

GÖTTINGER  
BODENKUNDLICHE  
BERICHTE

62

Brunk MEYER und Klaus NEUMEYER:  
**Holozäne Boden-Gesellschaft  
aus jungpleistozänen Sedimenten  
unter Tropen-Regenwald  
in der Übergangsregion  
Cordilleren — Amazonas-Becken  
in Peru**

1980

Im Selbstverlag der Anstalten für  
Bodenkunde der Universität Göttingen

Herausgeber: B. Meyer und B. Ulrich

Schriftleitung: P. Hugenroth

Bestellungen über:

Institut für Bodenkunde, Göttingen, von Siebold-Str. 4

Institut für Bodenkunde und Waldernährung

Göttingen, Büsgenweg 2

oder den Buchhandel (Gewährung von Wiederverkäufer-Rabatt)

Selbstkostenpreis

DM

GÖTTINGER  
BODENKUNDLICHE  
BERICHTE

**62**

1980

Brunk MEYER und Klaus NEUMEYER:  
**Holozäne Boden-Gesellschaft  
aus Jungpleistozänen Sedimenten  
unter Tropen-Regenwald  
in der Übergangsregion  
Cordilleren — Amazonas-Becken  
in Peru**

**Göttinger Bodenkundliche Berichte 62, 1-257**

**(1980)**

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1 <u>F R A G E S T E L L U N G</u> .....	9
2 <u>W A H L D E S U N T E R S U C H U N G S -</u> <u>G E B I E T E S</u> .....	11
3 <u>B E S C H A F F E N H E I T D E S U N T E R -</u> <u>S U C H U N G S G E B I E T E S (TAL DES MITTLE-</u> <u>REN HUALLAGA/TINGO MARIA-CAMPANILLA)</u> .....	15
3.1 <u>LAGE, TOPOGRAPHIE, RELIEF</u> .....	15
3.2 <u>ZONALE EINORDNUNG</u> .....	16
3.3 <u>KLIMA</u> .....	18
3.4 <u>VEGETATION</u> .....	25
3.5 <u>BESIEDLUNGSGESCHICHTE</u> .....	28
3.6 <u>GEOLOGISCHER BAU, OBERFLÄCHEN-ENTWICKLUNG,</u> <u>HYDROLOGISCHER ZUSTAND</u> .....	32
4 <u>M E T H O D E N</u> .....	41
4.1 <u>VORERKUNDUNG UND AUFNAHME IM GELÄNDE</u> .....	41
4.2 <u>BENENNUNG DER TERRASSEN</u> .....	42
4.3 <u>PROBENAHE</u> .....	42
4.4 <u>LABOR-ANALYTIK</u> .....	44
4.4.1 <u>Proben-Aufbereitung</u> .....	44
4.4.2 <u>Physikalische Daten</u> .....	44
4.4.3 <u>Mineralarten-Zusammensetzung</u> ....	45
4.4.4 <u>Kationen-Austausch-Kapazität, Bo-</u> <u>den-Azidität</u> .....	47
4.4.5 <u>Extrahierbare Oxide</u> .....	49
4.4.6 <u>Ökologisch-biologische Daten</u> ....	49
4.5 <u>METHODISCHER ANSATZ FÜR BODENGENETISCHE</u> <u>BETRACHTUNGEN</u> .....	52

		Seite
5	<u>VORLIEGENDE BODEN - KARTEN</u> ...	55
5.1	<u>KARTIERUNGEN, KARTIER-EINHEITEN</u> .....	55
5.2	<u>ÖKOLOGISCHE BEWERTUNG</u> .....	56
5.3	<u>EIGNUNG FÜR BODENGENETISCHE UNTERSUCHUNG</u> .	58
6	<u>KARTIER - GEBIET AUCAYACU</u> <u>(KARTE 6)</u> .....	59
6.1	<u>RELIEF</u> .....	62
6.2	<u>KLIMA-GEOMORPHOLOGISCHE DEUTUNG</u> .....	67
6.2.1	<u>Klima-Geschichte des äquatorialen</u> <u>S-Amerika</u> .....	67
6.2.2	<u>Übertragung auf das Kartier-Gebiet</u>	73
6.3	<u>DECK-LEHME</u> .....	74
6.3.1	<u>Herkunfts-Beziehungen (Hochebenen,</u> <u>valles altos ↔ Löß)</u> .....	75
6.3.2	<u>Herkunfts-Probleme im Kartier-Ge-</u> <u>biet</u> .....	76
6.3.3	<u>Verschieden- oder Gleichaltrigkeit</u> <u>der Deck-Lehme?.....</u>	82
6.3.4	<u>Sedimentologischer Vergleich</u> .....	85
6.4	<u>CATENA</u> .....	92
7	<u>BÖDEN DER Z - TERRASSE</u> .....	95
7.1	<u>ANORDNUNG IN DER LANDSCHAFT</u> .....	95
7.2	<u>AUSGEWÄHLTE BÖDEN</u> .....	98
7.3	<u>VERGLEICH DER BÖDEN</u> .....	106
7.3.1	<u>Mineralarten-Zusammensetzung</u> ....	106
7.3.2	<u>Boden-Entwicklung</u> .....	107
7.3.3	<u>Ökologische Parameter</u> .....	108

		Seite
8	<u>B Ö D E N D E R Y - T E R R A S S E</u> .....	110
8.1	<u>BODENGEOGRAPHISCHE GEWICHTUNG</u> .....	110
8.2	<u>RELIEF, SCHICHTUNG UND HYDROREGIME ALS DIFFERENZIERENDE FAKTOREN DER BODENGE- SELLSCHAFT</u> .....	112
8.2.1	<u>Makro-Relief</u> .....	112
8.2.1	<u>Schicht-Bau</u> .....	113
8.2.3	<u>Lehm-Decke:Schichtung und Mikro- relief</u> .....	118
8.2.4	<u>Hydroregime und Bodengesellschaft</u>	120
8.3	<u>BODEN YZ ALS LEITFORM (saure Pseudogley- Parabraunerde bzw. Pseudogley-Fahlerde,- Gleyic Acrisol. — Aquic Tropudult)</u> .....	125
8.4	<u>BÖDEN YH UND YA ALS FEUCHTE UND NASSE GLIE- DER DER BODEN-GESELLSCHAFT</u> .....	150
8.5	<u>BODEN WN ALS TROCKENSTES GLIED DER BODEN- GESELLSCHAFT ("KLIMA-BODENTYP") (Sauer- braunerde mit Ton-Durchschlämmung bzw. saure Parabraunerde. — Orthic (helvic) Acrisol. — Typic Tropudult)</u> .....	156
9	<u>B O D E N D E R U - T E R R A S S E</u> .....	166
9.1	<u>ANORDNUNG IN DER LANDSCHAFT</u> .....	166
9.2	<u>MORPHOLOGIE UND GENESE</u> .....	166
10	<u>B O D E N D E R Q - T E R R A S S E</u> .....	170
10.1	<u>ANORDNUNG IN DER LANDSCHAFT</u> .....	170
10.2	<u>MORPHOLOGIE UND GENESE</u> .....	171

	Seite
11 <u>B Ö D E N A U S K A L K S T E I N</u> .....	177
11.1 <u>A N O R D N U N G I N D E R L A N D S C H A F T</u> .....	177
11.2 <u>V E R G L E I C H D E R K A L K S T E I N E U N D I H R E R L Ö -</u> <u>S U N G S - R Ü C K S T Ä N D E</u> .....	178
11.3 <u>R E N D S I N A - B R A U N L E H M ( I ) U N D T E R R A F U S C A ( C )</u>	179
11.4 <u>K A L K S T E I N - B R A U N E R D E ( K )</u>	184
12 <u>Z U S A M M E N F A S S U N G</u> .....	190
13 <u>L I T E R A T U R</u> .....	193
14 <u>A N H A N G</u> .....	199

VERZEICHNIS DER KARTEN, ABBILDUNGEN UND TABELLEN IM TEXT

Seite

KARTEN:

Karte 1	Höhenstufen Perus .....	12
Karte 2	Klimazonen Perus .....	17
Karte 3	Mittlere Jahrestemperatur .....	19
Karte 4	Kolonisationsgebiet Tingo Maria-Tocache .....	29
Karte 5	Geologie .....	35
Karte 6	Kartier-Gebiet Aucayacu .....	60

ABBILDUNGEN:

Abb. 1	Landschafts-Regionen Mittel-Perus. - Schematisierter Querschnitt (nach Maas, 31) .....	13
Abb. 2	Klimadiagramm .....	21
Abb. 3	Temperaturen im unbewachsenen Boden .....	24
Abb. 4	Querschnitte durch das Huallaga-Tal .....	33
Abb. 5	Schema der N-Fraktionierung.....	50
Abb. 6	Panorama-Aufnahme über das Huallaga-Tal .....	61
Abb. 7	Profil TS, Zwischen- und Deck-Lehm-Folgen .....	79
Abb. 8	Relief-Schnitt: Terrassen-Folge, Boden-Typen und -Areale im Kartier-Gebiet .....	93
Abb. 9	Profile der Z-Terrasse, Fluvisols, Photos .....	100
Abb. 10	Profile der Y-/W-Terrasse, Acrisols, Photos ...	116
Abb. 11	Y-Terrasse, WE-Profil (vgl. Karte 6) Schichtbau, Mikro-Relief, Bodengesellschaft, Ortsangabe der Boden-Profile YZ → WN, Flächen Z → W	
	Sammel-Profil für Bodenfolge "saure Pseudogley-Parabraunerde" → "Humedal" als Funktion von Lehmschichtung und relativem Grundwasser-Stand..	119
Abb. 12	a - d Raster-Elektronen-Mikroskopie zur Gefüge-Bildung und Ton-Verlagerung. - Profil YZ .....	138
Abb. 13	a - e	140
Abb. 14	a - d Raster-Elektronen-Mikroskopie zur Ton- und Schluff-Verlagerung. - Profil YZ .....	144
Abb. 15	a - d Raster-Elektronen-Mikroskopie zur Hämatit-Ausscheidung durch "Effloreszenz" in nicht mit Ton ausgekleideten Poren. - Profil YZ.....	148
Abb. 16	Profil QS, Ferralic Cambisol. - Ferralsol, Photos	174
Abb. 17	Profil K, Eutric Cambisol, Photos .....	185

TABELLEN:

Tab. A	Niederschlag, Verdunstung, Klimatische Wasserbilanz .....	23
Tab. B	Differential -diagnostischer Test .....	46
Tab. C	Mineral-Anteil in der Schwermineral-Fraktion ...	87
Tab. D <sub>1</sub>	Korngrößen-Zusammensetzung der Deck-Lehme, Kalkstein-Rückstands-Lehme und der Silt-Steine im Kartier-Gebiet Aucayacu .....	88
Tab. D <sub>2</sub>	Mineralarten-Anteile der Deck-Lehme, der Kalkstein-Rückstands-Lehme und der Silt-Steine im Kartier-Gebiet Aucayacu .....	89
Tab. E	Zur Morphologie und Genese von Boden YZ, Saure Pseudogley-Parabraunerde: E I Quarz-Verteilung E II Mineralogische Ausgangszusammensetzung E III Horizont-Übersicht, Körnung, Humus, Oxide E IV pH, KAK, Ton-Umverteilung, Verwitterung ...	126
Tab. F	Zur Morphologie und Genese der Böden YH und YA, Pseudogley-Stagnogley und Subaquatischer Pseudogley: F I Quarz-Verteilung F II Mineralogische Ausgangs-Zusammensetzung des Bodens YH F III Horizont-Übersicht, Körnung, Humus, Oxide, pH, KAK der Böden YH und YA .....	151
Tab. G	Zur Morphologie und Genese von Boden WN, Sauerbraunerde mit Tondurchschlammung bis saure Parabraunerde: G I Quarz-Verteilung G II Mineralogische Ausgangs-Zusammensetzung G III Horizont-Übersicht, Körnung, Humus, Oxide G IV pH, KAK, Ton-Umverteilung, Verwitterung ...	160
Tab. H	N-Fractionen der Böden YZ, YA, WN und C .....	164
Tab. I	Amino-N und Aminozucker der Böden YZ, YA, WN und C .....	165
Tab. K	Zur Morphologie und Genese von Boden UD, Rotplastosol: Mineralogische Zusammensetzung der Horizonte III Swd und III Sw, Horizont-Übersicht, Körnung, Humus, Oxide, pH, KAK .....	168
Tab. L	Zur Morphologie und Genese von Boden QS, Roterde bis Rotplastosol: Mineralogische Zusammensetzung der Horizonte So und Sw, Horizont-Übersicht, Körnung, Humus, Oxide, pH, KAK .....	172
Tab. M	Zur Morphologie und Genese von Boden I, Rendsina-Braunlehm: Mineralogische Zusammensetzung des Horizontes Ah(Bv), Horizont-Übersicht, Körnung, Humus, Oxide, pH, KAK	180

Tab. N	Zur Morphologie und Genese von Boden C, Rendzina-Terra fusca: Mineralogische Zusammensetzung des Horizontes Ah, Horizont-Übersicht, Körnung, Humus, Oxide, pH, KAK	182
Tab. O	Zur Morphologie und Genese von Boden K, Kalksteinbraunerde bis Terra fusca-Braunerde: Mineralogische Zusammensetzung des Horizontes Bv, Horizont-Übersicht, Körnung, Humus, Oxide, pH, KAK	186

VERZEICHNIS DER TABELLEN IM ANHANG

<u>Tab. Nr.</u>		Seite
1.1 - 1.5	BÖDEN DER Z-TERRASSE .....	199
2.1 - 2.7	BÖDEN DER Y-TERRASSE .....	206
3.1 - 3.5	BÖDEN DER Y-TERRASSE .....	218
4.1 - 4.7	BÖDEN DER W-TERRASSE .....	225
5.1 - 5.4	BÖDEN DER U-TERRASSE .....	234
6.1 - 6.5	BÖDEN DER T und Q-TERRASSE.....	239
7.1 - 7.4	MESOZOISCHES GESTEIN UND SEINE BÖDEN .....	246

Die Zweit-Ziffer in der Tabellen-Nummer gibt an:

- .1 KORNGRÖSSEN-VERTEILUNG .....
- .2 MINERALARTEN-VERTEILUNG .....
- .3 KATIONENAUSTAUSCH-VERHÄLTNISSE, BODENACIDITÄT .....
- .4 TROCKENDICHTE, FARBWERTE, FREIE UND LEICHT LÖSLICHE OXIDE, HUMUSKÖRPER, NÄHRSTOFFE .....
- .5 PORENGRÖSSEN-VERTEILUNG .....
- .6 GEWINN UND VERLUST AN MINERALARTEN IN DEN KORNGRÖSSEN-FRAKTIONEN 200-2  $\mu\text{m}$  .....
- .7 UMVERTEILUNG DES TONS DURCH NEUBILDUNG UND VERLAGERUNG, MENGEN-BILANZ

## 1 FRAGESTELLUNG

Die Boden-Gesellschaft einer Landschaft oder auch kurz: die "Boden-Landschaft" ist gekennzeichnet durch das Nebeneinander von Flächen-Ausschnitten unterschiedlicher Böden. Die Unterschiede zwischen den Böden können einerseits dadurch bedingt sein, daß in den verschiedenen Teilen der Landschaft während der Entwicklung der Böden aus dem Gestein verschiedene Kombinationen der sogenannten "Pedo-Faktoren" gewirkt haben, d.h. unterschiedliches Gestein, Klima, Relief, Hydro-Regime, unterschiedliche Vegetation und Siedlungsgeschichte. Diese Pedo-Faktoren waren die Ursache dafür, daß die zur heutigen Ausbildung der Böden führenden sogenannten pedogenetischen Einzel- oder Teilprozesse in ihrer naturbedingten Abfolge und Kombination in den verschiedenen Teilen der Landschaft unterschiedlich schnell abliefen. Die Differenzierung der Böden in der Landschaft beruht also auf der durch die Pedo-Faktoren modifizierte Richtung und Geschwindigkeit der pedogenetischen Prozeß-Folge. Somit können Böden als Parameter für die in den einzelnen Einheiten der Landschaft herrschenden ökologischen Faktoren herangezogen werden.

Dies gilt jedoch nur für solche Landschaften der Erde, in denen die Boden-Bildung möglichst gleichzeitig begonnen hat und unter einer möglichst wenig veränderten Faktoren-Konstellation, speziell möglichst gleichbleibenden Klima-Verhältnissen, ablaufen konnte. Das trifft für große Teile der gemäßigten Breiten zu, in denen die pleistozänen Eiszeiten sowohl in den ehemaligen Glazial- als auch Periglazial-Räumen durch eine umfassende Abtragung oder Überdeckung alter Böden einen zeitgleichen Beginn für die nacheiszeitliche Boden-Entwicklung verursacht haben.

In den inner-tropischen Regionen dagegen besteht für die bodengenetische Forschung generell das Problem, daß nur schwer Zeitmarken für den Beginn der Boden-Entwicklung zu finden sind. Die Unterschiedlichkeit der Elemente der Boden-

Landschaft ist hier häufig vielmehr durch eine ungleiche Dauer der Entwicklung der Böden gegeben.

Dies erschwert insofern den bodengeographischen Vergleich der Boden-Landschaften verschiedener Klima-Regionen der Erde, als nicht nur Böden mit unterschiedlicher pedogenetischer Faktoren-Konstellation, sondern auch unterschiedlicher Entwicklungs-Dauer (Entwicklungs-Alters) und Entwicklungs-Geschichte miteinander verglichen werden. So werden in der Bodengeographie z.B. zur Darlegung des Einflusses des Klimas auf die Intensität der Boden-Entwicklung noch häufig die jungen holozänen Böden Eurasiens den Böden der Tropen gegenübergestellt, deren unbekannter Beginn der Entwicklung im Altpleistozän, Tertiär oder noch früher gelegen haben kann und die eine sehr wechselhafte Boden-Geschichte durchlaufen haben können.

Für einen bodengeographischen Vergleich bodengenetischer Faktoren-Konstellationen und ihrer korrespondierenden Entwicklungs-Abläufe ist es daher wünschenswert, auch in den Tropen mehr Böden kennenzulernen, deren Entwicklungs-Beginn vor etwa 10 000 Jahren oder in den jüngeren Phasen des Pleistozäns gelegen hat und die aufgrund dieser begrenzten Entwicklungs-Dauer einen Vergleich mit den holozänen Böden der gemäßigten Breiten gestatten.

Die Aussichten für das Auffinden zeitlich definierter Böden tropischer Regionen sind nach allen bisherigen Erfahrungen dort am größten, wo Hochgebirge an Tiefland- oder Becken-Regionen grenzen. Der pleistozäne Klima-Wandel in den Höhen-Regionen mit seinem Wechsel von Eis-Vorstößen und -Rückzügen kann dazu geführt haben, daß ausgedehnte Absätze von frischem Fels-Detritus aus den Hochgebirgen in das Vorland hinein geschickt wurden. Die zeitliche Gliederung solcher pleistozänen fluvialen Absätze aufgrund ihrer klima-geomorphologisch und tektonisch bedingten Supra- oder Intraposition würde in solch einem Fall gestatten, den terminus post quem der Boden-Entwicklung festzulegen und auf den jüngsten Terrassen auch holozäne Böden zu finden. Diese wären dann in ihrer landschaftlichen Anordnung erfaßbar und mit denen

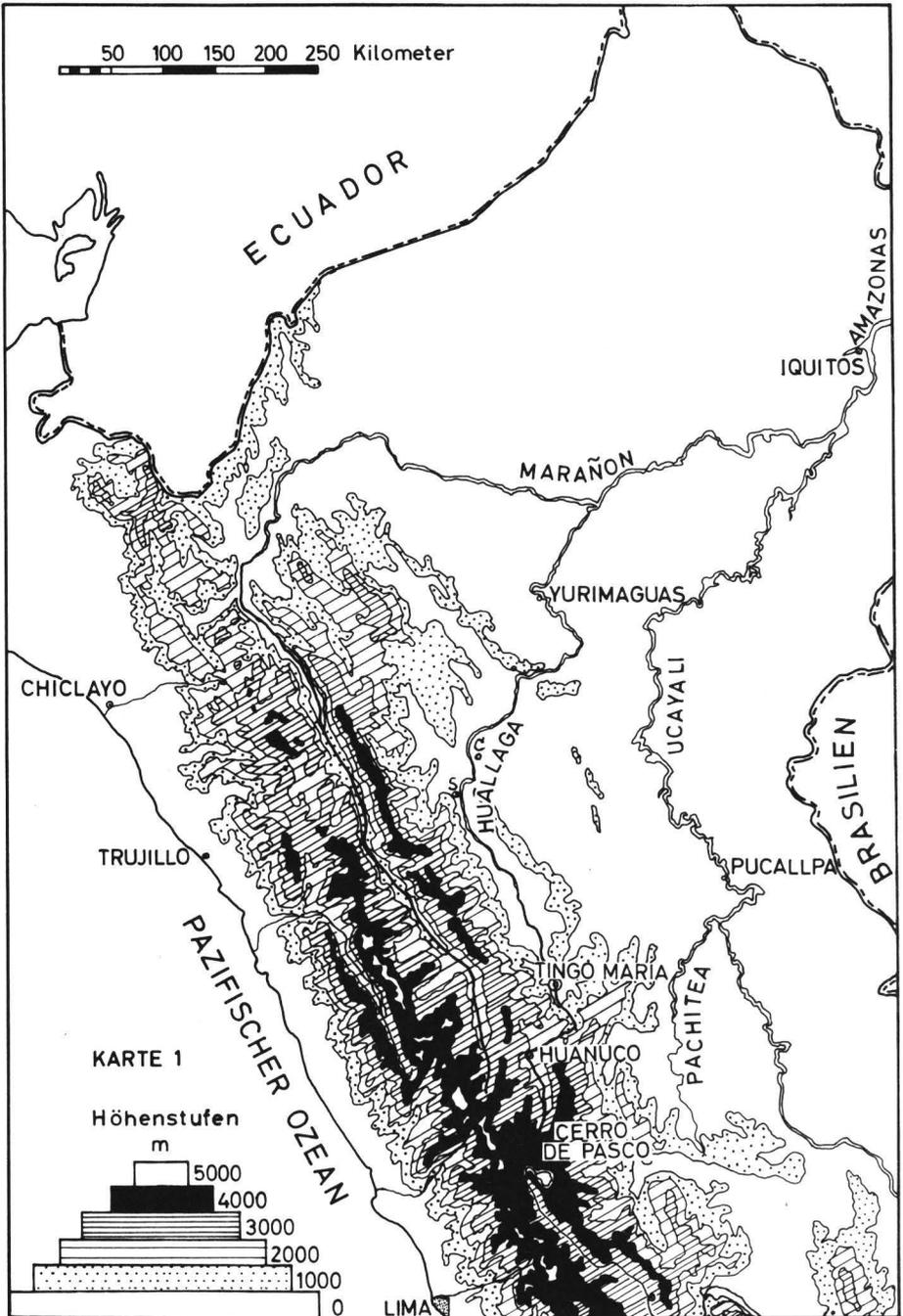
anderer Klima-Regionen in ähnlicher Situation zu vergleichen.

Dies am Beispiel im Übergangsbereich von den peruanischen Anden zum Amazonas-Becken hin zu untersuchen, ist Aufgabe der vorliegenden Arbeit.

## 2 WAHL DES UNTERSUCHUNGS-GEBIETES

Als Untersuchungsgebiet (s.Karte 1 und Abb.1) wurde das vom Rio Huallaga durchflossene Kordilleren-Längstal im Bereich der zentral- peruanischen Ost-Abdachung der Anden zum Amazonas-Becken ausgewählt. Der aus den NW-SE streichenden Kordilleren bestehende Gebirgs-Komplex der Anden fällt in der Weise in Wellen zum Amazonas-Becken hin ab, daß die Gebirgsketten von der Cordillera Central (Gipfel-Höhe über 4 000 m) über die Cordillera Azul (1 500-2 000 m) zur Cordillera Oriental (1 000-1 500 m) und die dazwischen liegenden nach Osten breiter werdenden Längstäler Rio Marañon (Talboden über 1 500 m), Rio Huallaga (300-700 m), Pampa del Sacramento (400-500 m) stufenweise an Höhe des Tal-Bodens verlieren und schließlich als schwache Hügel-Ketten unter den tertiär-quartären andinen Vorschütt-Sediment-Komplexen im Amazonas-Becken (100-200 m) untertauchen.

Das zu untersuchende Gebiet wurde aus folgenden Gründen nicht in die flacheren Rand-Bereiche des Amazonas-Beckens ("Selva"), sondern in eins der etwa 400 m höher gelegenen Kordillereñ-Längstäler und zwar in das Tal des Mittleren Huallaga (Montaña) gelegt: Vegetation- und Klima-Bedingungen sind hier noch weitgehend dieselben wie im flachen Vorland. Die stärkere Relief-Energie hat jedoch in diesem höher gelegenen Tal für eine ausgeprägtere Terrassierung und damit für eine leichtere Gliederbarkeit der einzelnen pleistozänen Aufschüttungs- und Abtragungs-Flächen gesorgt. Während im Vorland die Supraposition der Vorschütt-Sedimente dominiert, d.h. die Überlagerung älterer durch jüngere Sedimente, herrscht in den höheren Tälern eine durch den pleistozänen Wechsel von Klima und relativen tektonischen Niveau-Änderungen be-



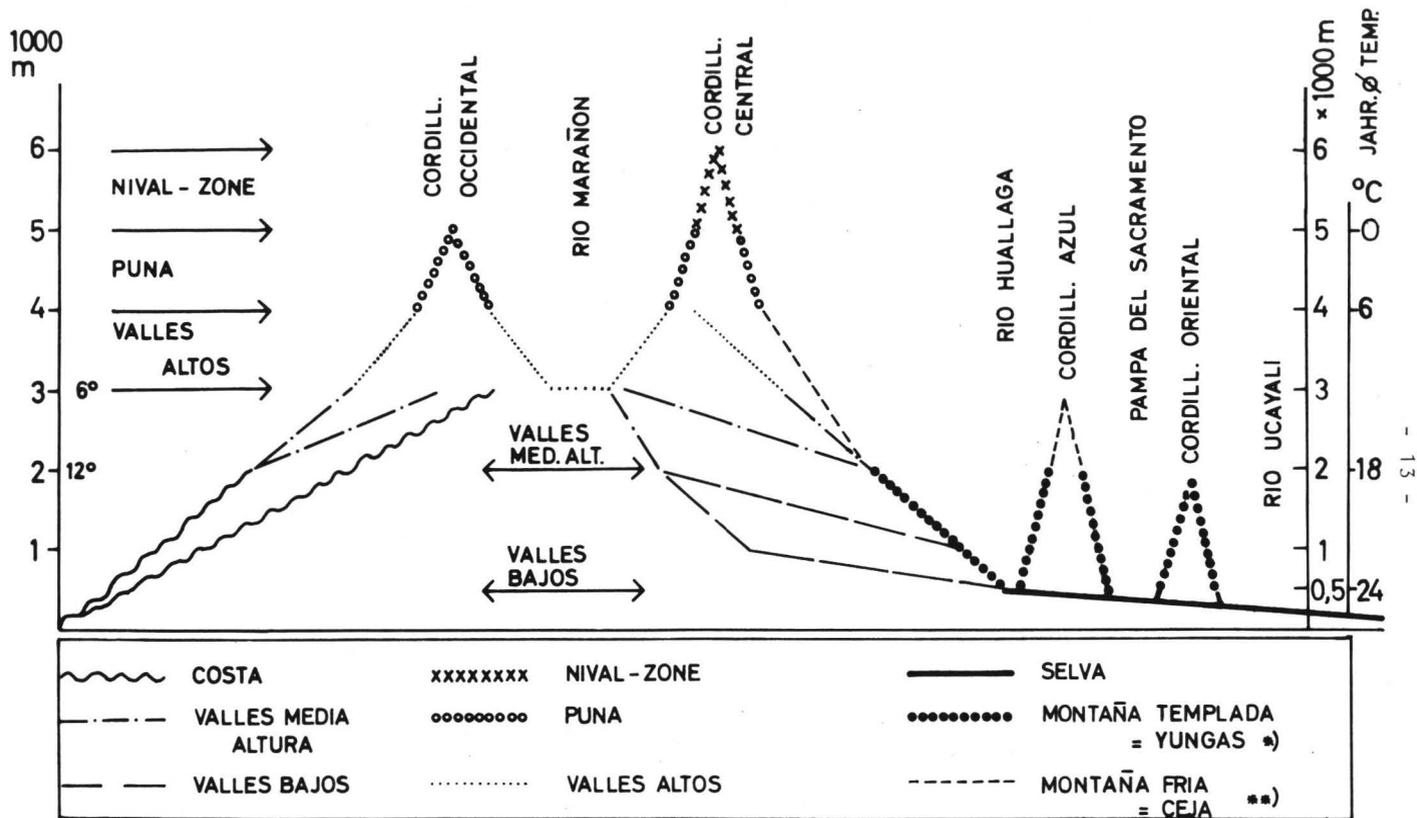


Abb.1: LANDSCHAFTSREGIONEN MITTEL-PERUS.-SCHEMATISCHER W-E-QUERSCHNITT (nach MAAS, 1969)

\*) CEJA de SELVA

\*\*) NEBELZONE n. NICHOLSON (Karte 1)

wirkte Einschachtelung, Intraposition, von jüngeren in ältere Terrassen vor.

Die Bedeutung dieser Forderung geht aus folgendem hervor: Zwei neuere Arbeiten über Böden im oberen Amazonas-Becken von Peru (SANCHEZ u. BUOL, 40; TYLER et al, 50) wurden bei Yurimaguas und Iquitos durchgeführt, also außerhalb der östlichsten Ketten der Anden im Tiefland (182 m bzw. 108 m). Bei Yurimaguas bestehen nur 10 m Höhen-Differenz zwischen den beiden dort allein unterscheidbaren Abtragungs- bzw. Ablagerungs-Ebenen, von denen die ältere/höhere der Q-Terrasse, die jüngere/tiefere der Z-Terrasse unseres Untersuchungs-Gebietes entsprechen. Zwischen-Phasen der Abtragung und Aufschüttung deuten sich nur in Sediment-Resten an den Hängen an. In unserem Untersuchungs-Gebiet dagegen bestehen zwischen Q und Z bis zu 140 m Höhen-Differenz bei 10 unterscheidbaren, darunter 7 flächenmäßig bedeutenden Abtragungs-/Aufschüttungs-Ebenen.

Es bestand ferner die Absicht, ein Gebiet zu finden, das möglichst keine Überdeckungen von Pyroklastiten, sei es auf äolischem, sei es auf fluvialem Wege, erfahren hatte. Das meist schwer bestimmbare Alter von Tuffen hätte eine mögliche Alterszuordnung der Böden aufgrund der geomorphologischen Gliederung erschwert. Außerdem sollte sich der regional-bodenkundliche Vergleich dieser tropischen Bodenzone mit anderen Klima-Zonen nicht auf die sehr speziellen Verwitterungs-Verhältnisse von Tuff-Böden beschränken, sondern die üblichen klastischen Sedimente und ihre Böden erfassen, die auch in anderen Hochgebirgs-Vorländern der Erde weit verbreitet sind.

Nicht zuletzt war für die Wahl des Untersuchungsgebietes der Umstand ausschlaggebend, daß das Tal des Mittleren Huallaga eines der größten peruanischen Regenwald-Rodungs- und -Kolonisations-Projekte, das Projekt "Tingo Maria-Campanilla" (ca. 230 km lang und 5 bis ca. 30 km breit) enthält. Im Rahmen dieses Projektes waren seit 1962 vor und während der Rodung der geschlossenen Urwald-Decke ca. 4 500 km<sup>2</sup> Tal-Region topographisch, davon ca. 1 500 km<sup>2</sup> hypsometrisch und bodenkundlich kartiert worden. Damit waren für die Auswahl repräsentativer Areale für Detail-Untersuchungen gute Voraussetzungen gegeben. Aufgrund der verkehrsmäßigen Erschließung waren genügend und für stratigraphische Vergleiche ausreichend große Boden-Aufschlüsse vorhanden.

3 B E S C H A F F E N H E I T D E S U N T E R -  
S U C H U N G S G E B I E T E S (TAL DES MITTLEREN  
HUALLAGA/TINGO MARIA-CAMPANILLA)

3.1 LAGE, TOPOGRAPHIE, RELIEF

Das Untersuchungsgebiet umfaßt den oberen Abschnitt des "Mittleren Huallaga-Tales" (B)

Der Flußlauf des Rio Huallaga läßt sich in folgende Abschnitte (s.Karte 1) gliedern:

- A Oberlauf: Der Fluß entspringt ca. 20 km im SE von Cerro de Pasco an der Cordillera Central in 4 427 m Höhe. In den ersten 229 Fluß-Kilometern bis Tingo Maria (670 m), dem Eintrittspunkt in das Kordilleren-Längstal verliert er 3 757 m an Höhe.
- B Oberer Mittellauf: Von Tingo Maria (670 m) bis Sión (370 m) ("S" auf Karte 1) — ca. 180 km Luftlinie u.ca. 240 Fluß-Kilometer — bewegt sich der Rio Huallaga in dem breiten Längstal zwischen Cordillera Central (W) und Cordillera Azul (E). Zwischen Sión und Campanilla (330 m) ("C" auf Karte 1) -- ca. 30 km Luftlinie — durchbricht der Fluß die Cordillera Central nach E.
- In den oberen 70 km Fluß-Strecke, an der das hier untersuchte Kartier-Gebiet Aucayacu liegt, beträgt das Fluß-Gefälle ca. 2.5 ‰ , auf den anschließenden 110 km ca. 0.5 ‰ , für die restlichen 90 km, einschließlich der Fluß-Schnellen bei Sión 1.3 ‰ .
- C Unterer Mittellauf: Von Campanilla (330 m) bis Pongo (ca. 120 m) — 130 km Luftlinie und 160 Fluß-Kilometer -- durchquert der Rio Huallaga in W-E-Richtung das breite Längstal der "Pampa del Sacramento" und die Berg-Kette der Cordillera Oriental.
- D Unterlauf: Von seinem Austritt aus der Cordillera Oriental in das Tiefland bei Pongo bis zur Mündung in den Rio Marañón (104 m) — ca. 160 km Luftlinie, 260 Fluß-Kilometer -- geht das Gefälle auf ca. 0.06 ‰ zurück.

Der hier betrachtete Abschnitt B, das vom Rio Huallaga durchflossene Längstal, dessen tiefste Höhen-Punkte bei 670 m im SE und 370 m im NW liegen, hat von der Gipfel-Region der Cordillera Azul im E (Höhenlinie 1 500 m) bis zur Höhenlinie 1 500 m der Cordillera Central im W eine Tal-Breite von ca. 70 km im SE, von ca. 60 km auf der Breite unseres Kartier-Gebietes Aucayacu und von ca. 40 km im NW.

Rechnet man dagegen die Tal-Breite von der Gipfel-Region der Cordillera Azul bis zur Cordillera Central (Höhenlinie 4 500 m), so ergeben sich ca. 100 km im SE und 70 km im NW.

Die W-Flanken des Tales sind quer zum Tal-Verlauf in weit vorspringende, im unteren Teil abgestufte Gebirgs-Riedel gegliedert, welche durch die von der Cordillera Central dem Rio Huallaga zufließenden Nebenflüsse gebildet worden sind. Diese Querriedel oder Seitenkämme tragen z.T. Namen wie "Cadena de Huanuco" und "Cordillera de Turco".

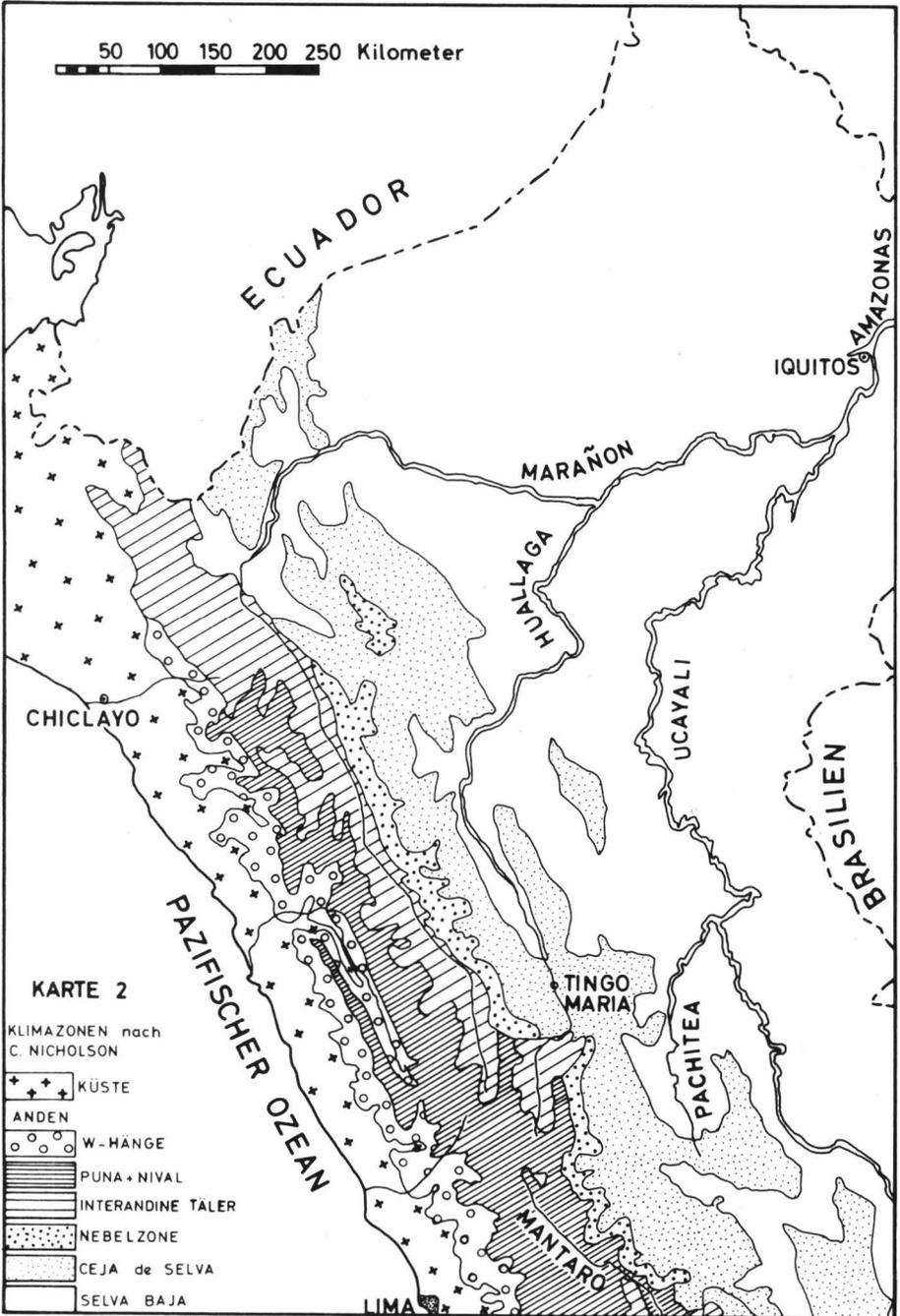
Die niedrigeren E-Flanken sind weniger stark in Riedel zerlegt. Die tieferen Tallagen bis ca. 200 m oberhalb des Flußniveaus zeigen eine z.T. recht starke Relief-Gliederung in Flächen und Stufen, die aus der jüngeren Ausräumung älterer Detritus-Füllungen des Tales resultiert. Durchragungen von Basisgestein in Form von Kegeln und Kämmen stellen ein weiteres Relief-Element dar.

### 3.2 ZONALE EINORDNUNG

Zur Darstellung der naturräumlichen Grob-Gliederung Perus aufgrund der orographischen, klimatischen und geobotanischen Verhältnisse dienen die Karten 1, Höhen-Schichtung (24), 2, Klima-Zonierung nach Nicholson (24) und das von MAAS (31) übernommene Querschnitts-Diagramm in Abb. 1.

MAAS (31) hat sich ausführlich mit früheren Begriffen und Vorschlägen zur Gliederung der Landschaften Mittel-Perus auseinandergesetzt und selbst ein Gliederungs-Schema entwickelt, dessen Begriffe und Definitionen in Abb. 1 und im folgenden Text verwendet werden.

Unser Untersuchungsgebiet am Ost-Rand der Anden liegt in der Zone des "Regen-Waldes" mit über 2 000 mm jährlicher Niederschlags-Höhe ("Feucht-Wald" dagegen unter 2 000 mm). Der "Tiefland-Regen-



Wald" des Amazonas-Beckens — die SELVA (pluvial) — steigt aus Höhen unter 100 m ohne wesentliche Änderung seiner Beschaffenheit an den Hängen der östlichen Kordilleren-Züge empor und wird dort zum "Berg-Regen-Wald" — der MONTAÑA TEMPLADA (pluvial) oder YUNGAS pluviales —. Die Ziehung einer Grenze zwischen diesen beiden Einheiten ist bislang recht willkürlich. Nimmt man die 24<sup>0</sup>-Isotherme — Temperatur-Untergrenze des Kakaos — als Trenn-Linie an, so würde die Grenze zwischen Selva und Montaña etwa zwischen 500 und 800 m Meereshöhe liegen. Der hier untersuchte Abschnitt des Huallaga-Tales liegt somit in seinen tieferen flußnahen Abschnitten im Grenz-Bereich beider Regenwald-Zonen, ist aber sonst vom Kamm der Cordillera Azul bis zur 2 000 m - Isohypse am Osthang der Cordillera Central dem Berg-Regenwald — der Montaña templada — zuzurechnen. Der Grenz-Charakter des Untersuchungsgebietes zwischen Selva und Montaña wird auch deutlich, wenn man auf Karte 3 ( 24 ) den Verlauf der 25<sup>0</sup>C-Isotherme betrachtet. Nach der Klimaten-Gliederung von KÖPPEN ( 28 ) liegt das Untersuchungsgebiet im feucht-heißen (Af) Klima des tropischen Regenwaldes. Das heutige geomorphologische Geschehen im Tal-Grund, die fluviiale Aktivität des Rio Huallaga, wird auf natürlichem Weg von der Nival-Zone, der Puna und den vegetationsarmen Hochtälern der Anden her gesteuert. Neuerdings beginnen sich jedoch auch die intensiven Rodungen im Bereich der Montaña fria — dem Nebelwald — in den Valles bajos und in der Montaña templada selbst auf das Abfluß-Geschehen und über die Erosion auf die Sediment-Bildung im Huallaga-Tal auszuwirken.

### 3.3 KLIMA

An dieser Stelle sollen nicht die klimatischen Verhältnisse des gesamten Untersuchungsgebietes, des oberen Huallaga-Mittellaufes, sondern des engeren Kartier-Gebietes dargestellt werden. Dazu können die Daten der Estación Experimental CAO -418- TULUMAYO herangezogen werden. Sie liegt etwa in der Mitte zwischen Tingo Maria und dem Kartier-Gebiet, ca. 28 km südlich von Aucayacu.

Die hier seit dem Beginn der Urwald-Rodungen, d.h. seit 1965 auf dem Niveau der holozänen Flutlehm-Decken durchgeführten Messungen wurden in einem mehrere ha großen Acker-/Grasland-Areal über Ra-



sen vorgenommen (Abb. 2).

Koordinaten der Meß-Station: 9°06' südl. Breite, 75°54' westl.  
Länge. 670 m Meeres-Höhe. Meßzeit-  
Abschnitte 1965 - 1972, 1974 - 1975

TEMPERATUR: Bei einer Jahres-Durchschnitts-Temperatur von 24.2°C beträgt die Schwankungs-Breite der durchschnittlichen Monats-Mittelwerte nur 2.1°C (April 25.0, Juli 22.9°C).

Die Tages-Amplitude liegt im 7-jährigen Durchschnitt bei 11.2°C. Im November beträgt das mittlere Tages-Maximum 30.7°C, im Juli das mittlere Tages-Minimum 16.5°C. Es herrscht ein ausgesprochenes Tageszeiten-Klima.

Die Tages-Schwankungen der Temperatur haben zur Folge, daß die Luft-Feuchte sehr stark wechselt. Nur an sehr regnerischen Tagen sinkt sie nicht unter 90 %. In den trockeneren Monaten sinkt sie im Durchschnitt mittags auf 65 % ab. Der tägliche Wechsel ist somit deutlich, und aufgrund des hohen Temperatur-Niveaus können erhebliche Sättigungs-Defizite auftreten (siehe unten!).

NIEDERSCHLAG: Der überwiegende Teil der Niederschläge ist auf die Passat-Winde zurückzuführen, die eine weitere Aufsättigung der feuchten atlantischen Luftmassen über dem Amazonas-Becken bewirken. Am Anden-Abfall kommt es bei instabiler Schichtung der Luftmassen (Quell-Wolken) zu Konvektiv-Regen mit Wärme-Gewittern am Spät-Nachmittag und während der Nacht.

Entsprechend der Süd-Lage der Passat-Zone in den Monaten Oktober bis März und dem zweimaligen Zenital-Durchgang der Sonne in dieser Zeit verteilt sich der Jahres-Niederschlag wie folgt:

1.10. - 31.3.	1834 mm = 64 %
1.04. - 30.9.	1019 mm = 36 %
<u>Jahr</u>	2853 mm = 100 %

Dabei treten 2 Monats-Maxima — (November + Dezember) : 2 = 312 mm, Februar 379 mm — und ein Monats-Minimum — (August + September) : 2 = 127 mm auf.

KLIMATISCHE WASSERBILANZ: Für den Urwald liegen hierzu keine Daten vor. Es existieren aber vollständige Messungen der 13.00Uhr-Temperaturen und Luft-Feuchten, der Tages-Piche-Evaporation und der



Tages-Verdunstung von der freien Wasser-Oberfläche für das Jahr 1975 und teilweise 1974 über Grasland.

Tab. A zeigt, daß die Niederschlags-Summe und die Verteilung im Jahr 1975 nur unwesentlich von den mehrjährigen Mittelwerten abweichen. Gleiches gilt für die Temperatur-Mittelwerte.

Man kann also davon ausgehen, daß die 1975 gemessenen, auf die Verdunstung beziehbaren Daten als weitgehend repräsentativ angesehen werden können.

In Tab. A ist nun der Versuch gemacht worden, aufgrund der 13.<sup>00</sup> Uhr-Werte für Temperatur und Luft-Feuchte die potentielle Evapotranspiration (ET<sub>pot</sub>) nach der von BÄTJER ( 4 ) modifizierten HAU-DE-Formel zu berechnen, indem die für Mittel-Europa geltenden Faktoren für den Monat Juli eingesetzt wurden. Daß dies nur eine grobe Annäherung an die tatsächliche ET<sub>pot</sub> sein kann, liegt auf der Hand, wenn man den unterschiedlichen Tages-Gang von Temperatur und Luft-Feuchte und die Tageslänge berücksichtigt.

Erstaunlicherweise nähert sich aber die so errechnete ET<sub>pot</sub> auch hier der Verdunstung von der freien Wasser-Oberfläche im Class-A-Tank, so daß die verwendeten Faktoren offensichtlich nur wenig erhöht werden müßten (evtl. von 11.5 auf 11.7).

Zieht man von den Niederschlägen die ET<sub>pot</sub> oder die Verdunstung von der freien Wasser-Oberfläche ab, so erhält man einen Ausdruck für die klimatische Wasser-Bilanz.

Diese zeigt in den Monaten Oktober bis Juni den erwarteten hohen Niederschlags-Überschuß, in den Monaten Juli, August und September — der Zeit des Tiefst-Standes der Bäche — eine Annäherung der Verdunstungs- an die Niederschlags-Höhe.

BODEN-TEMPERATUR: Abb. 3 zeigt, daß in 5 cm Boden-Tiefe durchschnittliche Tages-Schwankungen der Temperatur von unter 2.8<sup>0</sup>C (September-Maximum) auftreten. Die Temperatur-Amplitude des Jahres-Ablaufes ist mit 1.8<sup>0</sup>C noch geringer.

Bereits in 20 cm Tiefe sind nahezu keine Tages-Schwankungen mehr zu beobachten. Die Temperatur weicht im Jahres-Ablauf höchstens um -1<sup>0</sup>C und +0.6<sup>0</sup>C von der Durchschnitts-Temperatur 25<sup>0</sup>C ab.

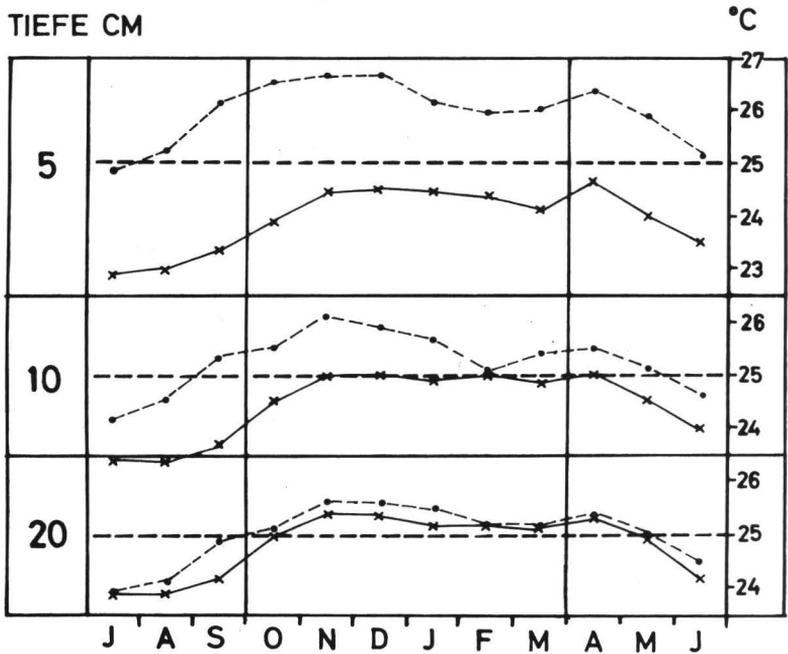
TAB. A NIEDERSCHLAG, VERDUNSTUNG, KLIMATISCHE WASSERBILANZ AUFGRUND VON MESS-DATEN DER ESTACION EXPERIMENTAL TULUMAYO

		JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	JAN	FEB	MÄRZ	APR	MAI	JUN	JAHR
1	N mm 9 jähr. Mittel	159	127	128	223	307	318	303	379	305	221	207	177	2854
2	N mm 1975	113	157	145	203	308	124	244	506	347	248	286	170	2851
	1974	163			242	394	350						178	
3	T °C 9 jähr. Mittel	23.0	24.0	24.5	25.0	25.2	25.2	25.0	24.6	24.5	25.2	24.0	23.2	24.5
	T °C 1975	22.8	23.8	23.7	24.3	24.0	23.8	23.4	23.0	23.3	23.6	23.3	23.2	23.5
	1974	22.0	22.5	22.7	22.3	23.7	22.6					24.2	23.1	
4	EVAPORATION 1975	260	207	258	252	194	229	170	118	149	165	172	175	2349
	n. PICHE mm 1974	185			197	189	163						133	
5	ETpot, berech-1975	116	120	115	124	105	102	92	72	90	100	98	100	1234
	net nach BÄTJER*)mm 1974		109	107	106	116	90					116	85	
6	Verdunstung 1975 freie Wasser- Oberfläche (Class-A-Pan)	124	137	121	152	135	121	117	95	113	118	110	103	1446
7	klimat. Sp.1-Sp.5	43	7	13	99	202	216	211	307	215	121	109	77	1620
	Wasser- Bilanz mm Sp.1-Sp.6	35	-10	7	71	172	197	186	284	192	103	97	74	1408

\*) BÄTJER ( 4 )

Abb.3:

TEMPERATUREN IM UNBEWACHSENEN BODEN  
IN 5, 10 UND 20 CM TIEFE UM 7<sup>22</sup> (—) UND  
13<sup>22</sup> UHR (---), MONATS-DURCHSCHNITTE DER  
JAHRE 1967-71



### 3.4 VEGETATION

Bis 1965 war außer kursorischen Berichten nur wenig über die Arten-Zusammensetzung des Regenwaldes in der den Anden vorgelagerten Hyläa und in der Montaña Perus bekannt (vgl. 23 ). Erst mit dem Fortschreiten der verkehrsmäßigen Erschließung, leider aber auch zugleich mit der sich ausdehnenden Urwald-Rodung wuchsen die Kenntnisse ( 32 , 52 , 32 ). Doch beschränken sich diese Arbeiten mehr auf Betrachtungen größerer Areale. Allein die Erläuterungen zu den großmaßstäblichen Bodenkarten enthalten speziellere Angaben zur Arten-Zusammensetzung des Waldes an verschiedenen Standorten ( 33 ).

Eine Schwierigkeit liegt dabei in der wissenschaftlichen Übersetzung der Vulgär-Namen. Häufig wird ein und derselbe Vulgär-Name für mehrere Spezies verwendet. Für die folgenden Arten-Angaben wird u.a. das von SOUKUP ( 46 ) zusammengestellte Vokabular verwendet.

Bei weitgehender Ähnlichkeit zwischen "Selva" und "Montaña" ist der feuchtere Montaña-Regenwald reicher an Lianen und Epiphyten. Dies spielt in bodenkundlicher Sicht insofern eine Rolle, als der Bestandes-Niederschlag nicht nur mit den organischen Abspül-Produkten der Blätter und der Holz-Teile belastet ist, sondern bereits in erheblichem Maße dunkle wässrige Extrakte von Epiphyten-Humus mit pH-Werten unter 4 enthält. Solche niedrigen pH-Werte können z.B. bei der Reaktion von Oxyphenolen mit Schwermetallen entstehen, wie das z.B. vom Fe<sup>+++</sup>-Brenzkatechinat-Komplex her bekannt ist.

Die Wüchsigkeit der Wälder schwankt in Abhängigkeit von der Tal-Lage. Auf den Flächen beträgt sie bis zu 30 m Höhe, an trockeneren Hängen 20 - 22 m.

Ein krautiger Unterwuchs fehlt in der Regel — abgesehen von einigen Musaceen —. Ebenso fehlen Moose. Der sehr dichte Unterwuchs besteht überwiegend aus den Jungpflanzen der Bäume in allen Altersstufen.

Unter einer nur wenige Blatt-Lagen, häufig nicht mehr als eine Blatt-Lage betragenden Streu-Schicht ist in der Regel keine Humus-Auflage und kein farblich unterscheidbarer Ah-Horizont auszumachen. Das Feinwurzel-Geflecht der Bäume legt sich meist dicht

unter die dem mikrobiellen (Pilz-Hyphen) Abbau ausgesetzte Blatt-Schicht und schließt so den Nährstoff-Kreislauf kurz.

Eine 1969/70 durchgeführte Studie ( 52) der Forst-Abteilung der Universität La Molina in Lima bezog sich auf die tieferen Partien des Huallaga-Tales, einen etwa 20 km breiten und etwa 150 km langen Urwald-Streifen am Rio Huallaga entlang zwischen dem Rio Penedencia (14 km S Tingo Maria) und dem Rio Moshillo (25 km S Tocache). Danach bilden — bei der bekanntlich hohen Arten-Zahl und der geringen Nutzholz-Stamm-Dichte — doch nur 7 Baum-Arten allein 45 % und 16 Baum-Arten allein 75 % des Baum-Bestandes der Wälder. Die Arten sind:

Moena	Aniba sp.
Cumala	Virola sp.
Shimbillo	Inga sp.
Favorito	Osteophlocum sp.
Shiringa	Hevea guianosis
Tornillo	Cedrelinga catenaeformis
Quina-Quina	Myroxylum peruiferum
Machinmango	Makrolobium? Banara?
Copal	Protium sp.
Leche Caspi	Couma sp.
Chonta-quiroy	Phitecolobium sp.
Vilco	Piptadenia sp.
Manchinga	Brosimum sp.
Requia	Guarea sp.
Sapote	Matisia sp.
Chimicua	Pseudolmedia? Securinega?
	Perebea? Ixora?

Daneben kommen an Palmen vor:

Aguaje	Mauritia flexuosa
Pona	Iriarta sp.
Huicungo	Astrocarium sp.
Bombonaje	Carludovica palmata
Yarina	Phytelephas sp.
Ungurahui	Jessenia sp.

Unterdiesen besitzt die Aguaje-Palme einen standortskundlichen Zeigerwert. Auf den mit Lehm bedeckten zweit- und drittjüngsten Terrassen zeigt sie die staunassen Standorte an, d.h. die häufig mit Wasser überdeckten flachen Depressionen oder das nasse Vorland der nächst höheren Terrassen-Stufe. Sie kommt dort zusammen mit Bombax sp. (Huimba, Paloborracho) und Ficus antihelminica (Hoju, Ojé) vor.

Im heutigen Überflutungs-Bereich des Rio Huallaga und seiner Nebenflüsse wachsen:

Cetico, Tacona Cecropia sp.                      Oropel...Erythrina sp.  
Palo de Balsa Ochroma sp.

In Ufernähe des Rio Huallaga wurden auf den älteren Terrassen sowohl unter heutigen Acker- und Gras-Flächen wie auch unter Sekundärwald gelegentlich bis zu 15 cm starke Mull-A-Horizonte beobachtet. Wir neigen dazu, sie als Zeugen einer ehemaligen Boden-Kultur zu deuten (siehe Abschnitt "Besiedlungsgeschichte"), die um flußnahe Siedlungen herum durchgeführt wurde.

Die Lehm-Inseln innerhalb und in den Rand-Zonen des heutigen Huallaga-Schotter- und Kies-Bettes sind von Arundo donax (Caña brava) besetzt, die auch das Aufkommen des Sekundärwaldes nach Aufgabe von Rodungs-Flächen im Flut-Bereich einleitet. In den höheren Lagen übernehmen dichte Bestände von Pteridium diese Rolle.

Der Sekundär-Busch ("purma") besteht aus:

Ocuera ...Solanum	appressum	sowie mehreren Inga- und Cecropia-Arten
Atadijo...Croton	matourensis	

In den höheren Lagen des Tales treten auf:

Catahua ....Hura sp.                      Almendro.....Caryocar  
Huicungo...Guerea sp.

Der Übergang zur Montaña fria (Ceja) — die Grenze liegt in ca. 2 000 m Höhe bei ca. 18°C Jahres-Durchschnittstemperatur, der klimatischen Anbau-Grenze des Kaffees — vollzieht sich unter dem Hervortreten von

Chamisa	Buchenaria sp.	Cavendishia
Quinilla	Manilcara sp.	Gaultheria
Unguraturi	Jessenia sp.	baumwürgenden Feigen
Ambaibo	Cecropia sp.	Orchideen wie Cattleya
	Cinchona	Becherbromeliaceen
	Befaria	Selaginella-Arten
		Wildkartoffeln

Für das engere Kartier-Gebiet scheiden die beiden letztgenannten Gruppen aus.

### 3.5 BESIEDLUNGSGESCHICHTE

Die Frage nach der Besiedlungsgeschichte ist u.a. gerade im Hinblick auf die oben erwähnten ungewöhnlichen Mull-A-Horizont-Böden an gewissen Uferstellen des Rio Huallaga wichtig.

Die Luftbilder aus der Zeit unmittelbar vor der Erschließung des Huallaga-Kordilleren-Längstales zeigen ein geschlossenes Wald-Meer, mit Ausnahme einiger kleiner Rodungs-Flächen, Plantagen, auf den jungen Flut-Lehmen des Rio Huallaga. Doch erkennt man stellenweise dort, wo ältere, höhere Terrassen vom Fluß angeschnitten werden, und besonders an Einmündungen der Seiten-Flüsse Unstetigkeiten in der Wald-Decke, die auf Sekundärwald schließen lassen. Bis zur Eroberung Perus durch die Spanier bildete die obere Grenze des tropischen Berg-Regenwaldes im Huallaga-Tal zugleich die Kulturgrenze zwischen den Hochland-Indianern und den Wald-Indianern des Amazonas-Gebietes.

Im Gebiet des Mittleren Rio Huallaga und seiner stromauf einmündenden Nebenflüsse Rio Monzón und Rio Tulumayo lebten die Stämme der Tingalesen (vgl. "Tingo Maria"), der Chunatahuas und der Tulumayos aus der Stammes-Gruppe der Rupa-Rupa (siehe Karte 4).

Im 17. Jahrhundert gründeten Franziskaner an der Mündung des Rio Monzón und des Rio Tulumayo Missions-Kirchengemeinden und schufen im Rahmen ihrer Missions-Tätigkeit Verbindungswege zwischen den Stämmen.

POEPPIG ( 38 ), der 1830 den Rio Huallaga hinabfuhr, erlebte diese Siedlungen — er erwähnt Uchiza und Tocache — im Stadium des Verfalls als Folge der Einschränkung der Kirchen-Macht nach den Unabhängigkeits-Umwälzungen der vorausgegangenen Jahre. Es wird von kleinen Plantagen in Ufernähe gesprochen, in denen Handelsleute Zuckerrohr für die Branntwein-Herstellung anbauten, von wenigem Rindvieh, das die Patres halten, und sehr geringem Feld-und Plantagen-Bau der Indianer. Im Hinblick auf letzteren mögen die Untersuchungen LATHRAP's ( 29 ), speziell zur Maniok-Kultur, nähere Auskunft geben.

Eine Pocken-Epidemie unter den Chunatahuas breitete sich über die Missions-Wege auf die Tingalesen und Tulumayos aus und führte im



19. Jahrhundert zum Aussterben der drei Stämme.

Nach mehreren Ansätzen zur Kolonisation, die letztlich nur zur Anlage kleiner Plantagen — z.B. mit Coca (*Erythroxylum coca*), das per Maultier in die Anden transportiert wurde — führte, kam es erst nach 1934 bei Tingo Maria zu einer kontinuierlichen Besiedlung, nachdem die von den Anden herabführende "Carretera Central" diesen Punkt erreicht hatte.

Die Siedler bauten Erdnüsse, Reis, Tabak und Zuckerrohr auf den besseren Böden, die meist der holozänen Hochflut-Lehm-Terrasse des Rio Huallaga angehören, und stießen dabei, wenn auch nur fleckenhaft, so doch weit den Rio Huallaga hinunter mit ihren kleinen Plantagen vor. An den Hängen und auf den höheren Terrassen wurde um Tingo Maria der Coca-Anbau ausgedehnt. In den Wäldern wurde Kautschuk und Barbasco (*Lonchocarpus nicou*) gesammelt. Außer der kleinen Siedlungs-Insel um Tingo Maria und den wenigen Plantagen am Fluß blieb jedoch die Haupt-Masse des Waldes, auch des Sekundärwaldes an den Missionsstellen unberührt.

Die erzeugten Produkte wurden überwiegend über die Anden, zum kleineren Teil flußabwärts nach Tarapoto und Yurimaguas transportiert. Neben der kleinbäuerlichen Subsistenz-Wirtschaft an den Ufern des Huallaga und seiner Zuflüsse kam es in dieser Zeit jedoch auch zu vereinzelt groß angelegten Investitions-Projekten. In ihnen wurde durch kapital-intensiven Plantagen-Bau versucht, marktfähige Produkte zu erzeugen. Dies galt z.B. für die landwirtschaftliche Produktions-Gesellschaft SAIPA (Sociedad Anónima Italo-Peruviana Agricola Industriale — heute: Cooperativa Agraria de Producción Perú Oriental), die 1949 eine Konzession über 15 000 ha für den Anbau von Plantagen-Pflanzen, hauptsächlich Kaffee, erhielt. Es galt auch für die Fa. Tea Gardens S.A. (heute: Cooperativa Agraria de Producción Jardines de Te "EL Porvenir") zwischen den beiden Straßenpässen der Cordillera Azul mit mehr als 400 ha Tee-Pflanzungen.

Die Haupt-Phase der Besiedlung des vom Rio Huallaga durchflossenen Kordilleren-Längstales begann 1963 mit dem Bau der "Carretera Marginal" von Tingo Maria aus, die 1965 Aucayacu, unser Kartiergebiet, und 1972 Tocache erreichte. Ausgehend von der Straßen-Trasse begann eine rasche, unregelmäßig-mosaikhafte Spontan-Besiedlung des

Waldes ohne eine vorherige Vergabe von Besitz-Titeln. Bis 1966 waren, soweit die Straße vorgerückt war, etwa 50 % des umgebenden, als landwirtschaftlich nutzbar ausgewiesenen Wald-Landes okkupiert.

Eine gesetzliche Regelung, nach der mindestens 20 % des nutzbaren landwirtschaftlichen Grundeigentums in Siedlungsgebieten durch den Besitzer selbst zu bearbeiten sind, stellte dann ab 1966 die Grundlage für das "Kolonisations-Projekt Tingo Maria-Campanilla" dar, das seitdem bis 1975 mit 15 Mill. US-Dollar von der Banco Interamericano de Desarrollo mitfinanziert wurde.

Okkupierte Flächen, für welche die gesetzlichen Voraussetzungen nicht erfüllt waren, sowie die noch freien Flächen wurden weit überwiegend an Siedler aus dem Anden- und Küsten-Raum vergeben. Ein Anreiz wurde u.a. durch großzügige Kredit-Versprechungen gegeben. Neben landwirtschaftlichen Familien-Betrieben, den sog. "Unidades Agrícolas Familiares" wurden landwirtschaftliche Genossenschaften, sog. "Cooperativas Agrarias" eingerichtet.

Zinsgünstige auf mehrere Jahre vergebene Kredite von der Banco de Crédito del Perú sollten die Siedler dazu veranlassen, hochwertige Nutzpflanzen wie Reis, Mais, Soja, Kaffee, Kakao etc. nicht in Subsistenz-Wirtschaft, sondern mit allen Hilfsmitteln und Methoden einer modernen Landwirtschaft für den Markt in den Zentren von Peru bzw. für den Export anzubauen. Dabei sollten die Genossenschaften die Rolle des Vorreiters in der Einführung neuer Kulturen und Sorten, im Gebrauch von Dünge- und Pflanzenschutz-Mitteln und in der Anwendung neuer Verfahrens-Techniken übernehmen ( 25 ).

Die Erträge blieben jedoch zumeist wegen der unzureichenden Erfahrung der Siedler und Berater weit hinter den Erwartungen zurück. Dies führte zu einer erdrückenden Verschuldung besonders der Siedler in den Genossenschaften und zur Aufgabe großer Flächen.

Dabei fielen — besonders auf den höheren Terrassen — auch große Areale der mit hohem Kapitalaufwand maschinell, d.h. mit Raupenschleppern gerodeten landwirtschaftlichen Nutzflächen der Wiederverbuschung anheim. Ein Großteil der Siedler fiel in die Subsistenz-Wirtschaft zurück bzw. verlegte die Produktion auf den illegalen Anbau von Coca.

Nach dem Niedergang der ackerbaulichen und plantagenmäßigen Produktion begann ab 1973 unter massiver staatlicher Unterstützung der Aufbau der Rinder-Produktion auf Grasland.

### 3.6 GEOLOGISCHER BAU, OBERFLÄCHEN-ENTWICKLUNG, HYDROLOGISCHER ZUSTAND

Die Querschnitts-Skizze des vom Rio Huallaga durchflossenen Kordilleren-Längstales (Abb.4) zeigt: Tal-Flanken und Tal-Untergrund werden von festen Gesteins-Verbänden des Mesozoikums gebildet, von dem sog. "Basis-Gestein". Es bildet zugleich die hydrologische Sohle des Tales.

Der Rio Huallaga und die Unterläufe seiner Nebenflüsse haben sich bis zur Gegenwart durch die quartären Decksedimente hindurch bis auf das Basis-Gestein eingeschnitten. Unter einem dünnen Schutt-Schleier tritt es in den Fluß- und Bach-Betten punktuell zu Tage und läßt sich so annähernd über die ganze Breite des Tales verfolgen. Es handelt sich vorwiegend um braune Siltsteine, Kalksteine, Dolomite, quarzitisches Sandsteine, Schiefertone, aber auch um Intrusionen von Granit mit den entsprechenden Kontaktzonen (Karte 5). Abgesehen von Vergrusungen im Granit machen diese Gesteinsverbände einen relativ frischen Eindruck. Ihre Streich-Richtung (N-S) entspricht der des Kordilleren-Längstales. Das führt dazu, daß besonders in den W-E und E-W fließenden Seiten-Bächen des Rio Huallaga ausgeprägte Fels-Schwellen an vielen Stellen den Abfluß behindern und als Fänger für Treibgut wirken.

An einigen Stellen ragt das Basis-Gestein in Kegeln oder N-S streichenden Rücken weit durch die quartären Deck-Sedimente hindurch. Sind es nördlich des Kartier-Gebietes Granite und Metamorphite, so handelt es sich im Kartier-Gebiet, Karte 6, um harte dolomitische Kalke wie beim Cerro Copal, der ca. 230 m, und dem Cerro San Pedro, der ca. 80 m über das heutige Huallaga-Niveau aufragt.

Über dem Basis-Gestein folgen die Deck-Sedimente, für die aufgrund ihrer Zusammensetzung und Herkunft zumindest im Kartier-Gebiet ein durchweg quartäres Alter angenommen werden kann.

Die quartäre Oberflächen-Gestaltung in den durch diese klastischen Lockergesteins-Massen bedeckten Tal-Abschnitten ist in zwei Phasen zu gliedern:

Phase "eins" umfaßt offenbar eine Zeit der relativen Absenkung des Kordilleren-Längstals während des älteren Pleistozäns gegenüber der Hochgebirgs-Region der Anden. In den Phasen glazigener und

-  VERWITTERUNGS - LEHME
-  HANG - LEHME
-  DECK - LEHME
-  ZWISCHEN - LEHME, - SCHLUFFE, - TONE
-  SCHOTTER, KIESE, SANDE

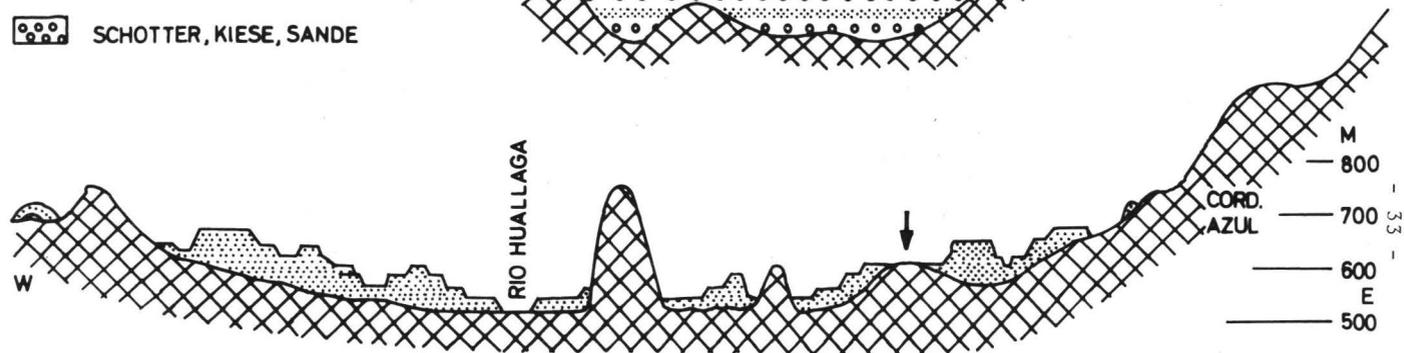
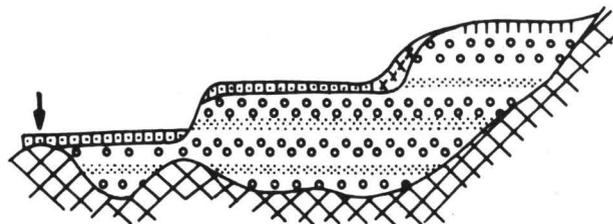


Abb. 4:

UNTEN: SCHEMATISCHE SKIZZE DES HUALLAGA-TAL-QUERSCHNITTS

BEI AUCAYACU

OBEN: SCHEMATISCHE SKIZZE ZUR GROBGLIEDERUNG DER QUARTÄREN  
SEDIMENTFÜLLUNGEN DES HUALLAGA - TALS

-  BASISGESTEIN
-  QUARTÄRE  
FLUVIAL-SEDIMENTITE
-  FELS - TERRASSEN

periglazialer Produktion von Gesteins-Detritus in den höheren Lagen wirkte das Tal als ein gigantischer Fang-Trog für glazifluviale Sedimente.

Die maximale Höhe der Schutt-Akkumulation über dem Basis-Gestein läßt sich nur noch mit großer Mühe einigermaßen genau ermitteln. Deutliche Akkumulations-Niveaus liegen 150 m über der heutigen Tal-Sohle. Aber auch darüber an den Hängen finden sich noch Schutt-Reste. Der Mindest-Betrag für die Akkumulations-Höhe ist wohl bei 200 m über dem Fluß-Bett des Rio Huallaga anzusetzen.

