

Geopedologische Studie

ALLGEMEINER TEIL

Geologie, Methodologie



Träger des Projektes :

Interprofession de la Vigne et du Vin du Valais
Branchenverband der Walliser Weine
Avenue de la Gare 2 - Postfach 144
1964 Conthey
www.lesvinsduvalais.ch



Dienststelle für Landwirtschaft
Weinbauamt
Postfach 437
1950 Châteauneuf-Sion
www.vs.ch



CANTON DU VALAIS
KANTON WALLIS

Durchführung :



Mitarbeit :



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de
l'économie DFE
Station de recherche
Agroscope Changins-Wädenswil ACW



Träger des Projektes :

Interprofession de la Vigne et du Vin du Valais (IVV)
Branchenverband der Walliser Weine
Avenue de la Gare 2 - CP 144
1964 Conthey
Tel. : 027 345 40 80
Fax : 027 345 40 81
www.lesvinsduvalais.ch

und

Dienststelle für Landwirtschaft
Weinbauamt
Postfach 437
1950 Châteauneuf-Sion
Tel. : 027 606 76 40
Fax : 027 606 76 44
www.vs.ch

Dateneigentümer :

Branchenverband (IVV)
Dienststelle für Landwirtschaft

- alle Rechte vorbehalten -

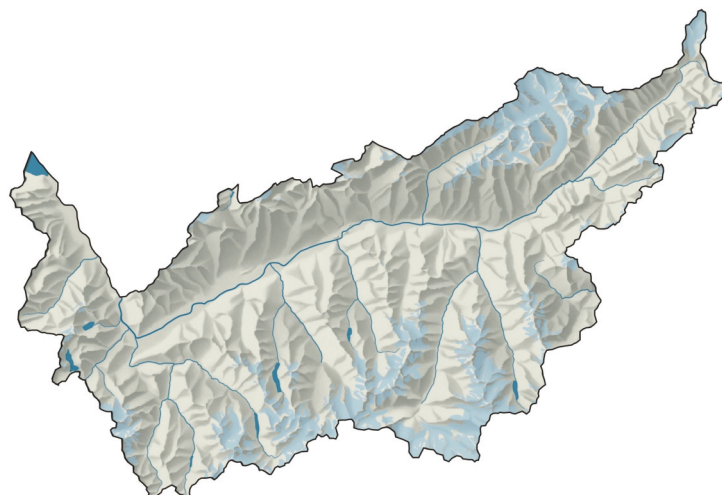
Ausgabe 2007

Übersetzung : Yvonne Pulver-Sieber

INHALT

A - ALLGEMEINER TEIL	8
EINFÜHRUNG UND HINWEISE	8
1 - METHODOLOGIE, LESESCHLÜSSEL DER KARTENCODES	10
1.1. ALLGEMEINE METHODOLOGIE	10
• 1. Etappe: Vorbereitung und Rekognoszierung	10
• 2., 3. und 4. Etappe: Erwerb und Ordnung der Beobachtungen.....	10
• 5. Etappe: Validierung und Korrekturen.....	10
• 6. und 7. Etappe: Erfassung, Archivierung und Zusammenfassung	10
1.2. LESESCHLÜSSEL FÜR DIE UNTERLAGEN	11
1.2.1. Kodifizierungsprinzipien der Bodeneinheiten	11
1.2.1.1. Geologie	12
1.2.1.2. Entwicklungsgeschichte der Böden	13
1.2.1.3. Durchwurzelungstiefe.....	13
1.2.1.4. Wasserüberschüsse	13
1.2.1.5. Varianten.....	14
1.2.1.6. Leseschlüssel für die Profilblätter	15
1.2.1.7. Leseschlüssel für Bodeneinheitsblätter.....	20
1.3. DIE GRENZEN DER KARTOGRAFISCHEN DARSTELLUNG	21
1.4. DER EINSATZKALENDER	21
2 - GEOLOGISCHER ABRISS DES WALLIS	24
2.1. DIE HAUPTSTRUKTUREN	24
2.2. DIE WICHTIGSTEN MUTTERGESTEINE	29
2.2.1. Das Primärzeitalter (Paläozoikum: -540 à -245 Jm)	29
2.2.2. Das Sekundärzeitalter (Mesozoikum: -245 bis -65 JM)	31
2.2.2.1. Die Trias (-245 à -205 JM)	31
2.2.2.2. Der Jura (-205 à -135 JM)	33
2.2.2.3. Die Kreide (-135 à -65 JM)	35
2.2.3. Tertiär (Känozoikum - 65 bis -2 Jm).....	36
2.2.4. Die Quartärformationen -2 Jm bis gestern).....	37
2.2.4.1. Die Hinterlassenschaften der Gletscher	37
2.2.4.2. Die Löss.....	41
2.2.4.3. Bergstürze, Absenkungen, Erdbeben	43
2.2.4.4. Geröllhalden und Auswurfkegel.....	45
2.2.4.5. Die Alluvionen der Rhone	48
2.2.4.6. Die Kolluvionen.....	48
2.2.5. Historische Umgestaltungen	49
2.2.6. Bewässerung Gestern und Heute	52
2.3. EINFLUSS DER GEOLOGIE AUF DIE WALLISER BÖDEN	53
2.3.1. Zehn Grosse Familien von Muttergesteinen.....	53
2.3.2. Ein besonderes KAK-Ton-Verhältnis	54
2.3.3. Sehr unterschiedliche Wasserspeicher	55
3 - PEDOLOGISCHE ASPEKTE	57
3.1. ALLGEMEINE AUFRISCHUNG	57
3.2. WICHTIGE BEGRIFFE	59
3.2.1. Textur - Bodengefüge	59
3.2.1. Die „Tone“	61
3.2.3. Die Schluffe.....	62
3.2.4. Einige Begriffserklärungen im Zusammenhang mit Kalk	63
3.3. EINFLUSS DER TOPOGRAFIE AUF DIE BODENENTWICKLUNG	66

3.4.	DER QUANTITATIVE UND „QUALITATIVE“ WASSERVORRAT	67
3.4.1.	Im Boden gespeicherte Wassermenge	67
3.4.2.	Der Wasserhaushalt im Boden	70
3.4.3.	Schlussfolgerungen zum Kapitel über den Wasserhaushalt	72
3.5.	HYDROMORPHIE UND HYDROLOGIE.....	73
3.5.1.	Die möglichen Gründe für Wasserüberschüsse	74
3.5.2.	Sichtbare Marker	74
3.5.3.	Die verwendete Klassierung und ihre landwirtschaftlichen Konsequenzen	75
3.6.	SCHLÜSSEL FÜR DIE 9 GELÄUFIGSTEN BODENTYPEN.....	77
4 -	RESULTATE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN	79
4.1.	DIE PROFILE	79
4.2.	DIE REBSORTEN IN DEN PARZELLEN MIT PROFILENTNAHME.....	79
4.3.	DIE FLÄCHEN : GRUPPIERUNG DER BODENTYPEN.....	82
4.4.	EINIGE ZAHLEN: DIE BODENANALYSEN	86
4.4.1.	Analysen : intersektorieller Vergleich	86
4.4.2.	Analysen : Die grossen Einheiten im Vergleich.....	88
4.5.	EINIGE ZAHLEN: DIE WASSERSPEICHER	101
4.6.	ZUSAMMENFASSUNG	103
5 -	ANHÄNGE	105
5.1.	GEOLOGISCHE ZEITSKALA	105
5.2.	METHODE ZUR BERECHNUNG DER WASSERSPEICHER	107
5.3.	KALKE, CHLOROSEN UND VERKRUSTUNGEN	113
5.3.1.	Chlorosen und Vergilbungen.....	113
5.3.2.	Kalkansammlungen um Wurzeln und/oder Kiesel.....	115
5.3.3.	Andere indirekte Einflussmöglichkeiten	115
5.3.4.	Trockenzonen / Feuchtzonen : Zwei verschiedene Chlorosen	116
5.3.5.	Die vom Umfeld unabhängige, physiologische Chlorose.....	116
5.3.6.	Behandlungsmethoden bei Chlorose	117
5.4.	BODEN- UND HORIZONTBEZEICHNUNGEN	118
5.5.	GLOSSAR	120
5.6.	LITERATUR.....	125



DIE BEBILDERUNGEN IM ÜBERBLICK

Abbildungsverzeichnis

Abb. 01 : Profilblatt	15
Abb. 02 : Texturdreieck des GEPPA	16
Abb. 03 : Beispiel einer Wasser- und Wurzelgrafik	18
Abb. 04 : Beschreibungsblatt einer Bodeneinheit	20
Abb. 05 : Studienverlauf, Einsätze und Arbeiten	22
Abb. 06 : Vereinfachte geologische Karte der westlichen Alpen.....	24
Abb. 07 : Die Entstehung der Alpen vor 100, bzw. 40 Millionen Jahren	25
Abb. 08 : Vereinfachtes geologisches Strukturpanorama des Wallis.....	26
Abb. 09 : Geologische Schnittansicht der heutigen Alpen.....	28
Abb. 10 : Die Schweiz unter Eis vor 25 000 Jahren)	38
Abb. 11 : Die verschiedenen Arten von glazialen Ablagerungen	39
Abb. 12 : Die Entstehung von Lössablagerungen	41
Abb. 13 : Schematisches Blockdiagramm: Die wichtigsten Oberflächenformationen	44
Abb. 14 : Beispiel überlagerter Quartärformationen jüngerer Datums.....	45
Abb. 15 : Auswurfkegel des Illgrabens	46
Abb. 16 : Schematische Darstellung der auf Felskuppen errichteten Trockensteinterrassen	50
Abb. 17 : Ton-/KAK-Verhältnis	54
Abb. 18 : Die nutzbare Feldkapazität der Rebe	56
Abb. 19 : Einfluss der Topografie auf die Verdichtung und den Kalkgehalt im Boden	66
Abb. 20 : Einfluss der „Rücken-/Muldenmodellierung“ auf die Böden.....	67
Abb. 21 : Einige im Kanton angetroffene Wasserprofile	68
Abb. 22 : Einige im Kanton angetroffene Wasserprofile	68
Abb. 23 : Einige im Kanton angetroffene Wasserprofile	69
Abb. 24 : Wasservorratshaushalt.....	70
Abb. 25 : Wasserspeicher und -haushalt je nach Bodengefüge.....	71
Abb. 26 : Die verschiedenen Arten von Vernässung hydromorpher Böden	74
Abb. 27 : Verteilung der Rebsorten im Wallis - 2005 (KWA)	80
Abb. 28 : Verteilung der Rebsorten in den Datenbankprofilen (STW + andere)	80
Abb. 29 : Verteilung der Rebsorten in den Profilen der STW	80
Abb. 30 : Verteilung der „sekundären“ Rebsorten in den Profilen	81
Abb. 31 : Verteilung der „sekundären“ Rebsorten in den Profilen	82
Abb. 32 : Verteilung der grossen Bodentypen pro Sektor im Wallis	82
Abb. 33 : „Durchschnittliche“ Verteilung der grossen Bodentypen im Wallis	83
Abb. 34 : Verteilung der grossen Bodentypen bei Saillon	85
Abb. 35 : Verteilung der grossen Bodentypen bei Fully.....	85
Abb. 36 : Die Häufigkeiten von Totalkalk im Vergleich 3er Westschweizer Kantone.....	86
Abb. 37 : Verteilung der durchschnittlichen nutzbaren Feldkapazität aller Sektoren	102

Bilderverzeichnis

Bild 01 : Matterhorn	28
Bild 02 : Migmatite, von Löss überlagerter Gneis in Branson (Fully)	29
Bild 03 : Konglomerate in Dorénaz	30
Bild 04 : Quarzite in Flanthey (Lens)	31
Bild 05 : Dolomite in Charrat	31
Bild 06 : Gipse in Vaas (Lens)	32
Bild 07 : Gipse in Vaas (Lens)	32
Bild 08 : Kalkige Schiefer des Lias (Saxon)	33
Bild 09 : Plättchen und kalkige Schiefer des Lias (Saxon)	33
Bild 10 : Tonige Schiefer als Ursache von Erdrutschen	34
Bild 11 : Rostgoldene Schiefer des Bajociums (Conthey)	34
Bild 12 : Rostgoldene Schiefer des Bajociums (Conthey)	34
Bild 13 : Massivkalke des Malm (Conthey)	35
Bild 14 : Kreidekalke (Salgesch)	35
Bild 15 : Schieferung und Plättchen in wechselnder Reihenfolge	36
Bild 17 : Schieferartige Beschaffenheit	36
Bild 18 : Höckerfelsen talaufwärts von Argentièr (Obersavoyen)	37
Bild 19 : Der monumentale Aletschgletscher	37
Bild 20 : Muster einer Grundmoräne	39
Bild 21 : Böschung einer Seitenmoräne (St Léonard)	39
Bild 22 : Ablagerungen eines Eisbaches	40
Bild 23 : Löss-Böschung (Leytron)	41
Bild 24 : Tiefenschicht aus reinem Löss	42
Bild 25 : Felssturz von Sierre, Skizze der abgestürzten Platte	43
Bild 26 : Den Felsen abgewonnene Terrassen (Clavaux)	49
Bild 27 : Massive Zufuhr von Aufschüttungsmaterial auf einer erfrorenen Rebparzelle (Sion)	50
Bild 28 : Vollkommene Umgestaltung eines Rebbergs (Miège)	51
Bild 29 : Bewässerung von Böden mit geringer Speicherkapazität (Clavaux)	52

Tabellenverzeichnis

Tabelle 01 : Codeliste der Muttergesteine	12
Tabelle 02 : Übersicht der Muttergesteine des Primärzeitalters	30
Tabelle 03 : Übersicht der Muttergesteine der Trias	32
Tabelle 04 : Übersicht der mit Kalk verbundenen Muttergesteine	36
Tabelle 05 : Übersicht der Muttergesteine aus glazialen Ablagerungen	40
Tabelle 06 : Übersicht der aus Bergstürzen entstandenen Muttergesteine	43
Tabelle 07 : Übersicht der Muttergesteine aus Geröll und postglazialen Ablagerungen	47
Tabelle 08 : Übersicht der Alluvial- und Kolluvialmuttergesteine	48
Tabelle 09 : Durchschnittszahlen der Bodenanalysen pro Sektor	87
Tabelle 10 : Verteilung der Bodencodes gemäss der Streuung der Anspracheparameter	104

Wenn die Erde zu uns spricht ...

... erzählen ihre Steine von kristallisierten Magmen, dem Ursprung urzeitlicher Granite, von Gesteinsmetamorphosen durch Druck- und Temperaturerhöhungen (Gneis, Glimmerschiefer) ... vom Zerbersten von Pangäa vor fast 250 Millionen Jahren (Trias), von Meeresarmen und Ozeanen, die fortan riesige Kontinente voneinander trennten, von Sandstränden mit gemächlich einher schreitenden Dinosauriern, von evaporitischen Lagunen (Gips) und tonigen Sümpfen ... von warmen, relativ seichten Meeren, wo dicke Kalkschichten ausfällten und von kälteren, trüberen, wo sich feiner Mergelschlamm ansammelte (und zum Ausgangsmaterial wurde für den im Wallis weit verbreiteten, kalkarmen Schiefer)... von Gletschern aus einer jüngeren Zeit und den von ihnen hinterlassenen Moränen... den grossen Felsstürzen und Erdrutschen nach ihrem Rückzug ... von der gestaltenden Kraft der Fließwasser und natürlich des Menschen, der die Erde aushob und aufschüttete...

... aber auch nicht vorhandene Steine sprechen ihre Sprache von starken Winden, die zu Lössansammlungen führten ... vom Schlamm, den träge Flüsse hinterliessen ... von den letzten Kolluvionen, ...

... das Relief, die Neigung und die Abfolge von Gesteinsschichten widerspiegeln den Aufprall der Kontinente ... die Entstehung der Alpen ... die Ablösung der Leitgeschiebe, ...

Wenn uns also die Erde so viel zu sagen hat, kann sie sicher auch andeuten, was wir in unseren Gläsern finden werden. Das ist schliesslich der Sinn einer Studie dieser Art.

Rebberge sind ein unerschöpfliches Thema, und ganz besonders stark verstückelte, bergige Rebflächen in einer ausgedehnten, geologisch komplexen Region. Vereinfachung führt hier in die Irre, zuviel Komplexität birgt die Gefahr, sich im Unnützen zu verlieren.

Dieser ausführliche Bericht versucht einige der wundersamen Zusammenhänge zwischen feinsten Bodenpartikeln und subtilsten Weinaromen zu entschlüsseln.

Zuerst wird erklärt, weshalb man einen Rebboden nicht auf einige sichtbare oder leicht messbare Merkmale wie Oberflächensteinigkeit, Kalkgehalt oder Hangneigung reduzieren kann, ausser bei geologisch und topografisch sehr einfachen Verhältnissen. Kees Van Leeuwen (ENITA Bordeaux) meint dazu: „Sämtliche je durchgeführten Untersuchungen von Terroirs haben ergeben, dass die Wasserversorgung der Reben die terroirspezifischen Eigenschaften massgeblich prägt“.

Um diese Wasserversorgung der Reben zu verstehen, braucht man jedoch eine profunde Kenntnis der meisten Charakterisierungsparameter eines Bodens, inklusive seines Muttergesteins, bis in eine Tiefe von manchmal mehr als 2 Metern. Nimmt man seine Aufgabe ernst, so wird es also ein wenig kompliziert, sonst bleibt man zu oberflächlich und erfährt überhaupt nichts.

Deshalb haben wir beschlossen, die Muttergesteine sorgfältig zu beschreiben (aufgeteilt in sieben grosse Familien: die nicht kalkhaltigen Gesteine und deren Geröll, die Kalkgesteine unterschiedlichster Härten und Flüsse, die Moräneformationen, die Felsstürze, die Kiesgeröllgemenge, die Alluvionen jüngerer Datums und die Kolluvionen). Nicht zu vergessen die zahlreichen (das kann man im Wallis wohl sagen!) Überlagerungen und Gemenge. Wir beurteilen danach den Entwicklungsgrad des Deckbodens (die Walliser Böden sind insgesamt jung, also wenig entwickelt), und enden mit dem verfügbaren Durchwurzelungsvolumen und den Funktionsmechanismen des Bodens.

Aufgrund dieser zwei Elemente, Geologie und Bodengenese, schliessen wir dann auf die Charakteristiken der kartierten Bodeneinheiten und ihren voraussichtlichen Einfluss auf verschiedene Jahrgänge.

A- ALLGEMEINER TEIL

EINFÜHRUNG UND HINWEISE

Der Rebbau ist ständig auf der Suche nach neuen, noch besseren Techniken und Verfahren. Der Einfluss der natürlichen Umgebung auf die Qualität und Typizität des Weines wird heute weitgehend anerkannt. Es ist jedoch nicht leicht, den Einfluss jedes natürlichen Einflussfaktors auf das Terroir (Böden, Geologie, Klima, Expositionen, Hangneigung) auf die Rebe zu verstehen.

Die vorliegende Arbeit erfolgte im Rahmen der Studie der Terroirs der Walliser Rebberge, als logische Fortsetzung jener vom Jahr 2000, die von der Association pour l'Etude des terroirs viticoles Vaudois (Vereinigung zum Studium der Terroirs der Waadtländer Rebberge) initiiert, von Prométerre koordiniert und in Zusammenarbeit mit der Forschungsanstalt für den Pflanzenbau in Changins und der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Lausanne realisiert wurde. Die für die Waadtländer Studie entwickelten Methoden und Werkzeuge wurden mit geringen Anpassungen an die neuen Bedingungen (z.B. neue Gesteinscodes) übernommen.

Das Labor für Bodenkunde und Beratung "Sol-Conseil" in Changins hat die analytischen Bestimmungen ausgeführt.

Rund 3500 Beobachtungen und 450 Profile haben zur Ausarbeitung der hier vorgestellten Kartierungen beigetragen, welche eine Rebfläche von über 5000 ha abdecken.

Diese Studie ist bestrebt, ein präzises Abbild des Bodens zu vermitteln, insbesondere in seinen Tiefen und mit besonderem Augenmerk auf die hydrologischen Merkmale. Die Karten wurden von den Bewirtschaftern abgesegnet und vervollständigt. Sie bilden eine Etappe auf einem langen Weg der Wissensaneignung und erheben keinen Anspruch auf parzellengenaue Angaben, umso mehr als die Erdbohrungen oft nicht sehr tief gingen wegen dem sehr steinigen Untergrund oder der Trockenheit und Kompaktheit der Terrains.

Wir haben einen einfachen, allgemein verständlichen Wortschatz gewählt. Die für die Beschreibung notwendigen technischen Begriffe wurden im Glossar erklärt.

Im allgemeinen ersten Teil befassen wir uns ausführlich mit der Walliser Geologie, einem spannenden und unumgänglichen Thema, will man die Böden in ihrer ganzen Subtilität erfassen. Alle vorgefundenen Gesteine wurden aufgelistet und beschrieben. Die Spuren einer bewegten geologischen Vergangenheit, die sich bis in die Rebberge verfolgen lassen, wurden aufgezeigt.

Es folgen notwendige Angaben zum Verständnis der Zielsetzungen der Kartografie, der bodenkundlichen Sprache und der Strukturierung der Legenden und Karten. Einige kantonsbezogene Betrachtungen bilden den Abschluss.

Ein zweiter, sektorspezifischen Teil hat folgenden Inhalt: Eine geologische Nahaufnahmen, die Auflistung der effektiv vorgefundenen Muttergesteine, die wichtigsten Bodeneinheiten mit ihren Referenzprofilen, die Kartierungslogik (Zusammenhang Boden/Topografie) sofern vorhanden und schliesslich, einige Tabellen über Flächen, Bodenanalysen, usw.).

Ⓔ **Anmerkung:** Vier im Text häufig vorkommende Begriffe werden mit einer besonderen oder einschränkenden Bedeutung verwendet.

TERROIR : Auch wenn manchmal von Terroir die Rede ist, so befasst sich unsere Studie ausschliesslich mit dem Boden, das heisst, mit einem einzigen der vielfältigen physischen Faktoren, die interagieren und im Zusammenhag mit dem „Faktor Mensch“ betrachtet werden müssen, ehe sie im Ueberbegriff „Terroir“ zusammengefasst werden können.

Zur Erinnerung eine weit gefasste Definition des Terroirs als einer Verbindung von Umfeld und Gebräuchen: „Ein Terroir ist ein System, innerhalb dessen ein komplexes Zusammenwirken stattfindet zwischen einer Anzahl menschlicher Faktoren (Techniken, kollektive Gepflogenheiten...), einer landwirtschaftlichen Produktion und einem physischen Milieu (Gebiet). Ein Terroir erfährt eine Wertschöpfung durch ein Produkt, welchem es seine Originalität (Typizität) verschafft.

ANTHROPOSOLE: Zur besseren Lesbarkeit von Text und Legenden haben wir darauf verzichtet, bei jedem für den eingefleischten Bodenkundler wichtigen und für unsere Kollegen von der Waldkunde grundlegenden, für den Rebbau aber völlig „normalen“ Eingriff (Terrassierung, Untergrundlockerung, Sprengungen, jährliche Unterhaltsarbeiten, Kompostgaben) von „anthroposierten“ oder anthropischen, in der Fachsprache „ANTHROPOSOLE“ genannten Böden zu sprechen und erwähnen bloss die über das gewöhnliche Mass hinausgehenden Umformungen (Aufschüttungen, Neugestaltungen). Das umso mehr, als diese Veränderungen auch nur eine isolierte Parzelle betreffen können (diejenige des Profils zum Beispiel).

Wo immer möglich wird ein expliziter Einheitscode verwendet, vervollständigt mit dem Buchstaben R (vom französischen remaniements) für Grossumgestaltungen und RR für aussergewöhnlich weitgehende Umgestaltungen und auf der Karte sind solche Stellen mit einem Symbol für Löffeltiefbagger gekennzeichnet. Ausserdem werden terrassierte Zonen mit Mauern von über 2m mit dem Buchstaben Z und solche mit ausgesprochen hohen und eng beieinander liegende Terrassen (Typ Clavaux) mit ZZ gekennzeichnet.

