>	
	Deckungsgrad Baumschicht	-
	Deckungsgrad Strauchsicht	-
	Deckungsgrad Streuauflage	-
	Gegenwärtige Bodenerosionsgefährdung	+++
	Frühere Bodenerosionsgefährdung	+
	Organ. Substanz H 1	-
	Bodenfarbe H 1	(-)
V <sub>10</sub>	<u>Mittlerer_jährlicher_Niederschlag:</u>	
	Meereshöhe	++
	Windstärke	+
	Bewölkungsgrad	++
	Jährl. Niederschlagsschwankungen	++
	Monatl. Starkregenschwankungen (Min.)	-
	pH-Wert H 1	-
	Organ. Substanz H 2	(+)
	pH-Wert H 2	-
	pH-Wert H 3	-
V <sub>11</sub>	<u>Jährliche_Niederschlagsschwankungen:</u>	
	Meereshöhe	+
	Windstärke	++
	Bewölkungsgrad	++
	Mittl. jährl. Niederschlag	++
	Monatl. Starkregenschwankungen (Min.)	(-)
	Frühere Bodenerosionsgefährdung	+
	Bodenfarbe H 1	(-)
	Organ. Substanz H 2	(+)
	pH-Wert H 2	-
	Feinheitsgrad H 2	+
	pH-Wert H 3	-
V <sub>12</sub>	<u>Mittlerer_jährlicher_Starkregenanteil:</u>	
	Monatl. Starkregenschwankungen (Max.)	++
	Organ. Substanz H 1	(+)
V <sub>13</sub>	<u>Monatliche_Starkregenschwankungen (monatl. Min.):</u>	
	Mittl. jährl. Niederschlag	-
	Jährl. Niederschlagsschwankungen	(-)

V <sub>14</sub>	<u>Monatliche Starkregenschwankungen (monatl. Max.):</u>	
	Bewölkungsgrad	(+)
	Mittl. jährl. Starkregenanteil	++
	pH-Wert H 3	-
V <sub>15</sub>	<u>Obergrenze C-Horizont Paläo- o. Reliktbodens:</u>	
	Obergrenze d. Paläo- o. Reliktbodens	+
	Obergrenze rezenter C-Horizont	+
	Organ. Substanz H 2	++
V <sub>16</sub>	<u>Obergrenze des Paläo- o. Reliktbodens:</u>	
	Obergrenze C-Horizont Paläo- o. Reliktboden	+
	Horizontmächtigkeit H 1	(+)
	Horizontmächtigkeit H 2	+
	Bodenfarbe H 2	(+)
V <sub>17</sub>	<u>Gegenwärtige Bodenerosionsgefährdung:</u>	
	Deckungsgrad Baumschicht	-
	Deckungsgrad Strauchschicht	-
	Deckungsgrad Streuauflage	-
	Gegenwärtige Nutzung	+++
	Frühere Bodenerosionsgefährdung	+
	Organ. Substanz H 1	-
	Bodenfarbe H 1	(-)
V <sub>18</sub>	<u>Frühere Bodenerosionsgefährdung:</u>	
	Deckungsgrad Baumschicht	-
	Gegenwärtige Nutzung	+
	Jährl. Niederschlagsschwankungen	+
	Gegenwärtige Bodenerosionsgefährdung	+
	Bodenfarbe H 1	-
	Bodenfarbe H 2	-
	Bodenfarbe H 3	(-)
V <sub>19</sub>	<u>Obergrenze rezenter C-Horizont:</u>	
	Deckungsgrad Kraut-/Grasschicht	(+)
	Obergrenze C-Horizont Paläo- o. Reliktboden	+
	Horizontmächtigkeit H 3	(+)
V <sub>20</sub>	<u>Horizontmächtigkeit H 1:</u>	
	Obergrenze d. Paläo- o. Reliktbodens	(+)
V <sub>21</sub>	<u>Organ. Substanz H 1:</u>	
	Deckungsgrad Baumschicht	+
	Deckungsgrad Streuauflage	+
	Gegenwärtige Nutzung	-
	Mittl. jährl. Starkregenanteil	(+)
	Gegenwärtige Bodenerosionsgefährdung	-
	Organ. Substanz H 2	+
	pH-Wert H 2	-
	pH-Wert H 3	(-)

V <sub>22</sub>	<u>pH-Wert H 1:</u>	
	Meereshöhe	(-)
	Windstärke	-
	Bewölkungsgrad	(-)
	Mittl. jährl. Niederschlag	-
	Organ. Substanz H 2	(-)
	pH-Wert H 2	+++
	pH-Wert H 3	++
V <sub>23</sub>	<u>Feinheitsgrad H 1:</u>	
	Windstärke	+
	Bewölkungsgrad	(+)
	pH-Wert H 2	(-)
	Feinheitsgrad H 2	++
	Bodenfarbe H 2	(-)
	Feinheitsgrad H 3	++
V <sub>24</sub>	<u>Bodenfarbe H 1:</u>	
	Gegenwärtige Nutzung	(-)
	Jährl. Niederschlagsschwankungen	(-)
	Gegenwärtige Bodenerosionsgefährdung	(-)
	Frühere Bodenerosionsgefährdung	-
	Feinheitsgrad H 2	-
	Bodenfarbe H 2	++
V <sub>25</sub>	<u>Horizontmächtigkeit H 2:</u>	
	Obergrenze d. Paläo- o. Reliktbodens	+
V <sub>26</sub>	<u>Organ. Substanz H 2:</u>	
	Windstärke	+
	Bewölkungsgrad	+
	Mittl. jährl. Niederschlag	(+)
	Jährl. Niederschlagsschwankungen	(+)
	Obergrenze C-Horizont Paläo- o. Reliktboden	++
	Organ. Substanz H 1	+
	pH-Wert H 1	(-)
	pH-Wert H 2	(-)
	Organ. Substanz H 3	++
V <sub>27</sub>	<u>pH-Wert H 2:</u>	
	Meereshöhe	--
	Windstärke	-
	Bewölkungsgrad	-
	Mittl. jährl. Niederschlag	-
	Jährl. Niederschlagsschwankungen	-
	Organ. Substanz H 1	-
	pH-Wert H 1	+++
	Feinheitsgrad H 1	(-)
	Organ. Substanz H 2	-
	pH-Wert H 3	++

V <sub>28</sub>	<u>Feinheitsgrad H 2:</u>	
	Windstärke	+
	Jährl. Niederschlagsschwankungen	+
	Feinheitsgrad H 1	++
	Bodenfarbe H 1	-
	Bodenfarbe H 2	(-)
	Feinheitsgrad H 3	++
V <sub>29</sub>	<u>Bodenfarbe H 2:</u>	
	Obergrenze d. Paläo- o. Reliktbodens	(+)
	Frühere Bodenerosionsgefährdung	-
	Bodenfarbe H 1	++
	Feinheitsgrad H 1	(-)
	Feinheitsgrad H 2	(-)
	Bodenfarbe H 3	(+)
V <sub>30</sub>	<u>Horizontmächtigkeit H 3:</u>	
	Obergrenze rezenter C-Horizont	(+)
V <sub>31</sub>	<u>Organ. Substanz H 3:</u>	
	Bewölkungsgrad	(+)
	Organ. Substanz H 2	++
V <sub>32</sub>	<u>pH-Wert H 3:</u>	
	Meereshöhe	--
	Windstärke	-
	Bewölkungsgrad	-
	Mittl. jährl. Niederschlag	-
	Jährl. Niederschlagsschwankungen	-
	Monatl. Starkregenschwankungen (Max.)	-
	Organ. Substanz H 1	(-)
	pH-Wert H 1	+
	pH-Wert H 2	++
V <sub>33</sub>	<u>Feinheitsgrad H 3:</u>	
	Feinheitsgrad H 1	++
	Feinheitsgrad H 2	++
V <sub>34</sub>	<u>Bodenfarbe H 3:</u>	
	Frühere Bodenerosionsgefährdung	(-)
	Bodenfarbe H 2	(+)

Tab. 11: Pearson Correlation Coefficients - Auszug

V <sub>1</sub>	-	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>10</sub>	V <sub>11</sub>	V <sub>22</sub>
		0,4141	0,5675	0,8478	0,6464	-0,4170
		P = 0,001	P = 0,000	P = 0,000	P = 0,000	P = 0,002
		V <sub>27</sub>	V <sub>32</sub>			
		-0,7625	-0,7941			
		P = 0,000	P = 0,000			
V <sub>2</sub>	-	V <sub>1</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>10</sub>	V <sub>11</sub>	V <sub>22</sub>
		0,4141	0,7165	0,6100	0,7819	-0,5850
		P = 0,001	P = 0,000	P = 0,000	P = 0,000	P = 0,000
		V <sub>23</sub>	V <sub>26</sub>	V <sub>27</sub>	V <sub>28</sub>	V <sub>32</sub>
		0,5116	0,4886	-0,4812	0,5389	-0,5999
		P = 0,000	P = 0,000	P = 0,000	P = 0,000	P = 0,000
V <sub>3</sub>	-	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>10</sub>	V <sub>11</sub>	V <sub>14</sub>
		0,5675	0,7165	0,7680	0,7745	0,4692
		P = 0,000	P = 0,000	P = 0,000	P = 0,000	P = 0,001
		V <sub>22</sub>	V <sub>23</sub>	V <sub>26</sub>	V <sub>27</sub>	V <sub>31</sub>
		-0,4514	0,4349	0,6519	-0,6168	0,5311
		P = 0,001	P = 0,001	P = 0,000	P = 0,000	P = 0,001
	V <sub>32</sub>					
		-0,6248				
		P = 0,000				
V <sub>4</sub>	-	korreliert nicht				
V <sub>5</sub>	-	V <sub>8</sub>	V <sub>9</sub>	V <sub>17</sub>	V <sub>18</sub>	V <sub>21</sub>
		0,7875	-0,6229	-0,5895	-0,5123	0,7115
		P = 0,000	P = 0,000	P = 0,000	P = 0,000	P = 0,000
V <sub>6</sub>	-	V <sub>8</sub>	V <sub>9</sub>	V <sub>17</sub>		
		0,4585	-0,4875	-0,4982		
		P = 0,000	P = 0,000	P = 0,000		
V <sub>7</sub>	-	V <sub>8</sub>	V <sub>19</sub>			
		-0,4389	0,4985			
		P = 0,001	P = 0,002			
V <sub>8</sub>	-	V <sub>5</sub>	V <sub>6</sub>	V <sub>7</sub>	V <sub>9</sub>	V <sub>17</sub>
		0,7875	0,4585	-0,4389	-0,5461	-0,4971
		P = 0,000	P = 0,000	P = 0,001	P = 0,000	P = 0,000

V<sub>21</sub>  
0,7113  
P = 0,000

V<sub>9</sub> - V<sub>5</sub>      V<sub>6</sub>      V<sub>8</sub>      V<sub>17</sub>      V<sub>18</sub>  
-0,6229    -0,4875    -0,5461    0,9258    0,6133  
P = 0,000   P = 0,000   P = 0,000   P = 0,000   P = 0,000

V<sub>21</sub>      V<sub>24</sub>  
-0,5071    -0,4324  
P = 0,000   P = 0,001

V<sub>10</sub> - V<sub>1</sub>      V<sub>2</sub>      V<sub>3</sub>      V<sub>11</sub>      V<sub>13</sub>  
0,8478      0,6100      0,7680      0,7887      -0,5779  
P = 0,000   P = 0,000   P = 0,000   P = 0,000   P = 0,000

V<sub>22</sub>      V<sub>26</sub>      V<sub>27</sub>      V<sub>32</sub>  
-0,6240    0,4193    -0,7436    -0,7427  
P = 0,000   P = 0,002   P = 0,000   P = 0,000

V<sub>11</sub> - V<sub>1</sub>      V<sub>2</sub>      V<sub>3</sub>      V<sub>10</sub>      V<sub>13</sub>  
0,6464      0,7819      0,7745      0,7887      -0,4733  
P = 0,000   P = 0,000   P = 0,000   P = 0,000   P = 0,001

V<sub>18</sub>      V<sub>24</sub>      V<sub>26</sub>      V<sub>27</sub>      V<sub>28</sub>  
0,5124      -0,5172    0,4531      -0,5750    0,5578  
P = 0,000   P = 0,000   P = 0,003   P = 0,000   P = 0,000

V<sub>32</sub>  
-0,6035  
P = 0,000

V<sub>12</sub> - V<sub>14</sub>      V<sub>21</sub>  
0,8242      0,4306  
P = 0,000   P = 0,000

V<sub>13</sub> - V<sub>10</sub>      V<sub>11</sub>  
-0,5779      -0,4733  
P = 0,000   P = 0,001

V<sub>14</sub> - V<sub>3</sub>      V<sub>12</sub>      V<sub>32</sub>  
0,4692      0,8242      -0,6775  
P = 0,000   P = 0,000   P = 0,000

V<sub>15</sub> - V<sub>16</sub>      V<sub>19</sub>      V<sub>26</sub>  
0,7268      0,7102      0,8839  
P = 0,002   P = 0,002   P = 0,000



V <sub>16</sub>	-	V <sub>15</sub> 0,7268 P = 0,002	V <sub>20</sub> 0,4859 P = 0,004	V <sub>25</sub> 0,7392 P = 0,000	V <sub>29</sub> 0,5770 P = 0,001	
V <sub>17</sub>	-	V <sub>5</sub> -0,5895 P = 0,000	V <sub>6</sub> -0,4982 P = 0,000	V <sub>8</sub> -0,4971 P = 0,000	V <sub>9</sub> 0,9258 P = 0,000	V <sub>18</sub> 0,6821 P = 0,000
		V <sub>21</sub> -0,5270 P = 0,000	V <sub>24</sub> -0,4098 P = 0,002			
V <sub>18</sub>	-	V <sub>5</sub> -0,5123 P = 0,000	V <sub>9</sub> 0,6133 P = 0,000	V <sub>11</sub> 0,5124 P = 0,000	V <sub>17</sub> 0,6821 P = 0,000	V <sub>24</sub> -0,5710 P = 0,000
		V <sub>29</sub> -0,5138 P = 0,000	V <sub>34</sub> -0,5280 P = 0,000			
V <sub>19</sub>	-	V <sub>7</sub> 0,4985 P = 0,002	V <sub>15</sub> 0,7102 P = 0,002	V <sub>30</sub> 0,5698 P = 0,003		
V <sub>20</sub>	-	V <sub>16</sub> 0,4859 P = 0,004				
V <sub>21</sub>	-	V <sub>5</sub> 0,7115 P = 0,000	V <sub>8</sub> 0,7113 P = 0,000	V <sub>9</sub> -0,5079 P = 0,000	V <sub>12</sub> 0,4306 P = 0,003	V <sub>17</sub> -0,5270 P = 0,000
		V <sub>26</sub> 0,5320 P = 0,000	V <sub>27</sub> -0,5217 P = 0,000	V <sub>31</sub> -0,4694 P = 0,004		
V <sub>22</sub>	-	V <sub>1</sub> -0,4170 P = 0,002	V <sub>2</sub> -0,5850 P = 0,000	V <sub>3</sub> -0,4514 P = 0,001	V <sub>10</sub> -0,6240 P = 0,000	V <sub>26</sub> -0,4484 P = 0,002
		V <sub>27</sub> 0,8905 P = 0,000	V <sub>32</sub> 0,7264 P = 0,000			
V <sub>23</sub>	-	V <sub>2</sub> 0,5116 P = 0,000	V <sub>3</sub> 0,4349 P = 0,001	V <sub>27</sub> -0,4018 P = 0,004	V <sub>28</sub> 0,7669 P = 0,000	V <sub>29</sub> -0,4066 P = 0,004

V<sub>33</sub>  
0,7969  
P = 0,000

V<sub>24</sub> - V<sub>9</sub>            V<sub>11</sub>            V<sub>17</sub>            V<sub>18</sub>            V<sub>28</sub>  
-0,4324    -0,5172    -0,4098    -0,5710    -0,5476  
P = 0,001    P = 0,001    P = 0,002    P = 0,000    P = 0,000

V<sub>29</sub>  
0,7668  
P = 0,000

V<sub>25</sub> - V<sub>16</sub>  
0,7392  
P = 0,000

V<sub>26</sub> - V<sub>2</sub>            V<sub>3</sub>            V<sub>10</sub>            V<sub>11</sub>            V<sub>15</sub>  
0,4886    0,6519    0,4193    0,4531    0,8839  
P = 0,000    P = 0,000    P = 0,002    P = 0,003    P = 0,000

V<sub>21</sub>            V<sub>22</sub>            V<sub>27</sub>            V<sub>31</sub>  
0,5320    -0,4484    -0,4808    0,8015  
P = 0,000    P = 0,002    P = 0,000    P = 0,000

V<sub>27</sub> - V<sub>1</sub>            V<sub>2</sub>            V<sub>3</sub>            V<sub>10</sub>            V<sub>11</sub>  
-0,7625    -0,4812    -0,6168    -0,7436    -0,5750  
P = 0,000    P = 0,000    P = 0,000    P = 0,000    P = 0,000

V<sub>21</sub>            V<sub>22</sub>            V<sub>23</sub>            V<sub>26</sub>            V<sub>32</sub>  
-0,5217    0,8905    -0,4018    -0,4808    0,8560  
P = 0,000    P = 0,000    P = 0,004    P = 0,004    P = 0,000

V<sub>28</sub> - V<sub>2</sub>            V<sub>11</sub>            V<sub>23</sub>            V<sub>24</sub>            V<sub>29</sub>  
0,5389    0,5578    0,7669    -0,5476    -0,4138  
P = 0,000    P = 0,000    P = 0,000    P = 0,000    P = 0,003

V<sub>33</sub>  
0,8479  
P = 0,000

V<sub>29</sub> - V<sub>16</sub>            V<sub>18</sub>            V<sub>23</sub>            V<sub>24</sub>            V<sub>28</sub>  
0,5770    -0,5318    -0,4066    0,7668    -0,4138  
P = 0,001    P = 0,000    P = 0,004    P = 0,000    P = 0,003

V<sub>34</sub>  
0,5482  
P = 0,001

$$\begin{aligned} V_{30} &- V_{19} \\ &0,5698 \\ &P = 0,003 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{31} &- V_3 & V_{26} \\ &0,5311 & 0,8015 \\ &P = 0,001 & P = 0,000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{32} &- V_1 & V_2 & V_3 & V_{10} & V_{11} \\ &-0,7941 & -0,5999 & -0,6248 & -0,7427 & -0,6035 \\ &P = 0,000 & P = 0,000 & P = 0,000 & P = 0,000 & P = 0,000 \\ \\ & V_{14} & V_{21} & V_{22} & V_{27} \\ &-0,6775 & -0,4694 & 0,7264 & 0,8560 \\ &P = 0,000 & P = 0,004 & P = 0,000 & P = 0,000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{33} &- V_{23} & V_{28} \\ &0,7969 & 0,8479 \\ &P = 0,000 & P = 0,000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{34} &- V_{18} & V_{29} \\ &-0,5218 & 0,5482 \\ &P = 0,000 & P = 0,001 \end{aligned}$$

Tab. 12: Faktorenanalyse - Auszug

Variable	Communality	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
V1	0,96439	0,87061	-0,02835	-0,21251	-0,22773
V2	0,74675	0,61319	0,01314	0,46561	0,02803
V3	0,83215	0,82289	-0,03474	0,16235	0,08764
V5	0,84463	0,12885	0,81168	-0,16869	-0,09945
V6	0,81861	-0,23863	0,81569	-0,01106	-0,24187
V7	0,70990	-0,05122	-0,15426	0,19922	-0,04966
V8	0,76743	0,24534	0,58029	0,10860	-0,14224
V9	0,90279	-0,03827	-0,88296	0,10640	-0,31686
V10	0,95010	0,89522	-0,04318	-0,00117	-0,16718
V11	0,90393	0,69550	-0,12475	0,32211	-0,16773
V12	0,96578	0,09575	0,16267	0,22947	0,14602
V13	0,72267	-0,28967	0,02625	0,06969	0,20825
V14	0,97246	0,32363	0,15768	0,13753	0,08018
V16	0,92451	0,21356	0,21592	-0,66582	0,47280
V17	0,90221	-0,03667	-0,87142	0,00564	-0,36871
V18	0,76994	0,19671	-0,41315	0,10812	-0,69490
V19	0,89272	0,09930	0,21818	-0,03489	0,12139
V21	0,85331	0,59645	0,47597	0,19777	0,07846
V22	0,83766	-0,70036	-0,19665	-0,13642	0,03478
V23	0,82749	0,29315	0,11768	0,81523	-0,17504
V24	0,88663	-0,03438	0,14360	-0,26815	0,75711
V26	0,87475	0,75614	0,17311	0,26597	0,34128
V27	0,89691	-0,87792	-0,06995	-0,05375	0,22627
V28	0,91542	0,15858	-0,10555	0,88480	-0,24487
V29	0,89861	-0,04008	-0,04020	-0,30335	0,88516
V31	0,73810	0,59989	-0,19391	0,38201	0,12861
V32	0,97199	-0,79789	0,01779	-0,00908	0,33476
V33	0,83582	0,06374	-0,09804	0,88167	-0,16854
V34	0,74610	-0,22018	-0,06275	-0,18117	0,73169