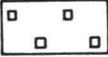
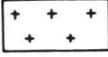
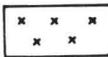
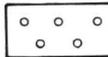
Die Anschnitte dieser Sediment-Komplexe lassen Sedimentations- und Bodenbildungs-Folgen erkennen. Es dominieren Schotter (Kies, Geröll), die das Gesteins-Spektrum der Zentral-Kordillere widerspiegeln, aber auch Detritus der Cordillera Azul enthalten. Der Grad der Saprolithisierung (hydrolytischer Zersatz, Vergrusung, Mazerierung) ist unterschiedlich stark und scheint außer vom Alter auch recht stark von der Dauer abhängig zu sein, während derer in den Schottern das Grundwasser stand.

Die mächtigen Schotter-Verbände werden häufig von Schichten feinerer Sedimente (Sanden, Lehmen) unterbrochen. Die sandarmen Sedimente werden im folgenden als "Zwischen-Lehme, -Schluffe oder -Tone" bezeichnet. Es handelt sich dabei nur selten um deutlich fluvial geschichtetes Material. Becken-Schluffe und -Tone mit Warbung kommen vor, aber auch ungegliederte Lehme. Deren Entstehung dürfte, ähnlich wie bei den Deck-Lehmen der jüngeren Terrassen, jeweils am Ende von längeren Schotter-Bewegungs-Phasen gelegen haben und als das Ergebnis fluvialer Flutlehm-Schlamm-Ablagerung zu deuten sein. Die Fossilierung dieser Zwischen-Lehme durch neue Schotter-Ablagerungen erfolgt zwar unter Abtrag und Zerschneiden, häufig aber durch ungestörte flächige Überdeckung.

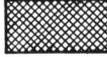
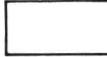
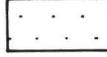
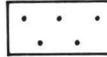
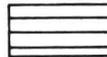
Außer der Saprolithisierung der Kies- und Geröll-Brocken zeigen die Detritus-Füllungen des Tales Erscheinungen der Boden-Bildung. Sieht man von den in grundwasser-erfüllten Kiesen häufigen Fe-oxid- und  $MnO_2$ -Lamellen und -Säumen ab, so fällt insbesondere die häufige Überprägung der Zwischen-Lehme durch Boden-Horizonte auf. Dabei sind Gley-Horizonte (Gr,Go) häufig, mächtige homogen rote Horizonte mit darunter liegender Flecken- oder Flammungs-Zone, S-Horizonte und homogen gelbbraune mit Ton-Verlagerung.

So entsteht der Eindruck einer gewissen Regelmäßigkeit in der Wiederholung von Schotter- und Lehm-Akkumulation und anschließender

### PLUTONITE/METAMORPHITE

	Tertiär Oberkreide	}	{	Plutonite ungegliedert
	Mesozoikum Jungpaläozoik			
	Perm	}	{	Vulcanite Sedimentite
	Silur Ordovicium			
	Cambrium Präcambrium	}	{	Metamorphit- Komplex
	Cambrium Präcambrium			

### SEDIMENTITE

	Salzdome			
	Quartär (Holoz.)	}	{	kontinental
	Quartär (Pleist.)			
	Tertiär (Oberkreide)	}	{	kontinental
	Kreide			
	Jura Trias	}	{	kontinental marin
	Perm Carbon			
	Carbon Devon	}	{	kontinental

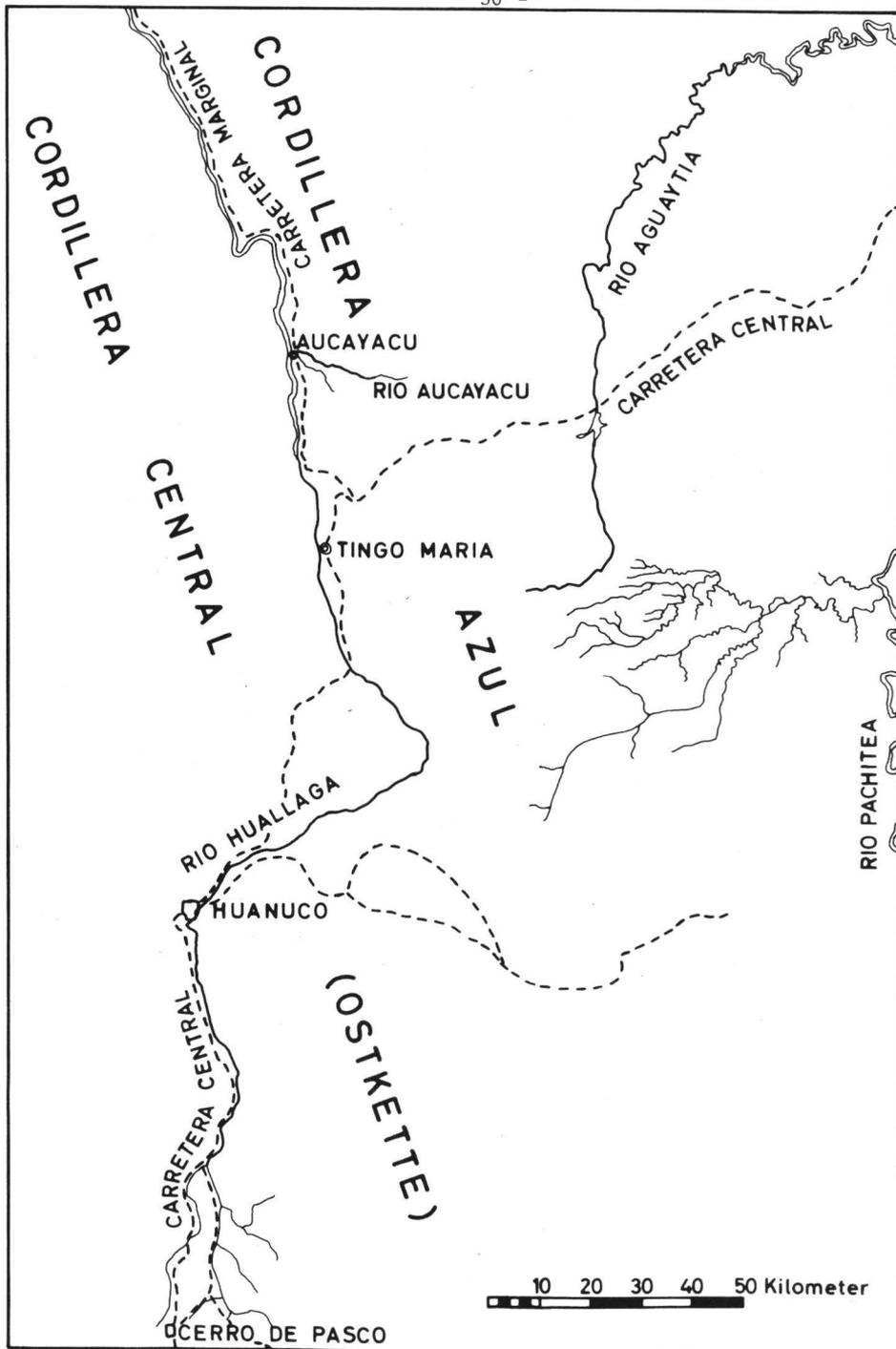
### KARTE 5:

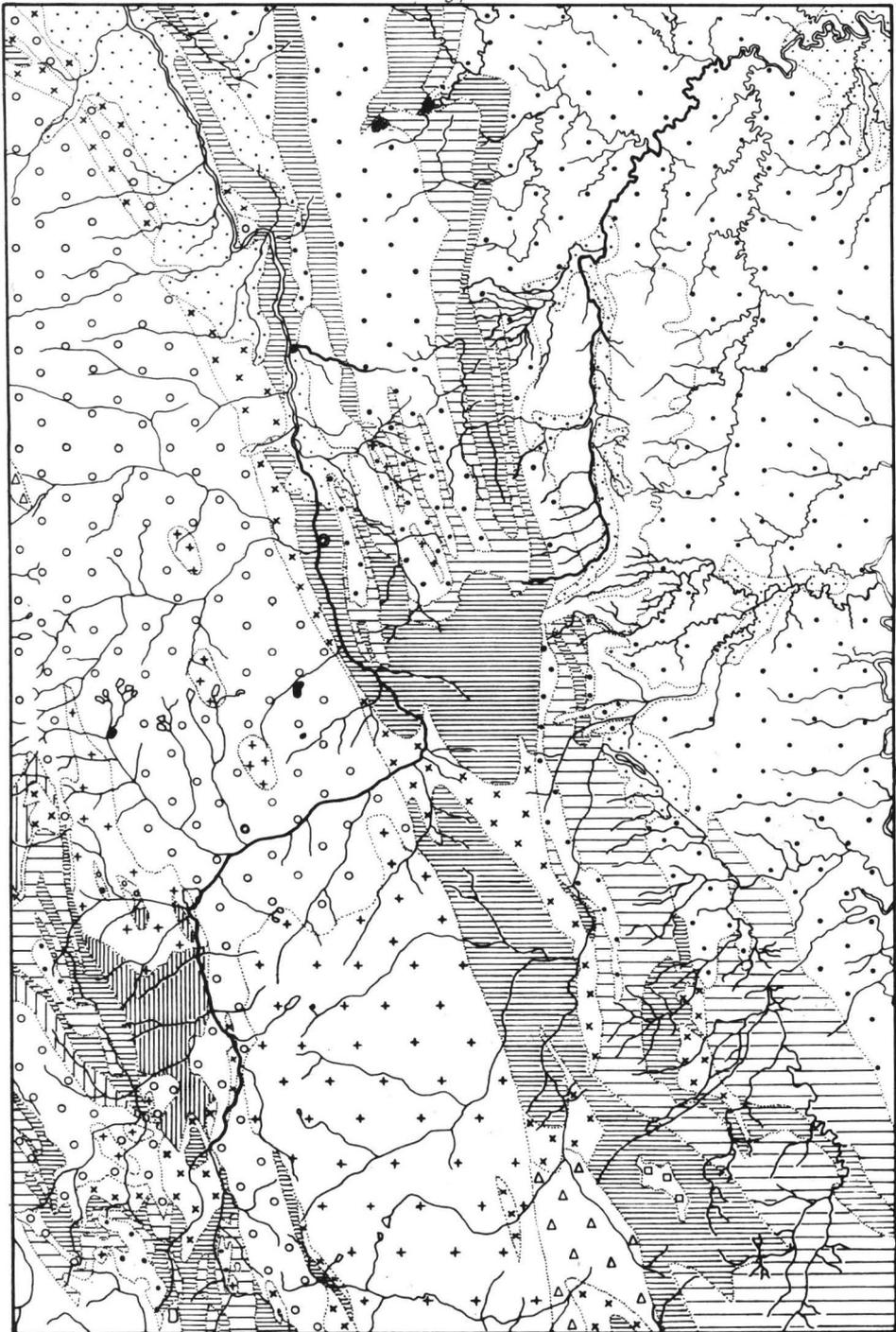
LINKS: ORIENTIERUNGSBLATT

RECHTS: GEOLOGISCHE ÜBERSICHTS - KARTE FÜR DAS GEBIET DES

OBEREN RIO HUALLAGA UND DEN OBEREN ABSCHNITT

SEINES MITTELLAUFES ( 39 )





### Boden-Bildung.

In Phase "zwei" setzte nun im jüngeren Pleistozän die stufenweise Ausräumung der Locker-Sediment-Füllung des Tales ein. Dabei fällt es schwer, die Ursachen dieser Wende zu erkennen, zumal das vorliegende topographische und geologische Karten-Material höchst mangelhaft ist. Es kommen relative Höhen-Verschiebungen zwischen Zentral-, Rand-Kordilleren und Vorland, aber auch die Abtrennung des Tales von den Haupt-Schutt-Liefergebieten der Cordillera Central, z.B. durch die Eintiefung des Gewässer-Netzes des Rio Marañón, in Betracht.

Diese Ausräumungs-Phase hat zur Ausbildung von Flächen und Stufen in den Locker-Sedimenten geführt, die dem Talgrund heute ein Treppen-Relief verleihen, in dem sich Restflächen-Tafelberge in seltener Mischung zu den kegel- und kamm-förmigen Basis-Gesteins-Durchragungen gesellen.

Zur Genese dieser Ausräumungs-Flächen sei hier vorgreifend so viel gesagt: Besonders an den großen jüngeren und zusammenhängenden Flächen ist zu erkennen, daß sie entsprechend dem Gefälle der seitlichen Zuflüsse des Rio Huallaga von den Tal-Flanken her dem Rio Huallaga zugeneigt sind. Es gibt auch deutliche Hinweise darauf, daß die trichterförmige Erweiterung dieser Flächen zum Rio Huallaga hin und das Ineinander-Übergehen der Nebenfluß-Flächen und der Huallaga-Ebenen zumindest zu erheblichen Teilen durch die laterale Erosion der Fließgewässer verursacht worden ist.

Es wird daher im nachfolgenden Text von "Nebenfluß-Terrassen" gesprochen, wenn die verschieden hohen und alten Flächen gegliedert werden. Dabei ist noch einmal zu betonen, daß es sich bei diesen "Terrassen" nicht um Aufschotterungs-Niveaus im klassischen Sinne, sondern um Ausräumungs-Niveaus handelt.

Bei einer genaueren Analyse zeigt sich, daß außer der lateralen Abtragungs-Aktivität der Seiten-Flüsse auch eine synchrone Rückverlagerung von Flächen-Stufen durch Niederschlags-Erosion eine nicht unwesentliche Rolle gespielt hat. Somit sind diese Nebenfluß-Terrassen im Grunde genommen Abtragungs-Fußflächen (Pedimente, Rumpfl. Flächen in Locker-Sedimenten, Glacis d'Erosion) in Locker-Sedimenten, zu deren Wachstum Lateral- und Frontal-Erosion in gleicher Weise beigetragen haben ("Spüfl.ächen" im weiteren Sinne). In dem engeren Kartier-Gebiet Aucayacu/Sangapilla konnten insgesamt 10 solcher

übereinander liegender, ineinander geschachtelter und durch deutliche Stufen-Kanten gesäumter Terrassen kartiert werden. Dabei überraschte der Befund, daß alle Terrassen von zusammenhängenden Lehm-Decken überzogen sind, die im folgenden Text als "Decklehme" bezeichnet werden. Bei den jüngeren Terrassen geben sie sich als recht homogene Flut-Lehme zu erkennen.

Es entsteht somit der Eindruck, daß auch in der jünger-pleistozänen Phase der Tal-Ausräumung — ähnlich wie in der älter-pleistozänen Phase der Auffüllung des Tals — auf Zeiten starker Schutt-Aktivität der Fließ-Gewässer Schluß-Phasen mit Lehm-Akkumulation folgen, die dann eine Bodenbildung einleiten.

Problematisch wird in diesem Zusammenhang die Deutung der Lehm-Decken auf den höheren Terrassen — besonders wenn diese bereits stark zurückgeschnitten sind oder nur noch als Rest-Tafel-Hügel vorliegen. Die Lehm-Decken machen hier häufig einen noch erstaunlich jungen Eindruck, besonders wenn sie autochthonen "Verwitterungs-Lehm" des grobklastischen Locker-Sediments oder — bei hochliegenden Fels-Terrassen — des mesozoischen Ausgangs-Gesteins überlagern.

In diesem Falle ergibt sich die Frage, ob diese Lehm-Decken überhaupt zu früheren Abtragungs-/Sedimentations-Zyklen gehören oder sehr jungere Entstehung sind. Dies hieße aber, daß diese Lehme anders als fluvial, d.h. äolisch eingetragen sein müßten, was nicht ausschließt, daß sie sofort anschließend fluvial umgelagert worden wären.

Solch eine auf den ersten Blick gewagt erscheinende Hypothese findet eine gewisse Unterstützung in dem Befund, daß eine Reihe älterer, hoher und unterschiedlich steiler Flächen-Stufen mit nicht oder wenig geschichteten Lehm-Decken überzogen sind. Im folgenden Text werden sie als "Hang-Lehme" bezeichnet. Sie reichen mitunter von der höheren Fläche über die Stufe auf die niedrigere Fläche, wo sie dann in Flut-Lehme übergehen, ohne daß Schichtungen und Stein-Lagen auf einen erosiven Hang-Transport hinweisen. Wenn solche Lehme darüber hinaus auf Graten und an Flanken von Stufen-Riedeln auftreten, verstärkt sich der Eindruck eines äolischen Imports. Sollte sich dieser Eindruck als richtig erweisen und handelte es sich tatsächlich um jüngere äolische Einträge am Ende von Aktivitäts-Phasen der Flächen-Bildung, dann bestünde die Mög-

lichkeit, daß Hang-Lehme und Flut- bzw. Schwemm-Decklehme selbst verschiedener Terrassen zeitgleich sein könnten, denn die Bildungs-Aktivität älterer Flächen brauchte ja nach der Unterschneidung durch jüngere Flächen nur partiell und nicht völlig zum Erliegen zu kommen.

Das wiederum könnte bedeuten, daß die zeitliche Differenzierung der Böden verschiedener Terrassen nur gering zu sein braucht. Da hauptsächlich die Deck-Lehme der Terrassen als Substrate für die Boden-Entwicklung fungieren, wird die Frage nach der Qualität dieser Lehme eine entscheidende Rolle bei bodengenetischen Interpretationen und Alters-Vergleichen spielen.

Die hydrologische Situation hat zweifellos während der beiden Haupt-Phasen der Tal-Formung einem ständigen Wechsel unterlegen. Mit fortschreitender Anhebung des Aufschotterungs-Niveaus stieg auch der Grundwasser-Körper in den Schottern an (siehe Fe-oxid- und  $MnO_2$ -Abscheidungen). Mit der Ausräumung senkte sich dann der Grundwasser-Spiegel successiv. Dementsprechend sind die basalen Partien des Locker-Sediment-Körpers, d.h. diejenigen Abschnitte, in denen heute die untersten Terrassen liegen, am längsten dem saprolithisierenden Einfluß des Grundwassers ausgesetzt gewesen, während unter den höchsten Terrassen z.T. mechanisch völlig intakte Schotter anzutreffen sind.

Die heutigen Terrassen sind hydrologisch weitgehend autonom, d.h. Sickerwasser-Zulieferung zum Grundwasser und Dränung durch die in den Schotter-Körper eingeschnittenen Neben-Flüsse schaffen — bei nur geringem Oberflächen-Abfluß — ein Fließ-Gleichgewicht. Zu einem oberflächlichen Grundwasser-Austritt kann es besonders dort kommen, wo Stufen von einer niedrigeren zu einer höheren Fläche den auf den Rio Huallaga hin geneigten Grundwasser-Spiegel des Schotter-Körpers anschneiden.

## 4 M E T H O D E N

### 4.1 VORERKUNDUNG UND AUFNAHME IM GELÄNDE

Vor der Arbeit im Gelände wurde versucht, einen Überblick über die geomorphologischen Charakteristika des gesamten Kolonisations-Gebietes zu gewinnen. An Hand der im Ministerio de Agricultura in Aucayacu vorliegenden Luft-Aufnahmen und der topographischen wie bodenkundlichen Karten und Studien wurden die geomorphologischen Elemente und die Regelmäßigkeit ihrer Anordnung in der Landschaft untersucht und die Regeln der Boden-Vergesellschaftung erkundet. Straßenkarten wurden auf mögliche Aufschlüsse hin geprüft, zugängliche Gebiete ausgesucht.

Der bislang am besten erschlossene Raum zwischen Tingo Maria und Tocache wurde befahren und begangen: Unter Zuhilfenahme der topographischen und bodenkundlichen Karten 1:5 000, die im Zuge der Besiedlung zum großen Teil noch unter Urwald-Bedeckung durch Schlaggen von "Trochas" aufgenommen worden waren, wurden die an Straßen, Aushebungen und Fluß-Ufern vorhandenen Aufschlüsse aufgesucht. Die Böden und Sedimente wurden den einzelnen, das ganze Tal durchziehende Terrassen-Niveaus zugeordnet.

Ziel dieser Übersichts-Aufnahme war es, ein Repräsentativ-Gebiet für detaillierte Untersuchungen zu finden, das nach Möglichkeit alle Elemente der Tal-Landschaft in sich barg und zugleich den Regeln der Anordnung dieser Elemente entsprach.

Als ein diese Forderungen erfüllendes Gebiet konnte das relativ leicht zugängliche und durch eingeschnittene Bach-Läufe und Straßen-Trassen gut aufgeschlossene, etwa 30 km<sup>2</sup> große Areal bei Aucayacu (siehe Karte 6) ausgeschieden werden. In seinem Terrassen-Aufbau und seiner Boden-Gesellschaft kann es geradezu als eine repetierende Einheit für das gesamte Tal zwischen Tingo Maria und Tocache — ca. 120 km Luftlinie, Erschließungs-Areal ca. 3 500 km<sup>2</sup> — gelten. Karte 4 zeigt seine Lage innerhalb des Kolonisations-Gebietes.

Im Repräsentativ-Gebiet wurden unter Zuhilfenahme der topographischen Karten die einzelnen Terrassen-Stufen festgelegt. Die vorhandenen Aufschlüsse (Ziegelei-Grube, Straßen-Einschnitte, Bau-Gruben und erodierte Fluß-Ufer) wurden freigelegt und aufgenommen.

Die Böden und Sedimente wurden in das Terrassen-Schema eingegliedert. Zur kartographischen Füllung zwischen den Aufschlüssen wurden in geomorphologisch eindeutiger Situation Bohrungen ausgeführt bzw. Profile freigelegt. Es wurde versucht, die Geomorphologie mit der mehrmaligen Abfolge von Sedimentation, Bodenbildung und Ausräumung zu erfassen. Anschließend wurden Leit-Böden, typische Vertreter der einzelnen Boden-Gesellschaften für weitere Untersuchungen ausgewählt.

#### 4.2 BENENNUNG DER TERRASSEN

Bei der Gelände-Erkundung erwies es sich als relativ einfach, die einzelnen Terrassen nach ihrer Höhen-Lage und Zusammengehörigkeit zu ordnen. Da zunächst keine Interpretation vorgenommen werden sollte, wurde eine neutrale Indizierung verwendet. Die Zählung der erkannten 10 Terrassen erfolgt von der jüngsten Terrasse an, der heutigen Schotter- bzw. Lehm-Flur des Rio Huallaga und seiner Nebenflüsse. Diese erhielt den Buchstaben Z. Alle höheren Terrassen zählen von hier ab rückwärts, so daß die oberste Terrasse den Buchstaben Q erhielt. Soweit im folgenden Böden auf diesen Terrassen entnommen wurden, erhielten sie als Index 2 Buchstaben, wovon der erste Buchstabe den Terrassen-Index darstellt; Proben von Festgesteinen und ihren Böden erhalten im folgenden Text nur einen Buchstaben.

#### 4.3 PROBENAHEME

Aus jedem morphologisch nicht weiter zu untergliedernden Horizont der Leit-Böden wurde eine Misch-Probe entnommen.

Unter primärem Urwald lagen:

- ZA\*) "Rio Aucayacu", Hochflut-Lehm, Z- Terrasse
- YH\*) "Coop. Progreso", "Humedal", fluvialer Decklehm, Y-Terrasse
- YA\*) "Coop. Anda Pacae", "Aguajal", fluvialer Decklehm, Y-Terrasse
- C "Cerro Copal", Kalkstein-Verwitterungs-Lehm, Kalkfels-Durchragung
- P "Cerro San Pedro", Kalkstein, Kalkfels-Durchragung
- S\*) "Bella Vista Superior", Tonstein, Flanke der Cordill. Azul

Unter sekundärem Urwald ohne längere Nutzungs-Phase lagen:

- WN "Carretera Sangapilla, Nord-Einschnitt", fluvialer Decklehm,  
W-Terrasse  
UD "Acceso Asseradero", Sangapilla-Brücke, von Fluvial-Lehm be-  
deckte Durchragung aus mesozoischem Ton-Silt-Stein, U-Terrasse  
TS "Carretera Sangapilla, Süd-Einschnitt", fluvialer Decklehm,  
T-Terrasse  
QS "Carretera Sangapilla, Scheitelpunkt", fluvialer Decklehm,  
Q-Terrasse  
K \*) "Strasse Tingo M. - Pucallpa, Paß-Steinbruch", Kalkstein u. Ver-  
witterungs-Lehm, Kamm der Cordill. Azul

Unter Gras bzw. ackerbaulichen Nutzpflanzen-Kulturen lagen:

- ZS "Rio Sangapilla", Hochflut-Lehm, Z-Terrasse  
ZH \*) "Rio Huallaga", Hochflut-Lehm, Z-Terrasse  
YZ "Ziegelei Aucayacu", fluvialer Decklehm, Y-Terrasse  
I \*) "Bella Vista Inferior", Kalkstein u. Verwitterungs-Lehm, Flan-  
ke der Cordill. Azul  
G \*) "Straße Tingo Maria-Pucallpa", Kalkstein-Verwitterungs-Lehm,  
Flanke der Cordill. Azul, sog. "Schwarzer Gelblehm"

Aus den A-Horizonten der Böden YH, WN, QS, ZS, YZ, sowie einem be-  
ackerten Boden entsprechend YZ (Cooperativa Anda Pacae "Arabe" )  
und einem beackerten Boden entsprechend ZS (Estación Experimental,  
Rio Tulumayo) wurden Stechzylinder-Proben ( $100\text{ cm}^3$ , 2-6 Parallelen)  
entnommen.

\*) Entnahme-Stellen liegen außerhalb des Kartenblattes

#### 4.4 LABOR-ANALYTIK

##### 4.4.1 Proben-Aufbereitung

Die entnommenen Boden-Proben wurden unzerkleinert sofort an der Luft getrocknet. Für die einzelnen Analysen wurden folgende Zerkleinerungs-Klassen der Proben verwendet:

Brocken, 3-6 cm: Bestimmung der Trocken-Dichte, Gefüge-Untersuchungen, Farb-Bestimmungen

Feinerde, <2 mm, Backenbrecher: Bestimmungen der Korngrößen-Zusammensetzung (die Proben waren sämtlich frei von Kies, >2 mm), der Austausch -Kapazität und Belegung, der Boden-Azidität und der verfügbaren Nährstoffe. — Gewinnung der Körnungs-Klassen für Mineral-Analysen nach Extraktion freier Oxide des Fe, Al und Mn.

Staubfein, in der Kreuzschlag-Mühle gemahlen: Bestimmung von Carbonaten, C, N, N-Fraktionen, NaOH-extrahierbarem Si u Al, Na-dithionit- extrahierbarem Fe u Mn.

Stechzylinder-Proben: Trocken-Dichte und pF-Charakteristik ( $\Psi/\Theta$ -Beziehung).

##### 4.4.2 Physikalische Daten

Die im folgenden Text gemachten Tabellen-Angaben beziehen sich auf Abschnitt 14, Analysen-Ergebnisse im Anhang.

Bodenfarbe (Tab.6)

Die Farben wurden am feuchten und trockenen Boden-Material mit MUNSELL-Farb-Karten bestimmt. Die zweite bzw. dritte Farbzahl in Tab. 6.4 gibt Farb-Abweichungen an, wie sie bei Konkretionen, Flecken, Adern u.ä. im Boden-Gefüge auftreten können.

Korngrößen-Verteilung (Tabb.-1)

Schonende Lösung der Carbonate mit HCl (pH > 4.5); Oxidation der organischen Substanz mit H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; Reduktion der Fe- und Al-Oxide mit Na-dithionit und Extraktion mit Na-citrat/Na-hydrogencarbonat; Dispergierung mit Na-Metaphosphat; Sieb-Abtrennung und -Analyse der Korn-Klassen >36µm Ø, Trennung und Gewinnung der Fraktionen <36µm Ø im ATTERBERG-Zylinder, Benennung der Körnungs-Art nach Kartier-Anleitung ( 8 ).

#### Trocken-Dichte (Tabb. -.4)

Wiegen der  $100 \text{ cm}^3$ -Stechzylinder-Proben nach Trocknung bei  $105^\circ\text{C}$ . An Proben, von denen keine Stechzylinder-Proben vorlagen, erfolgte die Dichte-Bestimmung nach SUNKEL (47) bzw. durch Sägen, Ausmessen und Wiegen von trockenen Boden-Quadern.

#### Porengrößen-Verteilung (Tabb. -.5)

An den in ungestörter Lagerung mit Stechzylindern entnommenen Proben wurden die pF-Charakteristika im Druck-Topf ( $< 1\text{bar}$ ) und im Hochdruck-Topf ( $1-15\text{bar}$ ) auf keramischen Platten ermittelt.

### 4.4.3 Mineralarten-Zusammensetzung

#### Sand- und Schluff-Fractionen

Untersucht wurden die Fraktionen  $< 200 \mu\text{m}\varnothing$ . Die Bestimmung erfolgte mit dem Phasenkontrast-Mikroskop (17, 48, 49). Von den im Sieb- und ATTERBERG-Verfahren gewonnenen Sand- und Grob-Schluff-Fractionen ( $> 36 \mu\text{m}\varnothing$ ) wurden Streu-Präparate in Kanada-Balsam ( $n = 1,541$ ) hergestellt. Für die feineren Schluff-Fractionen ( $< 36 \mu\text{m}\varnothing$ ) wurden Membranfilter-Präparate hergestellt und die Filter anschließend unter Auflösung in einer Mischung von Zimtaldehyd und Phtalsäure-n-butylester ( $n = 1,541$ ) eingebettet. Für die Auszählung von Kaoliniten mußte der Brechungs-Index der Mischung von Zimtaldehyd-Phtalsäure-n-butylester auf  $n = 1,557$  erhöht werden. In der Fraktion  $6-2 \mu\text{m}\varnothing$  wurden die Kaolinite nicht von den Quarzen getrennt. In den Quarz-Angaben ist der Kaolinit-Anteil enthalten. Als Bezugsbasis wurden mindestens 200 Stück des am häufigsten vorkommenden Minerals ausgezählt. Die Prozent-Anteile der ausgezählten Minerale an der Fraktion wurden über die Ergebnisse der Korngrößen-Analyse auf % Gehalte im Boden umgerechnet. Auf Grund der starken Verkrustungen mit Eisenoxid war vor der Auszählung häufig eine zusätzliche Extraktion der Eisenoxide notwendig.

#### Ton-Fraktion

Die Minerale der Ton-Fraktion wurden mit Hilfe der Röntgen-Beugungs-Analyse an orientierten Präparaten untersucht.

Dabei wurde folgender differentialdiagnostischer Test durch Belegung des Tons mit verschiedenen Kationen, Glycerin und durch Erhitzen angewendet (Tab.B):

Tab. B: Differential-diagnostischer Test zur Röntgen-Beugungs-Analyse (Angaben in Å-Einheiten)

Vorbehand- lung Tonmineral	Ca+Gly	Ca+H <sub>2</sub> O	K	K → Ca	K <sub>300°C</sub>	K <sub>500°C</sub>
	Aufweitungs- Test		Kontrakt- Test	Reversibilitäts- Test	Erhitzungs- Test	
Kaolinit	7.15	7.15	7.15	7.15	7.15	-
Illit	10	10	10	10	10	10
Vermikulit	14/16/18	12/14/16/18	10	10-18	10	10
Smectit = Montmorillonit	18/20.4	12.6/15.2/18	12	12.6-20.4	10-12	10
Al-Chlorit	14	14	14	14	14	10
Mg-Chlorit	14	14	14	14	14	14

Zur Berechnung der Anteile der in Tab. 2 aufgeführten Mineral-Arten an der Summe aller Schicht-Silikate wurde die Reflex-Höhen-Summe aller aufgeführten Reflexe gemessen und errechnet und gleich 100 gesetzt. Die mineraltypischen Reflex-Höhen (bzw. -Flächen) wurden dazu in's Verhältnis gesetzt.

Die Quarz- und Feldspat-Gehalte wurden wie folgt ermittelt: Die Reflex-Höhen bei 3.34 Å (Quarz) und 3.18 - 3.25 Å (Feldspat) in den K 300°C-Präparaten wurden zum 10 Å-Reflex (ILL+VERM+SMEC) in Beziehung gesetzt. Zur Kontrolle wurde dies auch an den Zähl-Diagrammen der K- und K 500°C-Präparate durchgeführt.

#### 4.4.4 Kationen-Austausch-Kapazität, Boden-Azidität

##### Boden-Azidität (Tab. -.3)

pH-Wert-Bestimmung mittels Glas-Elektrode in 0,01 m CaCl<sub>2</sub> (Boden/Flüssigkeits-Verhältnis 1:2) und in wässriger Suspension (B/F-Verhältnis 1:2)

Austauschbares H<sup>+</sup> und Kalk-Bedarf (nur Kalk-Bedarf in Tab. -.3)  
Bestimmung nach SCHACHTSCHABEL (41) durch pH-Wert-Bestimmung nach Reaktion des Bodens mit 1 n Ca-azetat-Lösung (B/F-Verhältnis 1:2.5). Die ermittelten austauschbaren H<sup>+</sup>- und Al-Kationen sowie die zur Aufkalkung auf pH 7.0 erforderliche CaO-Menge liegen in Böden mit höheren Gehalten an Austausch-Al (unter pH 4,5) um 20 - 50 % niedriger als real gegeben, da der Ca/Al-Austausch nicht vollständig ist.

##### Carbonat (Tab. -.3)

Gasvolumetrische Bestimmung mit der SCHEIBLER-Apparatur nach Ausstreiben von CO<sub>2</sub> mit kalter 4 m HCl. Berechnung hier als CaCO<sub>3</sub> (Fehlermöglichkeiten bei Dolomiten)

##### Austausch-Kapazität (Tab. -.3)

Die Kationen-Austausch-Kapazität wurde auf 2 Wegen bestimmt:

1. Die "potentielle" KAK nach MEHLICH (43) bei pH 8.1 mit gepuffertem BaCl<sub>2</sub> unter Belegung des Bodens mit Ba<sup>\*\*</sup> und dessen Rücktausch durch Ca<sup>\*\*</sup> sowie unter Summierung der durch Ba ausgetauschten Kationen (H- und Al-Ionen aus der Bestimmung der eff. KAK)
2. Die "effektive" KAK nach ULRICH (51) beim pH des Bodens mit ungepuffertem 1 n NH<sub>4</sub>Cl unter Summierung der ausgetauschten

Kationen-Mengen einschließlich  $H^+$  und Al-Ionen.

Austausch-Ionen (Tabb. - .3)

H: Zur Berechnung der ausgetauschten H-Ionen wurde vor und nach dem Austausch in der  $NH_4Cl$ -Lösung das pH gemessen und nach folgender Formel ausgerechnet ( 51 ):

$$\begin{array}{l} \text{KONZENTRATION des} \\ \text{AUSTAUSCH - } H^+ \text{ in} \\ \text{der } NH_4Cl \text{ - Lösg.} \end{array} = \frac{10^{-pHy}}{0,88} - \frac{10^{-pHx}}{0,88} - \frac{\text{Konz. Mole Al}}{1 + \frac{\text{ausgetauscht}}{10^{-pHy}}} \\ \text{ausgetauscht} \\ 10^{-5,85}$$

$$\begin{array}{l} \text{KONZENTRATION des} \\ \text{AUSTAUSCH - } H^+ \text{ in} \\ \text{der } NH_4Cl \text{ - Lösg.} \end{array} = \frac{\text{Gesamt-} H^+ \text{-Konzentration der} H^+ \text{ des } H^+}{\text{Konzentration zum Austausch benutzten Lösg.}} - \frac{\text{Hydrolytisch aus Al}^{+++} \text{ gebildetes } H^+}{\text{benutzten Lösg.}}$$

$pHx$  = pH der  $NH_4Cl$ -Lösung vor dem Austausch

$pHy$  = pH der  $NH_4Cl$ -Lösung nach dem Austausch

$10^{-pHy}$  = Aktivität  $H^+$  der Lösung nach dem Austausch

$$0,88 = \text{Aktivitätskoeffizient} = \frac{H^+ \text{ - Aktivität}}{H^+ \text{ - Konzentration}}$$

5,85 = pK

K = Massenwirkungs-Konstante der Hydrolyse von  $Al(OH_2)_6^{+++}$

Ca, K, Na: Flammenphotometrische Bestimmung in der Austausch-Lösung

Mg: Atomabsorptions-flammenphotometrische Bestimmung in der Austausch-Lösung

Al: Colorimetrische Bestimmung des  $Al^{+++}$  mit Aurintricarbonsäure-Ammoniumsalz nach Zugabe von Thioglycolsäure nach ( 58 )

#### 4.4.5 Extrahierbare Oxide

##### Si und Al, laugelöslich (Tabb. -.4)

Bestimmung durch Extraktion mit 0,5 n NaOH unter Erwärmung nach FOSTER ( 15 ), Si-Bestimmung colorimetrisch mit Ammoniumheptamolybdat nach Ansäuerung ( 43 ), Al-Bestimmung colorimetrisch mit Aurintricarbonsäure-Ammoniumsalz nach Zugabe von Thioglycolsäure ( 58 )

##### Fe und Mn, dithionit-/citrat-löslich (Tabb. -.4)

Extraktion mit Na-dithionit und Na-citrat bei pH 7.3 nach SCHEFFER et al. ( 42 )

Fe-Bestimmung colorimetrisch mit  $\alpha$ - $\alpha'$ -Dipyridil nach BARON ( 5 )

Mn-Bestimmung colorimetrisch mit Maskier- und Katalysator-Lösung (Silbernitrat plus Phosphorsäure) und Ammoniumpersulfat ( 43 )

#### 4.4.6 Ökologisch-biologische Daten

##### Organische Substanz (Tabb. -.4)

C-Bestimmung durch trockene Veraschung mit gleichzeitiger konduktometrischer CO<sub>2</sub>-Analyse im WÖSTHOFF-Gerät, Abzug des in der SCHEIBLER-Apparatur gefundenen CO<sub>2</sub>; Humus = C multipliziert mit 1.724

##### Gesamt-N (Tab. -.4 u. Tab. H)

Nach KJELDAHL in Anlehnung an FLEIGE et al. ( 14 )

##### N-Fractionen (Tab. I u. H)

Die N-Fraktionierung erfolgte in Anlehnung an die Angaben bei Aldag ( 1 ), Aldag et al. ( 2 ) und Aldag und Meyer ( 3 ). Eine Übersicht wird in Abb.5 gegeben.

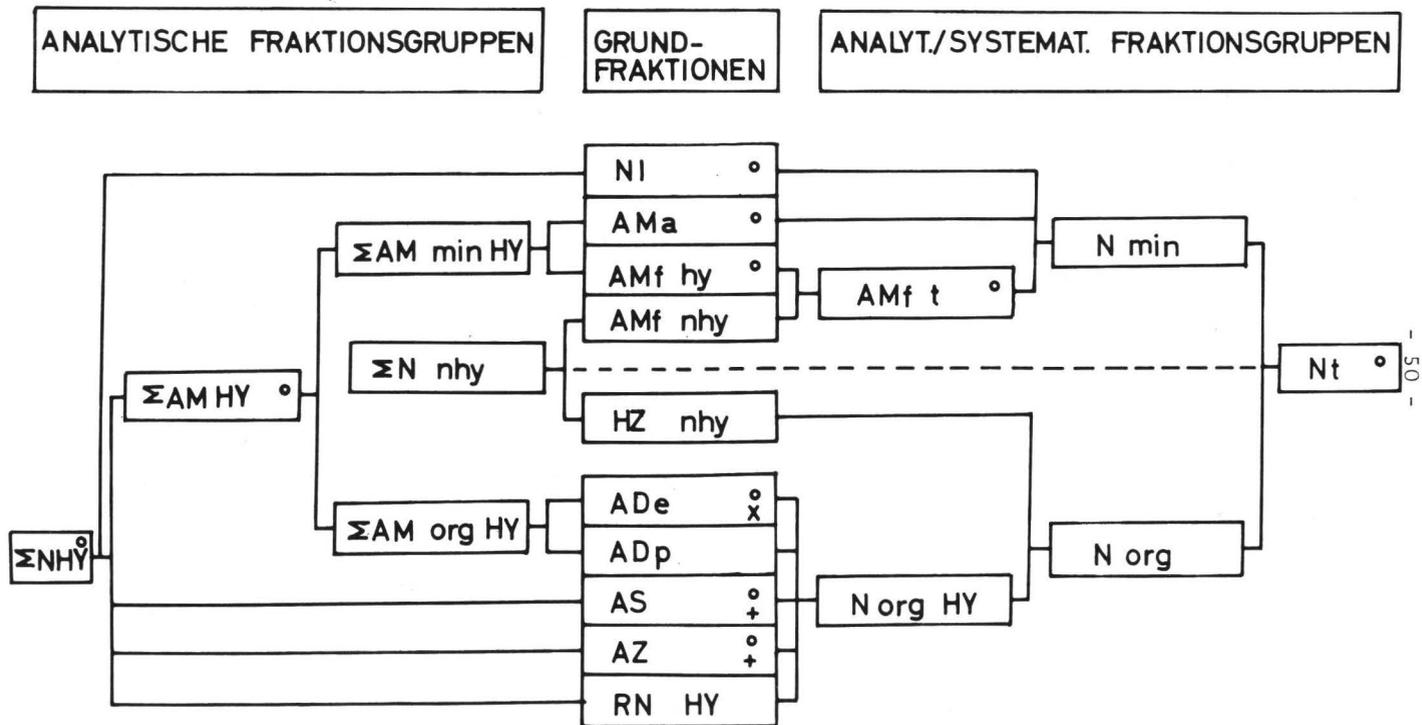
##### Ammonium-N (austauschbar) und Nitrat-N (AMA u. NI)

Schütteln mit 2 n KCl-Lösung, KJELDAHL-Destillation von AMA im Filtrat mit MgO; NI nach Reduktion mit Devardas-Legierung in Bor-säure-Vorlage destilliert.

##### Fixiertes Ammonium-N, total (AMf t)

Nach KOBR-Vorbehandlung Aufschluß mit Konz. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> und K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Destillation und Titration wie bei Gesamt-N-Bestimmung.

Abb.5 Nomenklatur - Schema zur N-Fraktionierung



◦ direkte Bestimmung    + untergliederbar in verschiedene Teilfraktionen (Aminosäuren, Aminosucker)  
 x (Asp N + Glu N) · 0.5

Hydrolysierbares fixiertes Ammonium-N (AMfhy)

Nach KObR-Vorbehandlung Flockung mit  $\text{Ca(OH)}_2$ ; überstehende Lösung abdekantiert; Boden mit  $6 \text{ n HCl}$  hydrolysiert; Bestimmung des hydrolysierbaren fixierten Ammonium-N im Hydrolysat mit automatischem Aminosäure-Analysator (BC 201 LKB-Instrument GmbH München)

Nicht hydrolysierbares fixiertes Ammonium-N (AMfnhy)

Differenz zwischen fixiertem Ammonium-N und hydrolysierbarem fixierten Ammonium-N

Echtes Amid-N (Ade), Pseudo-Amid-N (ADp), Aminosäure-N (AS), Aminosäure-N (AZ), Hydrolysat-Rest-N (RNHY)

Alle Bestimmungen wurden im salzsauren Hydrolysat des Bodens nach dem Prinzip der Ionen-Austausch-Chromatographie mit einem automatischen Aminosäure-Analysator (s.o.) durchgeführt. Daneben erfolgte die Gesamt-N-Bestimmung im Hydrolysat durch Aufschluß mit  $\text{H}_2\text{SO}_4$  und Selen-Reaktions-Gemisch sowie anschließender Destillation wie bei Gesamt-N-Bestimmung.

Im salzsauren Hydrolysat wurde die Gesamt-Menge an AM ( $\Sigma \text{AMHY}$ ) bestimmt. Dieses stammt außer aus mineralischen AM-Fractionen ( $\Sigma \text{AMminHY}$ ) auch aus den Amid-N-Fractionen ( $\Sigma \text{AMorgHY}$ ). Letzteres wurde durch Differenz-Bildung ermittelt.

Die Auftrennung der Aminosäuren liefert die Anteile an Glutamin- und Asparagin-Säure.

$$(\text{Asparagin-Säure-N} + \text{Glutamin-Säure-N}) \times 0,5 = \text{Ade}$$

$$\text{Gesamt-Amid-N} - \text{Ade} = \text{ADp}$$

Das Hydrolysat-Rest-N ergibt sich rechnerisch wie folgt:

$$\Sigma \text{NHY} - \text{NI} - \Sigma \text{AMHY} - \text{AS} - \text{AZ} = \text{RNHY}$$

Als "hydrolysierbares organisch gebundenes N" (Norg HY) gilt die

$$\text{Summe Ade} + \text{ADp} + \text{AS} + \text{AZ} + \text{RNHY} = \text{Norg HY}$$

Nicht hydrolysierbares, heterozyklisch organisch gebundenes N

(HZnhy)

$$\text{Berechnung: Nt} - \Sigma \text{NHY} - \text{AMfnhy} = \text{HZnhy}$$

#### 4.5 METHODISCHER ANSATZ FÜR BODENGENETISCHE BETRACHTUNGEN

Die analytische Charakterisierung des Entwicklungs-Zustandes von Böden geht von dem gedanklichen Konzept aus, daß die Boden-Entwicklung infolge fortgesetzten Protonen-Eintrages von oben durch eine Abfolge von chemisch-physikalischen Prozessen bedingt ist. Diese sind u.a.: Kalk-Abfuhr, Ton-Bildung unter Fe-Freisetzung und Fe-oxid-Bildung, Ton-Verlagerung, Ton-Fixierung durch Al-Ionen-Freisetzung, Podsolierung unter lösungchemischer Fe- und Al-Verlagerung. Der Ablauf dieser Prozesse ist dadurch nachzuweisen, daß über quantitative Analysen (Bilanz-Analysen) der Umfang der durch die genannten Vorgänge bewirkten Stoff-Wandlungs- und -Wanderungs-Prozesse ermittelt wird.

Dies geschieht im folgenden mit den nachstehend aufgeführten Nachweisverfahren, die zur Ermittlung der Tiefen-Funktion an untereinanderliegenden Boden-Proben aus Profilen durchgeführt wurden:

##### 1. Kalk-Abfuhr:

Veränderung der Austausch-Kapazität und Ionen-Belegung sowie des wirksamen Puffer-Systems: pH, "KAK pot" und "eff", Austausch-Kationen.

##### 2. Ton-Bildung:

Führung des Homogenitäts-Nachweises für die ursprüngliche Mineral- und Korngrößen-Zusammensetzung des Solums (A- und B-Horizontes) und des oberen C-Horizont-Abschnittes durch mineralogische Untersuchung der Korngrößen-Klassen 200 - 2  $\mu\text{m}$   $\phi$  und Darstellung der Quarz-Verteilung. Auf die Auszählung stabiler Bezugs-Schwerminerale wurde hier zwecks Beschränkung des Arbeitsumfanges verzichtet.

- a) Ermittlung der Ton-Bildung im Solum: Bestimmung von Trockendichte und Ton-Gehalt der einzelnen Horizonte und Berechnung der absoluten Ton-Menge. Vergleich mit dem C-Horizont.
- b) Ermittlung der Ton-Bildung in den einzelnen Horizonten und Kontrolle von a): Unter Zugrundelegung der Quarz-Menge der einzelnen Horizonte und Vergleich der Feldspat-Kaolinit- und Glimmer-Quarz-Verhältnisse im Sand und Schluff der jeweiligen Horizonte mit denen des C-Horizontes wurden die Verluste an Sand- und Schluff-Feldspäten, -Kaoliniten und -Glimmern in den einzelnen

Boden-Tiefen ermittelt und gleich "potentieller Neubildungsquote an Ton" gesetzt.

Letzteres Vorgehen wird dadurch fehlerhaft, daß auch ionare Verwitterungs-Produkte entstehen, die abgeführt und nicht als Ton angereichert werden. Doch ist deren Mengen-Anteil am Verwitterungs-Geschehen in den vorliegenden Fällen gegenüber der Umwandlung zu Ton vernachlässigbar gering.

3. Ton-Verlagerung:

Grundlage für die Berechnung der Mengen an verlagertem (abgeführtem und angereichertem) Ton im Solum war ebenfalls die vollständige Mineral-Analyse der Korn-Fractionen. Über die Quarz-Fractionen wurde der primäre (petrogene) und über die Sand- und Schluff-Feldspat-, Glimmer- und Kaolinit-Verluste der sekundäre (pedogene) SOLL-Tongehalt des jeweiligen Horizontes errechnet. Die SOLL/IST-Differenz wurde als Ton-Verlagerungs-Verlust bzw. -Gewinn bewertet.

4. Ton-Fixierung:

Der Abbruch der Ton-Verlagerung durch Ansteigen der Al-Konzentration in der Boden-Lösung über den Flockungsschwellen-Wert hinaus ist methodisch schwer erfaßbar, zumal kaolinitischer Ton davon weniger betroffen zu sein scheint als die Dreischicht-Tonminerale. pH-Werte unter 4.5 und Absättigungs-Grade der KAK eff durch Al-Ionen in Höhe von über 25 % werden hier als ein Anzeichen für eingetretene Ton-Festlegung bewertet.

5. Podsolierung:

Als Maß für die differenzierte, d.h. nicht für die mit der Ton-Wanderung einhergehende Verlagerung von tongebundenem Fe-oxid, laugelöslichem Al und  $MnO_2$ , sondern für die lösungsschemische Verlagerung von Fe, Al und Mn im Zuge der Podsolierung wurde die Verteilung des dithionitlöslichen Fe und Mn und des in NaOH löslichen Al gemessen. Ein Teil dieser Menge ist ohne Zweifel gebunden an und zusammen mit dem Ton verlagert worden. Geht man davon aus, daß ein bestimmtes  $Fe_d/Ton$  und  $Al_{(NaOH)}/Ton$ -Verhältnis in allen Solum-Tiefen gegeben ist, so lassen sich durch Differenz-Bildung die lösungsschemisch verlagerten Fe- und Al-Mengen einigermaßen abschätzen.

## 6. Stauwasser-Fleckung

Die Stauwasser-Fleckung (Marmorierung, Pseudovergleyung) ist nach dem morphologischen Befund im Kartier-Gebiet zumeist eine sekundäre, d.h. sie ist durch pedogene Verdichtungs-Prozesse — sei es durch Dichtlagerung, sei es durch Ton-Infiltration — verursacht. Stauwasser-Bildung kann den Prozeß der Podsolierung — die lösungsschemische Abfuhr von Mn und Fe aus dem Oberboden — unterstützen, indem sie dort anhaltend reduktive Verhältnisse schafft. Im Akkumulations-Horizont (Sd) tritt eine "sektorale Differenzierung" der Fe- und Mn-Oxide ein, die sich in einem Mosaik von Verarmungs- und Anreicherungs-Flecken äußert.

Da die meisten der aus Deck-Lehmen hervorgegangenen Böden der tieferen Terrassen heute eine Stauwasser-Fleckung aufweisen und somit keine Unterscheidung zur stauwasser-freien Podsolierung möglich ist, wird im folgenden Text die durch Podsolierung wie die durch Naß-Bleichung verursachte Fe- und Mn-Abfuhr gemeinsam betrachtet. Die sektorale Differenzierung wird als weniger bedeutend für die Fragestellung außer Betracht gelassen.

## 7. Vergleyung

Problematischer im Hinblick auf die analytische Charakterisierung bodengenetischer Prozeß-Abläufe ist die der Bodenbildung nach 1.-6. vorausgegangene Vergleyung der Deck-Lehme. Während und nach der Ablagerung dieser Flut-Lehme auf den gekappten Schottern, d.h. als die Flüsse sich noch nicht auf ein tieferes Niveau eingeschnitten hatten, bildeten sich in den basalen Partien der Deck-Lehme Gr (Reduktions-) und Go (Oxidations-Horizonte). In letzteren wurde aufsteigend Fe und Mn angereichert. Besonders dann, wenn die Lehm-Decken nicht sehr mächtig sind, können sich die jüngeren Infiltrations-Horizonte mit diesen älteren Aszendenz-Anreicherungs-Horizonten überdecken und zu analytischen Fehl-Interpretationen Anlaß geben. Es wurden daher für den Vergleich Böden ausgewählt, die mächtig genug waren, um eine deutliche visuelle Trennung zwischen altem Go und jungen Bt/S-Horizonten zu gewährleisten.

5.1 KARTIERUNGEN, KARTIER-EINHEITEN

1962 unterteilte der Servicio Cooperativo Interamericano de Fomento, SCIF ( 45 ) die Böden des Gebietes zwischen Tingo Maria und Tocache entsprechend ihrem Ausgangs-Material und ihrer Lage in:

1. Junge Alluvial-Böden der niederen Terrassen am Rio Huallaga und seinen Zuflüssen, die z.T. in der Regenzeit überschwemmt werden,
2. Entwickelte, ältere Alluvial-Böden auf höheren Terrassen,
3. Residual-Böden an Hängen und auf Erhebungen gebildet aus Sediment-Gestein und
4. Hydromorphe Böden

Von 1964 bis 1970 legte die Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN) in Zusammenarbeit mit dem Ministerio de Agricultura Bodenbewertungs-Karten im Maßstab 1:5 000 und 1:20 000 an. Es wurden etwa 140 300 ha kartiert. In den Jahren von 1972 bis 1974 ( 33 ) wurden im Maßstab 1:10 000 sehr detailliert weitere 7 350 ha kartiert und eingeteilt in:

1. Rezente Alluvial-Böden

Diese Böden liegen auf den niederen Terrassen des Rio Huallaga und seiner Zuflüsse. Sie zeigen keine oder eine nur sehr geringe Entwicklungs-Höhe und reagieren schwach sauer bis schwach alkalisch. Kriterien für die weitere Untergliederung dieser Gruppe sind die unterschiedliche Korngrößen-Zusammensetzung, die Mächtigkeit der Böden und die Häufigkeit und das Ausmaß der Überflutungen.

2. Junge Alluvial-Böden

Sie liegen auf der nächst höheren Terrasse. Erste Bodenentwicklungs-Merkmale lassen sich erkennen. Merkmale für die Untergliederung sind Tiefgründigkeit, Korngrößen-Zusammensetzung und Azidität der Böden.

3. Ältere Alluvial-Böden

Sie befinden sich auf den oberen, z.T. leicht geneigten Terrassen. Es handelt sich um saure, tiefgründige, entwickelte Böden von guter Wasser-Durchlässigkeit. Ihre natürliche Fruchtbarkeit ist der der bisher erwähnten Böden unterlegen. Kolluvien aus benachbarten Gebieten können diese Böden beeinflussen.

#### 4. Residual-Böden

Sie entwickelten sich in situ auf den Ton-, Sand- und Kalk-Gesteinen der Erhebungen im Tal und an den Kordilleren-Hängen und sind die am weitesten verbreiteten Böden der Montaña. Nur 5 % des gesamten Gebietes der Montaña besitzen Hang-Neigungen unter 10 %. Diese Böden sind sehr sauer und von geringer natürlicher Fruchtbarkeit.

#### 5. Hydromorphe Böden

Es sind "ältere Alluvial-Böden" auf mittleren Terrassen in Senken oder am Fuß von Terrassen-Stufen oder Berghängen. Sie zeigen nur sehr geringe oder keine Wasserdurchlässigkeit. In den regenreichen Monaten stehen sie unter Wasser.

Die Studie der SCIP von 1962 (45) stellt nur eine oberflächliche Gliederung und Einschätzung der Flächen für eine landwirtschaftliche Nutzung im Rio Huallaga-Tal dar. Die semi-detaillierten Boden-Bewertungskarten, die bis 1970 angelegt wurden, erfassen weite Teile des Gebietes zwischen Tingo Maria und Tocache. Die untersuchten Flächen wurden in Boden-Serien, jeweils benannt nach Flüssen, Ortschaften und Standorts-Eigenschaften innerhalb des betreffenden Gebietes untergliedert. Eine Serie umfaßt dabei Böden aus gleichem Ausgangs-Gestein und bei ähnlichem Relief mit gleichen Horizonten und Eigenschaften. Dazu wurden sechs Neigungs-Stufen und acht Boden-Wertzahlen angegeben. Minderungen des Bodenwertes durch ungünstige Korngrößen-Verteilung, Steinigkeit, Überschwemmungs- oder Erosions-Gefahr, Tiefgründigkeit etc. wurden in den Karten vermerkt. Im Unterschied zu den semi-detaillierten Karten liegen bei beiden Detail-Kartierungen für jede der im betreffenden Gebiet vorkommenden sechzehn Boden-Serien Analysen aller Horizonte vor. So gibt es Angaben über pH-Werte, Gehalte an Carbonat, organische Substanz, Gesamt-Stickstoff,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ , austauschbarem Ca, Mg, Na, K und Al sowie Angaben zur Kationen-Austausch-Kapazität und zur Korngrößen-Verteilung.

#### 5.2 ÖKOLOGISCHE BEWERTUNG

Die Bewertung der Böden für die landwirtschaftliche oder forstwirtschaftliche Nutzung stellte die Kartierer vor unüberwindliche Schwierigkeiten. Erfahrungs-Werte aus der landwirtschaftlichen

Nutzung lagen nur für die fruchtbaren jungen Alluvial-Böden vor. Die problematischen Böden waren zu dem Zeitpunkt der Aufnahme nur in sehr geringem Umfang mit dem sehr anspruchslosen Coca-Strauch bepflanzt. Viele Böden wurden daher zu positiv bewertet und dies führte zu dem Vorschlag, den Anbau von anspruchsvolleren Nutzpflanzen zu betreiben. Heute liegt die Mehrzahl der für den Ackerbau auskartierten Flächen bereits wieder brach. Insgesamt wurden ca. 20 140 ha, das sind 14 % des kartierten Gebietes, der Boden-Bewertungsklasse II zugerechnet. Diese Böden sollten für eine intensive landwirtschaftliche Nutzung geeignet sein. Außer Erosions-Schutzmaßnahmen, wie sie auf allen Flächen der Zone nötig sind, erforderten sie keine besonderen verbessernden Kultur-Maßnahmen. 30 580 ha oder 21 % des kartierten Gebietes wurden der Boden-Bewertungsklasse III zugeschlagen. Auf diesen Böden wurde eine Auswahl an weniger anspruchsvollen Nutzpflanzen für den Anbau vorgeschlagen. Diese Gruppe von Böden besitzt nur eine geringe natürliche Fruchtbarkeit. Sie erfordert besondere Meliorations- und Schutz-Maßnahmen. 22 450 ha oder 16 % des kartierten Gebietes wurden in die Boden-Bewertungsklasse IV eingestuft. Diese Böden genügten einjährigen Nutzpflanzen in der Regel nicht mehr. Dagegen sollten sie für weniger empfindliche mehrjährige Pflanzungen geeignet sein. 53 040 ha oder 37 % der kartierten Böden gehörten zur Bewertungsklasse V. Es handelt sich bei dieser Gruppe um Böden, die entweder häufig überschwemmt werden und bei denen z.T. Kies an die Oberfläche tritt, bzw. um Böden in Senken oder Depressionen ohne Abfluß-Möglichkeiten, also um hydromorphe Böden. Sie werden den Reis- und Weideflächen zugeteilt. 16 680 ha oder 12 % des kartierten Gebietes wurden in die Bewertungsklassen VI bis VIII gestellt. Für eine intensive Landwirtschaft nach herkömmlichen Vorstellungen hielt man sie als nicht geeignet. Citrusanbau oder die Kultur anderer Baumfrüchte sowie Futterbau wurden für die Böden der Klasse VI als möglich angesehen, während für die übrigen Klassen nur die forstliche Nutzung blieb. In der Regel handelt es sich hier um sehr stark geneigte und daher erosions-gefährdete oder aber um überwiegend unter Wasser stehende Böden, auf denen besonders die Aguaje, *Mauritia flexuosa*, gedeiht.

### 5.3 EIGNUNG FÜR BODENGENETISCHE UNTERSUCHUNG

Für die Zwecke unserer Arbeit wird der Wert des gesamten Kartenwerkes dadurch erheblich eingeschränkt, daß es keine eingehenden Beschreibungen und Erläuterungen der Boden-Serien zu den semi-detaillierten Karten gibt. Somit war zur Erlangung eines Überblicks über die Zone und zur Koordinierung der Serien ein Aufsuchen und Vergleichen der Böden im Gelände erforderlich. Dabei zeigt sich, daß die Grenzen der Serien trotz der recht großmaßstäblichen Kartierung häufig um mehrere hundert Meter von den tatsächlichen Grenzen abweichen. Die Ursache liegt z.T. darin, daß die geomorphologischen Einheiten nicht genügend berücksichtigt worden sind. Das aber kann kaum überraschen, da die Kartierung durchgeführt worden war, als das Gebiet noch weitgehend von Urwald bedeckt war. Es war daher nicht möglich, die vorliegenden Boden-Karten in der Weise zur Grundlage unserer Untersuchungen zu machen, daß allein ein Aufsuchen der kartierten Boden-Einheiten im Gelände die Gewähr bot, die für die Einheit typischen Böden zur Proben-Entnahme zu finden. Die Karten waren lediglich insofern hilfreich, als sie gestatten, ein Repräsentativ-Gebiet auszuwählen, das nach Möglichkeit alle in der Zone vorkommenden korrelierten Serien enthielt.

Die eigene bodenkundliche Aufnahme des ausgewählten Gebietes auf der Basis geomorphologischer Phänomene war unerläßlich.

6 KARTIER - GEBIET AUCAYACU (KARTE 6)

Über die Zugehörigkeit einzelner Böden zu Boden-Gesellschaften entscheiden als übergeordnete Faktoren im Huallaga-Tal und im Kartier-Gebiet

im Bereich der pleistozänen Sediment-Füllungen des Tal-Grundes die Lage auf einem der Terrassen-Niveaus ....

im Bereich der Kordilleren-Hänge und Durchragungen des Tales die Art des bodenbildenden Gesteins.

Das Kartier-Gebiet ist auf Karte 6 dargestellt. An oberflächlich bodenbildend in Erscheinung tretenden Fest-Gesteinen haben wir es in den beiden Durchragungs-Bergen Cerro Copal und Cerro San Pedro mit Kalkstein zu tun, an den Hängen der Cordillera Azul ebenfalls mit Kalkstein und — weit verbreitet — mit einem rot-braunen nichtcarbonatischen Silt-Stein.

Der überwiegende Teil des Karten-Blattes wird dagegen von den treppenförmigen Resten verschieden hoher Abtragungs-Fußflächen ("Nebenfluß-Terrassen") eingenommen, die aus der pleistozänen Schotter-Füllung des Tals herausgearbeitet worden sind und nur an ganz wenigen Stellen, z.B. bei UD durchragenden Silt-Stein kappen.

Die mit Lehm überdeckten, meist in grobklastischen Altsedimenten (Kiesen, Schottern) angelegten Flächen sind aufgrund deutlicher Stufen leicht gegeneinander abgrenzbar.

Die bodengenetischen Faktoren Klima und Vegetation konnten in ihrer Wirkung in diesem Bereich als einheitlich vorausgesetzt werden. Die Varianz der Gesteins-Eigenschaften (Petro-Varianz), d.h. der Deck-Lehme auf einer einzelnen Terrasse schien nur gering zu sein, die von Relief bedingte hydrologische Varianz innerhalb einer Fläche dagegen groß: Unterbrechnung höher gelegener Flächen-Elemente durch Mulden mit Boden-Stauwasser, der bis zum Oberflächenwasser-Stau führt. Ein lokaler Einfluß des Menschen — Humus-Horizonte an älteren Siedlungs-Stellen in Fluß-Nähe — war nur auf den beiden jüngsten Terrassen zu erwarten.

Aus diesen Gründen und weil eines der Ziele dieser Arbeit in der Untersuchung zeitgleicher Böden lag, ist die Karte 6 nicht als Bodentypen-Karte, sondern als eine geomorphologische Karte der einzelnen Abtragungs-Fußflächen bzw. ihrer Reste dargestellt.

Für die Untersuchungen schien es nach dem bodenmorphologischen Gelände-Befund zweckmäßig, zunächst die Böden einer jeden Terrasse zu einer Gesellschaft zusammenzufassen und davon auszugehen, daß diese wegen des unterschiedlichen Alters der Terrassen auch unterschiedlich in ihrer Ausprägung seien — was nachzuprüfen wäre.

Demzufolge entspricht zunächst jeder Fläche eine Boden-Gesellschaft. Die Differenzierung innerhalb der Boden-Gesellschaft ist dann im wesentlichen — wie bereits gesagt — durch den von Relief-Depressionen auf den Flächen bedingten zunehmenden Niederschlags-Stau als Oberflächenwasser bedingt.

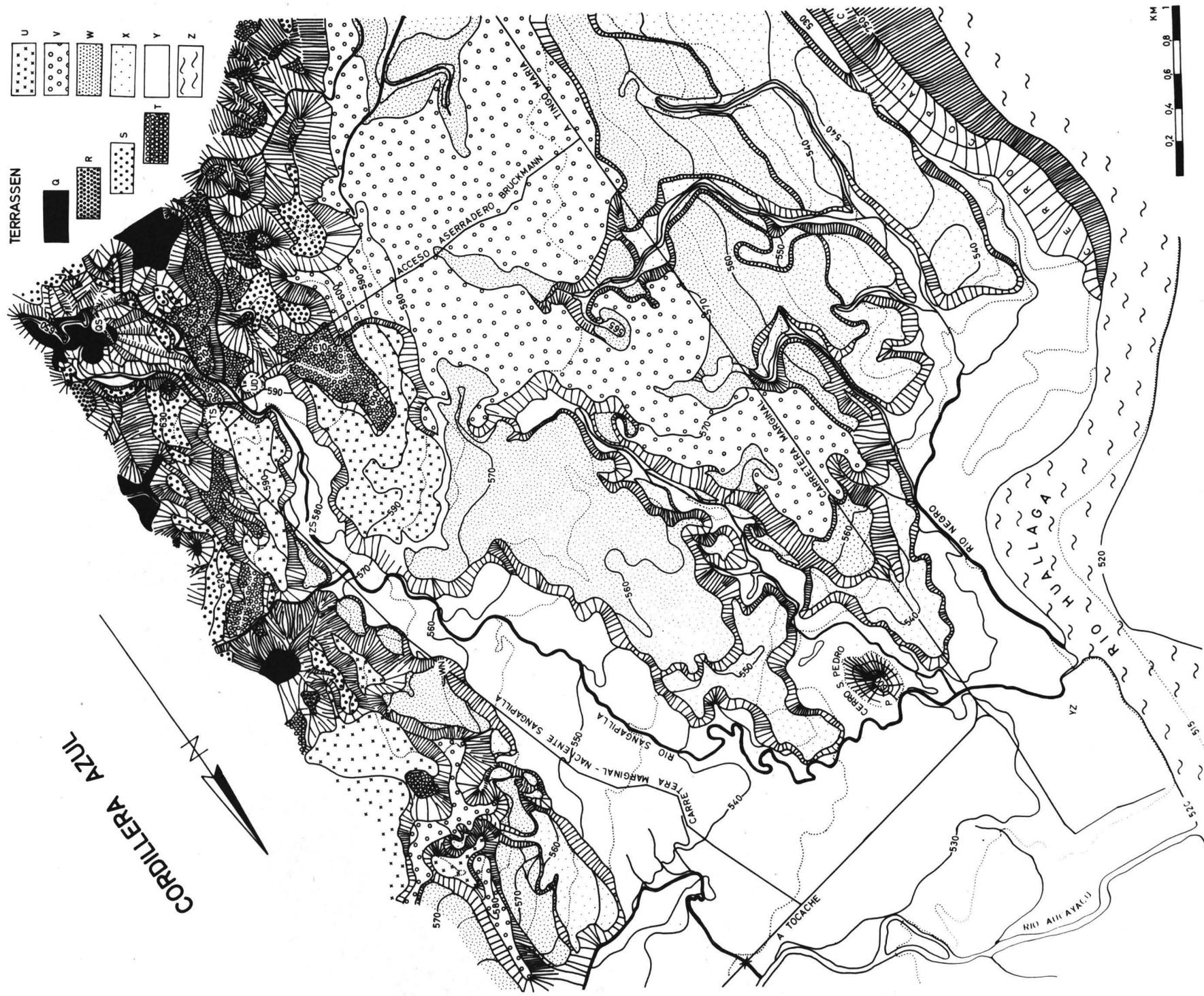
#### 6.1 RELIEF

Der in Karte 6 dargestellte Gelände-Ausschnitt wird im Westen (unterer Karten-Rand) vom Lauf des Rio Huallaga mit seiner breiten rezenten Schotter-, Kies-, Sand- und Lehm-Flur begrenzt. Dieses Niveau, welches das tiefste des Tales ist, wird im folgenden als Z-Niveau oder Z-Terrasse bezeichnet. Die höheren Flächen-Niveaus werden hiervon ausgehend im Alphabet rückwärts gezählt.

Den Ostrand der Karte bildet der Hang-Fuß der Cordillera Azul. Die Flächen-Reste werden hier immer kleiner. Sie schrumpfen zu Flächen-Treppen und hören etwa 1 km weiter östlich in ca. 700 m Höhe auf.

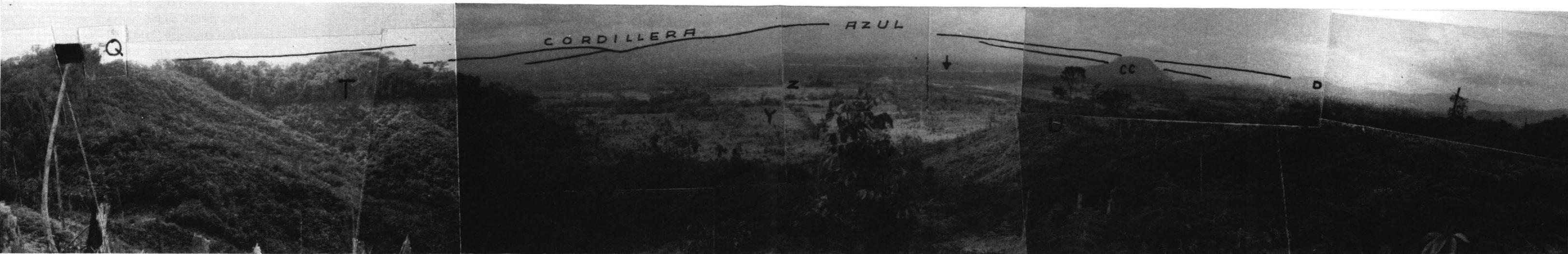
Die Karte zeigt das Einzugs-Gebiet zweier vollständiger Seiten-Bach-Läufe, des Rio Negro und der Quebrada San Pedro, und die Unterläufe der Seiten-Flüsse Rio Sangapilla und Rio Aucayacu. Während das Einzugs-Gebiet des Rio Negro ausschließlich im Gebiet der Abtragungs-Fußflächen und das des Rio Sangapilla am West-Hang der Cordillera Azul im Bereich der mesozoischen Kalke und Silt-Steine liegt, entspringt der Rio Aucayacu weiter innerhalb der doppelkettigen Cordillera Azul.

Das Karten-Bild wird fast ausschließlich von den verschiedenen alten mit Lehm bedeckten und in alten Schottern angelegten Abtragungs-Fußflächen eingenommen. Zwei größere Unterbrechungen stellen der Cerro Copal und der Cerro San Pedro dar, hohe kamm- bzw. kegelförmige Kalkstein-Durchragungen des Basis-Gesteins. Verschiedentlich kappen die Flächen weichere mesozoische Sedimentite älterer



CORDILLERA AZUL

KARTE 6: KARTIERGEBIET AUCAYACU



n W her, von höheren reliktschen "Terrassen" aus, über den tiefsten Bereich  
 laga-Tales — Rio Huallaga fließt oberhalb "Z" — und das dahinter liegende  
 Gebiet ( vgl. Karte 6 ! ) auf die Cordillera Azul

von Aucayacu CC Cerro Copal ( Kalkstein-Durchragung )

aragung anderer Basis-Gesteine

T,Q: In alten Schutt-Füllungen des Huallaga-Tales angelegte (Seitenbach)-

"Terrassen" = "Flächen" = "Niveaus" = "Abtragungs-Fußflächen"



Durchtragungen. Dieser Umstand äußert sich oberflächlich kaum, da auch diese Stellen mit Lehm bedeckt sind. Solch eine Stelle ist z.B. bei UD gegeben.