KOLLUVISOLE : Um nicht Böden mit sehr unterschiedlichem Rebbaupotential in denselben Topf zu werfen, verwenden wir den Ausdruck KOLLUVISOLE ausschliesslich für kiesarme Böden am Fusse von Abhängen. Wir wissen natürlich, dass Kolluvionen nach geologischem Verständnis (wenig entwickelte Verfestigungen) und KOLLUVISOLE im weiteren Sinne bis in ziemlich steile Hänge hinaufreichen und sehr kiesig sein können, dieser allzu verallgemeinernde Begriff sagt jedoch nichts aus über das Potential eines Bodens als Rebfläche.

SCHLUFF - TEXTURDREIECK : Beim Begriff „Schluff“ scheiden sich die Geister der französischen und Schweizer Pedologen.

Wir beziehen uns auf den Führer von D. Baize und das Référentiel pédologique (RP) (Pedologisches Referenzsystem) und verwenden dieses Wort im Sinne des Schweizerischen „Silt“ (Partikelgrösse 2 bis 50µ), was den Vorteil hat, dass die Texturen mit den Anfangsbuchstaben gekennzeichnet werden können (A für Argile oder Ton, L für Limon oder Schluff, S für Sable oder Sand, Lsa für Limon argilo-sableux oder tonig-sandiger Schluff), ohne Verwechslungsgefahr von Sand und Silt. Zur Erinnerung: In der Schweiz bezeichnet die Kategorie „Schluff“ eine mittlere Textur mit 10 bis 15% Ton, die jedoch völlig frei von Körnern der Gattung „Schluff 2 bis 50µ“ sein kann, was für einen französischen Pedologen undenkbar wäre. Wir werden nie von einer schluffigen Textur sprechen für einen lehmigen Sand, wie das theoretisch gemäss dem Schweizer Texturdreieck möglich wäre. Bei dem von uns verwendeten Dreieck (mit der entsprechenden Nomenklatur) handelt es sich um das Dreieck des GEPPA, Groupement d'Etude des Problèmes de Pedologie Appliquée (siehe Abb. 02 S. 15).

1 - METHODOLOGIE, LESESCHLÜSSEL DER KARTENCODES

1.1. ALLGEMEINE METHODOLOGIE

Nachstehend folgt eine kurze Beschreibung der 7 grossen Etappen des Informationserwerbs und deren Verarbeitung.

Diese Etappen wurden in allen 28 Sektoren (durchschnittlich 180 Hektaren) eingehalten. In Anbetracht der Vielzahl von Besitzern oder Pächtern wurde vor der ersten Etappe jeweils ein vorbereitendes Gespräch im engeren Rahmen vorgeschaltet, um eine optimale aber vernünftige Anzahl von Teilnehmenden zu erreichen (Maximum 15 bis 20 Personen). Die ganze administrative Arbeit im Zusammenhang mit Einladungen und Sitzungen wurde von Frau Janine Huber erledigt.

1. Etappe: Vorbereitung und Rekognoszierung

- Bestandesaufnahme und Studium der vorhandenen Unterlagen: Geologische Karten, Schnittansichten, Bohrproben und Profile, Stereoluftaufnahmen im Massstab von 1/10.000. Feldbegehung mit den Fachleuten.

Da 5 der 10 notwendigen geologischen Karten über das Wallis (wovon die wichtigsten) nicht aufgelegt oder neu aufgelegt worden sind, erhielten wir dank Hr. Mario Sartori Zugang zu den kolorierten „Protokollen“, deren Aufarbeitung im Gange ist. Seine konkreten Ratschläge und Hinweise waren dem Geologen Josselin Marion eine grosse Hilfe.

- Prospektieren mit dem Handbohrer (im Durchschnitt 1 Bohrung oder Beobachtung pro 1.5 ha, das heisst, eine Standardpräzision des Typs „mittlerer Massstab“ von ungefähr 1/12.000).
- Vorbereitung der Feldprotokolle, der provisorischen Legende und der Hilfsunterlagen für das erste Zusammentreffen mit den Rebbauern.

2., 3. und 4. Etappe: Erwerb und Ordnung der Beobachtungen

- Erste Kontaktaufnahme mit einem oder zwei Rebbauern der Zone, Vorbereitung der Einladungen.
- Erste Zusammenkunft mit den Rebbauern: Vorstellung und Auswahl des Standortes für die Bodenprofile.
- Ausheben der Profile (durch die Rebbauern), Beschreibung der Profile, Probenentnahme zur Untersuchung der repräsentativsten Profile.
- Feldbegehungen zu den interessantesten Profilen mit den Rebbauern und den Beratern. (Erlernung der Lesetechnik eines Bodenprofils, Abschätzung der Wasserspeicherkapazität, Vergleich verschiedener repräsentativer Böden eines Sektors).
- Nummerierung der provisorischen Karte, erstellen der Legende, Fütterung der Datenbank: Erfassen der Beobachtungen, Bearbeitung der Profilblätter, der Einheitsblätter, der Skizzen und Grafiken von Wasser und Wurzelwerk.

5. Etappe: Validierung und Korrekturen

Validierungssitzung von 2 bis 4 Stunden: Erklärungen, Vorstellungen, danach Validierung oder Korrektur der Profilblätter, der Bodeneinheiten und der Einheitsbegrenzungen mit den Rebbauern.

6. und 7. Etappe: Erfassung, Archivierung und Zusammenfassung

Miteinbezug der Abänderungen und Kommentare in die Kartierung, eventuell erneute Feldbegehung, Erstellung der definitiven Version von Profilblättern und Karten, Verfassen des Begleitberichts.

Zunächst ist ein letztes Fazit mit den technischen Verantwortlichen vorgesehen, danach wird das interdisziplinäre Projekt mit der Vorstellung in einem formelleren Rahmen vorläufig zum Abschluss gebracht.

1.2. LESESCHLÜSSEL FÜR DIE UNTERLAGEN

Jede Bodeneinheit ist mit einer Etikette versehen. Die Logik des Kodifizierungsprinzips, nach welchem diese beschriftet wurden, wird im Bericht dargelegt:

- ✚ Identifizierung des **geologischen** Ursprungs des Bodens (siehe 1.2.1.1.), dann
- ✚ sein **Entwicklungsstand**, was ihn mehr oder weniger von seinem Muttergestein unterscheiden wird und schliesslich,
- ✚ Dichte des für die Durchwurzelung verfügbaren Materials (Boden + Gestein).

Die Kombination dieser drei Aspekte ermöglicht es uns, den Wasserverlauf im System Boden-Pflanze-Jahrgang besser vorauszusehen, insbesondere wenn man sie nuanciert betrachtet im Licht des Schweregrades eines eventuellen Wasserüberschusses und der Varianten (komplexe Muttergesteine, dünne Deckschichten, Konkavitäten, usw.).

Zudem ermöglicht die Verwendung dieser ziemlich einfachen „Grammatik“ eine komplexe Klassifizierung und eine Verbesserung der Karten, die natürlich nicht parzellennah ausgeführt wurden. Es braucht 4 Beobachtungen pro Hektar, um eine echte Karte im Grossmassstab herstellen zu können: Eine Parzelle in einer Zone mit unterschiedlichen Tiefen 4414 kann ihr Bewirtschafter mit einer präziseren Einheit in Verbindung bringen (sehr dünn, zum Beispiel 4412).

Die Geologie nimmt aus mehreren Gründen einen so grossen Platz ein: Zum einen, weil sie der Ursprung allen Bodens ist, zum anderen, weil sie einen direkten Einfluss auf das Verhalten der Rebe hat und schlussendlich ganz einfach, weil die Rebbauplaner von der Entstehungsgeschichte ihrer Landschaften ziemlich fasziniert sind.

1.2.1. KODIFIZIERUNGSPRINZIPIEN DER BODENEINHEITEN

Diese Codes müssen wie Buchhaltungscodes gelesen werden, ausschlaggebend ist die Position der Zahlen aus welchen sie bestehen.

49 1 6, 3 GG

Die zwei Zahlen in der ersten Gruppe bezeichnen das Muttergestein (altes Gestein oder oberflächliche Formation), das dem Boden zugrunde liegt (siehe Tabelle 01, „Liste der Muttergesteine“, nächste Seite).

Es war nicht immer möglich, mit den gleichen Codes wie in den Kantonen Waadt oder Neuenburg zu arbeiten wegen der sehr unterschiedlichen Umgebungsbedingungen.

Die dritte Zahl verrät den Entwicklungsstand des Bodens. Je weiterentwickelt ein Boden ist, umso tiefgründiger, komplexer und anders als sein Muttergestein wird er gewöhnlich.

Die vierte Zahl gibt die mögliche und voraussichtliche Durchwurzelungstiefe an.

Diese 4 Zahlen bilden die Basis zur Beschreibung einer Bodeneinheit, sie können nach einem Komma und einer Leerstelle wie folgt vervollständigt werden:

Eine Zahl nach dem Komma gibt gegebenenfalls das Ausmass der zeitweilig oder permanent beobachtbaren Wasserüberschüsse an.

Die Buchstaben nach diesem Basiscode für die Einheit erlauben eine Nuancierung gewisser lokaler Varianten der Einheit.

1.2.1.1. Geologie

LISTE DER GEOLOGISCHEN CODES	
1- BÖDEN AUS DEN GROSSEN FELSSTÜRZEN	
11	- skelettarme Hangböden aus grossen Felsstürzen
14	- skeletthaltige Hangböden aus grossen Felsstürzen
15	- Böden aus kalk- und skelettreichen Formationen (Leuk)
17	- extrem kalk- und skelettreiche Böden aus grossen Felsstürzen
2- BÖDEN AUS GLAZIALFORMATIONEN	
21	- Böden aus skeletthaltigen Rhonemoränen, Gemenge aus geschliffenen/rundkantigen Teilen
22	- Böden aus bestimmten Moränen (Vispental, linkes Rhoneufer...)
23	- Böden aus sandigen, skelettarmen Moränen - Skelettgehalt < 15-20% - kalkarm (linkes Rhoneufer)
24	- Böden aus Grundmoräne im Rohzustand stark verdichtet
25	- Böden aus Lokalmoränen kalkhaltige, geschliffene/rundkantige Teile stark dominierend
26	- Böden aus Lokalmoränen kristalline, geschliffene/rundkantige Teile stark dominierend - sehr wenig Kalk (Martigny und Umgebung)
27	- Böden aus Rückzugsmoränen / Glazial- und Bachgeschiebe, skelettreich
28	- Böden aus verschiedenen skelettfreien Feinsedimenten (Seewarven Silt/Ton/sehr feiner Sand)
4 - BÖDEN AUS ALTEN KALKGESTEINEN ODER FELSSTÜRZEN DARAUS	
40	- Böden auf hartem Kalkgestein
42	- Böden auf Massivkalken - blau-grau, sehr harte Bänke (Malm, selten Kreide)
43	- Böden aus Dolomitmalk Cd, Rauhwacken Cv, triasischen Marmor-Dolomit-Gemengen (M-Do)
44	- Böden aus Kalkschiefern des Flysch - in Plättchen und feinblättrig, mit härteren Einschaltungen aus Sandstein
45	- Böden auf / Aus Gips Gy und gipsige Kalke Cgy
46	- Böden aus Schiefer- und sandsteinhaltigen Kalken in kleinen liasischen Bänken (Saillon, Conthey, Saxon, ...)
47	- Böden aus ziemlich harten schieferhaltigen Kalken und kalkhaltigen Schiefern (Lias)
48	- Böden aus blättrigen Kalkschiefern - einige grosse härtere Bänke
49	- Böden aus dunklen, blättrigen Tonschiefern - sehr kalkarm (Aalenium)
5 - BÖDEN AUS (oder auf) KALKFREIEN ODER KALKARMEN GESTEINEN	
50	- Böden auf harten, kalkfreien Gesteinen
52	- Böden auf Gneis und Granit
55	- Böden auf harten Quarziten
56	- Böden auf „Rebschiefer“ (Visperterminen) oder Sandsteinschiefer - dunkelgrau, kalkarm (Bramois und Nax)
57	- Böden aus Graphitschiefer - schwarz (Stalden)
6 - BÖDEN AUS NICHT MORÄNISCHEN OBERBODENFORMATIONEN	
60	- Böden aus Löss - feiner Schluff/Sand (äolisch) - skelettfrei oder skelettarm auf einem mindestens 40 bis 60 cm mächtigen Horizont
61 bis 64	- Schuttböden aus kantigen Teilen (oder gemischt), Kalkgesteine stark dominierend
65	- Böden aus gemischtem Schuttgemenge und/oder Moränen
66 bis 67	- Schuttböden aus kantigen (oder geschliffenen) Teilen, hauptsächlich kristallines Material
68	- Böden aus Schieferschutt - wenig bis mittelmässig kalkhaltig
69	- Böden aus skelettarmen oder skelettfreien Schluffkegeln - mindestens 1 m tief
7 - BÖDEN AUS BESTIMMTEN OBERBODENFORMATIONEN ODER SCHUTT	
72	- Böden aus Serpentinitschutt (Zeneggen)
73	- Böden aus rotem Quarzitschutt (St. German)
74	- Böden aus Dolomit- und Gneisschutt (St. German)
75	- Böden aus Konglomeratschutt, Sandstein und Schiefern - dunkelrot und grünlich (Collonges, Dorenaz)
76	- Böden aus Hangformationen mit gelben Sanden, grünen Schiefern, Gipsen und Dolomiten vom linken Rhoneufer (Chalais bis Bramois)
8 - BÖDEN AUS JUNGEN ALLUVIENEN-EBENE + FLACHE BACHKEGEL AUS JÜNGSTER VERGANGENHEIT	
81	- Böden aus schluffigen Alluvionen
82	- Böden aus sandigen Alluvionen
83	- Böden aus schluffigen Alluvionen, unterlagert mit sandig-kiesigen
84	- Böden aus sandig-kiesigen Alluvionen
87	- Böden aus sandig-kiesigen Alluvionen der flachen Bachkegel
88	- Böden aus sandig-kiesigen Alluvionen der schwach bis mittel abschüssigen Bachkegel
89	- Böden aus sehr unterschiedlichen Alluvionen
9 - TIEFGRÜNDIGE BÖDEN VON KOLLUVIONEN AN HANGENDEN	
91	- Böden aus siltigen, skelettfreien Kolluvionen
92	- Böden aus sandigen, skelettfreien Kolluvionen
93	- Böden aus siltigen, mittelmässig skeletthaltigen Kolluvionen

Tabelle 01 : Codeliste der Muttergesteine

1.2.1.2. Entwicklungsgeschichte der Böden

0 : ROHBODEN (REGOSOL, RENDOSOL): Roher, heller, vom Muttergestein schwach differenzierter Boden, brauner Horizont nach 20-30 cm diffus (betrifft nur Frischrodungen, nivellierte Erdhügel).
1 : KALKIGER BODEN (CALCOSOL): Durchgehend kalkiger Boden, auf mindestens 50-60 cm vom rohen Muttergestein differenziert in Farbe, Skelettgehalt, Konsistenz und Struktur. Im Wallis weicht der Kalkgehalt des Bodens nur geringfügig von demjenigen des Ausgangsmaterials ab.
2 : KALKANGEREICHERTER oder hyperkalkiger BODEN (kalkangereicherter CALCOSOL): Kalk wird in mittlerer Tiefe in Form von Akkumulationen oder weissen Anhäufungen umverteilt, dadurch erhöht sich der Kalkgehalt markant im Vergleich zum Ausgangsgestein, und die Durchwurzelung kann chemisch oder physisch behindert werden. Dieselbe Zahl wurde auch verwendet in Fällen, wo der totale Kalkgehalt 60 -70% übersteigt.
3 : KALZISCHER Boden (CALCISOL) : Boden aus kalzischem Muttergestein (Moräne, Schotter, Schiefer), der zumindest auf einem Teil der Horizonte seines Kalkes verlustig gegangen ist, jedoch gut mit Kalzium versorgt, gesättigt und von neutralem pH-Wert bleibt.
4 : KALZISCH rubifizierter Boden (rubifizierter CALCISOL): Es besteht ein geröteter Horizont pedologischen Ursprungs, der toniger ist als sein Umfeld und entkarbonatet (im Wallis nicht vertreten, ockerfarbene Schichten sind immer Lössschichten).
5 : GEBRAUNTER BODEN (BRUNISOL): Dem CALCISOL nah verwandt, jedoch leicht sauer und ungesättigt (im Wallis äusserst selten).
6 : LESSIVIERTER BODEN (LUVISOL) : Saurer, leichter Oberboden mit tonigerem Tiefenhorizont (im Wallis nicht anzutreffen).

1.2.1.3. Durchwurzelungstiefe

TIEFE IN ZENTIMETERN
1- T unter 40 (nur auf einigen Quadratmetern wirtschaftlich vertretbar)
2- T 40-70
3- T 70-100
4- T 40- 150 Zonen mit stark schwankender Tiefe
5- T 100-180
6- T>150 und weniger als 5-10% Hangneigung
Diese Grenzwerte sind mit einer Abweichung von +-10% angegeben

1.2.1.4. Wasserüberschüsse

HYDROMORPHIE
0,1 leicht redoxischer Boden oder laterale Wasserzirkulation
0,2 vorübergehender Wasserüberschuss unterhalb von 50 cm (netto bei 70-80cm)
0,3 vorübergehender Wasserüberschuss oberhalb von 50 cm
0,4 untergründig redoxisch, permanenter Wasserüberschuss bei weniger als 80 cm
0,7 tiefgründige Wasserzufuhr wahrscheinlich, im Profil jedoch nicht ersichtlich (Pflanzenverhalten)
0,9 sehr variable Wasserüberschüsse, stark drainierte Sektoren

1.2.1.5. Varianten

WICHTIGSTE LOKALVARIANTEN EINER EINHEIT
< 91 : die Einheit ist von der signifikant andersartigen 91er-Formation überlagert
/ 47 : die Einheit überlagert die 47er-Formation // 47 flachgründig vorhanden (/47) tiefgründig vorhanden
+22: unregelmässiger Einfluss einer anderen geologischen Formation
/L, /Lc : auf Siltschicht, auf kompakter Siltschicht
+ : die kalkfreie Einheit ist an der Oberfläche wieder mit Kohlendioxid gesättigt
Las: Feinerde, toniger als die Durchschnittseinheit im Wallis
c : normalerweise nicht verdichtetes, hier kompakteres Material
ccv: Konkavität, cvx: Konvexität
oe,OE : diskreter oder ausgeprägter Lösseneinfluss
grv+: kalkige Kiesdecke auf kalkfreiem Unterboden
G, GG : Zone aktiver oder früherer Geländeerutsche, GG sehr aktiv
Gy: Gipszone
mic: stark glimmerhaltiger Sand
Pen, Rep, ptf: Hang, Hangterrasse, lokal sehr starke Neigung
R, RR : Aufschüttung oder stark umgelagerte Zone=R, sehr stark umgelagert=RR
S : sandigere Zone als die Referenzeinheit
Tour : schwarze organische Schichten, überdeckt
Tuf : Zone mit kalkigem Tuff
X : skelettreichere Zone als die Referenzeinheit
xv, QZT, Schotter mit speziellem Gestein xv= grün, qzt= Quarzite
Z, ZZ : Terrassenbauzone, ZZ hohe, eng zusammen liegende Terrassen
? : nicht rekognoszierte Zone oder Code sehr schwer bestimmbar

N.B. : An manchen Stellen fanden wir auf 2m 3 bis 4 sich überlagernde Materialschichten.

1.2.1.6. Leseschlüssel für die Profilblätter

Die Angaben auf dem Profilblatt (siehe Abb. 01) sind nur spezifische, ausgewählte Werte aus den viel ausführlicheren Informationen der Basis-Datenbank.

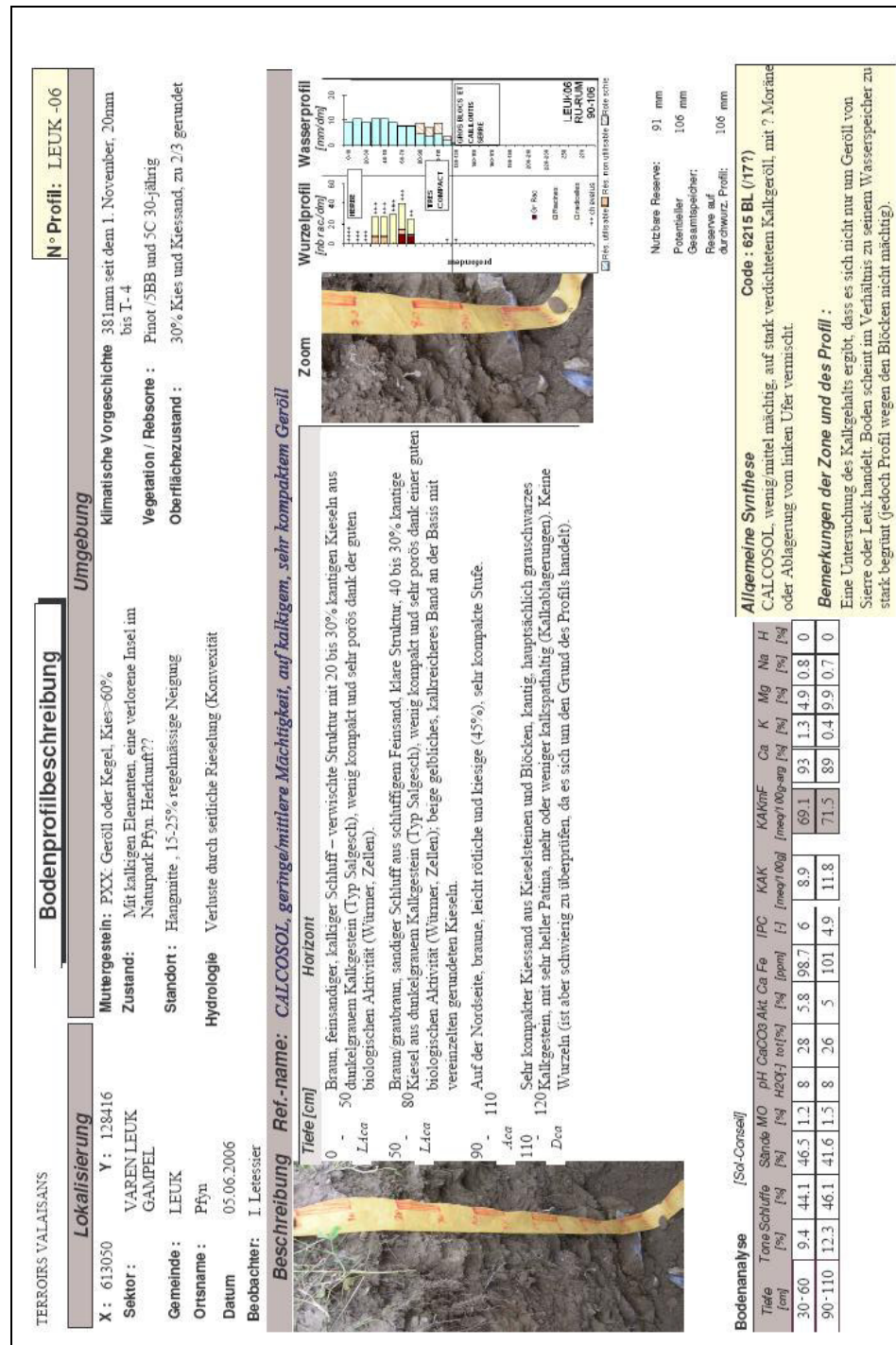


Abb. 01 : Profilblatt

Beschreibung der Horizonte

Die wichtigsten Merkmale der Horizonte sind in Worten beschrieben, ge-läufige Begriffe aus Platzgründen jedoch manchmal gekürzt, insbesondere Tex-turbeschreibungen (siehe Abb. 02, S.15), organisches Material (OM), Grobteile (GT) oder Wurzeln (R,r,ch., siehe nachfolgende Seiten).