**B 1: Lithio Xerorthent über Xerollis Calciorthid**

Horizont	Kornfraktionen (%)	Bodenart	Bodenfarbe MUNSELL tr.	organ. Best. %	YC	pH-Wert H <sub>2</sub> O	CaCO <sub>3</sub> (%)
	0 20 40 60 80						
A <sub>1</sub>		u's	10 YR 5/3	0,68	0,40	6,82	
C		u's	10 YR 4/3	0,64	0,38	7,02	
CR							
A'ca		u's	10 YR 7/2	1,29	0,75	6,43	27,1
C'		s	10 YR 6/3	0,40	0,23	7,21	2,5
CR'							
A'ca		u's	10 YR 5/2	0,68	0,40	6,47	29,3
CR							

**Standortbedingungen B 1:**

**Lage:** Osthang der Montana de Lejuna, südöstliche Restinga-Halbinsel  
**Meereshöhe:** 500 m  
**Exposition:** SE  
**Hangneigung:** 28°  
**Mittlerer Jahresniederschlag:** 200 - 250 mm  
**Potentiell natürliche Vegetation:** endemischer Sukkulantenbusch  
**Reale Vegetation:** Strauchschicht - *Senecio kleinia*,  
 Gras-/Krautschicht - *Stylosanthes trifoliate*, *Acaecium hirsutum* u.s., *Grass* (büschelartiger Wuchs)  
**Deckungsgrad:** 30 - 40% in der Strauch- und Krautschicht zusammen  
**Nutzung:** erfüllt weitgehend, teils extensives Weideland, aber nur geringe Spuren von Verbis  
**Gegenwärtiger Bodenabtrag:** Überwiegend gering bis mäßig; flächenhafte Abpflügung und leichte Rinnenerosion; andauernde, teils abnehmende Erosionsintensität  
**Durchwurzelung:** A<sub>1</sub> und C - mäßig, s.T. stark; CR - schwach  
**Ausgangsgestein:** basaltische Lapilli

**B 2: Lithio Meplogeralf**

Horizont	Kornfraktionen (%)	Bodenart	Bodenfarbe MUNSELL tr.	organ. Best. %	YC	pH-Wert H <sub>2</sub> O	CaCO <sub>3</sub> (%)
	0 20 40 60 80						
B <sub>2t</sub>		l'u	7,5 YR 4/6	2,32	1,35	7,05	2,06
B <sub>3</sub>		u's	7,5 YR 4/4	0,62	0,39	6,85	
C							
CR							

**Standortbedingungen B 2:**

**Lage:** Berghang östlich der Cuesta Cayetano, östliches Vorland von Valverde  
**Meereshöhe:** 330 m  
**Exposition:** E  
**Hangneigung:** 20,5°  
**Mittlerer Jahresniederschlag:** um 250 mm  
**Potentiell natürliche Vegetation:** endemischer Sukkulantenbusch  
**Reale Vegetation:** Strauchschicht - *Opuntia dilenii*, *Senecio kleinia*; Gras-/Krautschicht - *Gräser* (büschelartiger Wuchs)  
**Deckungsgrad:** 35 bis über 50% in der Strauch- und Krautschicht zusammen, Anteile rasch wechselnd  
**Nutzung:** extensives Weideland, mäßiger Verbis, vor allem in der Strauchschicht  
**Gegenwärtiger Bodenabtrag:** Überwiegend stark, teils mäßig; flächenhafte Abpflügung dominiert; geringe Deflation; andauernde Abtragungsintensität  
**Durchwurzelung:** B<sub>2t</sub> und B<sub>3</sub> - schwach bis mäßig  
**Ausgangsmaterial:** geringmächtige, teils lückenhafte Basaltschlacke über Basalt

**B 3: Typic Meplogeralf**

Horizont	Kornfraktionen (%)	Bodenart	Bodenfarbe MUNSELL tr.	organ. Best. %	YC	pH-Wert H <sub>2</sub> O
	0 20 40 60 80					
B <sub>2t</sub>		stL	10 YR 5/4	1,29	0,75	6,88
B <sub>3</sub>		ls	10 YR 4/3	0,41	0,24	6,94
CR						

**Standortbedingungen B 3:**

**Lage:** Geländesteufe südwestlich von La Caleta, östliches Vorland von Valverde  
**Meereshöhe:** 287 m  
**Exposition:** ENW  
**Hangneigung:** 18°  
**Mittlerer Jahresniederschlag:** 200 bis 250 mm  
**Potentiell natürliche Vegetation:** endemischer Sukkulantenbusch  
**Reale Vegetation:** Strauchschicht - *Euphorbia obtusifolia*, *Senecio kleinia*; *Euphorbia obtusifolia*, *Senecio kleinia*; Gras-/Krautschicht - *Gräser* (büschelartiger Wuchs), *Rumex lunaria*  
**Deckungsgrad:** 35 - 50% in der Strauch- und Krautschicht zusammen  
**Nutzung:** extensives Weideland, starker Verbis an den endemischen Sukkulanten  
**Gegenwärtiger Bodenabtrag:** Überwiegend stark, teils mäßig; andauernde flächenhafte Abpflügung dominiert; geringe Deflation  
**Durchwurzelung:** B<sub>2t</sub> - mäßig bis stark, B<sub>3</sub> - schwach  
**Ausgangsmaterial:** Basaltschlacke

**B 4: Lithic Regosol**

Horizont	Kornfraktionen (%)				Bodenart	Bodenfarbe MUNSELL tr.	organ. Best. %	tC	pH-Wert H <sub>2</sub> O
	0	20	40	60					
B <sub>2t</sub>					t'L	7,5 YR 4/6	1,65	0,96	6,20
C					u'S	7,5 YR 4/2	0,72	0,42	6,28
CR									

**Standortbedingungen B 4:**

**Lage:** Talhang im mittleren Abschnitt des Barranco de Santiago, Übergangsbereich zwischen Hügelland und Oetlichem Vorland von Valverde  
**Meereshöhe:** 560 m  
**Exposition:** NW  
**Hangneigung:** 40°  
**Mittlerer Jahresniederschlag:** um 350 mm  
**Potentiell natürliche Vegetation:** Übergangsbereich zwischen Lorbeerwald und *Juniperus* - Trockengebüszen  
**Reale Vegetation:** Gras-/Krautschicht - *Grass*, *Sonchus hierrensis*, *Sideritis cystosiphon* u.a.  
**Deckungsgrad:** 75 bis wenig über 80%  
**Nutzung:** intensiv genutztes Weideland, sehr starker Verbis und Vertritt mit kurz gehaltener Grassnarbe  
**Gegenwärtiger Bodenabtrag:** Überwiegend stark, andauernde flächenhafte Abspülung  
**Durchwurzelung:** obere 10 cm sehr stark, darunter schwach bis sehr schwach  
**Ausgangsmaterial:** Basalt, teilweise auch geringmächtige Basaltschlacke über Basalt

**B 5: Mollic Vitrandept**

Horizont	Kornfraktionen (%)				Bodenart	Bodenfarbe MUNSELL tr.	organ. Best. %	tC	pH-Wert H <sub>2</sub> O
	0	20	40	60					
O <sub>1</sub>									
A <sub>11</sub>					s'L	10 YR 2/2	13,25	7,70	5,61
A <sub>12</sub>					l'S	10 YR 3/4	6,06	3,52	5,44
C					u'S	10 YR 6/8	1,50	0,80	5,90
CR									
fo						7,5 YR 3/4			

**Standortbedingungen B 5:**

**Lage:** nördlich des Jabla de Nequena, südwestlicher Teil des zentralen Hochlandes  
**Meereshöhe:** 1337 m  
**Exposition:** SE  
**Hangneigung:** 8,5°  
**Mittlerer Jahresniederschlag:** über 700 mm  
**Potentiell natürliche Vegetation:** Lorbeerwald  
**Reale Vegetation:** mäßig degradiertes Lorbeerwald - *Myrtus*, *Erica arborea*, *Ilex canariensis*, *Laurus azorica* - mit reichem Farne- und Flechtenwuchs  
**Deckungsgrad:** über 90% in der Baumschicht; jeweils um 50% in der Strauch- und Krautschicht  
**Nutzung:** entfällt weitgehend, s.T. geringer Stockachschlag  
**Gegenwärtiger Bodenabtrag:** unmerklich; an den Steilstufen teils schleichender, natürlicher Abtrag  
**Durchwurzelung:** A<sub>11</sub> bis C - stark bis sehr stark  
**Ausgangsmaterial:** basaltische Lapilli

**B 6: Lithic Vitrandept**

Horizont	Kornfraktionen (%)				Bodenart	Bodenfarbe MUNSELL tr.	organ. Best. %	tC	pH-Wert H <sub>2</sub> O
	0	20	40	60					
O <sub>1</sub>									
A <sub>1</sub>					Es	10 YR 4/3	17,23	10,02	5,56
C					l'S	10 YR 5/4	2,05	1,19	5,90
CR									
fo					l'S	7,5 YR 3/4	0,77	0,45	5,92

**Standortbedingungen B 6:**

**Lage:** Berghang südlich der Montaña de la Casita, südliches Hochland - Oetlicher Teil  
**Meereshöhe:** 985 m  
**Exposition:** SSE  
**Hangneigung:** 11°  
**Mittlerer Jahresniederschlag:** 400 - 500 mm  
**Potentiell natürliche Vegetation:** Kanarischer Kiefernwald  
**Reale Vegetation:** *Pinus canariensis* - Altbestand mit natürlicher Verjüngung, teils durchsetzt mit älteren, kleinflächigen *Pinus radiata* - Aufforstungen  
**Deckungsgrad:** über 70 - 85% in der Baumschicht, über 95% Strau- auflege von 4 - 6 cm Mächtigkeit  
**Nutzung:** entfällt weitgehend, lokal forstwirtschaftlich  
**Gegenwärtiger Bodenabtrag:** unmerklich; an den Steilstufen schleichender, natürlicher Abtrag  
**Durchwurzelung:** A<sub>11</sub> bis C - stark bis sehr stark, CR - mäßig  
**Ausgangsmaterial:** basaltische Lapilli

**B 7: Mollic Vitrandept**

Horizont	Kornfraktionen (%)				Bodenart	Bodenfarbe MUNSELL tr.	organ. Best. %	C	pH-Wert		Gew. % H <sub>2</sub> O
	0	20	40	60					H <sub>2</sub> O	KCl	
O <sub>1</sub>											
A <sub>11</sub>	10				us	10 YR 3/2	6,64	3,86	6,54	6,21	0,21
A <sub>12</sub>	20				u'S	10 YR 3/2	8,83	5,14	6,79	6,68	0,05
	30										
	40										
B <sub>2</sub>	50				us	10 YR 5/4	1,70	0,99	6,98	6,35	1,98
	60										
A' <sub>1</sub>	70				u'S	10 YR 3/4	3,22	1,88	7,08	6,98	0,65
B' <sub>2</sub>	80				us	10 YR 5/4	1,80	1,05	7,09	6,97	0,45
	90										
	100										

**Standortbedingungen B 7:**

**Lage:** La Dehesa, westliche Halbinsel  
**Meereshöhe:** 140 m  
**Exposition:** NNW  
**Hangneigung:** 20°  
**Mittlerer Jahresniederschlag:** 200 - 300 mm  
**Potentiell natürliche Vegetation:** *Juniperus phoenicea* - Trokengebüsch  
**Reale Vegetation:** schwach degradierte *Juniperus* - Trokengebüsch in Vergesellschaftung mit endemischen Sukkulenten und *Micromeria* - Flur, starker Flechtenbeuach  
**Deckungsgrad:** Über 60 bis 75% in der Baum-, Strauch- und Krautschicht zusammen, einzelne Formationen kleinflächig rasch wechselnd  
**Nutzung:** entfällt  
**Gegenwärtiger Bodenabtrag:** unmerklich  
**Durchwurzelung:** A<sub>11</sub> bis B<sub>2</sub> - stark bis sehr stark, A'<sub>1</sub> - mäßig, B'<sub>2</sub> - schwach  
**Ausgangsmaterial:** basaltische Lapilli über Basaltschlacke (hier nicht aufgeschlossen)

**B 8: Kerio Extrandep**

Horizont	Kornfraktionen (%)				Bodenart	Bodenfarbe MUNSELL tr.	organ. Best. %	C	pH-Wert			Gew. % H <sub>2</sub> O
	0	20	40	60					H <sub>2</sub> O	KCl	NaF	
A <sub>11</sub>	20				üS	10 YR 3/2	6,74	3,92	5,47	5,45	6,27	
A <sub>12</sub>	40				üS	10 YR 3/3	10,64	6,19	5,39	5,31	1,24	
A <sub>13</sub>	60				uS	7,5 YR 3/2	9,09	5,29	5,66	5,56	10,96 3,48	
	80											
A <sub>14</sub>	100				uS	7,5 YR 4/4	4,80	2,79	5,89	5,88	10,73 9,03	
	120											
A <sub>15</sub>	140				uS	10 YR 3/3	5,54	3,23	5,88	5,87	10,95 14,61	
	160											
A <sub>16</sub>	180				uS	7,5 YR 3/4	4,64	2,70	6,00	5,89	7,22	
A <sub>17</sub>	180				uS	10 YR 3/3	5,22	3,04	6,05	5,97	11,38	
	200											
CR	bis 275 cm											

**Standortbedingungen B 8:**

**Lage:** Unterhang der westlichen Alto de Atara, südwestlicher Teil des Hügellandes  
**Meereshöhe:** 1012 m  
**Exposition:** N  
**Hangneigung:** 26,5°  
**Mittlerer Jahresniederschlag:** 600 - 700 mm  
**Potentiell natürliche Vegetation:** Lorbeerwald  
**Reale Vegetation:** degradiertes, mäßig dichter Lorbeerbuschwald (überwiegend *Myrica faya*, *Erica arborea* und *Lex canariensis*); Gras-/Krautschicht - *Miscanthus sinensis*, Gräser; mäßiger bis starker Flechtenbeuach  
**Deckungsgrad:** Über 45 - 70% in der Baum- und Strauchschicht zusammen, um 45% in der Krautschicht  
**Nutzung:** entfällt weitgehend, teilweise Stockabschlag, lokaler Verbiss  
**Gegenwärtiger Bodenabtrag:** entfällt, Unterhangkolluvium mit gegenwärtig geringer bis mäßiger Zulieferung von Bodenmaterial  
**Durchwurzelung:** A<sub>11</sub> bis A<sub>14</sub> - stark bis sehr stark, A<sub>15</sub> - mäßig  
**Ausgangsmaterial:** basaltische Lapilli (unterhalb 275 cm Tiefe)

Basensättigung  
T S S/T  
A<sub>11</sub> 38,7 22,4 57,9  
A<sub>12</sub> 28,3 15,0 53,0

**B 9: Kerio Extrandep**

Horizont	Kornfraktionen (%)				Bodenart	Bodenfarbe MUNSELL tr.	organ. Best. %	C	pH-Wert		Basensättigung		
	0	20	40	60					H <sub>2</sub> O	T	S	S/T	
O <sub>1</sub>													
A <sub>11</sub>	10				stL	10 YR 2/2	20,86	12,07	5,87				
	20												
	30												
A <sub>12</sub>	40				Is	10 YR 2/2	8,79	5,11	5,38	42,5	21,9	51,5	
	50												
	60												
	70												
	80												
	90												
	100												

**Standortbedingungen B 9:**

**Lage:** Geländestufe östlich von Las Montanetas, nördliches Hochland - östlicher Teil  
**Meereshöhe:** 886 m  
**Exposition:** NNW  
**Hangneigung:** 16°  
**Mittlerer Jahresniederschlag:** um oder etwas unter 600 mm  
**Potentiell natürliche Vegetation:** Lorbeerwald  
**Reale Vegetation:** Baumschicht - *Erica ssp. boissii*, *Myrica faya*, *Eukalyptus*; Strauchschicht - *Chamaecytisus proliferus*  
**Deckungsgrad:** Über 95% in der Baumschicht  
**Nutzung:** entfällt weitgehend, lokal Stockabschlag  
**Gegenwärtiger Bodenabtrag:** unmerklich  
**Durchwurzelung:** A<sub>11</sub> und A<sub>12</sub> - sehr stark  
**Ausgangsmaterial:** vermutlich basaltische Lapilli über Basaltschlacke (hier nicht aufgeschlossen)

**B 10: Lithic Xerorthent**

Horizont	Kornfraktionen (%)				Bodenart	Bodenfarbe MUNSELL tr.	organ. Dest.%	tC	pH-Wert		Gew.% H <sub>2</sub> O
	0	20	40	60					H <sub>2</sub> O	KCl	
A <sub>1</sub>	10	10	10	10	1'S	7,5 YR 4/4	2,25	1,31	5,78	5,36	0,02
CR	20	20	20	20							
	30	30	30	30							
	40	40	40	40							
	50	50	50	50							
	60	60	60	60							
	70	70	70	70							
	80	80	80	80							
	90	90	90	90							
	100	100	100	100							

**Standortbedingungen B 10:**

**Lage:** Geländestufe Ostlich der Montana de las Rosas, zentrales Hochland, südöstlicher Teil  
**Meereshöhe:** 925 m  
**Exposition:** ENE  
**Hangneigung:** 24°  
**Mittlerer Jahresniederschlag:** um 450 mm  
**Potentiell natürliche Vegetation:** Kanarischer Kieferwald  
**Reale Vegetation:** schütterer Grasfzlr, vereinzelt *Chamaecytisus proliferus*  
**Deckungsgrad:** maximal 70% in der Gras-/Krautschicht, rasch wechsellnd  
**Nutzung:** entfällt weitgehend, teilweise extensives Weideland  
**Gegenwärtiger Bodenabtrag:** Überwiegend stark, andauernde bis zunehmende Intensität; Überwiegend lineare und gravitative Abtragungsprozesse  
**Durchwurzelung:** A<sub>1</sub> - mäßig, CR - sehr schwach  
**Ausgangsmaterial:** basaltische Lapilli und Basaltschlacke

**B 11: Typic Vitrandept über Psammentic Haploxeralf**

Horizont	Kornfraktionen (%)				Bodenart	Bodenfarbe MUNSELL tr.	organ. Dest.%	tC	pH-Wert	
	0	20	40	60					H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
O <sub>1</sub>	10	10	10	10						
A <sub>1</sub>	10	10	10	10	2L	10 YR 5/4	10,83	6,30	5,51	
B <sub>2</sub>	20	20	20	20	1S	10 YR 5/4	5,91	3,44	5,73	
A' <sub>2</sub>	30	30	30	30	1'S	7,5 YR 4/6	2,15	1,25	6,09	
	40	40	40	40						
B' <sub>2t</sub>	50	50	50	50	1S	7,5 YR 3/4	2,04	1,18	6,18	
	60	60	60	60						
	70	70	70	70						
	80	80	80	80						
	90	90	90	90						
	100	100	100	100						