Das System der Flächen läßt sich in zwei Sektoren gliedern. Einer davon ist der Sangapilla-Sektor. Dessen Flächen haben ihren Zentral-Punkt in der SE-Ecke des Karten-Ausschnittes, die unterhalb des Austritt-Punktes des Rio Sangapilla aus dem mesozoischen Gesteins-Bereich des Kordilleren-W-Hanges in den Schotter-Bereich liegt. Die zu diesem Sektor gehörenden Flächen fächern trichterförmig mit dem heutigen Lauf des Rio-Sangapilla zum Rio Huallaga und zum Rio Aucayacu hin aus. Es scheint sich um Abtragungs-Fuß-Flächen zu handeln, für die der Rio Sangapilla ohne wesentliche Verlagerung seines Laufes durch längere Zeiten hindurch Vorfluter gewesen ist. Mit der sich offenbar in Sprüngen vollziehenden Einschneidung dieses Seiten-Flusses breiteten sich nach jedem Sprung von immer tiefer liegenden Niveaus die Flächen, ausgehend von der Fluß-"Achse", nach den Seiten hin aus, dabei ältere Flächen unterschneidend und so zurückdrängend. Dabei können durchaus die Prozesse einer lateralen Erosion des sein Bett erweiternden Rio Sangapilla wie auch das Flächen-Wachstum aufgrund einer niederschlagsbedingten erosiven Rück-Verlagerung eines Flächen-Stufen-Hanges zusammengewirkt haben. Die Stufen zwischen den Flächen Y und X, X und W lassen stellenweise durch Altarm-Depressionen ("Quebradas" mit stehendem Wasser) das Wirken lateraler Bach-Erosion erkennen. Bei den höherliegenden Flächen-Stufen sind diese Phänomene, wenn sie vorhanden waren, verwaschen.

Wenn im folgenden synonym von "Flächen", "Niveaus" oder (Seitenbach-) "Terrassen" gesprochen wird, sind die im Sangapilla-Sektor liegenden Abtragungs-Fuß-Flächen gemeint.

Der Flächen-Sektor in der SW-Hälfte der Karte, der östlich an den Rio Huallaga anschließt und vom Acceso Asseradero Bruckmann durchquert wird, zeigt keine klaren Beziehungen zu einem Seiten-Fluß des Rio Huallaga. Besonders die ausgedehnte V-Fläche läßt mit ihrem geringen Gefälle (0,4 %) Pedimentation ohne wesentliche Beteiligung von Lateral-Erosion erkennen. Das darunter folgende W-Niveau ist auf längeren Strecken nicht durch eine Stufe vom V-Niveau abgesetzt, sondern bildet einen m.o.w. "geraden" Hang von ca. 700 m Breite.

Erst die X- und besonders die Y-Terrasse haben sich wieder markant in die älteren Flächen eingesenkt und streifen- oder bandartige Flächen (Flächen-Bänder) geschaffen, die weit in die älteren Flächen zurückgreifen. Die zum Teil recht steilen buchtigen Tal-Flanken zwischen W- und X-Niveau, besonders aber zwischen X- und Y-Niveau weisen auf eine recht starke Beteiligung lateraler Bach-Erosion an der Formung dieser Flächen-Bänder hin.

Keine der genannten Flächen fand sich zum Zeitpunkt der Urwald-Rodung mehr in Bildung. Es handelt sich also durchweg um Vorzeit-Gelände-Formen.

Da infolge der rückschreitenden Terrassen-Einschneidung von der Tal-Achse her die Stufen-Höhen zwischen den Flächen-Resten mit Annäherung an die Kordillere größer werden, ist es im Prinzip nur dann sinnvoll, Höhen-Angaben über Stufen zu machen, wenn Flächen mit gleichem Gefälle und gleicher Gefälls-Richtung aneinanderstoßen.

Durch Extrapolation ist dies, wenn auch nur annähernd, für die jüngeren Flächen U bis Z in der Zone des Gleichgewichts-Gefälles möglich. Unter diesen Flächen haben Y, (X nicht bestimmbar), W und V recht einheitlich ca. 0,9 %, U 1,3 % Gefälle. Die Stufen-Höhen können wie folgt angesetzt werden: Z/Y 5-7 m, Y/X 2-4 m, X/W 9-12 m, W/V 3-5 m, V/U 6-8 m, U/T (2,2 % Gefälle) ca. 9 m. Die Sprung-Höhen zwischen den höheren Flächen-Resten betragen auf dem Karten-Ausschnitt — ohne daß dies eine geomorphologisch relevante Aussage beinhaltet —: T/S ca. 13 m, S/R 15 m und R/Q 11 m. Die heutige geomorphologische Aktivität beschränkt sich ausschließlich auf die Betten des Rio Huallaga und seiner vier Seiten-Bäche.

#### Fluß- und Bach-Betten

Der Rio Huallaga (Z-Niveau) hat sich heute 5 bis 7 m tief in die Y-Terrasse eingetieft und betreibt in Prallhang-Situation kräftig Lateral-Erosion. Dabei bleibt offen, ob dies in einer vom Menschen unberührten Landschaft ebenfalls stattfinden würde. Durch die umfangreichen Rodungen in der Montaña fria (Ceja) ist die Wasser-Führung des Rio Huallaga zweifellos unausgeglichener geworden und die Belastung mit Detritus größer. - In den Gleithang-Lagen, z.B. gegenüber der Mündung des Rio Sangapilla kommt es zu ausgedehnten Auflandungen von braunem Flut-Lehm.

Die Seiten-Bäche haben sich entsprechend der Einschneidung des

Rio Huallaga in die Y-Terrasse eingetieft und in ihren Mündungen auf das Niveau ihres Vorfluters eingestellt.

Die beiden Bäche Rio Negro und Quebrada San Pedro, deren Einzugs-Gebiet sich nur auf den Alt-Schotter-Körper und die Schotter-Pedimente erstreckt, und die hauptsächlich von Grundwasser gespeist werden, zeigen einen recht ausgeglichenen Verlauf mit annähernd linearem Gefälle. Ihre Bach-Betten, gesäumt von m.o.w. steilen gelb-braunen Lehm-Wänden, enthalten Sand und Grus aufgearbeiteter Alt-Schotter. Die Wasser-Führung zeigt kaum jahreszeitliche Schwankungen.

Der Rio Sangapilla dagegen wird in erheblichem Maß von Oberflächenwasser gespeist, das an den Hängen der Cordillera Azul entsteht. Dementsprechend schwankt die Höhe des Wasserstandes in der Bachrinne im Mittel um ca. 1-1.2 m zwischen der feuchteren und der trockeneren Jahreszeit. Die absoluten Maxima dürften sogar — auch vor der Rodung — bis zu 2 m über den Niedrig-Wasserständen gelegen haben.

Im Unterlauf — etwa bis zur 540 m Höhen-Linie — haben die Hochwässer keinen Übertritt aus dem tief eingeschnittenen Bach-Schlauch verursachen können. In den Bach-Lauf gestürzte Urwald-Riesen, aber auch die im Bach-Bett freigelegten Aufragungen des Basis-Gesteins haben den Bach zur Mäander-Bildung veranlaßt. Oberhalb der genannten Höhen-Linie, von der ab der Bach sich zunehmend flacher in die Y-Terrasse einschneidet, ist es dagegen auch schon von der Urwald-Rodung zur häufigen Ausuferung gekommen. Dadurch sind in Bach-Nähe saumförmig junge braune Hochflut-Lehme über die älteren gelb-braunen Deck-Lehme der Y-Terrasse gebreitet worden.

Das Bach-Profil sagt wenig über Bedingungen und Ablauf des Eintiefungs-Vorganges aus. Das Bach-Bett hat sich überwiegend bis auf das Basis-Gestein eingetieft, dessen Mulden es durch seinen mitgeführten Detritus ausgleicht. So entspricht das Profil weitgehend dem vor der pleistozänen Auffüllung mit Schottern vorhandenen gewesenen Relief des Tal-Bodens.

Der Rio Sangapilla schneidet sich mit steilen, häufig senkrechten Wänden schlauchförmig in die Deck-Lehme der Y-Terrasse und die darunter liegenden alten Saprolith-Schotter ein. Neben dem sandig-grusigen Detritus dieser Schotter führt er aber auch frische

Schotter. Sie bestehen größtenteils aus Sand- und Silt-Stein und nur zum geringen Teil aus Kalkstein aus dem Bereich der Cordillera Azul. Gelegentlich führt der Bach eine rotbraune Lehm-Suspension.

Wie Erkundungen am Abhang der Cordillera Azul ergaben, liegt die Quelle dieser braunen Hochflut-Sedimente des Rio Sangapilla vorwiegend in Quell-Mulden toniger Silt-Steine. Hier kommt es in großem Umfang zu Scher-Rutschungen mit Wasser-Stau und -Durchbrüchen, bei denen erhebliche Gesteins- und Lehm-Massen für den Abtransport mobilisiert werden.

Es mag sein, daß die braune Komponente der Flut-Lehme des Rio Huallaga ebenfalls überwiegend aus Silt-Stein-Verbänden der Cordillera Azul und den Randbereichen der Cordillera Central stammt, obwohl die Schwermineral-Zusammensetzung auf Herkunft auch aus anderen Gesteins-Verbänden, u.a. magmatischen hinweist.

Der Rio Aucayacu bildet wie die meisten großen Seiten-Flüsse des Rio Huallaga eine langgestreckte Schlauch-Mündung, in die das Wasser des Rio Huallaga hineinstaut. An solchen Fluß-Einmündungen liegen bei relativ stillem Wasser die "Puertos", die Einbaum-Häfen der größeren Fluß-Siedlungen. Die bei hohem Wasser des Rio Huallaga mehrere hundert Meter weit in den Rio Aucayacu einstauenden Wasser führen zu Lehm-Absätzen in der Mündung. Sie können bis zu 2 m über den Tief-Wasserstand der trockneren Jahreszeit aufragen und formen hier unterhalb der Kante der Y-Terrasse eine deutliche jüngste Terrassen-Stufe.

Für solche Aufschlickungs-Höhen des Haupt-Flusses und seiner Neben-Flüsse über das Niedrigwasser-Niveau hinaus sprechen auch die im Fluß-Lauf auftretenden, mit Caña brava (*Arundo donax*) dicht bestandenen Schwemm-Lehm-Inseln.

Eine Möglichkeit der Unterscheidung zwischen den braunen Flut-Lehmen des Rio Huallaga und der gleich gefärbten Flut-Lehme seiner Neben-Flüsse besteht im Kalk-Gehalt. Während die Lehme des Rio Huallaga durchweg kalkhaltig sind — starker ständiger Transport von frischem Kalk-Detritus —, sind die des Rio Sangapilla und des Rio Aucayacu kalkfrei, ein Hinweis darauf, daß der rezente Transport von feinem Detritus sich hauptsächlich auf den rotbraunen Silt-Stein der Cordillera beschränkt. Die Grenze kalkhaltig/kalkfrei läßt in der Mündung des Rio Aucayacu recht gut erkennen,

daß der Einstau von Huallaga-Wasser etwa bis zu der Insel im Mündungs-Schlauch des Rio Aucayacu reicht.

## 6.2 KLIMA-GEOMORPHOLOGISCHE DEUTUNG

Der in der Oberflächen-Gestalt des Karten-Ausschnittes zum Ausdruck kommende Wandel in den Formungs-Prozessen ist typisch für das gesamte Huallaga-Tal.

Der Vergleich zwischen der recht geringen und unter der nicht gelichteten Urwald-Decke sicherlich noch geringeren rezenten Formungs-Aktivität des heutigen Fluß-Netzes mit der früheren Formungs-Kraft, die bei der Bildung der Flächen-Systeme wirksam gewesen ist, legt dringend die Annahme eines — eventuell mehrfachen — klimatischen Wandels im jüngeren Pleistozän nahe.

Dabei muß davon ausgegangen werden, daß die Phasen einer starken flächenhaften Ausräumung zugleich Phasen einer weniger dichten, wahrscheinlich sehr lockeren Vegetations-Decke gewesen sind. Da dies in Anbetracht der Höhenlage und Breite nicht auf Kälte zurückgeführt werden kann, ist eine größere Trockenheit anzunehmen. Die dieser Annahme scheinbar widersprechende deutliche Formungs-Wirkung des fließenden Wassers kann eventuell dahingehend gedeutet werden, daß anstelle der relativ gleichmäßigen heutigen Niederschlags-Verteilung eine sehr ungleichmäßige Niederschlags-Verteilung mit längeren Trocken-Phasen und kurzen Starkregen herrschte.

Für die Untersuchung der Boden-Entwicklung auf den einzelnen Terrassen ist es natürlich notwendig zu wissen, wann im Laufe des jüngeren Quartärs mit derartigen Klima-Phasen zu rechnen ist.

### 6.2.1 Klima-Geschichte des äquatorialen S-Amerika

1972 und 1974 gab VAN DER HAMMEN ( 21 , 22 ) zusammenfassende Darstellungen der 16 seit 1960 von ihm und anderen Mitautoren veröffentlichten Arbeiten mit Pollen- und Radiocarbon-Untersuchungen zur jung-quartären Klima- und Vegetations-Geschichte des circum-äquatorialen Süd-Amerika aus Ost-Kolumbien, Brit. Guayana, Surinam und aus dem südlichen Amazonas-Becken.

Wie alle im folgenden angeführten Arbeiten gehen auch die von

VAN DER HAMMEN ausgewerteteten von einer weltweiten Synchronität der pleistozänen Klima-Schwankungen aus. Im Gegensatz zu der feuchten Klima-Phase des Holozäns ist die Würm-Zeit, aber nur deren letzter Abschnitt von etwa 19 000 bis 11 000 v. Chr., durch eine extreme Trockenheit gekennzeichnet. Sie hat zu einer sehr weitgehenden Verdrängung des tropischen Regenwaldes durch Gras-Savannen, wahrscheinlich sogar mit xerophytischen Arten, geführt.

In den Anden wird in dieser Zeit mit einer Depression der mittleren Jahres-Temperatur um  $6-7^{\circ}\text{C}$  und der oberen Wald-Grenze von 3 200-3 500 m auf ca. 2 000 m gerechnet. Im Amazonas-Becken dürfte die Temperatur-Depression dagegen nur etwa  $3^{\circ}\text{C}$  betragen haben, so daß der Temperatur-Gradient Becken/Anden wesentlich größer als heute war.

Der Übergang von der Würm- (Wisconsin-) Zeit zum Holozän vollzog sich in abflachenden Trocken-/Feucht-Klima-Schwankungen. Das Guantiva-Interstadial (etwa gleich Bölling u. Alleröd) erweist sich als erste Feuchte-Schwankung, das anschließende El Abra-Stage (etwa gleich jüngere Tundren-Zeit) wieder als trockenere Phase.

Über ältere Abschnitte des Pleistozäns sagen diese Untersuchungen wenig aus. Dem letzten europäisch-nordamerikanischen Interglazial (Eem/Sangamon) und dem Alt- und Mittel-Würm/Wisconsin entspricht offenbar eine durchgehende Feucht-Periode.

Pollen-Analysen von Tiefsee-Sedimenten im Argentinia-Becken von GROOT u. GROOT (19) ergaben, daß in den glazial-zeitlichen Sedimenten überwiegend die Pollen von Grasland-Species enthalten sind. Dies führte zu dem Schluß, daß Brasilien in den pleistozänen Glazial-Zeiten von trockener Savanne oder einer der Pampa ähnlichen Vegetation beherrscht wurde und auch der Anden-Fuß trocken war.

Für den klima- und vegetations-geschichtlichen Ablauf des Holozäns im Bereich der tropischen Regenwälder liegen weniger Erkenntnisse vor. Zwar zeigen frühere Untersuchungen VAN DER HAMMENS, daß in den Savannen-Gebieten nördlich des Amazonas-Beckens und am Anden-Rand ein holozäner-Feucht/Trocken-Wechsel stattgefunden hat, doch bleibt mangels Beweises fraglich, inwieweit solche Schwankungen auch für das Amazonas-Becken und seine westlichen Rand-Gebiete zutreffen, wann sie stattgefunden haben, ob sie zu einer wesent-

lichen Änderung der Vegetation beigetragen haben und ob sie — wie VAN DER HAMMEN ( 20 ) formuliert — gleichzeitig und direkt korrelierbar mit den Klima-Schwankungen sind, die von den gemäßigten Regionen der nördlichen Hemisphäre her bekannt sind. Auch die Arbeiten von VUILLEUMIER ( 54 ) und von MÜLLER (letzte Übersicht 1973, 37 ) bringen zu diesem Problem wenig Klärung. Aufgrund der im Holozän abgelaufenen Ausbreitung der Savannen-Fauna über die heutigen geschlossenen Regenwald-Gebiete hinweg und die Bildung isolierter Faunen-Gruppen in Regenwald-Inseln wird geschlossen, daß während bestimmter Phasen des Holozäns infolge Trockenheit eine so starke Ausbreitung der Savannen in die Regenwälder hinein erfolgte, daß diese zum Teil in "Inseln" aufgelöst wurden. Diese Unterbrechung der sonst feuchten Epoche des Holozäns soll zwischen 5 000 (bzw. 6 000) v. Chr. und 2 400 v. Chr. gelegen haben, doch gibt es für diese Annahme wohl keine schlüssigen Beweise. BIGARELLA u. ANDRADE ( 6 ) datieren die letzte Trockenphase des Holozäns auf 450 v. Chr.. Somit erstrecken sich die einigermaßen gesicherten Ergebnisse auf den Trocken-/Feucht-Wechsel, der — grob angenähert — dem Wechsel von Glazial- und Interglazial-Zeiten entsprechen soll.

Besonders klar erscheint dies für die Würm-Zeit und den Übergang zum Holozän. In seiner klima-chronologischen Übersicht führt ZONNEVELD (59 ) mehrere Arbeiten an, die einigermaßen sichere Hinweise auf den ariden Charakter des Würm-Glazials in den tropischen Niederungen des nördlichen Süd-Amerika liefern:

1. Der verstärkte Sand- und Kies-Transport der Flüsse (BAKKER; KROOG),
2. Akkumulationen in den Tälern (HEILMANN; DE BOER),
3. die Bildung von pediment-artigen Flächen (CAILLEUX u. TRICART, mehrere Arbeiten von BIGARELLA u. Mitautoren, siehe MOUSINHO de MEIS, 35 ) im Tiefland und in den östlichen Anden (GARNER) und
4. der Sedimentations-Wechsel in den dem Kontinent vorgelagerten Meeres-Becken (KROOK; DAMUTH u. FAIRBRIDGE).

Als eine der grundlegenden Arbeiten kann die Untersuchung von DAMUTH und FAIRBRIDGE ( 9 ) an Tiefsee- Sedimenten im Guayana-Becken gelten. Hier zeichnen sich die pleistozänen Glazial-Zeiten durch Sande mit einem sehr hohen Feldspat-Gehalt ab — im Gegensatz zu den Interglazialen, in denen hauptsächlich Gibbsite- und Kaoli-

nit-Tone geliefert wurden. Die Autoren entwerfen für das Amazonas-Becken folgendes Bild der Glazial-Zeiten: Verlagerung der süd-atlantischen Hochdruck-Zelle um 1 500 km nach N, Senkung der andinen Schnee-Grenze um 1 000 m, kühl-semiarides bis arides Tiefland-Klima, Einschneiden der Flüsse aufgrund der eustatischen Absenkung des Meeres-Spiegels. Wo aber — stellt sich die Frage — blieben in dieser Zeit die notwendigen Refugien für die Arten der tropischen Regenwald-Vegetation erhalten?

Zu gleichlautenden Ergebnissen kommen die geomorphologischen Untersuchungen von BIGARELLA u. Mitarbeitern ( 6 , 35 ) im mittleren Amazonas-Becken und in der nordöstlichen Becken-Umrandung. Eintiefung der Fluß-Betten bei tiefem Stand des Meeres, Pediment-Bildung und Massen-Bewegungen bei geringem Gefälle sprechen für ein trockenes, durch konzentrierte Niederschläge gekennzeichnetes, zu geomorphologischer Flächen-Bildungs-Aktivität führendes Klima in den pleistozänen Glazial-Zeiten. KLAMMER ( 27 ), der im Gebiet des unteren Amazonas Gefälls-Messungen an Hang-Folgen in tertiär-pleistozänen Locker-Sediment-Komplexen durchgeführt hat, macht zwar keine Aussagen zur Klima-Geschichte, ordnet jedoch die Taleinschneidungs- und Auffüllungs-Phasen, die sukzessiv zu einer Tieferschaltung des Fluß-Niveaus geführt haben, den Hoch- und Tiefständen des Meeres-Spiegels vom Günz/Mindel-Interglazial bis zum Holozän zu.

Als ein für unsere bodenkundlichen Untersuchungen interessanter Hinweis sei hier der Befund MOUSINHOS ( 35 ) vermerkt, daß im Riß/Würm ein "lateritischer Boden mit Eisen-Kruste" auftritt. Eine kürzlich veröffentlichte Untersuchung von SEMMEL u. ROHDENBURG ( 44 ) aus Südbrasilien — mit Übertragung der stratigraphischen Befunde auch auf Mittelbrasilien ( Rio Madeira ) — stellt folgendes fest: Das Holozän ist bei geschlossener natürlicher Wald-Bedeckung durch eine — abgesehen vom Einschneiden der Flüsse und Rutschungen an steilen, vernähten Hängen — weitgehende geomorphologische Ruhe gekennzeichnet. Die letzte geomorphodynamisch aktive Periode mit ausgedehnter Abtragung und Abspülung an den Hängen und Schotter-Akkumulation in den Tal-Böden wird aufgrund von C<sup>14</sup>-Daten in das Jungwürm gestellt und arideren klimatischen Bedingungen mit einer gelichteten Vegetation zugeordnet. Eine besondere Rolle spielen in diesem Zusammenhang reliefüber-

deckende Lehme, die nur zum Teil einen deutlich fluvialen Charakter aufweisen und auch Hänge und Kuppen überziehen. Die Möglichkeit einer primär äolischen Ablagerung wird nicht ausgeschlossen. Es wird aber zugleich festgehalten, daß nach der Lehm-Decken-Bildung noch einmal eine stärkere Abtragung und Umlagerung stattgefunden hat. Die vorhandenen jüngeren Abtragungs- und Aufschüttungsniveaus sind somit wohl überwiegend pleistozänen Alters und mindestens jungwürmzeitlich, wenn nicht älter.

Dieselbe Untersuchung kommt auch zu dem Schluß, daß die im Holozän gebildeten Böden hauptsächlich Parabraunerden und Podsole sind. Die kräftig roten Böden und die mit Eisenoxiden inkrustierten Böden sind dagegen vorholozän und — nach den stratigraphischen Schlußfolgerungen — auch prä-jungwürm-zeitlichen pleistozänen Alters.

Klimageschichte des Überganges von den Anden zum Amazonas-Becken.  
Sicherlich stellt das für die Zone des immerfeuchten Regenwaldes entwickelte klimageschichtliche Denk-Schema "Glazial-Zeit = Trocken-Zeit, Interglazial-Zeit = Feucht-Zeit" eine unzulässige Vereinfachung dar — siehe z.B. die Feststellung VAN DER HAMMENS ( 22 ), daß im letzten Glazial nur das Jungwürm die eigentlich trockene Phase darstellt. Diese Differenzierung wird umso notwendiger, wenn man sich in den Einzugsbereich der Zuliefer-Flüsse des Amazonas am Ost-Abfall der Anden begibt.  
Hier hat man sich zunächst mit WILHELMY 1974 ( 57 ) auseinanderzusetzen, der weiterhin den Standpunkt vertritt, daß die eigentlichen immerfeuchten Regenwald-Gebiete Amazoniens durch das ganze Pleistozän hindurch Bestand und Areal gewahrt haben. Für unseren Bereich (vgl. Abb. 1) fordert er z.B., daß während der Kaltzeiten die "Tierra Caliente" (=unserer Selva + unterer Montaña templada) ihre Obergrenze bei 800-1 000 m Meereshöhe gewahrt haben soll und daß nur die "Tierra templada" (unserer oberen "Montaña templada" entsprechend) von etwa 1 000 auf 500 m Zonenmächtigkeit infolge der ca. 1 000 m betragenden "Herabzonierung" — Schnee-, Periglazial-, Baum-Grenze — zusammengedrückt sein soll.

Bei dieser Darstellung bleiben ältere Befunde von GARNER 1959 ( 16 ) unberücksichtigt. Untersuchungen über die Abfolgen von pleistozänen Formungs-Prozessen im Bereich der "Valles media

altura" (Vgl. Abb.1) auf der östlichen Anden-Flanke Perus hatten gezeigt, daß die Täler im Pleistozän — eine nähere zeitliche Festlegung wird nicht vorgenommen — unter einem mehrfachen Wechsel von "humidem" Klima mit Fluß-Einschneidung und "aridem", z.T. "stark aridem" Klima mit Pedimentation, lateraler Tal-Erweiterung und Detritus-Aufschüttungen geprägt wurden. Die glazialen Gletscher-Vorstöße, die nach KINZL ( 26 ) z.T. weit in den Valles media altura und Valles bajos (vgl. Abb.1) herunterreichten und Tiefen-Lagen von 1 300-1 800 m Meereshöhe erreichten, korrespondieren nach GARNER mit "humiden" Phasen, denen beim oder nach dem Rückzug des Eises aride Phasen folgten.

Diese sukzessiven, durch den Wechsel "humid/arid" geprägten Abfolgen der Tal-Formung lassen sich aus der von GARNER analysierten Höhen-Stufe heraus bis in die tiefen Tal-Lagen zwischen Östlichen Kordilleren und darüber hinaus in das Vorland der Anden verfolgen. DOLLFUS ( 10 ) kommt aufgrund der Beobachtung torrentieller Ablagerungen am östlichen Anden-Fuß ebenfalls zu dem Schluß, daß auch in der Zone des tropischen Regenwaldes glazialzeitliche Klima-Verhältnisse mit langen annuellen Trocken-Phasen — Verhinderung einer dichteren Vegetation — und Phasen intensiven Niederschlags geherrscht haben müssen, die eine starke geomorphologische Aktivität bedingten.

Trotz mangelhafter Klärung der klimageschichtlichen Verhältnisse am Andenrand des Amazonas-Beckens — und das gilt weniger für die Sukzession als für deren zeitliche Einordnung — zeichnet sich heute doch etwa folgendes Bild der Klima-Abfolgen ab: Phasen glazialer Gletscher-Vorstöße werden begleitet von Depressionen der Schnee-, Periglazial-Zonen- und Wald-Grenze und scheinen zunächst außer den wenige Grade betragenden Temperatur-Depressionen im Regenwald-Gebiet unter 800 m Höhe wenig Änderung in dessen Feuchte-Regime zu bewirken. Mit Erreichen der Gletscher-Höchststände und während der Rückzugs-Phasen wird dagegen ein Klima wirksam, das nun auch im Bereich des Regenwaldes eine Phase der geomorphologischen Aktivität einleitet, indem eine lange saisonale Trockenheit mit kurzen Phasen intensiver Niederschläge wechselt. Das Ende dieser Periode und der Beginn der Periode mit den heute im Amazonas-Becken und seinen Rand-Gebieten herrschenden Klima-Verhältnissen scheint sich recht genau mit der Grenze Pleistozän/Holozän zu decken.

## 6.2.2 Übertragung auf das Kartier-Gebiet

Somit spricht wenig gegen die Annahme, daß die Herausbildung der Abtragungs-Fußflächen oder Nebenfluß- und Bach-Terrassen in unserem Kartier-Gebiet (Karte 6) solchen glazialzeitlichen Phasen geomorphologischer Instabilität mit extremer jahreszeitlicher Trocken-Feucht-Differenzierung zuzuschreiben ist. Die tiefstliegende Fläche (Y-Terrasse) und ihre Unterschneidung durch das heutige breite Fluß-Bett (Z-Terrasse) dürften danach in die Chronosequenz Jungwürm/Holozän zu stellen sein und die Böden auf der Y-Terrasse als "vollholozän" anzusprechen sein.

Wie die älteren Terrassen zeitlich einzustufen sind, bleibt fraglich. Erstens bestehen keine allgemeinen Vorstellungen über die Geschwindigkeit und Dauer des Pedimentations-Prozesses unter den m.o.w. unbekanntem savannen-artigen oder halb-desertischen (GARNER) Pedimentations-Klimaten der Glaziale. Zweitens gibt es zwischen der Y-Terrasse mit ihren jungen holozänen Böden und der 140 m über dem Bett des Rio Huallaga gelegenen Q-Terrasse mit ihrem an Eisenoxiden (Go-Horizont) angereicherten rotbraunen Deck-Lehm keine Oberflächen-Böden, die in ihrem Entwicklungs-Zustand deutlich über den der holozänen Böden hinausgehen. Somit findet sich innerhalb der gesamten Terrassen-Folge kein Indiz für eine langfristige geomorphologische Stabilitäts-Phase mit anhaltender Boden-Bildung unter immerfeuchtem Regenwald.

Der auf der U-Terrasse (Karte 6, UD) freigelegte sehr stark von Eisenoxid inkrustierte Boden ist kein zur U-Terrasse gehörender Oberflächen-Boden, sondern ein bei der Pedimentation freigelegter alter fossiler Boden aus dem das Tal erfüllenden Schotter/Lehm-Komplex (vgl. Abb.4). Dies ergab sich aus dem Befund, daß derselbe Boden in der Nachbarschaft (siehe Karte 6, TS) unter mächtigen Sedimenten liegt, auf denen heute die Terrasse T ausgebildet ist. Der Boden UD zieht sich über Basis-Gestein (Fels-Terrasse) und Schotter hinweg. Soweit wir anhand der wenigen, in der Vertikalen jedoch aneinanderzureihenden Aufschlüsse feststellen konnten, ist er innerhalb der gesamten Folge von Tal-Auffüllung und Sediment-Ausräumung der am stärksten ausgeprägte und älteste deutlich identifizierbare Boden, in der Intensität gefolgt von dem Boden QS auf dem höchsten Flächen-Niveau.

Warum stärker entwickelte Oberflächen-Böden auf den jüngeren, tiefer gelegenen Ausräumungs-Flächen R bis X fehlen, bleibt eine offene Frage. Zum einen kann daran gedacht werden, daß die älteren, höher liegenden Abtragungs-Fußflächen in jüngeren Phasen der Pedimentation — abgesehen von der fluvialen Lateral-Erosion — reaktiviert und dabei die inzwischen ausgebildeten Böden zerstört wurden. Bedenkt man jedoch, daß die Abtragungs-Flächen als "Durchtransport-Flächen" kaum eine tiefergehende Erosion oder Denudation aufweisen, so ist eine restlose Beseitigung von Boden-Decken auszuschließen.

Zum anderen bleibt die Deutung, daß es sich bei der gesamten Folge an Ausräumungs-Flächen trotz des beträchtlichen Ausmaßes der Material-Abfuhr um relativ junge Phänomene handelt, deren Entstehung erst in das Jung-Pleistozän fällt und durch tektonische Vorgänge gefördert wurde. Das Untersuchungs-Gebiet liegt in einer jungen Hebungs-Zone. DOLLFUSS (10) weist z.B. darauf hin, daß bei Tingo Maria die ältesten Schotter ca. 450 m über dem heutigen Fluß-Bett liegen.

Da im Rahmen der vorliegenden Arbeit die Frage der pleistozänen Landschafts-Geschichte des Untersuchungs-Gebietes im Hintergrund stand und es im wesentlichen darauf ankam, holozäne Boden-Bildungen von älteren und solchen mit polygenetischer Natur zu unterscheiden, wurde das chronostratigraphische Problem in der oben behandelten Richtung nicht weiter verfolgt.

Stattdessen gewann die Frage der Deck-Lehme (vgl. Abb.4) eine besondere Bedeutung.

### 6.3 DECK - LEHME

In diesem Abschnitt geht es um die Herkunft der Deck-Lehme auf den einzelnen Terrassen.

In Abb. 4 wurde unterschieden zwischen den sog. "Zwischen-Lehmen", die bei der successiven älter-pleistozänen Auffüllung des Tales im Wechsel mit Schottern, Kiesen und Sanden abgelagert wurden, und den "Deck-Lehmen", die bei der successiven jünger-pleistozänen Ausräumung der Tal-Füllung jeweils im Anschluß an eine Pedimentations-Phase auf den neugeschaffenen Abtragungs-Fußflächen abgelagert wurden.

Wie auch GARNER ( 16 ) meint, sind die Schutt-Anlieferungs-Phasen und Pedimentations-Phasen in den Tälern der Flüsse auf der E-Seite der Anden etwa zeitgleich anzusetzen, d.h. den pleistozänen Glazialen zuzuordnen. Das Nebeneinander beider Prozesse wird ermöglicht durch Hebungen des Gebiets und das Einschneiden der Täler, so daß Pedimentation in den höheren, Aufschotterung in den tieferen Partien der Täler ablaufen konnten. "Zwischen-Lehme", wie "Decklehme" könnten daher als wiederkehrende analoge Bildungen aufgefaßt werden, die jeweils am Ende pleistozäner Aktivitäts-Phasen abgelagert wurden. Sie "versiegelten" sozusagen entweder Sedimentations- oder Abtragungs-Oberflächen von Schotter-Körpern. Dabei ist über die Herkunft dieser Lehme wenig bekannt. Sie sind in ihrer heutigen Position zweifellos fluvial ab- oder umgelagert worden, worauf die gelegentlich zu beobachtende stärkere Wechsellagerung von Schluff und Sand hinweist. Meist ist aber selbst bei größerer Mächtigkeit keine eindeutige Schichtung erkennbar. Gelegentlich im Lehm enthaltene Steine lassen manchmal den Eindruck eines "mud flow", eines breiartigen Fließens aufkommen.

### 6.3.1 Herkunfts-Beziehungen (Hochebenen, valles altos ↔ Löß)

Abgesehen von der höheren Intensität der Bildung von Böden aus den Deck-Lehmen des mittleren Huallaga-Tales ähneln diese Lehme hinsichtlich ihrer sedimentären Beschaffenheit weitgehend denen, die sich auf den pleistozänen Terrassen der trockenen Anden-Hochtäler finden (z.B. Rio Mantaro-Tal-Ebene bei Huancayo, 3500-3000 m Höhe). Diese Deck-Lehme lassen sich — wenn auch mit Unterbrechungen — talabwärts von den valles altos zu den valles bajos bis in das Anden-Vorland hinein verfolgen.

Aufgrund ihrer Körnung ist anzunehmen, daß die pleistozänen Deck-Lehme größtenteils aus umgelagertem Löß-Material bestehen. Sie scheinen während der oder unmittelbar im Anschluß an die glazialen Phasen der Löß-Ablagerung entstanden zu sein und müssen wohl den glazialen Spät-Phasen während des Gletscher-Rückganges in den hohen Anden zugeordnet werden. GARNER ( 16 ) spricht in seiner Untersuchung der valles media altura von glazialer "äolischer Aktivität", ohne diese näher zu erläutern. Seinen Ausführungen nach muß damit aber wohl der Übergang von Löß zu Schwemm-Löß und Terrassen- bzw. Pediment-"Deck"-Lehm gemeint sein.

Wir fanden einen solchen wiederholten Übergang von originärem Löß zu Schwemm-Löß — der Transport in Schlamm-Form sei hierin eingeschlossen — in der 4000 bis 4500 m hohen abflußlosen Pampa de Junin, ca. 40 km südlich des bei Cerro de Pasco gelegenen Quell-Gebietes des Rio Huallaga. Die Erscheinungen ähneln dem im Mittelmeer-Gebiet verbreiteten Phänomen, daß gegenüber wenigen originären Löß-Vorkommen glazialzeitlich umgelagertes Löß-Material dominiert.

Mehr kann vorerst zur Frage der chronostratigraphischen Einordnung der Löß- und Schwemm-Löß-Bildung und Deck-Lehm-Entstehung sowie zur Frage der klimatischen Bedingungen und Höhen-Zonierung der Ablagerungs-Prozesse nicht gesagt werden.

### 6.3.2 Herkunfts-Probleme im Kartier-Gebiet

Wenden wir uns wieder unserem Kartierungs-Gebiet (Karte 6) zu! Hier besteht folgendes Problem: Die Zwischen-Lehme (vgl. Abb. 4) lassen sich zwanglos als Ablagerungs- oder Umlagerungs-Produkte des pleistozänen Rio Huallaga interpretieren, nicht aber die Deck-Lehme der Abtragungs-Fußflächen oder Seitenbach-Terrassen, insbesondere nicht der jüngeren, der Y-, X- und W-Terrassen. Diese Flächen sind sicher niemals vom Rio Huallaga überspült worden. Ihre Deck-Lehme sind aber zweifelsfrei als Spül-Produkte aufzufassen, die das Ende der jeweiligen Pedimentations-Phase anzeigen. Dabei bleibt aber die Frage nach der Herkunft der Deck-Lehme zu stellen.

Betrachten wir das Kartier-Gebiet auf Karte 6 und sichten wir einmal die möglichen Antworten! Sie können lauten: 1.) Die Hochflut und Decklehme stellen Produkte der Abtragung und der fluvialen Umlagerung von Böden und Gesteinen dar, die im Einzugs-Gebiet des Rio Aucayacu, des Rio Sangapillo und des Rio Negro auftreten. — 2.) Sie stellen — da ein fluvialer Eintrag durch den Rio Huallaga nicht in Betracht kommt — Produkte des äolischen Eintrages von Fremdmaterial und dessen gleichzeitiger oder auf dem Fuße folgenden fluvialen Umlagerung dar. In beiden Fällen muß von der Phase der Ausräumung (Flächen-Eintiefung) über die Phase der Lehm-Überdeckung hin zur Phase der Bodenbildung ein Wandel der Bedingungen mit abnehmender fluvialer geomorphologischer Formungs-Aktivität abgelaufen sein.

Eine Entscheidung für die eine oder andere der beiden Antworten verlangt die Berücksichtigung morphologischer, d.h. die Sediment-

Struktur und die Oberflächen-Form betreffender, und sedimentologischer, d.h. die Mineral-Zusammensetzung betreffender Argumente.

Wenden wir uns zunächst den morphologischen zu!

Die Deck-Lehme von der Z- bis zur Q-Terrasse lassen sich farblich in 3 Gruppen gliedern: 1.) Die rotbraunen bis rötlichen "Auen-Lehme" der Z-Terrasse des Rio Huallaga, des Rio Aucayacu und des Rio Sangapillo, nicht des Rio Negro. 2.) Die gelben bis hellgelblich-braunen, im Wechsel der Schichten auch hellgrauen bis hellbräunlich grauen, stets den Spektral-Ton ("hue" n. MUNSELL) 10 YR aufweisenden flächig verbreiteten Deck-Lehme der Y-, X-, W-, V-, U-, T-, S-, R-Terrassen und 3.) Die durch Prozesse der Boden-Bildung intensiv rot gefärbten Deck-Lehme der obersten Terrasse, Q. Letztere sind nur in Relikten vorhanden und mit Sicherheit durch eine pedogenetische Umwandlung aus ebenfalls ursprünglich gelblich-braun gefärbten Deck-Lehmen hervorgegangen. Wir wollen sie daher zunächst nicht weiter behandeln.

Die rötlich braunen Lehme des Z-Niveaus finden sich einerseits im Überflutungs-Bereich des Rio Huallaga, besonders in Gleithang-Situationen, andererseits in den Bach-Schläuchen der Seiten-Bäche, eingeschnitten in die Y-Terrasse und nur an wenigen Stellen im Mittel- und Oberlauf ausufernd und sich über Y-Decklehm ausbreitend. Sieht man vom ferngesteuerten geomorphologischen Geschehen im Einfluß-Bereich des Rio Huallaga ab, so ist die geomorphologische Aktivität der Seiten-Bäche im Kartier-Gebiet während der Ablagerungs-Phase des rötlich-braunen Z-Lehms, d.h. also während des Holozäns oder genauer: während der Wirkungs-Dauer der heutigen Klima- und Vegetations-Verhältnisse als gering einzuschätzen. Sie besteht hauptsächlich in einer linienhaften Einschneidung in die älteren Terrassen, z.T. mit lateraler Verbreiterung des Niveaus durch Mändrieren.

Nach bisherigen Erkenntnissen kann die rotbraune Färbung der Z-Lehme zwei Ursachen haben. Die primär kalkhaltigen Z-Lehme andinen Ursprungs in der Huallaga-Aue weisen mit ihrer Färbung nicht unbedingt auf gleich gefärbte Ausgangs-Gesteine oder Böden hin. Vielmehr muß hier —ähnlich wie bei den mitteleuropäischen Auenlehmen (vgl. WILDHAGEN u. MEYER, 57)—eine im Verlauf von wiederholter Ab- und Umlagerung und G-Horizont-Bildung im Auen-Bereich ablaufende pedogene Bräunung angenommen werden.

Anders verhält es sich mit den Z-Lehmen der in der Cordillera Azul

entspringenden Bäche Rio Aucayacu und Rio Sangapilla, die primär kalkfrei sind. Sie lassen sich ohne wesentliche Änderung ihrer Farbe bis in ihre Ursprungs-Gebiete verfolgen. Das sind nicht die Areale der alten Terrassen in der Fuß-Zone der Cordillera Azul (Kartiergebiet), sondern deren steile Hänge. Hier stehen mit ausgedehnter Austritts-Fläche neben mesozoischen Kalksteinen weiche rotbraune Siltsteine an. Sie sind wenig durchlässig für Wasser und verursachen häufige Rutschungen in Quell-Bereichen. Dabei kommt es gelegentlich zum Aufstau von Wasser hinter Rutschungs-Wällen und zu Entladungs-Katastrophen.

Das Vorland der Cordillera Azul ist dagegen mit seinen Seitenbach-Terrassen vor der Rodung so gut wie gar nicht an der Bildung von Z-Lehm beteiligt gewesen. Der Rio Negro hat heute nur geringe Lehm-Ablagerungen von gelblich- bis grau-brauner Färbung.

Die hellgrauen, gelblich braunen und bräunlich-grauen Deck-Lehme der Y-Terrasse — und das im folgenden Gesagte gilt, soweit dies bei dem mit steigendem Alter der Niveaus zunehmenden Relikt-Charakter morphologisch erkennbar ist, auch für alle älteren Deck-Lehme — zeigen gegenüber den Z-Lehmen eine die jeweilige Terrasse voll deckende flächenhafte Verbreitung.

Der bis zu 3 m mächtig werdende Decklehm der Y-Terrasse — auf der T-Terrasse, erreicht der zweigeteilte Decklehm insgesamt bis zu 8 m Dicke — nivelliert zwar die im Zuge der vorausgegangenen Ausräumung wellig ausgeformte Oberfläche der aus Altschotter bestehenden Unterlage, hat selbst aber keine ebene Oberfläche, sondern flache Fließ-Mulden, die gar nicht selten durch Lehm-Wälle verriegelt sind und staunasse Mulden ohne Abfluß bilden. Vor den die Fläche umgrenzenden Stufen zur nächst höheren Fläche verlaufen häufig Fließ-Rinnen (Quebradas), die das von der höheren Fläche durch die Stufen-Rinnen auf die tiefere Fläche abfließende Oberflächen-Wasser zunächst an der Stufe entlang führen und erst bei Annäherung des heutigen Baches in diesen hinein entwässern.

Die Art der Sedimentation ist im Gegensatz zu den Z-Lehmen im vertikalen Anschnitt nicht mit Sicherheit zu identifizieren. Nur selten weist eine dünn-schichtige Wechsellagerung von Kies, Sand und Lehm — und dann auch meist nur im unteren Teil des Deck-Lehms — deutlich auf einen fluvialen Absatz hin. Häufiger ist eine irreguläre, von unten nach oben abnehmende Beimischung von Altschotter, was den Eindruck einer Umlagerung in Breiform (mud flow) unter

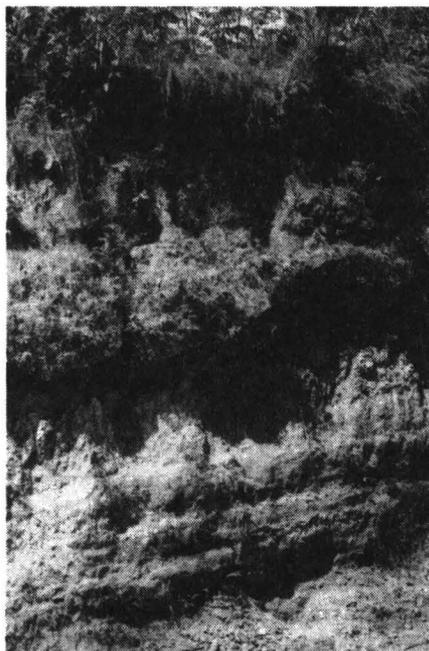


Abb. 7: Profil TS

Lehm-Folge am Einschnitt der Carretera Marginal-Naciente Rio Sangapilla in die T-Terrasse (Punkt TS, Karte 6). Profil-Mächtigkeit 9 m.

- (1) Basis: In Weg-Niveau der geköpfte Rot-Plastosol UD, aus rotbrauner Ton-Siltstein-Durchragung, vermutlich ein altpleistozäner Boden aus einer geomorphologischen Ruhe-Zeit während der Tal-Auffüllungsphase,
- (2) darüber: An der Basis wechselschichtiger (1.5 m), dann 2 m dichter kalkfreier weißgrauer Lehm mit prismatischer Absonderung, "Becken-Ton", "Becken-Schluff", aufgrund der stratigraphischen Bezüge ebenfalls als ein "Zwischen-Lehm" einzuordnen.
- (3) darüber: 5 m lockerer, gelbgrauer, kalkfreier Deck-Lehm, nach links über die Terrassen-Kante auf U- und Y-Niveau herabziehend, dabei diskordant den Ausbiß des weißgrauen Lehms, des fossilen Plastosols und der darunter ausgeräumten U-Schotter überziehend.

Analysen-Werte zu den Lehmen TS grau (2) und TS gelb (3) siehe Tab. 6.1 bis 6.4

Untersuchung des Bodens (1) vergleiche ein entsprechendes Profil in 250 m Entfernung "UD" in Abschnitt 9

wachsender Zufuhr von Lehm-Material hervorruft.

In den meisten Aufgrabungen und an den Abbruch-Kanten der heutigen Bäche läßt die homogene, lediglich durch Phänomene der Boden-Bildung überprägte Beschaffenheit der Deck-Lehme keine weitere Aussage zur Art der Sedimentation zu.

Versuche, durch Messung der Trocken-Dichte zu einer Unterscheidung von äolischer oder fluvialer Sedimentation zu gelangen, führten zu folgendem Ergebnis: Von dem auf Karte 6 bei "TS" in der oberen Blatt-Ecke angeschnittenen Deck-Lehm-Komplex (Tabb.6.1,6.4, Abb.7) hat der untere tonreiche graue Lehm (utL) mit einer Dichte von 1.73 deutlich fluvial sedimentären Charakter, während der obere sandreiche gelbe Lehm (TS) mit einer Dichte von nur 1.45 durchaus auch eine äolische Entstehung zuläßt. — Ähnliche Spannen der Dichte, selbst bei annähernd gleicher Körnung des Lehms, treten, sedimentär und nicht pedogen bedingt, in den Profilen des Y-Deck-Lehms in vertikaler Folge verschiedentlich auf. Ob sie jedoch einen Wechsel von äolischer und fluvialer Sedimentation oder nur von verschiedenartiger fluvialer Sedimentation (Dispersions- oder Aggregat-Sedimentation) anzeigen, bleibt mit dieser Methode nicht beantwortbar. —

Geht man davon aus — und diese Annahme ist berechtigt — daß sich das Einzugs-Gebiet der drei auf Karte 6 dargestellten Seiten-Bäche des Huallaga im Laufe der Phasen der fortschreitenden Eintiefung der Ausräumungs-Terrassen nicht oder nur unwesentlich verändert hat, so müßten die Deck-Lehme der Y- bis R-Flächen innerhalb des Kartier-Gebietes andere Liefer-Gesteine gehabt haben als die heutigen Z-Lehme.

Das Vorhandensein von Y/W-Deck-Lehmen in den Pediment-Flächenbändern des Rio Negro, durch Wasser-Scheiden von der Cordillera Azul getrennt, beweist, daß diese Lehme nicht aus dem fluvialen Lehm-Abtrag steilerer und höher gelegener Hang-Lagen des Gebirges zu stammen brauchen.

Geht man von der Annahme aus, daß kein Eintrag von äolischem Lehm-Sediment in das Kartier-Gebiet stattgefunden hat, so böten sich nur drei Möglichkeiten für die Herkunft des Lehms an: 1.) Aufgrund der Farb-Ähnlichkeit die Verwitterungs-Lehmdecken der an der Cordillera Azul ausstreichenden Kalkstein-Schichten, 2.) die Alt-Schotter- und Zwischen-Lehm-Komplexe innerhalb der Tal-Zone und 3.) ältere Deck-Lehme von höheren Terrassen.

Möglichkeit 1 käme lokal in Betracht, aber das Beispiel des Rio Negro zeigt, daß generell auch ohne diese eine Lehm-Akkumulation erfolgt ist. Die Mächtigkeit der heutigen Verwitterungs-Lehmdecken der Kalksteine ist auch zu gering, um hier eine wesentliche Quelle für die Deck-Lehm-Bildung in der Vergangenheit zu vermuten. Und schließlich wäre dann, wenn man bedenkt, daß die mesozoischen Kalke und Siltsteine in recht enger Verzahnung an den Flanken der Cordillera Azul anstehen, die Frage zu beantworten, warum heute allein die rötlichen Siltsteine als Ausgangs-Material, früher dagegen hauptsächlich die Kalke mit ihren gelben Verwitterungs-Lehmen als Deck-Lehm-Lieferanten aufgetreten sein sollen.

Möglichkeit 2: Die Alt-Schotter unter den Deck-Lehmen aller Flächen-Niveaus zeigen — da sie aus der älter quartären fremdbürtigen Schotter-Füllung des Huallaga-Tales heraus freigelegt wurden — einen vom Alter der Terrassen unabhängigen hohen Grad der saprolithischen Desintegration. Beim heutigen fluvialen Transport findet ein beträchtlicher selektiver Zerfall eines großen Teils der Gerölle, besonders der Magmatite und Metamorphite, statt. Bei diesem Prozeß, der das Einschneiden und Ausräumen der Schotter begünstigt, wird das Feinmaterial unter Hinterlassung einer resistenten, hauptsächlich quarzitischer Geröllschicht rasch abgeführt.

Würde man die saprolithisierten Schotter als Quelle der Deck-Lehme in Betracht ziehen, so wäre in Anbetracht des Volumens dieser Lehme der Widerspruch zu klären, daß die resistenten Schotter ausgeräumt und das Zerkleinerungs-Produkt liegen geblieben wäre. Im Bereich des Rio Negro würde die ausgeräumte Schottermenge auch gar nicht ausgereicht haben, um die akkumulierte Deck-Lehm-Menge zu liefern.

Auch die alten Zwischen-Lehme könnten im Zuge der pedimentären Ausräumung der Schutt-Terrassen zur Bildung der Deck-Lehme beigetragen haben. Doch gilt hier das gleiche Gegenargument wie bei dem Schotter. Außerdem sind z.B. in den Stufen zwischen allen jüngeren Terrassen nur so geringe Lehm-Mächtigkeiten anzutreffen, daß diese unmöglich einen gewichtigen Anteil an der Bildung der Deck-Lehme gehabt haben können.

Möglichkeit 3, der wiederholten Umlagerung älterer Deck-Lehme als Quelle der jeweils danach und im Niveau darunter folgenden Lehm-

Decke gebührt eine prinzipielle Diskussion, da hiervon auch die Frage der möglichen Alters-Gleichheit der Böden verschiedener Terrassen abhängt.

### 6.3.3 Verschieden- oder Gleichaltrigkeit der Deck-Lehme ?

Um die mit der Überschrift gestellte Frage nach der relativen Altersstellung der Deck-Lehme verschiedener Terrassen zu beantworten, ist zunächst der Mechanismus der Bildung der verschiedenen Niveaus der Pedimentation zu klären. Man betrachte hierzu Karte 6!

Die laterale Verbreiterung der Sangapilla-Y-Terrasse, die in Trichter-Form in die benachbarte X- bzw. hauptsächlich W-Terrasse eingetieft ist, könnte auf lateraler Bach-Erosion beruhen, die in einer vergangenen Klima-Epoche von den Gebirgs-Lagen der Cordillera Azul her "ferngesteuert" worden ist.

Dieser Deutung widerspricht aber einmal die Tatsache, daß auch die allein im Tal-Schotter-Bereich entspringenden Bäche, wie hier der Rio Negro, eine laterale Verbreiterung ihrer Y-Terrasse aufweisen. Zum anderen deutet der kerbig-buchtige Verlauf der die Y-Terrassen umgrenzenden Stufen zu den nächst höheren Terrassen darauf hin, daß das Breiten-Wachstum der Y-Terrasse weniger auf lateraler Bach-Erosion beruht. Vielmehr ist eine rückschreitende Verlagerung der Terrassen-Stufen durch das an der Stufe gebildete und dort erodierend abfließende Oberflächen-Wasser sowie durch das von der höheren Terrasse in Sammel-Gerinnen abfließende Wasser anzunehmen. Möglicherweise mag dabei zur Einebnung der Abtragung-Terrasse ein "Schichtflut" - Spül-Prozeß beigetragen haben.

Solche Vorgänge erfordern Klimate, die einerseits infolge Trockenheit oder Kälte eine nur schütterere Bedeckung der Oberfläche mit Vegetation zulassen, andererseits aber — vermutlich in größeren Zeit-Abständen — Niederschlags-Ereignisse mit hoher Intensität beinhalten.

Ist diese Hypothese richtig — und alle geomorphologischen Erscheinungen sprechen dafür — dann ist nicht einzusehen, daß in den Zeiten solch starker geomorphologischer Aktivität sich diese lediglich auf das jeweils unterste Flächen-Niveau der Ausräumung und seine Stufen-Ränder beschränkt haben sollte. Vielmehr ist anzuneh-

men, daß auch alle höheren Flächen ein pedimentäres Wachstum in die jeweils nächst höhere Fläche hinein erfuhren. Dabei mag die Intensität der Rückverlagerung der Terrassen-Stufen von Y nach R in dem Maße abgenommen haben, wie das abnehmende Flächen-Areal den Abfluß von Oberflächen-Wasser von Terrasse zu Terrasse verminderte.

Für die Frage der Deck-Lehne bedeutet dies: Wenn in den Phasen geomorphologischer Aktivität an allen Stufen der verschiedenen alten Niveaus gleichzeitig, wenn auch mit unterschiedlicher Intensität, Abtragung geherrscht hat, so müssen nicht nur oberhalb der Unter-, sondern auch unterhalb der Oberstufe des jeweiligen Flächen-Reliktes die dort vorhandenen älteren Deck-Lehne in Mitleidenschaft gezogen worden sein, d.h. partiell oder völlig abgetragen worden sein. In der Endphase der Abtragung müßte dann eine sich über große Flächen erstreckende flächige Abspülung der residualen Lehm-Decken stattgefunden haben, die jeweils den auf einer höheren Fläche vorhandenen Lehm auf die nächst tiefere verlagert und dort flächenhaft ausgebreitet hätte. Infolge mehrfacher Wiederholung dieses Vorganges hätten dann die höchsten Terrassen-Relikte sicherlich die geringsten, die niederen Terrassen die größeren Mächtigkeiten an Deck-Lehm aufzuweisen.

Die Bestands-Aufnahme der Deck-Lehne ergibt nun folgendes: Es gibt keine bemerkenswerten Unterschiede in den Mächtigkeiten der Deck-Lehne auf den Terrassen oberhalb der Y-Terrasse.

Stellenweise wird die Mächtigkeit der Deck-Lehne der Y-Terrasse erreicht und sogar übertroffen. Farbe, Lagerungs-Dichte und pedogenetische Überprägung lassen — abgesehen von dem pedogenetisch stark geröteten Deck-Lehm des obersten, des Q-Niveaus — keine möglicherweise altersbedingten Unterschiede erkennen. Auf den einzelnen Terrassen und Terrassen-Relikten sind keine wesentlichen von der Lage zu den Stufen abhängigen Schwankungen der Mächtigkeit der Lehm-Decke zu erkennen.

Besonders wichtig ist aber der Befund, daß die Abfluß-Rinnen in den Stufen z.B. zwischen der W- und Y- oder der X- und Y-Terrasse an deren Oberkante mehrfach voll von Deck-Lehm plombiert sind und daß weit verbreitet lockerer Deck-Lehm auf den Hängen der Terrassen-Stufen anzutreffen ist.

Somit bleibt aufgrund der Gelände-Beobachtung nur der Schluß zu ziehen, daß das die heutigen Lehm-Decken der Terrassen bildende Material äolisch in das Gebiet eingetragen worden ist. Dabei

bleibt offen, ob dieser Eintrag bereits während der einzelnen geomorphologisch aktiven Phasen der Ausräumung stattgefunden hat, wobei das sedimentierte Material gleich wieder fluvial beseitigt wurde, oder ob die Phase der äolischen Ablagerung diskret im Anschluß an die Ausräumung, d.h. bei wieder einsetzender geomorphologischer Ruhe — evtl. Nachlassen der episodischen Niederschlags-Intensität bei gleich bleibender klimatischer Trockenheit (?) — erfolgte.

Festzuhalten ist jedoch, daß während der letzten Phase äolischer Sedimentation, d.h. nach Herausbildung der Y-Terrasse, auf den jüngsten, durch aktive Gerinne ausgezeichneten Niveaus eine intensive fluviale Aufnahme und Umlagerung der äolischen Sedimente stattgefunden hat.

Bleibt die Frage nach dem Alter der Lehm-Decken auf den höheren Terrassen zu beantworten. Auffällig ist, daß diese in viel geringerem Grade und eigentlich nur in den Bereichen nicht mehr aktiver und mit Lehm erfüllter Rinnen eine eindeutige fluviale Umlagerung erkennen lassen.

Mangels weiterer morphologischer Beweise erscheint uns daher unter Zusammenfassung aller dargelegten Argumente folgende Annahme gerechtfertigt: Die relative Altersstellung der Deck-Lehme entspricht nicht der relativen Altersstellung der Terrassen. Es spricht sehr viel dafür, daß zumindest die oberen Lagen der Deck-Lehme der R- bis Y-Terrassen altersgleich anzusetzen und ihre äolische Ablagerung und fluviale Umlagerung zeitlich in die Endphase der Bildung des Y-Niveaus einzuordnen ist.

Da die  $C^{14}$ -Datierung von Hölzern aus dem Kontakt-Bereich Deck-Lehm/Y-Terrasse bei Aucayacu noch aussteht, können wir vorerst nur aufgrund von Analogie-Schlüssen vermuten, daß die Lehm-Akkumulation mit den jüngeren Phasen der würm-/weichselzeitlichen Löß-Bildung und -Verwehung im andinen und circumandinen Raum in Zusammenhang steht.

Dies schließt nicht aus, daß sich in den unteren Lagen der Lehm-Decken der älteren Terrassen auch ältere primär ebenfalls windbürtige Sedimente befinden. Doch müssen wir bei der Betrachtung der heutigen Böden auf den Terrassen wohl davon ausgehen, daß der Beginn der Boden-Entwicklung annähernd zeitgleich auf bis dahin nur wenig veränderten Oberflächen-Sedimenten mit der geomorphologischen Beruhigung zu Anfang des Holozäns zusammenfällt. Das

würde bedeuten, daß die heutigen Böden im Hinblick auf die Zeitgleichheit ihrer Entstehung direkt mit mitteleuropäischen Böden aus ähnlichen Sedimenten, z.B. Lössen oder jungpleistozänen Hochflutlehmen verglichen werden können. Aufgrund dieser Argumentation vereinfacht sich die Gruppierung der ausgewählten Böden auf den Terrassen beträchtlich: Neben den sicher im Holozän gebildeten Lehm-Decken und Böden des Z-Niveaus ("Z-Terrasse") können die untersuchten Böden der Y-, W-, U- und T-Terrasse als eine 2. Gruppe mit sehr wahrscheinlich ebenfalls holozänem, und dann sich über das ganze Holozän erstreckendem Alter, zusammengefaßt werden. Da vollständige Deck-Lehm-Profile nur auf der Y- und W-Terrasse untersucht wurden, heißt diese Gruppe "Y/W-Terrasse". In eine 3. Gruppe gehören dann die älteren roten Böden der Q-Terrasse und der bei UD freigelegten älteren Zwischen-Lehm-Vorkommen.

#### 6.3.4 Sedimentologischer Vergleich

In diesem Abschnitt wird der Versuch unternommen, die aufgrund morphologischer Vergleiche dargelegten Zusammenhänge durch mineralogische und chemische Untersuchungen zu stützen. Dazu wurden aus den untersuchten Profilen Proben entnommen, die eine möglichst geringe pedogene Verwitterung erwarten ließen. Verglichen werden die Deck-Lehme Z bis Q mit autochthonem Verwitterungs-Lehm von Kalk-Gestein (K/L) und Silt-Gestein (S) aus der Cordillera Azul und "aufgeweichtem" Siltstein-Material aus der im Kartier-Gebiet liegenden Durchragung (UD). Eines der Probleme besteht darin, daß die Verwitterung selbst die recht mächtigen Lehm-Decken zur Gänze verändert hat und wirklich frisches, als Ausgangs-Material anzusehender Lehm — außer in den jüngsten Auenlehm-Decken des Rio Huallaga -- nirgends mehr angetroffen wurde. So lassen sich heute z.B. keine Schlüsse mehr im Hinblick auf die Frage ziehen, ob das als äolisch eingetragene angesehene Lehm-Material primär einmal kalkhaltig gewesen ist oder nicht.

#### SCHWERMINERALE

Die in Tab. C dargestellte Schwermineral-Zusammensetzung läßt keine Schlüsse auf sedimentäre Zusammenhänge zu, nicht einmal

auf die Altersstellung der einzelnen Lehm-Decken. Überraschenderweise enthält selbst der aufgrund seiner intensiven Rötung als alt, möglicherweise als vorwürmzeitlich angesehene Deck-Lehm QS neben Biotiten, braune Hornblenden und sogar Epidote.

#### KORNGRÖSSEN-ZUSAMMENSETZUNG

In Tab. D<sub>1</sub> ist die Korngrößen-Zusammensetzung der Vergleichs-Proben zusammengestellt. Verschiedene Versuche der mineralogischen Kornklassen-Gruppierung hatten ergeben, daß zwischen Sand und Grobschluff nur geringe Unterschiede in der Zusammensetzung bestehen, größere dagegen zwischen Grobschluff und Mittel/Feinschluff und — erwartungsgemäß — zwischen Mittel/Feinschluff und Ton. Wir ziehen deswegen hier und im folgenden einen Schnitt zwischen Grob- und Mittel/Feinschluff bei 20 µm Ø.

In den Tabellen D<sub>1</sub> (Korngröße) und D<sub>2</sub> (Mineralarten-Zusammensetzung) ist für die ersten 4 Proben — abweichend von den übrigen Proben, deren reale Zusammensetzung angegeben ist — folgendes Verfahren der Berechnung angewendet worden: Da die Proben Horizonten entstammen, in denen durch Pedogenese Zerfall und zum Teil Abfuhr der Zerfalls-Produkte von Mineralen stattgefunden hat, ist hier über die Mineral-Auszählung auf Quarz-Basis und Zugrundelegung der später noch zu behandelnden Bilanz-Rechnung der Zustand vor der Boden-Bildung kalkuliert worden.

Tab. D<sub>1</sub> zeigt, was bei Sedimenten unterschiedlicher fluvialer Sortierung eigentlich nicht anders zu erwarten ist, eine beträchtliche Variation in der Korngrößen-Zusammensetzung der Deck-Lehme. Hervorzuheben ist nur, daß alle Deck-Lehme bis auf den sicherlich als Stillwasser-Sediment anzusprechenden weißgrauen Lehm TS einen beachtlichen Sand-Anteil aufweisen, der von keinem im Einzugs-Gebiet der Bäche anstehenden präquartären Gestein erreicht wird.

Es liegt nahe anzunehmen, daß das äolisch eingetragene Ausgangsmaterial für die Deck-Lehme annähernd gleich große Anteile an Ton, Fein/Mittelschluff, Grobschluff und Feinsand enthalten hat. Möglicherweise stellt der Mittel- und Grobsand-Anteil (> 200 µm Ø) eine lokale, aus dem aufgearbeiteten Altschotter des Kartier-Gebietes herrührende fluviale Beimengung dar (vgl. WN, YZu und TS gelb.)

TAB. C: MINERAL-ANTEIL IN DER SCHWERMINERAL-FRAKTION VON FEINSAND- UND SCHLUFF-GRÖSSE.  
BEZUGS-PROBEN AUS DECK- UND RÜCKSTANDS-LEHMEN UND SILT-GESTEIN DES KARTIER-GEBIETES

PRO= FIL	TIEFE cm	HORIZONT SCHICHT	FRAKTION $\mu\text{m}$	BIOTIT*)	HORNBLLENDE		AKTI- NOLITH	EDIPOT	RUTIL
					grüne	braune			
ZS	110	II Bv	200 - 63	++++	+	+			
ZH	30	I C	200 - 63	++	+++				
ZA	10-20	AhC	200 - 63	++++	+	+		+	
YZ	65 - 85	AlBt	63 - 36	++++		+	++		
YH	>30	BtSwd	200 - 63	+++		++			
WN	150 - 170	BtV	200 - 63	+++	+				+
UD	30- 85	III Swd	200 - 63	++++		+	+	+	
TS	100	Gelblehm	63 - 36	++++	+				
TS	600	Grauer Lehm	63 - 36	++++	+	+			
QS	30 - 65	Swo	63 - 36	+++		++		++	
K	unten	Kalkstein-Gelblehm	63 - 36***)	++++					
K		Kalkstein	63 - 36						
S		Siltstein	200 - 63***)	++++		+			+

+  $\leq$  10 %      ++ > 10 %      +++  $\leq$  50 %      ++++  $\geq$  90 %

\*) plattig, meist stark Fe- verkrustet, teilweise hexagonal brechend

\*\*) nur extrem wenige Schwerminerale nach Abtrennung mit Bromoform gefunden (siehe dazu auch Tab. 2)

Tab.D<sub>1</sub>: KORNGRÖSSEN-ZUSAMMENSETZUNG DER DECK-LEHME (DL), KALK-STEIN-RÜCKSTANDS-LEHME (KR) UND DER SILT-STEINE (SS) IM KARTIER-GEBIET AUCAYACU.—ANGABEN IN GEW.-% TROCKENMASSE, KORNDURCHMESSER IN  $\mu\text{m}$

MATERIAL		>200	$\frac{200}{63}$	S	$\frac{63}{36}$	$\frac{36}{20}$	gU	$\frac{20}{6}$	$\frac{6}{2}$	m, fU	T <2
DL	WN	34	22	56	6	8	14	10	7	17	13
	YZu	28	41	69	4	3	7	4	5	9	15
	YH	2	16	18	10	18	28	17	10	27	27
	YZo	2	24	26	10	13	23	9	8	17	34
	TS gelb	36	19	55	4	6	10	12	11	23	12
	TS grau		4	4	8	14	22	18	15	33	41
	ZA	11	42	53	8	7	15	6	5	11	21
	ZS	2	13	15	11	17	28	15	11	26	31
ZH	1	24	25	15	18	33	18	9	27	15	
KR	K		3	3	8	10	18	7	4	11	68
	L	2	3	5	5	8	13	9	14	23	59
SS	S		5	5	8	12	20	15	20	35	40
	UD	2	10	12	10	20	30	13	10	23	35

Tab. D<sub>2</sub>: MINERAL-ARTEN-ANTEILE DER DECK-LEHME (DL), DER KALKSTEIN-RÜCKSTANDS-LEHME (KR) UND DER SILT-STEINE (SS) IM KARTIER-GEBIET AUCAYACU — ANGABEN ALS GEW.-% — NICHT AUSGEFÜLLTE SPALTEN: NULL ODER <1

KORN-FRAKTION	MATERIAL	QUARZ	3- u 4- SCHICHT - SILIKATE					FELD-SPA-TE	KAO-LINIT	
			MUS-CO-VITE	BIO-TITE	Mg-CHLORIT	VER-MI-CU-LIT	MONTMO-RILLONITE (SMECTITE)			
			MICA / ILLIT				I			II
SAND > 63 µm	DL: YH, YZo, WN, YZu	87-96	1- 3	1-3	1- 7			1		
	TS gelb	78	(13)	6				1		
	TS grau	75	5	3				(15)		
	ZA, ZS	73	6	4				5	4	
	KR: K - L	93	0- 1	2				5		
	SS: UD	83	4	1					6	
GROB-SCHLUFF 63-200µm	DL: YH - YZo	89-84	1- 7	1-2	0- 2			5-3	0- 1	
	WN - YZu	64-70	5- 7	11-8	1- 5			15-3	3	
	TS gelb	40	(40)	3				6	9	
	TS grau	68	13	3				9	5	
	ZA, ZS	78	5	3				11-4	1- 8	
	KR: K - L	78-92	6- 8					16-1	0- 1	
SS: S - UD	70-83	8- 6	5-3				4-1	12- 4		
MITTEL- UND FEIN-SCHLUFF 20 - 2 µm	DL: YH	81	4	1				5	4	
	YZo, WN, YZu	33-47	58-39	3-8				1-4	1- 2	
	TS gelb	13	(78)						6	
	TS grau	70	21	1				3	3	
	ZA - ZS	52	34	2				9-7	2- 4	
	KR: K - L	66-83	18-13	0-1				9-1	3- 1	
SS: S	60	34	1				1	4		
UD	48	35	4				1	7		
TON <2 µm	DL: YH, YZo, YZu	18-27	7 - 13		11-13	4- 7	12-15	(20-26)	4-7	7-11
	WN	15	8		8	1	5	8	2	(52)
	TS gelb	23	16		5	5	3	13	4	(31)
	TS grau	39	9		4	0	8	10	5	(25)
	ZA, ZS	22	12		12	8	9	(21)	7	8
	KR: K - L	25	14 - 5		9	9-14	13	(20-25)	7	3
SS: UD	22	19		7	1	13	15	10	13	

MINERALARTEN-ZUSAMMENSETZUNG

Die letztgenannte Vermutung wird ein wenig durch die in Tab. D<sub>2</sub> wiedergegebene Mineralarten-Zusammensetzung gestützt. Die Sand-Fraktion des weißgrauen Lehms TS zeigt eine beachtliche Anreicherung saprolithisch-detritischer Feldspäte und der darüber liegende gelbe Lehm TS stellt gewissermaßen eine "Seife" sandgroßer Glimmer, besonders Muscovite, dar. Die hohen Muscovit-Gehalte mögen auf dem Zerfall der sandgroßen Glimmer beruhen. Im übrigen läßt auch die Mineralarten-Zusammensetzung der Deck-Lehme und der mit ihnen verglichenen präquartären Gesteine wenig Rückschlüsse auf mögliche Herkunfts-Beziehungen zu.

In der Sand-Fraktion läßt sich eventuell im hohen Kaolinit-Anteil der Z-Lehme und des mesozoischen Silt-Gesteins die morphologisch hergeleitete Verwandtschaft wiedererkennen.

In den Schluff-Fraktionen dagegen besteht eine so weitgehende Ähnlichkeit in der Zusammensetzung der Deck-Lehme, des Detritus des mesozoischen Silt-Gesteins und der Kalkstein-Rückstands-Lehme, daß Herkunfts-Beziehungen weder abzuleiten noch auszuschließen sind.

Leider gilt dieses auch für die Ton-Fraktion. Sieht man einmal von den 3 Proben WN, TS gelb + grau mit ihrer Kaolinit-Dominanz ab, so besteht etwa folgende Zusammensetzung: 18 - 27 % detritischer Quarz und ein etwa gleich hoher Anteil an detritischen Glimmern (Mica/Illit + Mg-Chlorit) und die halbe Summe an detritischen Feldspäten und Kaolinit — alle hauptsächlich in der Grobton-Fraktion  $>0.2 \mu\text{m } \emptyset$ . Im Feinton dominiert der Montmorillonit II über Vermiculit und K-kontrahierbaren Montmorillonit I. Ähnlichkeit mit Löß-Ton europäischer und anderer Sedimentations-Gebiete ist somit zwar gegeben, aber die präquartären Gesteine des Kartier-Gebietes haben eine ähnliche Beschaffenheit ihres Ton-Anteils. Die überraschende Kaolinit-Dominanz (Grobton-Größe) im Ton der Proben WN und TS darf möglicherweise als ein Hinweis auf einen hohen Grad der Beimischung von lokalen Zerfalls-Produkten des saprolithisierten Altschotter zurückzuführen sein. Bei TS wurde dieses bereits aufgrund des "Seifen"-Charakters vermutet. WN ist eine Probe, bei der ein hoher Grob- und Mittelsand-Anteil sowie eine von oben nach unten stark zunehmende Stein-Beimischung die fluviale Aufnahme lokalen Altschotter-Detritus sehr wahrscheinlich macht.

### FREIE EISENOXIDE

Da in den untersuchten Profilen keine wesentliche Podsolierung, d.h. keine lösungsschemisch differenzierende Verlagerung von Fe festgestellt wurde, die freien Eisenoxide somit weitgehend in ihrer Position in der Ton-Fraktion erhalten geblieben sind, erschien es möglich, sedimentologische Vergleiche mit dem Quotienten  $\text{Fe (dithionit-löslich)} \cdot 100 \cdot \text{Ton-Gehalt}^{-1}$  durchzuführen. Um Fehler zu vermeiden, die durch eine sektorale lösungsschemische Fe-Differenzierung hervorgerufen werden können, wie sie in marmorierten S- und Go-Horizonten auftritt, wurden nur abgeseibte, die Ursprungs-Farbe zeigende Proben aus "peds" entnommen.