- Die **Farbe** eines Bodens ist wichtiger und schwieriger zu bestimmen, als man denken könnte. Man benutzt dazu ein Standardsystem, den „Munsell-Code“, welcher aus Buchstaben und Zahlen besteht.

Ein 5YR4/6-Horizont zum Beispiel ist kräftig rot und verrät einen besonderen Kristallisationszustand des Eisens. Dunkelbraune Färbungen xxx3/2 lassen auf einen hohen Gehalt an organischem Material schliessen. Auf dem Profilblatt sind die Farben in Worten beschrieben, in die Datenbank werden sie codiert eingegeben.

- Die **Textur** ist ein komplexer Begriff und kann auf zwei Arten bestimmt werden.

Ein erster Gesamteindruck entsteht im Feld aufgrund der Fühlprobe (Zerreiben zwischen den Fingern) und Einteilung nach Partikelgrössen unter 2mm (Feinerde), aber auch durch die optische, auditive, ja sogar gustative Wahrnehmung.

Im Labor werden die erdigen Aggregate dann zerstossen und per Fraktionsteilung granulometrisch bestimmt. Die erhaltenen prozentualen Anteile können in ein Texturdiagramm eingetragen werden (Diagramm des Groupement d'Etude des Problèmes de Pédologie Appliquée GEPPA, 1963). Gewisse Abweichungen zwischen den beiden Bestimmungsmethoden sind normal und kein Zeichen schlechter Arbeit, sondern **eine zusätzliche Informationsquelle**.

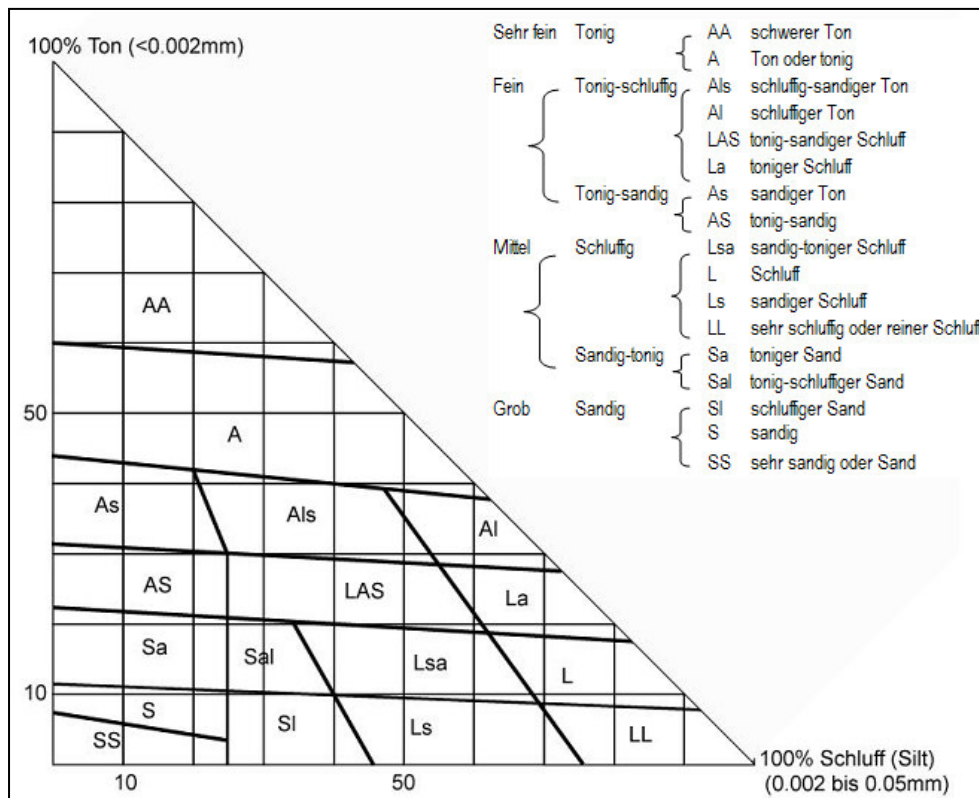


Abb. 02 : Texturdreieck des GEPPA

- Das **Wurzelwerk** : In der Beschreibung der Horizonte und den Erfassungsblättern werden die Wurzeln kurz nach ihrer Grösse und Durchwurzelungsdichte erwähnt. Die detaillierten Zählungen erscheinen in der Wurzelgrafik rechts (gelb und rot).

Die Benennung der Horizonte

Sie ist von eher wissenschaftlichem Interesse und dient der europäischen Klassifikation: Jeder Horizont wird aufgrund des Référentiel Pédologique (1995) : s. Anhang § 5.4. angesprochen. Tiefgründige Horizonte, die weit über das normale Mass der L-Horizonte von Menschenhand verändert wurden (Ziegel, Bruchla-

ger), sind mit einem Z gekennzeichnet.

Das Wurzelprofil

Auf den aufgeschlossenen Profilen werden mit einigen wenigen Ausnahmen (Profil zu weit vom Wurzelstock entfernt, Wurzelstock abgestorben, eingestürzter Graben, ...) systematisch Wurzelzählungen vorgenommen und aufgrund der Grösse und Anzahl der gezählten Wurzeln ein Wurzelprofil erstellt.

Die Zählungen erfolgen im Schnellverfahren, indem die sichtbaren Wurzeln auf einem Maschenraster von 80cm Breite nach Dickeklassen ausgezählt werden: GR für Durchmesser über 0.5cm, R von 1 bis 5mm, r weniger als 1mm, ch (+), +, ++ oder +++ je nach Menge der sehr feinen und stark verzweigten Härchen.

Das Wasserprofil

Unsere Wasserprofile stellen vereinfacht die maximal nutzbare Speicherfeuchte oder Feldkapazität dar (frz.: RUM = réservoir utilisable maximum). **Selbstverständlich kommt diese Wasserreserve nur zum Tragen, wenn der Speicher voll ist (Rolle des Jahres und der winterlichen Niederschläge).**

Jeder waagrechte Balken entspricht einer geschätzten Wassermenge in Millimetern unter Berücksichtigung von Textur und Anzahl Grobteilen (Kies + Schotter) pro 10 cm Boden (= „dezimetrische Reserve“). Die angewandte Methode wurde dem „Guide pour la description des sols“, (D.Baize 1995) entnommen und vervollständigt durch zusätzliche Angaben über grobkörnigen, glimmer- und plättchenschieferhaltigen Sand oder deren kompakte Varianten.

Wir setzen einen Gewichtungsfaktor ein, der die Durchwurzelung mit einbezieht, was insbesondere für schwere oder kompakte Böden genauere Schätzungen zulässt. Je nach Durchwurzelungsdichte schätzt man den für die Wurzeln nutzbaren Wasseranteil (blau) und den nicht (oder schwer) nutzbaren (orange). Das Diagramm ist nach unten „offen“ und wir haben es zur differenzierteren Interpretation mit Kommentaren rein zusammenfassender Natur versehen.

Die „versteckte“ Kondensation in lockeren, skelettreichen Böden (im Bereich der Kiesel oder Plättchen, durch den Kältebrückeneffekt) wurde nie in die Schätzungen mit einbezogen.

Eine momentan noch völlig willkürliche Schätzung wird im Wallis hinzugefügt für die stark schiefrigen Kies- und Schotterböden. Sie ist auf einigen Grafiken in grau angebracht.

Diese Fraktionen treten nicht in die Feinerde über, höchstens in die grobkörnigen Sande, aber natürlich nehmen sie die Feuchtigkeit ungleich besser auf als gleich grosse, glatte „Steinkugeln“. Vorläufig, und solange keine genaueren, routinemässig verwendbaren Daten zur Verfügung stehen, haben wir uns für folgendes Rechenmodell entschieden:

- Bei ziemlich harten Schiefen (es braucht Kraft, um die Plättchen zu zerbrechen oder zwischen den Fingern zu zerreiben) wird ein Koeffizient zwei für den Kiesanteil angenommen.
Beispiel: 80% (0,8) Kies können also 1,6 mm Wasser auf einem Bodenabschnitt von 10cm speichern, was auf 2 Meter 30 mm mehr ausmachen kann.
- Bei weichen, fetten, leicht verformbaren Schiefen beträgt der Koeffizient 5, d. h.: 80% (0,8) bringen 4 mm auf einem Abschnitt von 10 cm oder bis zu 80 mm auf 2 Meter Bodentiefe.

Die nutzbaren Wasserreserven

NB: siehe Anhang §5-2 für die genaue Berechnung der Speicherfeuchte.

Aufgrund des Wasserprofils können die Wasserreserven im Boden (oder genauer, die Speicherkapazität) ermittelt werden. Je nach dem berücksichtigten Volumen können drei Zahlen unter den Grafiken stehen:

- **A** - Nutzbare Speicherfeuchte -110mm: Von der Pflanze direkt oder ziemlich leicht nutzbare Wassermenge (=blau) in den gut durchwurzelten Horizonten. Diese nutzbare Speicherfeuchte entspricht der Differenz zwischen der Feldkapazität (frz. RU) und dem permanenten Welkepunkt „pF4.2“, gewichtet durch einen effektiven Wurzelraum von 1, 0.5 (weniger als 10 Feinwurzeln auf dem Bodenabschnitt), oder 0.1 (sehr vereinzelte Wurzeln oder Wurzelhärschen in weiträumig verteilten Risszonen).
- **A+B+D** - Speicherfeuchte über eine Durchwurzelungstiefe -161mm: Maximal nutzbare Speicherfeuchte des Bodens über die gesamte Durchwurzelungstiefe. Sie entspricht der **nutzbaren Feldkapazität (nFK)** (frz.: RUM = réservoir utilisable maximum) (= blau + orange + grau, bis zu den letzten Wurzeln) und berücksichtigt ungewichtet die wenig oder sehr unregelmässig durchwurzelten Horizonte bis zur letzten erkennbaren Wurzel. Die „orange“ dargestellten Flächen kennzeichnen Wasser, das nur sehr langsam zu den sehr vereinzelt und/oder kümmerlichen Wurzeln gelangen kann. Dieses Volumen wird nur sehr langsam wieder befeuchtet und in sehr steilen Zonen, wo das Wasser schneller seitlich den Hang hinunter fliesst als in die Tiefen des Profils eindringt, ist es sogar unmöglich.
- **A+B+C** - Totale potentielle Speicherfeuchte „ohne Steine“ - 172mm : Nutzbare Wassermenge, welche der Boden ungeachtet der vorhandenen Wurzelwerkmorphologie (=blau + orange + insgesamt, einschliesslich der tiefgründigen, wurzellosen Horizonte) und auf flachem Grund speichern könnte. Tatsächlich können solche Böden bei lang anhaltenden Niederschlägen Feuchtigkeit speichern, besonders bei nur geringer Neigung. Welchen physiologischen Wert diese Unterbodenfeuchte besitzt, kann man in Zahlen nicht ausdrücken, sie spielt aber in gewissen Fällen eine unbestritten wichtige Rolle (z.B. in völlig wurzellosen Grundmoränschichten mit stark kiesigem Deckboden), zumindest auf den ersten Dezimetern. Ausserdem können gewisse Böden unabhängig von ihrer Beschaffenheit sehr schlecht durchwurzelt sein (Neupflanzung, schwierige erste Jahre).

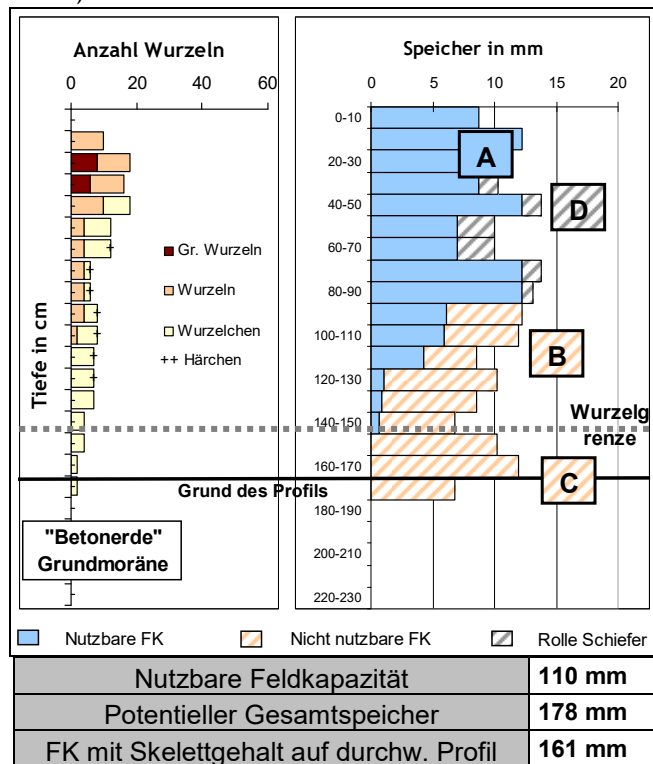


Abb. 03 : Beispiel einer Wasser- und Wurzelgrafik

Die Bodenanalysen

Bodenanalyse [Sol-Conseil]

Tiefe	Tone	Schluffe	Sände	OM	pH	Tot. CaCO ₃	Akt. Ca	Fe	IPC	KAK	KAKmF	Ca	K	Mg	Na	H
[cm]	[%]	[%]	[%]	[%]	H ₂ O	[%]	[%]	[ppm]		[meq/100g]	[meq/100g]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
20-50	11.7	33	55.3	1.6	7.6					42.2	333.3	98	0.5	1.4	0.2	0
80-100	12.4	33.8	53.8	1.7	7.8					41.3	305.6	98	0.3	1.5	0.2	0
145-160	10.9	37.4	51.7	1	8	44	18.4	60	51	16.1	129.4	96	1	2.5	0.8	0

Siehe Zusammenfassung der Ergebnisse (Teil 4.4.).

Die Proben wurden je nach Profil auf 0 bis 3 Horizonten entnommen. Die Bohrtiefe figuriert jeweils auf der linken Seite der Tabelle.

Der Gesamtanteil an Sand wurde manchmal in fein- und grobkörnige Sande getrennt und die wegen einer Grösse von >2mm nicht angenommenen Teile gewogen (siehe Detailangaben in der Datenbank). Diese beiden Zahlen sind besonders nützlich für eher kiesige und mittelmässig steinige Böden, wo sie bei der Berechnung der Speicherfeuchte eine Rolle spielen.

Aktivkalk und Eisen wurden nur bei Kalkanteilen von insgesamt über 20% oder auf besonderen Wunsch bestimmt (die am Schluss des Berichtes teilweise angefügten Durchschnittswerte beziehen sich also nicht auf die Gesamtheit der Böden).

Die KAK (frz. CEC) (Einheit meq/100g = cmol/kg) und die austauschbaren Kationen „geben Aufschluss über die Grösse des Bodennahrungsspeichers und seinen qualitativen Inhalt“ (KAK-Profil Bodenberatung, G. Collaud). Die Eidgenössischen Forschungsanstalten bestimmen diese Werte nach ihrer eigenen Methode mit Barium als Ersatzkation.

Diese Zahlen haben wir oft zu relativen Vergleichen zwischen Profilen, Horizonten, Sektoren und sogar Kantonen herbeigezogen, was bei einem Methodenwechsel nicht möglich gewesen wäre (siehe weiter unten). Die KAK-Bestimmung ist unserer Meinung nach von sehr grossem Interesse, besonders für die im Wallis stark verbreiteten, leicht schiefrigen oder im Gegenteil stark kalkigen Böden.

Ein Zahlenvergleich von KAK/Ton/organischem Material ermöglicht eine Bestimmung der Tonaktivität (Innenfläche, echte oder falsche Tone, usw. ...) oder umgekehrt diejenige der Schiefer nach Berechnung der KAKmf (fr. CECfm) (= KAK der Mineralfraktion, abzüglich der des organischen Materials).

Bei einigen Proben kam es, auch bei einer erneuten Überprüfung der Resultate im Labor, zu völlig unerklärlichen Ausreissern. Handelte es sich dabei um spezielle Tone (vielleicht manchmal mit Gips verbunden)? Oder war es etwas anderes? Ein solches Beispiel ist weiter oben dargestellt: KAK 42 meq/100g, d.h. 4 Mal mehr als üblich, KAKmf >300 = Ausreisser. Wir haben die 8 Ausreisser aus der Statistik gestrichen, um die Durchschnittsergebnisse nicht zu verfälschen, sie sind aber deshalb nicht weniger interessant.

Es scheint uns, dass die Barium-Methode, welche eine 100%-ige Bestimmung der Anzahl austauschbarer Kationen auch in kalkigen Böden erlaubt, nicht zu denselben Ergebnissen führt wie die in Frankreich verwendeten Methoden; die relative Übersättigung mit Kalzium führt auf jeden Fall dazu, dass der Kali-Anteil K/KAK immer sehr gering ausfällt und unter den auch vom Bodenberatungsdienst als Norm angenommenen 3-4% austauschbaren Kalis liegt. Dasselbe gilt für Magnesium Mg. Wenn wir hier also von geringfügigen oder gewichtigen Anteilen sprechen, ist das nie absolut gemeint.

Werden im Rebberg Kali-Mängel oder ein Überkonsum davon festgestellt, wäre vielleicht der Wechsel zu einer Methode zu überlegen, welche neben den Ca++-Kationen auch anderen mehr Beachtung schenkt, wobei natürlich direkte Untersuchungen von Pflanzenmaterial immer verlässlicher sind als Bodenmessungen.

1.2.1.7. Leseschlüssel für Bodeneinheitsblätter

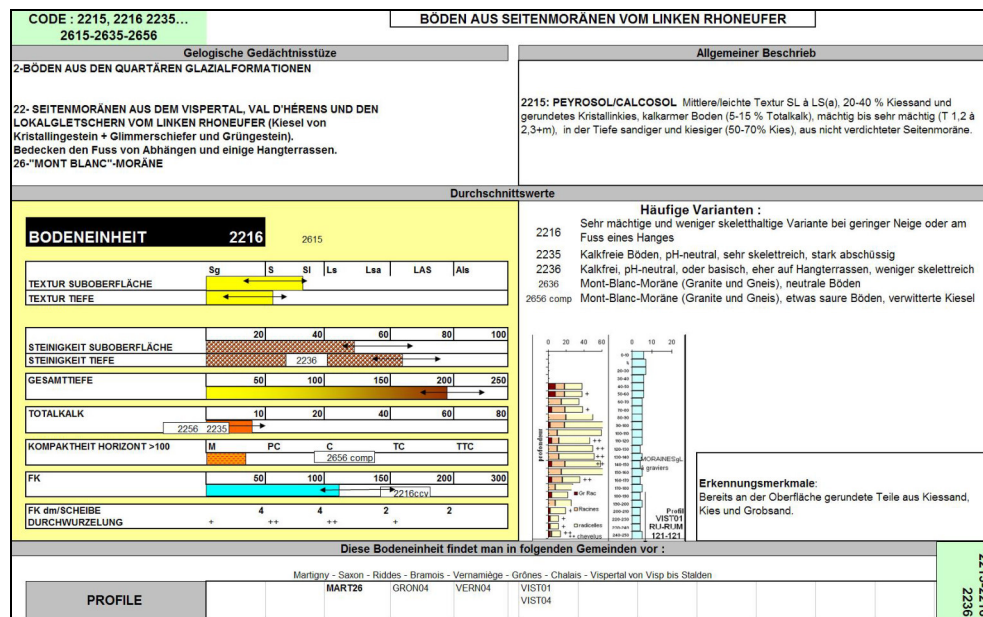


Abb. 04 : Beschreibungsblatt einer Bodeneinheit

Im oberen Teil (siehe Abb. 04) figurieren die geologischen Merkmale und eine allgemeine Beschreibung; der mittlere Teil enthält die wichtigsten chemisch-physikalischen und hydrologischen Eigenschaften und deren gängigste Varianten; im untersten Teil schliesslich werden die dazugehörigen Profile und die betreffenden Gemeinden oder Sektoren angegeben.

Um der Kürze Willen werden die Bodeneinheiten aufgrund ihrer durchschnittlichen, auf der Grafik links zusammengefassten Funktionsparameter beschrieben. Die mögliche Ausdehnung der Charaktere und der Einfluss von Varianten werden durch waagrechte Pfeile symbolisiert.

Die „FK-Indizes“ (auf den Blättern als ‚RUdmTranche‘ angegeben), ergeben eine numerische Darstellung der Speicherfeuchte (Wasser in cm), berechnet aufgrund von vier Bodenblöcken von je 50 cm. Diese Darstellung ermöglicht eine rasche Kodifizierung der Wasserverteilung auf einem Bodenprofil und die Differenzierung von sehr unterschiedlichen, jedoch mit der gleichen Speicherfeuchte versehenen Böden. So verfügt ein Stauboden 6.8.0.0. über dieselbe Speicherfeuchte von 140 mm wie ein 3.2.5.4.-Boden (60mm + 80mm + 0mm + 0mm resp. 30mm + 20mm + 50mm + 40mm). Beim ersten handelt es sich um einen „kurzen und breiten“ Boden, der bis auf einen Meter Tiefe reicht. Der zweite ist „lang und schmal“, die Wurzeln gehen bis auf 2 Meter hinunter (siehe auch Kapitel 5-2).

Achtung : Es ist hier von FK-Indizes die Rede und nicht von den Codes auf der Karte, welche hier zur Erinnerung noch einmal grün umrahmt aufgeführt werden.

In den Feldern für die Wurzeln wird nur deren wahrscheinliches Vorhandensein oder Nichtvorhandensein vermerkt.

1.3. GRENZEN DER KARTOGRAFISCHEN DARSTELLUNG

Die Karte weist eine theoretische Präzision von 1/12.000 auf (eine Beobachtung auf 1.5 Ha), aus praktischen Gründen und zur besseren Lesbarkeit ist sie jedoch im Massstab 1/7071 ($1\text{cm}^2 = 0.5\text{ha}$) gehalten.

Es handelt sich also nicht um eine parzellengenaue Arbeit. Dabei ist die Zerstückelung extrem und die wichtigen Bodenparameter (Mächtigkeit, Gefüge, Steinigkeit, Kompaktheit) variieren so stark, dass die tatsächlichen Einheiten im Durchschnitt kleiner sind als 1 ha, ganz zu schweigen von den jeder Parzelle eigenen Gestaltungs- und Anbaumethoden. Weil die Parzellen zum Teil winzig klein sind, waren hier auch Bodenverbesserungsmassnahmen und Arbeiten möglich, die auf grösseren Flächen undenkbar wären.

Die Charakteristiken aller in einer Zone vorhandenen Böden können jedoch untersucht, beschrieben und gut verstanden werden.

Die Benennung der Bodeneinheiten und der Profile basiert auf denselben Prinzipien. Bei den Profilen ist es fast immer möglich mit einem einzigen Code zu arbeiten, aber gewisse Bodeneinheiten bilden so komplexe Abfolgen verschiedener Böden, dass es unmöglich ist, sie in diesem Massstab und aufgrund manueller Probeentnahmen zu kartieren.

Bsp. 1 : Die 4414-Einheiten weisen per definitionem unterschiedliche Bodenhäufigkeiten auf (40 bis 150 cm), sie setzen sich also zusammen aus 4412-, 4413-, oder 4415-Einheiten. Demzufolge ist es logisch, in einer 4414-Einheit mit variablen Häufigkeiten von 40 bis 150cm und mehr (wie das üblich ist bei den grössten Landumwälzungen auf Felssturzmaterial, aber auch bei ausgeprägt konvexen oder unregelmässigen Hanglagen mit lokal anstehenden Gesteinen und zahlreichen flyschartigen „Felsköpfen“) ein 4413-Profil mit einer Häufigkeit von 80 cm vorzufinden.

1.4. DER EINSATZKALENDER

Die 7 unter Punkt 1.1. beschriebenen Etappen wurden für alle 27 Sektoren auf 2 Planungsphasen verteilt eingehalten:

- **8 PILOTZONEN** : Von Juni 2004 bis Dezember 2005 wurden 1200 Hektaren in 8 geologisch und klimatisch sehr unterschiedlichen Sektoren zwischen Martigny und Visp kartiert.