**Standortbedingungen B 11:**

**Lage:** Umgebung von La Corona de los Difuntos, südliches Hochland, nordöstlicher Teil  
**Meereshöhe:** 1126 m  
**Exposition:** SE  
**Hangneigung:** 10°  
**Mittlerer Jahresniederschlag:** 450 - 500 mm  
**Potentiell natürliche Vegetation:** Kanarischer Kieferwald  
**Reale Vegetation:** *Pinus canariensis* - Altbestand mit natürlicher Verjüngung, lokal durchsetzt mit älteren, kleinflüchigen *Pinus canariensis* - Aufforstungen  
**Deckungsgrad:** Über 60 - 85% in der Baumschicht; Über 95% Streuauflage mit 4 - 6 cm Mächtigkeit  
**Nutzung:** entfällt weitgehend, lokal forstwirtschaftlich  
**Gegenwärtiger Bodenabtrag:** unmerklich, an den steilen Geländestufen s.T. schleichender, natürlicher Abtrag  
**Durchwurzelung:** A<sub>1</sub> bis A'<sub>2</sub> - stark bis sehr stark, B'<sub>2t</sub> - mäßig  
**Ausgangsmaterial:** basaltische Lapilli (hier nicht aufgeschlossen)

**B 12: Typic Xerorthent über Psammentic Haploxeralf**

Horizont	Kornfraktionen (%)				Bodenart	Bodenfarbe MUNSELL tr.	organ. Dest.%	tC	pH-Wert	
	0	20	40	60					H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
A <sub>1</sub>	20	20	20	20	u'S	10 YR 4/3	0,77	0,46	5,91	
C <sub>1</sub>	40	40	40	40	u'S	10 YR 3/2	0,58	0,34	6,20	
C <sub>2</sub>	60	60	60	60	u'S	10 YR 3/2	0,32	0,19	6,23	
CR	80	80	80	80						
	100	100	100	100						
A' <sub>2</sub>	120	120	120	120	uS	5 YR 3/4	0,36	0,21	6,35	
	140	140	140	140						
B' <sub>2t</sub>	160	160	160	160	sUL	7,5 YR 3/4	0,38	0,23	5,94	
	180	180	180	180						
B' <sub>3</sub>	200	200	200	200	1'S	7,5 YR 3/4	0,61	0,36	6,21	
	220	220	220	220						
	240	240	240	240						
	260	260	260	260						
	280	280	280	280						
	300	300	300	300						

**Standortbedingungen B 12:**

**Lage:** südöstlichster Hangfuß der Chamucada, östlicher Teil des zentralen Hochlandes  
**Meereshöhe:** 985 m  
**Exposition:** ESE  
**Hangneigung:** 21,5°  
**Mittlerer Jahresniederschlag:** 400 - 500 mm  
**Potentiell natürliche Vegetation:** klimatisch gesehen kanarischer Kieferwald; Ausgangsmaterial mit hier etwa 2.900 Jahren wahrscheinlich aber noch zu jung, als daß sich darauf bis heute ein Kieferwald hätte bilden können  
**Reale Vegetation:** *Microrseia vesia* - Gräser  
**Deckungsgrad:** 20 - 40% in der Gras-/Krautschicht, stark wechsellnd  
**Nutzung:** entfällt weitgehend, teils extensives Weideland  
**Gegenwärtiger Bodenabtrag:** gering bis mäßig, Überwiegend leichte Rinnenerosion; andauernde Intensität  
**Durchwurzelung:** A<sub>1</sub> bis C<sub>2</sub> - schwach bis mäßig  
**Ausgangsmaterial:** basaltische Lapilli



**B 13i Ullie Haplozemal**

Horizont	Kornfraktionen (%)				Bodenart	Bodenfarbe MUNZELL tr.	organ. Best. %	tC	pH-Wert H <sub>2</sub> O
	0	20	40	80					
A <sub>2</sub>					uIs	10 YR 4/3	11,12	6,47	5,70
B <sub>2t</sub>					suL	7,5 YR 3/4	1,68	0,98	5,78
B <sub>3</sub>					s'uL	7,5 YR 3/2	0,50	0,29	5,75

**Standortbedingungen B 13:**

**Lage:** Berghang Ostlich von San Andres, zentrales Hochland - Ostlicher Teil  
**Meereshöhe:** 925 m  
**Exposition:** NNW  
**Hangneigung:** 32,5°  
**Mittlerer Jahresniederschlag:** 400 - 500 mm  
**Potentiell natürliche Vegetation:** Kanarischer Kiefernwald  
**Reale Vegetation:** Strauchschicht - *Erica arborea*, *Cistus monspeliensis*; Krautschicht - *Micromeria varia*  
**Deckungsgrad:** um 75% in der Strauchschicht; 40 - 60% in der Krautschicht  
**Nutzung:** entfällt gegenwärtig, sekundär verbuschte ehemalige Weideweiden  
**Gegenwärtiger Bodenabtrag:** schleichend bis gering, Überwiegend flächenhaft, abnehmende Intensität  
**Durchwurzelung:** A<sub>2</sub> - stark bis sehr stark, B<sub>2t</sub> - mäßig bis stark, B<sub>3</sub> - sehr schwach  
**Ausgangsmaterial:** basaltische Lapilli und Basaltische (hier nicht aufgeschlossen)

**B 14i Fragmentic Haplozemal**

Horizont	Kornfraktionen (%)				Bodenart	Bodenfarbe MUNZELL tr.	organ. Best. %	tC	pH-Wert H <sub>2</sub> O	KCl	MAF	Gew. % H <sub>2</sub> O	CaCO <sub>3</sub> (%)
	0	20	40	80									
A <sub>1</sub>					uS	10 YR 4/4	1,65	0,96	7,80	6,98		0,23	0,2
A <sub>2</sub>					u'S	10 YR 5/4	0,90	0,53	7,27	6,51		0,43	1,0
B <sub>2t</sub>					uS	10 YR 5/6	0,64	0,38	7,06	6,46	9,85	0,51	0,4
B <sub>3</sub>					uS	10 YR 5/4	1,70	0,99	7,33	6,87		0,27	0,5
CR													
ca						Kalkkruste							
ca							10 YR 8/2			8,79	8,21		37,1
fo					uS	10 YR 5/4	1,03	0,61	8,43	7,86		0,92	2,4

**Standortbedingungen B 14:**

**Lage:** südliches Vorland von Tebique, südliches Hochland - süd-Ostlicher Teil  
**Meereshöhe:** 665 m  
**Exposition:** SE  
**Hangneigung:** 0°  
**Mittlerer Jahresniederschlag:** 250 - 300 mm  
**Potentiell natürliche Vegetation:** Übergangsbereich zwischen kanarischem Kiefernwald und *Juniperus phoenicea*-Trockengebüschen  
**Reale Vegetation:** Strauchschicht - *Opuntia ficus-indica*, *Senecio kleinia*, vereinzelt buschförmige Exemplare von *Pinus canariensis*; Gräser-Krautschicht - *Gräser*, *Echium*  
**Deckungsgrad:** Über 90% in der Strauch- und Krautschicht zusammen  
**Nutzung:** entfällt gegenwärtig weitgehend, lokal extensives Weideland, früher Trockenfeldbau  
**Gegenwärtiger Bodenabtrag:** schleichend bis gering, ganz Überwiegend flächenhaft, abnehmende Intensität  
**Durchwurzelung:** A<sub>1</sub> und A<sub>2</sub> - sehr stark, B<sub>2t</sub> - schwach bis mäßig  
**Ausgangsmaterial:** basaltische Lapilli

**B 15: Udic Haglösseralf**

Horizont	Kornfraktionen (%)				Bodenart	Bodenfarbe MUNSELL tr.	organ. Best.%	tC	pH-Wert			Gew.% H <sub>2</sub> O
	0	20	40	80					H <sub>2</sub> O	KCl	NaF	
A <sub>2</sub>	10	20	30	80	us	7,5 YR 4/6	3,35	1,95	6,05	5,58	0,34	
B <sub>2c</sub>	50	60	70	80	t'L	7,5 YR 3/4	1,41	0,83	6,24	5,71	1,37	
B <sub>3</sub>	100	110	120	130	t'L	5 YR 4/6	1,03	0,65	6,18	5,60	7,67	

**Standortbedingungen B 15:**

**Lage:** flacher Hang östlich von San Andres, zentrales Hochland - östlicher Teil  
**Meereshöhe:** 920 m  
**Exposition:** W  
**Hangneigung:** 6,5°  
**Mittlerer Jahresniederschlag:** 400 - 500 mm  
**Potentiell natürliche Vegetation:** Kanarischer Kieferwald  
**Reale Vegetation:** Gras-/Krautschicht - Gräser, Ch e i r a n - t u s v i r e s c e n s; lokal starker Flechtenbevuuch  
**Deckungsgrad:** um oder wenig über 90%  
**Nutzung:** intensiv genutztes Weideland mit extrem kurzer Grasnarbe, sehr starker Verbis und Vertritt  
**Gegenwärtiger Bodenabtrag:** meist mäßig bis stark, Überwiegend flächenhafte Abspülung, lokal Mobilität des tonreichen B<sub>2c</sub>-Horizontes, andauernde bis zunehmende Intensität  
**Durchwurzelung:** A<sub>2</sub> - obere 10 cm stark bis sehr stark, darunter schwach, B<sub>2c</sub> - sehr schwach  
**Ausgangsmaterial:** basaltische Lapilli und Basaltschlacke (hier nicht aufgeschlossen)

**B 16: Typic Rhodossalf**

Horizont	Kornfraktionen (%)				Bodenart	Bodenfarbe MUNSELL tr.	organ. Best.%	tC	pH-Wert			Gew.% H <sub>2</sub> O
	0	20	40	80					H <sub>2</sub> O	KCl	NaF	
A <sub>1</sub>	10	20	30	80	uis	10 YR 4/6	2,32	1,35	6,22	5,69	2,38	
A <sub>2</sub>	20	30	40	80	eIU	7,5 YR 5/8	1,16	0,68	6,27	5,77	6,82	
B <sub>2c</sub>	60	70	80	90	1'U	2,5 YR 4/8	0,70	0,41	6,44	5,87	5,09	
B <sub>3</sub>	100	110	120	130	us	5 YR 5/8	0,35	0,20	6,53	5,92	3,01	

**Standortbedingungen B 16:**

**Lage:** östliche Umgebung der Montana de las Rosas, südöstlicher Teil des zentralen Hochlandes  
**Meereshöhe:** 970 m  
**Exposition:** NE  
**Hangneigung:** 9,5°  
**Mittlerer Jahresniederschlag:** um 500 mm  
**Potentiell natürliche Vegetation:** Kanarischer Kieferwald  
**Reale Vegetation:** Grasflur, stark durchsetzt mit M i c r o m e r i a v a r i a, lokal schwacher bis mäßiger Flechtenbevuuch  
**Deckungsgrad:** 40 bis über 60%  
**Nutzung:** extensives Weideland, früher großflächig Trockenfeldbau  
**Gegenwärtiger Bodenabtrag:** Überwiegend stark, flächenhafte Abspülung dominiert; andauernde bis zunehmende Intensität  
**Durchwurzelung:** A<sub>1</sub> - mäßig bis stark, A<sub>2</sub> - bis 20 cm Tiefe mäßig, darunter schwach bis sehr schwach  
**Ausgangsmaterial:** basaltische Lapilli und Basaltschlacke

**B 17: Lithic Entandosalf**

Horizont	Kornfraktionen (%)				Bodenart	Bodenfarbe MUNSELL tr.	organ. Best.%	tC	pH-Wert			Gew.% H <sub>2</sub> O
	0	20	40	80					H <sub>2</sub> O	KCl	NaF	
A <sub>1</sub>	10	20	30	80	üU	10 YR 4/4	3,39	1,98	6,23	6,06	10,49	0,82
B <sub>2</sub>	20	30	40	80	üU	10 YR 5/4	2,79	1,63	6,42	6,22	10,76	1,27
B <sub>3</sub>	30	40	50	80	us	10 YR 4/6	2,77	1,61	5,68	5,82	5,34	
CR	50	60	70	80								

**Standortbedingungen B 17:**

**Lage:** Oberhang des Asonadas, zentrales Hochland - südwestlicher Teil  
**Meereshöhe:** 1363 m  
**Exposition:** NNW  
**Hangneigung:** 35°  
**Mittlerer Jahresniederschlag:** über 700 mm  
**Potentiell natürliche Vegetation:** Lorbeerwald  
**Reale Vegetation:** Gras-/Krautschicht - M i c r o p o r e i a v a - r i a, Gräser, mäßig starker Flechtenbevuuch  
**Deckungsgrad:** um oder wenig über 90%  
**Nutzung:** extensives Weideland mit mäßig starkem Verbis  
**Gegenwärtiger Bodenabtrag:** mäßig bis stark, Überwiegend andauernde, lokal abnehmende Intensität, linienhafte Abtragungsprozesse dominieren, geringe bis mäßige Deflation  
**Durchwurzelung:** A<sub>1</sub> - sehr stark, B<sub>2</sub> - mäßig bis stark, B<sub>3</sub> - schwach  
**Ausgangsmaterial:** basaltische Lapilli

**B 18: Ullig Hageneralf**

Horizont	Kornfraktionen (%)				Bodenart	Bodenfarbe MUNSELL tr.	organ. Dest.%	c	pH-Wert			Gew.% H <sub>2</sub> O
	0	20	40	80					H <sub>2</sub> O	KCl	NaF	
A <sub>2</sub>					uL	7,5 YR 4/4	4,16	2,42	5,74	5,43		3,61
B <sub>2t</sub>					t'L	7,5 YR 4/6	1,80	1,05	5,90	5,67	9,71	3,83
cm												

**Standortbedingungen B 18:**

Lage: östliche Umgebung von San Andres, zentrales Hochland - östlicher Teil  
Meereshöhe: 940 m  
Exposition: N  
Hangneigung: unter 4°  
Mittlerer Jahresniederschlag: 400 - 500 mm  
Potentiell natürliche Vegetation: Kanarischer Kieferwald  
Reale Vegetation: Gräser, lokal Flechtenbewuchs  
Deckungsgrad: 85 bis über 90%  
Nutzung: intensive Weidewirtschaft mit sehr starkem Verbiss und Vertritt, extrem kurze Grasnarbe  
Gegenwärtiger Bodenabtrag: mäßig bis stark, überwiegend flächenhafte Abspülung, andauernde bis zunehmende Intensität  
Durchwurzelung: A<sub>2</sub> - obere 10 cm sehr stark, dann mäßig bis schwach, B<sub>2t</sub> - sehr schwach  
Ausgangsmaterial: basaltische Lapilli und Basaltschlacke (hier nicht aufgeschlossen)

**B 19: Dypic Vitrandegt**

Horizont	Kornfraktionen (%)				Bodenart	Bodenfarbe MUNSELL tr.	organ. Dest.%	c	pH-Wert			Gew.% H <sub>2</sub> O
	0	20	40	80					H <sub>2</sub> O	KCl	NaF	
O <sub>1</sub>												
A <sub>1</sub>					u'D	10 YR 5/4	1,80	1,05	6,11	6,09		0,77
B <sub>2</sub>					u'S	10 YR 5/4	1,03	0,60	5,99	5,64		0,51
C					S	10 YR 5/3	0,70	0,42	5,97	5,66		0,49
CR												
cm												

**Standortbedingungen B 19:**

Lage: Hangfuß des Mercedel, südliches Hochland - südwestlicher Teil  
Meereshöhe: 882 m  
Exposition: SSE  
Hangneigung: 12°  
Mittlerer Jahresniederschlag: um 400 mm  
Potentiell natürliche Vegetation: Kanarischer Kieferwald  
Reale Vegetation: Pinus canariensis - Altbestand mit natürlicher Verjüngung  
Deckungsgrad: über 70 - 85 in der Baumschicht, über 95% Streuauflage mit 5 - 7 cm Mächtigkeit  
Nutzung: entfällt weitgehend, lokal forstwirtschaftlich  
Gegenwärtiger Bodenabtrag: unmerklich, an den Steilstufen lokal schleichernder, natürlicher Abtrag  
Durchwurzelung: A<sub>1</sub> bis C - stark bis sehr stark, CR - schwach bis mäßig  
Ausgangsmaterial: basaltische Lapilli

**B 20: Kerio Vitrandegt**

Horizont	Kornfraktionen (%)				Bodenart	Bodenfarbe MUNSELL tr.	organ. Dest.%	c	pH-Wert			Gew.% H <sub>2</sub> O	
	0	20	40	80					H <sub>2</sub> O	KCl	NaF		
A <sub>11</sub>					uS	10 YR 3/3	9,28	5,40	5,73	5,57		0,26	
A <sub>12</sub>					uS	10 YR 4/3	7,00	4,08	5,15	5,13	10,44	1,28	
A <sub>13</sub>					uS	10 YR 3/3	5,31	3,09	5,97	5,86		0,61	
B					u'S	10 YR 4/4	2,32	1,35	6,64	6,30		0,20	
A <sub>11</sub> '					uS	10 YR 4/3	3,04	1,77	6,29	6,16		4,53	
A <sub>12</sub> '					uS	10 YR 4/4	3,09	1,80	6,18	6,17	10,60	3,20	
A <sub>13</sub> '					uS	10 YR 4/3	4,03	2,34	6,09	5,83		8,89	
D <sub>1</sub> '					uS	10 YR 5/6	2,03	1,18	6,13	6,10	10,62	6,88	
CR													
cm													
							Basenättigung						
							T	S	S/T				
							A <sub>13</sub>	21,8	14,3	65,6			

**Standortbedingungen B 20:**

Lage: Hangfuß eines Sekundärkegels westlich des Timbarombo, zentrales Hochland - westlicher Teil  
Meereshöhe: 1275 m  
Exposition: NE  
Hangneigung: 11°  
Mittlerer Jahresniederschlag: über 700 mm  
Potentiell natürliche Vegetation: Lorbeerwald  
Reale Vegetation: Gras-/Krautschicht - Gräser, Micromeria  
Deckungsgrad: über 90%  
Nutzung: intensiv genutztes Weideland mit Überwiegend starkem Verbiss  
Gegenwärtiger Bodenabtrag: entfällt weitgehend; Hangfuskolluvium mit noch intensiver Zulieferung von Bodenmaterial, nur bei besonders ergiebigen Starkregen noch Weitertransport von Bodenmaterial in den Erosionsrillen  
Durchwurzelung: A<sub>11</sub> - sehr stark, A<sub>12</sub> - mäßig bis stark, A<sub>13</sub> - sehr schwach  
Ausgangsmaterial: basaltische Lapilli

**B 21: Typic Vitrandept**

Horizont	Kornfraktionen (%)				Bodenart	Bodenfarbe MUNSELL tr.	organ. Dest.%	tC	pH-Wert	
	0	20	40	60					H <sub>2</sub> O	KCl
A <sub>p</sub>	10	10	10	10	us	10 YR 5/4	1,78	1,04	5,75	
B <sub>2</sub>	20	20	20	20	us	10 YR 4/4	1,38	0,80	5,92	
B <sub>3</sub>	50	50	50	50	us	7,5 YR 3/4	0,96	0,56	6,10	
70										
cm										

**Standortbedingungen B 21:**

**Lage:** südlich der Montana de la Casita, südliches Hochland - östlicher Teil  
**Meereshöhe:** 976 m  
**Exposition:** SSE  
**Hangneigung:** 5°  
**Mittlerer Jahresniederschlag:** 400 - 500 mm  
**Potenitiell natürliche Vegetation:** Kanarischer Kieferwald  
**Reale Vegetation:** Getreide (Mais)  
**Deckungsgrad:** 10 - 20% (August - abgeerntetes Feld, Stoppeln)  
**Nutzung:** Trockenfeldbau, terrassiertes Getreidefeld  
**Gegenwärtiger Bodenabtrag:** sehr gering, überwiegend flächenhafte Abpflügelung, geringe Deflation  
**Durchwurzelung:** A<sub>p</sub> - sehr stark, B<sub>2</sub> - mäßig bis schwach, B<sub>3</sub> - sehr schwach  
**Ausgangsmaterial:** basaltische Lapilli (hier nicht aufgeschlossen)