Die niedrigsten Werte zeigen die Kalkstein-Rückstands-Lehme (K,L) mit 0.04. Die an aus Schotter-Detritus stammendem Ton reichen Lehme TS grau, TS gelb und WN haben Quotienten von 0.9, 3.4 und 4.5. Überraschend ist, daß trotz unterschiedlicher Färbung die Werte für die Y- und Z-Decklehme zwischen 5 und 7 streuen. Am höchsten liegen mit 10 bis 11 das rotbraune Silt-Gestein der Cordillera Azul und der Huallaga-Auenlehm.

Dies schließt zumindest aus, daß Rückstands-Lehme der Kalkstein-Verwitterung einen wesentlichen Anteil an der Bildung der — häufig ähnlich gefärbten — Deck-Lehme gehabt haben.

Dieser Befund widerspricht auch möglichen Herkunfts-Beziehungen zwischen Lehm-Decken und Altschotter.

Er wirft jedoch — siehe die Ähnlichkeit zwischen Y-, Z-Lehmen und Silt-Gestein — die Frage auf, ob das als äolisch eingetragene angenommene Lehm-Material nicht ein ähnliches oder dasselbe Herkunfts-Gebiet gehabt haben kann wie der heutige Huallaga mit seinen Zuflüssen — z.B. das ausgedehnte an rötlich gefärbtem Silt-Gestein reiche Gebiet im südlich von Tingo Maria gelegenen Teil des Huallaga-Längstrogos.

### GESAMT-PHOSPHAT

Andererseits machen die Gehalte an Gesamt-P die letzte Möglichkeit wieder unwahrscheinlich, denn der untersuchte Silt-Stein liegt mit 163 ppm am unteren Ende der Skala. Mit ähnlich niedrigen Werten zeigen die Lehme ZA und ZS ihre Herkunfts-Beziehungen an. Die Y-, W- und T-Lehme liegen dagegen im Gesamt-P-Gehalt zwischen 250 und 763 ppm und kommen damit fast an die 793 ppm des Huallaga-Flut-Lehms heran.

## ZUSAMMENFASSUNG

Faßt man die verschiedenen sedimentologischen Untersuchungen im Ausschluß-Verfahren zusammen, so bestätigt sich das morphologisch gewonnene Bild insofern, als Herkunfts-Beziehungen zwischen dem jüngsten (Z) Flutlehm des Rio Sangapilla wie des Rio Aucayacu und dem rotbraunen Silt-Gestein der Cordillera Azul untergeordnet auch den älteren Deck-Lehmen der Fuß-Zone bestehen. Die Deck-Lehme der Y-, W- und T-Terrassen zeigen keine Beziehungen zu den Silt- und Kalksteinen der Cordillera Azul, wohl aber lokal wechselnd starke — offenbar fluviale — Beimengungen an Detritus aus dem im Tal-Bereich verbreiteten saprolithischen Altschotter.

Die als im Pleistozän primär äolisch eingetragen und subsequent fluvial umgelagert angesehenen Y-, W- und T-Deck-Lehme erweisen sich im mineralogisch-chemischen Ausschluß-Verfahren als "fremdbürtig". Dabei zeigen sich trotz aller mineralogischen Unterschiedlichkeit in den Sand- und Schluff-Fraktionen gerade im Tonmineralarten-, Fe- und P-Gehalt gewisse "verwandtschaftliche" Beziehungen mit dem aus einem großen andinen Einzugs-Gebiet stammenden Huallaga-Flutlehm.

### 6.4 CATENA

Abbildung 8 bringt ein schematisiertes Querschnitts-Profil durch das Kartier-Gebiet. Zieht man Karte 6 heran, so verläuft der Profil-Schnitt von der Mündung des Rio Sangapilla über den Cerro San Pedro bis zum Boden-Profil WN, am E-Rand etwa der Mitte des Y-Terrassen-Trichters des Sangapilla gelegen. Er knickt dort nach S ab und verläuft über QS zur Cordillera Azul. Der Schnitt gibt die relative Höhe der Terrassen zueinander wieder.

Als Überleitung zu der im folgenden vorzunehmenden Untersuchung der Böden sind in Abb. 7 die Lage und — vorwegnehmend — die Namen der Böden eingetragen.

Für die Benennung wurde die Kartieranleitung der Landesämter der Bundesrepublik Deutschland (8) und die von MÜCKENHAUSEN (36) gewählte Nomenklatur, die FAO-Nomenklatur (12), das System der U.S.-amerikanischen Soil Taxonomy (53) und die französische Nomenklatur bei DUCHAUFFOUR (11) dargelegt, verwendet. Die in Abb. 7

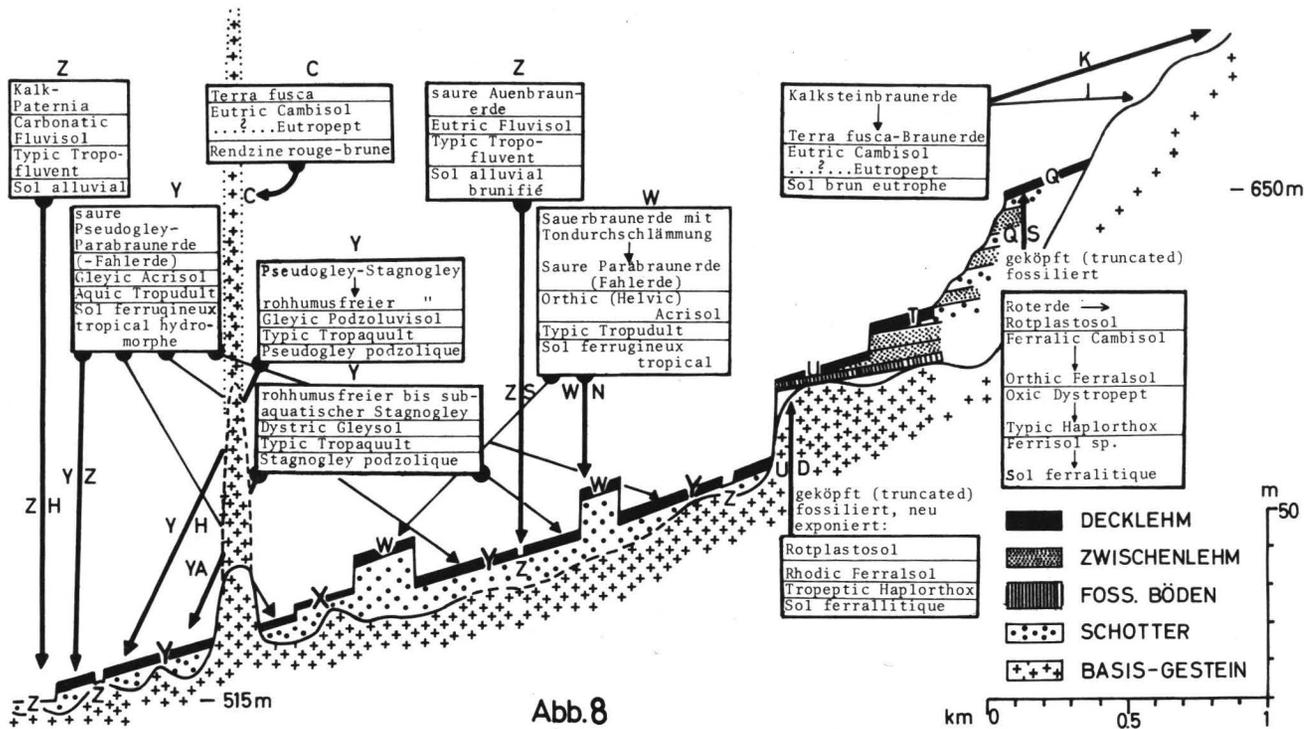


Abb. 8

Relief-Schnitt: Terrassenfolge, Boden-Typen und Areale im Kartiergebiet

dargestellte Catena soll die Grundlage für die nachfolgende Besprechung der einzelnen Böden abgeben. Sie ist so zu verstehen, daß alle mit Z als erstem Buchstaben markierten Böden (ZH, ZS, ZA) als zum jüngsten Flutlehm-Niveau gehörige Gruppe 1 zusammengefaßt wird. Sediment- und Boden-Bildung fallen, nicht näher festlegbar, irgendwann in das Holozän.

Gruppe 2: Die Böden mit Y und W als erstem Buchstaben (WN  $\approx$  YZ  $\rightarrow$   $\rightarrow$  YH  $\rightarrow$  YA) werden als gleichaltrige Gruppe zusammengefaßt. Die Sedimentation des Deck-Lehms als Ausgangs-Material der Boden-Bildung wird als jungwürm/wisconsin-zeitlich angesehen und die Boden-Entwicklung als voll holozän-zeitlich. Die Reihenfolge WN  $\rightarrow$  YA entspricht einer vom Kleinrelief her bedingten Staunässe-Folge (Trocken-Feucht-Catena).

Die 3. Gruppe von Böden umfaßt die als reliktsch, geköpft bzw. begraben angesehenen roten Paläo-Böden älterer, höherer Flächen-Niveaus (QS, UD).

Als 4. Gruppe wurden die aus Kalksteinen entwickelten Böden der Cordillera Azul (K, I) und der Kalkstein-Durchragung Cerro Copal (C) zusammengefaßt. Anmerkung: Da der Cerro Copal nicht auf der Schnitt-Linie des Querprofiles liegt, wurde stattdessen der Boden C auf den Cerro San Pedro verlegt.

## 7 B Ö D E N D E R Z - T E R R A S S E

Unter "Z-Terrasse" wird die Fläche verstanden, die bei Hochfluten in der feuchteren Jahreszeit (Nov. bis März) vom Rio Huallaga und seinen Seiten-Bächen und -Flüssen gelegentlich überflutet wird. Ihre Begrenzung ergibt sich aus der Verbreitung rotbrauner Flutlehm-Decken, die sich bereits aufgrund ihrer Färbung markant von allen älteren Sediment-Decken abheben.

### 7.1 ANORDNUNG IN DER LANDSCHAFT

Haupt-Verbreitungs-Gebiet ist die holozäne bis zu 1 km breite Wirkungs-Ebene des Rio Huallaga, die mit bis zu 7 m hohen Steilkanten und abgeflachten Stufen in die nächst ältere Terrassen-Fläche oder Abtragungs-Fußfläche lateral-erosiv eingeschnitten ist. Beiderseits des durch Sand- und Kies-Flächen und -Bänke bzw. abgeräumtes Basis-Gestein markierten heutigen Aktivitäts-Bettes des Rio Huallaga ist die Z-Terrasse mit braunen Hochflut-Lehmen bedeckt. Deren Areal hat wechselnde Breite. Besonders in Gleithang-Positionen kann es bis zu 1 km breit werden. Gegen das Aktivitäts-Bett des Rio Huallaga sind die Lehm-Decken meist durch eine senkrechte Abrasions- oder eine schwach geböschte Sedimentations-Stufe von 0.8-1.8 m Höhe abgesetzt.

Die Flut- oder Auenlehm-Flächen des Rio Huallaga befinden sich heute fast durchweg in Ackerbau- oder Grasland-Nutzung. Auch vor der gegenwärtigen Kolonisation sind sie die bevorzugten Areale für den verstreuten Plantagenbau und die Siedlungen der Indianer gewesen. Wie die natürliche Vegetation beschaffen war, ist daher nicht genau zu rekonstruieren. Nach älteren Luftbildern und den wenigen heute noch erhaltenen Resten einer annähernd natürlichen Vegetation zu urteilen, kann angenommen werden, daß der aktuelle Sedimentations-Bereich der Hochflut-Lehme mit Arundo-Donax-Röhricht bestanden war — z.B. so wie die heute in der trockeneren Jahreszeit (Apr. - Okt.) nicht mehr oder nur noch selten überfluteten Lehm-Inseln im Aktivitäts-Bett des Flusses und die oben genannten Auenlehm-Kanten. Die auch in der feuchteren Jahreszeit nicht mehr regelmäßig überfluteten Auenlehm-Areale scheinen relativ schnell vom Urwald oder — wenn auf ihnen Plantagen aufgegeben wurden — vom Sekundär-Wald erobert worden zu sein.

Weitere Verbreitungs-Gebiete brauner Flut-Lehme sind die Täler der Seiten-Flüsse und Bäche des Rio Huallaga. Sie haben sich mit dem Einschneiden des Rio Huallaga ebenfalls — vermutlich linear — in die älteren Terrassen eingeschnitten. Dabei hat die geglättete Gefälls-Linie dieser seitlichen Zuflüsse einen größeren Gradienten erhalten als ihn die älteren Flächen aufweisen, in die sich die Seiten-Flüsse eingeschnitten haben. So treten die beiden größeren seitlichen Zuflüsse des Rio Huallaga, die in unserem Karten-Ausschnitt (Karte 6) erfaßt sind, der Rio Sangapilla und der Rio Aucayacu, am Rand der Cordillera Azul mit einer schwachen Rinne auf die Y-Terrasse aus und schneiden sich bis zu ihrer Schlauch- oder Trichter-Mündung in den Rio Huallaga etwa 5 m tief in diese ein.

Die braunen Flut-Lehme finden sich nur im Bereich dieser beiden Huallaga-Zuflüsse, die von der Cordillera Azul herkommen, nicht dagegen in den Bach-Tälern, die ihren Ursprung in den pleistozänen Füllungen des Huallaga-Tales haben. Die Lehme sind in dem breiteren Tal des Rio Aucayacu in Form von fluß-begleitenden niedrigen Terrassen angeordnet, die 1-2 m Stufen-Höhe aufweisen und eine Zwischen-Stufe zwischen dem Kies-Bett des Flusses und der etwa 5 m höher gelegenen Fläche der Y-Terrasse bilden. Häufig findet sich vor der Kante der Y-Terrasse eine Abfluß-Rinne in der Flutlehm-Decke der Z-Terrasse.

Im Bach-Schlauch des mäandrierenden Rio Sangapilla liegen die Flutlehme an Gleit-Hängen der Krümmungen. Im Oberlauf aber, wo der Betrag der Einschneidung in die Y-Terrasse geringer ist und in der feuchteren Jahreszeit (Nov.- März) ein Ausufer des Baches möglich ist — besonders wenn mitgeführtes Holz den Bach-Lauf verstopft — kommt es zu einem Übergreifen der Flutlehm-Decken auf die Y-Terrasse, wo sie mitunter breit ausfächern.

Das kalkfreie Material der braunen Auen-Sedimente in den Seitentälern des Rio Sangapilla ist weniger erodiertes oberflächennahes Boden-Material als aufbereiteter rotbrauner mesozoischer Silt-Stein der Cordillera Azul. In zahlreichen Quell-Mulden kommt es unter den feuchten Klima-Bedingungen am Hang der Cordillera Azul zu Scher-Mulden, Erd-Gletschern und Berg-Rutschen, bei denen große Massen des relativ weichen Gesteins exponiert werden. Auch die braunen Lehme der Z-Terrasse des Rio Huallaga dürften großenteils denselben Ursprung haben, doch weist der Kalk-Gehalt

und der hohe Glimmer-Anteil auf erhebliche Beimengungen von anderem aufbereitetem Gesteins-Material aus der Cordillera Central hin. Erst die jüngsten Lehm-Körper im Fluß-Lauf oder an den Rändern des Aktivitäts-Bettes enthalten mehr erodiertes, humoseres Boden-Material, das im Laufe der jüngsten Rodungen des Urwaldes mobilisiert wurde.

Das Wasser-Regime der Z-Terrasse und ihrer Lehm-Böden wird von dem jahreszeitlichen Wechsel der Niederschläge und — davon abhängig — von der Oszillation der Fluß- und Grundwasser-Stände bestimmt. In der trockeneren Jahreszeit von April bis Oktober liegt der mittlere Wasser-Stand ("mittlerer Huallaga-Tiefwasser-Stand") um 1 bis 1.5 m höher als in der feuchteren Jahreszeit von November bis März ("mittlerer Huallaga-Hochwasser-Stand").

Für die Lehm-Decken bedeutet dies, daß während einer Zeit von 6 bis 7 Monaten das Grundwasser meist in dem darunter liegenden Sand steht, und daß nur in den 5 bis 6 Monaten mit hohem Wasser-Stand in den Flüssen ein Grundwasser-Einstau stattfindet, der eine kapillare Durchtränkung ermöglicht.

Wie in Mitteleuropa läßt ein solches Hydroregime kaum die sog. "Hydromorphie-Phänomene", d.h. eine Marmorierung oder Go/Gr-Horizont-Bildung in Erscheinung treten. Die Lehme sind daher meist bis zu ihrer Basis durchgehend braun oder rotbraun und zeigen nur im unteren Teil eine schwache Rost-Anfärbung der sichtbaren Poren. Gleye finden sich nur in sehr geringem Maße in den flußferneren Depressionen oder Rinnen der Z-Lehm-Terrassen vor der Stufe der Y-Terrasse.

7.2 AUSGEWÄHLTE BÖDEN

PROFIL ZH (Z-Terrasse, Rio Huallaga)

Abb. 9a

ANALYSEN-TABELLEN: 1.1 - 1.5 (S.199 - 205)

LAGE: Fluß-Aue des Rio Huallaga, ca. 20 km südlich der Karte 6  
Cooperativa "ANDA PACAE", Sector Bajo Pacae  
Junge Prallhang-Kante eines größeren Auenlehm-Areals  
Gelände-Oberfläche der Auenlehm-Terrasse:

2-2,5 m über mittlerem Huallaga-Tiefwasser-Stand (Apr. -  
Okt.)

ca. 1 m über mittlerem Huallaga-Hochwasser-Stand (Nov. -  
März)

Bewuchs: Gemischte Plantage (Bananen)

SCHICHTUNG: 1.8 m Lehm mit Wechsel-Schichtung

Farbe (feucht) braun/dunkelbraun

darunter: Sand

darunter: Kies

PROFIL: 0-10 cm I Ah

dunkelgraubraun

s1U

>2 % Humus, carbonathaltig

stark poröses Schwamm-Gefüge, stark durch-  
wurzelt

10-180 I C

(Probenahme bei 30 cm)

braun bis dunkelbraun

s1U

15 % Ton, 1.6 % Humus 0.3 % CaCO<sub>3</sub>  
unverfestigtes Kompakt-Gefüge, vertikale  
Wurzelporen

> 180 II C

(Probenahme an anderer Stelle: Coopera-  
tiva "El Progreso", 6 km N Aucayacu)

dunkelgraubraun (fS) IS-1s

8 % Ton, 1 % Humus 3.6 % CaCO<sub>3</sub>

unverfestigtes Kompakt-Gefüge

BENENNUNG: FAO ( 12 ): CARBONATIC FLUVISOL

KAB ( 8 ): AUENRENDSINA bzw. KALKPATERNIA

Die braune Farbe des Auenlehms rührt über-  
wiegend nicht von erodiertem Boden-Material,  
sondern von nicht vorverwittertem Gesteins-  
Material der Cordillera Azul und Central  
her. Daher "C" und nicht "M"-Horizont

- MÜ ( 36 ): GRAU-BRAUNE KALKPATERNIA  
Übergangsform zwischen Grauer und Brauner  
Kalkpaternia
- USA ( 53 ): TYPIC TROPOFLUVENT
- FR ( 11 ): Sol alluvial

VERBREITUNG: Z-Terrasse, d.h. die breite, in die Y-Terrasse eingetieftete holozäne Überflutungs-Fläche des Rio Hualaga mit Urwald und Arundo-Donax-Inseln

MINERALARTEN-ZUSAMMENSETZUNG:

FS + U: Trotz unterschiedlicher Korngrößen-Zusammensetzung von Schwemm-Lehm und Schwemm-Sand ist die Mineralarten-Zusammensetzung erstaunlich übereinstimmend. Dies hängt damit zusammen, daß die Zusammensetzung der Feinsand- und einzelnen Schluff-Fraktionen sich nur relativ wenig mit der Korngröße ändert.

Quarz	35	%	Kaolinit	2%
Muscovit	25	} 36 %	Schwermineral*)	3,6 %
Biotit	11		Opak (z.g.T. Fe-oxid-verkrustete Minerale)	6 %
Feldspat	14	%		

\*) Biotit, grüne Hornblende

Die jungen offenbar vorwiegend aus Gesteins-Detritus hervorgegangenen Sedimente sind im Gegensatz zu anderen fluvialen Lehmen erstaunlich reich an Glimmern und arm an Quarz. Der hohe Gehalt an opaken Körnern deckt sich mit dem der braunen Silt-Steine in den Kordilleren.

T: Die Zusammensetzung der Ton-Fraktion weicht nicht wesentlich von der der anderen Fluvial-Sedimente ab.

Abb. 9: PROFILE DER "Z - TERRASSE"

- a Profil ZH, Auenlehm-Kante, Fluß-Aue des Rio Huallaga
- b Süd-Ufer des Rio Sangapilla/Ecke Prall-Hang Rio Huallaga — Einschneidung des dunkel grau braunen Huallaga-Flutlehms ( Z ) ( rechts der Markierungs-Linie ) in den gelblich-braunen Y-Decklehm
- c Profil ZS, junge Prallhang-Kante, W-Ufer des Rio Sangapilla, Trichter-Hals der Y-Terrasse



PROFIL ZS (Z-Terrasse, Rio Sangapilla)

Abb. 9c

ANALYSEN-TABELLEN: 1.1 - 1.5 (S.199 - 205)

LAGE: Fluß-Aue des Rio Sangapilla, Punkt ZS an der Berührungs-Stelle Carretera Marginal-Naciente Sangapilla mit dem Rio Sangapilla auf Karte 6

ca. 70 m breite Tal-Rinne des Sangapilla, ca. 2.5-3 m in die Y-Terrasse eingetieft und bis dicht an den Bach-Schlauch mit Auenlehm ausgefüllt. Oberfläche des Auenlehms ca. 1 m unter Oberfläche der Y-Terrasse

Junge Prallhang-Kante

Gelände Oberfläche der Auenlehm-Terrasse:

2-2.2 m über mittlerem Grund- (Bach)-Wasser-Tiefstand (Apr. - Okt.)

1-1.2 m über mittlerem Grund-(Bach)-Wasser-Hochstand (Nov. - März)

Bewuchs: 3-4 jährige stark beweidete Naturgras-Vegetation nach Urwald.

SCHICHTUNG: 1.7 m Lehm, recht homogen, schwacher Schicht-Wechsel zwischen 100 und 140 cm  
Farbe (feucht): dunkelrotgrau/schwach rot  
darunter: Sand mit Fein-Kies-Bändern

<u>PROFIL:</u>	0-5 cm	I Ah	braun bis dunkelbraun Schwamm-Gefüge, stark durchwurzelt	(fS) sL
	5-25	I Ah Bv	dunkelrot-grau porenreiches Aggregat-Sinter-Gefüge, schwach verfestigt, durchwurzelt	(fS) sL
	25-100	I Bv	(Probenahme bei 30 cm) schwach rot 22 % Ton, 0.7 % Humus pH H <sub>2</sub> O 5.5   CaCl <sub>2</sub> 4.3 Gefüge wie oben	(fS) sL
	100-140	II Bv	(Probenahme bei 110 cm) schwach rot 31 % Ton 0.5 % Humus pH 5.6 / 4.3 Gefüge wie oben	utL
	140-170	III Bv	schwach rot Gefüge wie oben, unverfestigt, carbonat-frei	(fS) sL
	> 170		Sand mit Feinkies-Bändern, carbonat-frei	

BENENNUNG: FAO ( 12 ): EUTRIC FLUVISOL

KAB ( 8 ): AUENBRAUNERDE (autochthone Vega).

Diese Bezeichnung ist spekulativ. Die Rotfärbung des Materials ist nicht boden-, sondern gesteinsbürtig, daher Gruppe II der Auenböden. Ob es sich um Bv- oder C-Horizonte handelt, ist farblich oder analytisch nicht nachzuweisen. Die relativ starke Versauerung wurde als "Bv"-Kriterium verwendet.

MÜ ( 36 ): "Saure" (Zusatz des Verfassers) AUENBRAUNERDE

Der Zusatz erscheint angebracht, da das niedrige pH (beginnende Al-Flockung) keine Weiter-Entwicklung zur Auenparabraunerde mehr gestattet.

USA ( 53 ): TYPIC TROPOFLUVENT

FR ( 11 ): Sol alluvial brunifié

VERBREITUNG: In den "blasenförmigen" Erweiterungen der Bach- und Fluß-Schläuche der Seiten-Zuflüsse des Rio Huallaga, z.T. auch ausufernd (in den Fluß-Oberläufen) und sich dabei über die Y-Terrasse ergießend. In den breiteren Partien der Täler eine Klein-Terrasse bildend.

MINERALARTEN-ZUSAMMENSETZUNG UND PEDOGENETISCHE PROZESSE

werden zusammen mit BODEN ZA besprochen.

PROFIL ZA ( Z-Terrasse, Rio Aucayacu)

ANALYSEN-TABELLEN: 1.1 - 1.4 (S.199 - 204)

LAGE: Fluß-begleitende Auenlehm-Terrasse des Rio Aucayacu, östlich der Brücke der Carretera Marginal über den Rio Aucayacu, auf Karten-Blatt 6 nicht enthalten, aber in der abgeschnittenen NE-Ecke zu denken. Cooperativa "El Progreso".

Tal des Rio Aucayacu ist hier ca. 70 m breit und ca. 5 m tief in ältere Terrassen eingeschnitten.

Gelände-Oberfläche der Auenlehm-Terrasse:

ca. 2.5 - 3.0 m über mittlerem Grund-(Fluß-)Wasser-Tiefstand (Apr. - Okt.)

ca. 1.2 - 1.5 m über mittlerem Grund-(Fluß-)Wasser-Hochstand (Nov. - März)

Bewuchs: Urwald

SCHICHTUNG: 1.8 m Lehm, recht homogen, Schichtung kaum erkennbar  
Farbe (feucht): braun/dunkelbraun/rötlich  
braun

darunter: Sand mit Feinkies-Bändern (ca. 0.2 m)

darunter: Kies (ca. 0.5 m)

darunter: Basis-Gestein

PROFIL: -6 bis -3cm Ol Holz-Bruchstücke, wenig zersetzte Äste, Blatt-Strukturen noch erkennbar, locker aufliegend

-3 bis 0 Olf Blätter und Ast-Holz stark durchwurzelt, Blätter stark, Ast-Holz weniger stark zersetzt, locker aufliegend

0 bis 5 Ah dunkelbraun (fS) 5L  
19 % Ton 5.8 % Humus pH H<sub>2</sub>O 5.1  
Ca Cl<sub>2</sub> 4.5  
sehr poröses Schwamm-Gefüge, sehr stark durchwurzelt

5 bis 10 AhC braun bis dunkelbraun 5L  
poröses Schwamm-Gefüge, stark durchwurzelt, ohne Carbonate

10 bis 180 C (Probenahme bei 10-20 cm)  
rötlich braun (fS) 5L  
21 % Ton 0.7 % Humus pH 5.3 4.2  
unverfestigtes Kompakt-Gefüge mit von oben nach unten abnehmender Wurzel-Porung

180 bis 200 C Sand mit Feinkies-Bändern, carbonat-frei

BENENNUNG: FAO ( 12 ): EUTRIC FLUVISOL

KAB ( 8 ): AUENBRAUNERDE ( AUTOCHTHONE VEGA )

MÜ ( 36 ): " saure " AUENBRAUNERDE

(Begründungen für Benennung siehe Boden ZS)

USA ( 53 ): TYPIC TROPOLUVENT

FR ( 11 ): Sol alluvial brunifié

VERBREITUNG: siehe unter Boden ZS

MINERALARTEN-ZUSAMMENSETZUNG und PEDOGENETISCHE PROZESSE

werden zusammen mit Boden ZS besprochen!

7.3 VERGLEICH DER BÖDEN

7.3.1 Mineralarten-Zusammensetzung

Die beiden Auen-Böden der seitlichen Huallaga-Zuflüsse Rio Sangapilla (ZS) und Rio Aucayacu (ZA) sind untereinander sehr ähnlich und unterscheiden sich merkbar von dem Auen-Boden des Rio Huallaga. Dies hängt — wie im Abschnitt "Deck-Lehme" (6.3) besprochen — damit zusammen, daß ZS und ZA aus gleichen geologischen Fluß-Einzugs-Gebieten stammen und in ihrer Zusammensetzung den petrographischen Charakter der rotbraunen mesozoischen Silt-Steine der Cordillera Azul widerspiegeln, während der Haupt-Fluß Rio Huallaga ein großes, geologisch vielgestaltiges Einzugs-Gebiet aufweist.

Die 4 Proben aus ZS und ZA zusammengefaßt ergeben in Sand (fS)- und Schluff-Fractionen addiert:

Quarz	69 %	Kaolinit	6 %
Muscovit	14 %	Schwer-Minerales	1 %
Biotit	3 %	Opak (z.g.T. Fe-	4 %
Feldspat	3 %	oxid- verkrustete	
		Minerale)	

Die beiden Böden enthalten somit doppelt so viel Quarz, halb so viel Glimmer und ein Fünftel der Feldspäte verglichen mit dem Huallaga-Auenlehm. Dafür ist der Kaolinit-Gehalt 3 mal so hoch.

Im Gegensatz zum Huallaga-Lehm ist die Mineralarten-Verteilung auf die einzelnen Korn-Klassen weniger gleichförmig. Dies zeigen die folgenden Verteilungs-Mittelwerte (Angaben in % der Fraktionen):

$\mu\text{m } \phi$	200-63	63-36	36-20	20-6	6-2
Quarz	73	74	82	<u>58</u>	<u>46</u>
Musc.	6	4	5	<u>20</u>	<u>47</u>
Biot.	4	3	4	2	2
Feldsp. } +Kaol. }	9	18	7	18	4

Feldsp./Kaol.

ZS	0.4	0.9	0.1	1.4	n.b.
ZA	4	22	2	4	
(ZH 8.3	4.2	0.5	3.8	n.b.)	

Zu den feineren Fraktionen hin nimmt der Muscovit-Gehalt zu, der Quarz-Gehalt ab. Innerhalb der Summe Feldspat + Kaolinit gibt es lokale Verschiebungen der Mineral-Anteile: Der Sangapilla Auenlehm ist primär sehr viel reicher an Kaolinit als der Aucayacu-Auenlehm.

Die relativ schwache Verwitterung der Lehme und ihrer Böden wird wie beim Huallaga-Auenlehm durch hohe Biotit-Gehalte und braune wie grüne Hornblenden in der Schwermineral-Fraktion dokumentiert.

Die Mineral-Arten-Verteilung in der Ton-Fraktion  $< 2 \mu\text{m } \emptyset$  gleicht weitgehend der der übrigen Fluvial-Lehme älterer Terrassen und stellt daher kein Auenlehm-Kriterium dar (Angaben in %):

Quarz	22	} 37	Illit	12	} 24	Vermiculit	8	} 38
Feldspat	7		Mg-Chlorit	12		Montmorill. I	9	
Kaolinit	8					Montmorill. II	21	

Im Vergleich zum Huallaga-Auenlehm sind die Lehme und Böden ZS und ZA röter gefärbt. Dies muß mit der Art der Eisenoxide im Ursprungs-Gestein der beiden Böden (Hämatit ?) zusammenhängen, denn das Verhältnis Fed/Ton ist in ZH 0.1 und größer, in ZS und ZA 0.07 und kleiner.

### 7.3.2 Boden-Entwicklung

Während beim Huallaga-Hochflutlehm der Kalk die über die Mull-Bildung hinausgehenden Prozesse verhindert hat, sind die Böden ZS und ZA relativ stark versauert, ohne daß sich farblich, strukturell, in der Ton-Verteilung pedogenetische Teil-Prozesse wie Tonbildung, Tonverlagerung oder Podsolierung — bei fehlender Pseudogley oder Gley-Marmorierung — sicher erkennen lassen. Für die Ton-Bildung ist der Nachweis insofern schwer zu führen, als das bodenbildende Substrat dafür zu heterogen ist. Das geringe Maß an Freisetzung von oxidischem Fe spricht aber gegen eine wesentliche Tonbildung. Trotz des geringen Alters müßte aber eine Ton-Verlagerung — zumindest mikroskopisch — erkennbar sein. Das ist nicht der Fall, und es liegt die Vermutung nahe, daß die Versauerung und damit die Freisetzung von flockenden Al-Ionen unter Urwald-Bedingungen so schnell ablief, daß keine Ton-Verlagerung eintreten konnte. Dies würde den Verhältnissen in den europäischen sauren Braunerden unter Wald

entsprechen und hat uns dazu veranlaßt, vor die Bezeichnung AUENBRAUNERDE das Adjektiv "sauer" zu setzen.

Tatsächlich zeigt Tab. 1.3, daß in den Proben aus Boden ZS bereits 33 bis 35 % der potentiellen Kationen-Austausch-Kapazität, bei Boden ZA 7 bis 20 % mit Al-Ionen belegt sind. Die KAK pot ist dabei um 16 bis 39 % vermindert worden, wozu pH-Variabilität der negativen Ladung und evtl. Ladungs-Blockade durch polymere Al-Hydroxo-Aquo-Komplex-Kationen beigetragen haben können.

Bezogen auf die resultierende effektive KAK beträgt somit der Anteil sorbierter Al-Ionen in ZS 41 bis 33 %, in ZA 11 bis 28 %.

### 7.3.3 Ökologische Parameter

Die Böden der Z-Terrasse stellen nach der Rodung des Urwaldes die fruchtbarsten Standorte für eine landwirtschaftliche Nutzung dar. Dies hängt einerseits mit ihren physikalischen Eigenschaften — Poren-Verteilung und Struktur-Stabilität — andererseits mit ihrem natürlichen Nährstoff-Angebot an P, K und N zusammen.

Am Ah-Horizont des Bodens ZS (Sangapilla-Lehm) und am Ap-Horizont der ackerbaulich genutzten Auenboden-Flächen (Huallaga-Lehm) der Versuchsstation Tulumayo wurde die Poren-Verteilung untersucht (vgl. Tab. 1.5) .

Selbst wenn man berücksichtigt, daß beim Boden Tulumayo durch eine beim Transport durch Austrocknung bedingte Schrumpfung der Volumen-Anteil an Grobporen erhöht wurde, besitzen beide Böden (ZS 9.4 bis 11.3, Z Tulumayo 15.5 bis 16.1 Vol %) genügend Luft- und schnelldränende Poren mit Saugspannung kleiner als 200 cm Wassersäule, um bei den recht hohen Niederschlägen keine Stau-nässe aufkommen zu lassen.

Boden ZS kann auf 1 m Tiefe 175 mm Wasser pflanzenverfügbar speichern, was einer "mittleren bis hohen" nutzbaren Feldkapazität entspricht. Bei Boden Z Tulumayo beträgt sie — entsprechend dem hohen Anteil an Totwasser — nur 123 mm und ist damit als "gering bis mittel" einzustufen. In Anbetracht der hohen Niederschlags-Mengen erscheint diese Größe bedeutungslos, doch spielt sie beim Grasland in der trockneren Jahreszeit eine gewisse Rolle. Die Austrocknung kann im Oberboden immerhin bis etwa 1 000 cm WS

gehen, wobei die Bildung von größeren Schrumpf-Rissen einsetzt.

Die Nährstoff-Versorgung landwirtschaftlicher Kulturen, die kaum eine Düngung erhalten, ist bei diesen Böden, die entweder noch kalkhaltig sind oder sich im Bereich der Austausch-Pufferung, wenn auch zum Teil am unteren Ende, befinden, relativ gut. Dies gilt für Ca, Mg und K. Wenn auch die Werte für lactatlösliches K (vgl. Tab. 1.4) — verglichen mit denen mitteleuropäischer Acker-Böden — gerade die Schwellen-Werte für Hoherträge erreichen (ca. 6 mg/100 g Boden-Material), so bietet doch der hohe Glimmer-Anteil eine hohe K-Nachlieferungs-Rate bei lang anhaltenden Vorräten.

Stickstoff: Die Auen-Böden und unter diesen besonders die an Carbonaten reichen des Rio Huallaga unterscheiden sich von denen älterer Terrassen durch die häufig zu beobachtende Ausbildung eines 10 - 15 cm mächtigen dunkleren Ah-Horizontes mit durchschnittlich 1 bis über 2 % Humus. Da solche A-Horizonte unter Urwald nicht entstehen oder abgebaut werden und nicht alle Ah-Horizonte als Kultur-Relikte aus der Indianer - bzw. Streu-Plantagen-Zeit erklärt werden können, muß wohl angenommen werden, daß die Initial-Phasen der Boden-Entwicklung nicht unter Urwald abgelaufen sind. Vielleicht erfolgte die Anfangs-Entwicklung unter dichtem Arundo-Donax-Röhricht, wie es heute auf den Schutt-, Sand- und Lehm-Inseln des Rio Huallaga und seiner breiteren Nebenflüsse anzutreffen ist und dort auch hinreichend Wurzel-Humus dem Sediment inkorpiert.

Wo solche Böden mit humosem Oberboden — vgl. z.B. ZA, Tab. 1.4 — in Acker- oder Grasland-Nutzung überführt werden, stehen von vorn herein hohe mineralisierbare Reserven an organisch gebundenem N zur Verfügung, die 2 000-3 000 kg/ha betragen können.

Begrenzender Faktor der pflanzlichen Produktion auf den Auenböden ist der Phosphor. Die Gehalte an lactatlöslichem P liegen selbst in den Oberböden bei nur 1.5 mg/100 g Boden-Material und niedriger. Daß dies auch bei den Auenlehmen des Rio Huallaga der Fall ist, ist erstaunlich, da er Material aus Kalkstein-Gebieten führt, die in der Regel einen höheren Gehalt an Apatit liefern. In Gefäß-Versuchen mit Reis konnten deutliche P-Mangel-Symptome festgestellt werden — neben S-Mangel.

## 8 B Ö D E N D E R Y - T E R R A S S E

### 8.1 BODENGEOGRAPHISCHE GEWICHTUNG

Der Darstellung von Relief, Schichtaufbau und Hydroregime der Y-Terrasse, der ausführlichen Behandlung ihrer Boden-Gesellschaft und der eingehenden Analyse ihrer Böden ist eine besondere boden-geographische Bedeutung beizumessen:

1.) Greifen wir auf die im Abschnitt 6.3 (DECK-LEHME) gezogenen Schlußfolgerungen zurück, so haben wir hier in Form der aus äolischem Eintrag herrührenden und vermutlich synchron fluvial mehr oder weniger stark umgelagerten Flut-Lehme ein bodenbildendes Sediment vor uns, dessen Ablagerung mit der Wende Pleistozän/Holozän abgeschlossen war. Der aus diesem Deck-Lehm gebildete Boden repräsentiert somit die nicht mehr durch Prozesse der Umlagerung gestörte, während des ganzen Holozäns abgelaufene, klima- und vegetationsstypische Boden-Entwicklung des Anden-Vorlandes.

2.) Das bodenbildende Gestein, der pleistozäne Deck-Lehm, ist trotz bestehender Streuungen und Abweichungen in Körnung und Mineralarten-Zusammensetzung von Lössen anderer Regionen der Erde geeignet, einen überregionalen Vergleich der aus ihm hervorgegangenen Böden mit solchen anderer Klimazonen anzustellen. Der Vergleich (voll-) holozäner Böden aus Löß oder lößartigen bzw. lößbürtigen Sedimenten stellt schließlich bis heute die boden-geographische Grundlage des "Boden/Klima-Zonen-Konzeptes" dar.

3.) Dieses "Boden/Klima-Zonen-Konzept" fordert über den Vergleich von Böden aus lößähnlichen Locker-Sedimenten hinausgehend, daß die verglichenen Böden in ihrem Hydroregime autonom sind, d.h. nicht von Grund- oder primärem Stauwasser beeinflußt sind. Diese Forderung ist leider auf der Y-Terrasse nur bedingt zu erfüllen. Ihre hydrologische Situation ist typisch für alle in der subandinen Regenwald-Landschaft vorhandenen Flächen-Elemente — zu Zeiten als diese noch nicht zerschnitten waren.

Der über den Kiesen liegende Lehm steht fast immer in kapillarem Kontakt mit dem im Kies strömenden Grundwasser, und sedimentäre Zonen der Verdichtung in den fluvialen Lehm-Decken, die zu Stau-nässe Anlaß geben, sind ebenfalls die Regel. Fälle, in denen die

unverdichtete Lehm-Decke so mächtig ist, daß sich zumindest in ihrem oberen Teil die Boden-Entwicklung ohne Grund- und Stauwasser-Einfluß abspielen konnte, sind selten. Profil YZ stellt einen solchen Fall dar.

Die Unterschneidung der Y-Terrasse durch die heutigen Flüsse (Z-Niveau) führt zwar randlich zu einer Grundwasser-Absenkung und damit zu einer Dränage der Böden, doch sind die Interfluvial-Bezirke dieser Terrasse so ausgedehnt, daß das ursprüngliche Hydroregime der Y-Boden-Gesellschaft noch recht gut erhalten ist.

Somit repräsentiert die Y-Terrasse nach Schichtung, Hydroregime und Boden-Gesellschaft, Ausdehnung und Kohärenz am besten die ökologische Situation der Selva und der Yungas im Anden-Vorland. Doch ist der "reine" Boden-Klima-Zonen-Vergleich aus den genannten hydrologischen Gründen nicht ganz einfach.

In dieser Situation kommt der Umstand zu Hilfe, daß nach Abschnitt 6.3 gleichaltrige Lehm-Decken, zumeist mit einem geringeren Grad der fluvialen Umlagerung, auf den nur wenige Meter höher liegenden Niveaus X und W auftreten. Sie sind hier, natürlich nur in den Rand-Bereichen, die von den Bachläufen des vor der Lehm-Ab-lagerung eingesenkten Y-Niveaus dräniert werden, im Holozän ohne Einwirkung von Grund- und Stauwasser geblieben. Ihre Böden sind daher als die trockensten Glieder an den Anfang der Catena zu stellen, welche die Boden-Gesellschaft der Y-Terrasse und ihrer Umrandung kennzeichnet.

Profil WN repräsentiert diesen Typus, der zugleich das Objekt für den überregionalen Boden-Klima-Zonen-Vergleich darstellt.

4.) Die im Gegensatz zu den höheren Ebenen nicht mehr zerstückelte, sondern kohärente, nur noch wenig durch die Nebenflüsse des Huallaga zergliederte Ebene der Y-Terrasse stellt die Basis der heutigen Land-Nutzung dar. Auf ihr verlaufen die im Zuge der Land-Erschließung geschaffenen Haupt-Verkehrswege. Auf ihr liegen auch die Siedlungen und der größte Teil der durch Ackerbau und Weidewirtschaft nutzbaren Land-Areale.

5.) Nach der vorliegenden, noch unter Urwald-Bedeckung aufgenommenen Boden-Karte und nach dem durch Begehungen gestützten Vergleich mit den übrigen Boden-Karten des Huallaga-Tales kann das hier untersuchte ca. 750 ha große Areal der Y-Terrasse in der

Zusammensetzung seiner Boden-Gesellschaft als repräsentativ für große Teile des Huallaga-Tales gelten.

## 8.2 RELIEF, SCHICHTUNG UND HYDROREGIME ALS DIFFERENZIERENDE FAKTOREN DER BODENGESELLSCHAFT

### 8.2.1 Makro-Relief

Karte 6 zeigt: Die hier ausgeschiedene Fläche der Y-Terrasse ist als Ergebnis des früheren planierenden Zusammenwirkens von Rio Huallaga und dessen Nebenflüssen Rio Aucayacu im Norden und Rio Sangapilla und Rio Negro im Süden anzusehen. Im Westen begrenzt durch die 6 bis 7 m hohe, fast senkrechte, durch holozäne Lateral-Erosion erzeugte Terrassen-Kante zum aktiven Schotter-Bett des Rio Huallaga, steigt die bei Aucayacu ca. 3 km breite Ebene der Y-Terrasse nach Osten mit ca. 0.7 % Neigung an.

An den drei genannten Zuflüssen des Rio Huallaga entlang aufwärts gräbt sich die Ebene der Y-Terrasse rückwärts als Schlauch (Rio Negro) oder als Trichter (Rio Sangapilla, Rio Aucayacu) in ältere Terrassen-Körper ein. Sie wird dabei allseitig von ausgeprägten Gelände-Stufen zu den höheren Flächen oder deren Spornen hin umgrenzt.

In diesen rückwärts in die Treppen-Flanken des Tals greifenden Fingern der Y-Terrasse nimmt deren Gefälle nur wenig zu — im Rio Sangapilla-Trichter z.B. nur von 0.7 auf 1.0 % und erst kurz vor dem Austritt dieses Baches aus seiner Schlucht in die Ebene bei TS/UD auf ca. 1.7 %.

Die Gelände-Stufen, welche die Y-Ebene im E und S umranden, haben unterschiedliche Höhen — je nachdem, welche der älteren Terrassen jeweils durch die Y-Ebene unterschritten wird. Die Stufen-Höhe zur nächst höheren und älteren Ebene (X-Terrasse) beträgt im S 1 bis 2 m, im E 2-4 m, der Sprung zur W-Terrasse bei WN 8 m. Dort, wo am Rio Sangapilla aufwärts die Y-Terrasse die T-Terrasse anschneidet, sind Steilstufen von 12 m Höhe ausgebildet.

Entsprechend der heutigen Unterschneidung der Y-Ebene durch den Rio Huallaga haben sich auch dessen drei Zuflüsse in den Terrassen-Körper eingetieft.

Der Rio Sangapilla besitzt am Austritt aus seiner Hang-Schlucht bei TS/UD auf die Y-Ebene ein ca. 30-50 m breites Geröll-Bett. Hier ist es nur wenige dm in die Y-Terrasse eingetieft. Zur Mündung in den Rio Huallaga hin schneidet sich das Bach-Bett unter zunehmender Verengung auf minimal 8 m mit einem annähernd gleichbleibenden Gefälle bis auf 6 m Tiefe in die Y-Terrasse ein. Das Gefälle wird nur durch einige Stromschnellen variiert, die von durchragendem Basis-Gestein hervorgerufen werden. Durch diese Divergenz von Y- und Z-Niveau wird bewirkt, daß die zum Huallaga hin gelegenen Teile der Y-Fläche zumindest randlich besser drainiert sind als z.B. die im Sangapilla-Trichter gelegenen.

### 8.2.2 Schicht-Bau

Abb. 11 bringt ein schematisiertes Querschnitts-Profil durch die Y-Terrasse in WE-Richtung. Die Darstellung stützt sich im wesentlichen auf die stratigraphische Untersuchung der selbst unter Urwald recht gut zugänglichen steilen Böschungen der mäandrierenden Bach-Schläuche des Rio Sangapilla und des Rio Aucayacu sowie derer Nebenbäche.

Als ein pedologisch wichtiges Bezugs-Niveau ist in Abb. 11 durch eine gestrichelte Linie der mittlere Stand der Wasser-Oberfläche des Rio Sangapilla in der trockeneren Jahreszeit dargestellt.

#### Basis-Gestein

Im Fluß-Bett des Rio Huallaga und seiner Nebenflüsse wird häufiger als "Basis-Gestein" bezeichnete Festgesteins- oder Fels-Untergrund des Huallaga-Tales angeschnitten. Es handelt sich um Durchragungen von Magmatiten, Metamorphiten und Sedimentiten mit N/S-Streich-Richtung. Neben Gesteins-Verbänden mit frischem festen Habitus treten auch Komplexe mit einer tiefergehenden, durch hydrolytische Verwitterung bedingten Zersetzung (Mazeration, Saprolithisierung) auf. Als ein 70 m über die Oberfläche der Y-Terrasse aufragender Bestandteil des Basis-Gesteins ist der Karst-Kalkstein-Kegel des Cerro San Pedro zu nennen. Er ist früher wohl völlig in Schotter eingebettet gewesen und erst in den jüngeren Phasen der pleistozänen Tal-Ausräumung wieder freigelegt worden.

Die Anschnitte des Basis-Gesteins liefern folgenden Hinweis: Im Verlauf der relativen Hebung des Gebietes während der jüngeren Abschnitte des Pleistozäns und während des Holozäns ist die Ausräumung der ehemals mächtigen älterpleistozänen Sediment-Füllungen des Kordilleren-Längstales bereits wieder so weit fortgeschritten, daß sich die heutige Oberfläche im Bereich der Achse des Tales wieder der alten (vorpleistozänen?) Abtragungsfläche genähert hat.

Verbindet man die ebenen Elemente der in den Fluß-Betten freigelegten Durchragungen des Basis-Gesteins durch eine gedachte Ebene, so weist diese mit ca. 1 % ein etwas größeres Gefälle auf als es die Oberfläche der Y-Terrasse besitzt.

#### Schotter-Körper

Der untere Teil des Körpers der Y-Terrasse besteht aus Fluß-Schottern. Sie füllen die Senken zwischen den Durchragungen des Basis-Gesteins aus. Die Oberfläche dieses Schotter-Körpers ist wellig. Im W schneiden der Rio Huallaga, der Rio Aucayacu und der Rio Sangapilla tief in den Schotter ein, so daß die oberen 3 Meter des Schotter-Körpers heute als frei von Grundwasser anzusehen sind. Im E dagegen dürfte bei geringerer Tiefe der Einschneidung der Seiten-Bäche der gesamte Schotter-Körper unter Grundwasser stehen.

Nach den in Abschnitt 3.6 gemachten Ausführungen stellt die Oberfläche des Schotter-Körpers eine Fläche der Ausräumung oder Abtragung dar, die im Jung-Pleistozän aus den alten mächtigen Kies- und Schotter-Füllungen des Huallaga-Tales herausmodelliert wurde.

Die Schotter-Brocken zeigen heute überwiegend eine starke hydrolytische Verwitterung, d.h. eine Vergrusung der magmatitischen und metamorphitischen Gerölle und eine Aufweichung und Spaltung der sedimentitischen Steine.

Der Schotter-Körper weist — und dies bestätigt die Theorie der Ausräumung — z.B. vom Rio Huallaga an im Tal des Rio Sangapilla aufwärts keine petrographische Änderung der Zusammensetzung seiner Gerölle auf. Es handelt sich durchweg um die Geröll-Gesellschaft des Rio Huallaga, d.h. um ein Material zentral-andinen Ursprungs mit einer relativ geringen lokalen Beimischung von Sedimentiten der Cordillera Azul.

Die Grenzfläche zwischen Schotter-Körper und Lehm-Decke ist fluvial geformt worden. Bei der Umlagerung des saprolithisierten Schotters erfolgte eine selektive Anreicherung der weniger verwitterten und daher mechanisch stabileren Komponenten — so wie man das heute noch in den rezenten Betten der von der Cordillera Azul herkommenden Nebenflüsse des Rio Huallaga beobachtet.

Im Schotter-Körper der Y-Terrasse zeichnet sich solch eine fluviale Aufbereitung nur in Profil-Anschnitten ehemaliger Fließ-Rinnen ab. Diese graben sich unterschiedlich tief in den zersetzten Geröll-Körper ein und "ufer" an ihren Flanken über diesen hinweg aus.

Dadurch wird eine Deck-Schicht fester aussortierter Gerölle geschaffen, die in wechselnder Mächtigkeit (0.5 bis 3 m) den zersetzten Schotter-Körper überzieht und dessen sehr "rauhes" Oberflächen-Relief — wenn auch nicht völlig, so doch deutlich — "glättet". Schwankungen der Oberfläche von ca  $\pm$  1.5 m um eine gedachte Mittel-Ebene der Schotter-Oberfläche bleiben weiterhin bestehen.

Die Beobachtungen legen die Deutung nahe, daß es sich bei den Schottern des hier untersuchten Areals der Y-Terrasse um den "Sockel" einer alten, vielleicht der ältesten, pleistozänen Fluß-Schotter-Füllung des vom Rio Huallaga durchflossenen Cordilleren-Längstales handelt — eines Schotter-Körpers, der den freigelegten reliefierten Fels-Untergrund planierte.

Die Ausformung der Oberfläche des Schotter-Körpers der Y-Terrasse hat sich offenbar überwiegend im Sinne einer flächenhaften Abtragung des alten Schotter-Stumpfes vollzogen. Dessen Oberfläche war sicherlich schon in den der Y-Phase vorausgegangenen Terrassierungs-Phasen sukzessiv flächig tiefer geschaltet worden.

Der Prozeß der Abtragung hat sich unter Fortfuhr des feinen Materials der zersetzten Gerölle und unter Ausbildung einer Transport-Schotter-Decke aus verwitterungs-resistenten Geröllen vollzogen. Diese hat im Geschehen des fortgesetzten Transportes und der erneuten Aufbereitung offenbar keine wesentliche Änderung ihrer Mächtigkeit ("Gleichgewichts-Schotterdecke") erfahren.

Abb. 10: PROFILE DER Y- UND W-TERRASSE

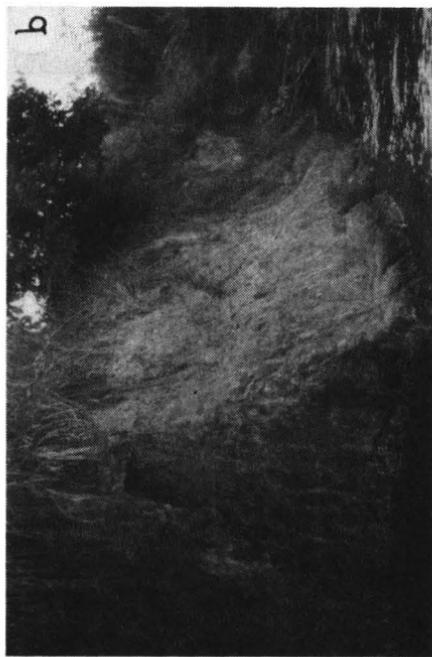
a und b

Nordufer des Rio Sangapilla am Cerro San Pedro —  
4,5 m Deck-Lehm über mazeriertem Altschotter.

Der Kontakt Lehm/Schotter liegt 50 cm unterhalb  
des Wasser-Spiegels. Die untere Hälfte des Deck-  
Lehms ist stark marmoriert mit bleichen Wurzel-  
Bahnen. Oberer Profil-Abschnitt entspricht Boden YZ.

c Profil WN, Vorsprung der W-Terrasse im Trichter  
der Y-Terrasse. Deck-Lehm, 2 m, mit zunehmend  
steinhaltig werdendem Übergang zum Schotter-Kör-  
per ( 3,3 m ).

d Aguaje-Bestand ( *Mauritia flexuosa* ) als Nässe-  
Zeiger für staunasse und wasser-überstaute Depres-  
sionen ( Humedal, Aguajal ) auf der Y-Terrasse  
( Profile YH, YA ).



### 8.2.3 Lehm-Decke: Schichtung und Mikro-Relief

Der den Schotter-Körper überziehende Deck-Lehm ist in sich nicht homogen. Abb. 10 a zeigt links an einem Böschungs-Abbruch des Rio Sangapilla mitten in der Lehm-Decke den Anschnitt eines ehemaligen Gerinnes mit einer dünnen dunkleren Lage von tonigem Sediment am Boden des Gerinnes. Die Rinne ist später durch eine ungliederte Lehm-Füllung plombiert worden.

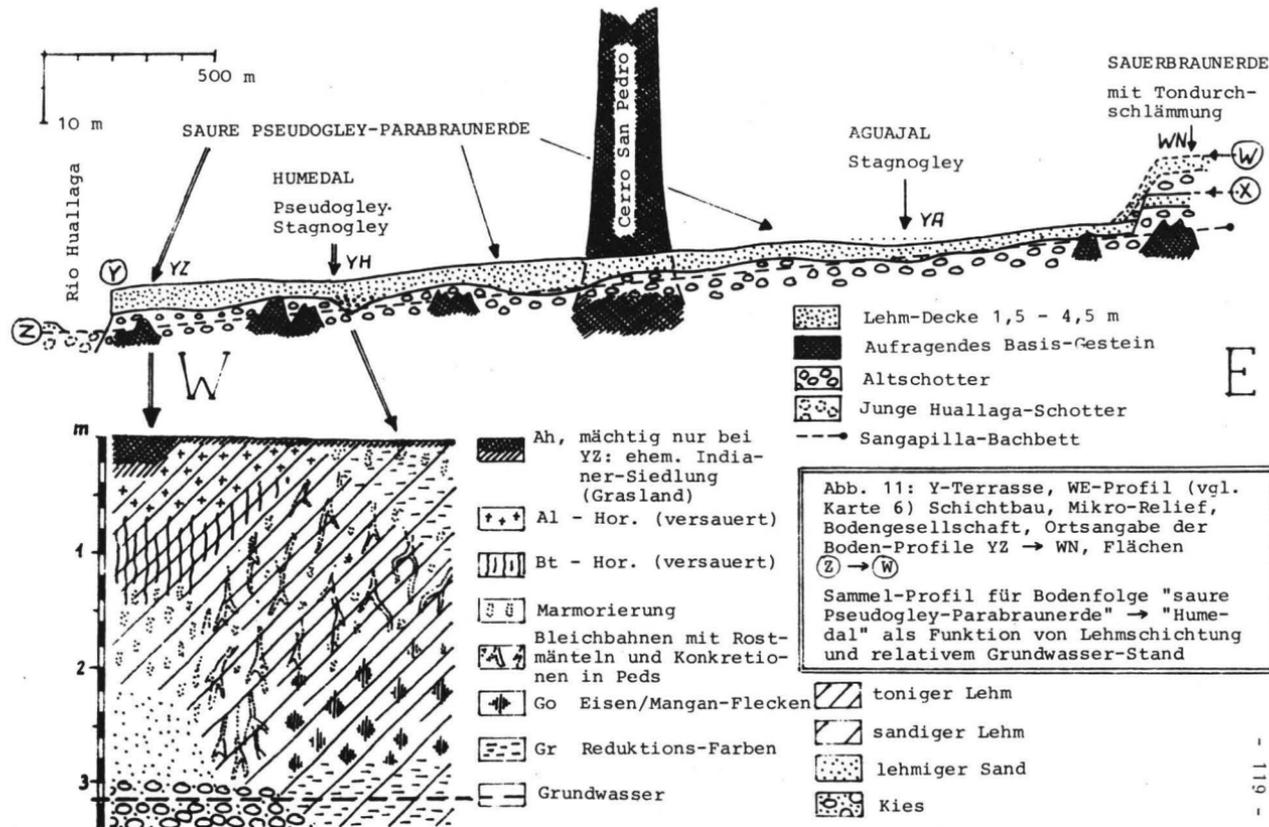
Die Körnung der Sediment-Folgen im Deck-Lehm ist so wechselnd wie die offensichtlich recht turbulenten Verhältnisse beim Vorgang des Auftrages der gesamten Lehm-Decke.

Der irreguläre Wechsel der Körnung in Anlehnung an zahlreiche nivellierte Wasser-Läufe erweckt den Eindruck, daß zur Zeit der Lehm-Ablagerung torrentenartige Abflüsse mit einem — vermutlich durch einen gewaltigen Eintrag von (äolischem) Fremd-Material ausgelösten — mehr flächenhaften Abfließen von mit Sink-Stoffen hoch belasteten Fluten, wenn nicht sogar Schlamm-Strömen, abwechselten.

Die schematische Skizze in Abb. 11, unten links, stellt solch eine Sediment-Folge dar: Lehmiger Sand über Kies wird von einer Decke aus sandigem Lehm und tonigem Lehm überzogen, die in einer Rinne in den Schotter-Körper einschneiden. Die oberflächlich verbliebene Delle ist wieder mit sandigem Lehm aufgefüllt worden.

Auch das Klein-Relief der Lehm-Oberfläche läßt noch das Wechselspiel der fluviolen Ablagerung erkennen. Uferwälle wechseln mit flachen Mulden, deren Grundriß auf abgeschnürte, durch Lehm verriegelte und anschließend nicht voll aufgefüllte Gerinne schließen läßt. Neben Spül-Mulden existieren in den östlichen Rand-Bereichen der Y-Ebene auch größere Areale, die nicht so hoch mit Lehm aufgeschüttet wurden wie die zentralen Bereiche. Als Depressionen fallen ferner die Quebradas auf, alte Rinnen vor den Stufen zu den höheren Terrassen, in denen der Lehm nur geringmächtig ist und oft das Grundwasser zutage tritt.

Auf ein eigenartiges Phänomen des Mikro-Reliefs wird im folgenden Abschnitt einzugehen sein. Es handelt sich um die abflußlosen Furchen-Netze in den vom Humedal eingenommenen Depressionen.



#### 8.2.4 Hydroregime und Boden-Gesellschaft

Hier soll zunächst einmal der frei nach unten dränende Boden WN (Abb. 11) nicht betrachtet werden. Wir wenden uns allein der Y-Terrasse zu.

Deren Boden-Gesellschaft wird nur durch das an den einzelnen Standorten unterschiedliche Hydroregime differenziert. Das Hydroregime aber wird vom Schicht-Aufbau, dem Grundwasser-Kontakt und der Oberflächen-Beschaffenheit des Deck-Lehms bestimmt.

Betrachten wir zunächst einmal ebene Flächen-Elemente, auf denen das bei hoher Niederschlags-Intensität nicht gleich versickernde Wasser als Oberflächenwasser stehen bleibt, und die auch keinen Zufluß von Oberflächenwasser erhalten. Für solche hydrologisch autonomen Standorte gelten die in Abb. 11 unten skizzierten hydrologisch bedingten bodenmorphologischen Phänomene:

Linke Seite der Skizze in Abb. 11: Steht der Deck-Lehm nicht in direktem Kapillar-Kontakt mit dem Grundwasser, so tritt im oberen Abschnitt des Solums die durch vertikale Ton-Wanderung verursachte Korngrößen-Differenzierung zwischen Al- und Bt-Horizont auf. Sie zeigt eine wenig gehemmte Abwärts-Bewegung des Sickerwassers in vorhandenen Weitporen an, die hin und wieder trocken werden. Eine mit Stauwasser in Zusammenhang stehende Marmorierung ist nicht obligat. Sie tritt auf, wenn, wie in der Skizze dargestellt, Lehm über Sand liegt — vermutlich eine Folge hängender Menisken an der Schicht-Grenze. Das von uns ausgewählte Profil YZ entspricht annähernd diesem Bodentypus, doch hat es folgende Besonderheit: Dadurch, daß es nahe der westlichen Terrassen-Kante am Rio Hualaga liegt (vgl. Abb. 11), ist infolge der im Holozän voranschreitenden Eintiefung der Z-Terrasse der Grundwasser-Spiegel der Y-Terrasse hier besonders stark abgesenkt worden. Früher hat der Deck-Lehm sicherlich einen direkten Grundwasser-Kontakt gehabt. Davon zeugen die relikten Go-Horizonte des Solums. Sie sind heute, nach erfolgter Grundwasser-Absenkung in die Schotter hinein, durch Ton-Infiltration und Verbraunung überprägt worden (BtfGo, BvfGo).

Die Trockendichte erreicht in den BtfGo-Horizonten mit 1.7 erstaunlich hohe Werte. Dies läßt aber nicht den Schluß zu, daß die Deck-Lehme primär schon recht stark komprimiert waren. Auch kann die Verdichtung nicht durch die Ton-Infiltration verursacht worden sein.

Die unteren Lehm-Lagen und das gesamte gut dränierte und toninfiltrierte Profil WN zeigen nämlich normale Trockendichte-Werte um 1.5. Auch entspricht die primäre Poren-Verteilung annähernd der von Lössen im niedersächsischen Raum: 7 - 15 % Weitporen ( $pF < 2.0$ ), 7 - 10 % Mittelporen ( $pF 2.0 - 3.0$ ), je zur Hälfte auf die Poren-Bereiche  $pF 2.0 - 2.5$  und  $2.5 - 3.0$  verteilt, 6 - 10 % Engporen ( $pF 3.0 - 4.2$ ), 13 - 18 % Feinporen ( $pF > 4.2$ ). Beim Löß kann man entsprechend etwa folgende Werte ansetzen: 12 %, 6 und 6 %, 12 % und 8 %. - Der unterschiedliche Feinporen-Gehalt hängt mit dem unterschiedlichen Ton-Gehalt zusammen. Man kann in beiden Materialien im Durchschnitt mit 75 Teilen  $H_2O$  auf 100 Teile Ton rechnen.

Die hohe Trockendichte in den fGo- wie auch den Go-Horizonten dürfte somit als das Resultat des bekannten physikalischen Vorganges zu deuten sein, der darin besteht, daß es im oberen Teil des Grundwasser-Kapillar-Saumes häufig zum Einschluß von Luft in den Kapillaren mit  $\varnothing > 15 \mu m$  durch eindringendes Niederschlags-Wasser kommt, wodurch eine ständige Knet-Wirkung erzeugt wird.

Der nach den Nomenklatur-Regeln der Bundesrepublik Deutschland (8) erforderliche Zusatz "Pseudogley" zum Namen "Parabraunerde" wird also im Fall des Bodens YZ dem tatsächlichen Hydroregime in keiner Hinsicht gerecht. Dies liegt aber allein in der mangelhaften, von einseitigen hydrologischen Anschauungen herrührenden Definition des Begriffs "Pseudogley" begründet.

**Rechte Seite der Skizze in Abb. 11:** Dort wo der Deck-Lehm mit seiner Basis im Grundwasser steht, folgen von unten Gr- und Go-Horizonte aufeinander. Die Go-Horizonte zeichnen sich oft durch sehr große, grusig-konkretionäre Eisen-Mangan-Oxid-Flecken aus, die um ehemalige Leit-Bahnen herum entstanden sind.

Der obere, heute besonders dichte Abschnitt des Go-Horizontes zeigt in der Regel Phänomene, die - vgl. BLUME (7) - nicht zu einem Gley, sondern eher zu einem Pseudogley mit partieller Austrocknung in einer trockeneren Witterungs-Periode und Aufsättigung mit Sickerwasser in einer feuchteren Witterungs-Periode passen: Wurzel-Bahnen und Klüfte mit gebleichter Boden-Material-Füllung, Rost-Säumen und  $FeOOH/MnO_2$ -Konkretionen in den zwischen den gebleichten Leit-Bahnen liegenden "Peds".

In Abb. 10a und 10b sind solche marmorierten Horizonte abgebildet — hier aber in einer Position dicht über dem Grundwasser-Spiegel, die ihren fossilen Charakter deutlich werden läßt. Über ihnen folgt nämlich eine jüngere, nicht marmorierte Lehm-Decke, die ein in den Pseudogley-Horizont eingetieftes Gerinne nivelliert. Wir müssen aus diesen Befunden schließen, daß die dargestellten Phänomene der Pseudovergleyung einer vergangenen Klima-Phase angehören, die in die Spätzeit der Lehm-Akkumulation oder in die Frühzeit des Holozäns fällt. Sie muß — und in diesem Zusammenhang halten wir uns an die von BLUME (7) gegebene plausible Deutung der sektoralen Differenzierung von S-Horizonten — eine Phase mit einem für eine relativ dichte, transpirationsaktive Vegetations-Decke ausreichend feuchten, aber durch eine ausgeprägte saisonale Feucht-Trocken-Schwankung gekennzeichneten Klima gewesen sein.

Somit liefern diese pedologischen Phänomene zusammen mit den in Abschnitt 6.3 vorgebrachten Argumenten und dem heutigen Bild von Vegetation und Klima einen ersten Hinweis auf folgenden Klimawandel im Übergang vom Jung-Pleistozän zum Holozän:

- Pleistozän: I. Trocken-Klima mit Starkniederschlägen, schwache Vegetations-Decke, Pedimentation, Torrenten.  
II. Wie I, Löß-Eintrag, wadi- und schichtflutartige Umlagerung des Materials bei abnehmender Pedimentation.

Pleistozän/Holozän:

- III. Saisonal-wechselfeuchtes Klima mit geschlossener Vegetations-Decke bei auslaufender lateral-fluvialer Aktivität und tiefer liegendem Grundwasser-Spiegel.

Holozän: IV. Feucht-heißes tropisches Regenwald-Klima.

Wenn diese dichten wurzelbahn-marmorierten Horizonte (Sd) nahe der heutigen Oberfläche liegen, kommt es darüber in der Regel zur Bildung eines permanent feuchten Sw-Horizontes — besonders, wenn über Sd ein neues und womöglich sandigeres Sediment folgt. Hier herrschen blaugraue bis weißgraue Reduktions-Farben vor und die Bildung dunkler Eisen-Mangan-Oxid-Konkretionen.

Dies ist der in der Boden-Gesellschaft nächst feuchtere Boden, dessen lokale Bezeichnung "HUMEDAL" lautet.

Fehlt der wurzelbahn-marmorierte Sd-Horizont, so kommt der Humedal nur dort vor, wo die Oberfläche des Deck-Lehms eingemuldet ist und sich von den Seiten her Oberflächen-Wasser sammeln kann. Die höhere Durchlässigkeit des Bodens wird dann durch einen größeren Wasser-Eintrag kompensiert. Bei der Kombination von abflußloser Mulde und prä-pedogenetisch verdichtetem Deck-Lehm findet sich als feuchtestes Endglied der Catena der "AGUAJAL", ein Stagnogley mit häufigem bis permanentem Anstau von Wasser über der Boden-Oberfläche. Der Name leitet sich von der Aguaje-Palme (*Mauritia flexuosa*) her, die an solchen Standorten dominiert (vgl. Abb. 10d!).

Ein eigenartiges, für den Humedal in Flächen- wie in Mulden-Position typisches und unseres Wissens bislang auch nicht beschriebenes Phänomen stellen die im nativen Urwald vorhandenen gestreckt bis geschlängelt verlaufenden Furchen im Boden dar. Sie schließen sich zu Netzen mit Maschen-Weiten von mehreren Metern oder sind stern- oder zweigförmig verknüpft. Sie sind bis zu 50 cm breit und haben ein Halbzylinder- bis Trapez-Profil. An den Verzweigungspunkten ist gelegentlich eine kesselartige Verbreiterung anzutreffen.

Spuren fließenden Wassers sind nicht zu erkennen. Die relative Lage der oberflächennahen Boden-Horizonte zu diesen Rinnen aber läßt doch auf eine jüngere Ausräumung schließen.

Wir haben nicht genügend nachgraben können, um die Ursache dieses Phänomens zu finden. Möglicherweise handelt es sich um durch Subrosion ausgelöste Klüftungen, die eine innere Erosion — eventuell an den Knoten-Punkten — hervorgerufen haben.

Trockenere, infolge eines tiefer liegenden Grundwasser-Spiegels besser dränende Böden, wie sie in den Rand-Bereichen der angrenzenden höheren Terrassen vorkommen — siehe Profil WN! — sind auf der Y-Terrasse selten und in unserem Kartier-Areal nicht gefunden worden.

Bezieht man aber Boden WN als potentielltes Glied in die Boden-Gesellschaft der Y-Terrasse mit ein, so ergibt sich folgende Hydroregime-Catena vom trockensten zum feuchtesten Standort:

Profil	KAB (8)	FAO (12)	USA (53)	FR (11)
WN	Sauerbraunerde mit Ton-Durchschlammung ↓ Saure Parabraunerde (Fahlerde) ↓	Orthic (helvic) Acrisol ↓	Typic Trop-udult	Sol ferrugineux tropical
YZ	Saure Pseudogley-Parabraunerde (-Fahlerde) ↓ Pseudogley-Stagnogley ↓	Gleyic Acrisol ↓	Aquic Trop-udult ↓	Sol ferrugineux tropical hydromorphe ↓
YH	Rohhumusfreier Stagnogley ↓	Gleyic Podzoluvisol ↓	Typic Trop-aquult ↓	Pseudogley podzolique ↓
YA	Subaquatischer Stagnogley	Dystric Gleysol	Typic Trop-aquult	Stagnogley podzolique

Die Darstellung der Untersuchungs-Ergebnisse soll jedoch nicht mit dem trockensten, sondern dem für die Y-Terrasse typischen oder "Leit-Boden" YZ beginnen, da er — am stärksten in seiner Entwicklung differenziert — gut für vergleichende Ableitungen nach beiden Seiten hin geeignet ist.

### 8.3 BODEN YZ ALS LEITFORM

Saure Pseudogley-Parabraunerde bzw. Pseudogley-Fahlerde.  
- Gleyic Acrisol. - Aquic Tropudult. - Aus tonigem Lehm.  
Tabellen EI, EII, EIII, EIV im Text und 2.1 bis 2.7  
im Anhang.

Aktueller Zustand der Azidität Kurz-Tabelle EIV und Tab. 2.3 im Anhang. Ob der Deck-Lehm ursprünglich Kalk enthalten hat, ist nicht zu klären, da sich auf keiner der Terrassen noch Reste kalkhaltigen Lehms finden.