Die Bodenproben wurden ab April 2004 täglich entnommen, sofern uns Frost oder Schnee keinen Strich durch die Rechnung machten. Die Profilgrabung begann im Juli 2004 bei Martigny und wurde regelmässig weitergeführt. Weitere Beobachtungen wurden ermöglicht durch zusätzliche Aufschlüsse bei winterlichen Spreng- und anderen Bauarbeiten.

Anstelle der ursprünglich vorgesehenen 80 Profile wurden also mehr als 200 aufgeschlossen, hinzu kamen mehr als 70 aus früheren Studien und 1830 Beobachtungen, die Ende Juni 2005 durchgeführt wurden.

Eine erste Legende wurde erstellt. Sie enthielt viele Doppelspurigkeiten und Unsicherheiten wegen den ungenauen geologischen Daten über die quartären Formationen, der bereits erwähnten, schweren „Lesbarkeit“ der Böden (Umlagerungen, Aufschüttungen, usw.) und den grossen Unterschieden zwischen den Pilotsektoren.

- **AUSDEHNUNG AUF DAS GANZE WALLIS**: Nach diesem ersten Augenschein der Bodenkomplexität wurde der Aufschluss weiterer Profile so rasch als möglich vorangetrieben: Ende November 2006 waren wir dann im Besitz von 450 Profilen für die gesamte Rebfläche (darunter fünfzehn Grossbauprojekte) und konnten so die Verbindung unter den acht Pilotzonen herstellen. Proben konnten vor allem von März bis Ende November entnommen werden, mit langen Unterbrüchen während den Frühlingsarbeiten und der Traubenlese.

Zwischenzeitig wurden deshalb nur die Diaschauen produziert, welche auf jeder Versammlung gezeigt wurden, sowie die provisorischen Karten und die Rohfassung einer Legende.

Da das formale Vorgehen bereits in den zwei vorgängig untersuchten Kantonen erprobt worden war, konnte hier auf detaillierte Zwischenberichte und ungenügend untereinander korrelierende Karten verzichtet werden.

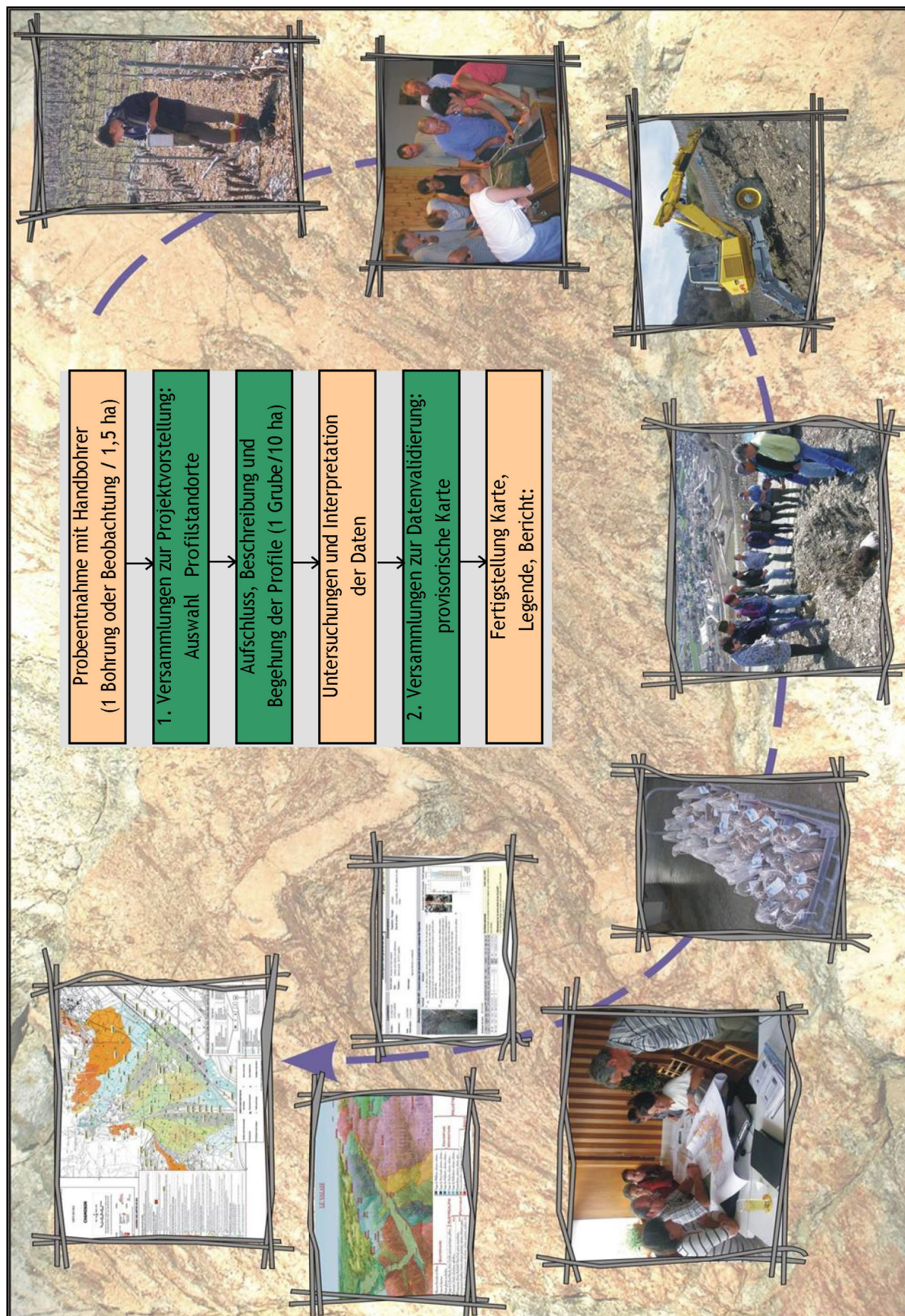


Abb. 05 : Studienverlauf, Einsätze und Arbeiten

2 - GEOLOGISCHER ABRISS DES WALLIS

Über die Walliser Geologie gibt es bereits zahlreiche Studien und trotzdem birgt sie noch viele Geheimnisse. Ganze „Horden“ von Geologen haben die Erdkunde, und insbesondere das Wissen über die Alpenkette, dank immer neuen Entdeckungen in den Bergen dieses Kantons ein grosses Stück weiter gebracht. Die Geologie ist hier nicht nur sehr reichhaltig und abwechslungsreich, sondern auch einfach zu beobachten. Im Gegensatz zu anderen, mit einer dichten Vegetationsdecke überwachsenen Regionen, sind hier Felsen, Klüfte und Auffaltungen ziemlich gut sichtbar. Die heikelste Aufgabe besteht in der Auslegung der tektonischen Strukturen und der Rekonstruktion der geologischen Geschichte da, wo die Natur in ihrer ganzen Komplexität gewaltet hat. Anhand von einigen Elementen wollen wir versuchen die Unterschiede, aber auch die Gemeinsamkeiten, von Sektoren dies- und jenseits der Kantonsgrenzen aufzuzeigen. Diese einfachen und kurzen Erklärungen sind der Schlüssel zum Verständnis der Walliser Terroirs.

2.1. DIE HAUPTSTRUKTUREN

Das Wallis bildet ein wichtiges Bindeglied in der Alpenkette (siehe Abb. 06). Hauptsächlich hier findet der Übergang statt zwischen den grossen österreichischen O-W-Strukturen und den französischen N-S-Strukturen des Alpenbogens.

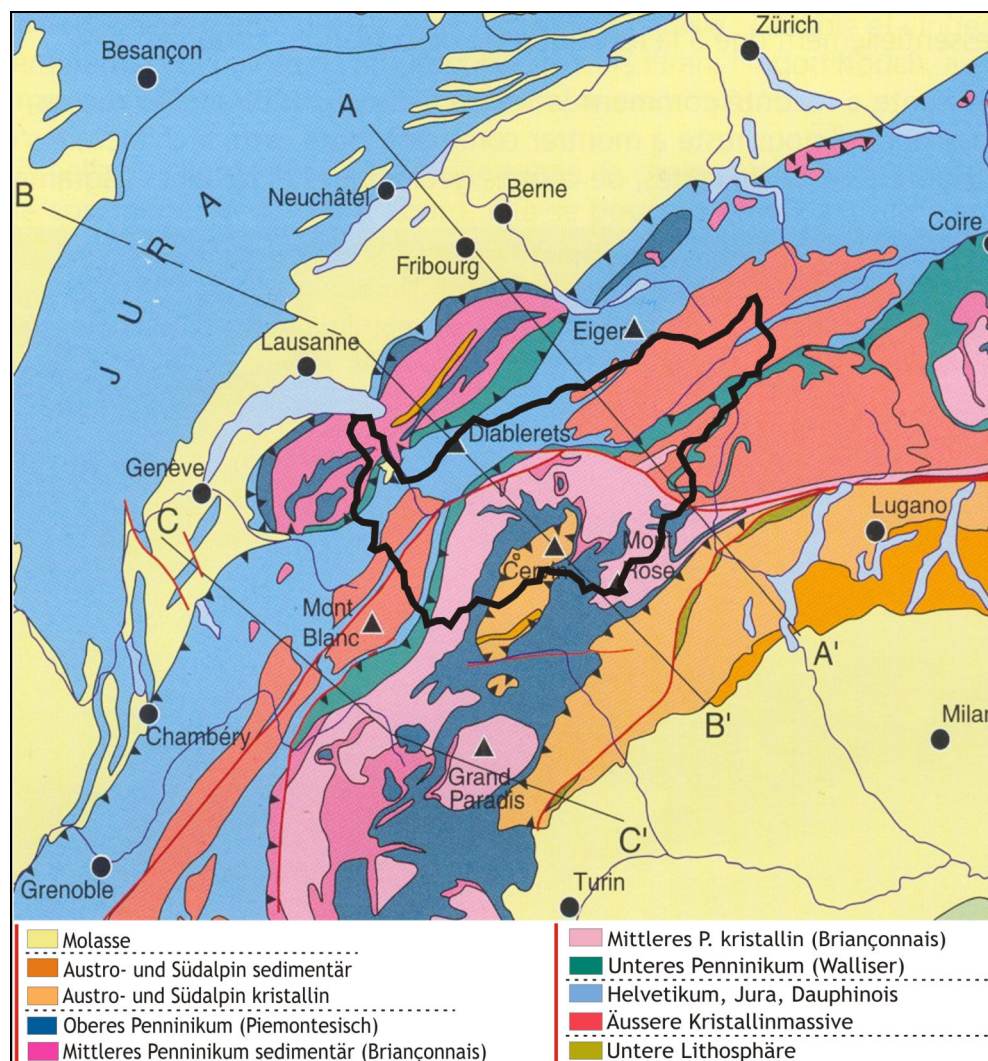


Abb. 06 : Vereinfachte geologische Karte der westlichen Alpen
(angepasst nach: "Das Matterhorn aus Afrika", von M. Marthaler)

Die wichtigsten Alpenzonen sind hier vertreten:

- Die (äussere) helvetische Zone
- Die (innere) penninische Zone
- Die (östliche) austroalpine Zone

Die ersten zwei entstammen dem europäischen Kontinent, während die austroalpine Zone dem adriatischen Mikrokontinent (Apulien) zuzuordnen ist, einem eigentlichen Wurmfortsatz Afrikas (siehe Abb. 07). Bekanntlich sind die Alpen ja aus dem Zusammenprall dieser Platten entstanden.

Betrachtet man die Ausgangslage vor 100 MJ, so waren die Kontinente und Ozeane damals ganz anders verteilt als heute. Der Piemont-Ozean, als kleiner Teil der riesigen Thetys 80 MJ früher entstanden, war schon wieder im Begriff sich zu schliessen. Die Briançonnais-Halbinsel und das restliche Europa rückten also der austroalpinen Zone näher. Dieses Abdriften Iberiens führte weiter nördlich zu einer Verbreiterung des Walliser Ozeanarms.

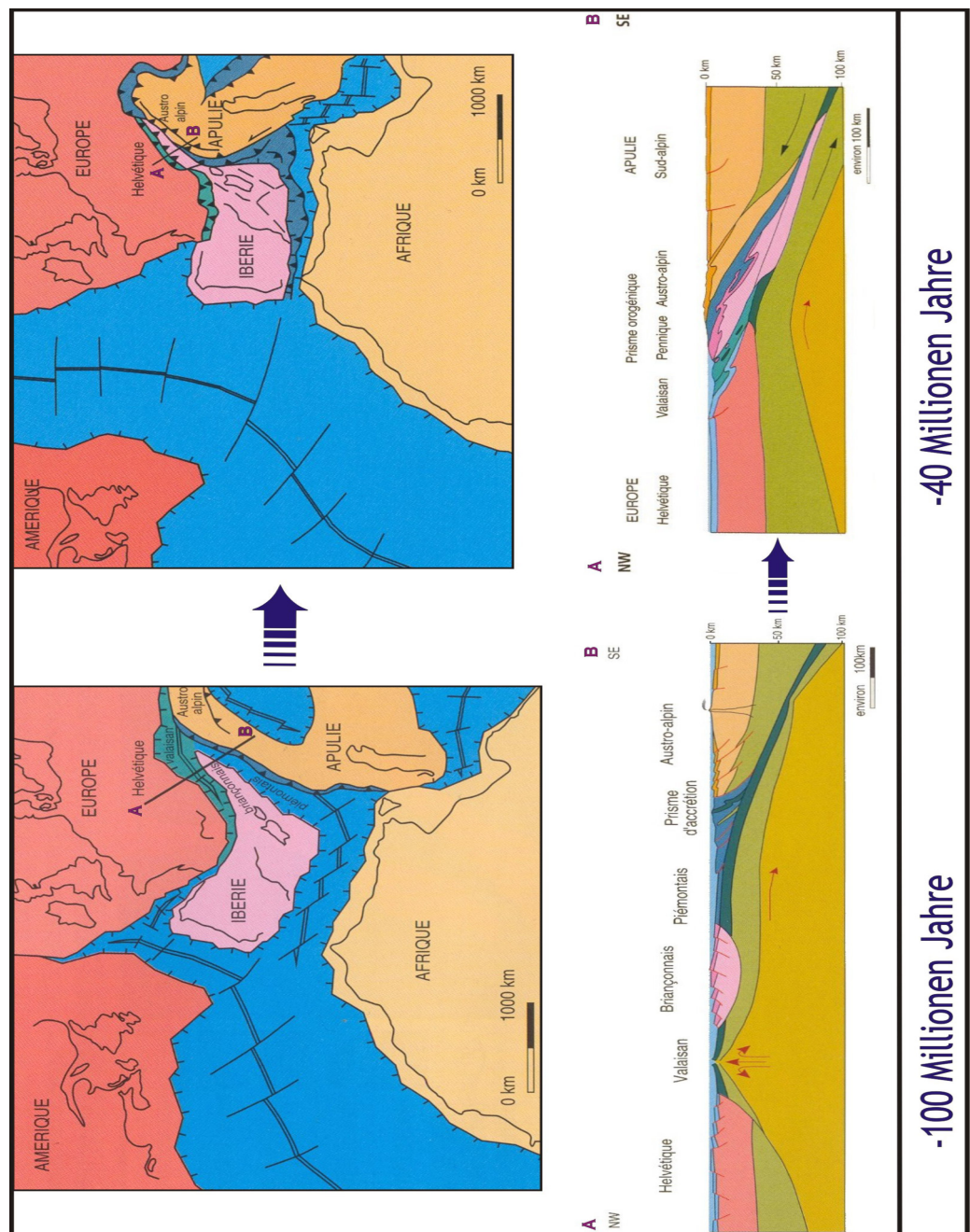


Abb. 07 : Die Entstehung der Alpen vor 100, bzw. 40 Millionen Jahren

(Skizzen und geologische Schnittansichten angepasst nach "Das Matterhorn aus Afrika", von M. Marthaler)

Sechzig Millionen Jahre später begannen sich die Überlagerungen abzuzeichnen, welche zur Bildung der Alpenkette führen sollten. Die Krusten des Piemont- und des Walliser Ozeans wurden in die Tiefe gezogen und Europa und Apulien befanden sich auf Kollisionskurs. Nur der helvetische Bereich und das Walliser Becken waren leicht abgetaucht. Der europäische Raum neigte dazu, der Walliser Ozeankruste zu folgen und unter Apulien zu tauchen. Entgegen dem Anschein war es also nicht der afrikanische Wurmfortsatz, der sich Europa Richtung Nordosten näherte.

Die geologischen Ereignisse der Vergangenheit können aufgrund der heutigen Strukturen rekonstruiert werden, wie das Abbildung 08 verdeutlicht:

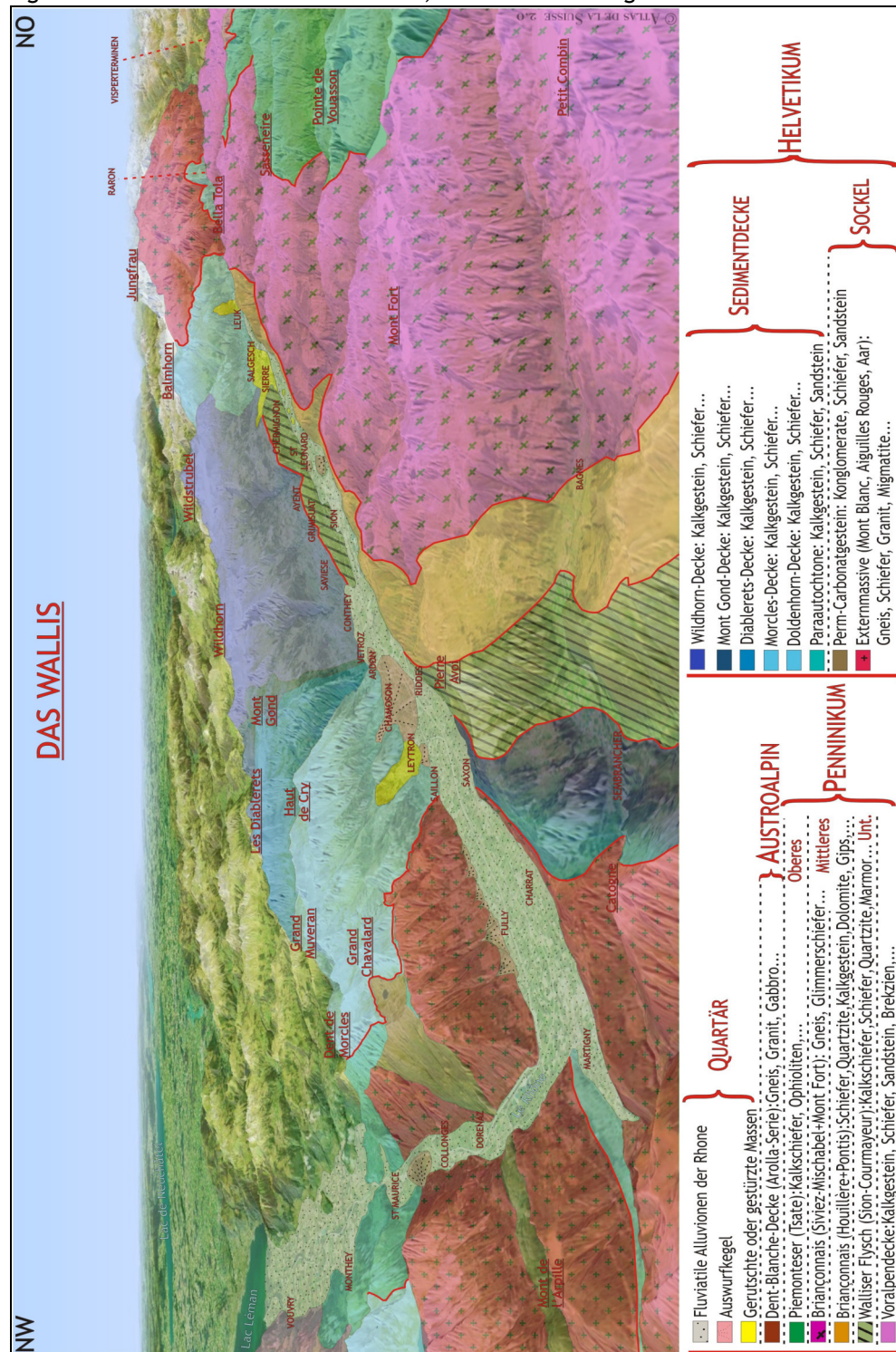


Abb. 08 : Vereinfachtes geologisches Strukturpanorama des Wallis
(angepasst nach dem „Atlas der Schweiz 2.0 mit der Genehmigung von swisstopo (BA071066))

1 - Die so genannte **helvetische Zone** belegt im Wallis einen grossen Teil des **rechten Rhoneufers**. Sie besteht aus den kristallinen Externmassiven (Sockel) und deren Sedimenthülle (Kalkgesteine, begleitet von mergeligen oder schieferhaltigen Stufen), mit anderen Worten, den helvetischen Bergketten. Der metamorphe Sockel aus dem Herzynikum tritt da zum Vorschein, wo die Erosion alle ihn überlagernden Bodenschichten abgetragen hat: im Aarmassiv, dem Mont Blanc und den Aiguilles Rouges.

Nur ein kleiner Teil der Decke ist noch mit diesen kristallinen Massiven verbunden, die meisten Sekundär- und Tertiärschichten haben sich abgelöst und bilden die

„**unteren helvetischen Decken**“ (Doldenhorn und Morcles), die wiederum überlagert werden von den

„**mittleren und oberen helvetischen Decken**“ (Diablerets, Wildhorn). Diese Decken schliesslich tragen die

„**ultrahelvetischen Decken**“, deren Ursprung noch weiter östlich liegt. Diese Decken sind alle miteinander verfaltet.

2 - Die **penninische Zone** dehnt sich südlich der Rhone auf einem etwa hundert Kilometer langen Bogen aus dessen Konvexität nach Nordosten bis zum Helvetikum ausgerichtet ist. Solche penninische Böden findet man auch im Chablais. Es ist dies die Voralpendecke, mit anderen Worten die Decke, welche in Richtung NW migriert hat und, vom Ausgangsmaterial abgelöst, auf dem Helvetikum aufliegt.

Weiter im Inneren dieses Gebiets kam es zu noch heftigeren Verformungen. Ungleich der externen Zone haben sich hier der Sockel und die Sedimentdecke zusammen verfaltet und (mit Ausnahme der Voralpendecke) dieselben Metamorphismen durchgemacht. Drei einheitliche Zonen sind auszumachen:

✚ Die „**Walliser Zone**“ oder **Zone von Sion-Courmayeur** ist die erste bemerkenswerte Einheit. Diese Gelände mit einer Fazies aus Flysch, Kalkschiefer, sandsteinhaltigem Kalkstein oder Konglomeraten (aus dem Eozän?) werden begleitet von Brekzienstufen mit Restblöcken aus Bündner Schiefer. Diese Metagabbros und Serpentinitten, die insbesondere in der Region von Zeneggen zutage treten, sind Zeugen eines räumlich und zeitlich (Kreidezeit) begrenzten, aber von der Thetys klar abgelösten „**Walliser Ozeans**“ (siehe Abbildung 07, S. 22). Als der Ozean aufgehört hat, sich auszubreiten, haben die erodierten Materialien den marinen Trog langsam zugeschüttet in einer Abfolge von feinkörnigen (tonigen), grobkörnigen (sandigen) und sogar sehr grobkörnigen Stufen, die von so genannten Unterwasserlawinen in trüben Strömen mitgeführt und abgelagert wurden. Das Schweizer Wort „Flysch“ bezeichnete ursprünglich im Berner Oberland leicht abrutschende Hanggelände.