**B 22: Typic Vitrandept**

Horizont	Kornfraktionen (%)				Bodenart	Bodenfarbe MUNSELL tr.	organ. Dest.%	tC	pH-Wert		Gew. % H <sub>2</sub> O
	0	20	40	60					H <sub>2</sub> O	KCl	
A <sub>1</sub>	10	10	10	10	us	10 YR 4/4	2,58	1,50	6,63	5,91	0,33
B <sub>2</sub>	20	20	20	20	us	10 YR 4/6	1,88	1,10	6,93	6,04	1,40
C	40	40	40	40	us	10 YR 5/8	0,87	0,51	6,68	6,20	1,22
60											
cm											

**Standortbedingungen B 22:**

**Lage:** La Dehesa, westliche Halbinsel  
**Meereshöhe:** 465 m  
**Exposition:** NNW  
**Hangneigung:** 16°  
**Mittlerer Jahresniederschlag:** 200 - 300 mm  
**Potenitiell natürliche Vegetation:** Juniperus phoenicea - Trockengehölze  
**Reale Vegetation:** schütterer Graufilz, mäßig stark durchsetzt mit Micromeria varia, lokal starker Flechtenbewuchs  
**Deckungsgrad:** über 50 - 70%  
**Nutzung:** gegenwärtig extensives Weideland, früher Trockenfeldbau, mäßig starker Verbis  
**Durchwurzelung:** A<sub>1</sub> - stark, B<sub>2</sub> - obere 10 cm mäßig, darunter sehr schwach  
**Ausgangsmaterial:** Basaltschlacke, lokal noch geringmächtige Lapillischicht (unter 10 cm) über Basaltschlacke

**B 23: Serie Eutrandopt**

Horizont	Kornfraktionen (%)				Bodenart	Bodenfarbe MUNSELL tr.	organ. Dest.%	tC	pH-Wert			Basensättigung		
	0	20	40	60					H <sub>2</sub> O	KCl	NaF	T	S	S/T
A <sub>11</sub>	10	10	10	10	us	10 YR 4/4	3,28	1,91	6,08	5,79	33,0	23,0	70,4	
A <sub>12</sub>	20	20	20	20	us	10 YR 4/4	3,16	1,84	6,21	5,86	10,55	30,5	21,6	70,8
B <sub>2</sub>	50	50	50	50	u's	7,5 YR 4/6	0,71	0,41	6,44	6,35				
70														
80														
cm														

**Standortbedingungen B 23:**

**Lage:** Mittel- bis Unterhang der Montana de Afosa, zentrales Hochland - westlicher Teil  
**Meereshöhe:** 1158 m  
**Exposition:** NNE  
**Hangneigung:** 16°  
**Mittlerer Jahresniederschlag:** um 700 mm  
**Potenitiell natürliche Vegetation:** Lorbeerwald  
**Reale Vegetation:** Strauchschicht - *M. X. I. C. E. F. A. Y. B.*, *Cha-maocyttisua proliferus*; Krautschicht - *M. I. C. E. R. E. E. A. V. A. E. I. A.*; Gräser; mäßiger bis starker Flechtenbewuchs  
**Deckungsgrad:** 65 - 75% in der Krautschicht, Strauchschicht - maximal 30 - 35%, rasch wechselnd  
**Nutzung:** entfällt gegenwärtig weitgehend, früher extensives Weideland  
**Gegenwärtiger Bodenabtrag:** Überwiegend mäßig; linienhafte und gravitative Abtragungsprozesse dominieren, abnehmende Intensität  
**Durchwurzelung:** A<sub>11</sub> - sehr stark, A<sub>12</sub> - mäßig bis stark, B<sub>2</sub> - schwach  
**Ausgangsmaterial:** basaltische Lapilli (hier nicht aufgeschlossen)

**B 24: Lithic\_Vitrandept**

Horizont	Kornfraktionen (%)				Bodenart	Bodenfarbe MUNSELL tr.	organ. Dest.%	tC	pH-Wert	
	0	20	40	60					H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
A <sub>1</sub>	10	10	10	10	1'S	7,5 YR 4/4	5,48	3,19	5,90	
B <sub>2</sub>	20	20	20	20	1'S	5 YR 4/4	1,93	1,13	5,05	
B <sub>3</sub>	30	30	30	30	1'S	7,5 YR 3/4	2,58	1,50	6,22	
C	40	40	40	40	u'S	7,5 YR 4/2	0,69	0,40	6,31	
CR	50	50	50	50						
cm	60	60	60	60						

**Standortbedingungen B 24:**

**Legg:** Berghang westlich der Punta de Tigrrote, Übergangsbereich zwischen südlichen Hügelland und nordöstlichen Steilabfall  
**Meereshöhe:** 908 m  
**Exposition:** ENE  
**Hangneigung:** 34°  
**Mittlerer Jahresniederschlag:** um 500 mm  
**Potenitiell natürliche Vegetation:** Übergangsbereich zwischen Kiefern- und Lorbeerwald  
**Reale Vegetation:** Baum-/Strauchschicht - *ERICA AEROSA*, *Cistus monspeliensis*; Überwiegend mäßig degradierte Buschwaldbestände  
**Deckungsgrad:** 70 - 80% in der Strauchschicht  
**Nutzung:** entfällt  
**Gegenwärtiger Bodenabtrag:** meist gering; schwach ausgeprägte Rinnenerosion überwiegt gegenüber flächenhaften Abtragungsprozessen; abnehmende Intensität  
**Durchwurzelung:** A<sub>1</sub> bis C - stark bis sehr stark  
**Ausgangsmaterial:** Basalttschläcke über Basalt

**B 25: Udic\_Eptic\_Mergeschippe\_Eploxergalf**

Horizont	Kornfraktionen (%)				Bodenart	Bodenfarbe MUNSELL tr.	organ. Dest.%	tC	pH-Wert	
	0	20	40	60					H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
A <sub>p</sub>	10	10	10	10	au	5 YR 5/6	2,58	1,50	5,91	
B <sub>2t</sub>	20	20	20	20	uL	5 YR 4/3	2,40	1,42	5,90	
B <sub>3</sub>	30	30	30	30	1'U	5 YR 3/3	1,62	0,96	6,13	
C	40	40	40	40	uS	2,5 YR 3/6	0,87	0,51	5,98	
CR	50	50	50	50						
	60	60	60	60						
	70	70	70	70						
to	80	80	80	80	1'U	2,5 YR 3/4	0,64	0,38	5,86	
cm	90	90	90	90						
	100	100	100	100						

**Standortbedingungen B 25:**

**Legg:** Ostliches Umland der Montaña de las Rosas, zentrales Hochland - östlicher Teil  
**Meereshöhe:** 973 m  
**Exposition:** SSE  
**Hangneigung:** 6°  
**Mittlerer Jahresniederschlag:** um 500 mm  
**Potenitiell natürliche Vegetation:** Kanarischer Kiefernwald  
**Reale Vegetation:** Baum-/Strauchschicht - *CHAMAECYPRUS*, *ERICA AEROSA*, *JUNIPERUS CADRUBA* (gepflanzt), Agaven; Gras-/Krautschicht - schütterer Grafsfarr  
**Deckungsgrad:** 40 bis über 65% in der Strauch- und Krautschicht zusammen; Anteile der Baum- und Strauchschicht rasch wechselnd  
**Nutzung:** entfällt gegenwärtig weitgehend, lokal extensives Weideland; bis vor wenigen Jahren Trockenfeldbau  
**Gegenwärtiger Bodenabtrag:** Überwiegend mäßig, lokal stark; flächenhafte Abpflügelung dominiert, andauernde Intensität  
**Durchwurzelung:** A<sub>p</sub> bis B<sub>3</sub> - überwiegend stark, rasch wechselnd, C = schwach  
**Ausgangsmaterial:** Basalttschläcke, lokal basaltische Lapilli

**B 26: Übergang\_von\_Meric\_Eutrandept\_zum\_Epmentic\_Eploxergalf**

Horizont	Kornfraktionen (%)				Bodenart	Bodenfarbe MUNSELL tr.	organ. Dest.%	tC	pH-Wert			Gew.% H <sub>2</sub> O
	0	20	40	60					H <sub>2</sub> O	KCl	NaF	
A <sub>2</sub>	10	10	10	10	2U	7,5 YR 4/4	6,19	3,60	5,82	5,72	11,36	6,55
A <sub>t</sub>	20	20	20	20	2U	7,5 YR 4/4	6,83	3,98	5,80	5,75	11,16	2,46
A <sub>3</sub>	30	30	30	30	2U	7,5 YR 4/6	5,16	3,00	5,78	5,77		3,22
	40	40	40	40								
	50	50	50	50								
	60	60	60	60								
B <sub>2</sub>	70	70	70	70	us	7,5 YR 4/6	1,67	0,98	5,92	5,85		8,14
	80	80	80	80								
	90	90	90	90								
cm	100	100	100	100								

**Standortbedingungen B 26:**

**Legg:** Gipfel des Sekundärkegels westlich vom Tinbarombo, zentrales Hochland - westlicher Teil  
**Meereshöhe:** 1335 m  
**Exposition:** entfällt (Kammlage)  
**Hangneigung:** unter 3°  
**Mittlerer Jahresniederschlag:** über 700 mm  
**Potenitiell natürliche Vegetation:** Lorbeerwald  
**Reale Vegetation:** Krautschicht - *MICROMERIA VARIATA*; geringer Flechtenbewuchs  
**Deckungsgrad:** 15 - 25%, rasch wechselnd  
**Nutzung:** entfällt  
**Gegenwärtiger Bodenabtrag:** stark bis sehr stark; vorherrschend flächenhafte Abpflügelung und starke Deflation; andauernde bis zunehmende Intensität  
**Durchwurzelung:** A<sub>1</sub> bis A<sub>t</sub> - mäßig bis sehr schwach, lokal rasch wechselnd  
**Ausgangsmaterial:** basaltische Lapilli (hier nicht aufgeschlossen)

**B 27: Lithic Mollic Vitrandept über Paemantic haplozealf**

Horizont	Kornfraktionen (%)				Bodenart	Bodenfarbe MUNSELL tr.	organ. Best.%	tC	pH-Wert		Gew.% H <sub>2</sub> O
	0	20	40	60					H <sub>2</sub> O	KCl	
A <sub>1</sub>	10	10	10	10	us	10 YR 3/3	8,90	5,18	5,73	5,68	3,38
	20	10	10	10							
A <sub>2</sub>	30	10	10	10	us	10 YR 4/3	4,32	2,51	6,01	5,92	3,68
C	40	10	10	10	u's	10 YR 5/6	1,80	1,05	6,03	6,01	0,11
CR	50	10	10	10							
A' <sub>1</sub>	60	10	10	10	us	10 YR 3/3	3,09	1,80	6,22	6,19	4,29
A' <sub>2</sub>	70	10	10	10	us	10 YR 5/6	3,19	1,86	6,42	6,30	7,66
B' <sub>2t</sub>	80	10	10	10	us	7,5 YR 3/4	2,85	1,47	6,45	6,36	6,32
	90										
	100										

**Standortbedingungen B 27:**

**Leg:** Mittelhang des Asomadas, zentrales Hochland - südwestlicher Teil  
**Meereshöhe:** 1337 m  
**Exposition:** NW  
**Hangneigung:** 36°  
**Mittlerer Jahresniederschlag:** über 700 mm  
**Potentiell natürliche Vegetation:** Lorbeerwald  
**Reale Vegetation:** Gras-/Krautschicht -  $H \bar{H} \bar{E} \bar{E} \bar{O} \bar{O} \bar{O} \bar{E} \bar{E} \bar{E} \bar{E}$   
 $\bar{Y} \bar{E} \bar{E} \bar{E} \bar{E} \bar{E}$  Gräser  
**Deckungsgrad:** 80 - 90%  
**Nutzung:** extensives Weideland, geringer bis mäßiger Verbis  
**Gegenwärtiger Bodenabtrag:** Überwiegend mäßig, Überwiegend linienhafte Abtragprozesse, geringe bis mäßige Deflation; andauernde Intensität  
**Durchwurzelung:** A<sub>1</sub> - stark bis sehr stark, A<sub>2</sub> - schwach bis mäßig  
**Ausgangsmaterial:** basaltische Lapilli

**B 28: Paemantic haplozealf**

Horizont	Kornfraktionen (%)				Bodenart	Bodenfarbe MUNSELL tr.	organ. Best.%	tC	pH-Wert	
	0	20	40	60					H <sub>2</sub> O	KCl
A <sub>2</sub>	10	10	10	10	us	10 YR 5/6	0,47	0,28	6,53	
	20	10	10	10						
B <sub>2t</sub>	30	10	10	10	l's	10 YR 4/4	0,40	0,23	7,00	
	40	10	10	10						
C	50	10	10	10	s	10 YR 4/3	0,21	0,12	6,71	
	60	10	10	10						
CR	70	10	10	10						

**Standortbedingungen B 28:**

**Leg:** südliches Vorland von Taibique, südliches Hochland - südöstlicher Teil  
**Meereshöhe:** 642 m  
**Exposition:** SE  
**Hangneigung:** 6°  
**Mittlerer Jahresniederschlag:** 250 - 300 mm  
**Potentiell natürliche Vegetation:** Übergangsbereich zwischen Kiefernwald und *Juniiperus* - Trockengebüsken  
**Reale Vegetation:** Gras-/Krautschicht -  $H \bar{H} \bar{E} \bar{E} \bar{O} \bar{O} \bar{O} \bar{E} \bar{E} \bar{E} \bar{E}$   
 $\bar{Y} \bar{E} \bar{E} \bar{E} \bar{E} \bar{E}$  Gräser (büschelartiger Wuchs)  
**Deckungsgrad:** 25 bis über 40%  
**Nutzung:** gegenwärtig extensives Weideland, früher Trockenfeldbau  
**Gegenwärtiger Bodenabtrag:** stark bis sehr stark; flächen- und linienhafte Abtragung in Form von Abpflügel, Deflation und Rinnenerosion; Überwiegend andauernde bis zunehmende Intensität  
**Durchwurzelung:** A<sub>2</sub> - mäßig, B<sub>2t</sub> - schwach bis mäßig, C - sehr schwach  
**Ausgangsmaterial:** basaltische Lapilli

**B 29: Lithic Xerorthent**

Horizont	Kornfraktionen (%)				Bodenart	Bodenfarbe MUNSELL tr.	organ. Best.%	tC	pH-Wert	
	0	20	40	60					H <sub>2</sub> O	KCl
A <sub>2</sub>	10	10	10	10	u's	10 YR 6/6	0,08	0,05	6,50	
	20	10	10	10						
C	30	10	10	10	s	10 YR 5/6	0,14	0,09	6,28	
	40	10	10	10						
CR	50	10	10	10						

**Standortbedingungen B 29:**

**Leg:** südliches Vorland von Taibique, südliches Hochland - südöstlicher Teil  
**Meereshöhe:** 640 m  
**Exposition:** SE  
**Hangneigung:** 6°  
**Mittlerer Jahresniederschlag:** 250 - 300 mm  
**Potentiell natürliche Vegetation:** Übergangsbereich zwischen Kiefernwald und *Juniiperus* - Trockengebüsken  
**Reale Vegetation:** Gras-/Krautschicht - *Microseris* *varia*  
**Deckungsgrad:** unter 20%  
**Nutzung:** entfällt gegenwärtig, früher Trockenfeldbau  
**Gegenwärtiger Bodenabtrag:** stark bis sehr stark; flächen- und linienhafte Abtragung in Form von Abpflügel, Deflation und Rinnenerosion; Überwiegend zunehmende Intensität  
**Durchwurzelung:** A<sub>2</sub> bis C - sehr schwach bis schwach  
**Ausgangsmaterial:** basaltische Lapilli

**B 30: Udic haplozealf**

Horizont	Kornfraktionen (%)				Bodenart	Bodenfarbe MUNSELL tr.	organ. Best.%	tC	pH-Wert			Gew.% H <sub>2</sub> O
	0	20	40	60					H <sub>2</sub> O	KCl	NaF	
A <sub>2</sub>	10	10	10	10	slu	7,5 YR 4/4	3,22	1,88	6,06	5,48	0,14	
B <sub>2t</sub>	20	10	10	10	t'L	7,5 YR 4/4	2,06	1,20	6,04	5,53	0,77	
	30	10	10	10								
A' <sub>2</sub>	40	10	10	10	slu	7,5 YR 3/4	6,38	3,71	6,19	5,77	9,70	
	50	10	10	10								
B' <sub>2t</sub>	60	10	10	10	t'L	5 YR 4/6	2,83	1,65	6,02	5,75	10,13	
	70	10	10	10								
	80	10	10	10								
	90	10	10	10								
	100	10	10	10								

**Standortbedingungen B 30:**

**Leg:** Berghang östlich von San Andres, zentrales Hochland - östlicher Teil  
**Meereshöhe:** 935 m  
**Exposition:** W  
**Hangneigung:** 30°  
**Mittlerer Jahresniederschlag:** 400 - 500 mm  
**Potentiell natürliche Vegetation:** Kanarischer Kiefernwald  
**Reale Vegetation:** Gras-/Krautschicht - *GrEgr*, Disteln; geringer Flechtbewuchs  
**Deckungsgrad:** unter 75 - 90%, rasch wechselnd  
**Nutzung:** intensive Weidewirtschaft, sehr kurze Grasnarbe mit starkem Verbis und Verttritt  
**Gegenwärtiger Bodenabtrag:** stark bis sehr stark; Überwiegend flächenhafte Abpflügel, lokale Mobilität des tonreichen B<sub>2t</sub> - Horizontes; zunehmende Intensität  
**Durchwurzelung:** A<sub>2</sub> - stark, B<sub>2t</sub> - mäßig, darunter sehr schwach  
**Ausgangsmaterial:** geringmächtige Basaltische über Basalt (hier nicht aufgeschlossen)

Abb. 1. Oberflächenformen

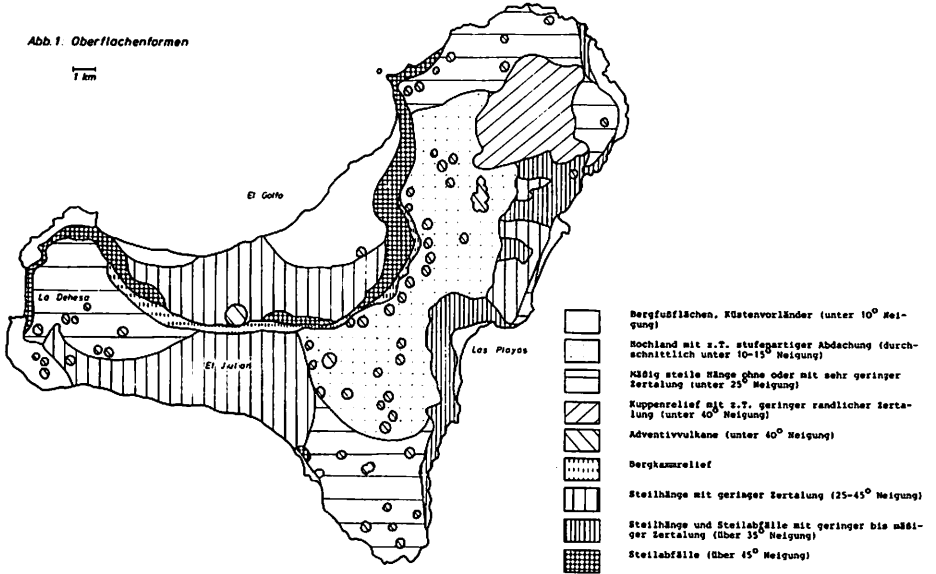
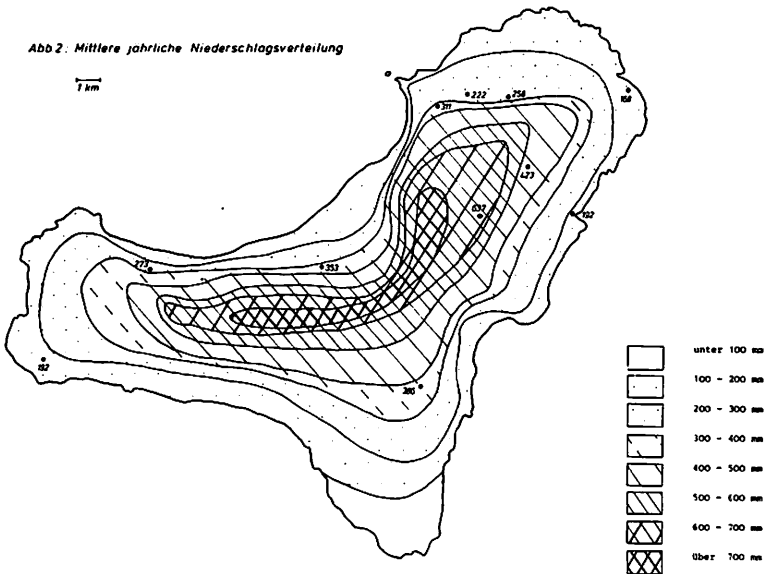


Abb. 2. Mittlere jährliche Niederschlagsverteilung



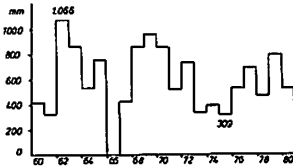
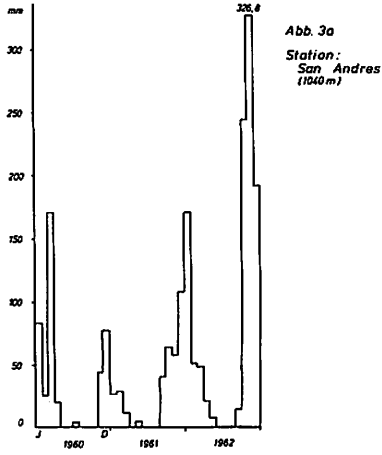


Abb. 3b: Station San Andres (1040m)

☐ Tag max. Niederschlags innerh. 24 Std.