Die Boden-Gleichgewichts-Lösung zeigt heute im gesamten 3 m mächtigen Solum pH-Werte von 4.7 bis 5.2. Dies entspricht einem Prozent-Anteil der Al- und H-Ionen an der effektiven, d.h. bei diesem Boden-pH wirksamen Austausch-Kapazität (KAKeff) von 89 bis 95 % (außer im sehr humosen Ah-Horizont). Nur 3 bis 6 % der Summe von Al- und H-Ionen sind davon jedoch H-Ionen.

Die Differenz zwischen der potentiellen Kationen-Austausch-Kapazität bei pH 8.1, KAKpot, und der KAKeff deuten wir nicht als das Ergebnis einer Blockade negativ geladener Austausch-Stellen durch polymere Al-hydroxo-aquo-Komplex-Kationen, sondern als Verminderung pH-variabler negativer Ladungen. Diese sind offensichtlich in der organischen Substanz des Bodens verankert, denn mit dem von oben nach unten sinkenden Humus-Gehalt des Bodens sinkt auch bei annähernd gleich bleibendem pH (H<sub>2</sub>O) und konstantem pH (CaCl<sub>2</sub>) die prozentuale Differenz.

Der scheinbare Widerspruch zwischen dem Fehlen einer Rohhumus-Auflage und einem so hohen Aziditätsgrad der Böden erfordert eine Deutung. Ein Gesichtspunkt ist der, daß in dem an Epiphyten und Lianen reichen tropischen Regenwald ein beträchtlicher Teil des Streu-Umsatzes in den Epiphyten-Humus-Fallen der Wipfel-Zone stattfindet. Der Bestandes-Niederschlag ist dementsprechend reich an gefärbten und ungefärbten Eluaten mit pH-Werten, die zwischen 4.5 und 5.5 liegen.

Ein wichtiger Hinweis auf die Auswirkung der Azidität sei hier schon gegeben, obwohl er eigentlich erst in den Abschnitt über Ton-Minera-le gehörte. In den sauren Böden Mitteleuropas ist in der Regel der größte Teil der aufweitbaren Dreischicht-Ton-Minera-le durch Austausch von Zwischenschicht-K und anderen - Ionen gegen Hydroxo-Ionen des freigesetzten Al zu Al-Chloriten (Boden-Choriten) umgewandelt worden.

Tab. E:

**Kurz-Tabelle zur Morphologie und Genese von Boden YZ**

(Ausführliche Tabellen siehe Anhang 2.1 bis 2.7)

PROFIL YZ (Y-Terrasse, Z Ziegelei Aucayacu)

LAGE: Abbau-Grube einer Ziegelei S Aucayacu, Punkt YZ auf Karte 6, 525 m Höhe, ca. 10 m von Böschungs-Kante des 6 m tiefen Rio Sangapilla-Bach-Einschnittes, ca. 100 m von der Einmündung des Rio Sangapilla in den Rio Huallaga entfernt  
Gelände-Oberfläche: eben, Grundwasser-Stände siehe Tabelle E III  
Bewuchs: niedrig gehaltene Naturgras-Vegetation, 8 Jahre nach Urwald-Rodung, aber früher evtl. schon einmal gemischte Plantage  
Schichtung: 2.9 m Lehm, gelbbraun → braun, darunter Sand und Kies

BENENNUNG: KAB: saure Pseudogley-Parabraunerde (-Fahlerde)  
 FAO: GLEYIC ACRISOL  
 USA: AQUIC TROPUDULT  
 FR : Sol ferrugineux tropical hydromorphe

# EI

VERTEILUNG DER QUARZ-KORNGRÖSSEN,

Angaben in % der Quarz-Mengensumme 200 - 2 µm Ø.  
 Der Ton-Quarz ist auf 100 % der Quarz-Mengensumme 200 - 2 µm bezogen.

m	HORIZONT	200-63	63-36	36-20	20-6	6-2	200-2	< 2 µm
0	Ah	49	15	15	13	8	100	10
	Ah1	43	18	17	13	9	100	14
-	Al	45	19	15	13	8	100	19
	AlBt	46	19	16	12	7	100	21
	(S) Bt f Go	49	19	15	12	5	100	18
1		49	21	15	11	4	100	n.b.
		44	21	17	13	5	100	16
-	II(S)Bv f Go	76	11	6	5	2	100	n.b.
		83	7	5	4	1	100	11
2	II(S) Bv̄ f Go	70	11	10	7	2	100	n.b.
-	II Go f Gr	71	12	10	5	2	100	n.b.
3	III	K I E S · S A N D						

II

PROFIL YZ. - AUSGANGS - KORNGRÖSSEN - UND MINERALARTEN - ZUSAMMENSETZUNG.

a) DES OBEREN DECK - LEHM - ABSCHNITTS 0 - 140 cm TIEFE VOR DER BODENBILDUNG. BERECHNET AUFGRUND VON QUARZ - VERTEILUNG, ZUSAMMENSETZUNG VON SCHICHT/ HORIZONT 120 - 140 cm u. TON - BILANZ.

b) DES UNTEREN DECK - LEHM - ABSCHNITTS > 140cm TIEFE. - HIER ALS BEISPIEL 140 - 170 cm.

ANGABEN IN % DES "GEREINIGTEN", d.h. Fe-, Mn - OXID - UND HUMUSFREIEN BODEN - MATERIALS ABZÜGLICH S - MINERALE, OPAKE.

a)

KORN - KLASSEN µm	% GES. - BOD. (GEREI- NIGT)	QUARZ	3 - u. 4 - SCHICHT - SILIKATE						FELD - SPÄ - TE	KAO - LINIT
			MUS - CO - VITE	BIO - TITE	Mg - CHLO RIT	VER - MI - CU - LIT	MONTMO - RILLONITE (SMECTITE)			
			MICA / ILLIT				I	II		
> 200	2	2								
200 - 63	24	21,6	0,1	0,2	1,9			0,1	0,1	
63 - 36	10	9,5	0,1	0,1	0,3			0,3	0,1	
36 - 20	13	9,8	1,9	0,5	0,5			0,5	0,2	
20 - 6	9	5,4	3,0	0,4	0,2			0	0,4	
6 - 2	8	1,7	5,4	0,1	0,1			0,1	~	
< 2	34	6	4		4	2	4	9	2	3
GESAMT	100	56	16		7	2	4	9	3	4
					38			7		

b)

KORN - KLASSEN µm	% GES. - BOD. (GEREI- NIGT)	QUARZ	3 - u. 4 - SCHICHT - SILIKATE						FELD - SPÄ - TE	KAO - LINIT
			MUS - CO - VITE	BIO - TITE	Mg - CHLO RIT	VER - MI - CU - LIT	MONTMO - RILLONITE (SMECTITE)			
			MICA / ILLIT				I	II		
> 200	28	28								
200 - 63	41	32	1,8	2,0	2,9			0,8		
63 - 36	4	3	0,1	0,1	0,3			0,1	0,1	
36 - 20	3	2	0,4	0,5	0,1			0,1	0,1	
20 - 6	4	2	1,7	0,3	0,1			0,1	0,1	
6 - 2	5	1	3,5	0,1				0	~	
< 2	15	4	2		2	1	2	3	1	1
GESAMT	100	72	13		5	1	2	3	2	1
					24			3		

(saure) PSEUDOGLEY - PARABRAUNERDE (FAHLERDE)

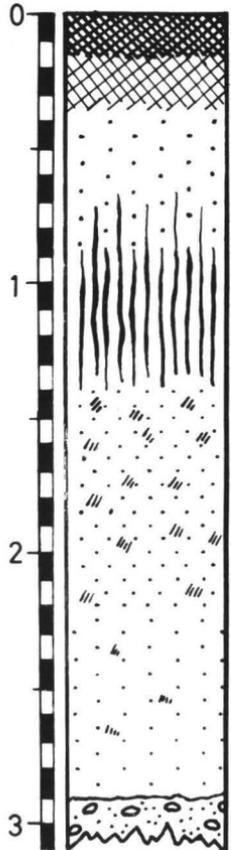
YZ

Y- TERRASSE

GLEYPIC ACRISOL

ZIEGELEI  
AUCAYACU

m



		S	U	T	Kö	HU	Fe+ Mn Ox.	Fe % TON
Ah	braun → dunkelbraun	42	39	19	sL	3,5	2,2	7
Ahl	gelb-braun → dunkel-g.-b	35	41	24	suL	1,3	2,0	5
Al	dunkel gelb-braun	34	37	29	t'L	0,8	2,3	5
Al Bt	gelb-braun	30	37	33	"	0,8	3,1	6
	braun	30	36	34	"	0,6	3,7	7
(S) Bt fGo	braun	27	39	34	"	0,4	3,7	7
	rosagrau	22	43	35	tL	0,2	4,3	8
II(S) Bv fGo	hell- → rötl. braun	59	21	20	SL	0,1	2,6	8
	braun	70	15	15	TS		24	10
II(S) Bv fGo	braun	56	21	23	SL		34	9
II Go fGr	sehr blaß braun	64	21	15	TS		0,6	3
III Go	braun	KIES.SAND						

KONKRETIENEN  
K  
E  
N  
C  
E  
L

200 cm  
MITTLERER GRUNDWASSER  
TIEF-STAND HOCH



	PH		H+ Al	KAK pot -KAKeff	H+ Al % KAKeff	kg TON je m <sup>2</sup>				MINERAL-VERLUST im FS					kg TONMINERAL je m <sup>2</sup>							
	H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>				prim. vorh.	gebild. neu	1+2 Vor Ver- lagern.	umge- lagert	MUS- COV.	BIO- TIT	FELD- SPAT	KACH- LIN.	1+2 +3 +4	primär vorh.	gebild. neu	Zufuhr	Abfuhr - blieben	ver- lagert	% ver- lagert		
	% KAK pot						u. U in % der MINERALE...															
Ah	4.9	4.1	37	45	67	44	45	89	-50	87	88	42	43	82	0-85 cm EINWASCHG. AUSWASCHG. HOR.	QU	65	4	-2	67	3	
Ahl	4.7	4.0	59	33	89	62	78	140	-65	89	77	74	43	86		ILL	28	36	-18	46	28	
Al	4.8	↓	74	18	91	85	84	169	-33	74	86	61	20	72		CHL	27	36	-26	37	41	
AlBt	4.9	↓	78	15	93	55	50	105	-2	74	75	62	20	72		VER	3	29	-13	19	41	
(S)Bt f Go	4.9		87	8	94	28	15	43	+12	54	54	63	0	53		MOI	32	26	-18	40	31	
	5.0	"	94	1	95	67	6	73	+67	3	15	58	0	11		MOII	50	75	-49	76	39	
II II II (S)Bv f Go	5.2		82	11	93	Sum- verlagert me	503 (100%)	-150 (30%)									FEL	15	11	-7	19	
	5.2		90	1	91												164 (100%)	+150 (91%)	667 (100%)	QU	37	0
II Go f Gr	5.0	"	92	0	92	primär vorhan- den	246 (48%)	257 (52%)	21 (13%)	278 (42%)							VER	4	2	+13	19	
						neu gebil- det	143 (87%)	21 (13%)	278 (42%)								MOI	19	4	+18	41	
III Go						AB- SCHNITT cm	0 → 85	85 → 140	0 → 140							FEL	9	2	+7	18		
																KAO	12	2	+17	31		

# EW

In dem hier untersuchten Boden und allen anderen ist diese Al-Falle oder dieser Al-Puffer bislang noch so gut wie nicht in Aktion getreten — selbst in den obersten Boden-Abschnitten noch nicht.

Bei allen Angaben "Chlorit" handelt es sich daher um Mg-Chlorite.

Wir meinen dieses Phänomen vorerst so erklären zu können, daß entweder der Prozeß der Versauerung noch nicht lange genug wirksam gewesen ist oder daß die Konzentration des Niederschlags-Eintrages an Protonen — der Eintrag an säurebildendem SO<sub>2</sub> ist hier sicherlich gering — nicht ausreichend für einen progressiven Zwischenschicht-Ionenaustausch ist. Andererseits erreicht offenbar die Al-Konzentration in der Boden-Gleichgewichts-Lösung nicht die Grenzwerte, die zur Kontraktion und 14 Å-Fixierung der Montmorillonite erforderlich sind.

#### Aktueller Zustand der Austauscher-Belegung. Erdalkali-, Alkali-Ionen

Tab. 2.3. Unterhalb des anthropogen beeinflussten Ah-Horizontes entsprechen die Anteile der Erdalkali- und Alkali-Austausch-Ionen an deren Summe etwa denen, wie sie in stärker versauerten Böden aus Lehm auch in den gemäßigten Breiten vorliegen. Der Ca-Anteil nimmt im 3 m mächtigen Solum von 58 % oben auf 44 % unten ab. Der Na-Anteil bleibt mit durchschnittlich 27 % tiefenkonstant. Mg nimmt von oben nach unten nur von 12 auf 15 %, aber K von 5 auf 16 % zu.

Wie später bei der Besprechung der Verwitterung der Mineral-Arten zu zeigen sein wird, kann dieser Befund mit dem aktuellen Verwitterungsverhalten der Mineral-Arten in Zusammenhang gebracht werden: Im oberen Profil-Abschnitt stehen — bei starker Verarmung an Glimmern — im wesentlichen Ca-Na-Feldspäte als verwitterungs-anfällige, K-Feldspäte als resistenterere und Mg-Chlorite als mäßig verwitterbare Ionen-Quellen zur Verfügung. Der nach unten ansteigende Glimmer-, Dreischicht-Ton-, Chlorit- und Fe-Mg-Silikat-Schwermineral-Gehalt sorgt für die Zunahme des K- und Mg-Ionen-Anteils sowie eine starke Zurückdrängung des Ca- und eine schwache Verminderung des Na-Ionen-Anteiles an der Austauscher-Belegung.

Dieser durch Mineral-Verwitterung bewirkte Tiefen-Gradient der Erdalkali und Alkali-Ionen-Belegung der Austauscher überdeckt stark jene Einflüsse, die aufgrund der biogenen Qualität des oberflächlich eindringenden Bestandes-Niederschlages oder der andersgearteten Austausch-Selektivität des Humus im Oberboden zu erwarten gewesen wären.

Nur in den durch anthropogene Einflüsse stark mit Humus angereicherten obersten 15 Zentimetern sind diese Einflüsse zu erkennen: 55 % Ca, 24 % Mg, 11 % K und 10 % Na.

Aktueller Humus-Zustand Tab. E III; H; 2.4 zum Vergleich 3.4; 4.4. Im Hinblick auf die Humus-Form und den Humus-Gehalt des Ah-Horizontes ist das Profil YZ nicht als typisch für die natürlichen Urwald-Böden des Untersuchungs-Gebietes anzusehen. Es handelt sich mit großer Wahrscheinlichkeit um eine der im Abschnitt 3.5 erwähnten Nutzflächen der Indianer, die nach deren Aussterben sich wieder mit Wald bedeckt hatte, ohne daß dabei das anthropogen veränderte Humus-Profil wieder völlig zurückverwandelt wurde.

Vergleicht man die Tiefen-Verteilung der unter einem Quadratmeter Oberfläche vorhandenen Mengen an organischer Substanz in kg je 10 cm Tiefen-Abschnitt für den Boden YZ mit den Urwald-Böden WN (trokener), YH (Humedal, feuchter) und YA (Aguajal, naß), so ergibt sich folgendes Bild:

cm	YZ	WN	YH	YA
- 3 - 0	0	6.9	gering (n.b.)	
0 - 10	5.0	3.6	5.4	15.5
10 - 20	3.5	2.4	3.2	n.b.
20 - 30	2.4	1.6	2.3	n.b.
30 - 40	1.8	1.3	1.1	n.b.
40 - 50	1.5	1.2		
50 - 60	1.3	1.1		
60 - 70	1.2	1.0		
70 - 80	1.1	0.9		
80 - 90	0.4	0.6		
90 - 100	0.4	0.4		
→ 100	18.6	21.0		

Etwa bei 75 cm Tiefe tritt ein Sprung in der Tiefen-Verteilungskurve der organischen Substanz auf. Dies mag mit der Haupt-Grenze der Boden-Durchwurzelung unter dem Urwald zusammenhängen.

Bis zu dieser Tiefe sind in Boden YZ 17.2 kg organische Substanz und 0.98 kg Nt pro m<sup>2</sup> Oberfläche vorhanden, in Boden WN 19.6 kg organische Substanz und 0.87 kg N. Von diesen Mengen entfallen bei YZ 63 % auf die Tiefe bis 30 cm, bei WN 74 %.

Berücksichtigt man, daß nur 10 bzw. 12 % des Nt im Oberboden auf mineralisch fixiertes Ammonium-N entfallen, so ergibt sich für beide Böden, YZ und WN, unabhängig von der Vorgeschichte, ein Betrag an organisch gebundenem N für die oberen 30 Zentimeter des Bodens von 5600 kg/ha. Dabei ist das relativ enge C/N-Verhältnis der organischen Substanz zu beachten. Es beträgt in den Urwald-Böden unseres Gebietes 11 bis 14 — und dies nicht erst in größerer Bodentiefe, sondern schon in der hauptsächlich aus Streu bestehenden Humus-Auflage.

Die spezifische Farb-Kraft des Humus ist bei Profil YZ mit seiner Gras-Vorgeschichte stärker als in den Waldböden. Da keine Humus-Fraktionierung durchgeführt wurde, bleibt als Hilfs-Merkmal für die Interpretation nur der Gehalt an heterozyklisch gebundenem N. Der ist erstaunlich gering und läßt die Vermutung zu, daß echte Huminstoffe im Vergleich zu mitteleuropäischen Böden eine geringere Rolle bei der Bevorratung von Humus spielen. Mit nur 17 % bei YZ und 25 bzw. 24 % bei den Urwaldböden WN und YA — bei K waren es 6 %! — liegt der Anteil des heterozyklisch gebundenen N am organischen N wesentlich unter dem entsprechender mitteleuropäischer Böden.

Erstaunlich gering ist mit weniger als 5 % — darauf wurde schon bei K hingewiesen — auch bei den Urwald-Böden der Y- und W-Terrasse der Anteil an Aminozuckern. Dies spricht für eine relative Armut an Pilzen und Insekten als möglichen Chitin-Quellen.

Somit bleiben als bakteriell leicht mobilisierbare organische N-Reserve in den oberen 30 Zentimetern der Böden der Y-Terrasse rund 4200 bis 4500 kg N/ha anzusetzen. Es dürfte eine Frage des sauren Boden-Milieus sein, ob diese Vorräte im ökologische Umsatz-Berechnungen einbeziehbar sind oder nicht.

Die oben angegebene Zusammenstellung zur Verteilung der Humus-Mengen zeigt, daß zunehmende Feuchte selbst bei diesen recht sauren Böden in der Catena WN → YH → YA nicht — wie in Mitteleuropa — eine Zunahme der Menge an Auflage-Humus erzwingt. Vielmehr kommt es zu einer inkorporativen Vermehrung der Humus-Menge im oberen Abschnitt des Mineral-Körpers des Bodens.

Eine mögliche Erklärung für diese von den in gemäßigten Breiten anzutreffenden Phänomenen abweichenden Befunde mag darin gesehen werden, daß es in dem hier untersuchten Zenital-Regenwald zu einem ökologischen Kurzschluß von Streu-Abbau und Nährstoff-Aufnahme

der Vegetations-Decke kommt. Schon die Streu-Auflage wird intensiv, zum Teil aus dem Boden heraus, durchwurzelt. Die meisten Blätter sind mit einem Netzwerk feiner Wurzeln behaftet. Möglicherweise ist dies als eine Auswaschungs-Schleuse zu bewerten. Bei dem geringen Besatz des mineralischen Bodenkörpers mit Baumwurzeln ergibt sich nämlich die Frage, ob das, was sich an Humus und organischem N im Solum befindet, auf Wurzel-Inkorporation oder nicht vielmehr auf Illution zurückzuführen ist. Es wäre denkbar, daß diese Einwaschungs-Produkte in dem dichten, nassen und sauren Boden-Milieu biologisch schwer rezyklierbar sind.

Die potentielle Austausch-Kapazität der organischen Boden-Komponente ist unabhängig von der Profil-Tiefe. Sie entspricht mit etwa 160 mval/100 g Humus der des Humus in ähnlich sauren Böden gemäßigter Breiten, in denen hauptsächlich schwach oder nicht gefärbte organische Substanzen infiltrativ angereichert sind.

#### Rekonstruktion abgelaufener pedogener Teil-Prozesse Tab. EI - EIV

Trotz Unkenntnis im Hinblick auf den primären Gehalt an  $\text{CaCO}_3$  in den Deck-Lehmen ist anzunehmen, daß die Versauerung des Solums, bedingt durch dessen Puffer-Kapazität, langsam genug ablief, um Prozesse wie Ton-Anreicherung, Fe-Transformation in situ aus silikatischer in oxidische Bindungs-Form (Verbraunung) und Ton-Migration ablaufen und sich entfalten zu lassen. Diese Prozesse sind in der Regel bei höherem pH wirksam und werden mit zunehmender Versauerung eingeschränkt.

Zur Rekonstruktion des Ausmaßes dieser Prozesse sind bilanzanalytische Ansätze erforderlich. Sie verlangen eine hinreichende Homogenität des Mineral-Körpers im Solum vor Beginn der Boden-Bildung.

Im Boden YZ ist diese Voraussetzung wenigstens für die oberen 140 Zentimeter erfüllt. Tab. E I zeigt für diesen Abschnitt eine befriedigende Homogenität der Verteilung der Korngrößen des Quarzes.

Der Rechen-Ansatz geht davon aus, daß in der Tiefe 120 bis 140 cm, dem Bezugs-Horizont, keine verwitterungsbedingte Veränderung in der Mineral-Arten-Zusammensetzung der Fraktion 200 - 2  $\mu\text{m}$   $\emptyset$ , also des Feinsandes und des Schluffes, eingetreten ist. Ob diese Annahme berechtigt ist, bleibt dahingestellt. Argumente für die Berechtigung dieses Ansatzes liefern der Vergleich mit der Mineral-Arten-Zusammensetzung einzelner Korn-Fractionen aus tieferen Horizonten, der Verwitterungs-Gradient und die Verifizierung des Modell-Ansatzes durch das Aufgehen der Ton-Bilanz. Jedenfalls sind die angegebenen Umsätze als Minimal-Umsätze zu bewerten.

Aufgrund der Quarz/Nichtquarz-Quotienten wurde für jede Mineralart in jeder der Fraktionen  $>2 \mu\text{m } \emptyset$  in jedem Horizont unter Heranziehung der Trockendichte Gewinn und Verlust gegenüber dem Bezugs-Horizont ermittelt (Tab. 2.6). Der Gesamt-Verlust an Nicht-Quarz-Mineralen  $200 - 2 \mu\text{m } \emptyset$  wurde gleich der Menge an neugebildetem Ton gesetzt. Dieses Vorgehen bedeutet eine Vernachlässigung von möglicherweise ionar abgeführten Produkten der Mineral-Verwitterung, doch lieferten die übrigen chemischen Analysen keine Hinweise auf eine wesentliche Lösungs-Abfuhr in den Untergrund. Doch ergibt sich auch aus dieser Kritik, daß der angegebene Ton-Umsatz nur als Minimal-Umsatz angesehen werden kann.

Aus dieser Rechnung resultieren für jeden Horizont die primär vorhandenen und die neugebildeten Ton-Mengen. Aus der Differenz zu den tatsächlich vorhandenen Ton-Mengen ergibt sich der Betrag der Ton-Abfuhr oder der infiltrativen Ton-Anreicherung (Tab. 2.7).

#### Tonbildung

Tab. E II a) gibt die rekonstruierte durchschnittliche Korngrößen- und Mineralarten-Zusammensetzung des Solums 0 - 140 cm Tiefe vor der Boden-Entwicklung an. Die Schwerminerale — primärer Anteil  $<0.6 \%$  — und vulkanische Gläser — an der Basis keine, im oberen Abschnitt maximal  $0.3 \%$  — werden in dieser Tabelle nicht berücksichtigt. Im (S) BtfGo-Horizont wurden geringe Mengen von Bio-Opal, (Gras-Phytolithen) gefunden.

Tab. E IV bringt in der Rubrik "Mineral-Verluste" die Abnahmen an Glimmern, Feldspäten und Kaolinit der Feinsand- und Schluff-Fraktionen für jeden Horizont, ausgedrückt in % des in Tab. E II angegebenen Ausgangs-Gehaltes.

Danach sind in den oberen 85 Zentimetern des Solums mit 74 bis 89 % Verlust besonders die Glimmer, und zwar Muscovit und Biotit in gleicher Weise, vom Zerfall betroffen (Ausgangs-Gehalt ca.  $12 \%$ ). Die Feldspäte (Ausgangs-Gehalt ca.  $1 \%$ ) sind etwas weniger angegriffen, und der Schluff- und Feinsand-Kaolinit (Ausgangs-Gehalt ca.  $1 \%$ ) zeigt eine noch geringere Neigung zum Zerfall in Ton-Größe.

Der Gesamt-Verlust an diesen Mineralen beträgt bis 85 cm Tiefe  $257 \text{ kg/m}^2$  Das sind  $78 \%$  des Verwitterungs-Potentials.  $91 \%$  des Umsatzes wird dabei von den Glimmern bestritten.

Dementsprechend erscheint in Tab. E IV in der Rubrik "kg Tonminerale/m<sup>2</sup>" ein Neubildungs-Gewinn von 232 kg Dreischicht-Tonmineralen, unter denen der Montmorillonit II dominiert. Ein Teil des Feldspates ist in Kaolinit übergegangen, wobei die Frage ist, ob die zerfallenen Schluff-Feldspäte nicht schon vorher partiell kaoliniert gewesen sind.

Durch dieses beträchtliche Ausmaß der Schluff-Verwitterung wäre in den oberen 85 Zentimetern im Durchschnitt die Ausgangs-Ton-Menge etwa verdoppelt worden, wenn nicht Ton in den Unterboden abgeführt worden wäre (vgl. E IV, Rubrik "kg Ton/m<sup>2</sup>"!)

Der Abbau und Zerfall der verwitterbaren Feinsand- und Schluff-Mineralen hat deren einzelne Korngrößen in unterschiedlichem Maße erfaßt (Tab. 2.6). So wird beim Muscovit eine starke Verminderung der Mittel- und Feinschluff-Größe festgestellt, andererseits aber ein Gewinn im Grobschluff und Feinsand, der auf dem Zerfall noch größerer Muscovite beruht. Beim leichter zerfallenden Biotit werden alle Korngrößen vermindert bis auf die Feinschluff-Größe, deren Menge durch Zufuhr "von oben" konstant bleibt.

Bei 85 cm hört der Abbau der Kaolinite im Schluff, bei 95 cm der der Glimmer im Schluff und bei 120 der der Feldspäte recht sprunghaft auf. Unterhalb der 85 cm-Grenze ist daher der Ton-Gewinn mit 21 kg nur noch gering (vgl. Quer-Rubrik "Abschnitts-Summen" in Tab. E IV!)

Eine Beteiligung von möglicherweise dem Deck-Lehm beigemischten Pyroklastiten kann so gut wie ausgeschlossen werden. Die in Tab. 2.4 aufgeführten Gehalte an NaOH-löslichem Al und Si wie auch an dithionitlöslichem Al sind dafür zu gering und zu tiefen-konstant.

#### Fe-Transformation Tab. E III

Der Umstand, daß die Bildung von Ton zu 90 % aus Muscoviten und Biotiten der Feinsand- und Schluff-Fraktion erfolgt ist und auch im primär vorhandenen Ton Dreischicht-Tonminerale von Glimmer-Herkunft dominieren, führt dazu, daß sich trotz der beträchtlichen Neubildung von Ton der auf diesen bezogene Gehalt an freien Eisen-Oxiden nur wenig verändert hat. Man betrachte hierzu Tab. E III, Spalte "Fed % Ton"! Die Abnahme von 7 bis 8 (unten) auf 5 bis 6 % in der Zone stärkster Ton-Bildung, zugleich aber auch stärkster Ton-Abfuhr mit bevorzugter Verarmung an Dreischicht-Tonmineralen (s.u.!) in 0 - 85 cm Tiefe mag ein additiver Effekt von etwas geringeren Fe-Gehalten der den Ton bildenden Glimmer (Muscovite)

und der selektiven Verlagerung Fe-oxid-reicheren Tons sein.

#### Ton-Verlagerung Tab E IV

Die oberen 85 Zentimeter des Bodens, mit dem Horizont-Index "A1" versehen, haben 150 kg Ton durch Ton-Migration verloren. Das sind im Durchschnitt 30 % der Summe aus primär vorhandenem und neugebildetem Ton. Der Prozentsatz ist im Ah mit 56 % am höchsten. Er beträgt im Ah1 noch 46 % und geht unterhalb 35 cm rasch auf 20 % zurück.

Die Abfuhr des Tons ist — wie z.B. in Mitteleuropa — nicht erst nach Abschluß der Ton-Bildung eingetreten. Vielmehr ist anzunehmen, daß Ton-Bildung und Ton-Verlagerung gleichzeitig abgelaufene Prozesse gewesen sind.

Die Verlagerung des Tons erfolgte undifferenziert in dem Sinne, daß das freie Eisen als an den Ton gebundenes Oxid mit diesem zusammen wanderte.

In der letzten Spalte von Tab. E IV ist aufgrund der bilanzmäßigerfaßbaren Grenz-Passage bei 85 cm der verlagerte Anteil jeder Tonmineral-Art an der theoretisch vor der Verlagerung vorhanden gewesenen Gesamt-Menge dieses Ton-Minerals errechnet. Dies dient der Beantwortung der Frage nach einer möglichen Bevorzugung (Selektion) einzelner Tonmineral-Arten bei der Ton-Migration. Die Genauigkeit der Aussage leidet natürlich darunter, daß innerhalb der Reihe Illit-Vermiculit-Montmorillonit verwitterungsbedingte Umwandlungen möglich sind. Doch zeigt sich, daß Chlorit, Vermiculit und Montmorillonit II prozentual etwa gleich stark verlagert worden sind, während Illit als detritische Komponente mit vermutlich größerer Korngröße wie Feldspat, Kaolinit und Quarz relativ zurückgehalten worden ist.

Bleibt die Frage zu beantworten, warum die untere Grenze der Zone mit Ton-Infiltration so scharf ist. Dies kann wohl nicht mehr mit der Obergrenze des G-Horizontes zu tun haben, der sicherlich schon zur Zeit der Ton-Wanderung Relikt-Charakter gehabt hat. Der plötzliche Sprung der Körnung zu stark sandigem Lehm bzw. Sand kommt vermutlich eher als Ursache in Betracht, wobei an die Bildung tragender Menisken zu denken ist.

#### Mikromorphologie der Ton-Verlagerung

Über die saisonalen Schwankungen des Wasser-Gehaltes der Deck-Lehme unter Urwald bei den auf Seite 21 dargestellten Klima-Verhält-

nissen unseres Untersuchungs-Gebietes ist nichts bekannt. Wenn auch beim Begehen und Aufgraben saisonale Schwankungen deutlich werden, so reichen diese doch offenbar nicht aus, um im Wechsel von Befeuchtung und Austrocknung visuell unterscheidbare Absonderungs-Gefüge-Formen im Boden entstehen zu lassen. Es gibt keine Prismen und Polyeder, und die größeren Wurzel-Röhren werden immer wieder in dem dichten Boden-Material schnell zusammengedrückt. Ton-Überzüge sind daher aus räumlichen Gründen nicht zu finden.

So läßt sich die Ton-Wanderung analytisch zwar klar nachweisen, visuell aber nicht erkennen.

Mikroskopische Betrachtungen lassen das sogenannte "Fließ-Plasma" erkennen. Aber was ist das eigentlich, und wie ist es räumlich angeordnet? Vollzieht sich die Ton-Wanderung in den Intergranularen der Matrix? Das ist in Sanden möglich, aber nicht in tonreichen Lehmen wie den hier vorliegenden.

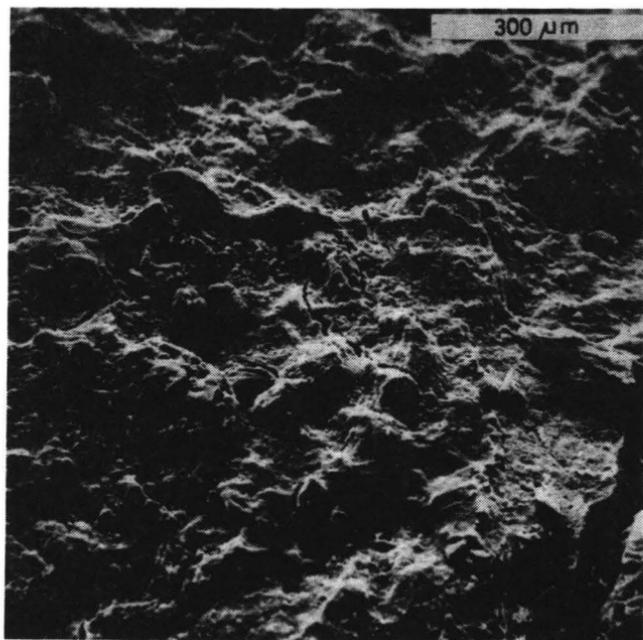
Eine Aufklärung der räumlichen Verhältnisse bei der Ton-Verlagerung im mikroskopisch-submikroskopischen Bereich liefert die Raster-Elektronen-Mikroskopie.

Abb. 12 bringt eine Serie von 4 Aufnahmen mit wachsender Vergrößerung. Der Blick ist auf eine horizontale künstliche Bruch-Fläche des Bt-Horizontes gerichtet. Es handelt sich in dieser und den folgenden Abbildungen um die Profil-Zone 120-140 cm, welche die größte Ton-Aufnahme,  $35 \text{ kg/m}^2$  je 10 cm Tiefen-Abschnitt, und dementsprechend auch die höchste Trockendichte, 1.68, zu verzeichnen hat.

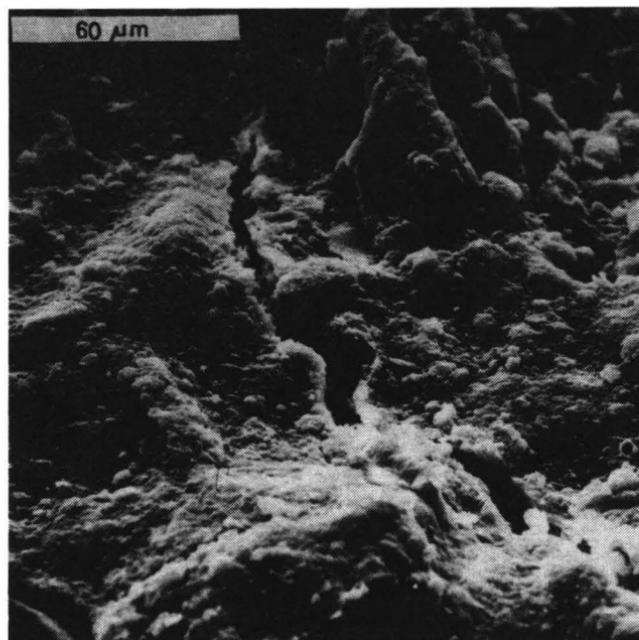
Abb. 12 a zeigt zahlreiche, maximal  $300 \mu\text{m}$  lange und nicht vernetzte Spalt-Risse mit weiß hervortretenden Säumen. Sie rühren, wie Abb. 12 b und 12 c zeigen, von den die Klüfte auskleidenden Ton-Belägen her.

Es gibt keine strukturellen Hinweise auf ihre Entstehung. Wir können daher nur vermuten, daß der Grad des Wasser-Entzuges im (S) Bt<sub>f</sub>Go-Horizont in den trockeneren Monaten Juni bis September doch ausreicht und ausgereicht hat, um in dem Kompakt-Gefüge Mikro-Schrumpf-Risse entstehen zu lassen. Dies müßte in einer Zeit erfolgt sein, als die Matrix noch nicht durch Al-Ionen kolloidal stabilisiert worden war.

Die Bild-Serie in Abb. 13 — ebenfalls mit wachsender Vergrößerung — bringt einen weiteren wichtigen Hinweis zur Ton-Infiltration, zur Entstehung des sog. "Fließ-Plasmas" und zur Gefüge-Dynamik. Hier



12 a

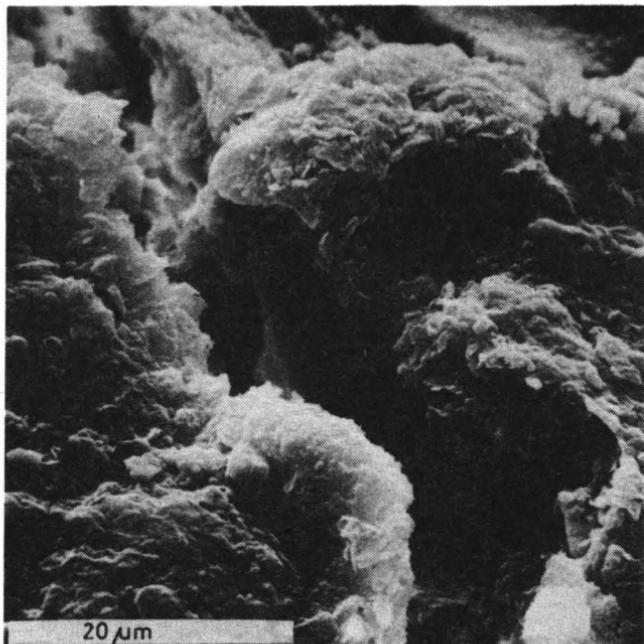


12 b

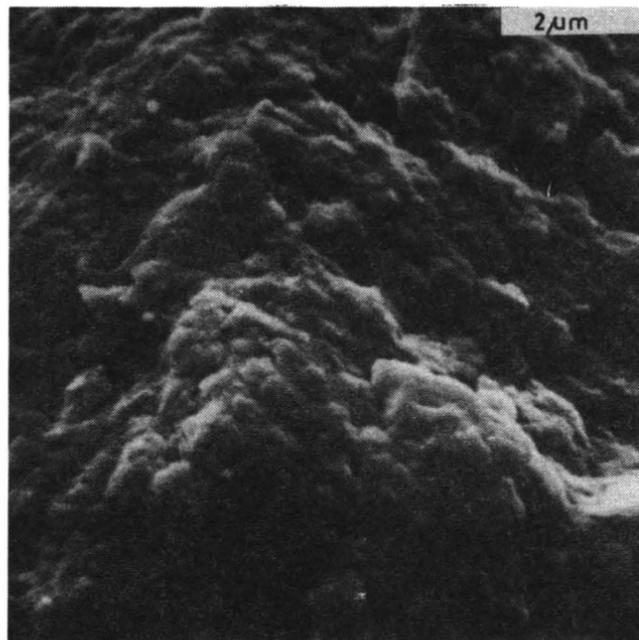
Abb. 12: Raster-Elektronen-Mikroskopie zur Gefüge-Bildung und Ton-Verlagerung.—(Saure) Pseudogley-Parabraunerde (Fahlerde) — Gleyic Acrisol.— Profil YZ, Horizont (S)BtfGo  
12 a — 12 b — 12 c — 12 d : Zunehmende Vergrößerung.

Abb. 12 a: Überblick über eine horizontale Bruchfläche: Viele kurze Spalt-Risse mit Tonbelägen, die als helle Spalt-Säume erscheinen, in einer Kompakt-Matrix.

Abb. 12 b: Vergrößerung des in der Mitte von Abb. 12 a gelegenen Spalts.



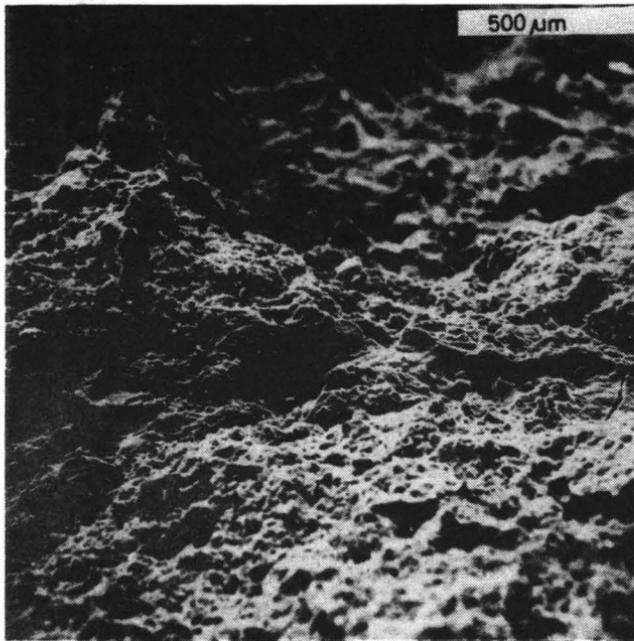
12 c



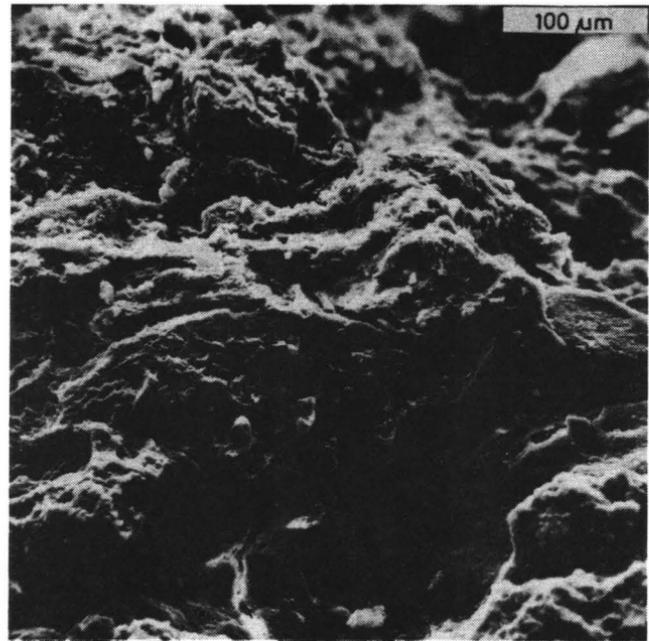
12 d

Abb. 12 c: Vergrößerung des mittleren Bildausschnittes von Abb. 12 b . Ton-Wand-Belag im Vordergrund, Ton-Kappe rechts hinten.

Abb. 12 d: Vergrößerung der Tonwand im Vordergrund von Abb. 12 c . Orientierte 0,3-2,0- $\mu\text{m}$ -Ton-Plättchen, durch Feinton verklebt.

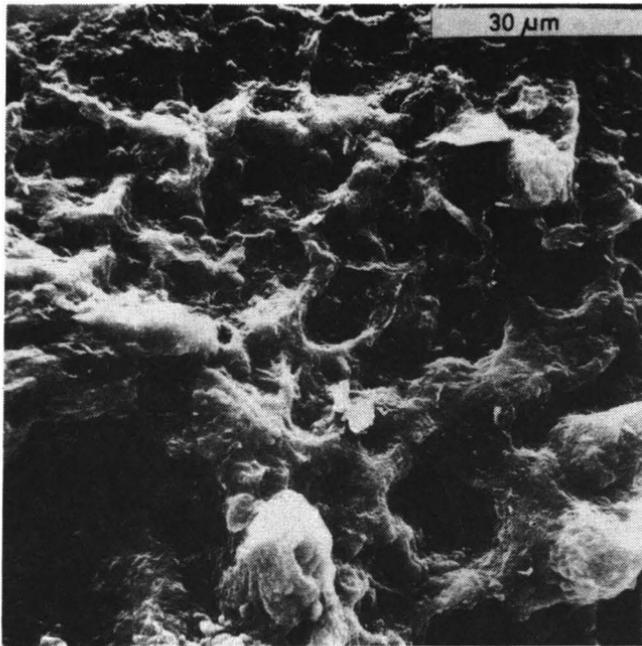


13 a



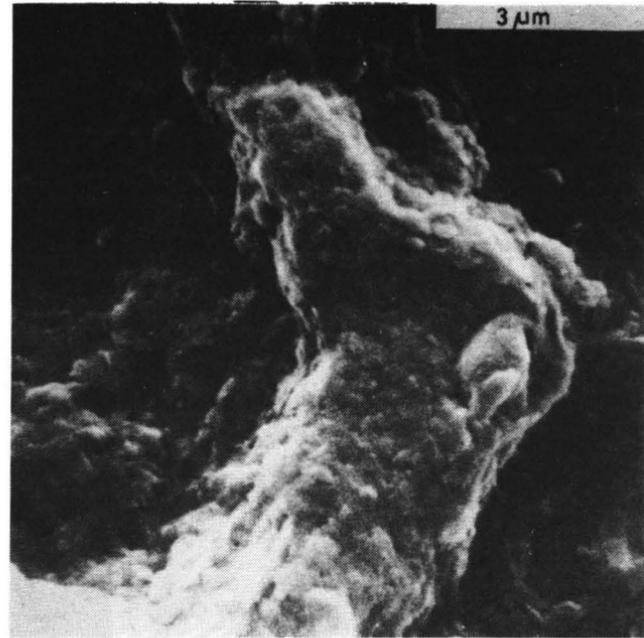
13 b

Abb. 13: Raster-Elektronen-Mikroskopie zur Ton- und Schluff-Verlagerung. Boden und Horizont wie in Abb. 12.— Blick von schräg oben auf eine horizontale Bruchfläche. Aufnahme-Serie einer Partie mit "Lamellen-Fließ-Gefüge", d.h. zahlreichen nacheinander entstandenen Spalten, die mit Ton ausgekleidet und wieder zusammengedrückt wurden.— In der Mitte der Abb. 13 a eine noch offene Spalte, in die in den Aufnahmen 13 b, 13 c und 13 d "hineingegangen" wird. Zunehmende Vergrößerung des wabig-blasigen Ton-Belages der Spalt-Wand.



13 c

Abb. 13 c: Blick auf den Ton-Belag der Spalt-Wand. Blasig-wabige Struktur des Belages. Rückschluß auf Ausdehnung von Luft-Blasen beim Eintrocknen?



13 d

Abb. 13 d: "Waben"-Steg aus der Mitte von Abb. 13 c. Konturen orientierter 0.3- $\mu$ m-Tonteilchen sichtbar, die vermutlich durch Fein-Ton verklebt sind.

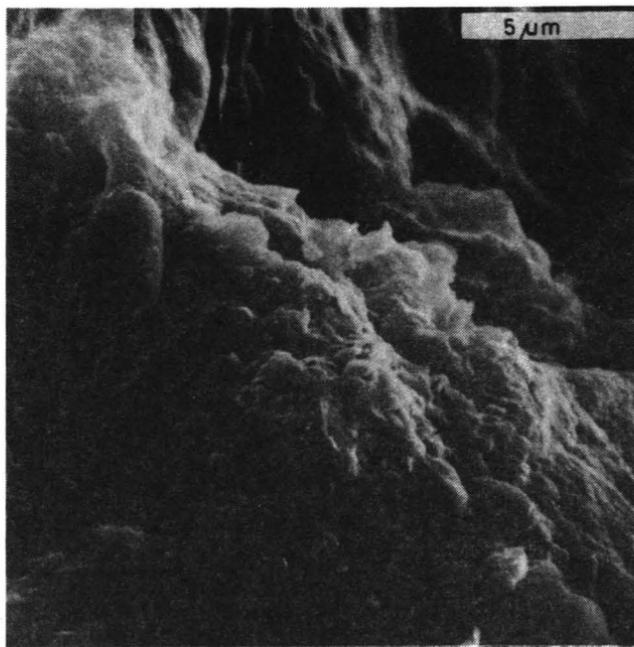


Abb. 13 e:

"Waben"-Steg mit orientierten Grob-  
ton- und Feinschluff-Teilchen.

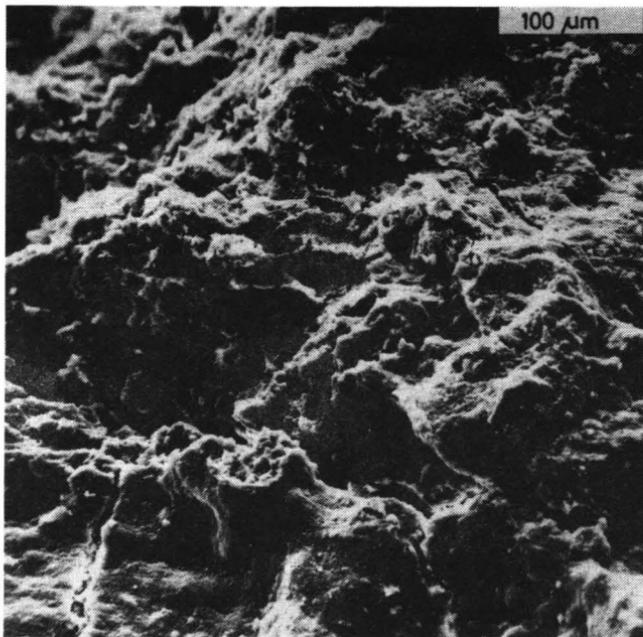
ist auf der selben Bruch-Fläche wie in Abb. 12 eine Partie ausgewählt worden, in der zahlreiche vertikal angeordnete Ton-Lamellen nebeneinander liegen. Deren Entstehung ist eindeutig so abgelaufen: Bei Wasser-Entzug (?) aufreißende Mikro-Klüfte von bis zu 30  $\mu\text{m}$  Breite sind durch infiltrierten Ton austapeziert worden. Bei Rückquellung (?) ist der Spalt dann zugeedrückt worden, wobei die beidseitige Ton-Tapete zu einer einzelnen Lamelle zusammengepreßt worden ist. Der nächste Schrumpf-Vorgang hat dann parallel zur und dicht an der alten Lamelle eine neue Kluft aufreißen lassen, an der sich der gleiche Zyklus von Ton-Infiltration und Verschmelzung vollzogen hat.

Auf diese Weise sind ganze Lamellen-Pakete entstanden. Diese erscheinen natürlich in einem Dünnschliff, der nicht exakt das Paket rechtwinklig schneidet, als "Fließ-Strukturen". Sie haben schon viel zu oft zu Fehl-Interpretationen Anlaß gegeben.

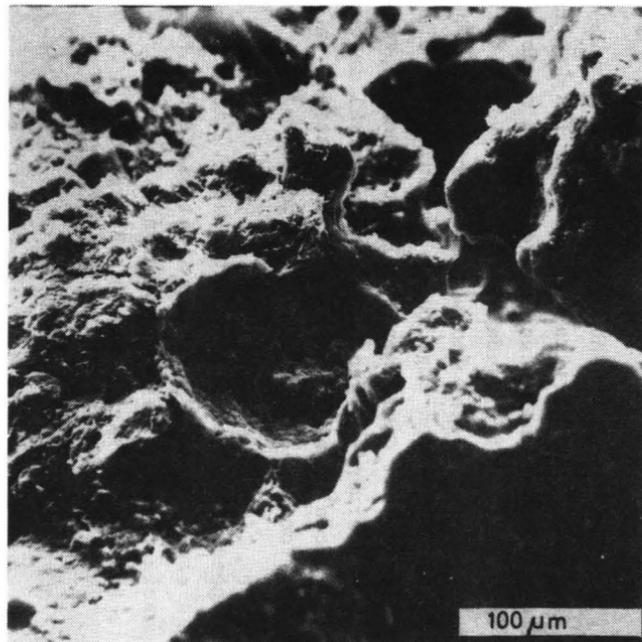
Abb. 13 c zeigt ein Phänomen in natura, das von ALTEMÜLLER (mündliche Mitteilung) im Experiment künstlich erzeugt worden ist. Eine Ton-Suspension, die eine Pore erfüllt, führt bei Austrocknung unter blasenförmigem Nachdrängen der Luft zur wabigen Auskleidung randlicher Intergranular-Räume mit Ton: Erst bei Wiederholung dieses Vorganges verdickt sich dieser initiale Ton-Belag zu einem geschlossenen Film. Wir blicken somit vermutlich in Abb 13 c auf eine morphogenetisch "sehr junge" Wand-Fläche eines Kluft-Risses.

Ob diese Kluft auch zeitlich gesehen "ganz jung" ist, ist jedoch fraglich. Das niedrige pH des gesamten Solums und der hohe Grad der Belegung der Boden-Austauscher mit Al-Ionen lassen vermuten, daß die Ton-Verlagerung heute zum Stillstand gekommen ist und daß es sich bei den abgebildeten Formen um Relikt-Phänomene handelt. Lediglich bei dem weniger für eine Al-Flockung empfindlichen Kaolinit ist noch mit einem Fortschreiten der Verlagerung zu rechnen.

Nur im Raster-Elektronen-Mikroskop erscheint der infiltrierte Ton weiß. Im Licht-Mikroskop ist er braun. Es sind jedoch auch unter dem Licht-Mikroskop weiße Kluft-Beläge zu beobachten, die morphogenetisch "jung" sind. Abb. 13 e bringt zum Beispiel die Vergrößerung eines Waben-Steges aus solch einer Kluft. Man erkennt in dem orientierten Ton-Belag auch verlagerte Teilchen von Feinschluff-Größe. Deren Form legt die Annahme nahe, daß es sich um Kaolinit handelt.

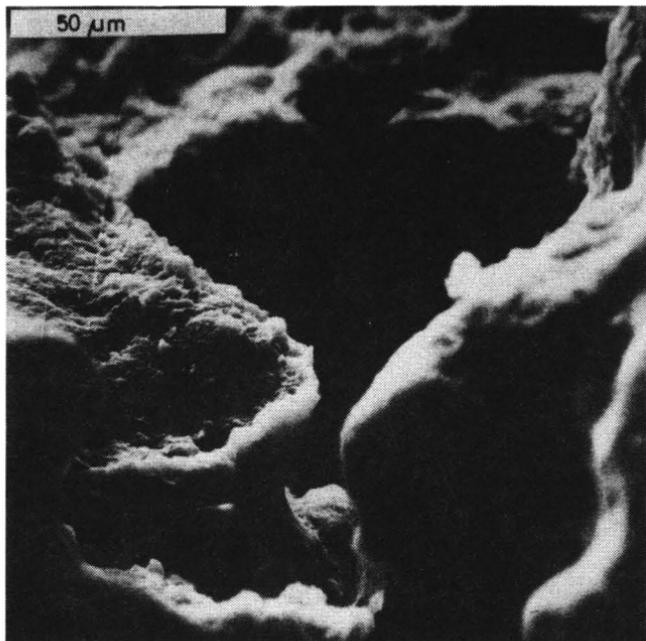


14 a

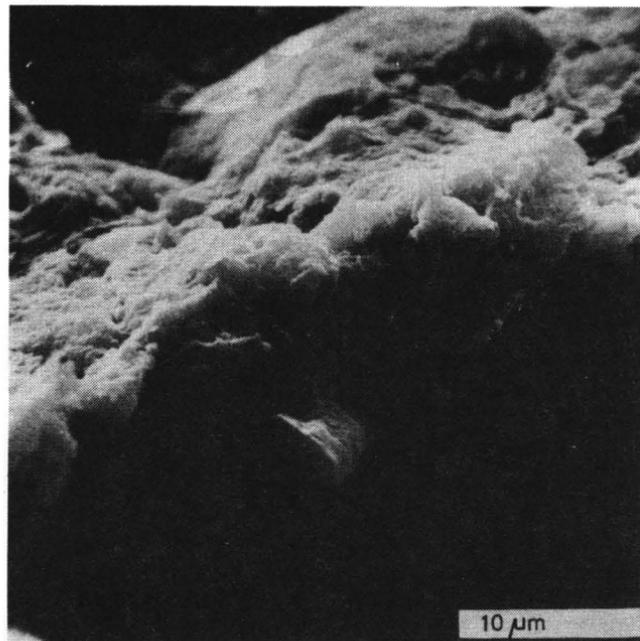


14 b

Abb. 14: Boden und Horizont wie in Abb. 12 und 13.— Blick von der Seite auf und in eine etwa 150  $\mu\text{m}$  weite Wurzel-Röhre, die eine ältere mit Ton überkleidete Kluftfläche durchbricht ( in dieser wieder sekundäre Spalten mit Ton-Belägen ). Die Serie Abb. 14 a - 14 b - 14 c - 14 d bringt zunehmende Vergrößerung einer mit Ton-Belag ausgekleideten randlichen Ausstülpung der Wurzel-Pore im Mittelfeld von Abb. 14 a.



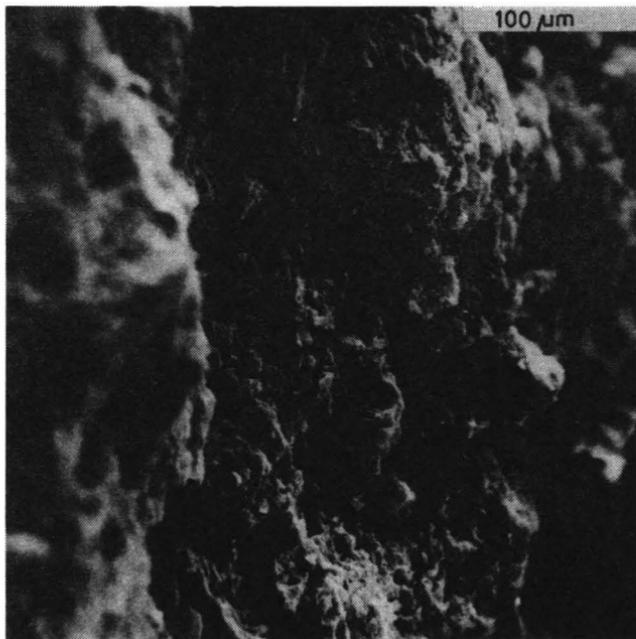
14 c



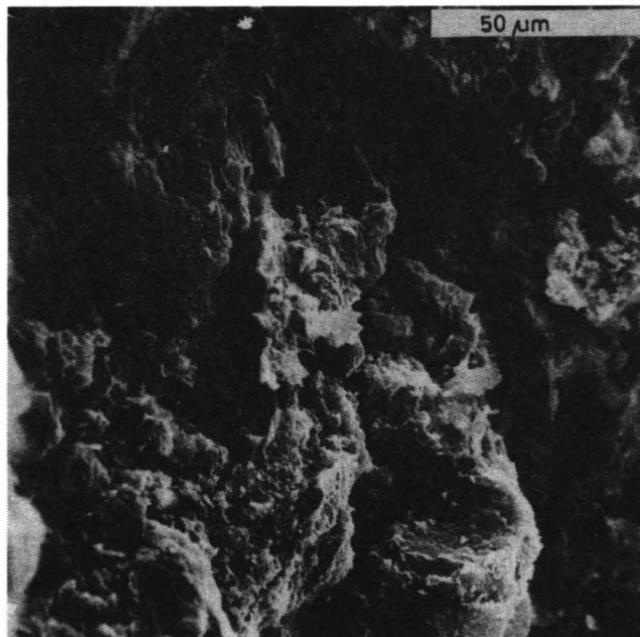
14 d

Abb. 14 c: Poren-Ausstülpung aus der oberen Hälfte der Abb. 14 b mit umlaufender Ton-Auskleidung.

Abb. 14 d: Aus der unscharfen oberen Poren-Ausstülpung von Abb. 14 c ( links hinten ) vergrößerter und scharf eingestellter Ton-Belag. Wandparallel orientierte Grobton- Fein- u. sogar Mittelschluff-Teilchen.



15 a



15 b

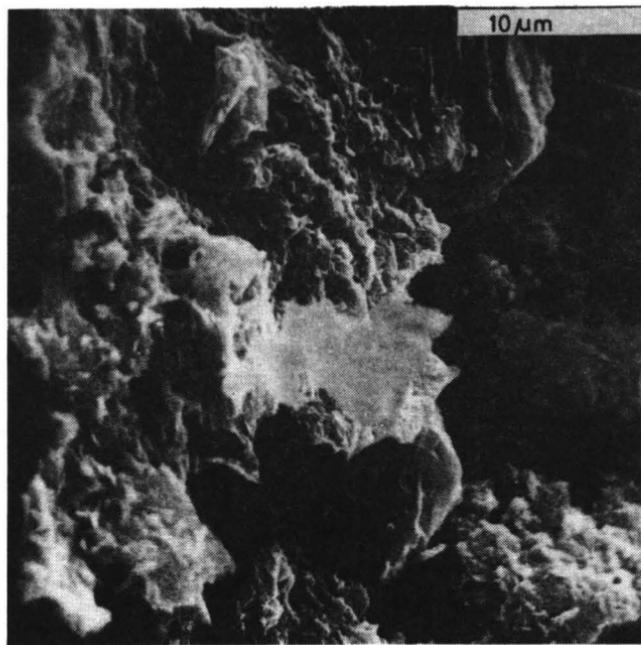
Abb. 15: Raster-Elektronen-Mikroskopie zur Hämatit-Ausscheidung durch "Effloreszenz" in nicht mit Ton ausgekleideten Poren.-

Boden wie in Abb.12, 13 und 14, aber fGo-Horizont.

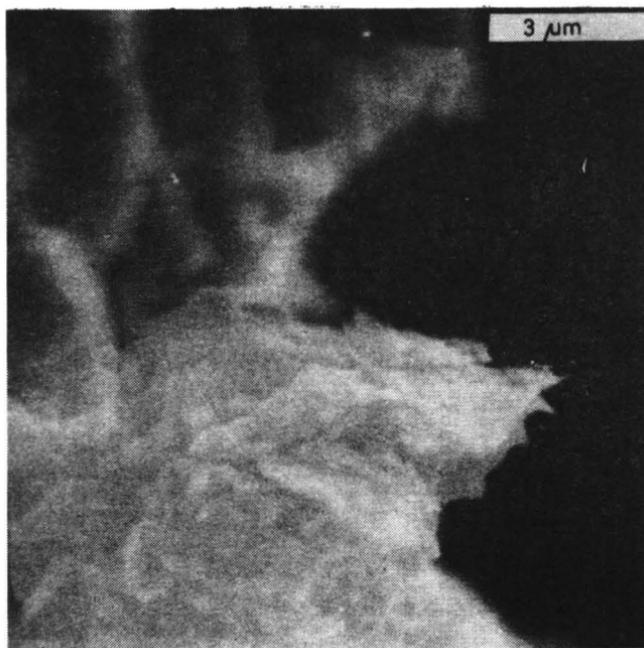
Abb. 15 a - 15 b - 15 c - 15 d: Reihe mit zunehmender Vergrößerung.

Abb. 15 a: Blick an einer senkrechten Spalten-Wand entlang, die lichtoptisch einen hämatit-roten Streu-Belag ( rosagraue Gesamtfärbung, siehe Tab. E III ! ) zeigt.

Abb. 15 b: Fleckung besteht aus den weiß erscheinenden, z.B. in der Bild-Mitte befindlichen, plattigen Auflagen.



15 c



15 d

Abb. 15 c: Vergrößerung des Plättchens aus der Mitte von Abb. 15 b.

Abb. 15 d: Vergrößerung des Plättchens aus der Mitte von Abb. 15 d.  
Typisch für diese lokalen Wand-Beläge sind die zackig in das Lumen der Poren hineinragenden Kämme der Wand-Beläge.

In Abb. 14 sind die entsprechenden Phänomene am Beispiel einer Wurzel-Pore dargestellt. Es ist eine der typischen Poren mit braunem Ton-Belag und stellenweise darüber abgelagertem hellgrauen Material. Abb. 14 d läßt hierin auch wieder schluff-große Plättchen erkennen.

Der Prozeß der Ton-Verlagerung ist somit mikromorphologisch eindeutig zu erfassen. Darüber hinaus treten aber auch schon in Form der Kaolinit- und Fein-Schluff-Verlagerung Phänomene auf, die in Mitteleuropa typisch für die versauerten Parabraunerden, die Fahl-erden, sind.

### Ton-Umwandlung

Die bei der pedochemischen Ton-Bildung bevorzugt aus den Glimmern, und hier zu über 80 % aus Muscovit, hervorgegangenen Dreischicht-Tonminerale sind zu über 60 % als Smectit (Montmorillonit I u. II) angefallen. Aber auch 17 % Vermiculit sind gebildet worden, und nur der Rest ist als Illit verblieben.

Beachtlich ist die Resistenz des durch Verwitterung von Schluff-Chloriten angereicherten Mg-Chlorit-Tons.

Das in Anbetracht des Aziditäts-Grades des Bodens und der starken Al-Belegung erstaunliche Fehlen von Al- oder "Boden"-Chloriten wurde schon unter dem Abschnitt "Aktueller Zustand der Azidität" beleuchtet.

Kaolinit-Ton hat sich bilanzmäßig nicht nur durch Zerfall von schluff-großen Kaoliniten, sondern auch aus Schluff-Feldspäten gebildet, die vermutlich bereits vorher partiell kaolinisiert gewesen sind.

Im großen und ganzen ist somit der Tonmineral-Bestand von dem vor der Boden-Bildung im Sediment vorhanden gewesenen Bestand geprägt worden und von der Schluff-Erbschaft des neu gebildeten Tons. Eine wesentliche, diese Erbschaft überdeckende verwitterungsbedingte Umverteilung ist nicht festzustellen.

### Folge-Prozesse

Die Ausführungen über Ton-Migration lassen offen, ob dieser Prozeß infolge fortgeschrittener Versauerung bereits abgeschlossen ist oder nicht. Ist er es noch nicht, so ist er doch vermutlich in seine End-Phase eingetreten. Dafür spricht der oben behandelte Befund der weißgrauen Poren-Auskleidung sowie ein Phänomen, das auch für die mitteleuropäischen versauerten Parabraunerde-, bzw.

Fahlerde-Bt-Horizonte bekannt ist: Die Ausscheidung von Eisenoxid auf den Ton-Belägen der Poren oder auch die Eisenoxid-Inkrustation der Wand-Beläge.

Schon im oberen Abschnitt des Bt-Horizontes treten als Neubildungen neben den relikten Gley-Flecken visuell kleine leuchtend rote Eisenoxid-Anreicherungen auf. Mikroskopisch erweisen sie sich als flächige Akkumulationen von Eisenoxid an Poren-Wänden. Isolierte Proben solcher "Krusten" ergaben u.a. eindeutige Röntgen-Beugungs-Reflexe von Hämatit.

Abb. 15 bringt in Form einer Sequenz mit wachsender Vergrößerung den Blick in eine solche mit Fe-oxid verkrustete Pore. Der Blick ist schräg auf deren linke Wand gerichtet. Auf dem dünnen Ton-Film oder auf den tonfreien Wand-Partien sitzen als hell erscheinende Kappen die Oxid-Beläge, die mitunter zackenförmig in das Lumen der Pore hineinragen. Einer dieser Zacken in der Mitte des Bildes ist mit zunehmender Vergrößerung abgebildet worden. —

Für den Beginn einer Podsolierung gibt es noch keinen sicheren Hinweis. So ist keine Huminstoff-Infiltration zu beobachten, und auch die Fe- und Al-Gradienten (vgl. Tab. 2.4) geben — außer vielleicht in den oberen 15 cm beim NaOH-lösbbaren Al — keinen Hinweis auf einen differenzierten Lösungs-Transport. Auch beim Dithionit/Citrat-extrahierbaren Mn zeichnet sich kein Tiefen-Gradient ab, wobei jedoch bemerkt werden muß, daß die Mengen an  $MnO_2$  außerordentlich gering sind.

#### Ökologisch-landwirtschaftliche Parameter

In Anbetracht des feuchten Klimas ist die hohe nutzbare Feld-Kapazität (18 mm/dm) dieses und der anderen Böden der Y- und W-Terrasse uninteressant. Wichtiger ist die mangelhafte Durchlüftung infolge des geringen Gehaltes an Luft-Poren. Die aufgrund der Al-Ionen-Belegung der Boden-Austauscher zu erwartende Al-Flockung der Boden-Kolloide ist offenbar noch nicht stark genug, um bei den hohen Niederschlägen eine Stabilisierung des biologisch und mechanisch geschaffenen Locker-Gefüges zu gewährleisten. In Anbetracht des hohen Kalk-Bedarfes der Böden und der Vergrößerung der Gefahr eines noch weitergehenden Struktur-Verfalls bei nur partieller Neutralisierung des Oberbodens, werden diese Böden im sauren Zustand landwirtschaftlich genutzt werden müssen. Das bedeutet natürlich die Inkaufnahme einer geringen effektiven Austausch-Kapazität und eines geringen N-Umsatzes.

Im Hinblick auf die K-Versorgung der Pflanzen ist das Angebot der Böden der Y- und W-Terrasse nicht schlecht — dank des relativ hohen Schluff-Glimmer- und Illit-Gehaltes. Mit 5 bis 7.5 mg K (lactat-löslich)/100 g Oberboden-Material und mit 2 bis 6 mg K im Unterboden (Tab. 2.4; 3.4; 4.4) dürfte selbst in Anbetracht eines Tongehaltes von über 20 % das Kalium vorerst nicht zu einem begrenzenden Faktor der an sich ertragsschwachen landwirtschaftlichen Produktion werden.

Beim Phosphor kommt dagegen — legt man auch hier die Lactat-Löslichkeit als Maßstab für seine Pflanzen-Verfügbarkeit zugrunde — die Eigenschaft der sauren Urwald-Böden zur Wirkung, die darin besteht, daß mobiles Phospat in geringer Menge, 1 bis 2.5 mg/100 g, nur im Ah-Horizont zur Verfügung steht. (Tab. 2.4; 3.4; 4.4)

#### 8.4 BÖDEN YH UND YA ALS FEUCHTE UND NASSE GLIEDER DER BODEN-GESELLSCHAFT

Humedal —————→ Aguajal  
Pseudogley-Stagnogley → subaquatischer Stagnogley  
Gleyic Podzoluvisol —→ Dystric Gleysol  
Typic Tropaquult —————→ Typic Tropaquult  
Pseudogley podzolique → Stagnogley podzolique  
Tab. FI, FII, FIII, H, 3.1 bis 3.5

Von diesen beiden Böden wurden nur die oberen Abschnitte untersucht, um hauptsächlich deren Abweichung von den trockeneren Böden YZ und WN in den ökologischen Eigenschaften zu erfassen.

#### Aktueller Zustand der Azidität

Im Aziditäts-Zustand des Oberbodens von Humedal und Aguajal besteht kaum ein Unterschied zum "Leit-Boden" YZ.

Beim Humedal geht der Grad der Sättigung mit (H-Al)-Ionen der Austauscher schneller mit zunehmender Tiefe zurück als bei dem trockeneren Boden YZ. Bei der Differenz  $KAK_{pot} - KAK_{eff}$  ist dasselbe zu beobachten. Auch hier läßt sich wie bei Boden YZ — anders als bei Boden WN — die Differenz mit der pH-Variabilität der KAK des Humus erklären.

Im übrigen gilt dasselbe wie für die Böden YZ und WN.

Tab. F:

Kurz-Tabelle zur Morphologie und Genese von Boden YH

(Ausführliche Tabellen siehe Anhang 3.1 - 3.5)

PROFIL YH (Y-TERRASSE, HUMEDAL)

LAGE: Cooperativa "EL PROGRESO", auf Karte 6 nicht enthalten, ca. 5 km nördlich von Aucayacu, 2 km östlich des Rio Huallaga, Aufschluß 620 m über dem Meer

Gelände-Oberfläche: Sehr flache großflächige Depression in der Y-Terrasse, Oberfläche mit für den Humedal typischem Furchen-Netz (siehe Erläuterungen im Text)

Grundwasser-Verhältnisse: Wie bei Boden YZ

BEWUCHS: Urwald (*Mauritia flexuosa*, *Ficus* sp., *Bombax* sp.)

SCHICHTUNG: Recht homogen, Schichtung nicht erkennbar  
> 1 m Lehm

BENENNUNG: LOKAL: Humedal von "humedo" = feucht  
KAB : Pseudogley-Stagnoley bis rohhumusfreier Stagnoley  
FAO : GLEYIC PODZOLUVISOL  
USA : TYPIC TROPAQUULT  
FR : Pseudogley podzolique

Kurz-Tabelle zur Morphologie und Genese von Boden YA

(Ausführliche Tabellen siehe Anhang 3.1 - 3.4)

PROFIL YA (Y-TERRASSE, AGUAJAL)

LAGE: Depression dicht östlich der Carretera Marginal, ca. 18 km südlich von Aucayacu, Cooperativa ANDA PACAE, auf Karte 6 nicht enthalten.

Gelände-Oberfläche: Etwas tiefere Depression als bei YH, im Zentrum ganzjährig von 30 - 60 cm hohem Wasser überstaut, in den Randbereichen der Depression Überstauung vor- und zurückgehend

BEWUCHS: *Maurita flexuosa*, oligotrophe Hydrophyten, Phytoplankton

GRUNDWASSER: Verhältnisse ähnlich Boden YZ und YH, Grundwasser wegen Tiefe der Depression etwas höher

BENENNUNG: LOKAL: AGUAJAL von "agua" = Wasser  
KAB : rohhumusfreier bis subaquatischer STAGNOLEY  
FAO : DYSTRIC GLEYSOL  
USA : TYPIC TROPAQUULT  
FR : Stagnoley podzolique

# FI

HUMEDAL

Verteilung der Quarz-Korngrößen. Angaben in % der Quarz-Mengen-Summe 200-2µm Ø. Der Ton-Quarz ist auf 100 % der Quarz-Mengen-Summe 200-2 µm bezogen.

m	HORIZONT	200 - 63	63 - 36	36 - 20	20 - 6	6 - 2	200 - 2	<2	µm
0		23	14	29	23	11	100	11	DECK - LEHM
		24	15	25	23	13	100	12	
		25	15	25	22	13	100	18	

HUMEDAL

AUSGANGS-KORNGRÖSSEN- UND-MINERALARTEN-ZUSAMMENSETZUNG VOR DER BODENBILDUNG.