✚ Die „**Briançonnais-Einheit**“ ist auch in mehrere Decken unterteilt (Houillère, Pontis, Siviez-Mischabel, Mont Fort, Mont Rose). Sie wird mit einem früheren Mikrokontinent, oder besser einer Halbinsel am Rande Kontinentaleuropas, in Verbindung gebracht. Man findet sie nur auf dem linken Rhoneufer, Gneis und Glimmerschiefer herrschen vor und türmen sich zum Teil zu hohen Formationen wie die Mischabelkette auf. Weiter nördlich, wo die Rebberge der Rhone entgegenstreben, überlassen diese Kristallingesteine jedoch das Feld solchen von sedimentärer Herkunft wie Sandsteine, Schiefer, Gipse und Kalke, ...

✚ Die „**Piemont-Einheit**“ besteht aus mehreren überlagerten Decken (Tsate, Zermatt-Saas Fee-Antrona), die sich zu einem späteren Zeitpunkt mit den „Briançonnais-Decken“ zusammen verfaltet haben. Es handelt sich um mehr oder weniger kalkhaltige Glanzschiefer, begleitet von einer ophiolitischen Sohle (Bündner Schiefer aus dem ligurischen Tethysmeer). Dieses „oberste Stockwerk“ im penninischen Gebäude findet man auf den südlichen Talsohlen, am Fusse der austroalpinen Decke.

3 - Die **austroalpine** Zone ist im Wallis nur durch die Dent-Blanche-Klippe vertreten. Dieses „afrikanische Überbleibsel“, durch die Erosion zum isolierten Wahrzeichen geformt, zeigt sich stolz mit einer Reihe von Viertausendern und mehr, darunter auch das Matterhorn (siehe Bild 01). Die granitischen Gneise und Gabbros heben sich ab von den untergelagerten Ophioliten und Glanzschiefern.

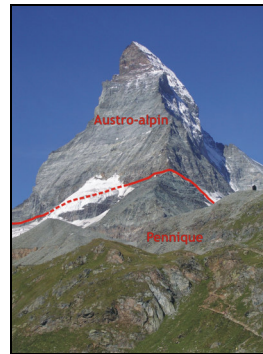


Bild 01 : Matterhorn

Ein vereinfachter, geologischer Tiefschnitt erlaubt es, die Anordnung der beschriebenen Struktureinheiten der Alpenkette besser nachzuvollziehen (siehe Abb. 09). Ein Blick genügt um festzustellen, dass die stärksten Hebungen sich genau im Wallis befinden. Ausser der sehr bewegten Anordnung der Decken erkennt man auch die austroalpine Restformation mit dem Matterhorn, der Dent Blanche oder dem Weisshorn, welche sich bis heute über dem Penninikum erheben.

Die Alpenformation hat sich in den Kalkgesteinen nur durch leichte Falungen und Überlappungen fortgesetzt, welche sich nahtlos an die helvetischen Ketten anfügen (hellblau auf der Schnittansicht). Als Folge der Gebirgserosion entstanden mächtige Molassesedimente jüngerer Datums in Wechselschichten von Sandstein, Mergel und Konglomeraten, die das Schweizer Mittelland bilden (hellgelb auf der Schnittansicht).

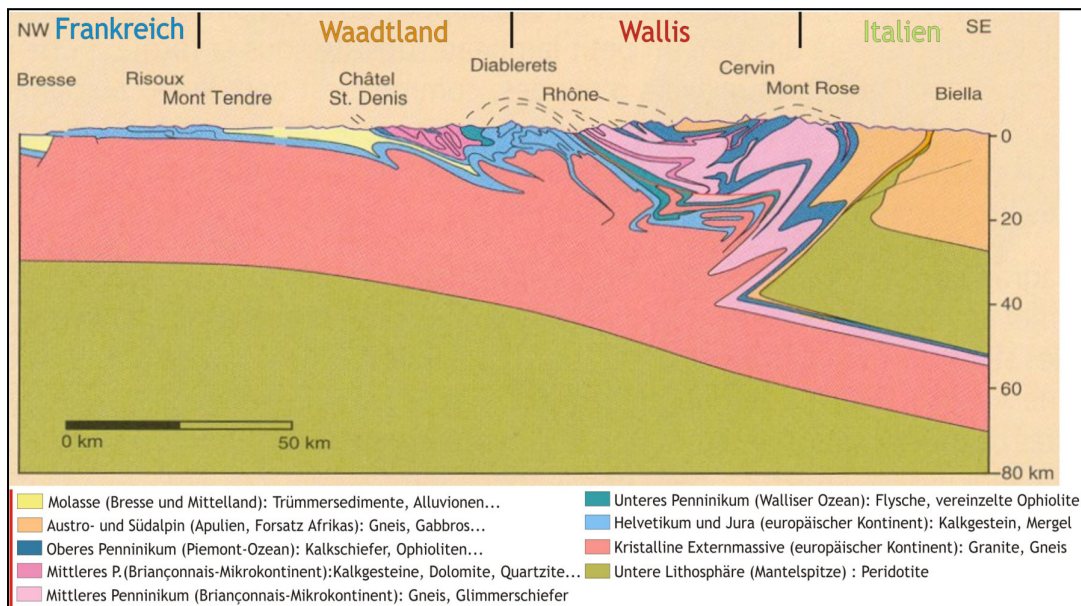


Abb. 09 : Geologische Schnittansicht der heutigen Alpen
(angepasst nach "Das Matterhorn aus Afrika", von M. Marthaler)

Örtlich mehr begrenzte geologische Schnittansichten und Panoramen finden sich in den sektorspezifischen Teilen.

2.2. DIE WICHTIGSTEN MUTTERGESTEINE

Wir stellen sie, ausgehend von den ältesten Gesteinen, dem Alter nach vor. (siehe Anhang 5.1.)

2.2.1. DAS PRIMÄRZEITALTER (PALÄOZOIKUM: -540 À -245 Jm)

Die Gesteine aus dem Paläozoikum bilden mit denjenigen aus dem Proterozoikum (Epoche vor dem Primärzeitalter) die uralten Sockel, auf welchen die Sedimentdecken des Sekundärzeitalters ruhen. Diese mehrere hundert Millionen Jahre alten Formationen entstanden tief im Innern der Erde durch die Kristallisation von Magma, während Sedimentgesteine üblicherweise als Ablagerungen in den Meeren aufgebaut wurden. Sie führten dann schon lange vor der Alpenbildung ein sehr „bewegtes“ Leben. Es handelt sich grösstenteils um Plutonite (Granite, Diorite, ...) oder um metamorphische Gesteine (Migmatite, Gneis, Schiefer, ...). Aus solchem Material sind zum Beispiel die Massive des Mont-Blanc, der Aiguilles Rouges und das Aarmassivs entstanden, wie auch gewisse Teile der Walliser Alpen, darunter auch ihre höchsten Gipfel. Die alten, sauren Kristallingesteine (kalkfrei) treten in gewissen Reblagen an die Oberfläche, (in **Fully** oder **Gampel** zum Beispiel), aber häufiger findet man sie in den von den Gletschern hinterlassenen Moränen.



Bild 02 : Migmatite, von Löss überlagerter Gneis in Branson (Fully)

Diese harten Massivgesteine verwittern nur langsam, besonders im trockenen Walliser Klima, und geben in den Weinbauzonen **nie** direkt kultivierbare Böden ab. Die seltenen, landwirtschaftlich nutzbaren Fleckchen, (siehe Bild 02) sind immer das Produkt von Lössablagerungen (vom Wind transportierte, skelettfreie Feinerde, oft leicht kalkig, siehe 1.2.4.2. S40) oder **Schuttfelder** aus kristallinen, kalkigen oder Mischgesteinen am Fusse von Hängen. Manchmal sind die Geröllkegel sogar stark kalkhaltig, wenn eine Kalksperre die Gneise überlagert, die dann auf die Böden zu ihren Füßen keinen Einfluss mehr haben. Das ist zum Beispiel bei den Terroirs in **Charrat** der Fall, die stark kalkhaltig sind, obwohl in der Gemeinde Gneise und kristalline Schiefer vorherrschen, die jedoch überdacht sind von kalkigen Böden.

Andere Formationen des Primärzeitalters sind auch erkennbar, besonders in der Region von **Collonges** und **Dorénaz** (s. Bild 03). Diese Schiefer, Sandsteine und Konglomerate reichen in die Zeit des Stefans und des Perms zurück (ungefähr - 300 MJ). Sie wurden damals in grossen Gräben oder Vertiefungen des Kristallinsockels der Aiguilles Rouges abgelagert. Diese grünblau und dunkelrot gefärbten Materialien bilden einen bunten Teppich in den auf Geröllfeldern oder Auswurfkegeln angepflanzten Reben.



Bild 03 : Konglomerate in Dorénaz

Aus derselben geologischen Epoche (Mittleres Penninikum) stammen die am linken Rhoneufer anstehenden dunklen „Kohlenschiefer“ und Sandsteine. Auf solchen Unterlagen gedeihen die Trauben der kleinen Rebflächen von **Riddes** bis **Bramois** und im **Vispertal**. Manchmal hart, dann wieder schieferartig (wie Tafelschiefer), sind diese Gesteine kalkarm oder kalkfrei. Oft kam es wegen solcher Schichten an der Oberfläche zu Erdrutschen und sie sind an tiefgründigen Absenkungen der Rebhalden fast immer beteiligt. Die Felsbänke sehen dekomprimiert aus, wie unter ihrem eigenen Gewicht zusammengebrochen.

Materialart (Tiefenhori- zont = Ausgangsgestein)	Code	Härte	Beschaf- fenheit	Salzsäu- reaktion	Farbe
Gneis - Granite	52	sehr hart	massiv	0	variabel
“Rebenschiefer” (Visp) und Sandsteinschiefer	56	hart	Platten	0 bis (+)	dunkelgrau
Kohlenhaltiger Grafit- schiefer (Stalden)	57	variabel	blättrig oder Plat- ten	0 bis (+)	schwarz

Tabelle 02 : Übersicht der Muttergesteine des Primärzeitalters

2.2.2. DAS SEKUNDÄRZEITALTER (MESOZOIKUM: -245 BIS -65 JM)

2.2.2.1. Die Trias (-245 à -205 JM)

Die Trias ist eine klar abgegrenzte Epoche, aus der mehrere sehr unterschiedliche Gesteine stammen. Zuerst hat ein seichtes Meer die paläozoischen Sockel (Primärzeitalter) überspült. Es haben sich dann sukzessive Sande, Feintonne, Kalkgesteine und Evaporite (sehr mineralreiche Rückstände aus der Verdampfung von Lagunen) abgesetzt.

➤ Die Sande, welche zum Beispiel in Emosson noch die Spuren der Dinosaurier tragen, haben sich zu **Quarziten** zusammengefügt. Es sind dies durch (kalkfreien) Schieferzement zusammengehaltene Sandsteine aus kompakten Quarzkristallen. Von sehr massiver Beschaffenheit präsentieren sie sich in milchigen und Weisstönen, oder durch Eisenoxyde orange verfärbt (siehe Bild 04).



Bild 04 : Quarzite in Flanthey (Lens)

➤ Die Tone, welche an ruhigen Stellen weitab von Strömungen und Wellengang abgelagert wurden, erscheinen heute stellenweise als **tonige Schiefer** in dunklen Grün- oder Rottönen.

➤ Die in der Trias ausgefällten Kalkschichten wurden oft in die heutigen **Dolomitgesteine** (s. Bild 05) umgewandelt, indem Kalzit ganz oder teilweise durch Dolomit ersetzt wurde.



Bild 05 : Dolomite in Charrat

Schliesslich, und immer noch in der Trias, hat die Evaporation der hypersalinen marinen Gewässer in Lagunen oder seichten Becken zur Bildung von **Gipsen** geführt. Dabei handelt es sich um hydratisierte Ca-Sulfatgesteine, normalerweise in hellen, Weiss-, Orange- oder Gelbtönen... Sie sind sehr leicht löslich, bröckelig und nicht witterungsresistent, weshalb auch das Wasser den Risszonen entlang infiltrieren und die Gesteine bis zur Verkarstung auflösen konnte. Die unterirdischen Seen von St Léonard zum Beispiel sind in solch imposanten, durch die Auslaugung von Gipsen entstandenen Höhlen eingefangen worden. Zudem haben solch evaporitische Formationen auch zahlreiche Erdbeben begünstigt.



Bild 06 : Gipse in Vaas (Lens)

Diese Schichten haben beim alpinen Aufprall auch eine wichtige tektonische Rolle gespielt. Sie haben grossflächige Überlappungen und die Entstehung von Geschiebedecken so sehr begünstigt, dass man sogar von „Seifenschichten“ spricht.

Wenige Rebböden sind direkt auf ihnen entstanden, ausser in der Region von **Saint-Léonard**, **Flanthey** und **Loc** (siehe Bilder 06 und 07). Hingegen sind sie in gewissen Schotterhalden unterhalb von **Nax**, zwischen **Grône** und **Bramois** stark vertreten.



Bild 07 : Gipse in Vaas (Lens)

Materialart	Code	Härte	Beschaffenheit	Salzsäurereaktion	Farbe
Gips	45 GY	weich		0 so rein	weiss bis orange
Dolomit - Marmor	43 D0	sehr hart	Bänke	+(+) bis 0	beige-grau
Quarzite	55	sehr hart	Massiv	0	milchig bis grau

Tabelle 03 : Übersicht der Muttergesteine der Trias

2.2.2.2. Der Jura (-205 à -135 JM)

a/ *Das Lias (-205 à -180 JM)*

Der Untere Jura ist gekennzeichnet durch **alternierende Schiefer- und Kalkschichten**. Am unteren Ende der Serie herrschen vor allem heterogene, einmal mergelige, dann wieder schiefrige Kalke vor. Dies dunklen Kalkgesteine erscheinen in Form von kleinen Bänken mit schiefrigen Einschaltungen (siehe Bilder 08 und 09). In gewissen Sektoren wie Conthey oder Savièse werden diese kleinen Bänke durchzogen von weissen „Zebrastreifen“. Das sind eigentlich alte, mit Quarz oder Kalzit aufgefüllte Risse.

Das obere Ende der Serie ist eher schieferartig und dem Aalenium sehr nahe (schwarze, sehr weiche Schiefer), manchmal ist es sogar schwierig, sie zu unterscheiden. Meistens weist das Lias eine graue Patina auf mit schiefriger oder plättchenartiger Beschaffenheit, während das Aalenium tonreicher, dunkler und blättriger ist. Das Lias ist aber insgesamt viel erosionsbeständiger, wie das am Beispiel des Ardève-Hügels verdeutlicht wird (Gemeinden von **Leytron/Chamoson**), dem eigentlichen liasischen Herzstück der Morcles-Decke, umgeben von einem aalenischen „Hufeisen“.



Bild 08 : Kalkige Schiefer des Lias (Saxon)



Bild 09 : Plättchen und kalkige Schiefer des Lias (Saxon)

b/ *Der Dogger (-180 à -155 JM)*

Der Mittlere Jura lässt sich in 2 klar getrennte Stufen zusammenfassen: die bereits erwähnten **tonigen Schiefer** des Aaleniums und die **goldfarbenen Schiefer** des Bajociums. Doggergelände sind praktisch azoisch, das heisst, sehr fossilarm. Es sind Ablagerungen sehr feine Sedimente, die sich in den ruhigen Tiefen der Meere ansammelten.

Die tonigen Schiefer des Aaleniums bilden eine sehr mächtige und monotone Serie. Sie sind häufig dunkel, grauschwarz patiniert, manchmal auch mit Glimmer durchzogen und daher silbrig glänzend. Ihre Beschaffenheit ist schiefrig bis blättrig, jedoch praktisch nie plättchenförmig. Sie sind so weich, dass man sie von Hand zerbrechen kann. Freiliegend verwittern sie sehr leicht und haben zahlreiche Erdrutsche verursacht, den grössten bei Produit/Montagnon in der Gemeinde von Leytron. Diese „weichen“ und relativ schieferreichen Gelände können sich leicht mit Wasser voll saugen (siehe Bild 10).

Die morphologische Ähnlichkeit der Rebhänge am Ufer der Morge, der Sionne und der Lienne ist auf diese Art Schiefer zurückzuführen. Eine identische Konfiguration (schiefrige + oder tonige Unterschicht, stark abschüssiges Gelände und ein Bach, der den Hang an seiner Basis unterhöhlt) führt zu zahlreichen langsamen Erdrutschen, die sich praktisch auf das ganze Gelände verteilen.

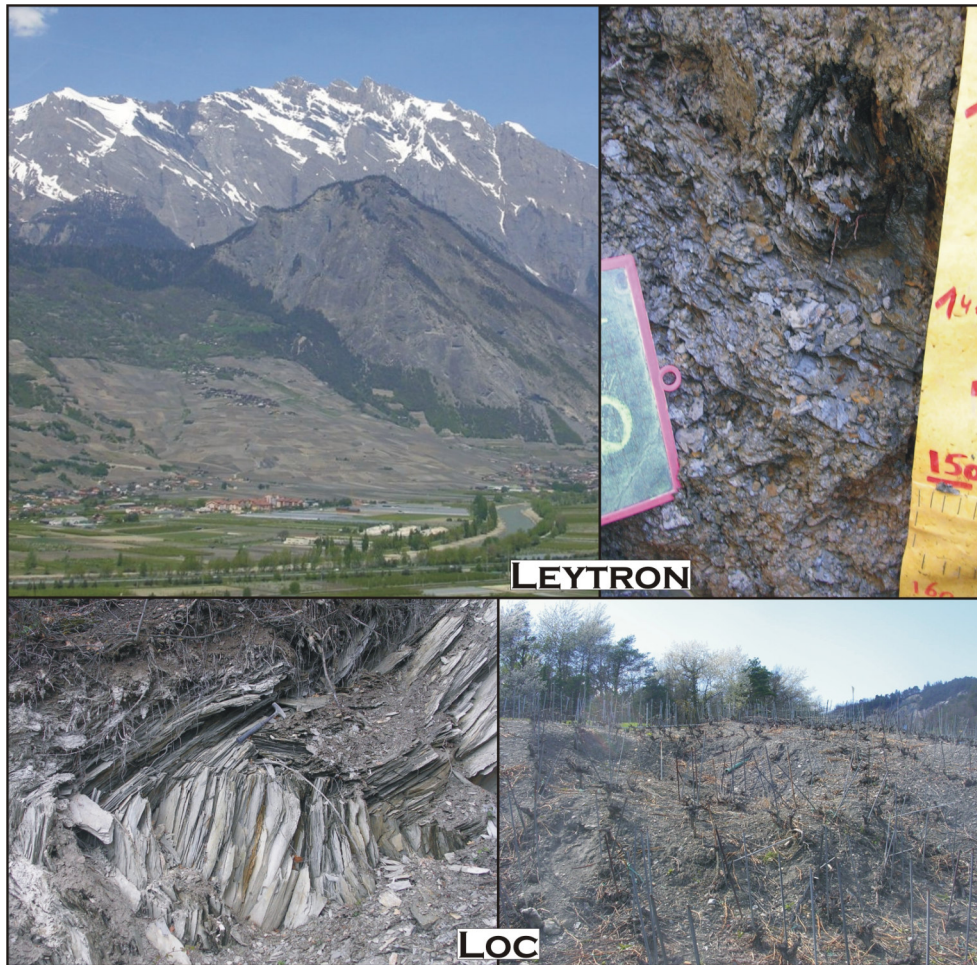


Bild 10 : Tonige Schiefer als Ursache von Erdrutschen

Die mergeligen Schiefer des Bajociums sind dunkelbraun mit rost- oder goldfarbenen Nuancen. Ihre rostfarbene Patina verrät die Präsenz von Eisenoxiden (siehe Bilder 11 und 12). Sie sind leicht kalkhaltig, im Gegensatz zu den sehr kalkarmen Böden des Aaleniums. Sie enthalten auch mehr Sandstein und weniger Ton. Ihre Schiefer- und Plättchenstruktur macht sie zudem widerstandsfähiger als diejenigen aus dem Aalenium.



Bild 11 : Rostgoldene Schiefer des Bajociums (Conthey)



Bild 12 : Rostgoldene Schiefer des Bajociums (Conthey)

c/ *Der Malm (-155 à -135 JM)*

Der Obere Jura ist fast ausschliesslich durch **Massivkalke** mit heller Patina und graublauer Färbung an der Bruchlinie vertreten. Diese feinkörnigen und kompakten Kalkgesteine stehen oft als prägnante Wände oder Schranken in der Landschaft. Sie haben der Erosion im Allgemeinen und dem Ansturm der Gletscher insbesondere besser Stand gehalten als die Schiefer, weshalb man oft vom Eis glatt polierte oder zu Höckern geformte Formationen antrifft. Örtlich befinden sich die Kalke im Anfangsstadium einer Marmorisierung (ganz leichte Metamorphose). Bei der Rekristallisation werden die Kalzitkörner grösser und der Fels ähnelt in seinem Aussehen einem Zuckerkristall.



Bild 13 : Massivkalke des Malms (Conthey)

Diese Kalkschichten sind oft so hart, dass sich darauf kein Boden entwickeln kann. Sie liefern nur regelmässig Nachschub für die Geröllhalden und haben so die Topografie gewisser Rebberge, wie etwa die Westseite von **Vétroz/Conthey**, rhythmisch gestaltet (siehe Bild 13).

2.2.2.3. Die Kreide (-135 à -65 JM)

Die Kreide ist in den Walliser Rebhalden kaum aufgeschlossen. Nur den ersten Teil der Unterkreide mit den **Schiefern** und **Kalken** des Berriasiums/Valanginiums kann man hier und dort ausmachen, etwa in den Sektoren von **Ardon**, **Varen** oder **Leuk**. Das so genannte „schiefrige“ Valanginium entspricht kleinen Bänken alternierender Schichten von dunklen Schiefern und Kalken. Es wird abgelöst vom „kalkigen“ Valanginium (siehe Bild 14) aus grauem, bioklastischem (Muschelfragmente enthaltend) und oft recht massivem Material.

Der Rest der Serie (Hauterivium, Barremium, Aptien,...) findet sich manchmal wieder in den auf grossen chaotischen Geröllhalden gepflanzten Rebbergen, wo man, wie in **Sierre**, solche metrischen Felsblöcke antrifft.



Bild 14 : Kreidekalke (Salgesch)

2.2.3. TERTIÄR (KÄNOZOIKUM - 65 BIS -2 JM)

Gewisse Gesteine mit Symbolcharakter datieren ungefähr aus dem Beginn des Tertiärs (oder sogar dem Ende der Kreide). Es sind dies die **Kalkschiefer des Wallischer Flyschs**. Diese von den Weinbauern „Brisés“ genannten Schiefer und Plättchen treten zwischen **Corin** und dem Kamm der Maladaires in **Châteauneuf** zutage, bevor sie unter das Rhonetal abtauchen, um in den Höhen von **Riddes** und **Saxon** wieder am Tageslicht zu erscheinen. Ihre senkrechten, schmalen, graubraunen, vom Gletscher glatt polierten Platten, auf welchen die Rebberge in Terrassen aus Trockenmauern bis in schwindelnde Höhen klettern, sind mit den Hügeln von **Sion** eines der frappantesten Wahrzeichen des Zentralwallis (Bsp. : Clavaux, Montorge, Tourbillon, nicht aber Valère!)

Flysche sind naturgemäss sehr heterogene Formationen, denn sie stammen aus sehr alten „Unterwasserlawinen“, die abwechselungsweise grobkörnige (sandsteinige) über sehr feinkörnige (tonige) Schichten ausgefällt haben. Ein geübtes Auge wird den Unterschied zu anderen Bruchgesteinen des Lias oder des Doggers leicht erkennen. Die Kalkschiefer aus der Region um Sion sind im Allgemeinen kalkhaltiger, härter und heterogener und mit einer charakteristischen Patina versehen (siehe Bilder 15, 16 und 17).