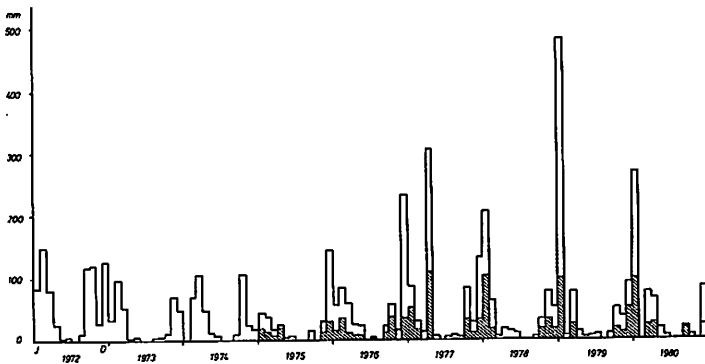




Abb. 3c: Station Taibique (815 m)

☐ Tag max. Niederschlags innerh. 24 Std.

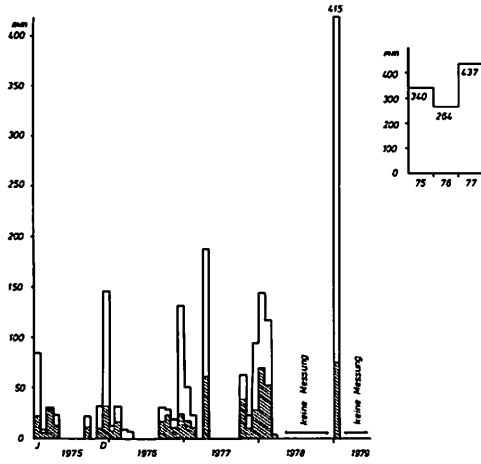


Abb. 3d: Station Aeropuerto (34 m)

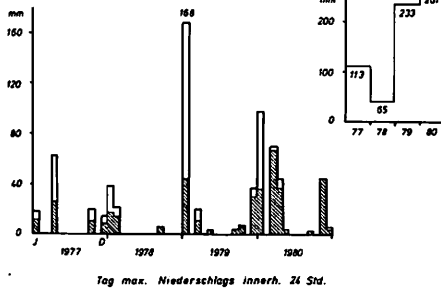


Abb. 3e: Station Erese (555 m)

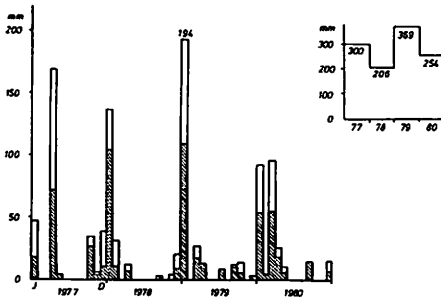


Abb. 3f: Station Punta Orchilla (108 m)

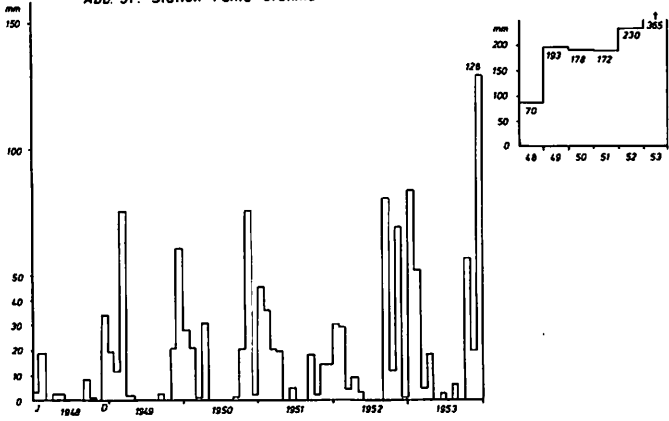


Abb. 3g: Station Sabinosa (250 m)

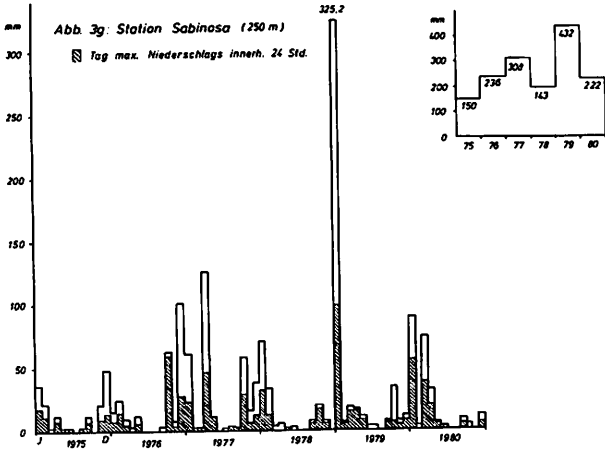


Abb. 3h: Station Guarazoca (515 m)

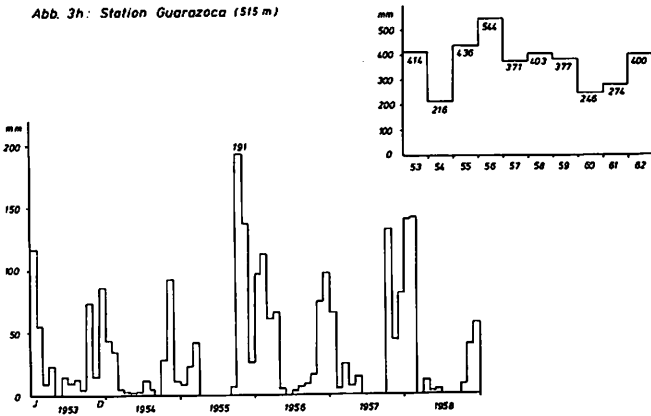


Abb. 3i: Station Guarazoca (515 m)

Tag max. Niederschlags innerh. 24 Std.

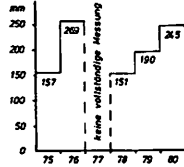
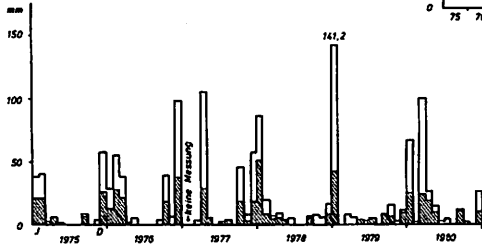


Abb. 3j: Station Mocañal (485 m)

Tag max. Niederschlags innerh. 24 Std.

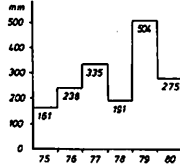
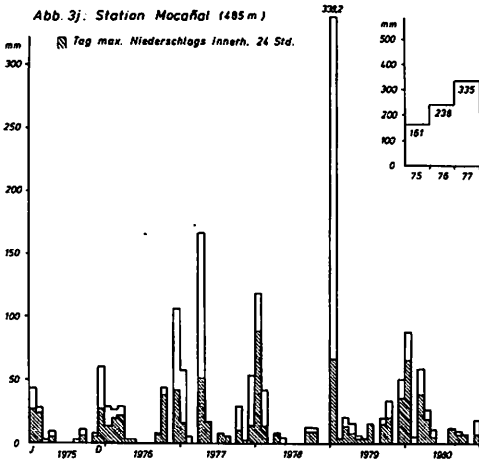
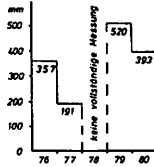
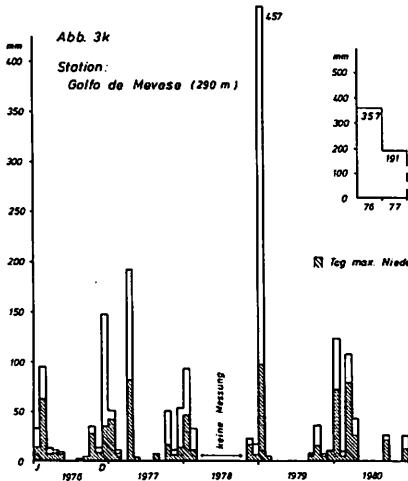


Abb. 3k

Station:  
Gallo de Nevase (290 m)



Tag max. Niederschlags innerh. 24 Std.

Abb. 4: Unterschiedliche Stärke der Windeinwirkung und mittlere Lage des Passatnebels

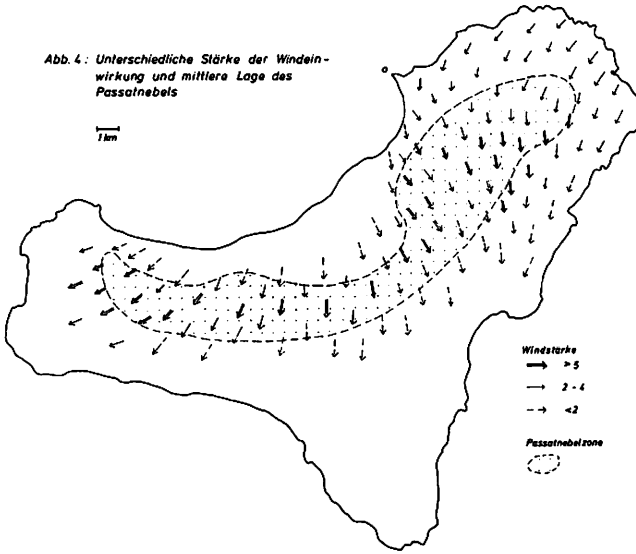
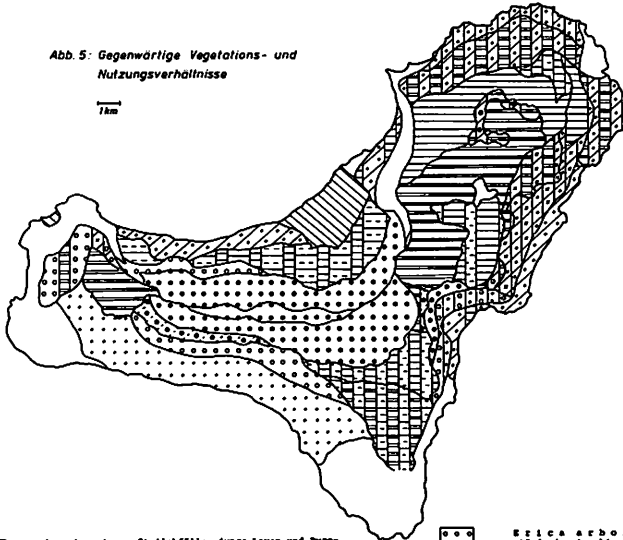


Abb. 5: Gegenwärtige Vegetations- und Nutzungsverhältnisse



















- |   |  |   |  |
|---|--|---|--|
|  | kaum bewachsene Steilabfälle, junge Laven und Pyroklastika mit schütterer Pioniervegetation                            |  | <i>Erica arborea</i> - Buschwald- und -buschbestände (gering bis mäßig degradiert) |
|  | endemischer Sukkulentebusch (gering bis mäßig degradiert)  |  | Lorbeerwald und Fayal-Bresal (gering bis meist mäßig degradiert)                   |
|  | endemischer Sukkulentebusch (stark degradiert)   |  | Fayal-Bresal (stark degradiert)  |
|  | <i>Juniperus</i> - Trockengebüsse (gering bis mäßig degradiert)  |  | Überwiegend Trockenfeldbau, s.T. Weidewirtschaft                                   |
|  | <i>Juniperus</i> - Trockengebüsse (stark degradiert)   |  | Überwiegend Weidewirtschaft, s.T. Trockenfeldbau                                   |
|  | <i>Cistus monspeliensis</i> - Strauchformation (Ersatzgesellschaft, mäßig bis stark degradiert)                        |  | Weinbau  |
|  | Kanarischer Kieferwald (Überwiegend gut erhaltener Altbestand, s.T. Aufforstungen, gering bis selten mäßig degradiert) |  | Obstkulturen   |
|  | Kanarischer Kieferwald (lückenhafte Baumbestände, s.T. Aufforstungen, mäßig degradiert)                                |  | Bewässerungskulturen (ganz überwiegend Bananen)                                    |

Abb. 6: Die Boden

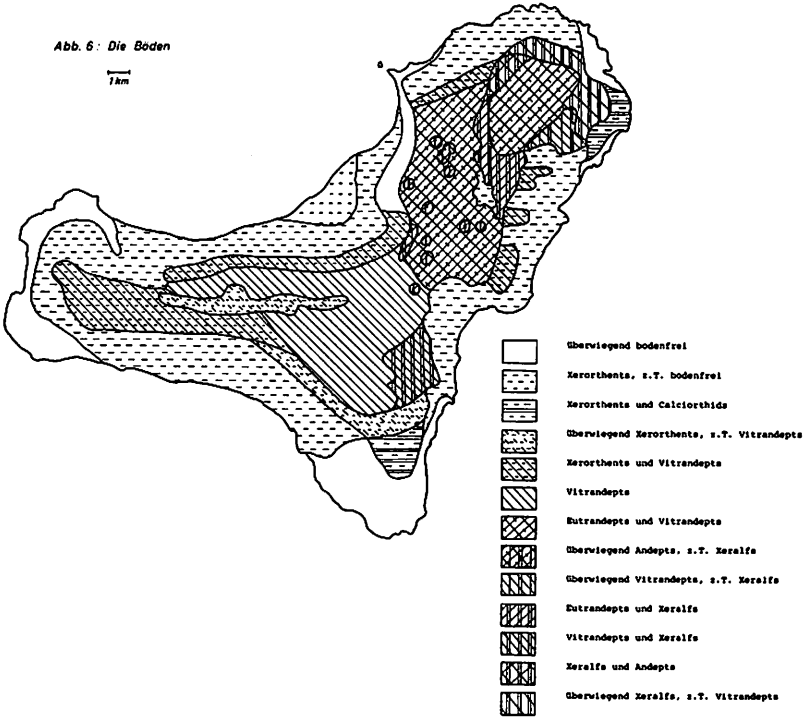
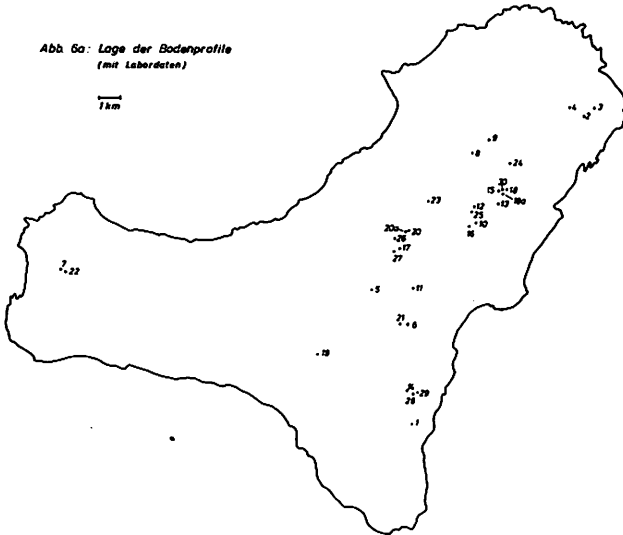


Abb. 6a: Lage der Bodenprofile  
(mit Labordaten)



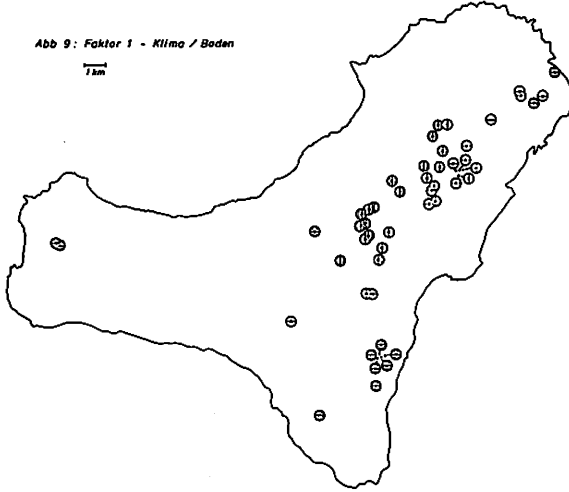


**Legende zu Abb. 9-12, Klassen der Faktorewerte**

Positiv		Negativ	
⊙	0 bis + 0,1	⊖	0 bis - 0,1
⊕	+ 0,1 bis + 0,4	⊖	- 0,1 bis - 0,4
⊕	+ 0,4 bis + 0,8	⊖	- 0,4 bis - 0,8
⊕	+ 0,8 bis + 1,2	⊖	- 0,8 bis - 1,2
⊕	+ 1,2 bis + 1,5	⊖	- 1,2 bis - 1,5
⊕	über + 1,5	⊖	unter - 1,5

**Abb. 9: Faktor 1 - Klima / Boden**

1km



**Abb. 10: Faktor 2 - Nutzung / Vegetation**

1km

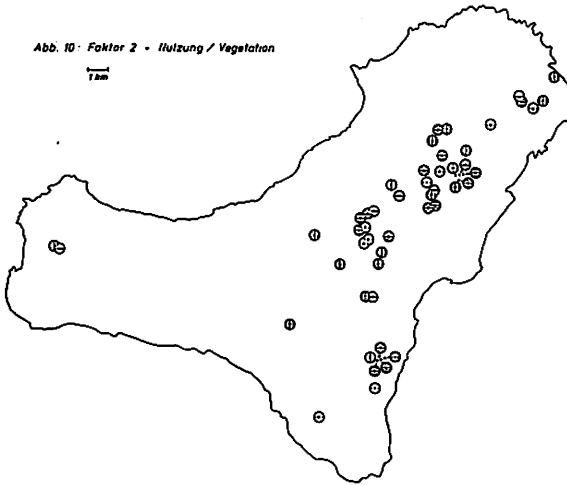


Abb. 11: Faktor 3 - Bodenfaktor I

1km

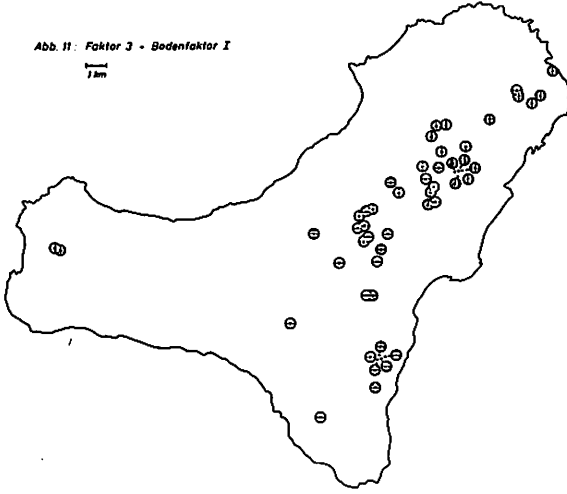


Abb. 12: Faktor 4 - Bodenfaktor II

1km

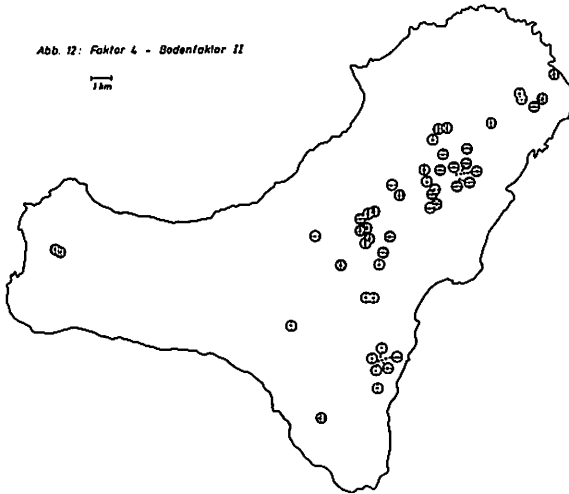
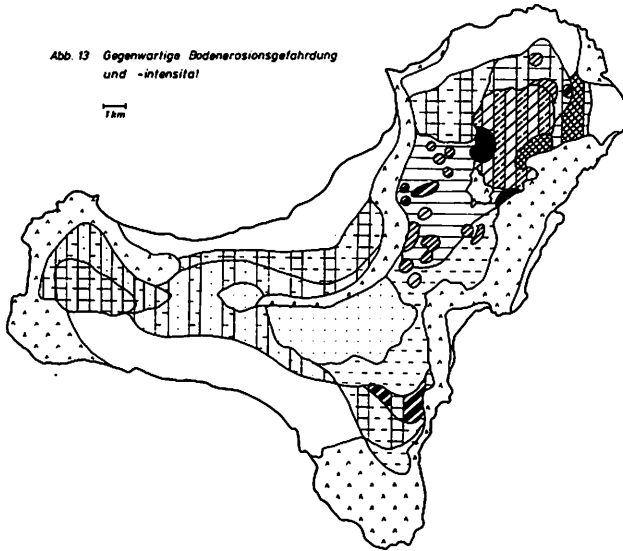