-Berechnet aufgrund von Quarz-Verteilung, Zusammensetzung von Schicht/Horizont > 30 cm, BtSwd, nach Abzug des eingewanderten Tons. Angaben in % des "gereinigten", d.h. Fe-, Mn-oxid- und humusfreien Boden-Materials.-

# FII

KORN - KLASSEN µm Ø	% Ges.- Bod. (gerei- nigt)	QUARZ	3-u.4-SCHICHT SILIKATE						FELD- SPÄTE	KAO- LINIT
			MUS- CO- VITE	BIO- TITE	Mg- CHLO- RIT	VER- MI- CU- LIT	MONTMO- RILLONITE (SMECTITE)			
			MICA	ILLIT			I	II		
> 200	2	2	-	-	-	-	-	-	-	
200-63	16	16	0.2	0.1				0.1	-	
63-36	10	9	-	-				0.6	-	
36-20	18	16	0.1	0.1				0.5	-	
20-6	17	14	0.2	0.2				1.0	1	
6-2	10	8	1.0	-				0.2	-	
< 2	27	7			3	1	4	7	1	3
<b>GESAMT</b>	<b>100</b>	<b>72</b>	2		3	1	4	7	3	4
			4		3	1	4	7	3	4
			19						7	

**PSEUDOGLEY - STAGNOGLEY**

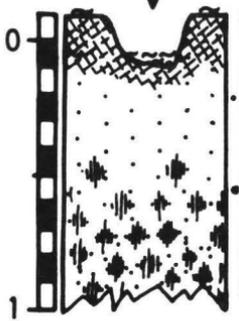
YH

HUMEDAL  
COOPERATIVA PROGRESO  
BEI AUCAYACU (5 km N)

**Y-TERRASSE**

**GLEIC PODZOLUVISOL**

**O** In den Humedal-Furchen  
Feinhumusarmer Roh-  
humus, Aste, Holzbruch, Blätter  
-6 → -2cm wenig, -2 → 0 cm  
stark zersetzt 28.2 % C



AlhSw	graubraun wenige dünne	Ab- scheidungen um Wur- zelstippen und Klüfte
AlSw	hellgrau	
BtSw	hellgrau mit vielen großen... und wenigen kleinen roten Fe-oxid-Ab- scheidungen	

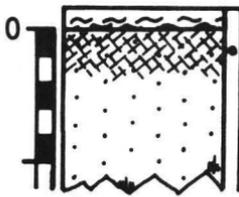
S	U	T	KÖ	HU	Fe Mn Ox %	Fe % TON	pH H <sub>2</sub> O CaCl <sub>2</sub>	H + Al %	KAKpot KAKeff. KAKpot	H + Al %
19	58	23	uL	3.8	+		4.5 3.8	52	40	86
19	58	23	uL	1.8	0.2	1	4.9 4.0	65	22	83
16	46	38	tL	0.7	2.5	4	4.9 3.9	59	7	63

**rohhumusfreier → subaquatischer STAGNOGLEY**

YA AGUAJAL  
COOPERATIVA ANDA PACAE

**Y-TERRASSE**

**DYSTRIC GLEYSOL**



ASW	Organisches Sediment Blätter 32.5% C
SW	

1	22	77	T	10	0.3	2	5.3	4.8	1	42	1
---	----	----	---	----	-----	---	-----	-----	---	----	---

**FII**

Aktueller Zustand der Austausch-Belegung. Erdalkali-, Alkali-Ionen

Beide feuchten Böden haben gegenüber den anderen trockneren Böden mit 60 bis 87 % Belegungs-Anteil eine ausgesprochene Ca-Dominanz. Mg hat etwa einen Anteil wie in YZ (20 - 11 %). K (14 - 1.5%) ist mäßig und Na (6 - 1 %) stark reduziert gegenüber YZ. Mg-, K- und Na-Ionen werden von oben nach unten zunehmend durch Ca-Ionen verdrängt. Dieses Phänomen steht im Gegensatz zu den Belegungs-Gradienten der besser dränenden Böden. Es ist nicht wie dort mit der verwitterungsbedingten Freisetzung von Ionen aus Mineralen zu erklären. Bei dem starken Überwiegen der Feldspäte über die Glimmer im Ausgangs-Material wäre neben dem Ca ein höherer Na-Anteil zu erwarten. Möglicherweise wird in den beiden hydrologisch nicht "autonomen" Böden YH und YA die Boden-Lösung und damit die Ionen-Belegung der Austauscher von lateral zuströmendem und z.T. auch wieder abziehendem Oberflächen-Wasser wesentlich beeinflusst.

Aktueller Humus-Zustand siehe Profil YZ!

Rekonstruktion abgelaufener pedogener Teil-Prozesse Tab. FI, FII, 3.4

Der "Humedal" ist nach dem sensorischen Befund unterhalb einer Tiefe von 30 cm den Böden YZ und WN sehr ähnlich. Unterschiede zu diesen beiden Nachbar-Böden bestehen im wesentlichen in der Beschaffenheit des Oberbodens, der bei YH durch lateralen Zugang von oberflächlichem und oberflächennahem Wasser geprägt ist. Die aus dem "Agual" stammende Probe ist der des Humedal in 10 bis 30 cm Tiefe gleichzusetzen.

Das Solum des "Humedal" ist feinkörniger als das des Leit-Bodens YZ. Anstelle des Sandes dominiert hier der feine Grob-Schluff und der Mittel-Schluff. Der Gehalt an Feldspäten ist 2.4 mal so hoch wie in Boden YZ, der Gehalt an Glimmer sehr gering.

Die Ton-Bildung dürfte dementsprechend relativ gering gewesen sein. Die Ton-Verlagerung ist nicht tief in das Solum eingedrungen und hat zwischen 30 und 60 cm eine Verdichtung mit Werten der TrD von 1.66 hervorgerufen.

Dieser sekundäre Verdichtungs-Horizont BtSwd zeigt wie in einem Gley-Go-Horizont Abscheidungen von Fe-oxid um luftführende Wurzel-Bahnen herum. Darunter weichen sie allmählich einem brauner

werdenden, nur schwach marmorierten Go-Horizont.

Über dem BtSwd-Horizont ist der ehemalige Al-Horizont einer ausgeprägten Naß-Bleichung unterworfen gewesen. Sie beruht auf anhaltend reduktiven Bedingungen infolge dauerhafter Vernässung und einer lateralen und/oder vertikalen Verlagerung der aus dem Eisenoxid stammenden reduzierten Eisen-Ionen.

Nach Tab. FIII und 3.4 ist der Al-Horizont bis in 30 cm Tiefe beträchtlich an Dithionit-/Citrat-löslichem Fe verarmt. Die oberen 10 cm sind fast völlig frei von freiem Fe. Auch in 60 cm Tiefe wird noch nicht der auf den Ton bezogene Gehalt an freiem Fe erreicht, wie er aufgrund des Vergleichs mit den trockeneren Profilen zu erwarten wäre.

Die Werte an extrahierbarem Mn sind auch in diesem Boden wieder zu gering, um das MnO<sub>2</sub> als pedogenetischen Indikator zu verwenden.

Gegenüber den trockeneren Böden ist im gesamten Oberboden des "Humedal" eine Reduktion des mit NaOH extrahierbaren Al zu vermerken, die über 50 % beträgt. Die Menge verwitterbarer Minerale ist demgegenüber nicht so drastisch reduziert, daß diese Verminderung einfach auf dem Verschwinden von z.B. Feldspäten beruhte, deren Oberfläche leicht von NaOH angreifbar wäre. Auch in 60 cm Tiefe ist der auf den Ton bezogene Gehalt an NaOH-extrahierbarem Al noch gleich niedrig wie in dem darüber liegenden Oberboden. Die Tatsache, daß der Quotient Si(NaOH)/Al(NaOH) nach unten kleiner wird, deutet aber eine beginnende Angleichung der tieferen Boden-Abschnitte an die Verhältnisse in den trockeneren Böden an.

8.5 BODEN WN ALS TROCKENSTES GLIED DER BODEN-GESELLSCHAFT  
("KLIMA-BOIDENTYP") . —

Sauerbraunerde mit Ton-Durchschlammung bzw. saure Para-  
braunerde. — Orthic (helvic) Acrisol. — Typic Trop-  
udult. — Aus stark lehmigem Sand. Tabellen GI, GII,  
GIII, GIV im Text und 4.1 bis 4.7 im Anhang.

Vorbemerkung: Die Besprechung der Analysen-Ergebnisse dieses Bo-  
dens wird nicht ausführlich vorgenommen. Vielmehr wird in jedem  
Abschnitt nur der Vergleich mit dem "Leit-Boden" YZ, Seiten 125-  
150 hergestellt.

Aktueller Zustand der Azidität Kurz-Tab. GIV, Tab. 4.3 im Anhang.  
Das pH der GBL liegt wie bei YZ bis 3.7 m Tiefe zwischen 4.2 und  
5.2 und ist meist noch um einige Zehntel niedriger. Der Anteil  
sorbierter H- und Aluminium-Ionen an der KAKeff ist jedoch gerin-  
ger. Der Haupt-Unterschied zu YZ besteht aber darin, daß bei WN  
bis in große Tiefe eine beträchtliche Differenz zwischen KAKpot u. KAKeff  
besteht. Ließ sich diese bei YZ noch als Abnahme der pH-variablen  
Ladung, besonders des Humus deuten, so ist dies bei WN wegen der  
Größe des Betrags und wegen des Tiefganges dieses Effektes nicht  
mehr möglich.

Anders als bei WN ist die Kaolinit-Dominanz unter den Ton-  
Mineralen (Tab. GIV) und dementsprechend eine um ca. 40 % gerin-  
gere KAK pot. Der "Kalk-Bedarf" ist dementsprechend wesentlich  
geringer.

Auch in diesem Boden treten noch keine Al-Chlorite auf. Aus die-  
sem Grunde neigen wir auch nicht dazu, die Differenz KAKpot-KAKeff  
als durch PAHAK-Blockade verursacht anzusehen. Möglicherweise ist  
sie vielmehr Ausdruck für pH-variable Ladungen des Kaolinites.

Die Anwesenheit von Allophan als Ursache für größere pH—bedingte  
Differenzen KAKpot-KAKeff scheidet aus. Dazu sind auch in diesem  
Boden die nach Tab. 4.4 extrahierbaren Mengen an Al und Si zu ger-  
ring.

Aktueller Zustand der Austauscher-Belegung. Erdalkali-, Alkali-Ionen  
(Tab. 4.3.) Im Gegensatz zu Boden YZ ändert sich in Boden WN mit der  
Tiefe wenig in den prozentualen Anteilen der sorbierten Erdalkali-  
und Alkali-Ionen an deren Ionen-Summe. Ca bleibt bei ca. 50 %, Na

bei 27 %, Mg bei 14 %, und nur das K steigt von 8 auf 10 %, in den Ton-Infiltrations-Horizonten auf maximal 12 %. Dies erklärt sich aus der von YZ abweichenden Mineral-Verwitterung: Feldspäte machen im Substrat dieses Bodens 28 % der Summe Feldspat. + Glimmer aus. Im Boden YZ waren es nur 9 %.

Aktueller Humus-Zustand siehe YZ. Tab. GIII; H; 4.4

Rekonstruktion abgelaufener pedogener Teil-Prozesse (Tab. GI bis GIV.) Nach Tab. GI ist das Deck-Lehm-Material, welches das Solum gebildet hat, weniger homogen als im Boden YZ. Ist die Bilanzierung der Wandlungs- und Wanderungs-Prozesse somit auch ungenauer, so läßt sie sich doch bis in eine größere Tiefe, 170 cm, durchführen.

Tab. GII a) liefert wieder die rekonstruierte durchschnittliche Korngrößen- und Mineral-Arten-Zusammensetzung des Solums. Der Vergleich mit YZ zeigt im Gehalt an Schluff- und Feinsand-Mineralen:

Tab. EII	YZ	10.5 % Muscovite	1.3 % Biotite	1.0 % Feldspäte	0.9 % Kaolinit
Tab. GII	WN	8.2 % "	4.3 % "	4.9 % "	0.7 % " ,

d.h. einen höheren Biotit-Gehalt bei etwa gleicher Glimmer-Summe und einen wesentlich höheren Feldspat-Gehalt.

### Ton-Bildung

Der Betrag der Ton-Bildung im Al-Horizont ist, wenn man auf gleiche Horizont-Mächtigkeiten extrapoliert, mit 220 kg/m<sup>2</sup> nur wenig geringer gewesen als bei YZ. Im Bt<sup>v</sup>-Horizont ist er dagegen bei gleicher Horizont-Mächtigkeit mit 63 kg/m<sup>2</sup> etwas höher.

Die Feinsand- und Schluff-Feldspäte sind hier — im Gegensatz zu Boden YZ — bei der Ton-Bildung im Oberboden genau so stark angegriffen worden wie die Glimmer. Auch hier reicht der Feldspat-Abbau so tief in den Bt-Horizont hinein wie der der Biotite, d.h. tiefer als der Abbau von Muscoviten und Kaolinit. Er ist in dieser Tiefe jedoch etwas schwächer als der des Biotits gewesen — bei Boden YZ stärker.

Die von YZ abweichende Qualität der Verwitterung geht aus folgender Zusammenstellung hervor:

Boden	Tiefe	Summe verwitterbaren Glimmers, Feldspats und Kaolinitis im Feinsand und Schluff kg/m <sup>2</sup>	Verlust durch Abbau zu Ton	Verlust der Glimmer	Verlust-Anteil der Glimmer am Gesamt-Verlust
YZ	0- 85	331	257(78%)	71 %	91 % !
	85-140	129	21(16%)	12 %	71 %
	0-140	460	278(60%)	54 %	90 %
WN	3- 70	242	195(81%)	60 %	74 % !
	70-150	213	88(41%)	25 %	61 %
	3-150	455	283(62%)	44 %	70 %

Die Intensität der Verwitterung ist etwa gleich gewesen. Bei YZ sind oben die Glimmer, bei WN die Feldspäte etwas stärker verwittert. Aufgrund der unterschiedlichen Ausgangs-Zusammensetzung sind aber bei WN die Glimmer viel weniger am Umsatz-Volumen der Ton-Bildung beteiligt gewesen als bei YZ. Bei WN ist der neugebildete Ton zu großen Teilen aus den zerfallenen Feldspäten hervorgegangen.

Tab. GIV, rechts, zeigt dementsprechend einen größeren Zuwachs an Feldspäten, besonders aber Kaolinit, in der Ton-Fraktion, der aus vor-kaolinisierten Feldspäten stammen dürfte. Ca. 2/3 der abgebauten Feinsand- und Schluff-Feldspäte sind wie bei YZ in Kaolinit-Ton übergegangen.

Im Zuge der Ton-Bildung haben sich folgende Umverteilungen in der Feinsand- und Schluff-Fraktion ergeben: Die Mineral-Verluste erstrecken sich auf alle Korngrößen-Unterfraktionen. Nur beim Kaolinit ist eine geringe Zunahme in der Fraktion 20-6 µm Ø eingetreten. Die Biotite haben sich am deutlichsten in den größeren, die Muscovite in den feineren Fraktionen verringert.

Fe-Transformation Tab. GIII

Im Prinzip gilt Gleiches wie für Boden YZ, nur mit umgekehrtem Vorzeichen. Der neugebildete Ton besteht zu größeren Anteilen aus Illit und ist entsprechend dem höheren Ausgangs-Gehalt des Deck-Lehms an Biotit (4.3 %) reicher an Fe als der primär vorhandene Ton.

Ton-Verlagerung Tab. GIV

Das Ausmaß der Ton-Verlagerung ist um etwa 30 % geringer als bei Boden YZ. Doch ist auch die Summe an primär vorhandenem und neu-gebildeten Ton geringer gewesen. In YZ sind 37 % dieser Summe, in WN 46 % verlagert worden.

Die Eindring-Tiefe der Infiltration ist etwas größer. Die maximale Ton-Anreicherung sitzt auch im tieferen Bt-Horizont, erreicht aber nicht den Betrag wie bei YZ und führt auch nicht zu einer derartigen Verdichtung.

Eine selektive Verlagerung — mit Ausnahme der Zurückdrängung von Illit, Kaolinit und Quarz — ist ebenso wenig wie bei Boden YZ zu beobachten.

Ton-Umwandlung siehe Boden YZ

Folge-Prozesse siehe Boden YZ

Ökologisch-landwirtschaftliche Parameter siehe Boden YZ

Tab. G:

**Kurz-Tabelle zur Morphologie und Genese von Boden WN**

(Ausführliche Tabellen siehe Anhang 4.1 bis 4.7)

PROFIL WN (W-Terrasse, N Nord-Einschnitt)

LAGE: Einschnitt der Carretera Marginal-Naciente Rio Sangapilla in den Vorsprung der W-Terrasse. Aufschluß 570 m über dem Meer, 30 m Entfernung von der Oberkante der Böschung zur 10 m tiefer gelegenen Z-Terrasse. -- Punkt WN auf Karte 6

Gelände-Oberfläche: Ebene Oberfläche 4.5 m über einem Grundwasserspiegel

Bewuchs: 4-jähriger Purma-Aufwuchs nach 2-jährigem Anbau annueller Kultur-Pflanzen, nach Urwald-Rodung

Schichtung: 2m Lehm ohne erkennbare Schichtung, ab 1 m Tiefe wenige kleine Steine  
2.0-3.3 m sandiger Lehm mit beigemischtem Kies  
> 3.3 m grusig zersetzte Schotter (Kies mit Grus-Sand)

BENENNUNG: KAB: Sauerbraunerde mit Tondurchschlämmung bis Saure Parabraunerde

FAO: ORTHIC (HELVIC) ACRISOL

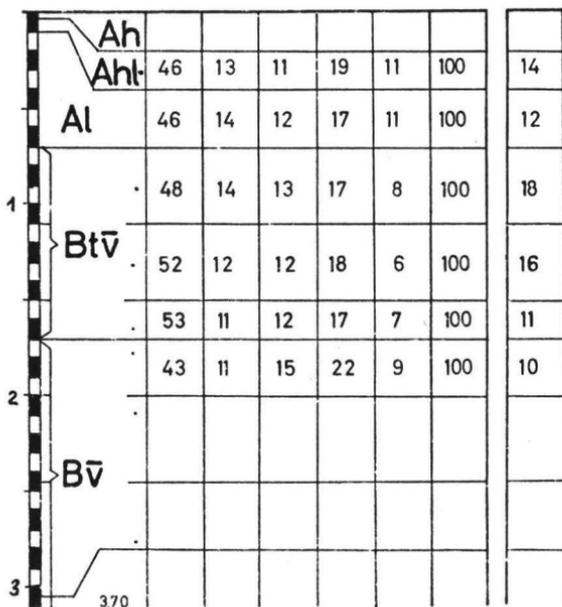
USA: TYPIC TROPUDULT

FR : Sol ferrugineux tropical

VERTEILUNG DER QUARZ-KORNGRÖSSEN, Angaben in % der Quarz-Mengen-summe 200 - 2 um Ø. Der Ton-Quarz ist auf 100 % der Quarz-Mengen-summe 200 - 2 um Ø bezogen.

**GI**

m	HORIZONT	200- 63	63- 36	36- 20	20- 6	6- 2	200- 2	<2	µm
---	----------	------------	-----------	-----------	----------	---------	-----------	----	----



**G II** PROFIL WN.- Ausgangs - Korngrößen - und Mineralarten - Zusammensetzung des oberen bodenbildenden Abschnittes (0-170 cm Tiefe) vor der Boden-Bildung.- Berechnet aufgrund von Quarz-Verteilung, Zusammensetzung von Schicht/Horizont 150 - 200 cm u. Ton-Bilanz.  
Angaben in % des "gereinigten", d.h. Fe-, Mn-oxid- und humusfreien Boden-Materials abzüglich S-Minerale, opake Minerale.-

KORN- KLASSEN µm Ø	% Ges.- Bod. (gerei- nigt)	QUARZ	3-u.4-SCHICHT SILIKATE						FELD- SPÄTE	KAO- LINIT
			MUS- CO- VITE	BIO- TITE	Mg- CHLO- RIT	VER- MI- CU- LIT	MONTMO- RILLONITE (SMECTITE)			
			MICA / ILLIT				I	II		
> 200	34	34	—	—	—				—	—
200 - 63	22	17	0,9	1,5	0,3				2,2	—
63 - 36	6	4	0,3	0,7	0,1				0,7	0,1
36 - 20	8	5	0,4	0,9	0,1				1,4	0,3
20 - 6	10	6	2,5	0,9	0,1				0,3	0,2
6 - 2	7	2	4,1	0,3	0,1				0,3	~
< 2	13	2	1		1	0,1	0,7	1,0	0,2	6,8
<b>GESAMT</b>	<b>100</b>	<b>70</b>	14		2	Sp	1	1	5	7
			16						12	

(SAUER) BRAUNERDE mit TON - DURCHSCHLÄMMUNG → (saure) PARABRAUNERDE

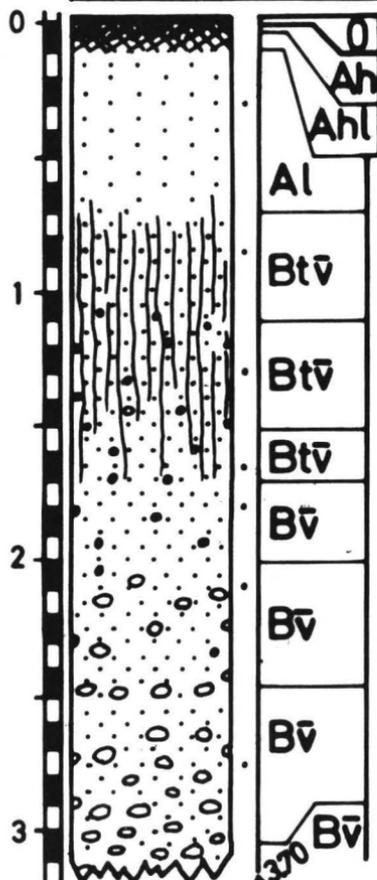
W - TERRASSE

ÖCHRIC CAMBISOL → HELVIC ACRISOL

STUT KÖ HU

Fe + Mn Fed. % Ox. Ton

WN SANGA-PILLA-STRASSE N-EINSCHNITT



AUFLAGE - HUMUS		ST	UT	KÖ	HU	Fe + Mn Ox.	Fed. % Ton
dunkelgrau - braun	sehr dünne gelbl.-rote Fe-oxid-Abscheidungen an Wurzelgängen				46	5.7	5
braun → dunkelbraun		51	27	22	SL	1.6	5
sehr blaß-braun		48	28	24	sL	0.9	5
hellgelblich - braun bis gelblich - braun		46	26	28	stL	0.6	2.1
hellgelblich - braun		48	27	25	stL ↓ SL	0.4	1.4
hellgelblich - braun		50	25	17	IS	0.3	1.1
hellgelblich - braun		52	29	19	sL	0.3	1.0
bräunlich - gelb						0.3	
hellgelblich - braun						0.3	
hellgrau	einzelne, sehr kleine hellrote Adern					0.1	

G III

HOR	pH		H + Al %	KAK pot. KAKeff.	H + Al %	kg			e m <sup>2</sup> vor Ver- lagerg.	umge- lagert	MINERAL-VERLUST im fS u.U in % der MINERALE.....					TIEFE cm	HORIZONT	MINERAL	kg TONMINERAL/m <sup>2</sup>				
	H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>				prim. vorh.	gebild.	neu			MUS COV.	BIO TIT	FELD SPAT	KAO	LIN.				1+2 +3 +4	prim. vorh.	neu gebild.	- Abf. + Zuf.	bleben
0	Ah	4.2	3.6	26	66	75											QU	21	2	- 4	19	17	
	Aht	4.6	4.0	37	55	82	14	22	36	-15	84	96	82	25	84		ILL	11	46	-17	40	30	
0	Al	4.9	4.0	44	47	81	122	173	295	-91	73	98	84	29	80	0-70 cm	CHL	6	12	- 8	10	44	
																	VER	1	22	-11	12	48	
0		4.9	4.0	51	37	81	69	66	135	+25	39	92	68	0	59	70-170 cm	MOI	7	16	-7	16	30	
																	MOII	10	46	-21	35	38	
1	Bt <sub>v</sub>	4.9	4.0	53	37	84	67	22	99	+61	0	60	54	0	22	70-170 cm	FEL	2	18	-11	9		
																	KAO	78	33	-27	84	24	
1		4.5	4.1	59	27	81	30	0	30	+20	0	0	0	0	0	70-170 cm	QU	27	0	+ 4	31		
																	ILL	13	17	+17	47		
2	B <sub>v</sub>	4.8	4.0	49	38	79	Sum - verla- gert kg	-106 (32%)								70-170 cm	CHL	7	9	+ 8	24		
																	VER	2	3	+11	16		
2		4.8	4.0	62	23	80	neu gebild. kg	195 (59%)	331 (100%)							70-170 cm	MOI	8	9	+ 7	24		
																	MOII	12	14	+21	47		
3	3.70	5.2	3.9	76	10	85	prim. vorh. kg	136 (47%)	302 (100%)							70-170 cm	FEL	3	0	+11	14		
																	KAO	94	36	+27	157		

# GIV

Tab. H: N-FRAKTIONEN (Angaben in $\mu\text{g N/g}$ Boden)						
N-FRAKTIONEN	Y-TERRASSE FLUVIALER DECKLEHM		W-TERRASSE FLUVIALER DECKLEHM- CARRETERA SANGAPILLA, N- EINSCHNITT			MESOZ. GESTEIN CERRO COPAL KALK- STEIN Verwit- terungs- lehm
	ZIEGE- LEI OAh 0-15 cm	AGUA- JAL Min. Ober- boden	Auflage- Humus 3-0 cm	Ah 0-3 cm	Ah1 3-10 cm	
NITRAT-N	3	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Austauschb.- AMMONIUM-N	24	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Fixiertes AMMO- NIUM-N total	203	420	n.b.	n.b.	137	273
Fix. AMMONIUM- N hydrolys.	97	98	n.b.	n.b.	53	60
Fix. AMMONIUM- N nicht-hydro- lysisierbar	106	322	n.b.	n.b.	84	213
Gesamt-AMMONIUM -N im Hydrolysat	187	908	1301	341	189	483
AMINOZUCKER-N im Hydrolysat	95	158	790	50	21	99
AMINOSÄURE-N im Hydrolysat	597	1943	8974	1053	330	1522
Echtes AMID-N im Hydrolysat	66	157	656	84	29	154
Pseudo-AMID-N im Hydrolysat	0	653 <sup>x)</sup>	n.b.	n.b.	107 <sup>x)</sup>	269 <sup>x)</sup>
Rest-N im Hydrolysat	581	607 <sup>xx)</sup>	n.b.	n.b.	248 <sup>xxx)</sup>	1634 <sup>xxx)</sup>
Hydrolysierb. org. geb. N	1339	3518 <sup>xxx)</sup>	n.b.	n.b.	735 <sup>xxx)</sup>	3678 <sup>xxx)</sup>
N-Menge total im Hydrolysat	1463	3616	11592	2069	788	3738
Nicht hydrolys. heterozyklisch org. geb. N	272	1162	n.b.	n.b.	228	249
N-Menge total	1841	5100	19200	2500	1100	4200

x) Dieser Wert fällt um die nicht bestimmte austauschbare AMMONIUM-N-Menge zu hoch aus.

xx) Dieser Wert fällt um die nicht bestimmte NITRAT-N-Menge zu hoch aus.

xxx) Dieser Wert fällt um die nicht bestimmte austauschbare AMMONIUM- und NITRAT-N-Menge zu hoch aus.

Tab. I: Zusammensetzung der Grundfraktionen AS und AZ aus den verschiedenen Aminosäuren und Aminoszuckern (Angaben in µg AS- bzw. AZ-N / g Boden)

Aminosäuren	Y-TERRASSE FLUVIALER DECKLEHM		W-TERRASSE FLUVIALER DECK- LEHM-CARRETERA SANGAPILLA, N- EINSCHNITT			MESOZ. GESTEIN KALK- STEIN VERW. LEHM Junge Ausssp.
	ZIEGE- LEI Ah 0-15 cm	AGUA- JAL Min. Ober- boden	Auflage Humus 3-0cm	Ah 0-3 cm	Ah1 3-10 cm	
Asp	56	171	736	95	34	185
Thr	38	106	1169	78	39	155
Ser	52	112		79		
Glu	83	141	577	72	24	122
Pro	31	98	744	67	14	87
Gly	60	216	791	112	41	235
Ala	43	167	711	86	29	138
Val	21	101	297	52	16	69
Ile	16	66	323	38	10	50
Leu	22	90	583	54	15	70
Tyr	5	127	652	11	2	40
Phe	14	47	220	27	9	37
β-Ala	11	60	0	17	18	34
Lys	65	220	738	96	34	149
His	26	78	407	69	16	48
Arg	53	908	1026	100	28	138
Glukosamin	56	102	580	41	13	50
Galaktosamin	39	56	210	9	8	48

## 9 BODEN DER U - TERRASSE

### 9.1 ANORDNUNG IN DER LANDSCHAFT

Auf der Karte 6 tritt der Rio Sangapilla zwischen TS und UD aus seinem in die steile Treppe der Ausräumungs-Terrassen Q, R, S, T, U gekerbten Tal auf die sich trichterförmig erweiternde Ebene Y aus. Hier wird an mehreren Stellen, z.B. TS (Abb. 7), UD, ferner an der Brücke zwischen TS und UD, auch östlich der Einmündung des zwischen TS und WN einmündenden Seiten-Baches, in den Terrassen-Stufenböschungen ein in unterschiedlicher Höhe geköpfter roter und darunter fleckiger Boden angeschnitten.

Dieser Boden ist nicht in den Phasen der jüngeren pleistozänen Ausräumung der älteren Schotter- und Lehm-Füllung des Tales gebildet worden, sondern schon während der älter-pleistozänen Phase der Sediment-Akkumulation in einer Zwischenepoche geomorphologischer Ruhe. Seine stratigraphische Stellung wird aus Abb. 8 deutlich. Nur bei UD war während einer der jüngeren Phasen der Ausräumung auf dem Niveau U ein größeres Areal dieses fossilen Bodens freigelegt worden, so daß hier der falsche Eindruck entstehen kann, es handele sich um eine "in situ"-Bildung auf der Terrasse U.

Die Böden dieses Niveaus sind — vgl. Abb. 8 — stellenweise aus Zwischen-Lehmen, stellenweise — so bei UD — aus rotbraunem Ton-Silt-Gestein hervorgegangen, das hier aufragte. Sie sind an den beobachteten Stellen ihres Auftretens geköpft und anschließend durch eine Schutt-Decke, geröllführenden Lehm, schluffige Stillwasser-Sedimente (vgl. TS, Abb. 7) oder fluviale Deck-Lehme (hier: "Zwischen-Lehme") fossilisiert worden.

### 9.2 MORPHOLOGIE UND GENESE

Korngrößen-Analyse (Tab. K), Mineralarten-Analyse (Tab. 5.2.1 u. 5.2.2) und NaOH-lösliches Si (Tab. 5.4) zeigen, daß die Horizonte ISO, IIISw und IIISw zusammengehören. Sie sind aus dem bräunlich-roten Ton-Silt-Stein hervorgegangen, dessen ursprüngliche Farbe noch in der Grundfärbung des Horizontes IIISw zu erkennen ist. Dieses Material wurde bereits im Kapitel "Sedimentologischer Vergleich der Deck-Lehme" (6.3.4) und "Böden der Z-Terrasse" (7) als ein mögliches Ausgangs-Material für die Z-Flutlehme beschrieben.

Der Horizont IISw ist dagegen sandig und hat in der Korn-Fraktion 200 - 2  $\mu\text{m}$   $\emptyset$  48 % Muscovit bei nur 36 % Quarz — gegenüber den anderen 3 Horizonten mit 14 - 23 % Muscovit und 69 - 78 % Quarz.

Man kann daher wohl annehmen, daß hier vor der Boden-Bildung auf dem Ton-Silt-Stein ein Deck-Lehm abgelagert worden ist, der später in die Boden-Entwicklung mit einbezogen wurde. Nach einer Phase mit schwacher Abtragung des Bodens — um welchen Betrag ist fraglich — wanderte von einem höheren Punkt der damaligen Oberfläche wieder ein Boden-Material auf den geköpften Boden, das nur aus dem Silt-Stein gebildet war und — betrachtet man den höheren Humus-Gehalt — vermutlich einen oberflächennahen Eisenoxid-Anreicherungs-Horizont dargestellt hatte.

Um welchen Boden-Typ es sich bei diesem Paläo-Boden gehandelt hat, ist wegen der genannten Störungen schwer zu rekonstruieren. Die Verwitterung der im Ausgangs-Material enthaltenen Minerale ist jedenfalls sehr schwach. Weder bei den Schluff-Biotiten noch bei den Schluff-Feldspäten ist eine von unten nach oben gerichtete relative Abnahme und beim Kaolinit keine relative Zunahme festzustellen.

Der Sprung im Ton-Gehalt zwischen IIISw und IIISwd ist sicherlich sedimentär-petrographischen Ursprungs.

Das Gefüge läßt auch keine Rückschlüsse auf die frühere Pedogenese zu, da alle Horizonte unter den Deck-Schichten völlig kompaktiert sind. Die Trocken-Dichte (Tab. 5.4) steigt von oben nach unten von 1.56 auf 1.77.

Einziges genetisches Merkmal ist die von unten nach oben zunehmende, d.h. im IIISw nur die Flecken erfassende, darüber den ganzen Horizont IIISwd bleichende Abfuhr von Eisen unter Staunässe-Bedingungen mit Zug des Hangwassers und vermutlich lokal konzentrierter Abscheidung des mobilisierten Eisens in Oberflächen-Nähe.

In diesem lagenmäßig nicht mehr rekonstruierbaren oxidativen Gley-Pseudogley-Fe-Anreicherungs-Horizont dominierte die Bildung von Hämatit.

Der heutige Zustand der Azidität unter einem in der Lehm-Decke darüber ausgebildeten Acrisol, auch die Ionen-Belegung, brauchen nichts mehr mit der Paläogenese dieses Bodens zu tun zu haben. Wir wollen sie — wegen ihrer weitgehenden Ähnlichkeit mit der der sonstigen Oberflächen-Böden, den Acrisols, hier nicht weiter behandeln.

Tab. K:

Kurz-Tabelle zur Morphologie und Genese von Boden UD

(Ausführliche Tabellen siehe Anhang 5.1 - 5.4)

PROFIL UD (U-TERRASSE, TON-SILT-STEIN-DURCHTRAGUNG)

LAGE: Aufschluß beidseitig der in die U-Terrasse einschneidenden Verbindungsstraße Acceso Asseradero Bruckmann zwischen Carretera Marginal-Naciente Rio Sangapilla und Carretera Marginal 5.5 km SE von Aucayacu. Punkt UD auf Karte 6, 600 m über dem Meer, ca. 10 m von Böschungskante zur V-Terrasse,

Gelände-Oberfläche: geneigt nach NW, 2 %

Bewuchs: 4-jähriger Purma-Aufwuchs nach 2-jährigem Anbau annualer Kultur-Pflanzen, nach Urwald-Rodung

Schichtung: Deck-Lehm überdeckt einen geköpften Boden. Dieser ist aus einer Schichtfolge 1T über suL über mazeriertem mesozoischen Tonstein hervorgegangen und stammt vermutlich aus einer interglazialen Stabilitätsphase während der älterpleistozänen Ausfüllung des Tales

BENENNUNG: KAB: Rotplastosol  
FAO: RHODIC FERRALSOL  
USA: TROPEPTIC HAPLORHIX  
FR : Sol ferrallitique

III Swd  
III Sw

KORN - KLASSEN µm Ø	%. Ges.- Bod. (gerei- nigt)	QUARZ	3-u.4 - SCHICHT SILIKATE						FELD- SPÄTE	KAO- LINIT
			MUS - CO - VITE	BIO - TITE	Mg - CHLO - RIT	VER - MI - CU - LIT	MON TMO - RILLONITE (SMECTITE)			
			MICA / ILLIT				I	II		
> 200	1									
200 - 63	5	4	+	+					+	
63 - 36	3	2	+	+				+	+	
36 - 20	7	6	+	+					+	
20 - 6	14	10	2	+					2	
6 - 2	13	9	3	+					+	
< 2	57	16			5	1	8	6	6	
<b>GESAMT</b>	<b>100</b>	<b>47</b>	<b>14</b>		<b>5</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	
			<b>34</b>						<b>15</b>	
> 200	2	2								
200 - 63	10	8	0.5	0.2					0.6	
63 - 36	10	8	0.5	0.7					0.5	
36 - 20	20	17	1.4	0.4				0.1	0.8	
20 - 6	13	5	4.3	0.4					2.4	
6 - 2	10	6	3.7	0.4					+	
< 2	35	8	7		2	+	4	5	4	
<b>GESAMT</b>	<b>100</b>	<b>54</b>	<b>20</b>		<b>2</b>		<b>4</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	
			<b>31</b>						<b>13</b>	

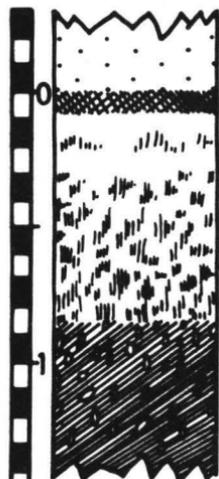
**RÖTPLASTOSÖL, geköpft, fossil**

UD ACCESO ASSERADERO

**U-TERRASSE**

**RHODIC FERRALSÖL, truncated, fossilized**

TON-SILT-STEIN-DURCHTRAGUNG +)



		KÖRNU NG				HU %	Fe+ Mn Ox %	Fe % TON	p H		H + Al % KAK pot	KAK pot -KAK eff	H + Al % KAK eff
		S	U	T	KÖ				H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>			
I So	homogen rot	5	40	55	IT	0.7	27	30	5.3	4.1	56	38	91
II Sw	gefleckt : hell rötl. - braunes Band auf hellgrau	42	40	18	suL	0.1	0.6	2	5.0	4.0	85	2	86
III Swd	gefleckt blaß-rot und hellrötl. braun auf rosa-grau	6	36	58	IT	0.1	0	0	5.2	3.9	90	4	93
III Sw	gefleckt weiß auf bräunlich-rot	12	53	35	utL	0.1	1.6	3	5.3	3.9	44	49	87

+ ) RÖNTGEN - ANALYSE :

Hämatit ist deutlich anhand der Reflexe 2.70++ , 2.20+ und 3.67 Å nachzuweisen. Schätzungsweise macht er die Hälfte der 2:1 Tonminerale aus, so daß fast die gesamte Menge der Eisenoxide als Hämatit angesetzt werden kann.

Die Benennung dieses Bodens ist insofern schwierig, als solche Böden in Form intakter holozäner Bildungen so gut wie unbekannt sind, und in der Nomenklatur reliktsische und aktuelle Merkmale zusammengeworfen werden. Meist sind die nomenklatorisch relevanten "oxic B-Horizonte" durch Umlagerung und eine dadurch bedingte farbliche Homogenisierung entstanden. Das ist auch in der Landschaft der Fall gewesen, in der sich unser Boden entwickelt hat. Weitaus häufiger trifft man statt dieses klar gegliederten Flecken-Profils homogene dunkelrote B-Horizonte. Dies meint sicherlich die FAO-Legende mit Rhodic Ferralsol. Deswegen haben wir uns auch unter Minderbewertung der offensichtlichen Gley-Merkmale für diesen Begriff entschieden.

Gleiche Voraussetzungen machen wir auch für die Benennung nach der Soil Taxonomy geltend, wobei wir einige Rekonstruktionen vornehmen müssen, die analytisch nicht abzusichern sind, weil diese Böden im Untersuchungs-Gebiet so gut wie nie ohne eine junge Lehm-Decke von wenigen dm Dicke an aufwärts vorkommen.

## 10 B O D E N D E R Q - T E R R A S S E

### 10.1 A N O R D N U N G I N D E R L A N D S C H A F T

Die roten Böden des höchsten relikten fluvialen Niveaus in unserem Kartier-Gebiet scheinen nach ihrem morphologischen Habitus eine ähnliche Paläogenese durchlaufen zu haben wie der vom U-Niveau her beschriebene tiefer gelegene, aber ältere Boden.

Es ist uns wegen der geringen Verbreitung der Flächen-Relikte von Q nicht klar geworden, ob dies die höchste Akkumulations- oder schon die höchste Ausräumungs-Ebene des von uns untersuchten Abschnittes des Huallaga-Tales ist.

An der ausgewählten Profil-Stelle QS hat die Oberfläche des aufragenden Siltstein-Plateaus Mulden mit Huallaga-Schotter. Über diesen und den Silt-Stein hinweg zieht sich eine alte bis zu 2 m starke und ursprünglich wohl auch nicht viel stärker gewesene Flutlehm-Decke, in der das Boden-Profil ausgebildet worden ist.

Auch dieser rote Boden ist sicherlich in Oberflächen-Nähe lateral ein wenig umgelagert und dadurch in seiner roten Hämatit-Färbung homogenisiert worden. Er ist aber nicht so stark abgetragen wie UD, sondern vermutlich etwa in voller Mächtigkeit erhalten geblieben.

Seine Obergrenze bei 0 ist scharf und durch eine unzusammenhängende Geröll-Lage markiert. Darüber folgt ein lockerer gelbgrauer Deck-Lehm, der an der Basis noch Geröll führt, sich aber weiter oben nicht von den Deck-Lehmen der jüngeren Ausräumungs-Niveaus unterscheidet.

Immerhin ist auch der rote Boden QS infolge dieser Überlagerung recht kompakt. Die Trocken-Dichte seiner Horizonte liegt bei 1.66 (Tab. 6.4).

Der erhalten gebliebene wirklich deckenhafte Charakter des roten Bodens auf den Relikten der Q-Terrasse und die durchgehend konkordante Lagerung des jüngeren Deck-Lehms mit nur wenig basalem Geröll erwecken den Eindruck, daß der Boden QS tatsächlich die Wende von der Akkumulation zur Ausräumung des Tales markiert, und daß am Ende der Phase der Boden-Bildung der Beginn der insgesamt etwa 130 m tief greifenden jünger pleistozänen Ausräumung der Tal-Füllung beginnt.

Leider ist über die Bedingungen der Entstehung solcher Böden zu wenig bekannt, um Rückschlüsse auf Klima und Vegetation während der Zeit ihrer Entstehung zu ziehen und diese mit den Bedingungen der Entstehung der heutigen Acrisols zu vergleichen. Grund- oder Stauwasser war der Marmorierung zufolge sicher vorhanden, und das heißt sicherlich auch ein feuchtes Klima. Möglicherweise herrschte aber saisonal ein stärkerer klimatischer und damit hydrologischer Feuchte-Wechsel.

## 10.2 MORPHOLOGIE UND GENESE

Das fossile Boden-Profil ist über seine gesamte Mächtigkeit von 150 cm durch eine so ungewöhnliche mineralogische und Korngrößenmäßige Homogenität seiner Horizonte gekennzeichnet, daß es eindeutige bodengenetische Aussagen gestattet.

Diese Homogenität erlaubt es, in der Kurz-Tabelle nur den obersten und den untersten Horizont aufzuführen.

Außer dem nur unbedeutend höheren Humus-Gehalt in den oberen Horizonten und einer geringen Umverteilung Vermiculit → Montmorillonit ist dieser Boden lediglich durch die — allerdings beachtliche — aufsteigende Umverlagerung von freiem Eisen (-oxid) gekennzeichnet. Die Anreicherung von Eisenoxid im Oberboden ist — im Gegensatz zu UD — nicht ausschließlich in Form von Hämatit,

Tab. L:

Kurz-Tabelle zur Morphologie und Genese von Boden QS  
(Ausführliche Tabellen siehe Anhang 6.1-6.5)

PROFIL QS (Q-TERRASSE, SCHEITELPUNKT)

LAGE: Einschnitt der Carretera Marginal-Naciente Rio Sangapilla in Q-Terrasse, am Scheitelpunkt dieser Straße, Aufschluß 665 m über dem Meer, Punkt QS auf Karte 6  
Gelände-Oberfläche: Leicht nach W geneigt, 2 %  
Bewuchs: 3-jährige Kaffee-Plantage nach 1-jährigem Anbau annueller Kulturpflanzen nach Urwald

SCHICHTUNG: Durch jüngeren Deck- bzw. Hanglehm (ca. 1.5 m) mit basaler Steinsohle fossilierter roter, gefleckter Boden aus 1.5 m fluvialem Lehm darunter dichter Ton-Siltstein-Zersatz bzw. älterer Lehm

NAME: KAB: Roterde → Rotplastosol  
FAO: FERRALIC CAMBISOL → ORTHIC FERRALSOL  
USA: OXIC DYSTROPEPT → TYPIC HAPLORTHOX  
FR : Ferrisol sp. → Sol ferralitique

So										
Sw										
KORN- KLASSEN µm	% Ges.- Bod. (gerei- nigt)	QUARZ	3- u. 4 - SCHICHT - SILIKATE					FELD- SPÄ- TE	KAO- LINIT	
			MUS- CO- VITE	BIO- TITE	Mg- CHLO- RIT	VER- MI- CU LIT	MONTMO- RILLONITE (SMECTITE)			
			MICA / ILLIT				I			II
> 200	16	16								
200-63	29	29								
63-36	6	6	0.2	+						
36-20	9	8	0.1	+					+	
20-6	6	5	0.4							0.1
6-2	4	2	1.0	0.1					+	+
<2	30	5	3		3	1	5	7	2	4
<b>GESAMT</b>	<b>100</b>	<b>71</b>	5		3	1	5	7	2	4
			21					6		
> 200	17	17								
200-63	30	29								
63-36	6	6	+	0.1					+	+
36-20	8	7	0.3	0.1					+	+
20-6	6	5	1.0	+						+
6-2	5	2	2.4	0.3						+
<2	29	5	4		2	3	3	5	4	3
<b>GESAMT</b>	<b>100</b>	<b>71</b>	8		2	3	3	5	4	4
			21					8		

RÖTERDE → RÖTPLASTOSOL

QS SCHEITELPUNKT der  
CARRETERA SANGAPILLA

Q-TERRASSE

FERRALIC CAMBISOL → ORTHIC FERRALSOL

	HANG- u. DECK- LEHM	rötlich gelb	KÖRNRUNG				HU %	Fe+ Mn Ox %	Fe % TON	pH		H + Al %	KAKpot -KAKeff KAK pot	H + Al % KAKeff	
			S	U	T	KÖ				H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>				
0	So	homogen rot	Schwamm- gefüge aus Subpedalen	50	22	28	stL	0.3	5.3 +)	12	5.1	4.0	85	5	90
	Swo	wenige kleine röt- gelbe u. hellgraue Flecken auf rot	Kompakt - Gefüge	51	23	26	stL	0.3	2.8	7	5.2	4.0	90	3	93
	Sow	Flecken-Mosaik gelbl.-rot, rot u. hellgrau. Geringe feine rote Sprengel		46	24	30	stL	0.2	2.7	6	5.3	4.0	91	1	92
1	Sw	viele mittelgroße rote Flecken auf Hellgrau		46	25	29	stL	0.2	0.9	2	5.2	4.9	90	1	91
	Sd	brauner zersetzter Siltstein													

+) Das Vorhandensein von Hämatit ist röntgenographisch nachzuweisen, für quantitative Angaben jedoch zu gering.

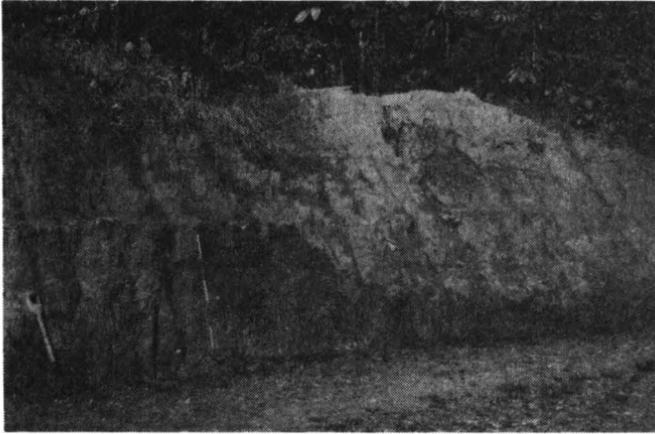


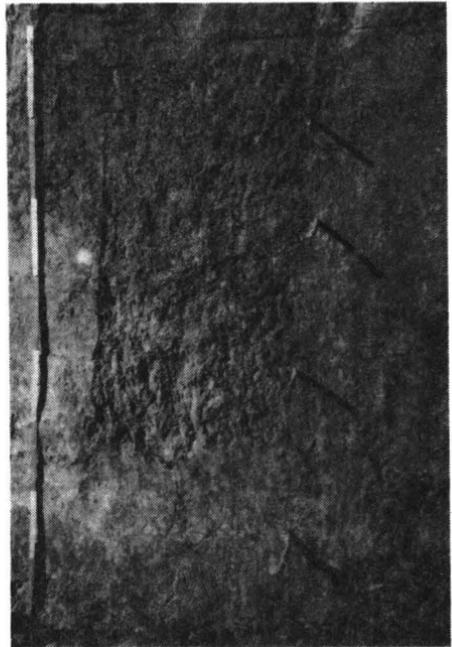
Abb. 16: Profil Q

Einschnitt der Carretera Marginal-Naciente Rio Sangapilla in die geröteten Deck-Lehne der Q-Terrasse.

Boden:

	Roterde → Rotplastosol
	Ferralic Cambisol →
	Orthic Ferralsol
	Oxic Dystropept →
	Typic Haplorthox
	Ferrisol sp. →
	Sol ferralitique

Der Q-Schotter-Körper reicht 1 - 2 dm über das Niveau des Weges. Der gerötete Deck-Lehm (fossiler Boden) reicht bis zum Oberende des Meßstabes. Darüber folgt ein an der Basis schwach Gerölle führender, nach oben immer mehr den Charakter von Löß annehmender Deck-Lehm, vermutlich Zeuge für wülm/wisconsin-zeitlichen Löß-Eintrag.



sondern zu beträchtlichen Teilen auch in Form von Goethit erfolgt (Bedeutung für die Namen-Gebung).

Die außer der Verlagerung von Eisen so gut wie auszuschließende Verwitterung von Mineralen des Solums hat nicht ihre Ursachen in der Abwesenheit leicht verwitterbarer Minerale. In der Kornfraktion 200-2  $\mu\text{m}$   $\emptyset$  finden sich neben 94 % Quarz, ca. 0.2 % Feldspäten und (nur!) 0.4 % Kaolinit immerhin 4 % Glimmer, von denen 0.35 % auf intakte Biotite entfallen.

Auch hier haben wir es also wieder mit einem bodenbildenden Deck-Lehm zu tun, der — ähnlich wie bei den jüngeren Lehmen TS gelb und TS grau (vgl. Tab. D<sub>2</sub>!) — eine "seifenartige" sedimentäre Anreicherung bestimmter Mineral-Arten ohne Herkunfts-Beziehungen zeigt. Dabei bleibt es unklar, ob diese bei der Bildung des Deck-Lehms, aus dem der Boden QS hervorgegangen ist, erfolgte Mineral-Selektion allein auf dem fluvialen oder lakustrinen Vorgang der Sedimentation zurückzuführen ist. Möglicherweise können diese Deck-Lehme aber auch Produkte wiederholter Verwitterung, Umlagerung und Sedimentation sein. Sicher haben sie in ihrer Entstehung nichts mit den vermutlich primär äolisch eingetragenen Deck-Lehmen der jüngeren Terrassen zu tun, zu denen auch der Deck-Lehm gehört, der heute das Profil QS begräbt.

Über die klimatisch-hydrologischen Bedingungen der Pedogenese dieses in seinem Entstehungs-Prozeß recht eindeutigen Paläobodens läßt sich nur spekulieren. Die Mobilisation des Eisens im Unterboden dürfte unter saisonaler Sättigung der versuchsweise mit Sw und Sow bezeichneten Horizonte durch vertikal und lateral eindringendes Sickerwasser erfolgt sein. Sie ging von Wurzelbahnen aus, deren ehemaliges, jetzt völlig durch Boden-Material ausgefülltes Lumen gebleicht ist. Der unterlagernde Silt-Stein wurde von diesem Prozeß nicht mit erfaßt.

Eine solche Mobilisation von Eisen im Unterboden wie auch das Abscheiden von Eisenoxiden in Form von Goethit und Hämatit in den zwischen den Bleich-Bahnen liegenden Peds läßt sich am ehesten noch mit Vorgängen vergleichen, wie sie von bestimmten Formen der Pseudogleye her bekannt sind: Nach starker saisonaler Austrocknung des Solums ein Eindringen des Niederschlags-Wassers auf den Leitbahnen unter Herauslösen von Fe-mobilisierenden Extrakten lebender und abgestorbener Wurzeln. Dadurch Bleichung der Leit-

bahnen und Transport des gelösten Fe aus den Leitbahnen in die noch trockenen und daher Luft-führenden Peds. Dort Präcipitation des Fe als Goethit bzw. Hämatit.

Der vertikal nach oben gerichtete Lösungs-transport des Fe setzt demgegenüber einen Mechanismus voraus, wie er für Gleye angenommen wird. Möglicherweise führte die dargelegte Aufsättigung des ausgetrockneten Bodens bis zu einer völligen Sättigung des durchwurzelten Unterbodens mit Wasser. Aus diesem Horizont stieg dann vermutlich mit dem Beginn der Trockenzeit das Fe-Ionen enthaltende Wasser kapillarnach oben, wo es zur Anreicherung von Fe-Oxiden kam.

Wie dieses geschah, ist morphogenetisch nicht zu deuten. Im Gegensatz zu europäischen Gleyen, die im Go-Horizont Fe-oxid-Abscheidungen um Wurzel-Hohlräume herum aufweisen und damit einerseits eine wesentliche Beteiligung der Wurzeln an der "Hebung" des Wassers, andererseits die Bedeutung Luft-führender Leitbahnen für Abscheidung und Wanderungs-Gefälle der Eisen-Ionen anzeigen, verschwindet im Boden QS die Leitbahn-Marmorierung von unten nach oben und weicht einem homogen rotbraunen Oberboden.

Mehrere Möglichkeiten der Deutung bleiben offen. Entsteht das im Oberboden angereicherte Eisenoxid tatsächlich dem unteren Profil-Abschnitt oder ist es im Zustand der Sättigung des Bodens mit Wasser durch einen lateralen Lösungs-Strom angereichert worden, der sich im oberen Profil-Abschnitt bewegte? Ist die Abscheidung des Eisenoxids tatsächlich zunächst inhomogen um Leitbahnen herum erfolgt, und ist die homogene Färbung erst nachträglich durch eine Umlagerung eingetreten? Hat es sich um eine Gras-Vegetation mit wenigen Bäumen gehandelt, deren kapillares Wasserentzugsniveau dicht unter der Oberfläche gelegen hat, so daß darunter ein mächtiger Go-Horizont mit hauptsächlich kapillarem Wasser-Hub existiert hat? Der geringe Humus-Gehalt wäre möglicherweise ein Hinweis.

Unabhängig von diesen nicht zu beantwortenden Fragen läßt doch die Ausprägung des Bodens QS den Schluß zu, daß die klimatischen Bedingungen für seine Entwicklung anders als die heutigen permanent feuchten des tropischen Regenwaldes gewesen sind. Es muß sich vielmehr um ein wechselfeuchtes Klima mit einer ausgeprägten saisonalen Feucht-Trocken-Amplitude gehandelt haben. Es scheint

jedoch feucht genug für eine geschlossene Vegetations-Decke und damit für die geomorphologische Stabilität der damaligen Land-Oberfläche gewesen zu sein.

Die Benennung eines solchen, wenn auch markanten, so doch in seiner Genese undeutlichen, möglicherweise oberflächlich etwas umgelagerten oder auch verkürzten und dann begrabenen Paläobodens verursacht die bekannten Schwierigkeiten, zumal von oben her die Acrisol-Erscheinungen des heutigen Regenwald-Bodens durch das Deck-Sediment auf den alten Boden übergegriffen haben und die Einschneidung des Bach-Systems schon lange das ehemals feuchte Entstehungs-Milieu in ein gut gedräntes umgewandelt hat.

Da aber alle Nomenklaturen von der Ansprache des gegenwärtigen Zustandes ausgehen und hierbei die Beschaffenheit des roten Horizontes die wesentliche Rolle spielt, bleibt im vorliegenden Fall als sicher nur die Verwendung von "ox bzw. oxic" nach der Soil Taxonomy (53) bzw. "ferral, bzw. feralic" nach der FAO-Weltkarten-Legende (12). Nach den sonstigen differential-diagnostischen Kriterien nimmt der Boden heute eine Mittelstellung zwischen Inceptisol bzw. Cambisol und Oxisol bzw. Ferralsol ein. Die deutsche Benennung ist mangels weitergehender Kriterien völlig unzureichend. Auch in der französischen Systematik ist nur eine Zwischenstufe zwischen dem Ferrisol und den Sol ferralitique angebar.

## 11 B Ö D E N A U S K A L K S T E I N

Als Kontrast zu den durchweg sauren Böden des tropischen Regenwaldes der mit Lehm bedeckten Terrassen wurden — ebenfalls unter dem selben Typ des Regenwaldes — drei Böden aus Kalkstein ausgewählt, von denen zwei von der Oberfläche an, der dritte von 30 cm Tiefe an abwärts kalkhaltig sind.

### 11.1 ANORDNUNG IN DER LANDSCHAFT

Kalksteine kommen im Untersuchungs-Gebiet einmal in Form der durch- und aufragenden Kegel und Kämme von mesozoischem Basis-Gestein in den zentralen Teilen des Huallaga-Tales vor. Dazu ge-

hören in unserem Kartier-Gebiet (Karte 6) der Cerro San Pedro (P) und der Cerro Copal (C).

Das andere Verbreitungs-Gebiet sind die West-Hänge der Cordillera Azul. Hier wurden an zwei Stellen außerhalb des Kartier-Gebietes zwei Probenahme-Stellen gewählt, die nach Lage und Gesteins-Habitus derselben Epoche angehören dürften. Leider liegt noch keine geologische Detail-Kartierung vor.

Am Cerro Copal (C) wurde ein Boden unter unberührtem Urwald in 750 m Höhe, an der Cordillera Azul ein zweiter Boden unter einer 2-jährigen Bananenplantage (I) etwa 4 km südlich QS und an der Straße Tingo Maria → Pucallpa in einem Steinbruch am Paß El Boche im Übergangsbereich von der "montana templada" zum Ceja-Urwald mit Tillandsia in 1620 m Höhe ein dritter Boden (K) entnommen und analysiert.

#### 11.2 VERGLEICH DER KALKSTEINE UND IHRER LÖSUNGS-RÜCKSTÄNDE

Bei C und I handelt es sich um (reine) Kalksteine mit weniger als 7 Gew.- % Lösungs-Rückstand, bei K um Mergelkalk mit 13 % LR.

Kegel und Kamm von Cerro San Pedro und Cerro Copal zeigen eine recht starke Verkarstung ihrer massigen Kalke und eine ausgeprägte rötlich-braune Färbung (5 YR) ihrer in Taschen und Rinnen des Gesteins angehäuften Kalkstein-Lösungs-Rückstände. Diese Färbung beruht auf einem sehr hohen Gehalt an Eisenoxiden, möglicherweise Hämatit, wie er bei der Umfällung von Eisencarbonat zu Eisenoxid im Zuge der Karstverwitterung in allen Klimaten entsteht. Hinzu kommt ein ungewöhnlich hoher MnO<sub>2</sub>-Gehalt. Bezogen auf den Ton (80 % des LR) beträgt dessen Gehalt an (dithionitextrahierbarem) Eisenoxid 14 %, Manganoxid 0.8 %.

Alle drei Kalke sind arm an Mg-carbonat. Das Verhältnis von den am Ton sorbierten Ca- zu den Mg-Ionen ist größer als 15:1.

Im Gegensatz zu C handelt es sich bei I und K um dünnbankige bis plattige Kalke mit graubraunen (10 YR) bzw. gelblich braunen (2.5 Y) Lösungs-Rückständen. Die auf den Ton bezogenen Gehalte an Eisenoxid liegen nur bei 6.4 %, die Gehalte an MnO<sub>2</sub> bei 0.1 %.

C hat mit 79 % den höchsten Ton-Gehalt im Rückstand. Bei I beträgt er 59 %, bei K 47 (-68) %.

Rund die Hälfte ist davon bei C Montmorillonit, bei I und K 37 %. Kaolinit macht bei C 16, bei I und K nur 10 % des Tones aus. Dafür haben I und K 23 % Quarz, während C davon nur 7 % im Ton enthält. Der Rest sind andere Dreischicht-Tonminerale, Feldspäte und Mg-Chlorit.

In der Mineralarten-Zusammensetzung der Sand- und Schluff-Fractionen 200-2  $\mu\text{m}$   $\emptyset$  bestehen zwischen den Lösungs-Rückständen der drei Kalksteine folgende Unterschiede:

Mineral-Anteile in % der Korngrößen-Fraktion 200 - 2 $\mu\text{m}$ $\emptyset$							
Profil	Horizont	Quarz	Muskovit	Biotit	Feldspat	Kaolinit	
C	Ah	44.1	27.1 (45.3)	18,2	1.2	4.1	
I	Ap/ApBv	82.9	9,7	1.5	1.3	1.8	
	Kalk	91.9	3.9 (8,2)	1.2	0.8	1.9	
K	AhBv	71.4	11,5	0,9	13.4	0.6 +)	
	Bv	61,2	15.6 (13.9)	4.2	15.2	2.2 +)	
	Kalk	78.1	9.0	0.6	9.2	0.8 +)	

+ ) idiomorph ausgebildet

C enthält soviel Glimmer wie Quarz. Bei K ist der hohe Gehalt an Feldspäten auffällig. Bei Quarz und Feldspäten ist — besonders bei Vorliegen idiomorpher Kristalle — mit einer möglichen Neubildung bei Diagenese oder Lösungsverwitterung zu rechnen.

Der P-Gehalt der Kalksteine I und K ist offenbar gering. Im Rückstand wurden nur 1.4 bzw. 0.2 mg lactatlösliches P nach der DL-Methode bestimmt. Bei C dagegen wurde der ungewöhnlich hohe Betrag von 35.4 mg P/100 g Boden-Material ermittelt. Da es sich hier aber um eine Analyse von humosem Ah-Horizont-Material aus einer Gesteins-Tasche handelt, besteht die Möglichkeit einer (zoogenen?) Phosphat-Zufuhr.

### 11.3 RENSINA-BRAUNLEHM (I) UND TERRA FUSCA (C)

Makromorphologisch folgt die Entwicklung der aus Kalkstein hervorgehenden Böden im Huallaga-Tal der aus Mittel-Europa bekann-

Tabelle M: BELLA VISTA INFERIOR, FLANKE DER CORDILL. AZUL

Kurztabelle zu Morphologie und Genese von Boden I

(Ausführliche Tabellen siehe Anhang 7.1 - 7.4)

LAGE: Nordöstlich des Auslaufens der Carretera Marginal-Naciente Rio Sangapilla im Einzugsbereich des Rio Sangapilla, unterste Rippe der Cordill. Divisoria (Westl. Parallel-Höhenzug der Cordill. Azul), ca. 800 m über dem Meer, ca. 2 km SE der Karte 6  
Gelände-Oberfläche: SW-Hang, ca. 25° Neigung  
Bewuchs: 2-jährige Plantage (Bananen) nach Urwald

BODENBILDENDES GESTEIN: Mg-armer reiner Kalkstein, nicht  
verkarstend

BENENNUNG: KAB: Rendsina-Braunlehm  
FAO: EUTRIC CAMBISOL  
USA: ...?.. EUTROPEPT  
FR : Rendzine brune



HOR	FARBE GEFÜGE	S	U	T	Kö	CaCO <sub>3</sub> %	HU %	Fe+ Mn Ox %
Ap	dunkel grau- braun	5	36	59	IT	0.2	4.4	3.8
C	grau- braun	4	56	40	utL	93	-	

Fed %	pH H <sub>2</sub> O	H + Al %	KAKpot KAK <sup>-</sup> eff	H + Al %
TON	Ca- Cl <sub>2</sub>	%KAK pot	KAKeff	KAKeff
4	n.b	6.8	0	0

## Ap Ah(Bv)

KORN- KLASSEN µm	% Ges.- Bod. (gerei- nigt)	QUARZ	3-u.4-SCHICHT-SILIKATE					FELD- SPÄTE	KAO- LINIT	
			MUS- CO VITE	BIO- TITE	Mg- CHLO RIT	VER- MI CU LIT	MONTMO- RILLONITE (SMECTITE)			
			MICA / ILLIT			I	II			
>200	2									
200 - 63	3	2	+	+				+		
63 - 36	5	5	+	+				+	+	
36 - 20	8	7	1	+				+	+	
20 - 6	9	8	1					+	+	
6 - 2	14	11	2	+					+	
<2	59	14	3		5	8	8	15	4	2
<b>GESAMT</b>	<b>100</b>	<b>47</b>	<b>7</b>		<b>5</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>15</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
				<b>43</b>					<b>7</b>	

Tabelle N: CERRO COPAL, KALKFELS-DURCHGANG

Kurztabelle zur Morphologie und Genese von Boden C  
Rendzina-Terra fusca

(Ausführliche Tabellen siehe Anhang 7.1 - 7.4)

LAGE: Carbonatgesteins-Erhebung, Gipfel 225 m über Umgebung, 750 m über dem Meer, Bodenentnahme in ca. 600 m Höhe aus ca. 1 m tiefer Lehm-Tasche auf Felsabsatz, Punkt C in Karte 6

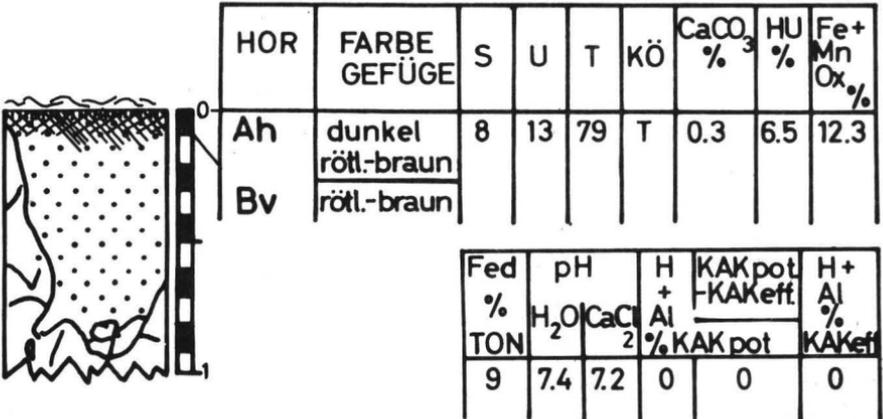
BODENBILDENDES GESTEIN: Mg-armer "reiner" Kalk, stark verkarstet

BENENNUNG: KAB: Terra fusca

FAO: EUTRIC CAMBISOL

USA: ...?... EUTROPEPT

FR : Rendzine rouge-brune



KORN- KLASSEN µm	% Ges- Bod. (gerei- nigt)	QUARZ	3-u.4-SCHICHT-SILIKATE						FELD- SPA- TE	KAO- LINIT
			MUS- CO- VITE	BIO- TITE	Mg- CHLO- RIT	VER- MI- CU- LIT	MONTMO- RILLONITE (SMECTITE)			
			MICA / ILLIT				I	II		
> 200	4	4								
200 - 63	4	2	+	1						
63 - 36	2	1	+	1					+	+
36 - 20	3	2	+	1					+	+
20 - 6	6	2	3	+					+	+
6 - 2	2	1	1	+					+	+
< 2	79	6	4		10	0	4	38	5	13
<b>GESAMT</b>	<b>100</b>	<b>18</b>	<b>12</b>		<b>10</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>38</b>	<b>5</b>	<b>13</b>
			64							<b>18</b>

ten Reihe: Mullartige Moderrendsina → Mullrendsina → Lehmrendsina → Braunlehmrendsina → Rendsinabraunlehm → Kalksteinbraunlehm (Terra fusca). Es mögen mikromorphologische Unterschiede, besonders in den Ah-Horizonten bei den Humus-Formen bestehen, die auf der möglicherweise andersartigen Boden-Fauna beruhen. Doch wurde hierauf bei den folgenden Untersuchungen nicht geachtet.

Die Anfangsglieder der Entwicklungsreihe, Mull- und Lehmrendsinen, wurden auf den Karst-Rippen des Cerro Copal beobachtet, aber nicht untersucht.

Der von uns untersuchte Boden mit der geringsten Entwicklungshöhe ist der Rendsina-Braunlehm (I) — siehe Tabelle M! Der A-Horizont — am Hang unter Bananen — ist ein Relikt des vor zwei Jahren (1972) gerodeten Urwaldes. Bei noch 0.2 %  $\text{CaCO}_3$  und entsprechend neutraler Reaktion sind 4.4 % Humus bis zu 10 cm Tiefe vorhanden mit einem  $C_t/N_t$ -Verhältnis von 10.

Bei C handelt es sich um eine Terra fusca rötlich brauner Farbe, die in einer mit Lösungs-Rückstand gefüllten Karst-Tasche des Kalksteins ausgebildet ist. Auch hier finden wir wie bei I im tieferen Teil des Solums Ton-Häutchen auf Klüften und Aggregaten. Sie zeigen Ton-Verlagerung an.

Doch ist in beiden Fällen, bei I durch mechanischen Eintrag aus höheren Hang-Partien bei der Rodung, bei C durch natürlichen Eintrag auf dem Wege der Infiltration, mit einer partiellen sekundären Kalk-Anreicherung in den oberen, ehemals sicherlich entkalkten Boden-Horizonten zu rechnen.

Auch bei C finden sich in dem rendsina-artigen Mull-A-Horizont bei 0.3 %  $\text{CaCO}_3$  und pH 7 ca. 6.5 % Humus, hier bis in 15 cm Tiefe, mit einem  $C_t/N_t$ -Verhältnis von 9. Tab. 7.4.1 und H liefern hierzu die Daten für den Boden-Stickstoff:

Nur 6 % des  $N_t$  liegen als heterozyklisches, in Humaten gebundenes N vor. Das ist wesentlich weniger als in entsprechenden Böden Mittel-Europas. Dafür ist der Anteil an hydrolysierbarem Rest-N- und Pseudoamid-N — hinter diesen beiden Fraktionen verbergen sich Aminophenole und das in Huminsäure-Vorstufen gebundene N — mit zusammen 45 % sehr hoch. Auffällig hoch ist auch der Anteil von Amino- und Amid-N, der zusammen 40 % des  $N_t$  ausmacht. Wider Erwarten ist der Anteil von Aminozucker-N — zum größten Teil aus Pilz- und Insekten-Chitin herrührend — mit 2 % gering, auch

wieder im Vergleich zu entsprechenden Böden Mittel-Europas. Das fixierte Ammonium-N hält sich mit 7 % auf dem durch die Zusammensetzung der Ton-Mineralen (Montmorillonit, Kaolinit!) vorgegebenen niedrigen Niveau.

#### 11.4 KALKSTEIN-BRAUNERDE (K)

Abb. 17 oben zeigt die Gelände-Situation des Bodens K nahe dem aus Kalkstein gebildeten Kamm einer Kette der Cordillera Azul.

Hier ist zunächst zu diskutieren, ob das in Abb. 17 und Tab. O dargestellte Solum allein aus dem Lösungs-Rückstand des Kalksteins gebildet wird oder ob am Solum auch Fremd-Material, wie z.B. aufgewehtes Deck-Sediment beteiligt sein kann.

Nach Tab. O hat der aus dem Kalkstein gewonnene Lösungs-Rückstand (C-Horizont) etwa dieselbe Korngrößen-Zusammensetzung wie der darüber folgende Bv-Horizont. Nach den mineralogischen Auszählungen (Tab. 7.2.1) kann die geringe Zunahme des Ton-Anteiles von C nach Bv nicht durch Bildung von Ton aus Schluff erklärt werden. Es handelt sich ganz sicher um Streuungen in der Zusammensetzung der Rückstände der bereits aufgelösten und der noch in Lösung begriffenen Kalksteine — zumal der Anteil an Schluff-Glimmern und hierunter besonders an Biotiten nach oben zunimmt.