Bild 15 : Schieferung und Plättchen in wechselnder Reihenfolge



Bild 16 : Plättchenförmige Beschaffenheit



Bild 17 : Schieferartige Beschaffenheit

Materialart	Code	Härte	Beschaffenheit	Salzsäurereaktion	Farbe
Unbestimmter Kalk	40	hart		+ bis ++	
Hartkalke	42	sehr hart	Bänke	+ bis ++	graublau
Kalkschiefer (Flysch)	44	hart	Plättchen	+ bis ++	grau, rostrot
Schieferkalke (Lias)	46	hart	kleine Bänke	+ bis ++	dunkelgrau
Kalkige Schiefer	47	ziemlich hart	Plättchen	(+) bis +	grau, goldbraun
Kalkige Schiefer	48	ziemlich weich	Tafeln und Blätter	(+) bis +	grau, goldbraun, grauschwarz
Tonige Schiefer	49	weich	Blätter	(+) bis +	grauschwarz bis silbrig

Tabelle 04 : Übersicht der mit Kalk verbundenen Muttergesteine

2.2.4. DIE QUARTÄRFORMATIONEN -2 JM BIS GESTERN)

Die steilen, zerklüfteten Reliefs, die hohe Lage und die abwechslungsreiche lithologische Vergangenheit machen das Wallis zu einer wahren Fundgrube an **quartären Ablagerungen** (Moränen, fluviatile Gletscherablagerungen, Eisseeeablagerungen, Erdbeben, Wildbachläven, Löss, Alluvionen ...).

2.2.4.1. Die Hinterlassenschaften der Gletscher

Während der letzten Eiszeit, dem „Würm“, war der Kanton von einer fast einen Kilometer dicken Eiszunge überzogen, die erst vor etwa 15000, also praktisch gestern, den Rückzug antrat. Der Rhonegletscher spielt demzufolge eine zentrale Rolle:

- Durch die Abdrücke die er hinterliess indem er alte Böden abtrug und das Relief der Täler und Hänge neu modellierte (s. Bilder 18 und 19).



Bild 18 : Höckerfelsen talaufwärts von Argentière (Obersavoyen)



Bild 19 : Der monumentale Aletschgletscher

- Durch die Ablagerungen, die seinen Durchgang kennzeichnen: Moränen im engsten Sinne, aber auch Rückzugsablagerungen in den Schmelzwasserbächen und/oder Sande und Beckentone in den Seen. Reine Moräneformationen sind im Wallis seltener aufgeschlossen als man denkt, denn die steilen Hänge und die Höhe der sie umschliessenden Reliefs haben seit dem Gletscherrückzug grosse Erdbeben, Vermengungen, Geröldecken, Schlammströme und Auswurfkegel verursacht, unter welchen die Moränen zum Teil verschwinden.

Je nach Gesteinsarten und Reliefs, über die der Gletscher gewandert ist, hat er unterschiedlich gewirkt:

➤ Als Zuträger ziemlich mächtiger Ablagerungen: Der Einfluss des Unterbodens verschwindet, die in den Moränen enthaltenen Materialien treten in der Bodengestaltung gewichtig hervor, aber wie wir weiter unten sehen werden, wurden sie oft selber an der Oberfläche von noch jüngeren Formationen überdeckt.

➤ Als effizienter Hobel: In dem Falle bilden die alten Gesteine direkt das Ausgangsmaterial der Bodenserien. Wie weiter oben beschrieben, unterscheiden sich diese Gesteine von einer Walliser Gemeinde zur nächsten und von einem Flussufer zum anderen, und es werden vor allem **nie** dieselben sein wie in den Kantonen Waadt, Neuenburg oder Genf, denn die Gesteine sind hier sehr viel älter, vielfältiger und vor allem, durch die alpine Faltung viel stärker metamorphiert.

Das Studium der Glazialformationen ist eine sehr subtile und komplexe Arbeit, bei der Art und Zeitpunkt einer Ablagerung aufgrund des Vor- oder Rückschreitens eines Gletschers bestimmt werden. Es ist nicht immer einfach, den Verlauf einer Gletscherwanderung genau nachzuvollziehen und so eine Moräne dem richtigen Gletscher zuzuordnen.

Für die Bodenkunde ist es interessanter, und vor allem weniger aufwändig, die glazialen Materialien aufgrund der wichtigen Eigenschaften zu ordnen, die sie einem Boden vermitteln: Kalkgehalt, Feinkörnigkeit der Matrix, Skelettgehalt und -art, Kompaktheit.

Der Höhepunkt der letzten Eiszeit liegt 25000 bis 30000 Jahre zurück (siehe Abb. 10). Der Rhonegletscher hatte zu diesem Zeitpunkt das gesamte Schweizer Molassebecken, (entspricht dem heutigen Mittelland) bis zum Jura für sich in Anspruch genommen und dehnte sich sogar fast bis Lyon aus. Im Wallis ragten nur Gebirge von mehr als 2500m aus dieser riesigen Eisdecke hervor, die heute nur gerade noch den äussersten Zipfel des Goms im Oberwallis belegt.

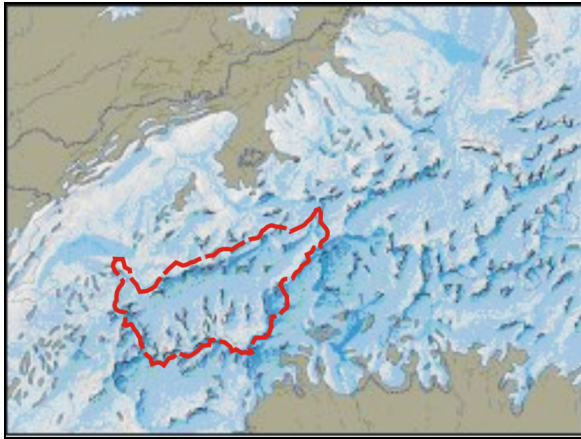


Abb. 10 : Die Schweiz unter Eis vor 25 000 Jahren)

Zahlreiche Findlinge zeugen von der beträchtlichen Ausdehnung des Eises. Die von diesem grossen Gletscher hinterlassenen Materialien werden als „**allgemeine Moräne**“ bezeichnet, bei den späteren, von Seitengletschern hinterlassenen Moränen spricht man von „**Lokalmoränen**“.

Die **Lokalmoränen** zeugen von einem erneuten, späteren (Maximum -15000) Vorstoss der Gletscher, welche die Rhonemoräne entsprechend ummodelten und neu überdeckten. Die Ausrichtung ihrer Wälle (Moränenkämme) unterscheidet sich jedoch von derjenigen der Ablagerungen der allgemeinen Moräne, die eher parallel zum Fluss verläuft. Die petrografische Zusammensetzung dieser Moränen variiert von Tal zu Tal und widerspiegelt das Speisebecken jedes Gletschers. Diese Unterschiede in der Beschaffenheit haben auch Auswirkungen auf die Böden:

- ✚ In den **Lokalmoränen** mit **kalkigen** Steinen auf der rechten Rhoneuferseite findet man häufig Kalkumverteilungen (Ummantelung der Steine, beginnende Zementierung). Hier kommt es also zu keiner Entkarbonisierung, sondern im Gegenteil zu **Kalkanhäufungen**, die aus klimatischen und hydrologischen Gründen die Oberhand gewinnen. Der Totalkalk übersteigt in der Feinerde oft 40%. **Auf der linken Rhoneuferseite**, insbesondere oberhalb Saxon, findet man auch Lokalmoränen mit überwiegend kalkigen Bestandteilen, aber auch etwas vielfältigeren kristallinen Komponenten mit ziemlich kalkiger Matrix und zahlreichen Formen karbonisierter Konkretionen.
- ✚ Bei den „**Mont Blanc-Moränen**“ talaufwärts nach den Rebbergen von Martigny dominieren hingegen die kristallinen Grobteile und der Kalkanteil ist auf den Hangterrassen verschwindend gering oder gar nicht vorhanden. Totalkalk in der Feinerde: von Spuren bis weniger als 15%.
- ✚ Auch die **Moränen** in den südlichen Seitentälern (**Val d'Hérens, Val de Réchy, Val d'Anniviers** und **Vispताल**) entstammen penninischen Formationen und sind offensichtlich von anderer Beschaffenheit: grünes Gestein, kalkige Matrix, oft stark durchsetzt mit weissen, mittelkalkigen Glimmerpailletten. Totalkalk in der Feinerde: von Spuren bis weniger als 25%.

Die Glazialformationen bestehen nicht nur aus kiesigen Moränen, auch ausschliesslich sandige findet man, Böden aus Fluss- und Glazialschotter, feinkörnige, glaziale Seensedimente mit mehr oder weniger Beckenton, aber auch stark verdichtete Grundmoränen (siehe Abb. 11).

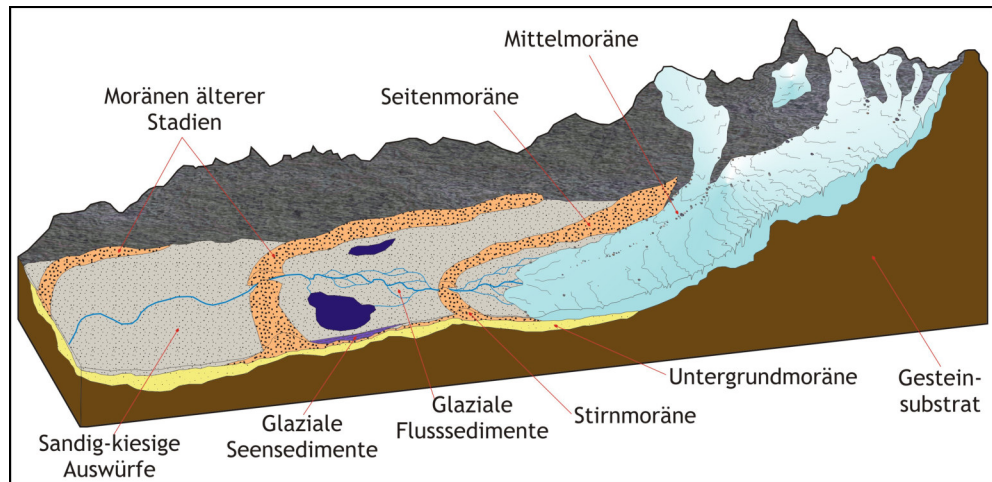


Abb. 11 : Die verschiedenen Arten von glazialen Ablagerungen

Die stark verdichteten **Grundmoränen** wurden im Laufe unserer Profilaufschlüsse ziemlich überall entdeckt. Oft waren sie verborgen und an der Oberfläche schwer erkennbar. Der Gletscher hat seine eigenen Feuchtsedimente zu richtigem Beton verknetet (siehe Bild 20). (Im Tiefbau verfährt man nicht anders. Auch hier werden die Tragschichten verdichtet).



Bild 20 : Muster einer Grundmoräne

Sie enthalten 10 bis 40% Grobteile, oft glatte, schwarze „Kalkerb- sen“, sind schluffig (sehr feine aber wenig blähfähige Teilchen), von beige- grauer Farbe und weisen einen totalen Kalkgehalt von nahezu 30% auf. Unter dem Eis gefangen und hohem Druck ausgesetzt (800 T/m^2) sind sie un- durchlässig, massiv, manchmal den Kompressionsflächen entlang von Rissen durchzogen (in schrägen Streifen verlaufende Unterbruchs- fächen) und sehr kompakt.

Die Wurzeln können nicht oder nur sehr schwer in dieses Material ein- dringen. Meistens scheinen sie ziemlich genau mit den von den Winzer als Betonböden bezeichneten Standorten überein zu stimmen, ausser in der Region von Sierre, wo diese „Betonböden“ einer stark kalkhaltigen Erdrutschformation ent- sprechen. Solche Grundmoränen sind gut vertreten auf den Hochebenen von Crans-Montana, Ayent, Grimsuat, Savièse, Conthey...und Lens (Valençon).

Die Stirn-, Seiten- und Mit- telmoränen (Ablationsmoränen) weisen normalerweise sehr kiesige aber tiefgründige Böden auf und präsentieren sich als lang gezogene, konvexe Wälle. Im Wallis geht die typische Steinigkeit solcher Moränen (Kugeln, Gemenge aus Kalk und/oder Granit- oder Gneisteilen, Findlinge) fast immer einher mit einer sandhaltigen Textur der Matrix und einem beträchtlichen Anteil an grobkörnigen und harten Sandkör- nern die „kratzen“, wenn man sie zwischen den Fingern reibt (siehe Bild 21).



Bild 21 : Böschung einer Seitenmoräne (St Léonard)

Im Wallis findet man keine Versäuerungen und nicht einmal eine erwähnenswerte Entkarbonisierung der Rhonemoräne (unzureichende Niederschläge) aber auch keine noch kalkreicheren Lokalmoränen auf dem rechten Flussufer.

Die mineralische Verwitterung ist weniger ausgeprägt als in den anderen Kantonen der Westschweiz und die Vertonung bleibt gering. Nur vereinzelte sehr lokale Moränen des „Mont Blanc“ bei Martigny oder in den Tälern des linken Flussufers, die von Anfang an sehr wenig karbonhaltig waren, weisen zum Teil neutrale oder leicht saure Böden auf.

Die noch sandigeren und kiesigeren Moränen aus glazialen Fluss- oder Wildbachgeschiebe sind an der Oberfläche schwer auszumachen. Mehrere im Verlauf der Studie ausgehobene Gräben haben sie zutage befördert, aber diese Profile sind oft zerkrümelt, weil das Material so locker und (mangels Feinerde) sehr porös war. Dieses von Gletscherschmelzwässern abgelagerte Material ist natürlich sehr steinig und eingebettet in eine spärlich vorhandene und grobkörnige Matrix. Horizonte mit erbsenförmigen Einschlüssen sind sichtbar (siehe Bild 22) oder Wechsellagerungen von grob- und feinkörnigen Sedimentbetten.

Auf den sehr wenig durchlässigen Grundmoränen aufliegend können diese Böden, wo das Infiltrationswasser zirkuliert, eine wichtige Drainagefunktion ausüben, wie etwa oberhalb von Conthey, bei St Sèverin.



Bild 22 : Ablagerungen eines Eisbaches

Zu vermerken sind ausserdem an mehreren Standorten (Chalais, Savièse, Veyras, Martigny) skelettfreie, rein **sandige** Formationen, **sandige Moränen** mit leichter Wechsellagerung, oder ehemalige kleine Seen die beim Rückzug der Gletscher durch die relative Bewegung der Seitengletscher gefangen waren. Wie alle Erstsedimente nach dem Rückzug der Gletscher sind auch diese Sande mehr oder weniger versteckt unter Felsstürzen und Erdrutschen neueren Datums.

Wir haben also die Glazialablagerungen (im weitesten Sinne) in acht Muttergesteinsarten eingeteilt: Die Reihenfolge der Codes gehorcht keiner Logik sondern wurde einfach von der Waadtländer Studie übernommen und die Codes wurden sukzessive so eingesetzt, wie die Gesteine im Feld angetroffen wurden.

Materialart (Tiefenhorizont = Muttergestein des Bodens)	Code	Grobteile	Verdichtung	Total-kalk in %	Aktiv- kalk in %
Kiesige Rhonemoräne	21	30-60%	locker (bis variabel)	20 bis 25	2 bis 7
Kristalline Lokalmoräne Mt Blanc oder linkes Rhoneufer	22	50 bis 70%	locker	0 bis 10	0
Sandige Moräne und sandige Ablagerungen von Eisseen	23	0-15%	variabel (manchmal Wechsellagerung)	5 bis 20	0 bis 7
Grundmoräne	24	<40%	stark verdichtet	30	5-10
Lokale Kalkmoräne	25	50 bis 70%	mittel, oft kalzitisiert	30 bis 50	7 bis 13
„Penninische“ Lokalmoräne mit grünem Gestein	26	30 bis 70%	variabel	<15	<2
Rückzugsmoräne und kiesige Ablagerungen von Eisbächen	27	60 bis 90% + grobkörnige Sande	locker	10 bis 35	2 bis 7
Wechsellagerungen in Eisseen	28	0	Horiz. Wechsellagerung	0 bis 10	0

Tabelle 05 : Uebersicht der Muttergesteine aus glazialen Ablagerungen

2.2.4.2. Die Löss



Bild 23 : Löss-Böschung (Leytron)

Löss (bedeutet locker, weich...) kommen in ziemlich weit verstreuten, jedoch sehr bemerkenswerten Ablagerungen vor. Es handelt sich um sehr feine, gut klassierte, vom Wind angetragene Sedimente (siehe Bild 23). Da, wo sie zutage treten, entsprechen sie der „Terre d’Adonis“ zwischen Charrat und Saxon, oft bleiben sie aber verborgen. In den kalten Perioden entstanden, sind sie das Werk der trockenen Winde. Im Wallis erfolgten die wichtigsten Ablagerungen wahrscheinlich vor Anbruch der Wärmeperiode um - 5000 Jahre. Die in der Luft suspendierten und über mehrere zehn Kilometer transportierten Feinpartikel werden von einer dichten Vegetationsdecke festgehalten, deren feine Wurzeln ein filigranes Netzwerk von sehr stabilen Poren bilden je mächtiger der sie überdeckende Boden wird. Sie sind gelb bis rostfarben und fühlen sich „weich“ an wegen ihrer Homogenität und ihrer Feinheit (Schluffkorngrösse 2-50 µm).

Diese Anhäufungen können in Senken bis zu zehn Meter Höhe erreichen und befinden sich am Aussenrand der ehemaligen Eiskappen. Daraus ist ersichtlich, dass in der Peripherie um den Gletscher subwüstenartige Konditionen herrschten, weil die vegetationsfreien Oberflächen nach dem Rückzug des Gletschers der erodierenden Wirkung der Winde ausgesetzt waren (siehe Abb.12).

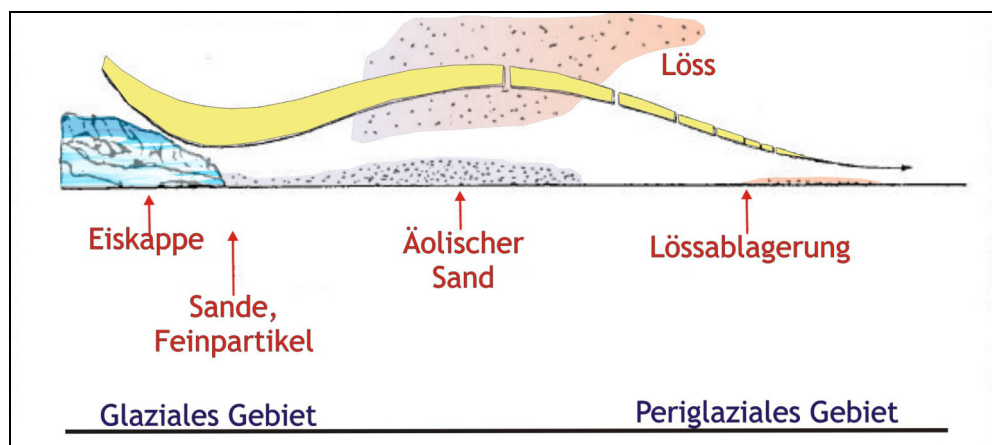


Abb. 12 : Die Entstehung von Lössablagerungen

(angepasst nach "Techniques de l'archéologie - Sols et prospections", S.Lewuillon und H. Halbout)

Diese Stufe ist oft unter einer Geröldecke von einem bis zwei Metern verborgen (siehe Bild 24), dann wieder tritt sie frei zutage, kann über zwei Meter mächtig sein und sich in den verschiedensten Lagen dem Untergrund anschmiegen (oft in Hangterrassen oder Bodeneinschnitten, manchmal aber auch auf ausgeprägten, konvexen Hanglagen). Häufig, und insbesondere in Senken, ist sie eingeschlossen in die Glazial- und Hangformationen, deren Textur dadurch verfeinert und reicher an Feinerde wird. Je weiter Löss transportiert worden sind, desto feiner und schluffiger sind sie, Lokallöss sind viel sandiger.

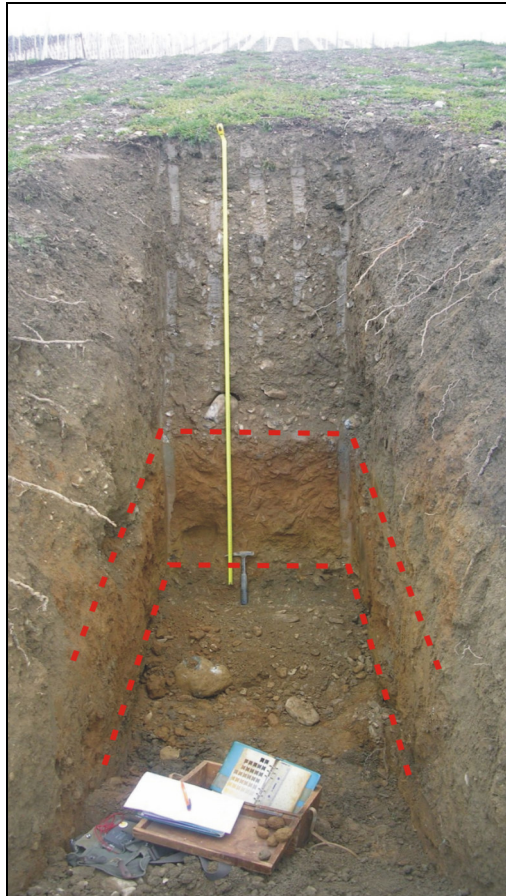


Bild 24 : Tiefenschicht aus reinem Löss

Bei 40 Profilen bestand das Muttergestein hauptsächlich aus Löss, bei nahezu fünfzig anderen war der Löss noch mehr oder weniger stark vertreten. Von einer rostfarbenen, klar definierten Schicht von über 40 cm bis hin zu kleinen diskreten Einschlüssen, die entweder klar abgegrenzt, oder total mit den umliegenden Schichten vermischt waren, haben wir alles gefunden. Das bedeutet, ungefähr ein Fünftel der im Rahmen der Walliser Studie aufgeschlossenen Profile war merklich von Lössen beeinflusst. Dieser Prozentsatz entspricht nicht den wahrhaftig vorhandenen Flächen: Die Löss ziehen Löffeltiefbagger, und vor allem Schaufeln, geradezu magisch an!

Aus anderen klimatischen Gründen werden die Böden auch heute noch mit „Saharastaub“ bedudert, welcher übrigens die natürliche Säure von Regen und Gletscherwasser neutralisiert.

Seit es den Ackerbau gibt, das heisst seit über 5000 Jahren, sind die Ackerbau betreibenden Völker oft im Gefolge der Lössablagerungen gewandert. Auch bei den Walliser Bauern ist fraglich, ob sie die Mühsal auf sich genommen hätten, so hoch nur schwer zugängliche Parzellen zu bewirtschaften, wenn sie nicht dort diese wunderbar weiche Erde gefunden hätten, welche am Fuss der Hänge so sehr fehlte.

2.2.4.3. Bergstürze, Absenkungen, Erdbeben

Wegen seines stark zerklüfteten Reliefs hat das Wallis seit Menschengedenken zahlreiche **Bergstürze** erlebt. Dabei können jedes Mal mehrere Zehnmillionen Kubikmeter Material bewegt werden. Verursacht werden diese Bergstürze von weichen oder sehr bröckeligen Böden, seismischen Erschütterungen oder sogar abrupten Wetterumschwüngen. Die Neige des Geländes, das auf beiden Seiten des Rhonetals stark abschüssig ist, hat auch zu dieser Instabilität beigetragen.

Vor ungefähr 10 000 Jahren, als die Gletscher schmolzen und die steil abfallenden Felswände im Rhonetal aus dem Gleichgewicht brachten, gehörten Felsstürze gewissermassen zur Tagesordnung. Oft breiteten sie sich über mehrere Kilometer aus und versperrten das Tal (Felsstürze des Bois de Finges oberhalb der Gemeinden von Sierre und Salgesch, siehe Bild 25).