Abb. 13 Gegenwärtige Bodenerosionsgefährdung und -intensität



-  nicht näher untersuchte Gebiete
-  Steilabfälle und Steilhänge mit mehr als 45° Neigung, Gebiete mit juaschlosener vulkanischer Überdeckung
-  Gebiete mit nicht nachweisbarer Bodenerosion - natürliche oder naturnahe Bedingungen
-  Schädigungsstufe 1a; ausschließlich flächenhafter Bodenabtrag (Abspülung, Deflation) mit überwiegend andauernder Intensität; flächenhafter Bodenabtrag: 10 bis max. über 20 cm; Kolluvienmächtigkeit: 15 bis max. 30 cm
-  Schädigungsstufe 1b; ganz überwiegend flächenhafter Bodenabtrag (Abspülung, Deflation) mit andauernder, teils zunehmender Intensität; flächenhafter Bodenabtrag: über 20 bis max. über 50 cm; Kolluvienmächtigkeit: über 20 bis max. 50 cm
-  Schädigungsstufe 2a; flächen- und linienhafter Bodenabtrag sowie gravitativer Abtrag mit gegenwärtig überwiegend abnehmender Intensität; flächenhafter Bodenabtrag: 60 bis max. unter 100 cm; Kolluvienmächtigkeit: über 150 bis max. über 300 cm
-  Schädigungsstufe 2b; flächen- und linienhafter Abtrag, gravitative Abtragsformen leicht zurücktretend, gegenwärtig überwiegend abnehmende Intensität; flächenhafter Bodenabtrag: über 50 bis max. über 100 cm; Kolluvienmächtigkeit: über 170 bis max. 350 cm
-  Schädigungsstufe 3a; gegenwärtig leichte Dominanz gravitativer Abtragsformen, flächen- und linienhafter Abtragungsprozesse mit überwiegend andauernder Intensität; flächenhafter Bodenabtrag: über 60 bis max. über 120 cm; Kolluvienmächtigkeit: über 250 bis max. 450 cm
-  Schädigungsstufe 3b; starke Dominanz flächenhafter Abtragung mit gegenwärtig andauernder Intensität; flächenhafter Bodenabtrag: über 60 bis max. über 130 cm; Kolluvien fehlen weitgehend - unmittelbares Einzugsgebiet episodisch wasserführender Barrancos
-  Schädigungsstufe 4a; flächen- und linienhafter Bodenabtrag, gravitative Abtragsformen leicht zurücktretend, überwiegend zunehmende Intensität; flächenhafter Bodenabtrag: über 100 bis max. über 160 cm; Kolluvienmächtigkeit: über 320 bis max. über 500 cm
-  Schädigungsstufe 4b; starke Dominanz flächenhafter Bodenabtrags mit überwiegend zunehmender Intensität; flächenhafter Bodenabtrag: über 100 bis max. 200 cm; Kolluvien fehlen weitgehend - unmittelbares Einzugsgebiet episodisch wasserführender Barrancos



Abb. 16a

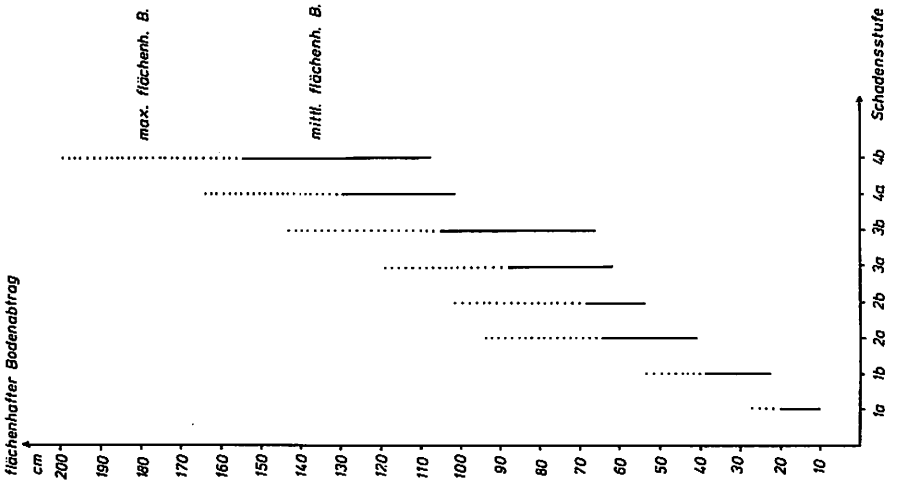
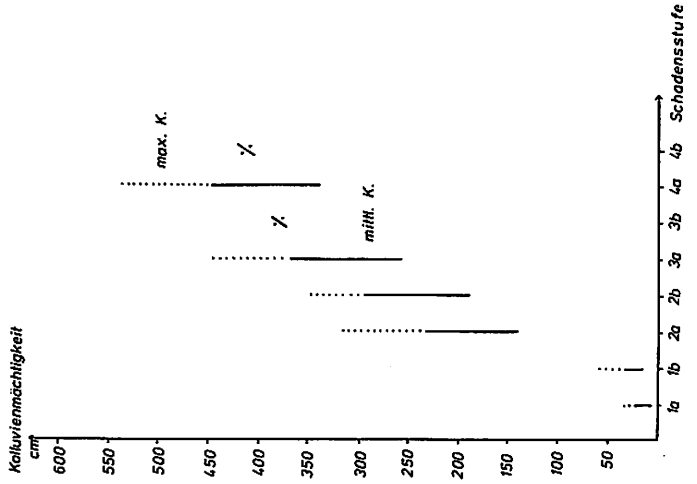














































Abb. 16b



Zeichenerklärung für die Hangprofile 1 - 15:

- 1) Bodenabtragungsprozesse
-  flächenhafte Abspülung
  -  Deflation
  -  Rinnenerosion
  -  Grabenerosion
  -  episodischer Materialtransport in den Barrancos
  -  gravitativer Bodenabtrag (Rutschung, Sackung)
  -  Materialauspülung aus tieferen Bodenhorizonten
- 2) Akkumulationsformen
-  Kolluvien
- 3) Intensitätsabstufungen
- dominant
  - - - stark bis mäßig stark
  - ... gering
  - ..... sehr gering
- 4) Zeitabstufungen
- a ältere Formen
  - j junge, rezente Formen, die sich noch weiterentwickeln
- 5) Wald-, Buschwald- und Gehölzformationen
- a) Lorbeerwald
    -  artenreicher, dichter Lorbeerwald mit ausreichend natürlicher Verjüngung und reichem Unterwuchs
    -  mäßig degradiert, relativ artenarmer, dichter Lorbeerwald (überwiegend *Myrica faya* und *Erica arborea*) mit lückenhaftem Kronendach, nicht ausreichender natürlicher Verjüngung, artenarmer Verjüngung
    -  stark degradiert, artenarmer Lorbeerwald (fast ausschließlich *Myrica faya*) mit lückenhaftem Kronendach, nicht ausreichender natürlicher Verjüngung, artenarmen Unterwuchs und Übergängen zum Lorbeerbuschwald
  - b) Lorbeerbuschwaldgesellschaften
    -  stark degradiert, dichter Lorbeerbuschwald (*Myrica faya* überwiegt gegenüber *Erica arborea*)
    -  stark degradiert, lückenhafter Lorbeerbuschwald mit z.T. eingewanderten fremden Florenelementen (*Myrica faya* überwiegt gegenüber *Erica arborea*)
  - c) *Erica arborea* - Buschwaldgesellschaften
    -  stark degradiert, dichter Buschwald (*Erica arborea* überwiegt gegenüber *Myrica faya*)
    -  stark degradiert, lückenhafter Buschwald mit z.T. eingewanderten fremden Florenelementen (*Erica arborea* überwiegt gegenüber *Myrica faya*)
  - d) *Pinus canariensis*
    -  dichter Altbestand mit ausreichender natürlicher Verjüngung
    -  lückenhafter Altbestand mit noch ausreichender natürlicher Verjüngung
    -  vereinzelt alter bis mäßig alter Baumbestand mit geringer, nicht ausreichender Verjüngung
    -  ältere Aufforstungen (mehr als 15-20 Jahre) mit relativ dichtem Bestand
    -  jüngere Aufforstungen (weniger als 15 Jahre); meist lückenhafte Jungpflanzungen

-  e) *Pinus radiata*
  -  ältere Aufforstungen (mehr als 15-20 Jahre) mit relativ dichtem Bestand
  -  jüngere Aufforstungen (weniger als 15 Jahre); meist lückenhafte Jungpflanzungen
  -  ältere und jüngere Aufforstungen mit hoher Verlustquote (über 50%)
- f) *Juniperus phoenicea*
  -  lückenhafte, mäßig degradierte Bestände, meist mit fremden Florenelementen und durch Windschur entstandenen Formen
- g) *Juniperus cedrus*
  -  meist sehr lückenhafte Bestände, z.T. Anpflanzungen, mit fremden Florenelementen durchsetzt
  -  h) *Eukalyptus globulus*, *Eukalyptus camaldulensis*.
    -  ältere und jüngere Aufforstungen, meist kleinflächig und in Verbindung mit anderen Baumbeständen
- 6) Busch- und Sukkulentebuschformationen
  - a) *Myrica faya* - Buschland
    -  lückenhaft verbuchte Flächen mit *Myrica faya* als dominante Art
  - b) *Erica arborea* - Buschland
    -  dicht verbuchte Flächen mit *Erica arborea* als dominante Art
    -  lückenhaft verbuchte Flächen mit *Erica arborea* als dominante Art
  - c) *Chamaecytisus proliferus* - Buschland
    -  dicht verbuchte Flächen mit *Chamaecytisus proliferus* als dominante Art
    -  lückenhaft verbuchte Flächen mit *Chamaecytisus proliferus* als domin. Art
  - d) *Cistus monspeliensis* - Buschland
    -  dicht verbuchte Flächen mit *Cistus monspeliensis* als dominante Art
    -  lückenhaft verbuchte Flächen mit *Cistus monspeliensis* als dominante Art
  - e) *Opuntia ficus indica* - Sukkulentebusch
    -  dicht verbuchte Flächen mit Opuntien als dominante Art
    -  lückenhaft verbuchte Flächen mit Opuntien als dominante Art
  - f) endemisches Sukkulentebuschland
    -  stark degradiert, artenarmer, lückenhafter Sukkulentebusch mit starkem Verbleib und Abnahme endemischer Pflanzen zugunsten fremder Florenelemente
- 7) Zwergstrauchfluren
  -  mehr oder weniger lückenhafte Zwergstrauchflur mit *Micromeria varia* als dominante Art
- 8) Grasfluren
  -  dicht bewachsenes Grasland ohne oder mit nur geringer Beweidung
  -  überwiegend geschlossenes Grasland, mäßig bis stark beweidet
  -  lückenhafte, oft extrem kurze Grasnarbe, stark bis sehr stark beweidet
  -  büschelartiger, meist lückenhafter Graswuchs ohne oder mit nur geringer Beweidung
  -  überwiegend geschlossener Graswuchs mit mäßiger Beweidung, stark mit Disteln, Agaven u.ä. durchsetzt



9) Obst- und Weinbauflächen  
Obstbau verschiedener Sorten  
Weinbau

10) Ackerflächen



intakte, gegenwärtig bewirtschaftete Ackerflächen unter Trockenfeldbau  
aufgegebene, verwilderte Ackerflächen

11) Feld- und Hangterrassierungen

a) für landwirtschaftliche Nutzung



intakte Feldterrassierungen mit überwiegend ackerbaulicher Nutzung

aufgegebene Felder mit in Zerstörung befindlichen oder bereits zerfallenen Terrassenanlagen

b) für forstwirtschaftliche Nutzung



intakte Hangterrassierungen an Sekundärkegeln, vorbereitet oder in Vorbereitung befindlich

zerstörte oder in Verfall befindliche Hangterrassen an den Sekundärkegeln

12) Steinmauern



intakte Steinmauern zur Feldabgrenzung

in Zerstörung befindlich



zerstört oder verfallen



kleine Steinmauern zur Eindämmung des Bodenabtrags

13) Sonstiges



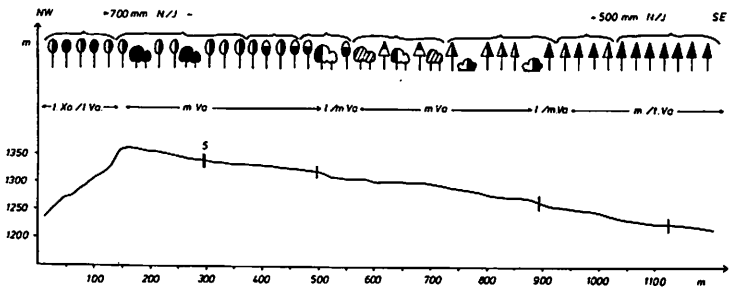
Barrancobett mit episodischen Abfluss

größflächige Ausräumungen von Bodenmaterial

14) Bezeichnungen der Bodentypen

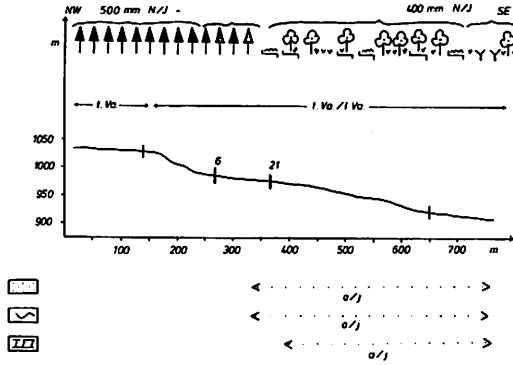
Xo. - Xerorthent	Va. - Vitrandept	Ea. - Eutrandept
Hx. - Haploxeralf	Rx. - Rhodoxeralf	
m. - mollic	t. - typic	l. - lithic
ps. - psammentic	u. - ultic	x. - xeric

Hangprofil 1: Übergangsbereich zwischen zentr. und südl. Hochland, südwestl. der Hoya de Fileba

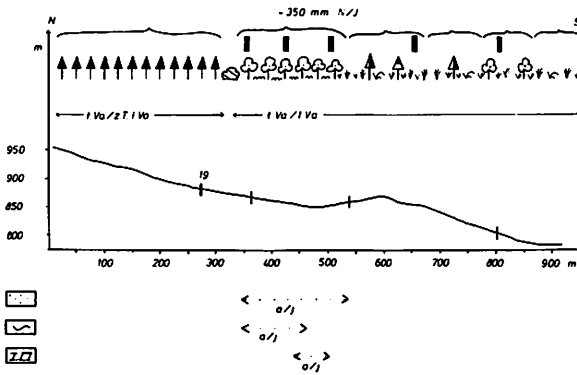


keine Bodenerosionsprozesse

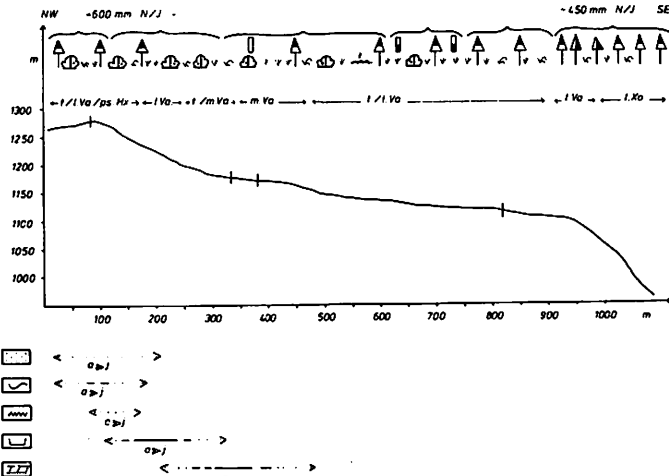
Hangprofil 2: Südl. Hochland - nordöstl. Teil, nordwestl. von Taibique



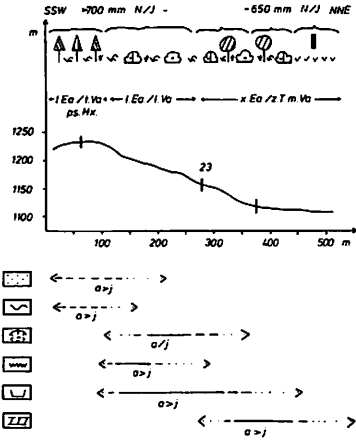
Hangprofil 3: Südl. Hochland - sudwestl. Teil, sudwestl. von Taibique



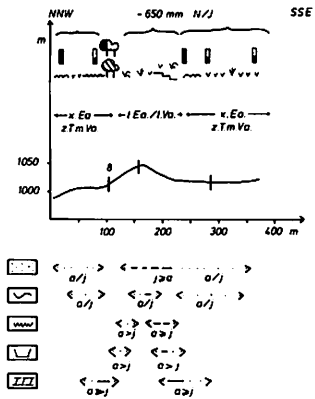
Hangprofil 4: Grenzbereich zwischen zentr. und sudöstl. Hochland, Montaña de Masiba u. Steilabfall v. Las Playas



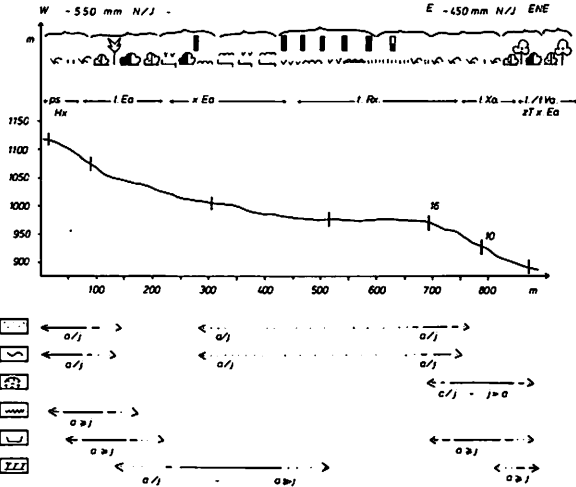
Hangprofil 5: Zentr. Hochland - westl. Teil, Montaña de Afosa