Beim AhBv-Horizont zeigt die beträchtliche Zunahme des Ton-Anteiles, die wiederum nicht allein aus einer entsprechenden Abnahme von leicht verwitterbaren Mineralen wie Glimmern und Feldspäten der Schluff-Fraktion erklärt werden kann, einen sedimentären Auftrag an. Problematisch ist bei diesem Material der hohe Ton-Gehalt, der über dem aller untersuchten Deck- und Zwischen-Lehme liegt. Der hohe Feldspat-Gehalt der Korn-Fraktion 200-2  $\mu$ m signalisiert zudem, daß lokaler Kalkstein-Lösungs-Rückstand mit aufgetragen oder eingearbeitet worden ist.

Am W-Hang abwärts wird dieser obere Profil-Abschnitt mächtiger und tonärmer. Er bekommt Deck-Lehm-Charakter, und der in dieser Decke hangabwärts ausgebildete Boden nimmt den Habitus eines Acrisol (bzw. Ultisol), d.h. eines heute versauerten Bodens (Fahlerde) mit Parabraunerde-Vergangenheit an.

Möglicherweise könnte es sich im oberen Teil des Bodens K um den



Abb. 17: Profil K

Kamm-Einschnitt der Straße  
Tingo Maria Pucallpa in die  
westliche Cordillera Azul.  
Blick nach S.

Kalkstein-Bruch mit Rendsina-  
Braunlehm in Scheitel-Lage und  
am E-Hang (links). Am W-Hang  
zunehmende Auflage von Rück-  
stands-Lehm mit einer - in den  
obersten Partien - stärkeren  
Beimengung von äolischem Lehm  
(Löß).

Profil-Entnahme bei etwa 65 cm  
Gesamt-Mächtigkeit der Lehm-  
Auflage.



Kalksteinbraunerde bis  
Terra fusca-Braunerde

Eutric Cambisol

...?... Eutropept

Sol brun eutrophe

Tab. 0: CORDILLERA AZUL, PASS-STEINBRUCH, KAMM

**Kurztabelle zur Morphologie und Genese von Boden K,  
Kalksteinbraunerde**

(Ausführliche Tabellen siehe Anhang 7.1 - 7.4)

LAGE: Steinbruch am El Boche-Pass der Carretera Central Tingo Maria über die Cordillera Divisoria, einem der Cordillera Azul westlich vorgelagerten Kamm, nach Pucallpa, 1 620 m über dem Meer, ca. 30 km ENE von Tingo Maria, ca. 40 km SSE von Karte 6. Profil in 5 m breiter, schwach trichterförmiger mit Kalkstein-Gelblehm ausgefüllter Eintiefung in stark gefaltetem Kalkgestein.

Gelände-Oberfläche: W-Hang, 22° Neigung

Bewuchs: 3-jähriger Purma-Aufwuchs nach ursprünglicher Nebelwand-Vegetation

BODENBILDENDES GESTEIN: Mg-armer Mergel-Kalk, nicht verkarstend

BENENNUNG: KAB: Kalksteinbraunerde bis Terra fusca-Braunerde

FAO: EUTRIC CAMBISOL

USA: ...?...EUTROPEPT

FR : Sol brun eutrophe



HOR.	FARBE GEFÜGE	S	U	T	Kö	CaCO <sub>3</sub> %	HU %	Fe+ Mn Ox	Fed % TON	pH H <sub>2</sub> O   CaCl <sub>2</sub>	H + Al % KAKpot	KAKpot -KAKeff	H+ Al % KAKeff
Ol													
Ah	hell												
AhBv	gelblich braun	3	29	68	T	0	1.3	3.9	4	5.5   4.3	60	9	67
Bv	" prisma- tische Absond.	3	47	50	IT	48	+	1.8	4	8.2   7.5	0	0	0
C	"	3	50	47	IT	87		0.7	(7)				

DURCHSCHNITT-  
LICHE KORN-  
GRÖSSEN- UND  
MINERALARTEN-  
ZUSAMMENSET-  
ZUNG

KORN- KLASSEN µm	% Ges.- Bod. (gerei- nigt)	QUARZ	3- u. 4-SCHICHT-SILIKATE						FELD- SPÄTE	KAO- LINIT
			MUS- CO- VITE	BIO- TITE	Mg- CHLO- RIT	VER- MI- CU LIT	MONTMO- RILLONITE (SMECTITE)			
			MICA / ILLIT				I	II		
> 200	Sp									
200 - 63	3	3	0.1							+
63 - 36	9	8								1
36 - 20	15	10	1.4	0.3						2
20 - 6	14	9	1.9	0.3						2
6 - 2	5	3	2.0	0.2						+
< 2	54	13			8	5	5	7	11	4
GESAMT	100	46	14		5	5	7	11	9	2
			42						11	

aufgearbeiteten Rest eines geköpften Bt-Horizontes des Deck-Lehms oder eines Decklehm-Rückstandslehm-Mischkörpers handeln.

Dieser obere Abschnitt (AhBv) des heutigen Boden-Profiles von 30 cm Mächtigkeit ist allein entkalkt und bereits erheblich versauert (pH in  $\text{CaCl}_2$  4.3; 67 % H+Al am Austausch). Vermutlich strömt das nur flach eindringende Sickerwasser in diesem Horizont parallel zum Hang ab, ohne dabei wesentlich zur Abfuhr des Kalkes aus dem darunterliegenden dichten Bv-Horizont beitragen zu können.

Der Humus-Gehalt im AhBv gleicht dem der Acrisola (Ultisola) unseres Gebietes. Das  $C_t/N_t$ -Verhältnis ist 13.

Zum Prozeß der Ton-Bildung und Verbraunung im Solum ergibt sich folgender Befund: Nach der Freisetzung des nichtcarbonatischen Lösungs-Rückstandes ist — vgl. die oben gemachten Angaben zur Mineralarten-Zusammensetzung der Sand- und Schluff-Fractionen! — nur sehr wenig von den ca. 16 % Muskovit, 4 % Biotit und 15 % Feldspat der Fractionen 200-2  $\mu\text{m}$  in Ton < 2  $\mu\text{m}$  umgewandelt worden. Um einen Höchstwert für die mögliche Schluff  $\rightarrow$  Ton-Umwandlung zu erhalten, tun wir einmal so, als ob das Sand/Schluff-Material des sauren AhBv-Horizontes primär dieselbe Mineralarten-Zusammensetzung gehabt habe wie der Lösungs-Rückstand im Bv-Horizont. Man betrachte hierzu die im Abschnitt 11.1 angegebene Kurz-Tabelle! Dann wären im ABv-Horizont von primär 15.6 % Muskovit 4.1 %, von 4.2 % Biotit 3.3 %, von 15.2 % Feldspat 1.8 % verschwunden, zusammen also nur 9.2 % der nichtcarbonatischen Substanz aus der Sand/Schluff-in die Ton-Fraktion überführt worden. Tatsächlich steigt aber der Ton-Gehalt der nichtcarbonatischen Substanz vom Bv- zum AhBv-Horizont um das Doppelte, woraus erneut der Wechsel der Schichtung deutlich wird.

Dem recht geringen Abbau der verwitterbaren Schluff-Minerale entspricht das geringe Ausmaß der Umverteilung des Fe.

Bezogen auf 100 Teile carbonat-freies Boden-Material beträgt der Gehalt an  $\text{Fe OOH} (+\text{MnO}_2)$  x) im Ah-Bv-Horizont 3.85 %  
im Bv-Horizont 3.38 %  
im Kalkstein (C-Hor.) 5.38 %

und bezogen auf 100 Teile Ton < 2  $\mu\text{m}$   
im Ah-Bv-Horizont 5.66 %  
im Bv-Horizont 6.76 %  
im Kalkstein 11.45 %

x) dithionit/citrat-lösl. Fe x 1.59 bzw. Mn x 1.58

Der Sprung zwischen dem C- und dem Bv-Horizont erklärt sich wie folgt: Im Kalkstein liegt nur ein geringer Teil des bei der Auflösung mit HCL freigesetzten Fe in oxidischer Form in der nicht-carbonatischen Fraktion, d.h. in erster Linie am Ton gebunden vor. Der Lösungs-Rückstand ist hellgrau. Der größte Teil des Fe ist in carbonatischer Form im Kalkstein enthalten. Er wird bei der Auflösung zum Teil abgeführt, zum Teil aber auf den Oberflächen des bei der Auflösung frei werdenden Tones abgeschieden. Der nicht-carbonatische Lösungs-Rückstand wird also im "statu solvendi" gebräunt. Im Bv-Horizont liegt tatsächlich das freie Eisen bereits zu ca. 80 % in Oxid-Form im Lösungs-Rückstand, der Rest in dem in Auflösung begriffenen Kalkstein als Carbonat vor. — Die Veränderungen im Fe-Gehalt vom kalkhaltigen Bv zum kalkfreien AhBv-Horizont sind dann nur noch gering.

Eine Ton-Mobilität oder -Verlagerung ist in diesem Boden weder makroskopisch noch mikroskopisch zu erkennen. Im AhBv-Horizont scheint dafür die Al-Ionen-Konzentration bereits zu hoch und im Bv-Horizont die Ca-Ionen-Konzentration noch zu hoch zu sein. Der Übergang zwischen beiden Horizonten ist zu sprunghaft, um hier eine Zone deutlicher Ton-Migration entstehen zu lassen.

Als Name für diesen Boden bietet sich daher die "Braunerde" an. Die U.S.-Soil Taxonomy gestattet nur die Festlegung der Great Group "Eutropept". Für die Subgroup findet sich kein passendes Taxum. Man kann dafür auch in den Subgroups der Great Group "Eutrochrept" keine Anleihe machen, denn auch in dieser fehlt eine unserm Profil entsprechende Kombination der Horizonte.

12 Z U S A M M E N F A S S U N G

Ziel der Arbeit war es, die Kenntnis des Ablaufes und der Intensität der Boden-Entwicklung unter tropischem Regenwald, soweit sie sich auf die Epoche des Holozäns erstreckt, zu erweitern.

Zu diesem Zweck wurde am peruanischen West-Rand des Amazonas-Beckens die zwischen den östlichen Ketten der Cordilleren gelegene breite Talung untersucht, in welcher der Rio Huallaga fließt (ca. 3000 mm Niederschlag, 24° C).

Dieses Gebiet hat im Pleistozän unter der direkten glazifluvialen Beeinflussung von den Anden her gestanden. Die im jüngeren Pleistozän erfolgte Heraushebung der Region hat zur partiellen Ausräumung der im älteren Pleistozän gebildeten Schotter-Plombe des Cordilleren-Längstales geführt.

Die Ausräumung ist durch Prozesse der Pedimentation in pleistozänen Phasen mit Sturzregen-Trocken-Klima mit geringer Vegetations-Bedeckung erfolgt. Unter sukzessiver Eintiefung sind — ausgerichtet auf die demselben Klima-Raum entstammenden Seiten-Bäche des Rio Huallaga — unter Rückverlagerung von mehrere Meter mächtigen Stufen durch erosiven Abtrag am Hang wie auch durch Lateral-Erosion Ausräumungs-Flächen geschaffen worden. Sie bilden heute flache Treppen von bis zu zehn Terrassen.

Auf diesen Terrassen liegen Deck-Lehme, die das Solum der Böden bilden.

Diese geomorphologisch-chronostratigraphische Situation, die sich aufgrund einer Vorerkundung ergab, versprach, auf dem Wege einer Detail-Aufnahme zu Aussagen über die Altersstellung der Flächen und ihrer Lehm-Decken und damit ihrer Böden zu gelangen.

Die Region des mittleren Huallaga-Tales wurde dazu nach Lage, Topographie, Relief, zonaler Einordnung, Klima, Vegetation, Besiedlungsgeschichte, geologischem Bau, Oberflächen-Entwicklung und hydrologischem Zustand untersucht und dargestellt.

Daraufhin wurde bei Aucayacu ein ca. 25 km<sup>2</sup> großes Repräsentativ-Gebiet ausgewählt. Dieses enthielt die Landschafts-Elemente der Region in typischer Ausprägung. Es wurde geomorphologisch, sedimentstratigraphisch und bodengeographisch kartiert, als es sich gerade im Zustand der Rodung des bis dahin kaum berührten tropischen Regenwaldes befand.

Besonderes Gewicht wurde auf die Klärung von Herkunft und Art der Ablagerung der bodenbildenden Deck-Lehme gelegt. Aus mehreren stratigraphischen Indizien und unter Heranziehung von vergleichenden mineralogischen Untersuchungen wurde folgender Schluß gezogen: Es handelt sich um ein primär das gesamte Gebiet überdeckendes, im Jungpleistozän bei schwacher Vegetations-Decke und Spülfluten äolisch eingetragenes Material (je nach Definition: "Löß") andinen Ursprungs. Dieses ist — abhängig von der fluvialen Aktivität auf den Resten der zehn Terrassen-Niveaus Q bis Z — fluvial unterschiedlich stark umgelagert sowie nach Korngrößen und Mineral-Arten umsortiert worden. Auf der zweitjüngsten, arealmäßig dominierenden, vermutlich (jung-) würmzeitlichen Terrasse Y ist nur fluvial stark umgelagerter Deck-Lehm vorhanden.

Folgende Böden — einzelne Böden und Glieder einer Boden-Gesellschaft bzw. Catena — wurden als repräsentativ und — in einigen Fällen als bodengenetisch-bilanzierfähig — für eingehendere chemische, physikalische, mineralogische und mikromorphologische Untersuchungen ausgewählt:

1. Auen-Böden, z.T. noch kalkhaltig auf dem rezenten Aktivitäts-Niveau (Z) des Rio Huallaga und seiner Zuflüsse.
  2. Die aus Deck-Lehm hervorgegangene, arealmäßig dominierende, als voll holozän - "klimatypisch" anzusehende Boden-Gesellschaft der Y-Terrasse. Sie umfaßt als normal dränende, hydrologisch autonome Glieder Sauerbraunerden und versauerte Parabraunerden (Fahlerde, Orthic bis Gleyic Acrisol, Typic bis Aquic Tropudult) mit abgelaufener starker Ton-Bildung. (Dreischicht-Tonminerale aus Glimmern, Kaolinit aus Feldspäten), — Verlagerung und gelegentlich auf Verdichtung beruhender sekundärer Staunässe — und als feuchte Glieder in Mulden mit lateralem Wasser-Zuzug, bei hohem Grundwasserstand oder sehr tonigem Material rohhumus-freie bis subaquatische Stagnogleye (Gleyic Podzoluvisol bis Dystric Gleysol, Typic Tropaquult) mit Naßbleichung. — Nach boden-morphologischen Indizien hat sich der Übergang vom trockeneren glazialzeitlichen Klima mit schütterer Vegetation zum heutigen feucht-heißen tropischen Regenwald-Klima über eine Phase mit Wald, aber saisonal wechselfeuchten Klima-Bedingungen vollzogen.
- Die klimatypischen Urwald-Böden sind heute bis zur Basis der Deck-Lehme versauert: pH (H<sub>2</sub>O) 4.2 bis 5.2, pH (CaCl<sub>2</sub>) 3.6 bis 4.1, um

80 % Al-Ionen-Absättigung der effektiven Kationen-Austausch-Kapazität, aber noch keine Bildung von Al-Chloriten.

Die Menge an organischer Substanz und deren Tiefen-Verteilung korrespondieren nicht mit der geringen Farbkraft des Humus. Bis 30 cm Tiefe wurden bei einem C/N(org)-Verhältnis von 11 bis 14 5600 kg N(org) pro ha gefunden. Dieses hat relativ geringe Anteile an heterozyklischem N und — wider Erwarten — auch an chitinbürtigen Aminosuckern.

3. Kalkstein-Braunlehme am Hang und auf dem Kamm der Cordillera Azul und den verkarsteten Kalkfels-Durchragungen im Tal.

4. Rote Böden (Ferralsols, Orthoxes), die sich als reliktilsch bzw. fossil erwiesen. Sie sind vor Beginn der jünger-pleistozänen Ausräumung des Tales gebildet worden. Die Möglichkeit ihrer Entstehung unter saisonal wechselfeuchten Klima-Bedingungen bei hohem Grundwasser-Stand wurde diskutiert.

Aufgrund der vergleichenden Betrachtung ökologischer Boden-Parameter unter Urwald-Bedingungen wie Aziditäts-Zustand, Austausch-Ionen-Umsatz, Tiefen-Verteilung der Humus-Mengen und Stickstoff-Fraktionen, P-Gehalt und Porengrößen-Verteilung wurden Überlegungen über die Möglichkeiten und Probleme der landwirtschaftlichen Nutzung dieser Böden angestellt.

In Anbetracht der mäßigen Verwitterung der pleistozänen Sedimente im Vorland der Anden, d.h. bei einem für geringe Ansprüche an den Ertrag ausreichenden K-Angebot und einem mäßigen, durch Kalkung mobilisierbaren P-Angebot bei großen N-Vorräten ist der den Ertrag zunächst begrenzende Faktor in der Labilität des Gefüges der zwar sauren, aber anscheinend nicht ausreichend durch Al-Ionen stabilisierten Böden zu sehen. Sie führt in Verbindung mit den hohen Niederschlägen zu Luft-Mangel in den landwirtschaftlichen Kulturen und dürfte aufgrund des extrem hohen Bedarfes durch Kalkung nicht zu beheben sein.

13 L I T E R A T U R

1. Aldag, R., 1977: Relations between pseudo-amide nitrogen and humic acid nitrogen released under different hydrolytic conditions. - Soil Organic Mater Studies, Vol. I, 293-299, International Atomic Energy Agency Vienna
2. Aldag, R., S. Ibrahim u. B. Meyer, 1977: Voraussdängung von Sommerweizen durch N-Gaben zur Vor-Zwischenfrucht Raps. Mitteilung II: Mengen-Zeitgang der N-Fractionen im Boden (Vergleich: Bewuchs-Brache). - Gött. Bodenkundl. Berichte, 48, 77-235
3. Aldag, R., u. B. Meyer, 1980: Boden-Stickstoff-Gehalte und N-Fractionen der Schwemmlandböden im oberen Medjerda-Tal, Nordtunesien, im Bereich der INRAT-Station Ghardimaou: - Zur Dynamik des Produktionsfaktors Boden-Stickstoff und seiner Fraktionen bei intensivem Beregnungsfeldbau. - Zur Veröffentlichung vorgesehen in: Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn
4. Bätjer, D., 1968: Der Wasserhaushalt Nordwestdeutschlands. - Verl. P. Parey, Berlin, 132 S.
5. Baron, H., 1954: Die kolorimetrische Bestimmung der Mikronährstoffe Kobalt, Molybdän, Eisen, Zink, Mangan und Kupfer nebeneinander im Raufutter. - Landwirtschaftl. Forschung 6, 13-20
6. Bigarella, J. J., u. G. O. Andrade, 1965: Contribution to the study of the Brazilian Quaternary. - Geol. Soc. America, Spec. Paper 84, 433-451
7. Blume, H. P., 1978: Stauwasserböden. - Arbeiten d. Univ. Hohenheim, 42, Verl. E. Ulmer, Stuttgart, 242 S.
8. Bundesanstalt für Bodenforschung u. Geologische Landesämter der Bundesrepublik Deutschland (Hrsgb.), 1971: Kartieranleitung. - 2. Aufl., Hannover, 169 S.
9. Damuth, J. E., u. R. W. Fairbridge, 1970: Equatorial atlantic deep-sea arkosic sands and ice-agearidity in tropical South America. - Geol. Soc. America Bull. 81, 189-206
10. Dollfus, O., 1973: La cordillère des Andes: presentation des problemes geomorphologiques. - Rev. Geogr. Phys. Geol. Dyn. 15, 157-176
11. Duchaufour, Ph., 1976: Atlas écologique des sols du monde. - Masson Paris, 178 S.
12. FAO (Hrsgb.), 1968: Definitions of soil units for the soil map of the world, (mit Addendum). - Food and Agriculture Organization of the United Nations, ROM. - (Hinsichtl. Carbonatic Fluvio-sols vgl. Addendum!)
13. FAO-Unesco, 1971: Soil map of the world, 1: 5 000 000, Volume IV, South America, Karte IV 1, 193 S.

14. Fleige, H., B. Meyer u. H. Scholz, 1971: Fraktionierung des Bodenstickstoffs für N-Haushaltsbilanzen. - Gött. Bodenkundl. Berichte, 18, 1-37
15. Foster, M. D., 1953: Geochim. et Cosmochim., Acta 3, 143 (zitiert bei Schlichting, E., u. H.-P. Blume (43), 110)
16. Garner, H. F., 1959: Stratigraphic-sedimentary significance of contemporary climate and relief in four regions of the Andes mountains. - Bull. Geol. Soc. America 70, 1327-1368 (spez. 1339-1349)
17. Gebhardt, H., B. Meyer u. F. Scheffer, 1967: Mineralogische Schnelluntersuchung der Grobton-, Schluff- und Feinsandfraktionen von Böden mit dem Phasenkontrastmikroskop. - Zeiss-Mittlg. 4, 309-322
18. Geographical Society of New York, 1958: Map of South America 1: 1 000 000, Bl. LORETO, Bl. CERRO DE PASCO
19. Groot, J. J., u. C. R. Groot, 1964: Quaternary stratigraphy of sediments of the Argentine Basin - a palynological investigation. - New York Acad. Sci. Trans. Ser. 2, Vol. 26, 881-886
20. Hammen, T. van der, 1960: Upper pleistocene and holocene climate and vegetation of the "Sabana de Bogota". - Leidse Geol. Med. 25, 261-315
21. Hammen, T. van der, 1972: Changes in vegetation and climate in the amazon basin and surrounding areas during the pleistocene. - Geologie en Mijnbouw 51, 641-643
22. Hammen, T. van der, 1974: The pleistocene changes of vegetation and climate in tropical South America. - J. Biogeography 1, 3-26
23. Hueck, K., 1965: Die Wälder Südamerikas. - Serie: H. Walter: Vegetationsmonographien der einzelnen Großräume, Bd. II, G. Fischer Verl., Stuttgart, 422 S.
24. Instituto Nacional de Planificación, 1970: Atlas histórico geográfico y de paisajes peruanos. - Selbstverl., Lima/Peru, 738 S.
25. Jülich, V., 1974: Colonización como complemento de la reforma agraria en la selva Peruana: El valle del Huallaga Central. - ILDIS, Estudios y Documentos N.º 30, Santiago De Chile, 170 S.
26. Kinzl, H., 1968: La glaciación actual y pleistocena en los Andenes centrales. Geo-ecology of the mountainions regions of the tropical Americas. - Colloqu. Americas Bonn Univ. Geogr. Inst. 9, 77-90
27. Klammer, G., 1975: Beobachtungen an Hängen im tropischen Regenwald des Unteren Amazonas. - Z. f. Geomorph. N. F. 19, 273-286

28. Köppen, W., 1923: Die Klimate der Erde. - W. de Gruyter u. Co. Berlin u. Leipzig, 369 S.
29. Lathrap, D.W., 1970: The upper Amazon. - Serie: Daniel, G. (Ed.): Ancient Peoples and Places, Vol. 70, Thames and Hudson, London, 256 S.
30. Lieberoth, I., 1969: Bodenkunde, Bodenfruchtbarkeit. - VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 336 S.
31. Maas, A., 1969: Entwicklung und Perspektiven der wirtschaftlichen Erschließung des tropischen Waldlandes von Peru, unter besonderer Berücksichtigung der verkehrsgeographischen Problematik. - Tübinger Geogr. Studien, H. 31, 262 S., Selbstverl. Geogr. Inst. Tübingen
32. Malleux Orjeda, J., 1975: Mapa forestal del Perú (Memoria explicativa). - Universidad Nacional Agraria La Molina, Departamento De Manejo Forestal, Pacific Press, Lima / Peru
33. Ministerio de Agricultura (Ed.): Estudio detallado de suelos, Zona Agraria IX, Departamento de Agrologia, Serie von Gebietsaufnahmen 1973/74, Aucayacu / Peru
34. Montenegro, E., 1966: Inventario explorativo de los bosques de las colinas de la UTCF - Aucayacu. - Instituto de Investigaciones Forestales, La Molina, Lima / Peru
35. Mousin de Meis, M.R., 1971: Upper pleistocene-holocene geomorphology and stratigraphy of the middle Amazon. - Heidelberger Geogr. Arb. 34, 83-97
36. Mückenhausen, E., 1975: Die Bodenkunde. - DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 579 S.
37. Müller, P., 1973: The disposal centres of terrestrial vertebrates in the neotropical realm. - Biogeographica 2, 1-243
38. Poeppig, E., 1834: Reise in Chile, Peru und auf dem Amazonenstrom während der Jahre 1827-1832. - Neudruck 1960, F.A. Brockhaus, Antiquarium, Stuttgart, 289 ff.
39. Republica Del Peru, Ministerio De Energia Y Minas, 1975: Mapa Geologico Del Peru. - Instituto De Geologia Y Minería, Lima / Peru
40. Sanchez, P.A., u. S.W. Buol, 1974: Properties of some soils of the upper Amazon Basin of Peru. - Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 38, 117-121
41. Schachtschabel, P., 1951: Die Methoden zur Bestimmung des Kalkbedarfs im Boden. - Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde 54, 134-145
42. Scheffer, F., B. Meyer, u. U. Babel, 1961: Zur qualitativen Erfassung der freien Eisenoxyde in Böden mittels Extraktionsverfahren. - Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde, 95, 142-160

43. Schlichting, E., u. H.-P. Blume, 1966: Bodenkundliches Praktikum. - Verl. P. Parey, Hamburg / Berlin, 209 S.
44. Semmel, A., u. H. Rohdenburg, 1979: Untersuchungen zur Boden- und Reliefentwicklung in Süd-Brasilien. - Catena, Vol. 6, 203-217
45. Servicio cooperativo interamericano de fomento, 1962: Evaluación e integración del potencial económico y social de la zona Tingo Maria - Tocache, Huallaga Central. - Programa de evaluación de recursos naturales del S.C.I.F., Republica Del Perú, Ministerio de Fomento, Y.O.P., Lima
46. Soukup SDB., J., 1970: Vocabulario de los nombres vulgares de la Flora Peruana. - Colegio Salesiano, Lima / Peru, 381 S.
47. Sunkel, R., 1960: Über die Porosität von Bodenaggregaten, 1. Mittlg.: Eine Methode zur Bestimmung des Substanz- und Porenvolumens von Bodenaggregaten. - Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde, 89, 17-27
48. Tröger, W.E., 1959: Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale. - Teil I, Schweizerbarth'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 147 S.
49. Tröger, W.E., 1967: Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale. - Teil II, Schweizerbarth'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 822 S.
50. Tyler, E.J., S.W. Buol, u. P.A. Sanchez, 1978: Genetic association of properties of soils of an area in the upper Amazon Basin of Peru. - Soil Sci. Soc. Amer. J. 42, 771-776
51. Ulrich, B., 1966: Kationenaustauschgleichgewichte. - Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde, 113, 141-159
52. Universidad Nacional Agraria La Molina, Departamento De Manejo Forestal, 1970: Los recursos forestales de la Zona del río Huallaga entre Peudencia y el Mishollo. - Selbstverl., Lima / Peru
53. U.S.D.A., 1973: Soil Taxonomy, U.S. Dept. of Agriculture, Soil Conservation Service, Washington, D.D.
54. Vuilleumier, S.F., 1971: Pleistocene changes in the fauna and flora of South America. - Science 173, 771-780
55. Walter, H., u. Lieth, H., 1967: Klimadiagramm-Weltatlas. - 3. Lieferung, VEB Gustav Fischer Verlag, Jena
56. Wildhagen, H., u. B. Meyer, 1972: Holozäne Boden-Entwicklung, Sediment-Bildung und Geomorphogenese im Flußauen-Bereich des Göttinger Leinetal-Grabens. 2: Die Auenlehm-Decken des Subatlantikums. - Gött. Bodenkund. Ber. 21, 77-188
57. Wilhelmy, H., 1974: Klimageomorphologie in Stichworten. - Verl. F. Hirt, Kiel, 346-347

58. Yuan, T.L., u. J.G.A. Fiskell, 1959: Aluminium studies. I. Soil and plant analysis of aluminium by modification of the aluminium method. - J. Agric. Food Chem. 7, 115-117
59. Zonneveld, J.J.S., 1975: Some problems of tropical geomorphology. - Z. Geomorphologie 19, 377-392

14 A N H A N G

**TAB. 1.1 KORNGRÖSSEN - VERTEILUNG**
**Z - TERRASSE (jüngste)**

TIE- FE  cm	HOR.	% C-, CaCO <sub>3</sub> u. Fe + Mn-oxidfreie Substanz								KÖRN- AR- TEN- IN- DEX	Beseitigte Substanz					%Ges.-Boden					
		S A N D (S)				S C H L U F F (U)					TON	C	C x 1,724 %	CaCO <sub>3</sub> %	Fed %	Mnd %	Fe-Mn-oxid				
		gS	mS	fS	S	gU	mU	fU	U		T						Fe x1,58 %	Mn %	Σ %		
		> 630	630	355	200	Σ	63	36	20	6	Σ	<2 ∅ μm									
		630	355	200	63		36	20	6	2											

**HOCHFLUTLEHM - RIO SANGAPILLA**

30	I Bv	0,2	0,7	4,9	35,9	41,7	9,9	11,9	8,3	6,6	36,7	21,6	sL	0,39	0,66	0,0	1,53	0,20	2,42	0,32	2,45
110	IIBv	0,1	0,3	1,6	13,2	15,2	10,7	17,3	14,7	10,7	53,4	31,4	utL	0,29	0,49	0,0	1,85	0,18	2,92	0,28	2,95

**HOCHFLUTLEHM - RIO HUALLAGA**

Schwemmsand		0,2	0,3	5,7	63,0	69,2	10,3	6,1	4,0	2,4	22,8	8,0	1'S-1S	0,55	0,95	3,6	0,92	0,13	1,45	0,21	1,47
Hochflutlehm		0,0	0,0	0,6	24,7	25,3	15,1	18,0	17,8	9,3	60,2	14,5	s1U	0,90	1,55	0,3	1,46	0,23	2,31	0,36	2,35

**HOCHFLUTLEHM - RIO AUCAYACU**

0-5	Ah	1,5	6,4	16,7	35,7	60,3	6,4	6,1	4,7	3,8	21,0	18,7	SL	3,32	5,76	0,0	0,84	0,17	1,33	0,27	1,36
10-20	C	0,5	2,0	8,1	42,6	53,2	8,1	7,2	5,8	5,1	26,2	20,6	SL	0,42	0,72	0,0	1,07	0,21	1,69	0,33	1,72

TAB. 1.2.1 MINERALARTEN - VERTEILUNG

Z - TERRASSE (jüngste)

TIEFE	FRAK- TION	Q.	F.	K.	Ch.	B.	Mu.	I.	V.	MoI	MoII	S.-M.	Op.	Glas	Bio.-O.	Σ
HOR.	TrD	MINERALE / 100 g humus-, carbonat- u. eisenfreie Substanz														
	μ	% der einzelnen Korngrößen-Fractionen														

HOCHFLUTLEHM - RIO SANGAPILLA

30 cm	200- 63	247 687	5 13	27 75	0 0	7 20	29 82					1 3	43 120	0 0	0 0	359 1000
	63- 36	80 806	4 40	6 61	+ 2	3 33	4 42					1 5	1 10	0 0	0 0	99 1000
Tiefe	36- 20	100 837	+ 4	6 53	+ 4	2 17	7 55					1 9	3 21	0 0	0 0	119 1000
	20-6	52 619	4 51	3 33	0 0	4 51	20 243					+ 3	0 0	0 0	0 0	83 1000
I Bv	6-2	25 376	0 0	n.b.	0 0	2 21	37 565					2 35	0 0	+ 3	0 0	66 1000
	< 2	63 290	19 90	22 100	22 100			32 150	11 50	17 80	30 140					216 1000
1,50	< 200	567	32	64	22	18	97	32	11	17	30	5	47	+	0	942

110 cm	200- 63	80 607	11 81	14 103	1 6	1 9	8 60					1 12	16 122	0 0	0 0	132 1000
	63- 36	73 683	8 78	8 78	1 6	6 52	7 68					1 6	3 29	0 0	0 0	107 1000
Tiefe	36- 20	128 740	1 8	18 102	0 0	15 89	8 43					2 10	1 8	0 0	0 0	173 1000
	20-6	88 599	13 89	9 57	0 0	3 17	33 227					1 9	+ 2	0 0	0 0	147 1000
II Bv	6-2	56 526	0 0	n.b.	0 0	2 21	45 414					4 39	0 0	0 0	0 0	107 1000
	< 2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.			n.b.	n.b.	n.b.	n.b.					314 1000
1,49	< 200	425	33	49	2	27	101					9	20	0	0	980

**TAB. 1.2.2 MINERALARTEN - VERTEILUNG**
**Z - TERRASSE (Fortsetzung)**

TIEFE	FRAK-	Q.	F.	K.	Ch.	B.	Mu.	I.	V.	MoI	MoII	S.-M.	Op.	Glas	Bio-O.	Σ
HOR.	TION	MINERALE / 100 g humus-, carbonat- u. eisenfreie Substanz														
TrD	μ	% der einzelnen Korngrößen-Fractionen														

**HOCHFLUTLEHM - RIO HUALLAGA**

II C SCHWEMMSAND	200-63	202-320	116-184	8-13	28-44	69-110	122-194					38-61	47-74	0-0	0-0	630-1000	
	63-36	38-365	27-261	0-0	3-26	8-78	17-169					4-42	6-59	0-0	0-0	103-1000	
	36-20	27-445	2-37	2-24	+6	5-86	20-320					2-26	3-56	0-0	0-0	61-1000	
	20-6	15-363	4-108	2-40	0-0	2-46	16-410					1-21	+12	0-0	0-0	40-1000	
	6-2	6-237	1-30	n.b.	0-0	+17	16-669					1-41	+6	0-0	0-0	24-1000	
	< 2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.			n.b.	n.b.	n.b.	n.b.						80-1000
	< 200	288	150	12	31	84	191					46	56	0	0	938	

I C Hochflut-lehm	200-63	71-287	31-125	4-15	5-23	46-186	59-238					4-15	27-111	0-0	0-0	247-1000
	63-36	48-315	25-168	6-40	4-24	12-77	36-241					4-26	16-109	0-0	0-0	151-1000
	36-20	86-479	5-25	9-50	1-7	28-149	41-233					3-16	7-39	+2	0-0	180-1000
	20-6	82-461	27-151	7-40	0-0	9-51	49-273					2-15	2-9	0-0	0-0	178-1000
	6-2	29-313	1-6	n.b.	+6	3-33	56-603					4-39	0-0	0-0	0-0	93-1000
1,25	< 2	36-250	10-70	13-9	18-120			20-140	13-90	9-60	26-180					145-1000
< 200	352	99	39	28	98	241	20	13	9	26	17	52	+	0	994	

TAB. 1.2.3 MINERALARTEN - VERTEILUNG

Z - TERRASSE (FORTSETZUNG)

TIEFE	FRAK-	Q.	F.	K.	Ch.	B.	Mu.	I.	V.	MoI	MoII	S.-M.	Op.	Glas	Bio-O.	Σ
HOR.	TION	MINERALE / 100 g humus-, carbonat- u. eisenfreie Substanz														
TrD	μ	% der einzelnen Korngrößen-Fractionen														

## HOCHFLUTLEHM - RIO AUCAYACU

Ah	200-63	285 797	22 63	0 0	0 0	24 66	13 37					0 0	13 37	0 0	0 0	357 1000
	63-36	44 694	16 242	1 7	0 0	+ 6	1 14					0 0	2 37	0 0	0 0	64 1000
O-5	36-20	56 596	1 8	1 13	+ 8	+ 4	2 25					+ 4	1 8	+ 8	0 0	61 1000
	20-6	28 596	10 219	2 40	0 0	0 106	5 106					1 10	1 27	+ 2	0 0	47 1000
cm	6-2	19 508	2 60	n.b.	0 0	1 17	15 393					1 22	0 0	0 0	0 0	38 1000
	< 2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.			n.b.	n.b.	n.b.	n.b.					187 1000
	< 200	432	51	4	+	25	36					2	17	+	0	754

C	200-63	354 831	8 20	1 2	0 0	21 49	28 65					2 4	12 29	0 0	0 0	426 1000
	63-36	55 679	16 202	2 21	0 0	2 29	1 16					1 7	4 46	0 0	0 0	81 1000
10-20	36-20	56 785	5 70	2 22	+ 4	2 30	5 63					1 11	1 11	+ 4	0 0	72 1000
	20-6	30 516	10 168	3 55	0 0	1 11	13 216					+ 5	1 23	+ 3	0 0	58 1000
1,50	6-2	22 431	1 21	n.b.	0 0	1 21	26 501					1 19	+ 3	0 0	0 0	51 1000
	< 2	29 140	10 50	10 50	29 140			16 80	19 90	27 130	66 320					206 1000
	< 200	546	50	18	29	27	73	16	19	27	66	5	18	Sp.	0	894

TAB. 1.3 KATIONENAUSTAUSCH-VERHÄLTNISSE, BODENACIDITÄT Z - TERRASSE

TIE- FE	HOR.	CaCO <sub>3</sub> %	pH			Σ/ha KALK- BEDARF	mval / 100 g Boden								Σ Ca, Mg K, Na	Al <sup>+++</sup>	H <sup>+</sup>	
			0,02n CaCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O 1:2	1n Ca <sup>+</sup> ACETAT		KAK pot.	Ca	Mg	K	Na	Al	H	Diff.				KAK eff.
			( % KAK pot. )											% KAK eff.				

HOCHFLUTLEHM - RIO SANGAPILLA

30	I Bv	0,0	4,3	5,5	6,6	23	9,2 (100)	3,8 (42)	0,3 (3)	0,1 (1)	0,1 (1)	3,2 (35)	0,2 (2)	1,5 (16)	7,7 (84)	56	41	3
110	IIBv	0,0	4,3	5,6	6,5	29	10,4 (100)	5,8 (56)	0,9 (9)	0,1 (1)	0,1 (1)	3,5 (33)	Sp. (Sp.)	0 (0)	10,4	67	33	Sp.

HOCHFLUTLEHM - RIO HUALLAGA

Schwemm- sand		3,6	7,4	8,0	7,8	0,0	4,9 (100)	4,2 (86)	0,3 (6)	0,3 (6)	0,1 (2)	n.b.	n.b.	0,0 (0)	4,9 (100)	100	0	0
Hochflut- lehm		0,3	7,3	7,9	7,7	0,0	13,6 (100)	12,6 (92)	0,8 (6)	0,1 (1)	0,1 (1)	n.b.	n.b.	0,0 (0)	13,6 (100)	100	0	0

HOCHFLUTLEHM - RIO AUCAYACU

0-5	Ah	0,0	4,5	5,1	6,4	40	23,4 (100)	11,2 (48)	1,2 (5)	0,2 (1)	0,1 (0,5)	1,6 (7)	0,1 (0,5)	9,0 30	14,4 61	88	11	1
10-20	C	0,0	4,2	5,3	6,4	40	11,9 (100)	4,9 (41)	1,1 (9)	0,1 (1)	0,1 (1)	2,4 (20)	0,1 (1)	3,2 (27)	8,7 (73)	71	28	1

**TAB. 14 TROCKENDICHTE, FARBWERTE, FREIE U. LEICHT  
LÖSL. OXIDE, HUMUSKÖRPER, NÄHRSTOFFE**

**Z - TERRASSE**

TIE- FE cm	HOR.	TrD	MUNSELL WERTE		DITHIO- NIT-lösl.		NaOH- lösl.		Ton <sup>-1</sup> x %		C <sub>t</sub> %	C <sub>t</sub> x 1,724 %	N <sub>t</sub> ‰	C <sub>t</sub> N <sub>t</sub>	LACTAT lösl. mg/100g B.	
			trocken	feucht	Fe %	Mn ppm	Al %	Si %	Fe	Al					K	P

**HOCHFLUTLEHM - RIO SANGAPILLA**

30	I Bv	1,50	2,5YR5/2	2,5YR4/2	1,53	199	n.b.	n.b.	0,07	n.b.	0,39	0,66	0,5	8	0,8	0,4
110	IIBv	1,49	2,5YR6/2	2,5YR4/2	1,85	180	n.b.	n.b.	0,06	n.b.	0,29	0,49	0,5	6	2,5	0,4

**HOCHFLUTLEHM - RIO HUALLAGA**

Schwemm- sand	n.b.	10YR6/2	10YR4/2	0,92	133	n.b.	n.b.	0,12	n.b.	0,55	0,95	0,2	32	6,2	0,2
Hochflut- lehm	1,25	7,5YR6/3	7,5YR4/2	1,46	225	n.b.	n.b.	0,10	n.b.	0,90	1,55	0,8	11	3,3	0,6

**HOCHFLUTLEHM - RIO AUCAYACU**

(-)0-3 Auf- lagehumus	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	41,60	71,72	19,0	22	n.b.	n.b.
(-)3-6 Auf- lagehumus	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	28,08	48,41	16,0	17	n.b.	n.b.
0-5 Ah	n.b.	7,5YR5/2	7,5YR3/2	0,84	174	n.b.	n.b.	0,05	n.b.	3,32	5,76	3,2	10	5,0	1,5
10-20 C	1,50	5YR6-7/3	5YR4/3	1,07	206	n.b.	n.b.	0,05	n.b.	0,42	0,72	0,5	8	2,5	0,1

**TAB. 1.5 PORENGRÖSSEN - VERTEILUNG**
**Z - TERRASSE**

n. Scheffer u. Schacht- schabel	GROBPOREN					MITTELPOREN					FEIN- P O R E N	GESAMTPORENVOLUMEN
	grob		eng									
	Luft-P. schnell..		langsam dränend									
n. Scheffer u. Meyer	WEITP O R E N			M I T T E L P O R E N				E N G P O R E N				
pF	<1,0	1,0 - 1,8	1,8 - 2,0	2,0 - 2,2	2,2 - 2,5	2,5 - 2,7	2,7 - 3,0	3,0 - 3,3	3,3 - 3,7	3,7 - 4,2	>4,2	
bar · 10 <sup>-3</sup>	<10	10 - 62	59 - 98	98 - 155	155 - 310	310 - 492	492 - 981	981 - 1957	1957 - 4915	4915 - 15544	>15 bar	
Äquivalent- poren $\phi$ $\mu$ m	>300	300 - 50	50 - 30	30 - 20	20 - 10	10 - 6	6 - 3	3 - 1,5	1,5-0,6	0,6-0,2	<0,2	

**HOCHFLUTLEHM - RIO TULUMAYO \***

Ap 10-20cm	13,7	1,8	0,6   0,7 1,3	1,1   1,0 2,1	1,8	1,9	2,3   2,9 7,1	22,1	49,9
n	6	6	6	6	5	4	4	4	4
s	1,06	0,45	0,4	0,19	0,37	0,9	0,44	0,83	

**HOCHFLUTLEHM - RIO SANGAPILLA**

Ap 10-20cm	1,3	8,1	1,9   1,8 3,7	2,9   1,6 4,5	1,9	2,5	2,5	2,4	17,0	43,9
I Ah Bv										
n	2	2	2	2	2	4	4	3	2	2
s	1,05	2,25	1,05	0,4	0,25	0,16	0,38	1,03	0,16	1,43

\* Durch irreversible Schrumpfung zwischen Stechzylinder und Bodenprobe erhöhte Weitporen-Anteile

TAB. 2.1 KORNGRÖSSEN - VERTEILUNG

Y - TERRASSE

TIE- FE  cm	HOR.	% C-, CaCO <sub>3</sub> u. Fe + Mn-oxidfreie Substanz										KÖRN- AR- TEN- IN- DEX	Beseitigte Substanz %Ges.-Boden												
		S A N D (S)					S C H L U F F (U)						TON	C		CaCO <sub>3</sub> <sup>o</sup>	Fed %	Mnd ‰	Fe-+Mn-oxid						
		gS	mS	fS	S	Σ	gU	mU	fU	U	Σ		T	%	1,724 %				Fe %	Mn ‰	Σ %				
		> 630	630 355	355 200	200 63	Σ	63 36	36 20	20 6	6 2	Σ	<2 ∅ μm													

FLUVIALER DECKLEHM - ZIEGELEI AUCAYACU

0-15	Ah	0,8	1,6	6,2	33,2	41,8	10,0	12,8	9,7	6,2	38,7	19,5	sL	2,05	3,53	0,0	1,37	Sp	2,16	Sp	2,16
15-35	Ah1	0,6	1,8	5,1	27,8	35,3	10,6	14,0	9,9	6,1	40,6	24,1	śuL	0,74	1,28	0,0	1,28	Sp	2,02	Sp	2,02
35-65	A1	0,7	1,9	5,4	25,7	33,7	10,2	12,3	8,8	6,1	37,4	28,9	t'L	0,49	0,84	0,0	1,48	Sp	2,34	Sp	2,34
65-85	A1 Bt	0,2	0,8	3,7	25,3	30,0	10,8	11,5	8,3	6,0	36,6	33,4	t'L	0,44	0,76	0,0	1,93	Sp	3,05	Sp	3,05
85-95	(S) Bt fGo	0,1	0,4	3,4	26,3	30,2	9,8	12,2	8,2	5,8	36,0	33,8	t'L	0,36	0,61	0,0	2,35	Sp	3,71	Sp	3,71
95-120		0,1	0,2	1,6	25,2	27,1	10,9	12,6	8,3	6,8	38,6	34,4	t'L	0,24	0,41	0,0	2,34	Sp	3,70	Sp	3,70
120-140	II (S) BvfGo	0,3	0,2	2,2	19,6	22,3	10,3	13,5	10,5	8,1	42,4	35,3	tL	0,14	0,24	0,0	2,71	Sp	4,28	Sp	4,28
140-160		0,1	0,8	12,1	45,9	58,9	6,2	5,0	4,7	5,1	21,0	20,0	śL	0,08	0,14	0,0	1,64	Sp	2,59	Sp	2,59
160-170		0,4	3,6	23,9	42,1	70,0	3,7	3,2	3,8	4,2	14,9	15,1	İS	0,09	0,16	0,0	1,50	Sp	2,37	Sp	2,37
170-220	II Go fGr	0,6	4,2	15,9	35,2	55,9	5,3	5,5	5,0	5,5	21,3	22,8	śL	0,17	0,29	0,0	2,16	Sp	3,41	Sp	3,41
220-290		1,7	6,7	22,2	33,4	64,0	5,1	4,7	5,5	5,9	21,2	14,8	İS	0,06	0,11	0,0	0,40	Sp	0,63	Sp	0,63

**TAB. 2.21 MINERALARTEN - VERTEILUNG**
**Y - TERRASSE**

TIEFE	FRAK-	Q.	F.	K.	Ch.	B.	Mu.	I.	V.	MoI	MoII	S.-M.	Op.	Glas	Bio-O.	Σ
HOR.	TION	MINERALE / 100 g humus-, carbonat- u. eisenfreie Substanz														
TrD	μ	% der einzelnen Korngrößen-Fractionen														

**FLUVIALER DECKLEHM - ZIEGELEI AUCAYACU**

Ah	200-63	310 933	6 19	0 0	0 0	1 3	10 29					0 0	5 16	0 0	0 0	332 1000
	63-36	92 921	2 17	0 0	+ 3	0 0	3 32					2 15	1 12	0 0	0 0	100 1000
0-15 cm	36-20	117 916	4 34	0 0	0 0	1 4	3 23					0 0	2 19	1 4	0 0	128 1000
	20-6	84 867	1 10	4 35	0 0	+ 3	3 33					3 29	1 13	1 10	0 0	97 1000
1,34	6-2	47 758	1 11	n.b.	0 0	0 0	10 161					1 22	0 0	3 48	0 0	62 1000
	< 2	64 330	12 60	23 120	16 80			14 70	12 60	17 90	37 190					195 1000
	< 200	714	26	27	16	2	29	14	12	17	37	6	9	5	0	914

Ah1	200-63	241 866	2 6	0 0	0 0	3 11	15 55					0 0	17 62	0 0	0 0	278 1000
	63-36	101 952	1 8	0 0	0 0	0 0	2 20					2 16	+ 4	0 0	0 0	106 1000
15-35 cm	36-20	132 941	3 18	0 0	0 0	1 9	1 9					1 5	1 9	1 9	0 0	140 1000
	20-6	90 913	1 8	3 25	0 0	0 0	2 21					2 21	+ 4	1 8	0 0	99 1000
1,55	6-2	51 842	0 0	n.b.	0 0	+ 4	7 109					3 45	0 0	0 0	0 0	61 1000
	< 2	82 340	10 40	31 130	24 100			19 80	15 60	17 70	43 180					241 1000
	< 200	697	17	34	24	4	27	19	15	17	43	8	18	2	0	925

**TAB. 2.2.2 MINERALARTEN-VERTEILUNG**
**Y - TERRASSE (FORTSETZUNG)**

TIEFE	FRAK-	Q.	F.	K.	Ch.	B.	Mu.	I.	V.	MoI	MoII	S.- M.	Op.	Glas	Bio-O.	Σ
HOR.	TION	MINERALE / 100 g humus-, carbonat- u. eisenfreie Substanz														
TrD	μ	% der einzelnen Korngrößen-Fractionen														

**FLUVIALER DECKLEHM - ZIEGELEI AUCAYACU**

A1	200-63	236 917	2 9	0 0	0 0	2 8	5 18					1 3	11 45	0 0	0 0	257 1000
	63-36	97 953	2 17	0 0	0 0	0 0	2 17					+	1 10	0 0	0 0	102 1000
35-65 cm	36-20	88 719	4 33	1 6	0 0	+	26 209					1 9	2 12	1 9	0 0	123 1000
	20-6	77 873	1 15	3 38	0 0	+	5 50					1 8	1 12	0 0	0 0	88 1000
1,57	6-2	44 721	0 0	n.b.	0 0	0 0	15 252					2 27	0 0	0 0	0 0	61 1000
	< 2	98 340	17 60	41 140	23 80			20 70	15 50	23 80	52 180					289 1000
	< 200	640	26	45	23	2	53	20	15	23	52	5	15	1	0	920

A1Bt	200-63	241 951	3 13	0 0	0 0	1 6	2 7					0 0	6 23	0 0	0 0	253 1000
	63-36	99 916	2 18	+	0 0	0 0	3 28					2 18	2 18	0 0	0 0	108 1000
65-85 cm	36-20	87 760	2 14	1 7	+	1 3	21 177					+	2 18	1 7	0 0	115 1000
	20-6	65 787	1 16	3 4	0 0	1 8	3 37					2 20	1 12	0 0	0 0	83 1000
1,54	6-2	39 644	+	n.b.	0 0	0 0	19 319					2 34	0 0	0 0	0 0	60 1000
	< 2	113 340	20 60	37 110	60 180			17 50	7 20	37 110	43 130					334 1000
	< 200	651	28	41	60	3	48	17	7	37	43	6	11	1	0	953

**TAB. 2.2.3 MINERALARTEN - VERTEILUNG**
**Y - TERRASSE (FORTSETZUNG)**

TIEFE	FRAK-	Q.	F.	K.	Ch.	B.	Mu.	I.	V.	MoI	MoII	S.-M.	Op.	Glas	Bio-O.	Σ
HOR.	TION	MINERALE / 100 g humus-, carbonat- u. eisenfreie Substanz														
TrD	μ	% der einzelnen Korngrößen-Fractionen														

**FLUVIALER DECKLEHM - ZIEGELEI AUCAYACU**

(S)Bt f Go	200- 63	242 919	3 11	0 0	0 0	+ 1	1 3					0 0	17 66	0 0	0 0	263 1000
	63- 36	94 957	1 14	0 0	0 0	0 0	1 7					0 0	2 22	0 0	0 0	98 1000
85-95 cm	36- 20	88 724	2 19	3 22	0 0	4 32	21 171					1 10	2 19	1 3	0 0	122 1000
	20-6	63 771	+ 3	3 33	0 0	2 24	11 131					1 14	2 24	0 0	0 0	82 1000
1,63	6-2	26 448	+ 5	n.b.	0 0	0 0	29 501					3 46	0 0	0 0	0 0	58 1000
	< 2	88 260	17 50	37 110	41 120			41 120	17 50	30 90	67 200					338 1000
	< 200	601	23	43	41	6	63	41	17	30	67	5	33	1	0	961

(S)Bt fGo	200- 63	236 935	1 6	0 0	0 0	2 8	1 3					0 0	12 48	0 0	0 0	252 1000
	63- 36	98 904	2 22	1 6	0 0	1 7	1 7					+ 3	6 51	0 0	0 0	109 1000
95-120 cm	36- 20	100 795	2 16	+ 3	0 0	3 20	19 154					0 0	2 12	0 0	0 0	126 1000
	20-6	52 632	0 0	2 25	0 0	4 45	21 256					2 24	2 18	0 0	0 0	83 1000
1,61	6-2	14 199	+ 6	n.b.	0 0	1 10	50 739					3 46	0 0	0 0	0 0	68 1000
	< 2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.			n.b.	n.b.	n.b.	n.b.					344 1000
	< 200	500	5	3	0	11	92					5	22	0	0	982

TAB. 2.2.4 MINERALARTEN - VERTEILUNG

Y - TERRASSE (FORTSETZUNG)

TIEFE	FRAK-	Q.	F.	K.	Ch.	B.	Mu.	I.	V.	MoI	MoII	S.- M.	Op.	Glas	Bio.-O.	Σ
HOR.	TION	MINERALE / 100 g humus-, carbonat- u. eisenfreie Substanz														
TrD	μ	% der einzelnen Korngrößen-Fractionen														

### FLUVIALER DECKLEHM - ZIEGELEI AUCAYACU

(S)Bt f Go	200-63	171 876	1 3	1 3	0 0	1 3	1 7					0 0	21 108	0 0	00 0	196 1000
	63-36	91 881	3 28	+ 3	0 0	1 10	2 20					0 0	6 56	0 0	+ 2	103 1000
120-140 cm	36-20	96 714	7 50	3 18	0 0	6 45	18 134					2 18	3 21	0 0	0 0	135 1000
	20-6	55 527	0 0	5 49	0 0	4 34	39 369					+ 2	2 19	0 0	0 0	105 1000
1,68	6-2	19 241	1 10	n.b.	0 0	1 13	58 713					2 23	0 0	0 0	0 0	81 1000
	< 2	70 200	21 60	32 90	46 130			39 110	18 50	42 120	85 240					353 1000
	< 200	502	33	41	46	13	118	39	18	42	85	4	32	0	+	973

II(S)BṼ f Go	200-63	363 792	8 18	0 0	0 0	5 11	22 47					0 0	58 126	3 6	0 0	459 1000
	63-36	52 844	1 24	1 7	0 0	1 13	2 34					1 7	4 71	0 0	0 0	62 1000
140-160 cm	36-20	39 773	2 37	1 24	0 0	4 81	3 63					1 15	+ 7	0 0	0 0	50 1000
	20-6	25 539	+ 3	2 37	0 0	2 32	17 358					+ 7	1 24	0 0	0 0	47 1000
1,64	6-2	9 171	0 0	n.b.	0 0	1 27	40 789					1 13	0 0	0 0	0 0	51 1000
	< 2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.			n.b.	n.b.	n.b.	n.b.					200 1000
	< 200	488	11	12	0	13	84					3	63	3	0	869

**TAB. 2.2.5 MINERALARTEN - VERTEILUNG Y - TERRASSE (FORTSETZUNG)**

TIEFE	FRAK-	Q.	F.	K.	Ch.	B.	Mu.	I.	V.	MoI	MoII	S.-M.	Op.	Glas	Bio-O.	Σ
HOR.	TION	MINERALE / 100 g humus-, carbonat- u. eisenfreie Substanz														
TrD	μ	% der einzelnen Korngrößen-Fractionen														

**FLUVIALER DECKLEHM - ZIEGELEI AUCAYACU**

160-170 cm	200-63	318 756	8 18	0 0	0 0	20 48	18 43					0 0	57 135	0 0	0 0	421 1000
	63-36	27 718	1 32	1 21	0 0	1 32	1 29					+	6 154	0 0	0 0	37 1000
	36-20	21 637	+	1 10	+	5 164	4 113					+	1 29	0 0	0 0	32 1000
	20-6	16 425	1 10	1 35	+	3 77	17 437					+	+	0 0	0 0	38 1000
	6-2	4 110	0 0	n.b.	0 0	1 18	35 825					2 47	0 0	0 0	0 0	42 1000
1,56	< 2	41 270	9 60	13 90	17 110			18 120	1 10	20 130	32 210					151 1000
	< 200	427	19	16	17	30	75	18	1	20	32	2	64	0	0	721

170-220 cm	200-63	246 700	5 14	0 0	0 0	15 42	28 78					0 0	58 166	0 0	0 0	352 1000
	63-36	39 728	1 23	+	0 0	3 51	5 87					+	5 97	0 0	0 0	53 1000
	36-20	41 753	1 22	1 19	0 0	5 98	5 86					1 13	+	0 0	0 0	55 1000
	20-6	26 517	+	2 47	0 0	3 58	17 337					+	2 31	0 0	0 0	50 1000
	6-2	8 150	0 0	n.b.	0 0	1 21	45 811					1 18	0 0	0 0	0 0	55 1000
1,59	< 2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.			n.b.	n.b.	n.b.	n.b.					228 1000
	< 200	360	7	3	0	27	100					2	65	0	0	793

**TAB. 2.2.6 MINERALARTEN-VERTEILUNG**
**Y - TERRASSE (FORTSETZUNG)**

TIEFE	FRAK-	Q.	F.	K.	Ch.	B.	Mu.	I.	V.	MoI	MoII	S.-M.	Op.	Glas	Bio.-O.	Σ
HOR.	TION	MINERALE / 100 g humus-, carbonat- u. eisenfreie Substanz														
TrD	μ	% der einzelnen Korngrößen-Fractionen														

**FLUVIALER DECKLEHM - ZIEGELEI AUCAYACU**

II Go	200-	221	3	0	0	15	16					1	78	0	0	334
	63	663	8	0	0	45	48					3	233	0	0	1000
f Gr	63-	37	2	1	0	1	4					0	6	0	0	51
	36	718	43	25	0	16	82					0	116	0	0	1000
220-290	36-	31	2	1	0	8	4					+	1	0	0	47
	20	651	37	27	0	177	91					2	15	0	0	1000
cm	20-6	17	+	2	0	5	31					+	+	0	0	55
		298	4	38	0	93	563					2	2	0	0	1000
1,61	6-2	7	1	n.b.	0	+	51					+	0	0	0	59
		111	11		0	8	862					8	0	0	0	1000
	< 2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.			n.b.	n.b.	n.b.	n.b.					148
	< 200	313	8	4	0	29	106					1	85	0	0	1000
																654

TAB. 2.3 KATIONENAUSTAUSCH-VERHÄLTNISSSE, BODENACIDITÄT Y-TERRASSE

TIE- FE	HOR.	CaCO <sub>3</sub> %	pH			dt/ha KALK- BEDARE	mval / 100 g Boden								Σ Ca, Mg K, Na	Al <sup>+++</sup>	H <sup>+</sup>
			0,02n CaCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O 1:2	1n Ca <sup>+</sup> ACETAT		KAK pot.	Ca	Mg	K	Na	Al	H	Diff.			
			( % KAK pot. )											% KAK eff.			

**FLUVIALER DECKLEHM - ZIEGELEI AUCAYACU**

0-15	Ah	0,0	4,1	4,9	6,2	62	14,1 (100)	1,4 (10)	0,6 (4)	0,3 (2)	0,3 (2)	5,0 (36)	0,2 (1)	6,3 (45)	7,8 (55)	33	64	3
15-35	Ah1	0,0	4,0	4,7	6,2	51	10,6 (100)	0,5 (5)	0,1 (1)	Sp. (Sp.)	0,2 (2)	6,1 (57)	0,2 (2)	3,5 (33)	7,1 (67)	11	86	3
35-65	A1	0,0	4,0	4,8	6,2	61	10,8 (100)	0,4 (4)	0,1 (1)	0,1 (1)	0,2 (2)	7,6 (70)	0,4 (4)	2,0 (18)	8,8 (82)	9	86	5
65-85	A1Bt	0,0	4,0	4,9	6,2	56	11,7 (100)	0,4 (3)	0,1 (1)	Sp. (Sp.)	0,2 (2)	8,8 (75)	0,4 (3)	1,8 (15)	9,9 (85)	7	89	4
85-95	(S)Bt f Go	0,0	4,0	4,9	6,2	62	12,7 (100)	0,3 (2)	0,1 (1)	0,1 (1)	0,2 (1)	10,4 (82)	0,6 (5)	1,0 (8)	11,7 (92)	6	89	5
95-120		0,0	4,0	5,0	6,1	68	13,3 (100)	0,3 (2)	0,1 (1)	0,1 (1)	0,2 (1)	11,7 (88)	0,8 (6)	0,1 (1)	13,2 (99)	5	89	6
120-140	II(S)	0,0	4,0	5,2	6,1	72	14,5 (100)	0,3 (2)	0,1 (1)	0,1 (1)	0,2 (1)	12,8 (88)	0,8 (6)	0,2 (1)	14,3 (99)	5	89	6
140-160		0,0	4,0	5,2	6,2	61	11,4 (100)	0,3 (3)	0,1 (1)	0,1 (1)	0,2 (2)	8,8 (77)	0,6 (5)	1,3 (11)	10,1 (89)	7	87	6
160-170	Bv f Go	0,0	4,0	5,2	6,2	61	8,8 (100)	0,4 (5)	0,1 (1)	0,1 (1)	0,2 (2)	7,4 (84)	0,5 (6)	0,1 (1)	8,7 (99)	9	85	6
170-220		0,0	4,0	5,1	6,1	73	10,2 (100)	0,3 (3)	0,1 (1)	0,1 (1)	0,2 (2)	8,9 (87)	0,6 (6)	0,0 (0)	10,2 (100)	7	87	6
220-290	IIGo fGr	0,0	4,0	5,0	6,1	65	8,5 (100)	0,3 (4)	0,1 (1)	0,1 (1)	0,2 (2)	7,3 (86)	0,5 (6)	0,0 (0)	8,5 (100)	8	86	6

TAB. 2.4 TROCKENDICHTE, FARBWERTE, FREIE U. LEICHT  
LÖSL. OXIDE, HUMUSKÖRPER, NÄHRSTOFFE

Y - TERRASSE

TIE- FE cm	HOR.	TrD	MUNSELL WERTE		DITHIO- NIT-lösl.		NaOH- lösl.		Ton <sup>-1</sup> x %		C <sub>t</sub> %	C <sub>t</sub> x 1,724 %	N <sub>t</sub> %	C <sub>t</sub> N <sub>t</sub>	LACTAT lösl. mg/100g B.	
			trocken	feucht	Fe %	Mn ppm	Al %	Si %	Fe	Al					K	P

FLUVIALER DECKLEHM - ZIEGELEI AUCAYACU

0-15	Ah	1,34	10YR6/2-3	10YR4-3/3	1,37	≤ 50	0,53	0,81	0,07	0,03	2,05	3,53	1,8	11	7,1	1,3
15-35	Ah1	1,55	10YR7/4	10YR5-4/4	1,28	≤ 50	1,31	0,75	0,05	0,05	0,74	1,28	0,8	9	2,1	0,0
35-65	A1	1,57	10YR7/4	10YR4/4	1,48	75	1,01	0,74	0,05	0,04	0,49	0,84	0,6	8	2,1	0,0
65-85	A1Bt	1,54	10YR7/5	10YR5/7	1,93	≤ 50	1,24	0,89	0,06	0,04	0,44	0,76	0,6	8	2,1	0,0
85-95	(S) Bt fGo	1,63	10YR7/6 2,5YR6/6	7,5YR5/6 2,5YR4/7	2,35	≤ 50	1,19	0,93	0,07	0,04	0,36	0,61	0,4	8	2,5	0,0
95-120		1,61	7,5YR7/6 2,5YR6/6	7,5YR5/6 2,5YR4/7	2,34	≤ 50	1,13	0,82	0,07	0,03	0,24	0,41	0,4	9	2,9	0,0
120-140	)	1,68	7,5YR8/2 2,5YR6/6 7,5YR7/4	7,5YR5/6 2,5YR4/7 7,5YR5/5	2,71	≤ 50	1,17	0,82	0,08	0,03	0,14	0,24	0,3	5	3,3	0,0
140-160		) II	1,64	10YR8/6 10YR8/4	7,5YR6/5 10YR5-6/4	1,64	≤ 50	0,95	0,95	0,08	0,05	0,08	0,14	0,2	5	2,9
160-170	(S) Bv̄ fGo		1,56	7,5YR7/6 10YR7/4	7,5YR5/7 10YR6-5/4	1,50	≤ 50	0,92	0,88	0,10	0,06	0,09	0,16	0,2	6	2,5
170-220		1,59	7,5YR7/6 10YR8-7/6	7,5YR5/6 10YR6/3	2,16	≤ 50	0,96	0,89	0,09	0,04	0,17	0,29	0,2	7	3,3	0,1
220-290	II Go fGr	1,61	10YR8/2	10YR6/3	0,40	≤ 50	0,84	0,78	0,03	0,06	0,06	0,11	0,2	4	2,9	2,5

**TAB. 2.5 PORENGRÖSSEN-VERTEILUNG**
**Y - TERRASSE**

n. Scheffer u. Schacht- schabel	GROBPOREN						MITTELPOREN					FEIN- POREN	GESAMTPORENVOLUMEN
	grob			eng									
	Luft-P. schnell..			langsam dränend									
n. Scheffer u. Meyer	WEITPOREN			MITTELPOREN					ENGPOREN				
pF	<1,0	1,0 - 1,8	1,8 - 2,0	2,0 - 2,2	2,2 - 2,5	2,5 - 2,7	2,7 - 3,0	3,0 - 3,3	3,3 - 3,7	3,7 - 4,2	>4,2		
bar · 10 <sup>-3</sup>	<10	10 - 62	59 - 98	98 - 155	155 - 310	310 - 492	492 - 981	981 - 1957	1957 - 4915	4915 - 15544	>15 bar		
Äquivalent- poren $\phi$ $\mu\text{m}$	>300	300 - 50	50 - 30	30 - 20	20 - 10	10 - 6	6 - 3	3 - 1,5	1,5-0,6	0,6-0,2	<0,2		

**FLUVIALER DECKLEHM - ZIEGELEI AUCAYACU**

Ah	3,9	2,2	1,3	1,1	1,8	1,1	2,1	2,2	3,5	4,5	18,3	42,0
5-15 cm				2,4		2,9				10,2		
n	4	4	4		4		4			2		3
s	1,78	0,83	0,59		0,23		0,55			0,7		1,29



TAB. 2.7 UMVERTEILUNG DES TONS DURCH NEUBILDUNG UND VERLAGERUNG, MENGEN-BILANZ

TIE- FE	HOR.	TROCKEN-BO- DEN		TON < 2 $\mu$ m Gehalt heute		NEUGEBIL- DETER TON		PRIM. TON $\frac{\text{kg}}{\text{HABS}}$	QUARZ 200-2 $\mu$ m		PRIM. TON $\frac{\text{kg}}{\text{HABS}}$	TON VOR VERLAGE- RUNG kg/HABS	+ GEWINN - VERLUST kg/HABS
		DICHTE g/cm <sup>3</sup>	$\frac{\text{kg}}{\text{HABS}^x)}$	$\frac{\text{kg}}{\text{HABS}}$ x)	$\frac{\text{kg}}{\text{HABS}}$	%	$\frac{\text{kg}}{\text{HABS}}$		%	$\frac{\text{kg}}{\text{HABS}}$			
Spalte		1a	1b	2a	2b	3a	3b	4	5a	5b	6	7	8
<u>FLUVIALER DECKLEHM - ZIEGELEI AUCAYACU</u>												<u>Y - TERRASSE</u>	
0- 15 Ah		1,34	201	19,5	39	22,3	45		65,0	131	44	89	- 50
15- 35 Ah1		1,55	310	24,1	75	25,2	78		60,0	186	62	140	- 65
35- 65 A1		1,57	471	28,9	136	17,8	84		54,2	255	85	169	- 33
65- 85 A1Bt		1,54	308	33,4	103	16,1	50		53,8	166	55	105	- 2
85- 95	} (S)Bt	1,63	163	33,8	55	9,1	15		51,3	84	28	43	+12
95-120		1,61	403	34,8	140	1,4	6		50,0	202	67	73	+67
120-140		f Go	1,68	336	35,8	119	0,0	0		43,2	145	48	48
SUMME			2192		667		278	389		1169	389	667	0

x) Horizont-Abschnitt einer Boden-Säule mit der Querschnittsfläche 1 m<sup>2</sup>

xx) Bezogen auf 100 Teile C-, CaCO<sub>3</sub>- und (Fe + Mn)- Oxid- freies Boden-Material (mit dem heutigen Gehalt an Ton)

**TAB. 3.1 KORNGRÖSSEN - VERTEILUNG**
**Y - TERRASSE (FORTSETZUNG)**

TIE- FE  cm	HOR.	% C-, CaCO <sub>3</sub> u. Fe + Mn-oxidfreie Substanz										KÖRN- AR- TEN- IN- DEX	Beseitigte Substanz %Ges.-Boden									
		S A N D (S)					S C H L U F F (U)						TON	C	C x %	CaCO <sub>3</sub> %	Fed %	Mnd ‰	Fe-Mn-oxid			
		gS	mS	fS	S	Σ	gU	mU	fU	U	T		Fe %						Mn ‰	Σ %		
> 630	630	355	200	63	Σ	63	36	20	6	Σ	<2 ∅ μm	2,19	3,78	0,0	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	0,24	0,24	0,24
						36	20	6	2	Σ		0,40	0,68	0,0	1,56	Sp	2,46	Sp	2,46			

**FLUVIALER DECKLEHM - COOP. PROGRESO - HUMEDAL**

0-10	A1hSw	0,2	0,6	2,3	16,3	19,4	10,4	20,7	17,4	9,0	57,5	23,1	uL	2,19	3,78	0,0	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp
10-30	A1Sw	0,3	0,7	2,0	16,3	19,3	10,6	18,5	18,5	9,8	57,4	23,3	uL	1,07	1,84	0,0	0,15	Sp	0,24	Sp	0,24
> 30	BtSwd	0,2	0,6	1,5	13,9	16,2	8,6	14,9	14,0	8,3	45,8	38,0	tL	0,40	0,68	0,0	1,56	Sp	2,46	Sp	2,46

218

**FLUVIALER DECKLEHM - COOP. ANDA PAKAE - AGUAJAL**

0-30	Min. Ober- boden	0,0	0,1	0,1	0,4	0,6	0,6	3,8	6,6	10,9	21,9	77,5	T	6,08	10,48	0,0	0,16	0,10	0,25	0,16	0,27
------	------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	---	------	-------	-----	------	------	------	------	------

## TAB. 3.2.1 MINERALARTEN - VERTEILUNG

## Y - TERRASSE (FORTSETZUNG)

TIEFE	FRAK-	Q.	F.	K.	Ch.	B.	Mu.	I.	V.	MoI	MoII	S.- M.	Op.	Glas	Bio.-O.	Σ
HOR.	TION	MINERALE / 100 g humus-, carbonat- u. eisenfreie Substanz														
TrD	μ	‰ der einzelnen Korngrößen-Fractionen														

## FLUVIALER DECKLEHM - COOP. PROGRESO - HUMEDAL

AlhSw	200-63	155952	14	00	14	18	212					00	320	00	00	1631000
	63-36	98941	551	00	00	00	+4					00	14	00	00	1041000
0-10 cm	36-20	195940	317	14	00	29	14					29	317	00	00	2071000
	20-6	160917	315	740	00	00	29					16	*3	00	00	1741000
1,44	6-2	78868	115	n.b.	00	00	666					443	00	18	00	901000
	< 2	74320	940	2190	53230			1150	520	2190	37160					2311000
	< 200	760	22	29	54	3	11	11	5	21	37	7	7	1	0	969

AlSw	200-63	159977	18	00	00	00	00					14	211	00	00	1631000
	63-36	101953	434	00	00	00	19					00	+4	00	00	1061000
10-30 cm	36-20	166900	739	00	00	14	422					422	14	29	00	1851000
	20-6	157850	1264	843	+3	00	29					314	317	00	00	1851000
1,48	6-2	87886	223	n.b.	00	00	657					334	00	00	00	981000
	< 2	81350	940	30130	1980			1670	1250	1980	47200					2331000
	< 200	751	35	38	19	1	13	16	12	19	47	11	6	2	0	970

**TAB. 3.2.2 MINERALARTEN - VERTEILUNG**
**Y - TERRASSE (FORTSETZUNG)**

TIEFE	FRAK-	Q.	F.	K.	Ch.	B.	Mu.	I.	V.	MoI	MoII	S.- M.	Op.	Glas	Bio.-O.	Σ
HOR.	TION	MINERALE / 100 g humus-, carbonat- u. eisenfreie Substanz														
TrD	μ	% der einzelnen Korngrößen-Fractionen														

**FLUVIALER DECKLEHM - COOP. PROGRESO - HUMEDAL**

BtSwd	200- 63	132 948	1 9	0 0	0 0	1 4	2 13					1 9	2 17	0 0	0 0	139 1000
	63- 36	80 934	5 58	0 0	0 0	0 0	1 4					0 0	+ 4	0 0	0 0	86 1000
> 30	36- 20	134 898	5 31	0 0	0 0	1 8	4 27					3 20	2 16	0 0	0 0	149 1000
	20-6	120 855	8 58	6 39	0 0	1 10	2 13					2 16	1 10	0 0	0 0	140 1000
1,66	6-2	68 820	2 18	n. b.	0 0	0 0	8 97					5 65	0 0	0 0	0 0	83 1000
	< 2	95 250	15 40	46 120	38 100			27 70	15 40	49 130	95 250					380 1000
	< 200	629	36	52	38	3	17	27	15	49	95	11	5	0	0	977

**TAB. 3.2.3 MINERALARTEN - VERTEILUNG**
**Y - TERRASSE (FORTSETZUNG)**

TIEFE	FRAK-	Q.	F.	K.	Ch.	B.	Mu.	I.	V.	MoI	MoII	S.-M.	Op.	Glas	Bio-O.	
HOR.	TION	MINERALE / 100 g humus-, carbonat- u. eisenfreie Substanz														Σ
TrD	μ	% der einzelnen Korngrößen-Fractionen														

**FLUVIALER DECKLEHM - COOP. ANDA PACAE - AGUAJAL**

Min. Ober- boden	200- 63	3 657	1 117	+	+	+	+					+	+	+	+	4 1000
	63- 36	3 496	1 174	+	+	+	1					+	+	1	+	6 1000
	36- 20	35 930	1 33	+	0	0	1					+	+	0	0	38 1000
	20-6	56 851	5 75	3 45	0	1	+					1	+	0	0	66 1000
1,48	6-2	89 819	4 32	n.b.	0	+	10					6	0	+	0	109 1000
	< 2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.			n.b.	n.b.	n.b.	n.b.					775 1000
	<200	186	12	3	+	1	12					7	+	1	+	998

TAB. 3.3 KATIONENAUSTAUSCH-VERHÄLTNISSE, BODENACIDITÄT Y - TERRASSE

TIE- FE	HOR.	CaCO <sub>3</sub> %	pH				dt/ha KALK- BEDARF	mval / 100 g Boden								Σ Ca, Mg K, Na	Al <sup>+++</sup>	H <sup>+</sup>
			0,02n CaCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O 1:2	1n Ca <sup>+</sup> ACETAT	KAK pot.		Ca	Mg	K	Na	Al	H	Diff.	KAK eff.			
( % KAK pot. )																		
% KAK eff.																		