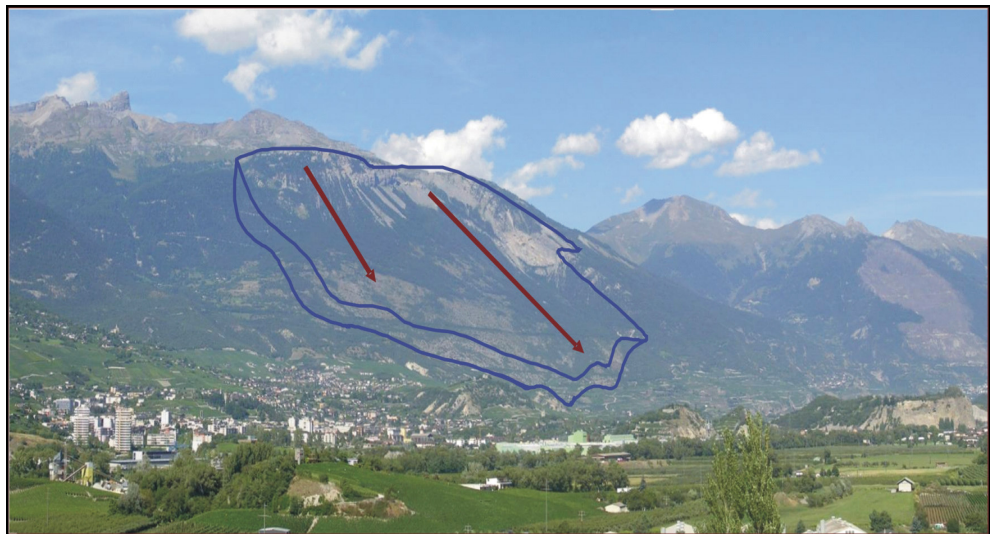


Bild 25 : Felssturz von Sierre, Skizze der abgestürzten Platte

Die so „umorganisierten“ Materialien bilden neue Muttergesteine

Materialart (Tiefenhorizont = Muttergestein des Bodens)	Code	Grobkörnige Teile	Verdichtung	Totalkalk %	Aktivkalk %
Sehr skelettreicher Felssturz	17	50 bis 95%	mittel bis stark verdichtet	60 bis 98	4 bis 15
Skelettreicher Felssturz (Leuk)	15	40 bis 60%	mittel bis stark verdichtet	50 bis 70	4 bis 15
Skelettreicher Felssturz	14	40 bis 60%	mittel bis stark verdichtet	60 bis 98	4 bis 15
Skelettarmer Felssturz	11	20 bis 40%	verdichtet bis unterschiedlich	50 bis 80	15 bis 20

Tabelle 06 : Übersicht der aus Bergstürzen entstandenen Muttergesteine

Noch heute sind Felsabbrüche und Bergstürze nichts Ungewöhnliches, besonders in den oberen Tälern. Aber diese sind trotz ihrer Heftigkeit nur ein schwaches Abbild dessen, was sich im Anschluss an die Würmeiszeit abspielte.

Die Walliser Hänge sind auch langsamen Setz- und Gleitbewegungen ausgesetzt. Die **Setzungen** sind zwar schwer erkennbar, aber wegen ihres Ausmasses

doch ein ernstzunehmender Faktor. Da die dadurch entstehenden Verformungen sehr langsam vor sich gehen, wurde das Phänomen lange Zeit ignoriert.

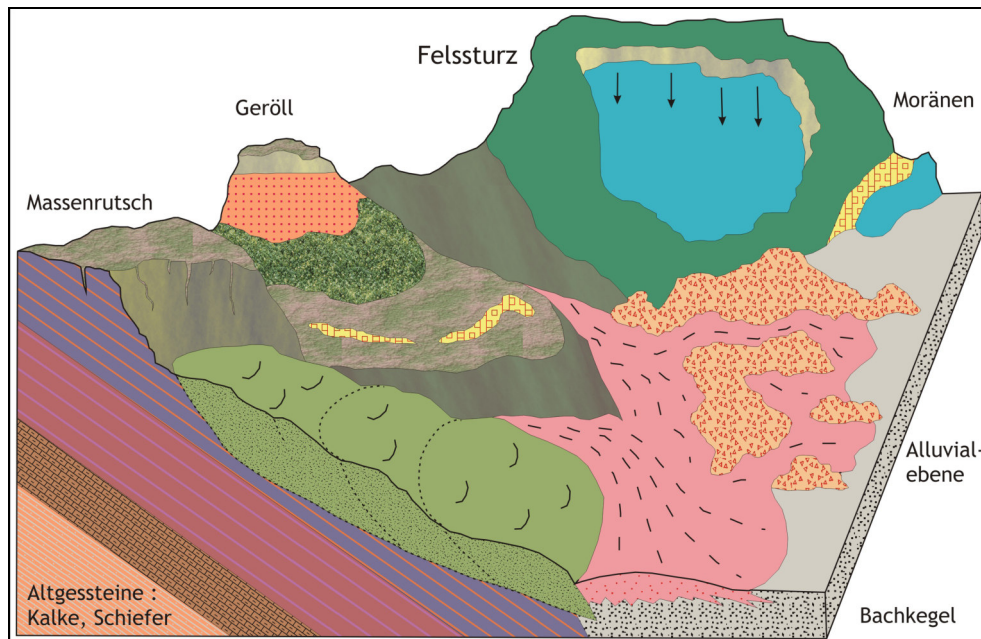
Dabei bilden solche Massensetzungen praktisch die Regel an den Steilhängen und betreffen das Gestein auf mächtigen Schichten. Am meisten neigen Schwarzschieferformationen (Kohleschiefer), schluffiger Mergel (Aalenium) und Gipse (Trias) zu solchen Setzbewegungen. Letztere lösen sich auf und dadurch entstehen unterirdische Hohlräume, Dolinen oder richtige Einbrüche an der Erdoberfläche.

Gewisse Senkungen können auch **Erdbeben** begünstigen. Solche kommen öfter in den stärker metamorphisierten (Mineralienumwandlung) penninischen Schichten mit zahlreichen Glimmereinschlüssen vor.

Doch bei zwei der grössten Erdbeben des Kantons (Produit/Montagnon und Boup) bestand das Ausgangsmaterial aus schiefrigem Mergel des Aaleniums oder triasischen Gipsen (Helvetikum). Die mechanische und chemische Einwirkung des Wassers in wenig durchlässigen (schiefrige Mergel) oder löslichen Böden (Evaporite) bringt solche Verformungen hervor.

Wie bereits erwähnt wird die Instabilität noch erhöht durch das im Allgemeinen stark abfallende Gelände. Es kommt somit leicht zu Wasserinfiltrationen und Schichtablösungen.

Die Bewegungen können sich auf mehreren Ebenen auswirken: tiefgründig oder nur an der Oberfläche (siehe Abb. 13).



*Abb. 13 : Schematisches Blockdiagramm: Die wichtigsten Oberflächenformationen
(entspricht ziemlich genau der Gegend von Sierre)*

Von Bächen mitgerissene **Schlamm-** und **Lavaströme** sind heutzutage im Rhonetal eher selten wegen den geringen Niederschlägen (selten heftige Gewitter) und den Bachverbauungen. Aber in der Vergangenheit haben diese Phänomene sicher stark bei der morphologischen Ausprägung der heutigen Rebhänge mitgewirkt.

Die Gemenge von Blöcken und Kies, verbunden mit einer zähflüssigen Masse (Wasser + Feinsedimente) sammeln sich im Bachbett an. Die grosse Dichte solcher Ströme, die in hohem Tempo daher fließen, macht sie zu einer zerstörerischen Kraft, die Steine, Bäume und alles andere auf ihrem Weg mitreisst. Wenn der Strom dann zu stehen kommt, trocknet der Schlamm oder die Lava und erstarrt zu einer mehr oder weniger kompakten Masse (zum Beispiel der Schlammstrom, der im Oktober 2000 bei Fully niederging).

2.2.4.4. Geröllhalden und Auswurfkegel

Auch das stetige Abwechseln von Frost und Tauwetter zermürbt die Felsen mit der Zeit, wenn auch auf weniger abrupte Art, und so erhalten die Geröllhalden immer wieder Nachschub.

Auch in solches Rohgeröll dringen die Wurzeln ziemlich tief ein und es ist deshalb wichtig, die Grobteile aufgrund ihrer Häufigkeit und Art zu klassieren. Normalerweise handelt es sich hier nur um lose und bemerkenswert skelettreiche Oberflächenformationen. Folgende Zahlencodes wurden zu ihrer Taxierung definiert:

61: Mittel skeletthaltige Formationen im unteren Teil von Hängen und Auswurfkegeln, mit dominanter Kalkkomponente.

Steinigkeits 30% bis 60%, Totalkalk der Feinerde unterschiedlich (durchschnittlich 30%), Textur oft etwas feiner als die der darüber gelegenen Hänge.

62: Auswurfkegel aus kalkhaltigem Kies auf regelmässigen, schwach bis mittel geneigten Hängen (Bsp.: Charrat) der, von einer engen Mündung ausgehend, in breite Fächer ausläuft.

Steinigkeits 50% bis 90%, Totalkalk 30 bis 60% (Durchschnitt 40%), leichte bis mittelschwere Feinerde (normalerweise wenige grobkörnige Sande, ausser in der Nähe der Bachmündungen).

63: Geröllschürzen und -schleier mit stark vorherrschender Kalkkomponente auf kurzen, ausgeprägten Hanglagen (oft fast 60%) unter abschüssigen Böschungen (sehr gross, 30 Meter Höhe und mehr, oder durchschnittlich, 20 bis 30 Meter).

Steinigkeits mehr als 60%, Totalkalk mehr als 30% (durchschnittlich 45%)

64: Komplexes Geröll, an der Oberfläche Steingemenge aus abgerundetem/geschliffenem Moränematerial und kantigen Kalken. Beim Aufschluss eines Profils stellt man sehr häufig fest, dass der Grund eher moränisch und sandig ist, während an der Oberfläche eher die kantigen Geröllteile überwiegen. Schiebt sich ausserdem noch eine Lössschicht dazwischen, so hat man es mit der „Walliser Trilogie“ zu tun, auf die wir noch zu sprechen kommen (siehe Abb. 14).

Wenn die gerundeten Teile von Kalzit ummantelt sind (weissliche Kruste aus Feinkristallen, manchmal nur einseitig), so deutet das oft auf eine beginnende Kalkzementierung im moränischen Tiefenhorizont hin.

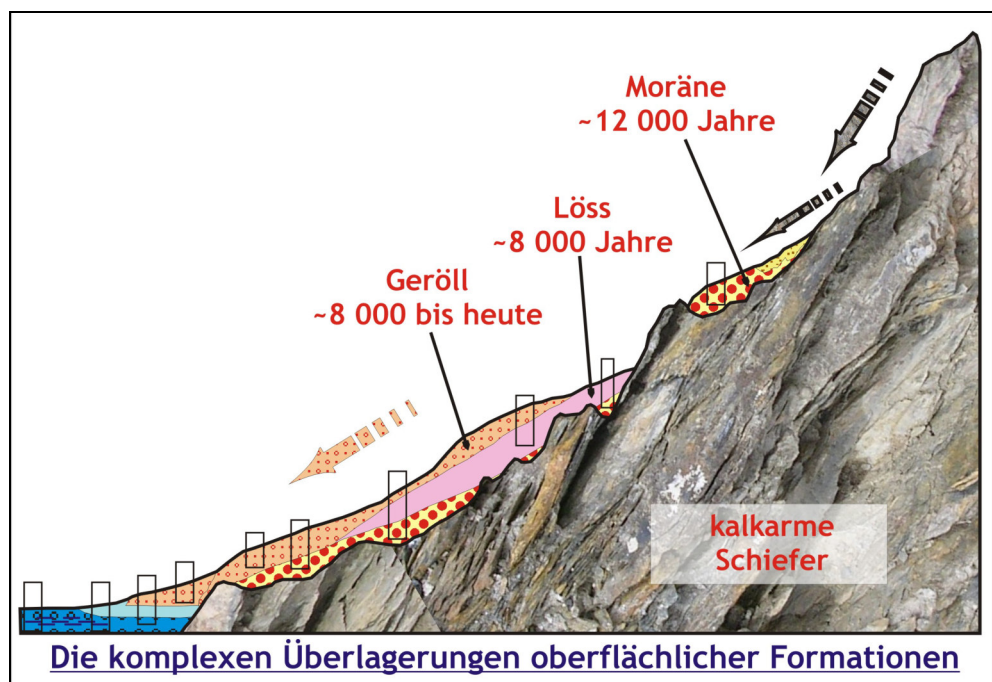


Abb. 14 : Beispiel überlagerter Quartärformationen jüngerer Datums

65: Geröllgemenge mit einem durchschnittlich tieferen Kalkgehalt (15% an der Oberfläche, 20% tiefgründig) als demjenigen einer 64er-Formation: Schluffgut aus Moränen, kantige Kristallingesteine, kantige Kalkgesteine. Gleiche Bemerkung wie oben hinsichtlich der kalkigen Verkrustungen um die Steine, sie werden jedoch seltener, sobald die kalkigen Steine im Vergleich zu den anderen in der Minderzahl sind.

66: Gleich wie 61, jedoch aus hauptsächlich kristallinem Geröll (etwas feinere Textur, am Hangfuss oder in Einschnitten gelegen, weniger skeletthaltig).

Steinigkeits von 30% bis 60%, Totalkalk 0 bis 18% max. (bei unseren Untersuchungen durchschnittlich weniger als 10%)

67: Wie 62 und 63, jedoch kristallines Geröll.

Steinigkeits mehr als 50%, Totalkalk 0 bis 7% (mit einer erwähnten Ausnahme), sandig-schluffige Feinerde mit feinen Glimmerplättchen.

68: Freier Code, reserviert für Geröllhalden oder -kegel aus kalkarmen Felsen in Platten oder Plättchen (oft dunkel und sehr schiefrig).

69: Schluffige Kegel auf Hängen mit 10 bis 20% Neigung, nur Tiefenhorizonte skeletthaltig (Bsp.: recht kalkig bei Chamoson/Leytron, das Gegenteil zu Riddes).

[88]: Kies- und sandreiche, jedoch nur sanft geneigte, von Wildbächen deponierte Kegel erhalten einen Code der Kategorie **[8]**, denn sie bilden den Übergang zu den Alluvionen aus der nahen Vergangenheit.

Die Auswurfkegel sind besonders zahlreich und spektakulär. Ihre Grobteile sind mehr geschliffen, ja sogar gerundet, als diejenigen des Gerölls und die feinkörnigen Elemente anders verteilt, denn sie wurden vom Wasser im Flüssigzustand transportiert. Diese Ablagerungen von Wildbächen befinden sich an mehr oder minder engen Schluchtmündungen (Flaschenhälsen). Weiter talaufwärts sammeln die Aufnahmetrichter das meteoritische Wasser (siehe Abb. 15).

In der Ebene, bei abnehmendem Gefälle, verlangsamen die Wildbäche ihren Lauf, und die Sedimente (Erosionsprodukte), die sie mit sich führen, setzen sich. Diese Ablagerungen können von sehr unterschiedlichem Ausmass sein: die grössten (Chamoson, Illgraben) erreichen 400 bis 500 ha, die bescheidensten nur einige ha.

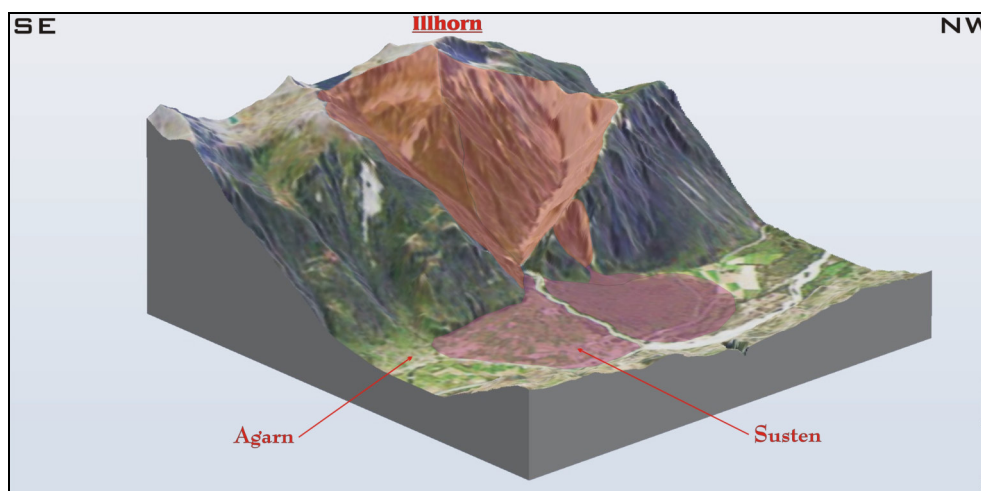


Abb. 15 : Auswurfkegel des Illgrabens

(angepasst nach dem Atlas der Schweiz 2.0, mit freundlicher Genehmigung von swisstopo (BA071066))

Auch in der Körnung und der Mineralogie unterscheiden sich die Kegel. Je nach Herkunft sind sie zum Beispiel eher steinig oder schluffig. Im selben Kegel

durchdringen sich sogar feine und grobe Sedimentschichten gegenseitig, je nachdem, wo bei der Mündung der Bach gerade austrat.

Ausserdem stellt man fest, dass um die Mündung herum der Boden immer eher kiesig-sandig ist, wegen der viel stärkeren Auswaschung. Ebenso nimmt die Korngrösse talabwärts immer mehr ab, denn Kies und grobkörniger Sand werden eher abgelagert als die feinen Partikel, welche sich weiter unten anhäufen. Deshalb sind die Kegel am Fusse eines Hanges (jedenfalls theoretisch) schluffiger. Es können sich zudem am Übergang zur Alluvialebene auch Anschwemmungen bilden.

Solche bemerkenswert regelmässigen Schwemmfächer dehnen sich beidseits des Tales in der **Alluvialebene** der Rhone aus. Diese Anschwemmungen sind derart mächtig, dass sie zum Teil sogar den Flusslauf umgeleitet haben.

Materialart (Tiefenhorizont = Muttergestein des Bodens)	Code	Grobteile	Art der Steine	Totalkalk %	Aktivkalk %	Ton %
Löss.	60	0		0 à 20		8 à 20
Mittelmässig skeletthaltiger Boden	61	30-50%	alles Kalke oder dominierend, alle Formen	20 bis 45	2 bis 7	10 bis 25
Stark skeletthaltiger Kegel	62	50 bis 70%	alles Kalke oder dominierend, kantig	30 bis 5%	4 bis 10	10 bis 20
Geröllhänge	63	60 bis 80%	alles Kalke, kantig	30 bis 60	3 bis 10	5 bis 15
Trilogiehang mit Kalksteindominanz	64	40 bis 70%	kantig auf gerundet (+Löss)	15 bis 40 auf bis 60	3 bis 10	variabel
Geröllhänge gemischt oder mit Trilogie	65	40 bis 60%	Kalk- und Kristallingesteine, eher kantig	10 bis 20 auf 15 bis 40	0 bis 8	10 bis 18
Mittelmässig skeletthaltiges Sediment	66	30 bis 70%	alles kristallin, kantig	<15	<2	10 bis 15 + Glimmer
Geröllhänge aus Kristallingestein	67	60 bis 90%	alles kristallin, kantig	<10	<2	5 bis 10 + Glimmer
Besonderes Geröll	68	50 bis 70%	flachkantig	5 bis 30	2 bis 5	8 bis 15 + Glimmer
Manchmal nicht skeletthaltige Kegel	69	0 bis 20% auf 0 bis 80% Tiefe		0 bis 55	0 bis 12	12 bis 30
Bachkegel, fast flach	88	70 bis 90%	rund geschliffen,	0 bis 50	0 bis 5	2 bis 10

Tabelle 07 : Übersicht der Muttergesteine aus Geröll und postglazialen Ablagerungen

2.2.4.5. Die Alluvionen der Rhone

An gewissen Stellen sind diese Alluvionen wahrhaft monumental. Einige Bohrungen, insbesondere bei Martigny, haben bis auf 1000 Meter Tiefe glaziale und fluviale Ablagerungen zutage gefördert, die Subschicht befindet sich demzufolge unter Meereshöhe.

Obwohl völlig plan sind sie doch von grosser Heterogenität aufgrund von drei Faktoren, nämlich:

- der Granulometrie: innerhalb weniger Meter einer Bachmündung kann man den Übergang beobachten von reinem Kies ohne Feinerde zu grauen bis buntfarbenen, skelettfreien Schluffen. Aber auch schwarze, schluffige Einschaltungen aus einstigen Mooren sind möglich;
- der Grundwassertiefe am Ende des Frühlings, die von einigen Dezimetern bis zu mehreren Metern variieren kann;
- den Verbauungen und sonstigen Meliorationen im Zusammenhang mit den Rhonekorrekturen der Jahre 1863-1894 und 1930 bis 60.

„Glück und zugleich Fluch des Wallis war die Tatsache, dass sich die Rhone vielerorts, besonders im Ober- und im Mittelwallis, vielfach verzweigte und sich verschiedene Betten grub, so dass weite Alluvialflächen entstanden, die sich manchmal fast über das ganze Tal ausdehnten, wie das um 1840 bei Sion noch der Fall war (Dufour-Karte, Swisstopo, 2003)... Aber bald schon trat die Rhone wieder über die Ufer, so dass zwischen 1930 und 1960 eine weitere Korrektur erfolgte.“

2.2.4.6. Die Kolluvionen

„Unsere“ **Kolluvionen** schliesslich findet man nur am Fusse von Hängen, in konkaven Zonen und auf einigen breiten, stabilen Hangterrassen. Es sind dies gravitierende Ansammlungen der feinsten und fruchtbarsten Partikel, welche aus den Hängen über ihnen erodiert werden.

Materialart	Code	Steinigkeit
Schluffige Alluvionen	81	0%
Sandige Alluvionen	82	0%
Kiesige Alluvionen	83	30 bis 60% oder 0/>60%
Stark kiesige All. der Rhone	84	>60%
Flache Bachkegel	87	>70%
Feinkörnige Kolluvionen	91	0 bis 20%
Sandige Kolluvionen	92	0 bis 20%
Kiesige Kolluvionen	93	15 bis 40%
Aufschüttungen	99	--

Tabelle 08 : Übersicht der Alluvial- und Kolluvialmuttergesteine

2.2.5. HISTORISCHE UMGESTALTUNGEN

Die in diesem Kapitel beschriebenen Eingriffe sind verschiedenartiger Natur. Die Terrassen sind das Wahrzeichen von Terroirs in Hanglagen. Aber auch die Landwirtschaft hat zum Schutz und zur besseren Nutzung zu baulichen Massnahmen gegriffen, welche die natürlichen Terroirs komplett verändert haben. Es steht uns nicht zu, hier das eine oder andere Extrem zu werten.

2.2.5.1. Einfluss der Winzer auf den Boden

Es ist unmöglich, den Einfluss der Winzer auf die Bodenformationen zu ignorieren, zu sehr haben sie den Boden für Ihre Zwecke umgestaltet. Die Bewässerungs- und Anbaumethoden haben sich über die Jahre stark verändert. Früher erfolgte die Bewässerung der Reben über die Schwerkraft (Rieseln). Später wurden viele Wildbäche zugedeckt oder umgeleitet.

In den sehr steilen Hängen baute man immer mehr „Terrassen“, bestehend aus Trockensteinmauern, die auf den anstehenden Felskämmen verankert wurden und bis zum Hang hin mit Erde aufgefüllt wurden.

Die Reben trotzen so den Felsen den Platz ab (siehe Bild 26). Auf den Hangterrassen oder den weniger steilen Hängen, welche durch ein modernes Strassennetz erschlossen worden sind, trennen kleinere, allerdings im Verschwinden begriffene Mauern, die Parzellen ab.



Bild 26 : Den Felsen abgewonnene Terrassen (Clavaux)

Die urbar gemachten Flächen sind klein, die Bearbeitung umso intensiver (Abtragen der grossen Steine, Zerkleinern der anderen, Kompost- und Torfgaben...). Dank den heute verfügbaren mechanischen Hilfsmitteln wurde ausgiebig terrassiert, nivelliert, und grosse Mengen an Erd- und Kieswerk zugeführt. Das alles natürlich immer in Abhängigkeit von der Zugänglichkeit, der Steilheit, den verfügbaren Steinen und den vorhandenen menschlichen und finanziellen Ressourcen. Das Problem ist dabei, dass Umgestaltungen wie das Auffüllen von Konkavitäten und das Abtragen von Buckeln die Bodenkontraste noch verstärken, anstatt sie abzuschwächen. Die Böden in den Mulden werden noch mächtiger und die auf den Kreten noch dünner, so dass eine neue Heterogenität entsteht.