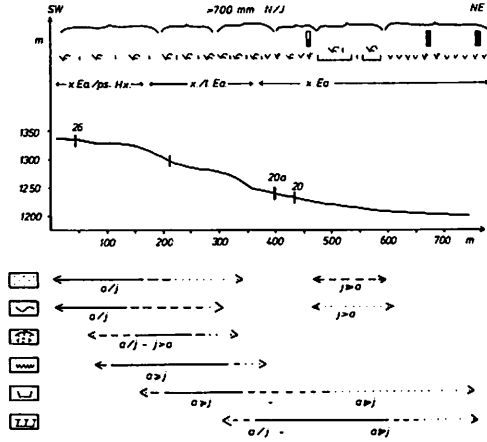
Hangprofil 6: Südwestlichste Ausläufer d. Hügellandes, Altos de Alara



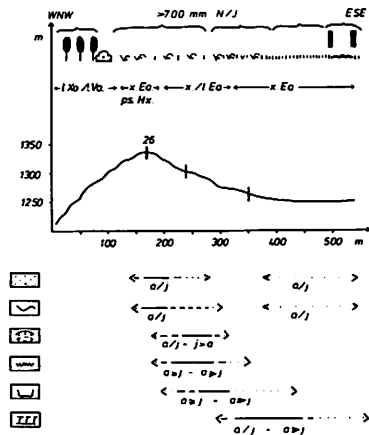
Hangprofil 7 Zentr. Hochland - östl. Teil, Montaña de las Rosas und östl. vorgelagerte Geländestufe



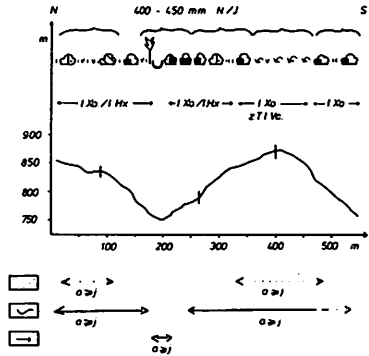
Hangprofil 8a: Zentr. Hochland - westl. Teil,  
Sekundärkegel westl. des Timbarambo



Hangprofil 8b: Zentr. Hochland - westl. Teil,  
Sekundärkegel westl. des Timbarambo

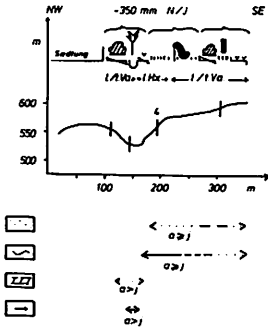


Hangprofil 9: Der Barranco de Tiñor,  
östl. von Tiñor

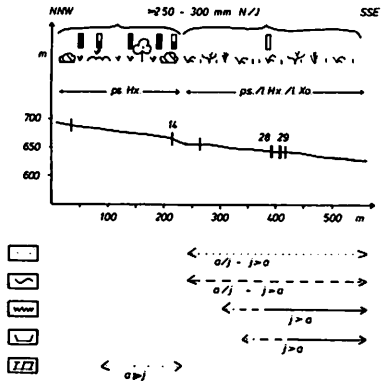




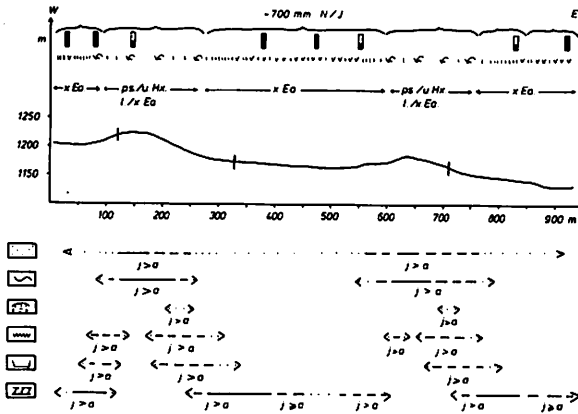
Hangprofil 10: Der Barranco de Santiago bei Valverde, östl. Hügelland



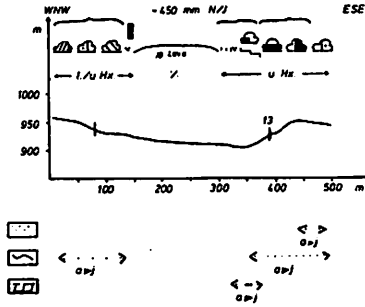
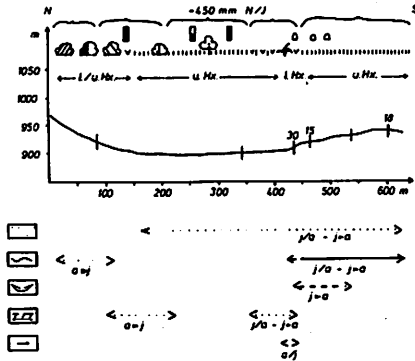
Hangprofil 11: Südl. Vorland von Taibique, südl. Hochland



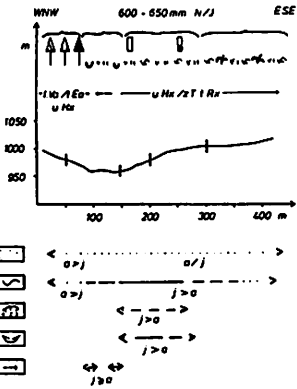
Hangprofil 12: Nordl. Hochland - südwestl. Teil, Montaña Hoya de la Vaca



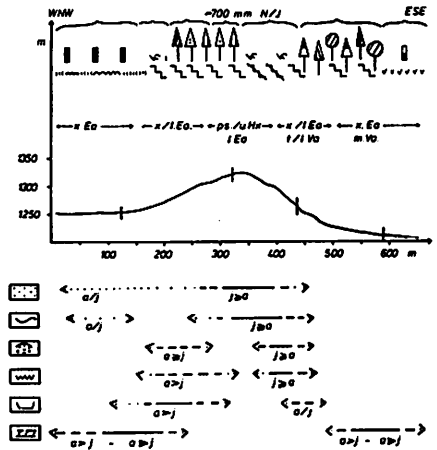
Hangprofile 13a und b: Zentr. Hochland - östl. Teil, östl. von San Andres



Hangprofil 14: Südwestl. Randbereich des Hügellandes, südöstl. der Montaña de la Fara



Hangprofil 15: Zentr. Hochland - westl. Teil, Timbarombo





**Photo 1:** La Dehesa, nordwestlicher Teil, westliche Halbinsel; durch Windschur verformte *J u n i p e r u s* *p h o n i c e a* - Exemplare



**Photo 2:** Geländestufe westlich von La Cuesta, östliches zentrales Hochland; intensive Abtragungsprozesse vor allem gravitativer und linienhafter Art, vgl. auch Hangprofil 7

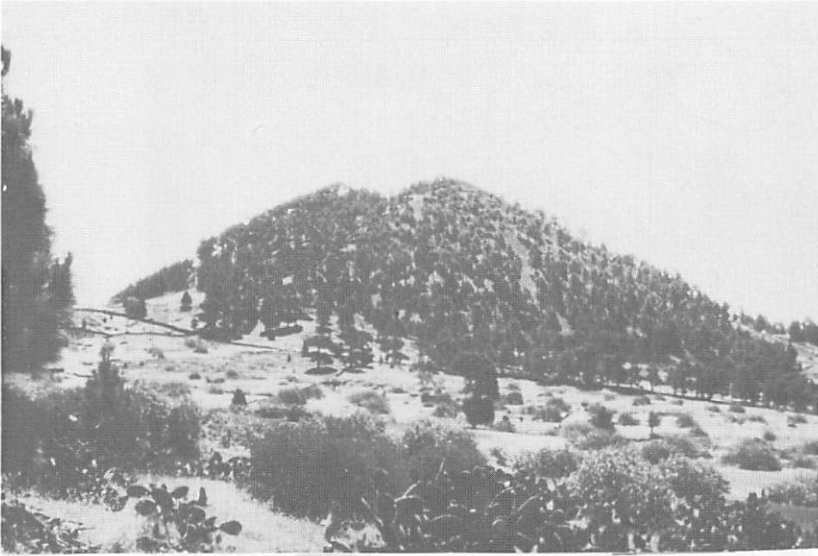


Photo 3: Südliches Hochland, südwestlicher Teil; Südwesthang der Montaña La Emplizada mit intaktem, alten Kiefernbestand; keine Bodenerosion, vgl. Hangprofil 2

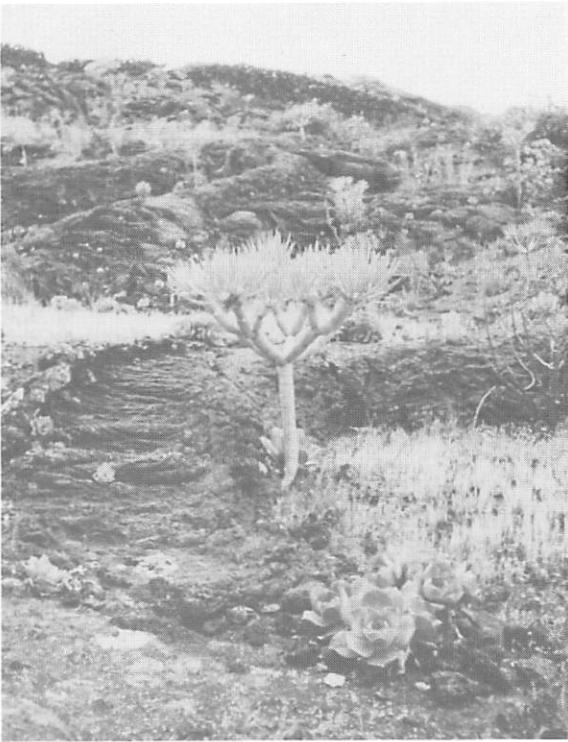


Photo 4: Südliche Restinga- Halbinsel, Fußstufe; jungholozäner Lavastrom bei Gorona del Lajia mit ersten Ansätzen zur Bodenbildung (lithic Xerorthent)

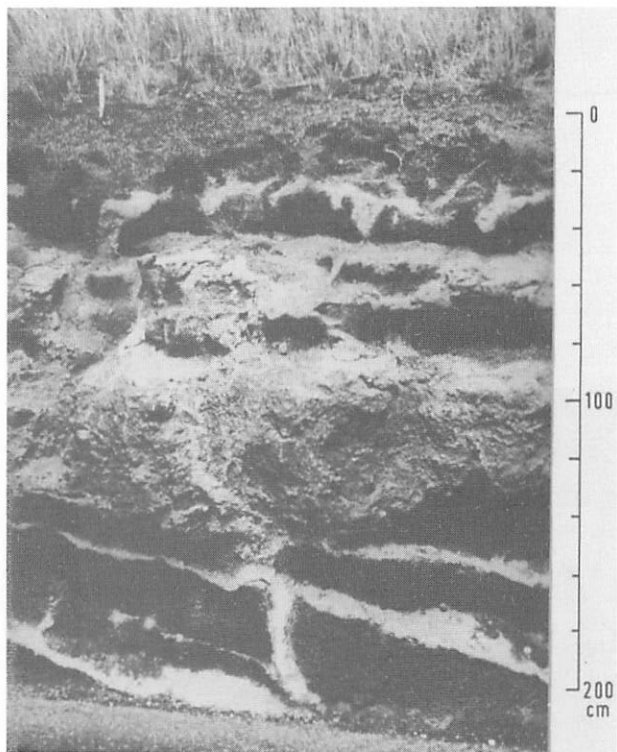


Photo 5: Südliche Restinga-Halbinsel, Fußstufe; polygenetisches Bodenprofil (Calciorthid) mit 6 erkennbaren Kalkanreicherungs-horizonten; etwa 100 m straßenabwärts von B 1

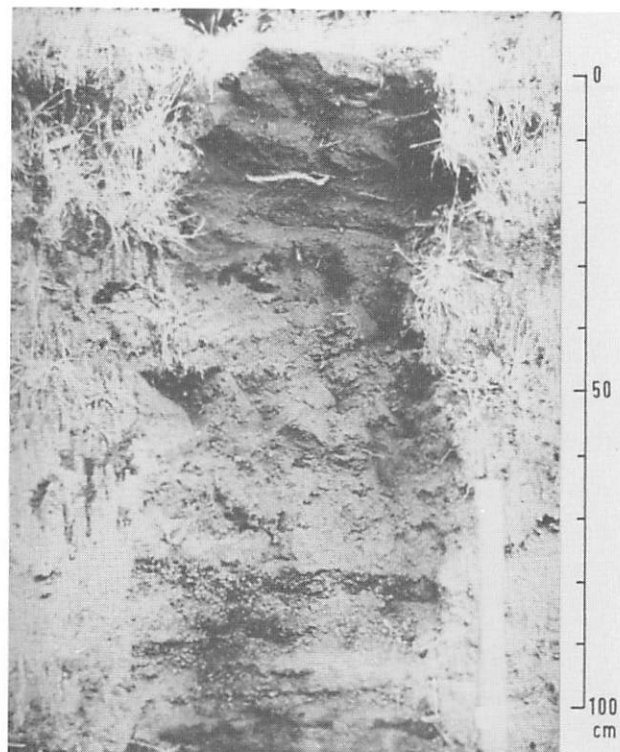


Photo 6: Zentrales Hochland, südwestlicher Teil; mollic Vitrandept, s. B 5

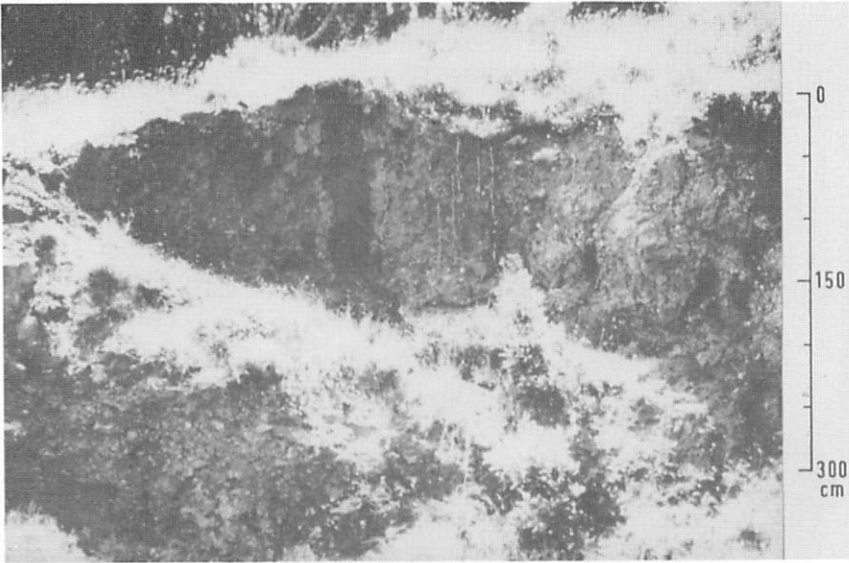
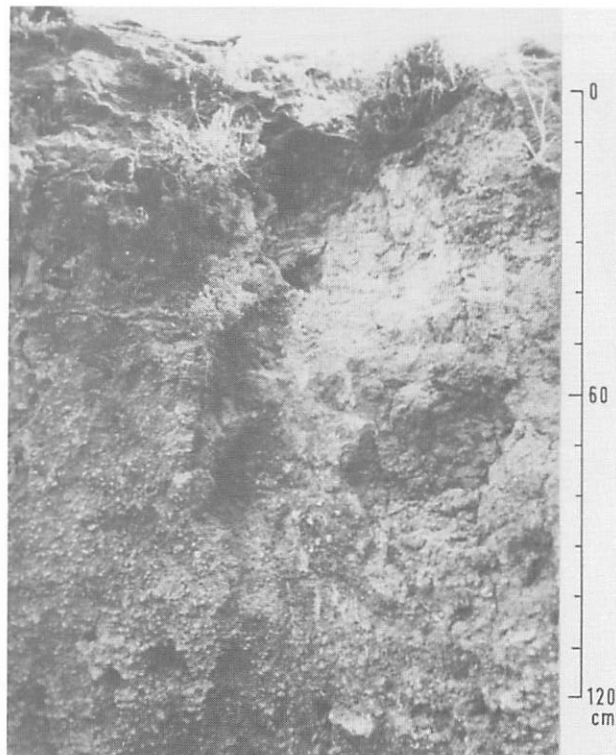


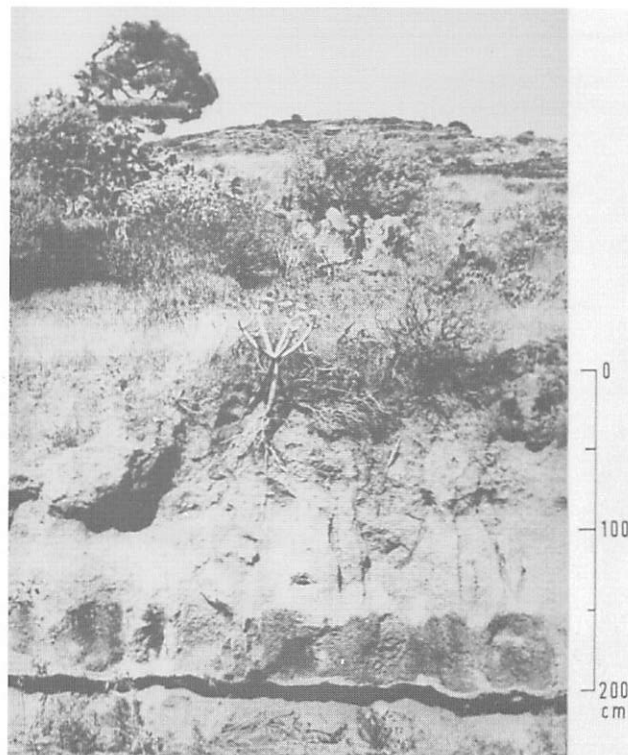
Photo 7: Südwestlicher Teil des Hügellandes, nördlich von San Andres; xeric Eutrandept, Unterhang-Kolluvium, s. B 8



Photo 8: Zentrales Hochland, östlicher Teil, nordöstlich von San Andres; ultic Haploxeralf, s. B 15



**Photo 9:** Zentrales Hochland, östlicher Teil, westlich von La Cuesta; typical Rhodoxeralf, s. B 16



**Photo 10:** Südliches Hochland, südöstlicher Teil, südlich von Taibique; psammentic Haploxeralf, s. B 14

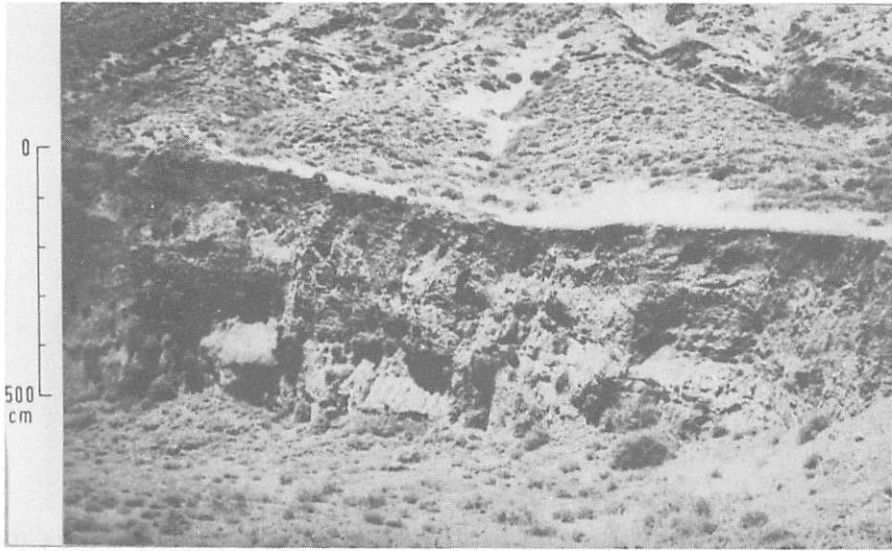


Photo 11: Zentrales Hochland, westlicher Teil, südwestlich von San Andres; xeric Eutrandedpt, Hangfuß-Kolluvium, s. B 20