FLUVIALER DECKLEHM - COOP. PROGRESO - HUMEDAL

0-10	AlhSw	0,0	3,8	4,5	6,2	61	14,1 (100)	0,7 (5)	0,2 (1)	0,2 (1)	0,1 (1)	7,2 (51)	0,1 (1)	5,6 (40)	8,5 (60)	14	85	1
10-30	AlSw	0,0	4,0	4,9	6,5	32	10,5 (100)	1,0 (9)	0,2 (2)	0,1 (1)	0,1 (1)	6,5 (62)	0,3 (3)	2,3 (22)	8,2 (78)	17	79	4
> 30	BtSwd	0,0	3,9	4,9	6,3	49	13,7 (100)	3,7 (27)	0,7 (5)	0,2 (1)	0,1 (1)	7,9 (58)	0,2 (1)	0,9 (7)	12,8 (93)	37	62	1

FLUVIALER DECKLEHM - COOP. ANDA PAKAE - AGUAJAL

0-30	Min. Ober- boden	0,0	4,8	5,3	7,4	0	27,6 (100)	13,2 (48)	1,7 (6)	0,2 (1)	0,1 (0,5)	0,1 (0,5)	0,7 (2)	11,6 (42)	16,0 (58)	95	1	4
------	------------------------	-----	-----	-----	-----	---	---------------	--------------	------------	------------	--------------	--------------	------------	--------------	--------------	----	---	---

**TAB. 3.4 TROCKENDICHTE, FARBWERTE, FREIE U. LEICHT  
LÖSL. OXIDE, HUMUSKÖRPER, NÄHRSTOFFE**

**Y-TERRASSE (FORTS.)**

TIE- FE cm	HOR.	TrD	MUNSELL W E R T E		DITHIO- NIT-lösl.		NaOH- lösl.		Ton <sup>-1</sup> x		C <sub>t</sub> %	C <sub>t</sub> x 1,724 %	N <sub>t</sub> %	C <sub>t</sub> N <sub>t</sub>	LACTAT lösl. mg/100g B.	
			trocken	feucht	Fe %	Mn ppm	Al %	Si %	Fe	Al					K	P

**FLUVIALER DECKLEHM - COOP. PROGRESO - HUMEDAL**

Humus- Auflage	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	28,22	48,65	15,0	18	n.b.	n.b.
0-10 AlhSw	1,44	10YR8/2	10YR5/2	0,00	≤ 50	0,40	0,57	0,00	0,017	2,19	3,78	2,2	10	5,0	2,4	
10-30 AlSw	1,48	2,5Y8/2	10YR7/2	0,15	≤ 50	0,38	0,57	0,01	0,016	1,07	1,84	0,5	20	3,3	1,4	
> 30 BtSwd	1,66	2,5Y8/2 7,5YR8/6	2,5Y7/2 7,5YR6/6	1,56	≤ 50	0,66	0,59	0,04	0,017	0,40	0,68	0,6	7	6,2	0,2	

- 223 -

**FLUVIALER DECKLEHM - COOP. ANDA PAÇAE - AGUAJAL**

Organ. Sediment	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	32,49	56,01	17,0	19	n.b.	n.b.
Min.Ober- boden	1,48	5YR7/1	10YR5/1	0,16	102	n.b.	n.b.	0,02	n.b.	6,08	10,48	5,1	12	7,5	2,4	

**TAB. 35 PORENGRÖSSEN-VERTEILUNG**
**Y-TERRASSE (FORTS.)**

n. Scheffer u. Schacht- schabel	GROBPOREN						MITTELPOREN				FEIN- P O R E N	GESAMTPORENVOLUMEN
	grob			eng								
	Luft-P. schnell..			langsam dränend								
n. Scheffer u. Meyer	WEITPOREN			MITTELPOREN				ENGPOREN				
pF	<1,0	1,0 - 1,8	1,8 - 2,0	2,0 - 2,2	2,2 - 2,5	2,5 - 2,7	2,7 - 3,0	3,0 - 3,3	3,3 - 3,7	3,7 - 4,2	>4,2	
bar · 10 <sup>-3</sup>	<10	10 - 62	59 - 98	98 - 155	155 - 310	310 - 492	492 - 981	981 - 1957	1957 - 4915	4915 - 15544	>15 bar	
Äquivalent- poren Ø µm	>300	300 - 50	50 - 30	30 - 20	20 - 10	10 - 6	6 - 3	3 - 1,5	1,5-0,6	0,6-0,2	<0,2	

FLUVIALER DECKLEHM - COOP. ANDA PACAE - ARABE

Ah	8,9	6,2	1,9	1,9	1,9	1,1	2,4	2,1	1,9	2,3	17,6	48,8
5-15 cm			3,8		3,0				6,3			
n	6	6	6		6		6		10		10,0	6
s	3,13	1,68	0,75		1,34		0,81		1,71		1,03	2,80

FLUVIALER DECKLEHM - COOP. PROGRESO - HUMEDAL

AlhSw	5,7	2,6	0,7	0,9	1,8	1,4	2,6	3,3	5,0	7,4	12,6	44,0
10-20 cm			1,6		3,2				15,7			
n	5	6	6		6		3		2		2	5
s	2,83	1,19	0,37		0,50		0,22		0,1		0,1	2,46

**TAB. 4.1 KORNGRÖSSEN - VERTEILUNG**
**W - TERRASSE**

TIE- FE  cm	HOR.	% C-, CaCO <sub>3</sub> u. Fe + Mn-oxidfreie Substanz										KÖRN- AR- TEN- IN- DEX	Beseitigte Substanz					%Ges.-Boden						
		S A N D (S)					S C H L U F F (U)						TON	C	C x %	CaCO <sub>3</sub> %	Fed %	Mnd ‰	Fe-+Mn-oxid					
		gS	mS	fS	S	Σ	gU	mU	fU	U	Σ		T						Fe %	Mn ‰	Σ %			
		>	630	355	200	63	36	20	6	Σ	<2 ∅ μm													
		630	355	200	63	Σ	36	20	6	2	Σ		1,724								x1,58			

**FLUVIALER DECKLEHM - CARRETERA SANGAPILLA, N-EINSCHNITT**

3-10	Ah1	5,6	10,1	15,0	20,3	51,0	5,7	6,7	9,2	5,9	27,5	21,5	SL	0,91	1,56	0,0	1,00	Sp	1,58	Sp	1,58
10-70	A1	5,8	9,4	13,6	19,1	47,9	5,5	8,2	8,9	5,9	28,5	23,6	sL	0,53	0,91	0,0	1,13	Sp	1,79	Sp	1,79
70-(85)	Bt $\bar{v}$	4,1	9,8	13,4	19,1	46,4	5,0	7,3	7,8	5,7	25,8	27,8	stL	0,34	0,59	0,0	1,31	Sp	2,07	Sp	2,07
(130)-150		6,1	9,1	13,3	19,1	47,6	5,0	5,6	10,0	6,8	27,4	25,0	stL-sL	0,24	0,41	0,0	0,87	n.b	1,37	n.b.	1,37
150-170		8,9	13,5	15,6	20,1	58,1	4,9	5,5	8,2	6,8	25,4	16,5	IS	0,16	0,27	0,0	0,67	n.b	1,06	n.b.	1,06
170-200	B $\bar{v}$	11,3	12,3	11,8	16,2	51,6	4,4	6,7	10,6	7,8	29,5	18,9	sL	0,16	0,32	0,0	0,62	n.b.	0,98	n.b.	0,98

**TAB. 4.2.1 MINERALARTEN - VERTEILUNG**
**W - TERRASSE**

TIEFE	FRAK-	Q.	F.	K.	Ch.	B.	Mu.	I.	V.	MoI	MoII	S.-M.	Op.	Glas	Bio.-O.	Σ
HOR.	TION	MINERALE / 100 g humus-, carbonat- u. eisenfreie Substanz														
TrD	μ	% der einzelnen Korngrößen-Fractionen														

**FLUVIALER DECKLEHM - CARRETERA SANGAPILLA, N-EINSCHNITT**

Ah1	200-63	187 922	5 23	0 0	0 0	1 5	5 23					0 0	5 27	0 0	0 0	203 1000
	63-36	54 952	1 15	0 0	0 0	0 0	1 15					+	+	1 7	0 0	57 1000
3-10 cm	36-20	57 848	1 20	2 33	0 0	1 9	3 45					1 17	1 11	1 17	0 0	67 1000
	20-6	76 822	3 32	4 50	0 0	0 0	3 32					2 16	+	4 43	0 0	92 1000
1,42	6-2	45 755	1 22	n.b.	0 0	+	10 177					1 22	0 0	2 28	0 0	59 1000
	< 2	56 260	11 50	86 400	9 40			24 110	6 30	6 30	17 80					215 1000
	< 200	475	22	92	9	2	22	24	6	6	17	4	6	8	0	693

A1	200-63	177 924	4 21	0 0	0 0	1 6	2 10					+	7 37	0 0	0 0	191 1000
	63-36	53 957	1 18	0 0	0 0	0 0	1 18					+	+	0 0	0 0	55 1000
10-70 cm	36-20	67 814	2 30	1 10	+	+	9 112					1 7	0 0	1 10	1 7	82 1000
	20-6	71 797	3 33	8 88	0 0	0 0	7 76					3 30	0 0	1 16	0 0	89 1000
1,44	6-2	42 709	0 0	n.b.	0 0	+	15 246					2 31	0 0	+	0 0	59 1000
	< 2	47 200	9 40	102 43	7 30			26 111	9 40	12 50	24 100					236 1000
	< 200	457	19	107	7	1	34	26	9	12	24	6	7	2	1	712

## TAB. 4.2.2 MINERALARTEN - VERTEILUNG

## W - TERRASSE (FORTSETZUNG)

TIEFE	FRAK-	Q.	F.	K.	Ch.	B.	Mu.	I.	V.	MoI	MoII	S.-M.	Op.	Glas	Bio-O.	Σ
HOR.	TION	MINERALE / 100 g humus-, carbonat- u. eisenfreie Substanz														
TrD	μ	‰ der einzelnen Korngrößen-Fractionen														

## FLUVIALER DECKLEHM - CARRETERA SANGAPILLA, N-EINSCHNITT

Bt $\bar{v}$	200-63	159 834	9 47	2 10	0 0	1 6	6 30					+	13 69	1 2	0 0	191 1000
	63-36	45 891	2 34	+	0 0	1 22	1 26					0 0	1 13	+	0 0	50 1000
70-(85) 150 cm	36-20	61 830	3 47	1 13	0 0	1 12	5 71					1 7	1 12	+	+	73 1000
	20-6	57 731	3 39	4 49	0 0	+	13 160					+	+	1 12	0 0	78 1000
1,44	6-2	26 461	+	n.b.	0 0	1 18	28 481					2 36	+	0 0	0 0	57 1000
	< 2	58 210	11 40	120 430	14 50			28 100	11 40	8 30	28 100					278 1000
	< 200	406	28	127	14	4	53	28	11	8	28	3	15	2	+	727

Bt $\bar{v}$	200-63	167 877	5 26	0 0	0 0	3 15	9 49					2 10	5 25	0 0	0 0	191 1000
	63-36	40 804	3 65	1 10	0 0	1 30	3 52					1 22	1 17	0 0	0 0	50 1000
70-(130) 150 cm	36-20	39 691	4 78	2 33	0 0	9 156	2 28					+	+	0 0	0 0	56 1000
	20-6	57 569	7 70	3 35	0 0	4 38	28 278					1 7	+	0 0	0 0	100 1000
1,50	6-2	19 278	2 33	n.b.	0 0	1 15	43 633					3 41	0 0	0 0	0 0	68 1000
	< 2	50 200	10 40	128 510	10 40			17 70	5 20	10 40	20 80					250 1000
	< 200	372	31	134	10	18	85	17	5	10	20	7	6	0	0	715

TAB. 4.23 MINERALARTEN-VERTEILUNG W - TERRASSE (FORTSETZUNG)

TIEFE	FRAK-	Q.	F.	K.	Ch.	B.	Mu.	I.	V.	MoI	MoII	S.- M.	Op.	Glas	Bio-O.	Σ
HOR.	TION	MINERALE / 100 g humus-, carbonat- u. eisenfreie Substanz														
TrD	μ	% der einzelnen Korngrößen-Fractionen														

FLUVIALER DECKLEHM - CARRETERA SANGAPILLA, N- EINSCHNITT

150-170 cm	200-63	153 764	20 100	0 0	0 0	20 100	3 13					2 9	3 13	0 0	0 0	201 1000
	63-36	32 661	6 116	1 15	0 0	6 116	2 52					1 20	1 20	0 0	0 0	49 1000
	36-20	33 604	9 171	2 42	0 0	7 117	3 51					+6	1 9	0 0	0 0	55 1000
	20-6	49 597	3 29	1 15	0 0	7 88	20 248					1 16	1 7	0 0	0 0	82 1000
1,52	6-2	21 316	3 44	n.b.	0 0	3 44	40 589					1 10	+3	0 0	0 0	68 1000
	< 2	31 190	5 30	84 510	7 40			15 90	2 10	8 50	13 80					165 1000
	< 200	319	46	88	7	43	68	15	2	8	13	5	6	0	0	620

170-200 cm	200-63	126 779	15 92	0 0	0 0	14 85	5 30					1 7	1 7	0 0	0 0	162 1000
	63-36	34 777	3 59	1 11	0 0	4 85	2 47					+8	+13	0 0	0 0	44 1000
	36-20	43 644	5 69	3 37	0 0	8 125	7 97					+7	1 21	0 0	0 0	67 1000
	20-6	65 609	5 49	3 24	0 0	7 62	24 230					2 23	+3	0 0	0 0	106 1000
1,54	6-2	26 327	1 12	n.b.	0 0	4 53	46 588					1 18	+2	0 0	0 0	78 1000
	< 2	30 160	4 20	108 570	8 40			15 80	2 10	9 50	13 70					189 1000
	< 200	324	33	115	8	37	84	15	2	9	13	4	2	0	0	646

TAB. 4.3 KATIONENAUSTAUSCH - VERHÄLTNISSE, BODENACIDITÄT W - TERRASSE

TIE- FE	HOR.	CaCO <sub>3</sub> %	pH			dt/ha KALK- BEDARF	mval / 100 g Boden								Σ Ca, Mg K, Na	Al <sup>+++</sup>	H <sup>+</sup>	
			0,02n CaCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O 1:2	1n Ca <sup>+</sup> ACETAT		KAK pot.	Ca	Mg	K	Na	Al	H	Diff.				KAK eff.
			( % KAK pot. )											% KAK eff.				

FLUVIALER DECKLEHM - CARRETERA SANGAPILLA, N-EINSCHNITT

0-3	Ah	0,0	3,6	4,2	6,1	70	14,3 (100)	0,5 (4)	0,3 (2)	0,2 (1)	0,2 (1)	3,3 (23)	0,4 (3)	9,4 (66)	4,9 (34)	25	67	8
3-10	Ah1	0,0	4,0	4,6	6,4	36	9,5 (100)	0,4 (4)	0,1 (1)	0,1 (1)	0,2 (2)	3,3 (35)	0,2 (2)	5,2 (55)	4,3 (45)	18	77	5
10-70	A1	0,0	4,0	4,9	6,5	29	7,0 (100)	0,3 (4)	0,1 (1)	0,1 (1)	0,2 (3)	2,9 (42)	0,1 (2)	3,3 (47)	3,7 (53)	19	78	3
70-85	Bt $\bar{v}$	0,0	4,0	4,9	6,4	33	6,7 (100)	0,4 (6)	0,1 (2)	0,1 (1)	0,2 (3)	3,3 (49)	0,1 (2)	2,5 (37)	4,2 (63)	19	79	2
130-150		0,0	4,0	4,9	6,5	29	6,8 (100)	0,3 (4)	0,1 (2)	0,1 (1)	0,2 (3)	3,4 (50)	0,2 (3)	2,5 (37)	4,3 (63)	16	79	5
150-170		0,0	4,1	4,5	6,6	19	5,1 (100)	0,3 (6)	0,1 (2)	0,1 (2)	0,2 (55)	2,8 (4)	0,2 (4)	1,4 (27)	3,7 (73)	19	76	5
170-200	B $\bar{v}$	0,0	4,1	5,0	6,7	19	5,0 (100)	0,3 (6)	0,1 (2)	Sp. (Sp.)	0,2 (4)	3,0 (60)	0,2 (4)	1,2 (24)	3,8 (76)	16	79	5
200-245		0,0	4,0	4,8	6,7	16	5,5 (100)	0,3 (5)	0,1 (2)	0,1 (2)	0,2 (4)	2,6 (47)	0,1 (2)	2,1 (38)	3,4 (62)	21	76	3
245-305		0,0	4,0	4,8	6,6	25	5,3 (100)	0,4 (7)	0,1 (2)	0,1 (2)	0,2 (4)	3,2 (60)	0,1 (2)	1,2 (23)	4,1 (77)	20	78	2
> 330		0,0	3,9	5,2	6,6	27	5,1 (100)	0,4 (8)	0,2 (4)	Sp. (Sp.)	0,1 (2)	3,7 (72)	0,2 (4)	0,5 (10)	4,6 (90)	15	81	4

TAB. 4.4 TROCKENDICHTE, FARBWERTE, FREIE U. LEICHT  
LÖSL. OXIDE, HUMUSKÖRPER, NÄHRSTOFFE

W - TERRASSE

TIE- FE cm	HOR.	TrD	MUNSELL W E R T E		DITHIO- NIT-lösl.		NaOH- lösl.		Ton <sup>-1</sup> x %		C <sub>t</sub> %	C <sub>t</sub> x 1,724 %	N <sub>t</sub> %	C <sub>t</sub> N <sub>t</sub>	LACTAT lösl. mg/100g B.	
			trocken	feucht	Fe %	Mn ppm	Al %	Si %	Fe	Al					K	P

FLUVIALER DECKLEHM-CARRETERA SANGAPILLA, N-EINSCHNITT

(-)3-0 Auf- lagehumus		n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	26,78	46,15	19,2	14	n. b.	n. b.
0-3 Ah		n. b.	10YR6-5/2	10YR4/2	0,84	n. b.	n. b.	n. b.	0,05	n. b.	3,32	5,72	2,5	13	6,2	1,3
3-10 Ah1		1,42	10YR7-6/3	10YR4/3	1,00	≅ 50	0,80	0,62	0,05	0,04	0,91	1,56	1,1	9	0,8	0,2
10-70 A1		1,44	10YR7/3-4	7,5YR5/6	1,13	≅ 50	1,15	1,15	0,05	0,05	0,53	0,91	0,4	13	0,8	0,0
70-85	Bt $\bar{v}$	1,44	10YR7/3	10YR5-6/4	1,31	≅ 50	1,34	1,08	0,03	0,05	0,34	0,59	0,4	9	0,8	0,0
130-150		1,50	10YR7/3	10YR6/4	0,87	n. b.	n. b.	n. b.	0,04	n. b.	0,24	0,41	0,3	8	0,8	0,0
150-170		1,52	10YR8/3	10YR6/4	0,67	n. b.	n. b.	n. b.	0,03	n. b.	0,16	0,27	0,2	7	0,8	0,0
170-200	B $\bar{v}$	1,54	10YR8/2	10YR6,4	0,62	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	0,16	0,32	0,2	7	1,2	0,0
200-245		n. b.	10YR8/6	10YR6/6	1,15	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	0,19	0,29	0,2	8	1,2	0,0
245-305		n. b.	10YR8/4	10YR6/4	1,23	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	0,17	0,29	0,3	6	1,2	0,0
> 330		n. b.	2,5Y8/2	2,5Y7/2	0,30	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	0,07	0,13	0,2	5	1,2	0,0

**TAB. 4.5 PORENGRÖSSEN - VERTEILUNG**
**W - TERRASSE**

n. Scheffer u. Schacht- schabel	G R O B P O R E N				M I T T E L P O R E N				F E I N - P O R E N		GESAMTPORENVOLUMEN
	grob		eng								
	Luft-P. schnell..		langsam dränend								
n. Scheffer u. Meyer	W E I T P O R E N			M I T T E L P O R E N				E N G P O R E N			
pF	<1,0	1,0 - 1,8	1,8 - 2,0	2,0 - 2,2	2,2 - 2,5	2,5 - 2,7	2,7 - 3,0	3,0 - 3,3	3,3 - 3,7	3,7 - 4,2	>4,2
bar · 10 <sup>-3</sup>	<10	10 - 62	59 - 98	98 - 155	155 - 310	310 - 492	492 - 981	981 - 1957	1957 - 4915	4915 - 15544	> 15 bar
Äquivalent- poren $\phi$ $\mu$ m	> 300	300 - 50	50 - 30	30 - 20	20 - 10	10 - 6	6 - 3	3 - 1,5	1,5-0,6	0,6-0,2	<0,2

**FLUVIALER DECKLEHM - CARRETERA SANGAPILLA, N - EINSCHNITT**

A1	7,9	5,5	1,7	1,9	3,1	1,9	3,2	2,1	1,8	3,1	15,4	47,6
10-20 cm			3,6		5,0							
n	3	3	3		3		3	4	4	2	2	2
s	1,88	0,92	0,50		0,56		0,45	0,26	0,83	0,05	0,05	0,13

TAB. 4.6 GEWINN.U. VERLUST AN MINERALARTEN IN DEN KORNGRÖSSEN-FRAKTIONEN 200 - 2  $\mu$

HOR. TIE- FE cm	200 - 63 $\mu$				63 - 36 $\mu$				36 - 20 $\mu$				20 - 6 $\mu$				6 - 2 $\mu$			
	M	B	F	K	M	B	F	K	M	B	F	K	M	B	F	K	M	B	F	K
	% Bodensubstanz				humus-, carbonat- und eisenfrei								pro m <sup>2</sup> und Horizontmächtigkeit							
	0,1 kg				"				"				"				bezogen auf Ausgangszusammensetzung berechnet aus Schicht/Horizont 85-140 cm			

FLUVIALER DECKLEHM - C ARRETERA SANGAPILLA, N-EINSCHNITT

W - TERRASSE

3-10	+ 2	- 24	- 20	o	- 3	- 10	- 8	- 2	- 2	- 11	15	- 2	- 29	- 10	- 1	+ 2	- 80	o	- 5	n.b.
Ah1	+ 2	- 24	- 20	o	- 3	- 10	- 8	- 2	- 2	- 11	15	- 2	- 29	- 10	- 1	+ 2	- 79	o	- 5	n.b.
10-70	- 1	- 22	- 19	o	- 3	- 9	- 8	- 2	+ 3	- 14	17	- 3	- 22	- 10	- 1	+ 3	- 69	o	- 6	n.b.
A1	- 9	- 190	- 164	o	- 26	- 78	- 69	- 17	+ 26	- 121	- 147	- 26	- 190	- 86	- 9	+ 26	- 596	o	- 52	n.b.
70-(85)	+ 3	- 20	- 12	+ 2	- 2	- 7	- 6	- 1	o	- 12	- 14	- 3	- 11	- 8	o	+ 3	- 24	+ 1	- 4	n.b.
Bt $\bar{v}$	+ 17	- 115	- 69	+ 12	- 12	- 40	- 35	- 6	o	- 69	- 81	- 17	- 63	- 46	o	+ 17	- 138	+ 6	- 23	n.b.
(130)Bt $\bar{v}$	+ 6	- 19	- 18	o	o	- 1	- 4	o	- 1	+ 1	- 7	o	+ 4	- 4	+ 4	+ 2	+ 5	+ 1	- 1	n.b.
-150	+ 36	- 114	- 108	o	o	- 36	- 24	o	+ 6	+ 6	- 42	o	+ 24	- 24	+ 24	+ 12	+ 30	+ 6	- 6	n.b.
150-170	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	n.b.
Bt $\bar{v}$																				

- 232 -

TAB. 4.7 UMVERTEILUNG DES TONS DURCH NEUBILDUNG UND VERLAGERUNG, MENGEN-BILANZ

TIE- FE	HOR.	TROCKEN-BO- DEN		TON 2 mm Gehalt heute		NEUGEBIL- DETER TON		PRIM.- TON	QUARZ 200 - 2 µm		PRIM. TON	TON VOR VERLAGE- RUNG	+GEWINN -VERLUST
		DICHTE g/cm <sup>3</sup>	kg HABS *)	%**)	kg HABS	%	kg HABS		kg HABS	kg HABS			
Spalte		1a	1b	2a	2b	3a	3b	4	5a	5b	6	7	8
<u>FLUVIALER DECKLEHM - CARRETERA SANGAPILLA, N- EINSCHNITT</u>												<u>W - TERRASSE</u>	
3- 10	Ah1	1,42	99	21,5	21	21,8	22		41,9	41	14	36	-15
10- 70	A1	1,44	864	23,6	204	20,0	173		41,0	354	122	295	-91
70-110	} BtV	1,44	576	27,8	160	11,5	66		34,8	200	69	135	+25
110-150		1,50	600	25,0	150	3,6	22		32,2	193	67	89	+61
150-170		1,52	304	16,5	50	0	0		28,8	88	30	30	+20
SUMME			2443		585		283	302		876	302	585	0

\*) Horizont - Abschnitt einer Boden-Säule mit der Querschnittsfläche 1 m<sup>2</sup>

\*\*\*) Bezogen auf 100 Teile C-, CaCO<sub>3</sub> - u. Fe + Mn - oxid-freies Boden-Material mit dem heutigen Gehalt an Ton

TAB. 5.1 KORNGRÖSSEN - VERTEILUNG

U - TERRASSE

TIE- FE  cm	HOR.	% C-, CaCO <sub>3</sub> u. Fe + Mn-oxidfreie Substanz										KÖRN- AR- TEN- IN- DEX	Beseitigte Substanz %Ges.-Boden											
		S A N D (S)					S C H L U F F (U)						TON	C	C x %	CaCO <sub>3</sub> %	Fed %	Mnd %	Fe-Mn-oxid					
		gS	mS		fS	S	gU	mU	fU	U	T		Fe						Mn	Σ				
>	630	355	200		Σ	63	36	20	6	Σ	<2													
630	355	200	63			36	20	6	2		∅ μm													

VON FLUVIAL - LEHM BEDECKTE DURCHRAGUNG, MESOZOISCHER TON - SILT - STEIN -  
ACCESO ASSERADERO, SANGAPILLA - BRÜCKE

Roter Hor.	0,0	0,3	0,9	3,4	4,6	3,5	10,8	14,1	11,7	40,1	55,3	1T	0,40	0,69	0,0	17,2	Sp	27,18	Sp	27,18		
Red. Hor.	0,0	0,2	3,2	38,5	1,9	8,6	8,7	11,7	11,3	40,3	17,8	suL	0,06	0,09	0,0	0,37	Sp	0,58	Sp	0,58		
Fleckenzone	0,1	0,4	0,4	4,8	5,7	2,8	6,5	3,8	12,5	35,6	58,7	1T	0,06	0,10	0,0	0,0	Sp	0,00	Sp	0,00		
C-Hor.	0,0	0,3	1,2	9,9	11,4	9,9	20,0	12,9	10,4	53,2	35,4	utL	0,06	0,10	0,0	1,01	Sp	1,60	Sp	1,60		

234

**TAB. 5.2.1 MINERALARTEN - VERTEILUNG**
**U - TERRASSE**

TIEFE	FRAK-	Q.	F.	K.	Ch.	B.	Mu.	I.	V.	MoI	MoII	S.-M.	Op.	Glas	Bio-O.	Σ
HOR.	TION	MINERALE / 100 g humus-, carbonat- u. eisenfreie Substanz														
TrD	μ	% der einzelnen Korngrößen-Fractionen														

**VON FLUVIAL-LEHM BEDECKTE DURCHRAGUNG, MESOZOISCHER  
TONSILT - STEIN - ACCESO ASSERADERO, SANGAPILLA BRÜCKE**

Roter	200-63	28 833	+	+	0	1	1					+	4	0	0	34
			3	2	0	11	24					5	122	0	0	1000
Hor.	63-36	31 873	1	+	0	1	2					0	+	0	0	35
			34	14	0	27	48					0	4	0	0	1000
1,56	36-20	97 897	0	2	+	1	5					1	2	+	1	108
			0	15	3	10	46					7	13	3	6	1000
1,56	20-6	99 704	0	12	0	3	27					0	0	0	0	141
			0	88	0	20	188					0	0	0	0	1000
	6-2	43 370	1	n.b.	0	5	63					5	0	0	0	117
			4		0	43	540					43	0	0	0	1000
1,56	< 2	78 140	44	72	50			116	33	66	94					553
			80	130	90			210	60	120	170					1000
1,56	< 200	376	46	86	50	11	98	116	33	66	94	6	6	+	1	988

- 235 -

Reduk-	200-63	155 404	0	39	0	27	155					1	8	0	0	385
			0	100	0	69	404					2	21	0	0	1000
Hor.	63-36	40 465	0	7	0	5	32					+	2	0	0	86
			0	76	0	58	374					5	22	0	0	1000
1,58	36-20	46 535	+	13	0	2	22					1	3	0	0	87
			3	147	0	19	248					10	38	0	0	1000
1,58	20-6	33 282	+	7	0	2	74					1	+	0	0	117
			2	59	0	13	636					4	4	0	0	1000
	6-2	10 90	1	n.b.	0	3	95					4	0	0	0	113
			8		0	28	839					35	0	0	0	1000
1,58	< 2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.			n.b.	n.b.	n.b.	n.b.					178
1,58	< 200	284	1	56	0	39	378					7	5	0	0	996

TAB. 5.2.2 MINERALARTEN - VERTEILUNG

U-TERRASSE (FORTSETZUNG)

TIEFE	FRAK- TION	Q.	F.	K.	Ch.	B.	Mu.	I.	V.	MoI	MoII	S.-M.	Op.	Glas	Bio.-O.	Σ
HOR.		MINERALE / 100 g humus-, carbonat- u. eisenfreie Substanz														
TrD	μ	% der einzelnen Korngrößen-Fractionen														

**VON FLUVIAL-LEHM BEDECKTE DURCHRAGUNG, MESOZOISCHER  
TONSILT - STEIN - ACCESSO ASSERADERO, SANGAPILLA BRÜCKE**

Flek- ken- Zone	200- 63	42 869	0 0	2 36	0 0	+	2 50					0 0	2 39	0 0	0 0	48 1000
	63- 36	23 811	+	1 40	0 0		1 33	2 83				0 0	1 22	0 0	0 0	28 1000
	36- 20	60 933	0 0	1 13	0 0	+	1 3	13				1 10	2 25	0 0	+	3 1000
	20-6	98 709	0 0	17 123	0 0		1 5	21 152				+	1 8	0 0	0 0	138 1000
	6-2	92 736	0 0	n.b.	0 0		2 19	29 229				2 16	0 0	0 0	0 0	125 1000
1,74	< 2	164 280	59 100	65 110	76 130				76 130	6 10	82 140	59 100				587 1000
	<200	479	59	86	76	4	55	76	6	82	59	3	6	0	+	991

C-Hor.	200- 63	81 815	+	6 60	0 0		2 21	5 55				0 0	5 45	0 0	0 0	99 1000
	63- 36	80 814	0 0	5 48	0 0		7 74	5 47				0 0	2 17	0 0	0 0	99 1000
	36- 20	172 859	1 4	8 41	0 0		4 20	14 68				0 0	1 8	0 0	0 0	200 1000
	20-6	54 421	+	24 185	0 0		4 29	43 333				3 20	1 7	0 0	0 0	129 1000
	6-2	59 565	+	n.b.	0 0		4 37	37 359				4 34	0 0	0 0	0 0	104 1000
1,77	< 2	78 220	35 100	46 130	25 70				67 190	4 10	46 130	53 150				354 1000
	<200	524	36	39	25	21	104	67	4	46	53	7	9	0	0	985

TAB. 5.3 KATIONENAUSTAUSCH - VERHÄLTNISSSE, BODENACIDITÄT

U - TERRASSE

TIE- FE HOR.	CaCO <sub>3</sub> %	pH				dt/ha KALK- BEDARF	mval / 100 g Boden								Σ Ca, Mg K, Na	Al <sup>+++</sup>	H <sup>+</sup>
		0,02n CaCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O 1:2	1n Ca <sup>+</sup> ACETAT	KAK pot.		Ca	Mg	K	Na	Al	H	Diff.	KAK eff.			
		( % KAK pot. )								% KAK eff.							

VON FLUVIAL - LEHM BEDECKTE DURCHRAGUNG, MESOZOISCHER TON - SILT - STEIN  
ACCESO ASSERADERO, SANGAPILLA - BRÜCKE

Roter Hor.	0,0	4,1	5,3	6,3	49	12,1 (100)	0,4 (3)	0,1, (1)	0,1 (1)	0,1 (1)	6,3 (52)	0,5 (4)	4,6 (38)	7,5 (62)	9	84	7
Reduktions- Horizont	0,0	4,0	5,0	6,6	22	5,9 (100)	0,5 (8)	0,1 (2)	0,1 (1)	0,1 (2)	4,7 (80)	0,3 (5)	0,1 (2)	5,8 (98)	14	81	5
Flecken- zone	0,0	3,9	5,2	6,0	83	9,6 (100)	0,4 (4)	0,1 (1)	Sp Sp	0,1 (1)	8,2 (86)	0,4 (4)	0,4 (4)	9,2 (96)	7	89	4
C-Hor.	0,0	3,9	5,3	6,0	83	8,9 (100)	0,4 (5)	0,1 (1)	Sp. (Sp.)	0,1 (1)	3,8 (43)	0,1 (1)	4,4 (49)	4,5 (51)	13	85	2

TAB. 5.4 TROCKENDICHTE, FARBWERTE, FREIE U. LEICHT  
LÖSL. OXIDE, HUMUSKÖRPER, NÄHRSTOFFE

U - TERRASSE

TIE- FE cm	HOR.	TrD	MUNSELL W E R T E		DITHIO- NIT-lösl.		NaOH- lösl.		Ton <sup>-1</sup> x %		C <sub>t</sub> %	C <sub>t</sub> x 1,724 %	N <sub>t</sub> %	C <sub>t</sub> N <sub>t</sub>	LACTAT lösl. mg/100g B.	
			trocken	feucht	Fe %	Mn ppm	Al %	Si %	Fe	Al					K	P

VON FLUVIAL - LEHM BEDECKTE DURCHTRAGUNG, MESOZOISCHER TON - SILTSTEIN -  
ACCESO ASSERADERO, SANGAPILLA - BRÜCKE

Roter Hor.	1,56	10R5/6	10 R4/6	17,20	≤ 50	1,02	0,64	0,31	0,02	0,40	0,69	0,3	12	0,8	0,0	- 238 -
Reduktions- hor.	1,58	5YR8/3	5YR 6/4	0,37	≤ 50	1,13	1,17	0,02	0,06	0,06	0,09	0,2	3	1,7	0,0	
Flecken- zone	1,74	5YR8/2	5YR 7/2	0,00	≤ 50	1,08	0,91	0,0	0,02	0,06	0,10	0,3	2	2,1	0,0	
C-Hor.	1,77	10R6/2	10R4/3	1,01	≤ 50	1,06	0,90	0,03	0,03	0,06	0,10	0,2	3	1,7	0,0	

**TAB. 6.1 KORNGRÖSSEN - VERTEILUNG**

TIE- FE  cm	HOR.	% C-, CaCO <sub>3</sub> u. Fe + Mn-oxidfreie Substanz									KÖRN- AR- TEN- IN- DEX	Beseitigte Substanz %Ges.-Boden							
		S A N D (S)				S C H L U F F (U)				TON		C %	C x %	CaCO <sub>3</sub> %	Fed %	Mnd ‰	Fe-Mn-oxid		
		gS	mS	fS	S	gU	mU	fU	U	T							Fe %	Mn ‰	Σ %
		> 630	630 355	355 200	200 63	Σ	63 36	36 20	20 6	6 2		Σ	<2 Ø μm	IS	utL	0,13 0,23	0,23 0,0	0,0 2,86	Sp

**T - TERRASSE**
**FLUVIALER DECKLEHM - CARRETERA SANGAPILLA, S - EINSCHNITT**

1 m Gelblehm	1,9	5,0	29,8	19,0	55,7	4,1	5,7	11,7	10,7	32,2	12,1	IS	0,13	0,23	0,0	2,86	Sp	4,52	Sp	4,52
6 m Grauer Lehm	0,0	0,1	0,2	4,2	4,5	8,3	13,7	17,5	14,7	54,2	41,3	utL	0,12	0,21	0,0	0,37	Sp	0,58	Sp	0,58

**Q - TERRASSE**
**FLUVIALER DECKLEHM - CARRETERA SANGAPILLA, SCHEITELPUNKT**

0-30 Oberboden	1,3	4,9	14,3	29,1	49,6	6,3	7,1	6,0	2,7	22,1	28,3	stL	0,20	0,34	0,0	3,38	Sp	5,34	Sp	5,34
30-65 Obere-	1,4	5,1	14,4	30,1	51,0	6,5	8,0	5,5	2,9	22,9	26,1	stL	0,15	0,26	0,0	1,73	0,10	2,73	0,16	2,75
65-110 Mittlere	1,1	3,5	11,7	29,3	45,6	5,8	8,6	6,3	3,7	24,4	30,0	stL	0,13	0,23	0,0	1,68	Sp	2,65	Sp	2,65
110 Untere Flecken- zone	1,4	4,1	11,2	29,8	46,5	6,4	7,6	5,9	5,0	24,9	28,6	stL	0,10	0,15	0,0	0,58	Sp	0,92	Sp	0,92

**TAB. 6.2.1 MINERALARTEN - VERTEILUNG**
**T - TERRASSE**

TIEFE HOR.	FRAK- TION	Q.	F.	K.	Ch.	B.	Mu.	I.	V.	MoI	MoII	S.- M.	Op.	Glas	Bio.-O.	Σ
TrD	μ	MINERALE / 100 g humus-, carbonat- u. eisenfreie Substanz														
		% der einzelnen Korngrößen-Fractionen														

**FLUVIALER DECKLEHM - CARRETERA SANGAPILLA, S-EINSCHNITT**

1 m Gelb- lehm	200- 63	100 526	1 7	0 0	0 0	23 123	49 256					0 0	16 86	1 2	0 0	190 1000
	63- 36	15 366	1 19	1 18	+ 2	2 53	20 494					+ 7	2 41	0 0	0 0	41 1000
	36- 20	26 450	+ 7	4 65	+ 4	1 9	24 427					+ 7	2 31	0 0	0 0	57 1000
	20-6	20 171	0 0	3 26	0 0	1 3	92 786					+ 3	1 11	0 0	0 0	117 1000
	6-2	12 116	0 0	n.b.	0 0	5 42	87 816					3 23	+ 3	0 0	0 0	107 1000
1,45	< 2	28 230	5 40	37 310	6 50			19 160	6 50	4 30	16 130					121 1000
	< 200	201	7	45	6	32	272	19	6	4	16	3	21	1	0	633

6 m Grau- lehm	200- 63	29 693	2 35	2 47	0 0	1 23	2 47					0 0	6 152	+ 3	0 0	42 1000
	63- 36	52 626	8 101	4 53	0 0	4 46	13 151					+ 3	2 20	0 0	0 0	83 1000
	36- 20	100 733	9 65	9 67	0 0	2 17	15 105					1 3	1 10	0 0	0 0	137 1000
	20-6	133 759	7 38	12 70	0 0	0 0	23 133					0 0	0 0	0 0	0 0	175 1000
	6-2	95 646	0 0	n.b.	0 0	3 17	46 315					3 22	0 0	0 0	0 0	147 1000
1,73	< 2	161 390	21 50	103 250	17 40			37 90	0 0	33 80	41 100					413 1000
	< 200	570	47	130	17	10	99	37	0	33	41	4	9	+	0	997

**TAB. 6.2.2 MINERALARTEN - VERTEILUNG**
**Q - TERRASSE**

TIEFE	FRAK- TION	Q.	F.	K.	Ch.	B.	Mu.	I.	V.	MoI	MoII	S.-M.	Op.	Glas	Bio.-O.	Σ
HOR.		MINERALE / 100 g humus-, carbonat- u. eisenfreie Substanz														
TrD	μ	% der einzelnen Korngrößen-Fractionen														

**FLUVIALER DECKLEHM - CARRETERA SANGAPILLA, SCHEITELPUNKT**

Ober-	200-63	290 997	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0					0 0	1 3	0 0	0 0	291 1000
	63-36	62 980	0 0	0 0	0 0	+	1 8					+	0 0	0 0	0 0	63 1000
boden	36-20	66 929	1 8	0 0	0 0	+	3 35					+	1 20	0 0	0 0	71 1000
	20-6	52 875	1 21	1 10	+	0 0	5 82					1 6	+	0 0	0 0	60 1000
0-30 cm	6-2	23 833	+	n.b.	0 0	+	3 111					1 42	0 0	0 0	0 0	27 1000
	< 2	51 180	31 110	34 120	31 110			34 120	11 40	37 130	54 190					283 1000
	< 200	544	33	35	31	+	12	34	11	37	54	2	2	0	0	795

- 241 -

Obere	200-63	301 1000	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0					0 0	0 0	0 0	0 0	301 1000
	63-36	62 947	1 9	+	0 0	+	1 21					1 9	+	0 0	0 0	65 1000
Flecken-	36-20	75 946	0 0	1 14	0 0	+	2 20					1 7	1 10	0 0	0 0	80 1000
	20-6	49 893	+	1 16	0 0	0 0	3 47					1 25	1 16	0 0	0 0	55 1000
30-65 cm	6-2	21 707	0 0	n.b.	0 0	1 21	6 221					1 51	0 0	0 0	0 0	29 1000
	< 2	47 180	42 160	21 80	26 100			31 120	11 40	31 120	52 200					261 1000
	< 200	555	43	23	26	1	12	31	11	31	52	4	2	0	0	791

**TAB. 6.2.3 MINERALARTEN - VERTEILUNG**
**Q-TERRASSE (FORTSETZUNG)**

TIEFE	FRAK-	Q.	F.	K.	Ch.	B.	Mu.	I.	V.	MoI	MoII	S.-M.	Op.	Glas	Bio-O.	Σ
HOR.	TION	MINERALE / 100 g humus-, carbonat- u. eisenfreie Substanz														
TrD	μ	% der einzelnen Korngrößen-Fractionen														

**FLUVIALER DECKLEHM - CARRETERA SANGAPILLA, SCHEITELPUNKT**

Mittlere	200-63	292 997	C G	0 0	0 0	0 0	0 0					0 0	1 3	0 0	0 0	293 1000
	63-36	56 955	0 0	0 0	0 0	+	2 32					0 0	0 0	0 0	0 0	58 1000
Fleckenzone	36-20	83 964	+	0 0	0 0	+	1 9					1 7	1 16	0 0	0 0	86 1000
	20-6	57 909	0 0	1 13	0 0	0 0	4 65					+	1 8	0 0	0 0	63 1000
65-110 cm	6-2	24 658	+	n.b.	0 0	1 21	10 275					2 43	0 0	0 0	0 0	37 1000
	< 2	48 160	24 80	36 120	30 100			30 100	12 40	54 180	66 220					300 1000
1,65	< 200	560	24	37	30	1	17	30	12	54	66	3	3	0	0	837

Untere	200-63	294 986	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0					0 0	4 14	0 0	0 0	298 1000
	63-36	62 962	+	1 19	0 0	1 11	+	4				0 0	0 0	0 0	0 0	64 1000
Fleckenzone	36-20	70 909	+	1 19	0 0	1 11	3 36					+	1 7	0 0	0 0	76 1000
	20-6	46 776	0 0	2 27	0 0	+	10 173					1 12	+	0 5	0 0	59 1000
110 cm	6-2	22 450	0 0	n.b.	0 0	3 63	24 472					1 15	0 0	0 0	0 0	50 1000
	< 2	51 180	40 140	31 110	17 60			43 150	29 100	26 90	49 170					286 1000
	< 200	545	40	35	17	5	37	43	29	26	49	2	5	0	0	833

**TAB. 6.3 KATIONENAUSTAUSCH - VERHÄLTNISSSE, BODENACIDITÄT**

TIE- FE	HOR.	CaCO <sub>3</sub> %	pH				dt/ha KALK- BEDARF	mval / 100 g Boden								Σ Ca, Mg K, Na	Al <sup>+++</sup>	H <sup>+</sup>	
			0,02n CaCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O 1:2	In Ca <sup>+</sup> ACETAT			KAK pot.	Ca	Mg	K	Na	Al	H	Diff.				KAK eff.
			( % KAK pot. )								% KAK eff.								

**FLUVIALER DECKLEHM - CARRETERA SANGAPILLA, S - EINSCHNITT T-TERRASSE**

1 m Gelb- lehm	0,0	4,1	5,1	6,6	24	5,3 (100)	0,4 (7)	0,1 (2)	Sp. (Sp.)	0,1 (2)	3,8 (72)	0,3 (6)	0,6 (11)	4,7 (89)	13	81	6
6 m Grauer Lehm	0,0	3,7	5,0	6,2	61	11,0 (100)	0,5 (4)	0,4 (4)	0,2 (2)	0,3 (3)	9,4 (85)	0,2 (2)	0,0 (0)	11,0 (100)	13	85	2

**FLUVIALER DECKLEHM - CARRETERA SANGAPILLA, SCHEITELPUNKT Q-TERRASSE**

0-30 Ober- boden	0,0	4,0	5,1	6,5	31	7,4 (100)	0,4 (5)	0,1 (2)	0,1 (1)	0,1 (2)	6,0 (81)	0,3 (4)	0,4 (5)	7,0 (95)	10	86	4
30-65 Obere..	0,0	4,0	5,2	6,3	43	7,0 (100)	0,3 (4)	0,1 (1)	Sp. (Sp.)	0,1 (2)	6,0 (86)	0,3 (4)	0,2 (3)	6,8 (97)	7	88	5
65-110 Mitt- lere	0,0	4,0	5,2	6,4	37	7,9 (100)	0,4 (5)	0,1 (1)	Sp. (Sp.)	0,1 (2)	6,8 (86)	0,4 (5)	0,1 (1)	7,8 (99)	8	87	5
110 Untere Flecken- zone	0,0	4,9	5,2	6,3	45	7,7 (100)	0,4 (5)	0,1 (1)	0,1 (1)	0,1 (2)	6,5 (85)	0,4 (5)	0,1 (1)	7,6 (99)	9	86	5

TAB. 6.4 TROCKENDICHTE, FARBWERTE, FREIE U. LEICHT  
LÖSL. OXIDE, HUMUSKÖRPER, NÄHRSTOFFE

TIE- FE cm	HOR.	TrD	MUNSELL W E R T E		DITHIO- NIT-lösl.		NaOH- lösl.		Ton <sup>-1</sup> x %		C <sub>t</sub> %	C <sub>t</sub> x 1,724 %	N <sub>t</sub> %	C <sub>t</sub> N <sub>t</sub>	LACTAT lösl. mg/100g B.	
			trocken	feucht	Fe %	Mn ppm	Al %	Si %	Fe	Al					K	P

FLUVIALER DECKLEHM - CARRETERA SANGAPILLA, S-EINSCHNITT

T - TERRASSE

1 m Gelb- lehm	1,45	10YR6/6	10YR8/6	2,86	≤ 50	n.b.	n.b.	0,24	n.b.	0,13	0,23	0,2	6	0,8	0,0
6 m grauer Lehm	1,73	5YR8/1	10YR7-6/2	0,37	≤ 50	n.b.	n.b.	0,01	n.b.	0,12	0,21	0,5	3	5,0	0,9

FLUVIALER DECKLEHM - CARRETERA SANGAPILLA, SCHEITELPUNKT

Q - TERRASSE

0-30 Ober- boden	1,65	2,5YR6/6	2,5YR4/8	3,38	≤ 50	1,02	0,64	0,12	0,04	0,20	0,34	0,2	12	0,8	0,0
30-65 Obere	1,66	2,5YR6/6 7,5YR8/6	2,5YR4/8 7,5YR6/8	1,73	90	0,81	0,50	0,07	0,03	0,15	0,26	0,3	5	0,4	0,0
65-110 Mittl.	1,65	5YR7/6 2,5YR5/8	5YR5/6 2,5YR4/8	1,68	≤ 50	0,98	0,57	0,06	0,03	0,13	0,23	0,2	6	0,8	0,0
>110 Untere FLECKEN- ZONE	1,66	10YR8/1	10 R7/1	0,58	≤ 50	0,89	0,76	0,02	0,03	0,10	0,15	0,3	4	0,8	0,0

**TAB. 6.5 PORENGRÖSSEN-VERTEILUNG**
**Q - TERRASSE**

n. Scheffer u. Schacht- schabel	GROBPOREN						MITTELPOREN					FEJN- POREN	GESAMTPORENVOLUMEN
	grob			eng									
	Luft-P. schnell..			langsam dränend									
n. Scheffer u. Meyer	WEITPOREN			MITTELPOREN					ENGPOREN				
pF	<1,0	1,0 - 1,8	1,8 - 2,0	2,0 - 2,2	2,2 - 2,5	2,5 - 2,7	2,7 - 3,0	3,0 - 3,3	3,3 - 3,7	3,7 - 4,2	>4,2		
bar · 10 <sup>-3</sup>	<10	10 - 62	59 - 98	98 - 155	155 - 310	310 - 492	492 - 981	981 - 1957	1957 - 4915	4915 - 15544	>15 bar		
Äquivalent- poren Ø µm	>300	300 - 50	50 - 30	30 - 20	20 - 10	10 - 6	6 - 3	3 - 1,5	1,5-0,6	0,6-0,2	<0,2		

**FLUVIALER DECKLEHM - CARRETERA SANGAPILLA - SCHEITELPUNKT**

Roter Oberboden 10-20 cm	1	1	0,8	1,1	1,6	1,3	2,3	1,9	2,7	3,2	23,6	40,5
n	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3
s	1,01	0,42	0,43	0,43	0,17	0,25	0,25	1,35	1,35	1,35	1,35	2,02

TAB. 7.1.1 KORNGRÖSSEN - VERTEILUNG

MESOZOISCHES GESTEIN

TIE- FE	HOR.	% C-, CaCO <sub>3</sub> u. Fe + Mn-oxidfreie Substanz										KÖRN- AR- TEN- IN- DEX	Beseitigte Substanz %Ges.-Boden						
		S A N D (S)				S C H L U F F (U)				TON	C %		C x 1,724 %	CaCO <sub>3</sub> %	Fed %	Mnd ‰	Fe-Mn-oxid		
		gS	mS	fS	S	gU	mU	fU	U	T							Fe %	Mn %	Σ
cm		> 630	630	355	200	63	36	20	6	Σ	<2 Ø μm								

CORDILLERA AZUL - STRASSE TINGO MARIA/PUCALLPA - PASS - STEINBRUCH

oben	Kalkstein	0,0	0,0	0,2	2,9	3,1	8,5	9,9	7,0	3,8	29,2	67,7	T	0,77	1,32	0,0	2,42	0,51	3,82	0,80	3,90
unten	Gelblehm	0,0	0,0	0,1	3,0	3,1	8,4	16,7	15,8	6,1	47,0	49,9	1T	0,02	0,03	47,6	1,11	0,20	1,75	0,32	1,78
	Kalkstein	0,0	0,0	0,2	2,9	3,1	8,6	17,7	17,7	6,2	50,2	46,7	1T	n.b.	n.b.	87	0,44	0,15	0,70	0,24	0,72

CERRO COPAL - DURCHRAGUNG IM HUALLAGA - TAL

	Kalksteinverwitterungslehm	1,0	1,4	1,6	3,6	7,6	1,9	3,5	5,9	2,1	13,4	79,0	T	3,75	6,46	0,27	7,34	4,09	11,6	6,47	12,3
--	----------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	---	------	------	------	------	------	------	------	------

TAB. 7.1.2 KORNGRÖSSEN - VERTEILUNG

## MESOZOISCHES GESTEIN

TIE- FE  cm	HOR.	% C-, CaCO <sub>3</sub> u. Fe + Mn-oxidfreie Substanz									KÖRN- AR- TEN- IN- DEX	Beseitigte Substanz %Ges.-Boden							
		S A N D (S)				S C H L U F F (U)				TON		C	C x	CaCO <sub>3</sub> %	Fed %	Mnd ‰	Fe-Mn-oxid		
		gS	mS	fS	S	gU	mU	fU	U	T							Fe	Mn	Σ
		>	630	355	200	Σ	63	36	20	6		Σ	<2	%	1,724 %	%	‰	x1,58 ‰	‰
630	355	200	63	Σ	36	20	6	2	Σ	∅ μm									

CORDILLERA AZUL - BELLA VISTA INFERIOR

Gelblehm	1,3	0,2	0,4	2,8	4,7	5,3	8,1	9,3	13,7	36,4	58,9	1T	2,56	4,41	0,19	2,39	0,36	3,78	0,57	3,84
Kalkstein	0,0	0,2	0,6	3,3	4,1	4,6	6,4	9,2	35,5	55,7	40,2	utL	n.b.	n.b.	93	2,16	0,24	3,41	0,38	3,45

CERRO SAN PEDRO - DURCHRAGUNG IM HUALLAGA - TAL

Kalkstein	0,0	0,1	0,2	1,2	1,5	2,1	8,4	14,7	23,5	48,7	49,8	1T	n.b.	n.b.	n.b.	0,0	Sp	0,0	Sp	Sp
-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	----	------	------	------	-----	----	-----	----	----

CORDILLERA AZUL - BELLA VISTA SUPERIOR

Tonstein	0,0	0,0	0,0	5,0	5,0	8,0	12	15,0	20,0	55,0	40,0	utL	n.b.	n.b.	n.b.	2,16	0,24	3,41	0,38	3,45
----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	------	------	------	------	-----	------	------	------	------	------	------	------	------

geschätzt

**TAB. 7.2.1 MINERALARTEN - VERTEILUNG**
**MESOZOISCHES GESTEIN**

TIEFE	FRAK- TION	Q.	F.	K.	Ch.	B.	Mu.	I.	V.	MoI	MoII	S.- M.	Op.	Glas	Bio.-O.	Σ
HOR.	TrD	MINERALE / 100 g humus-, carbonat- u. eisenfreie Substanz														
	μ	% der einzelnen Korngrößen-Fractionen														

**CORDILLERA AZUL - STRASSE TINGO MARIA / PUCALLPA - STEINBRUCH**

Kalk- stein- gelb- lehm oben	200- 63	26 892	2 54	0 0	0 0	+	+					0 0	1 35	0 0	0 0	29 1000	
	63- 36	66 778	17 202	0 0	0 0	1 10	0 0					0 0	1 10	0 0	0 0	85 1000	
	36- 20	68 689	12 123	1 12	+	1 10	14 142					2 14	1 7	0 0	0 0	99 1000	
	20-6	44 622	11 161	1 16	0 0	0 0	13 180					+	1 3	0 0	0 0	70 1000	
	6-2	25 669	1 12	n.b.	0 0	1 36	10 268					1 12	+	3 0	0 0	0 0	38 1000
	1,50	< 2	169 250	47 70	20 30	68 100			95 140	61 90	81 120	136 200					677 1000
		< 200	398	90	22	68	3	37	95	61	81	136	3	4	0	0	998

- 248 -

Kalk- stein- gelb- lehm unten	200- 63	26 870	3 94	+	0 0	0 0	1 21					0 0	+	0 0	0 0	30 1000	
	63- 36	77 917	6 72	0 0	0 0	0 0	0 0					0 0	1 11	0 0	0 0	84 1000	
	36- 20	108 647	26 159	4 26	1 3	8 47	89					2 13	2 13	1 3	0 0	167 1000	
	20-6	460	37 235	7 47	0 0	9 54	202					+	0 0	0 0	0 0	158 1000	
	6-2	22 366	4 63	n.b.	0 0	4 68	30 491					1 13	+	0 2	0 0	0 0	61 1000
	< 2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.			n.b.	n.b.	n.b.	n.b.						499 1000
	< 200	306	76	11	1	21							3	3	1	0	999

TAB. 72.2 MINERALARTEN-VERTEILUNG

MESOZOISCHES GESTEIN (FORTS.)

TIEFE	FRAK-	Q.	F.	K.	Ch.	B.	Mu.	I.	V.	MoI	MoII	S.-M.	Op.	Glas	Bio.-O.	Σ
HOR.	TION	MINERALE / 100 g humus-, carbonat- u. eisenfreie Substanz														
TrD	μ	% der einzelnen Korngrößen-Fractionen														

CORDILLERA AZUL - STRASSE TINGO MARIA/PUCALLPA - STEINBRUCH

Kalk- stein	200-63	27 932	1 44	+	+	0	1					+	+	0	0	29 1000
	63-36	81 946	4 43	0	0	+	1					+	+	0	0	86 1000
	36-20	133 750	23 129	2	0	1	14					2	2	0	0	177 1000
	20-6	142 801	18 99	2	0	+	11					3	2	0	0	177 1000
	6-2	32 519	4 70	n.b.	0	2	21					3	0	0	0	62 1000
	< 2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.			n.b.	n.b.	n.b.	n.b.					467 1000
	< 200	415	49	4	+	3	48					8	4	0	0	998

- 249 -

TAB. 7.2.3 MINERALARTEN - VERTEILUNG MESOZOISCHES GESTEIN (FORTS.)

TIEFE	FRAK-	Q.	F.	K.	Ch.	B.	Mu.	I.	V.	MoI	MoII	S.-M.	Op.	Glas	Bio.-O.	Σ
HOR.	TION	MINERALE / 100 g humus-, carbonat- u. eisenfreie Substanz														
TrD	μ	% der einzelnen Korngrößen-Fractionen														

CERRO COPAL - DURCHRAGUNG IM HUALLAGA - TAL

Kalk- stein- ver- witte- rungs- lehm	200- 63	22 619	0 0	0 0	0 0	11 303	1 18					+	2 6	0 0	0 0	36 1000	
	63- 36	10 507	1 26	+	0 0	8 428	+					+	+	0 0	0 0	19 1000	
	36- 20	18 521	+	3 71	0 0	8 229	3 87					2 45	1 39	0 0	0 0	35 1000	
	20-6	19 316	1 11	4 62	0 0	2 43	30 508					1 21	2 39	0 0	0 0	59 1000	
	6-2	6 269	+	n.b.	0 0	2 118	12 559					1 44	0 0	0 0	0 0	21 1000	
	< 2	55 70	47 60	126 160	103 130			40 50	0 0	40 50	379 480						790 1000
	< 200	130	49	133	103	31	46	40	0	40	379	4	5	0	0		960

## TAB. 7.2.4 MINERALARTEN - VERTEILUNG

## MESOZOISCHES GESTEIN (FORTS.)

TIEFE	FRAK- TION	Q.	F.	K.	Ch.	B.	Mu.	I.	V.	MoI	MoII	S.-M.	Op.	Glas	Bio-O.	Σ
HOR.		MINERALE / 100 g humus-, carbonat- u. eisenfreie Substanz														
TrD	μ	% der einzelnen Korngrößen-Fractionen														

## CORDILLERA AZUL - BELLA VISTA INFERIOR

Gelb- lehm zwischen	200- 63	22 766	+	0	0	+	1					0	5	0	0	28	
			9	0	0	13	19					0	193	0	0	1000	
	63- 36	45 845	1 20	1 27	0 0	4 72	1 23					0	1 13	0 0	0 0	53	
Kalk- stein	36- 20	67 822	2 31	1 12	0 0	1 12	8 99					1 15	1 9	0 0	0 0	81	
	20-6	80 863	2 15	5 55	0 0	0 0	5 55					1 8	+	0 0	0 0	93	
												2 15	0 0	0 0	0 0	137	
	6-2	111 814	0 0	n.b.	0 0	1 4	23 167										1000
	< 2	141 240	41 70	18 30	47 80				29 50	83 140	77 130	153 260					589
< 200	466	46	25	47	6	38	29	83	77	153	4	7	0	0		1000	

Kalk- stein zwischen Gelb- lehm	200- 63	33 979	+	+	0	0	0					0	+	0	0	33
			5	7	0	0	0					0	9	0	0	1000
	63- 36	44 944	+	1	0	+	+					1	+	+	0	46
			4	10	0	8	4					17	8	4	0	1000
	36- 20	44 684	2 28	4 69	0 0	5 80	9 133					+	+	0	0	64
												3	3	0	0	1000
	20-6	76 825	0 0	6 59	0 0	1 14	8 91					1 7	+	0	0	92
													4	0	0	1000
6-2	345 971	3 8	n.b.	0 0	1 4	6 17						0 0	0 0	0 0	355	
												0 0	0 0	0 0	1000	
< 2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.				n.b.	n.b.	n.b.	n.b.					402
< 200	542	5	11	0	7	23						2	+	+	0	1000
																992

TAB. 7.2.5 MINERALARTEN - VERTEILUNG MESOZOISCHES GESTEIN (FORTS.)

TIEFE	FRAK-	Q.	F.	K.	Ch.	B.	Mu.	I.	V.	MoI	MoII	S.-M.	Op.	Glas	Bio.-O.	Σ
HOR.	TION	MINERALE / 100 g humus-, carbonat- u. eisenfreie Substanz														
TrD	μ	% der einzelnen Korngrößen-Fractionen														

CERRO SAN PEDRO - DURCHRAGUNG IM HUALLAGA - TAL

Kalk- stein	200- 63	10 865	1 36	+	0	+	+					0 0	1 46	0 0	0 0	12 1000	
	63- 36	18 842	2 80	+	0	+	1					0 0	+	0	0	21 1000	
	36- 20	65 773	1 11	5 63	0	1	9					1 14	2 24	0 0	0 0	84 1000	
	20-6	80 543	2 13	6 44	0	0	56 379					1 5	2 16	0 0	0 0	147 1000	
	6-2	130 553	11 47	n.b.	0	0	90 383					4 17	0 0	0 00	0 00	235 1000	
	< 2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.			n.b.	n.b.	n.b.	n.b.						498 1000
	< 200	303	17	11	0	1	156					6	5	0	0	997	

TAB. 72.6 MINERALARTEN-VERTEILUNG MESOZOISCHES GESTEIN (FORTS.)

TIEFE	FRAK-	Q.	F.	K.	Ch.	B.	Mu.	I.	V.	MoI	MoII	S.-M.	Op.	Glas	Bio.-O.	Σ
HOR.	TION	MINERALE / 100 g humus-, carbonat- u. eisenfreie Substanz														
TrD	μ	% der einzelnen Korngrößen-Fractionen														

CORDILLERA AZUL - BELLA VISTA SUPERIOR

Ton- stein	200-63	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0					0 0	50 1000	0 0	0 0	50 1000	
	63-36	67 834	4 49	1 20	0 0	4 53	3 36					0 0	1 8	0 0	0 0	80 1000	
	36-20	71 593	5 45	22 180	0 0	7 57	12 101					0 0	3 24	0 0	0 0	120 1000	
	20-6	86 570	3 17	10 70	0 0	0 0	50 332					1 5	+ 3	+ 3	0 0	150 1000	
	6-2	122 611	2 10	n.b.	0 0	5 23	70 348					1 8	0 0	0 0	0 0	200 1000	
	< 2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.			n.b.	n.b.	n.b.	n.b.						400 1000
	< 200	346	14	33	0	16	135					2	54	+	0	1000	

TAB. 731 KATIONENAUSTAUSCH - VERHÄLTNISSSE, BODENACIDITÄT MESOZOISCHES GESTEIN

TIE- FE	HOR.	CaCO <sub>3</sub> %	pH				dt/ha KALK- BEDARF	mval / 100 g Boden								Σ Ca, Mg K, Na	Al <sup>+++</sup>	H <sup>+</sup>
			0,02n CaCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O 1:2	1:n Ca <sup>+</sup> ACETAT	KAK pot.		Ca	Mg	K	Na	Al	H	Diff.	KAK eff.			
( % KAK pot. )																		
% KAK eff.																		

CORDILLERA AZUL - STRASSE TINGO MARIA / PUCALLPA - STEINBRUCH - PASS

oben	Kalk- stein-	0,0	4,3	5,5	6,5	31	18,0 (100)	4,5 (25)	0,7 (4)	0,1 (1)	0,1 (1)	7,1 (39)	3,8 (21)	1,7 (9)	16,3 (91)	33	44	23
unten	gelb- lehm	47,6	7,5	8,2	7,8	0	12,0 (100)	11,7 (97)	0,1 (1)	0,1 (1)	0,1 (1)	n.b.	n.b.	0 (0)	12,0 (100)	100	0	0

CERRO COPAL - DURCHRAGUNG IM HUALLAGA TAL

Kalksteinver- witterungslehm	0,3	7,2	7,4	7,5	0	39,3 (100)	36,7 (93)	2,3 (6)	0,2 (1)	0,1 (0)	n.b.	n.b.	0 (0)	39,3 (100)	100	0	0
---------------------------------	-----	-----	-----	-----	---	---------------	--------------	------------	------------	------------	------	------	----------	---------------	-----	---	---

CORDILLERA AZUL - BELLA VISTA INFERIOR

Gelblehm	0,2	6,8	n.b.	n.b.	n.b.	34,8 (100)	32,4 (93)	2,0 (6)	0,2 (0,5)	0,2 (0,5)	n.b.	n.b.	0 (0)	34,8 (100)	100	0	0
----------	-----	-----	------	------	------	---------------	--------------	------------	--------------	--------------	------	------	----------	---------------	-----	---	---

TAB. 7.3.2 KATIONENAUSTAUSCH-VERHÄLTNISSE, BODENACIDITÄT

MESOZOISCHES GESTEIN  
(FORTSETZUNG)

TIE- FE	HOR.	CaCO <sub>3</sub> %	pH			dt/ha KALK- BEDARF	mval / 100 g Boden								Σ Ca, Mg K, Na	Al <sup>+++</sup>	H <sup>+</sup>
			0,02n CaCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O 1:2	1n Ca <sup>+</sup> ACETAT		KAK pot.	Ca	Mg	K	Na	Al	H	Diff.			
( % KAK pot. )																	
% KAK eff.																	

CORDILLERA AZUL - BELLA VISTA SUPERIOR

Tonstein		n.b.	4,8	5,7	5,6	>190	14,9	8,0	1,2	0,6	0,1	1,6	1,0	2,4	12,5	79	13	8
							(100)	(53)	(8)	(4)	(1)	(11)	(7)	(16)	(84)			

CORDILLERA AZUL - STRASSE TINGO MARIA / PUCALLPA

Schwarzer Gelblehm		0,0	5,5	6,3	6,9	9	21,4	10,0	1,0	0,2	0,1	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
							(100)	(47)	(5)	(9)	(0,5)							

**TAB.74.1 TROCKENDICHTE, FARBWERTE, FREIE U. LEICHT  
LÖSL. OXIDE, HUMUSKÖRPER, NÄHRSTOFFE**

**MESOZOISCHES GESTEIN**

TIE- FE cm	HOR.	TrD	M U N S E L L W E R T E		DITHIO- NIT-lösl.		NaOH- lösl.		Ton <sup>-1</sup> x %		C <sub>t</sub> %	C <sub>t</sub> x 1,724 %	N <sub>t</sub> ‰	C <sub>t</sub> N <sub>t</sub>	LACTAT lösl. mg/100g B.	
			trocken	feucht	Fe %	Mn ppm	Al %	Si %	Fe	Al					K	P

**CORDILLERA AZUL - STRASSE TINGO MARIA / PUCALLPA - PASS - STEINBRUCH**

Kalk- stein	oben	1,50	2,5Y8/4	10YR6/4	2,42	509	1,43	0,34	0,04	0,02	0,77	1,32	0,6	13	3,3	0,2
Gelb- lehm	unten		2,5Y8/4	10YR6/4	1,11	200	n.b.	n.b.	0,04	n.b.	0,02	0,03	0,5	<1	2,9	0,0
Kalkstein			n.b.	n.b.	0,44	153	n.b.	n.b.	0,07	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

- 256 -

**CERRO COPAL - DURCHRAGUNG IM HUALLAGA -TAL**

Kalkstein- Verwitterungs- lehm	n.b.		5YR4/4	5YR3/3	7,34	4094	n.b.	n.b.	0,09	n.b.	3,75	6,46	4,2	9	6,2	35,4
--------------------------------------	------	--	--------	--------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----	---	-----	------

**CORDILLERA AZUL - BELLA VISTA INFERIOR**

Gelblehm	n.b.		10YR6/2	10YR4/2	2,39	359	n.b.	n.b.	0,04	n.b.	2,56	4,41	2,6	10	3,3	1,4
----------	------	--	---------	---------	------	-----	------	------	------	------	------	------	-----	----	-----	-----

TAB. 74.2 TROCKENDICHTE, FARBWERTE, FREIE U. LEICHT  
LÖSL. OXIDE, HUMUSKÖRPER, NÄHRSTOFFE

MESOZOISCHES GESTEIN

TIE- FE cm	HOR.	TrD	MUNSELL W E R T E		DITHIO- NIT-lösl.		NaOH- lösl.		Ton <sup>-1</sup> x %		Ct %	Ct x 1,724 %	Nt %	Ct Nt	LACTAT lösl. mg/100g B.	
			trocken	feucht	Fe %	Mn ppm	Al %	Si %	Fe	Al					K	P

CERRO SAN PEDRO - DURCHRAGUNG IM HUALLAGA - TAL

Kalkstein | n.b. | n.b. | n.b. | 0,00 | ≤ 50 | n.b. | n.b. | 0,00 | n.b. | | n.b. | n.b. | n.b. | n.b. | n.b. | n.b. |

CORDILLERA AZUL - STRASSE TINGO MARIA / PUCALLPA

Schwarzer  
Gelblehm | n.b. | 10YR4/2 | 10YR3/2 | n.b. | n.b. | n.b. | n.b. | n.b. | n.b. | | 0,36 | 0,56 | 0,5 | 7 | n.b. | n.b. |

CORDILLERA AZUL - BELLA VISTA SUPERIOR

Tonstein | | n.b. | 10 R5/2 | 10 R4/2 | 2,16 | 238 | n.b. | n.b. | 0,05 | n.b. | | n.b. | n.b. | n.b. | n.b. | 15,4 | 1,0 |

- 257 -