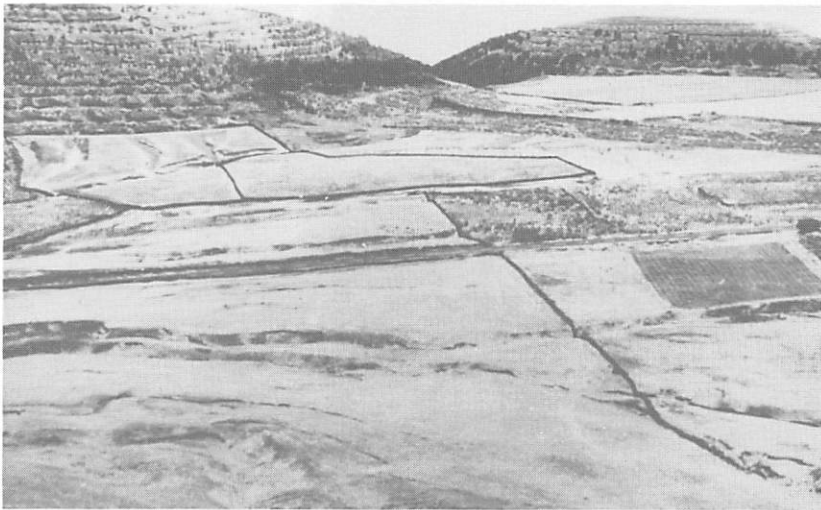
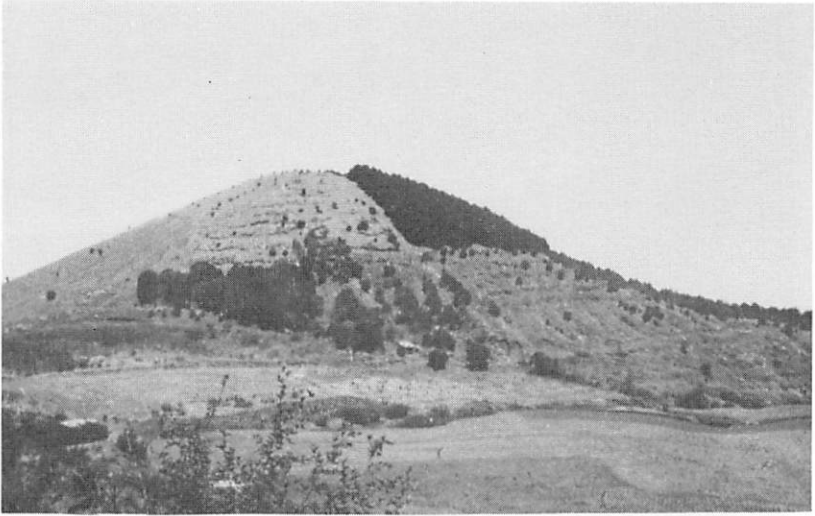


Photo 12: Zentrales Hochland, westlicher Teil; Rutschungs- und Sackungserscheinungen infolge lückenhafter Aufforstung an den Südwesthängen von Timbarombo und Montaña Los Frailes; Zuschüttung der Gräben am Hangfuß des Timbarombo im Gegensatz zu den Gräben im Bildvordergrund; vgl. Hangprofile 10b und 15; (die helle Färbung der Oberfläche ist auf die vertrocknete, stark beweidete Grasnarbe zurückzuführen.)





**Photo 13:** Nördliches Hochland, mittlerer Teil; gut 20 Jahre alte Aufforstung von *Pinus radiata* (Oberhang) und Eukalyptus (Unterhang) an der Nordseite der Montaña del Cascajo; Rutschungserscheinungen und verstärkter flächenhafter Bodenabtrag an den nicht bepflanzten terrassierten Hangabschnitten oberhalb der Eukalyptus-Pflanzungen



**Photo 14:** Südliches Hochland, westlicher Teil; Rutschungserscheinungen und Untergrabung des Wurzelraums infolge Hangunterscheidung bei zu steilem Böschungswinkel an der Forststraße nordwestlich von Taibique



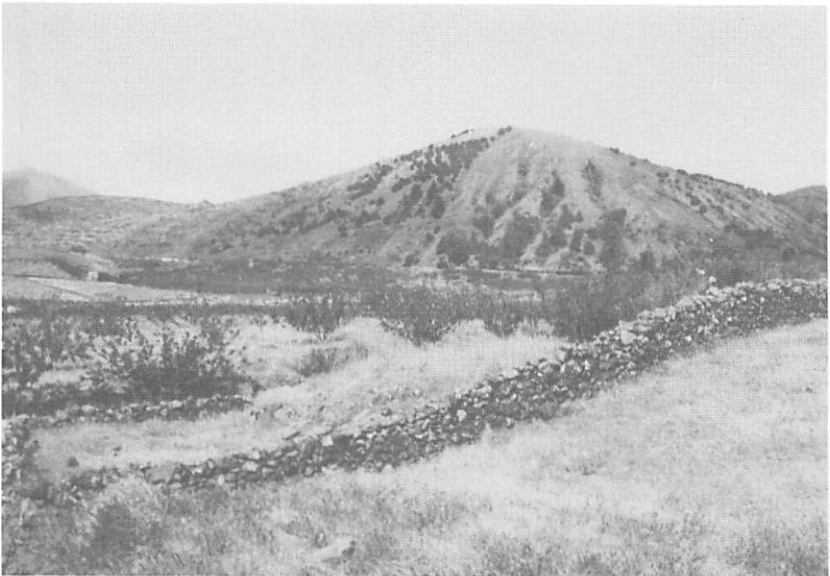
Photo 15: Bananenpflanzungen und in Vorbereitung befindliche Terrassenanlagen im nordwestlichen El Golfo-Küstenvorland



Photo 16: Südliches Hochland, westlicher Teil; großflächige Ausräumungen von Bodenmaterial mit Zerstörung der landwirtschaftlichen Nutzflächen zwischen Timbarombo, Asomadas und Entre Montañas südwestlich von San Andres



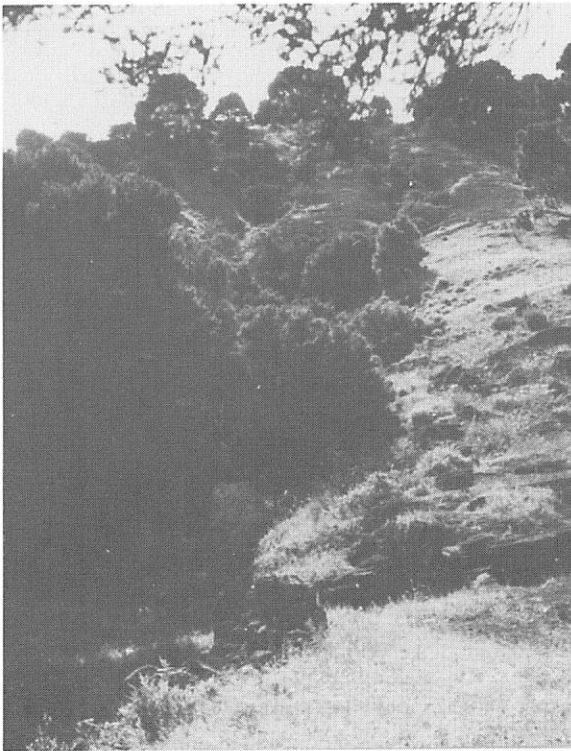
**Photo 17:** Traditionelle landwirtschaftliche Nutzung (überwiegend Obstbaumkulturen, Wein und Ackerbau) auf kleinflächigen, meist terrasierten Feldern im nordöstlichen Vorland von Taibique, südliches Hochland



**Photo 18:** Sekundärverbuschung am Nordosthang der Montaña de Afosa im zentralen Hochland, westlich von San Andres; am Südosthang etwa 20 Jahre alte *Pinus radiata* - Aufforstung



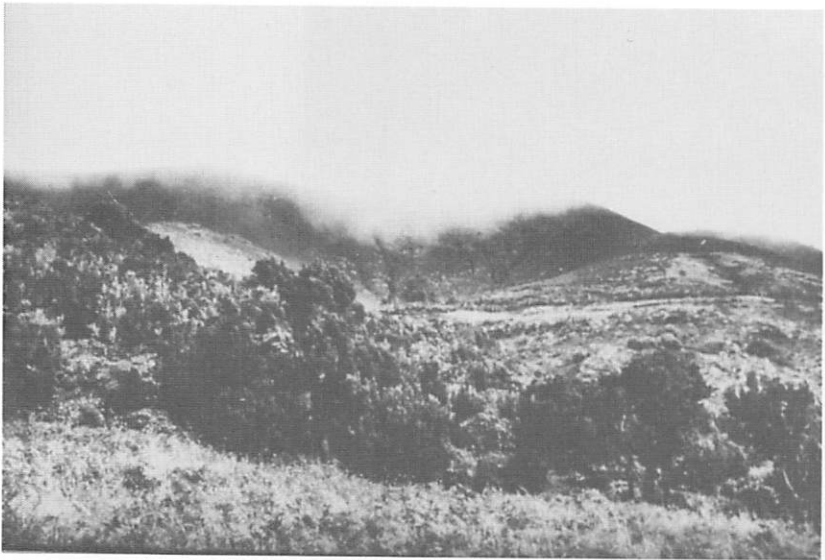
**Photo 19:** Gegenwärtig mit Sekundärvegetation (überwiegend *Erica arborea*) verbuschte Grabensysteme am Südosthang der Montaña de Masilba im Übergangsbereich zwischen zentralem und südlichem Hochland (von oben gesehen)



**Photo 20:** Streifenförmige Sekundärverbuschung mit Verbindung zu einem alten *Pinus canariensis*-Bestand in Gipfelnähe; Nordosthang der Montaña de Masilba im Übergangsbereich zwischen zentralem und südlichem Hochland



**Photo 21:** Blick auf das südwestliche Hügelland; im rechten Bildmittelgrund die nördlichen Ausläufer der Chamuscada; im Zentrum großflächige, ca. 20 Jahre alte *Pinus radiata* - Aufforstung im nördlichen Hochland



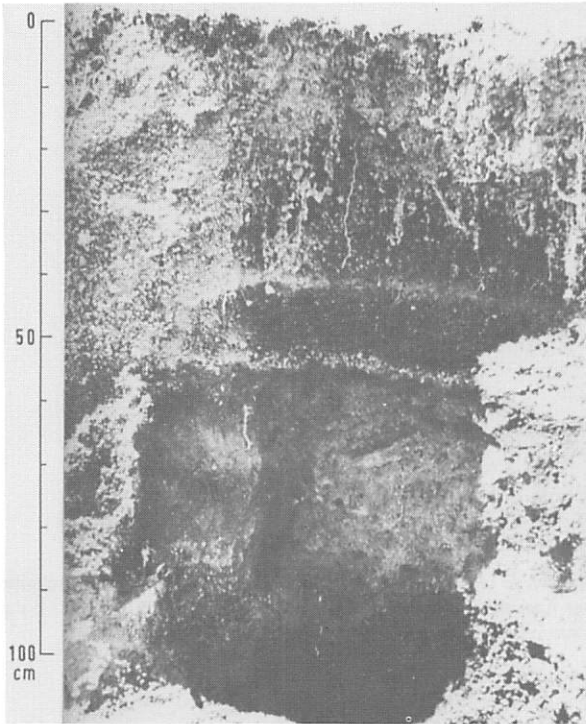
**Photo 22:** Nordosthang der Piedra Ensilada im südöstlichen Hügelland mit *Erica arborea* - Buschwald im Hangfußbereich



**Photo 23:** Unterhang und Hangfuß der Montaña de los Cepones im östlichen Hügelland mit tief eingeschnittenen Erosionsrinnen; Zusammensetzung der Krautschicht überwiegend aus Gräsern, Disteln und *Micromeria varia*; mäßige Beweidung; am linken Bildrand Ziegen



**Photo 24:** Weitgehende Zerstörung der traditionellen landwirtschaftlichen Nutzflächen infolge Ausräumung von Bodenmaterial für die Bananenpflanzungen; Gebiet nördlich des Asomadas, zentrales Hochland, westlicher Teil



**Photo 25:** Nordwesthang des Asomadas, zentrales Hochland, westlicher Teil; mäßig erodierter lithic mollic Vidrandept über psammentic Haploxeralf, s. B 27



**Photo 26:** Osthang eines von der Schadensstufe 3a betroffenen Sekundärkegels (ohne Namen) westlich vom Timbarombo; zentrales Hochland, westlicher Teil



**Photo 27:** Geländestufe westlich von La Cuesta, östlicher Teil des zentralen Hochlandes; Hangabtragung gegenwärtig vielfach gravitativ mit teilweiser Überschüttung der Krautschicht (bes. Bildmitte)



**Photo 28:** Nordostexponierter Talhang des Barranco de Santiago bei Valverde; flächenhaft stark abgetragener Boden mit teils freigelegtem Basaltuntergrund; hangparallel verlaufende Viehpfade; im Vordergrund aufgebene Kulturterrassen; am Hang stark windverformte *Juniperus phoenicea*-Exemplare

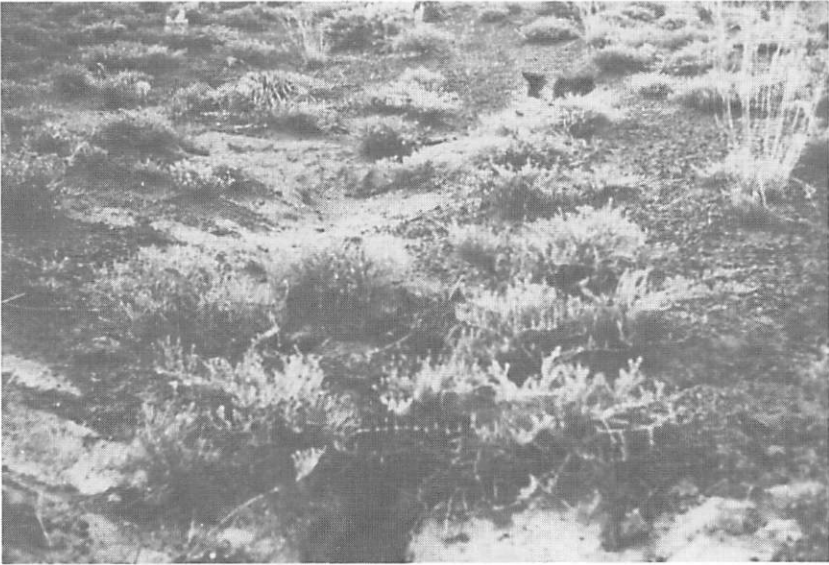




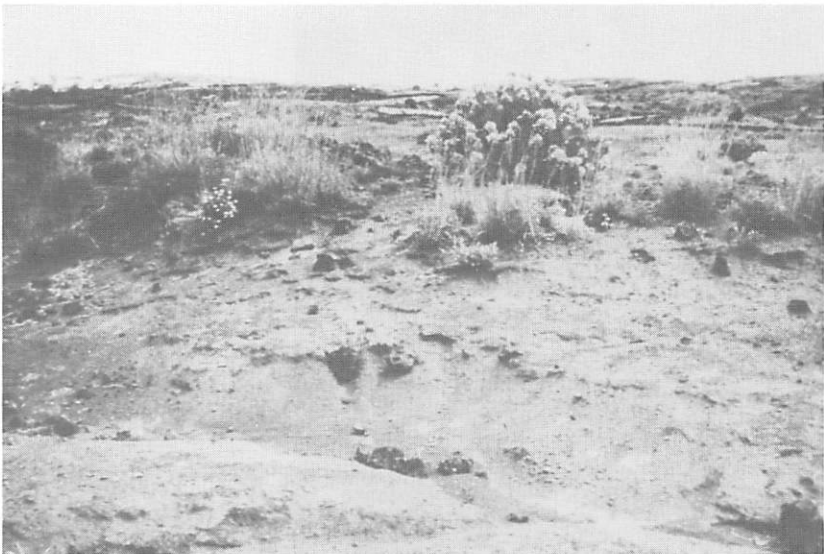
**Photo 29:** Einzugsgebiet der beiden Barrancos de Tinor und Honduras; sehr stark abgetragener, lückenhafter Boden mit freigelegtem Basaltuntergrund; Übergangsbereiche zwischen östlichem Hügelland und östlichem Steilabfall



**Photo 30:** Degradierter, aber geschlossener Lorbeerwald in gut 1200 m Höhe südlich von Frontera am mittleren Teil des El Golfo-Steilabfalls



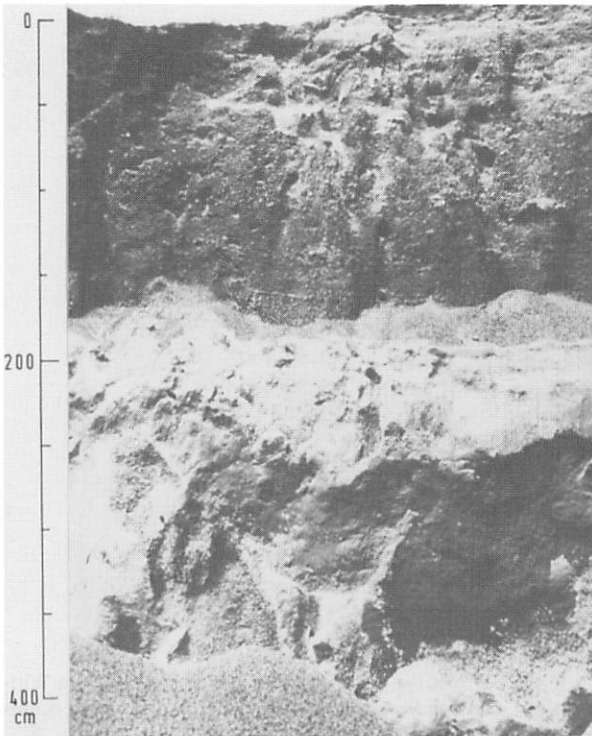
**Photo 31:** Beginnende Rinnenerosion sowie flächenhafte Abspülung und Deflation auf einer aufgegebenen Ackerfläche im südlichen Vorland von Taibique (südliches Hochland); Entfernung des Feinmaterials an der Oberfläche bei Zurückbleiben des Bodenskeletts aus basaltischen Lapilli



**Photo 32:** Fortschreitende Rinnenerosion mit kleinen seitlichen Rutschungen auf einer aufgegebenen Wirtschaftsfläche im südlichen Vorland von Taibique; südliches Hochland, südöstlicher Teil; (am linken oberen Bildrand die Ortschaft Taibique)



**Photo 33:** Südostexponierte Hänge der Montaña Hoya de la Vaca im nordwestlichen Hochland; intensive flächenhafte und linienhafte Abtragung mit andauernder Übersättigung der Hangfußkolluvien



**Photo 34:** Südlicher Hangfuß der Chamuscada am östlichen Ortsausgang von San Andres im östlichen Teil des zentralen Hochlandes; 2 m mächtige Lapilliüberdeckung mit jungem lithic Xerorthent über fossilem ultic Haploxeralf



**Photo 35:** Nördliches Hochland, südöstlicher Teil, westlich der Montaña de la Fara; überwiegend flächenhafte Abschwemmung von Bodenmaterial mit zwischengeschalteten Spülrinnen; polygenetischer Profilaufbau zweier übereinanderliegender ultic Haploxeralfs mit teilweise herauspräpariertem  $B_t$ -Horizont



**Photo 36:** Randliches Einsinken größerer, intakter Bodenschollen infolge unterirdischer Abschwemmung von Bodenmaterial aus dem  $B_t$ -Horizont eines alten ultic Haploxeralf entlang hangabwärts verlaufender Hohlform; zentrales Hochland, östlicher Teil; intensiv genutztes Weideland



**Photo 37:** Übergangsbereiche zwischen nördlichem Hochland und südwestlichem Hügelland mit überwiegend flächenhafter Abspülung; in der linken Bildhälfte sind unregelmäßige, wulstige Fließstrukturen zu erkennen, die infolge der Mobilität des Bodenmaterials im B<sub>t</sub>-Horizont eines gekappten Rhodoxeralf nach Wasserdurchtränkung bis zum Zerreißen der Grasnarbe geführt haben.



**Photo 38:** Östliche Randbereiche des zentralen Hochlandes; Anlage hangparallel gestaffelter Mauern zur Verminderung der intensiven Abtragungsprozesse (vgl. Photo 36)