Tiefgreifende Ummodelungen wurden auch vorgenommen als Frostschutzmassnahme. Tatsächlich leiden einige Parzellen in topographischen Senken oder Ebenen unter dem winterlichen Frost. Die kalte Luft fliesst den Hängen entlang hinunter und bleibt schon in geringen Vertiefungen liegen. Rebgelände, welche zu oft solch widerlichen Bedingungen ausgesetzt sind, werden zum Teil mit

verschiedensten Materialien aufgefüllt, um eine leichte Hanglage zu erzielen, auf welcher die kalte Luft besser abziehen kann (siehe Bild 27).

All diese Eingriffe verwischen die ursprünglichen Spuren des „Terroirs“ und erschweren die Arbeit des Kartografen natürlich erheblich.



Bild 27 : Massive Zufuhr von Aufschüttungsmaterial auf einer erfrorenen Rebparzelle (Sion)

2.2.5.2. Verschiedene im Wallis anzutreffende Verbauungsarbeiten

In starken Hanglagen mit einer Neige von mehr als 40%, zahlreichen Felskuppen und extrem steinig Böden werden aus den flachen, „leicht“ zu stapelnden Steinen traditionsgemäss Trockensteinmauern errichtet und im gesunden Fels verankert als Stütze für schmale Terrassen, die manchmal höher sind als breit. Talseitig sind die Aufschüttungen über 2,50 Meter hoch und auch hangseitig erreichen sie wegen der starken Neige der vorhandenen Felsbänke meistens mehr als 1,50 Meter (siehe Abb. 16).

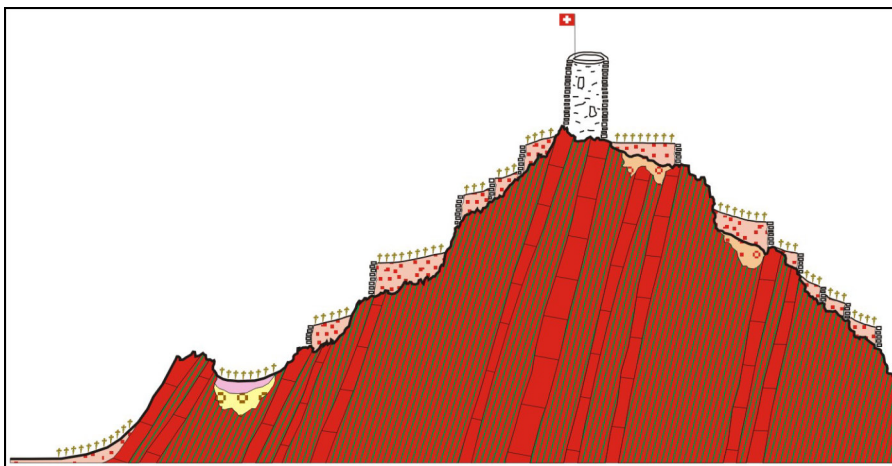


Abb. 16 : Schematische Darstellung der auf Felskuppen errichteten Trockensteinterrassen (Typ 'Clavaux')

Es wird so im Vergleich zum Urzustand eine gewisse Homogenität der Böden wieder hergestellt. Der talseitig an die Mauer anliegende Teil ist oft eher trocken, obwohl der Boden hier tiefer ist (die Mauer wirkt in den tieferen Zonen des Bodens wie eine Drainage). Da die Böden normalerweise über die ganze Tiefe steinig und sehr durchlässig sind, entsteht mit einigen unglücklichen Ausnahmefällen kein Übergewicht.

Aber Achtung: Es wurde ziemlich häufig beobachtet, dass Plattengeröll skelettfreie, vermehrt Wasser stauende Lössschichten überlagert und diese wiederum liegen auf oft sehr kompakten, kalkspathaltigen Moränen, oder noch schlimmer, deutlich weniger durchlässigen Grundmoränen.

In stark abschüssigem Gelände mit gerundeten, auch an der Oberfläche sichtbaren Moränesteinen, sind die Mauern gezwungenermassen mit Mörtel befestigt und mit anderswo entnommenen Plattensteinen stabilisiert. Sie haben eine kürzere Lebensdauer, weil keine anstehenden Felsen vorhanden sind, auf denen man sie verankern könnte (ausser man findet ein kompaktes Material vor wie die berühmte „Betonerde“ oder eine Grundmoräne). Auf wenig durchlässigen Materialien wie eben zum Beispiel einer Grundmoräne besteht eine Übergewichtsgefahr falls der Boden zu tief, oder hangseitig nicht ausreichend dräniert ist. Oberhalb von Savièse wurden jedoch grosse, mittelsteile Hänge aus Grundmoräne mit schweren Baumaschinen auf die richtige Tiefe gebracht.

Auf sehr steilen, skelettarmen Hängen heben wahre Künstler im Umgang mit dem Tieflöffelbagger seit einigen Jahren auch mauerlose Bänke aus, indem sie dem Verlauf der Niveaulinien folgen. Beim auswärtigen Beobachter rufen solche Konstruktionen grosses Erstaunen hervor, besonders wenn er (oder sie) aus einer mediterranen Gegend stammt, wo man mit sintflutartigen Niederschlägen rechnen muss. Natürlich müssen solche Terrassen aus Gründen der Stabilität perfekt ausgelotet und ebenso perfekt dräniert sein.

Auf den gut erschlossenen Hangterrassen und mässig steilen (weniger als 30%) Hängen mit mauerlosen, der Niveaulinie folgenden Bänken, haben Nivellierungen, Schürfungen, massive Erd- und Kieszufuhren das ursprüngliche „Gesicht“ des Terroirs oft fast bis zur Unkenntlichkeit verändert.

Wie bereits erwähnt können die Produktionskosten nach einmal erfolgter Investition erheblich gesenkt werden. Dafür entsteht manchmal eine neue Heterogenität, denn das Auffüllen von Konkavitäten und das Abgleichen von Wällen und Konvexitäten verstärkt die Bodenkontraste natürlich noch, anstatt sie abzuschwächen. Hangterrassen sind davon mehr betroffen als Abhänge, weil sie leichter zugänglich sind, deshalb auch die zunehmend ausgeprägten Unterschiede zwischen „alten, traditionellen“ und modernisierten Weinbergen (siehe Bild 28).



Bild 28 : Vollkommene Umgestaltung eines Rebbergs (Miège)

In den buckligen, feuchten Hängen mit wenig Felsen gibt es immer wieder Erdrutsche, obwohl man versucht hat, sie mit künstlichen Betonmauern zu stabilisieren. Nur eine gute (mit grossen Investitionen verbundene) Dränage kann mit etwas Glück einen Erdrutsch grösseren Ausmasses verhindern, oder wenigstens hinauszögern.

2.2.6. BEWÄSSERUNG GESTERN UND HEUTE

Es ist nicht unsere Absicht, für oder gegen die Bewässerung Stellung zu beziehen. Tatsache ist jedoch:

1 Sie hat die Böden ein wenig verändert.

Am Fuss, in sehr hoch gelegenen Zonen und auf den Hangterrassen (im Walliser Sinne: von 0 bis 20-30%!) waren einst die Böden hauptsächlich von Weiden bewachsen, die über Suonen (Wasserleitungen) mit Hilfe der Schwerkraft bewässert wurden. Der Wasserstreifen, der diese Böden durchzog war also weit beträchtlicher und die biologische Aktivität anhaltender (Wurzelmasse, Erosionsschutz, sinkender pH-Wert und Auflösung von Karbonaten) : Die Böden sind oft ein bisschen weniger kalkig und reicher an organischem Material (lockerer, dunkler und schluffiger, weniger erodiert).

Suonen, die aus dunklen, tonigen Schiefern entsprungenen Wildbächen gespeist wurden, führten ein reich befruchtetes Wasser mit sich. Mit der Zeit bildeten sich schluffige Anhäufungen, die sehr wahrscheinlich zur Qualitätsverbesserung in die nahe gelegenen Böden eingebracht wurden.

2 Die heutigen Bewässerungsmethoden haben zu vielen Diskussionen Anlass gegeben. Man kann die Problematik wie folgt zusammenfassen:

Wir haben Böden mit Speicherkapazitäten von 30 bis 350mm gefunden. Die Spannweite ist also sehr gross, aber nicht ungewöhnlich, verglichen mit den Weinbergen anderswo auf der Welt. Wir verweisen auf die Grafik mit dem Überblick über die Wasserspeicher (siehe Teil 4.5.).

Im Allgemeinen, wenn unsere Berechnungen und unsere Beobachtungen Wasserspeicher oder Bodenmächtigkeiten von über 120mm ergaben, mit einer Durchwurzelungstiefe von mehr als 80cm, haben die Winzer bestätigt, dass man in den meisten Jahren ohne Bewässerung auskommt (nur gerade Neupflanzungen müssen mit ein wenig Wasser versorgt werden, oder in sehr trockenen Jahren wie 2003). Bei ungefähr 40% der Reben scheinen solche Bedingungen zu herrschen, wobei der Entscheid für oder gegen Bewässerung wohl auch sehr von den Ertragserwartungen abhängt.

Bei mehr als 150-170mm Speichervermögen und einer vernünftigen Produktion kann man praktisch jedes Jahr ohne Bewässerung auskommen und logischerweise noch mehr, wenn das Speichervermögen 180-200mm übersteigt, da reicht es sogar für begrünte Anlagen. Mehr als ein Drittel der untersuchten Böden fielen in diese Kategorie.

Bei ungefähr einem Fünftel bis einem Viertel der Bodenflächen scheint die Wasserreserve unter 70-80mm zu liegen, was natürlich sehr wenig ist (siehe Bild 29). Geht diese Bruttozahl einher mit einer mittelmässigen oder schwachen Durchwurzelungstiefe, so kann das Gleichgewicht zwischen Niederschlagsmenge/Behang/Boden nur bei sehr geringem Ertrag erreicht werden (200 bis 300g pro m²) und es besteht die Gefahr eines frühen und intensiven Wassermangels, was bekanntlich vielen weissen Rebsorten, beispielweise Fendant und Sauvignon, nicht behagt. Die Bewässerung ist deshalb aus wirtschaftlichen und manchmal auch aus Qualitätsgründen erforderlich.

Das Problem ist, dass in den meisten Konfigurationen die wirklich homogenen Einheiten klein und von unpraktischer Form sind, weil oft von der Topografie diktiert: lang gezogene Mulden sind eingezwängt zwischen Erhöhungen aus Fels, „Betonboden“ oder kompakten Moränen, die in schmale Grate auslaufen.



Bild 29 : Bewässerung von Böden mit geringer Speicherkapazität (Clavaux)











2.3. EINFLUSS DER GEOLOGIE AUF DIE WALLISER BÖDEN

Die Jugendlichkeit der Böden - die ältesten stammen aus der Zeit nach dem Rückzug des Gletscher der letzten Eiszeit und sind nicht einmal 10000 Jahre alt - ist ein Hauptmerkmal dieser Terroirs. Diese noch kurze Entwicklungsgeschichte erklärt, weshalb nur die Oberflächenformationen oder sehr schiefrige Materialien urbare Böden abgeben. Normalerweise unterscheidet sich ein Boden mit zunehmendem Alter immer mehr vom Muttergestein. Bei über 500 000 Jahren, einem durchaus geläufigen Alter in Regionen, die nie eine Eiszeit durchgemacht haben, sind diese Unterschiede sogar oft erheblich. Im Wallis ist das überhaupt nicht der Fall, eine oberflächliche Entkarbonatisierung der Filtrier- und Kalkmaterialien ist noch kaum spürbar, nicht einmal auf den Hangterrassen.

Die ganze Kartierungslogik rührt also aus der Klassifizierung der Muttergesteine her, deren sehr wenig veränderte Materialien mehr als die Hälfte des Durchwurzelungsvolumens in Anspruch nehmen.

2.3.1. ZEHN GROSSE FAMILIEN VON MUTTERGESTEINEN

Die Muttergesteine der Rebböden im Wallis können in zehn einfache, grosse Familien unterteilt werden; chronologisch vom ältesten bis zum jüngsten geordnet findet man folgende Ausgangsmaterialien:

-  **J** Die sehr vielfältigen Urgesteine (Sockel und Trias)
-  **I** Die weichen, kalkarmen Schiefer
-  **H** Die Kalkschiefer und harte kalkige Schiefer
-  **G** Die kompakten Grundmoränen
-  **F** Die stark kiesigen Seitenmoränen oder glaziales Wildbachgeschiebe
-  **E** Die grossen hyperkalkigen und sehr kiesigen Bergstürze
-  **D** Die Löss
-  **C** Die durch Schwerkraft entstandenen Geröllhalden
-  **B** Die Alluvionen und Kolluvionen jungen Datums
-  **A** Die ganz von Menschenhand eingebrachten Kiesaufschüttungen

Wie wir gesehen haben sind die Abgrenzungen zwischen diesen 10 Dominanten verwischt, da die Materialien A bis G alle vorhergehenden überlagern können (Bsp. : **A** / **C** / **E** / **F** / **G** im selben Profil), wir werden jedoch von diesem Raster ausgehen um jede Gemeinde nach folgendem Schema vorstellen: Zuerst die einfachen Einflüsse, danach die Überlagerungen oder Gemenge.

Es wurden also gut fünfzig Muttergesteine ausgemacht (siehe 1.2.1.1., S. 11). Aufgrund dieses geologischen Gerippes können viele Bodenarten unterschieden werden, da jedes Muttergestein je nach seiner topografischen Lage differenziert angesprochen werden kann: Kalkgehalt, Mächtigkeiten, Vermengungen oder Überlagerung anderer Muttergesteine, usw. ...

Einige dieser Böden mit unterschiedlichen Codes weisen schlussendlich sehr ähnliche land- und rebwirtschaftliche Charakteristiken auf. Diese können in einer nächsten Etappe nach selbstverständlich immer vereinfachenden Schemata zusammengefasst werden. Es scheint uns jedoch wichtig, die Verkettung „**Muttergestein/Entwicklung/Mächtigkeit**“ beizubehalten, welche am besten die ur-eigenen Charakteristiken eines Terroirs ausdrückt und nicht von vornherein gewisse möglichen subtilen Einflüsse auf den Wein ausschliesst, welche der Präsenz gewisser Mineralien zugeschrieben werden können. So haben **statistisch** gesehen noch lange nicht alle Böden die von Kalkgesteinen oder Schiefern abstammen [42 bis 49] denselben Totalkalkgehalt, ja nicht einmal dieselbe KAK_{Mf} ; die verschiedenen Moränen weisen auch nicht alle dieselbe mineralogische Zusammensetzung auf, usw. ...

2.3.2. EIN BESONDERES KAK-TON-VERHÄLTNIS

Ein Vergleich des Verhältnisses von Tonprozenten und Kationenaustauschkapazität in den drei bereits untersuchten Westschweizer Kantonen hat indirekt gezeigt, dass man sich nicht auf die von ihrer Geologie losgelösten Ergebnisse von Bodenanalysen verlassen kann, was die Wichtigkeit von kantonalen Interpretationen unterstreicht (siehe Abb. 17).

Das T-/KAK-Verhältnis wird vom Genfersee aufwärts immer normaler und korrelierter, während im Wallis ein geringer (nur 17%) und wenig erklärbarer Zusammenhang besteht. Was bedeutet das? Dass die Böden eben noch weniger weit entwickelt sind und dass die Beschaffenheit der weniger umgewandelten Skelettfractionen, besonders im Wallis, ebenso wichtig ist wie das so genannte Plasma (sehr feine Bodenfraktionen $<2\mu$). Die Sande sind aktiver und die „Tone“ weniger aktiv als angenommen. Es sind keine echten Tongesteine (im Sinne von Illit oder Montmorillonit), sondern oft **inaktive Mineralstaube**, Überbleibsel aus vom Gletscher zermalmtem Kalkgestein oder Kieselerde, was beim Kneten sehr gut spürbar ist, denn es besteht selten eine echte Plastizität (die Wurst rollt sich auf).

Hingegen bestehen die Sande oft aus Glimmer oder dünnblättrigen, ziemlich brüchigen aber noch nicht zerstörten Mineralien (Jugendlichkeit der Hangformationen, geringe Niederschläge und fehlender Transport, sowie Auswaschen durch das Wasser). Diese Walliser Sande, deren Anwesenheit direkt verbunden ist mit den geologischen Begebenheiten, die wir ausführlich besprochen haben, sind natürlich viel aktiver als Quarzkügelchen.

Die untenstehende Grafik zeigt einen Vergleich der Durchschnittswerte für organisches Material, Ton und KAK in den drei Kantonen, die erhebliche Unterschiede aufweisen.

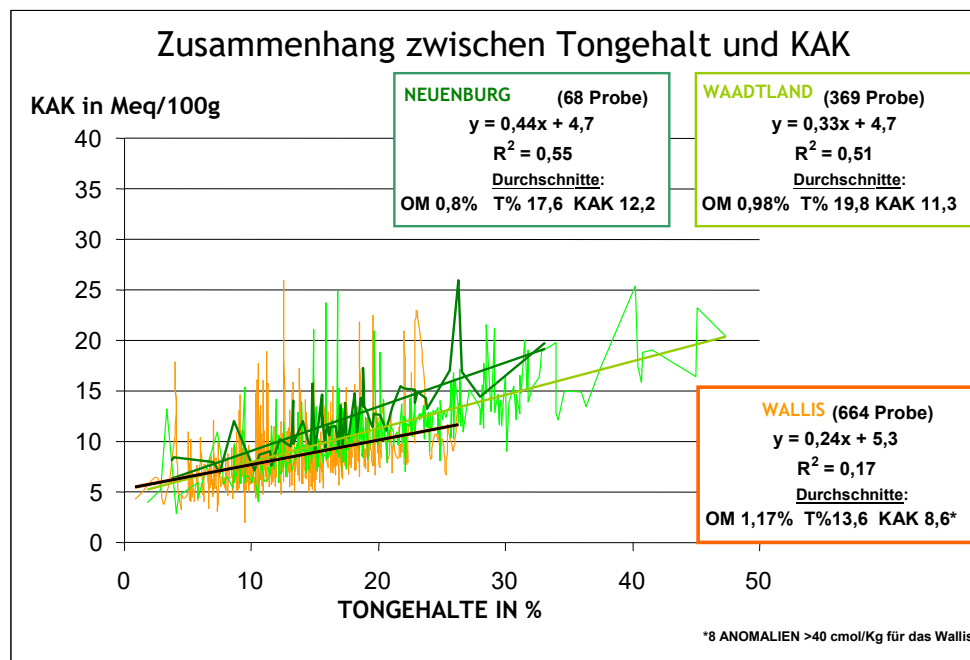


Abb. 17 : Ton- /KAK-Verhältnis

Man muss also für das Wallis eine Pedologie der „Jugend“ und der Schieferung erfinden und nicht davor zurückschrecken, anderweitig altbewährte Prinzipien über den Haufen zu werfen.

2.3.3. SEHR UNTERSCHIEDLICHE WASSERSPEICHER

Mehr als 80% der Profile sind weit mächtiger als ein Meter, ihre Wasserspeicherkapazität kann aber bei gleicher Mächtigkeit sehr stark variieren: für die Rebe nutzbare Feldkapazitäten (nFK) von 40 bis 350 mm wurden pro Rebstock gemessen. Diese Unterschiede erklären sich sehr oft aufgrund der geologischen Beschaffenheit der Oberfläche. Die **durchschnittlich** nutzbare Feldkapazität **der Profile**, berechnet aufgrund der beobachteten Durchwurzelungstiefe, beläuft sich auf 177mm. Die Hälfte der beobachteten Profile weist jedoch bei den Wurzeln eine nFK von weniger als 150mm auf (Medianwert). Da in den felsigen Zonen verhältnismässig weniger Profile erstellt wurden, muss man diese Zahlen mit jenen aus dem Oberflächenüberblick in Verbindung bringen (siehe Kapitel 4.5.), welche uns fürs Wallis insgesamt einen **Durchschnitt von 149 mm** ergeben.

Die geringsten nFK entsprechen logischerweise den 3 folgenden Situationen:

- wenig mächtige Böden, vor allem aus Grundmoränen und Kämmen der Felsstürze („Betonerde“) von konvexen Hängen (noch verstärkt bei hyperkalkigen Bedingungen)
- mächtige Böden, aber extrem sand- und kieshaltig, entstanden aus Bachgeschiebe und Geröll
- mittel oder wenig mächtige **und** skelettreiche Böden (Böden aus oder auf Schieferfels).

Ein Gleichgewicht zwischen Wasserangebot und -nachfrage ist in den verschiedensten Situationen feststellbar, was darauf schliessen lässt, dass die gewählten Anbaumethoden eine grosse Rolle spielen (Anpassung des Behangs an die Blattmasse, der Blattmasse an den Boden, Pflanzenwahl, usw. ...), **insbesondere, da nutzbare Feldkapazität nicht gleichbedeutend ist mit Wasserspeicher, vor allem im Wallis, wo es öfter als alle zwei Jahre weniger als 547 mm regnet (Medianwert über 140 Jahre in Sion)**. Die vorhersehbaren Klimawandlungen und auch die anderen werden momentan von allen zuständigen Organismen in der Schweiz genauestens verfolgt.

Die Auffüllmengen in den Tiefen dieser Wasserspeicher korrelieren zudem mit der Analyse der „Winterjahrgänge“ :

Ziemlich mächtige Böden mit wenig Staukapazität werden ihren kleinen Speicher jeden Winter auffüllen, denn Winter mit weniger als 100 bis 150 mm Niederschläge, sind äusserst selten. Solche Böden werden sowieso sehr oft bewässert.

Böden mit einer mittleren Staukapazität von 120 bis 150mm die nicht bewässert werden, müssen sich optimal wieder auffüllen können und wenn die äusseren Faktoren nicht dementsprechend sind, kann es zu Mangelerscheinungen kommen: Oberflächenporosität geschlossen (Frost, Verdichtung), ungenügender Schutz gegen Austrocknung durch den Föhn (Platten-/Kies- oder Schnittholzmulch) und bei geringen winterlichen Niederschlägen.

Die Wiederaufstockung der Wasserreserven in Böden mit grosser Staukapazität >200mm, ohne laterale Versorgung, ist auch abhängig von den Winterjahrgängen und der Öffnung der Oberflächenporosität, aber da sie mehr Spielraum besitzen, kann nur ein Problem entstehen, wenn auf einen niederschlagsarmen Winter auch noch ein sehr trockener Frühling folgt. Normalerweise ist es sogar so, dass ein trockener Winter die Qualität der Produkte eher steigert.

Die Böden in konkaven Zonen erhalten normalerweise laterale unterirdische Wasserzufuhr, die sie vom Winterjahrgang unabhängig macht, ausser, wenn ein Winter aussergewöhnlich trocken ist und kein Schnee fällt.

Ab dieser grossen Komplexität darf das Wichtigste nicht vergessen werden, nämlich: Auf den meisten Böden können mit den richtigen Anbaumethoden Qualitätsweine produziert werden. Nimmt man einen genügend kleinen Massstab, erklären die in schmale Streifen zerlegten geologischen Strukturen des Wallis, weshalb von einer zur nächsten Gemeinde zum Teil so erhebliche Unterschiede auftreten können. Auf kantonaler Ebene hingegen wird man viele für diese Weinberge typische gemeinsame Nenner entdecken.

Hier ist es noch unmöglicher als anderswo, Feinregulierungen durch Zwang zu erreichen, die Rolle der Weinbauern ist wichtiger denn je und ihre Ausbildung und persönliche Sensibilisierung auf diese Sichtweise unerlässlich. Das Engagement der Walliser Weinbauern, ihre Neugier, ihre natürliche Experimentierfreude vollbringen auf diesem Gebiet Wunder.

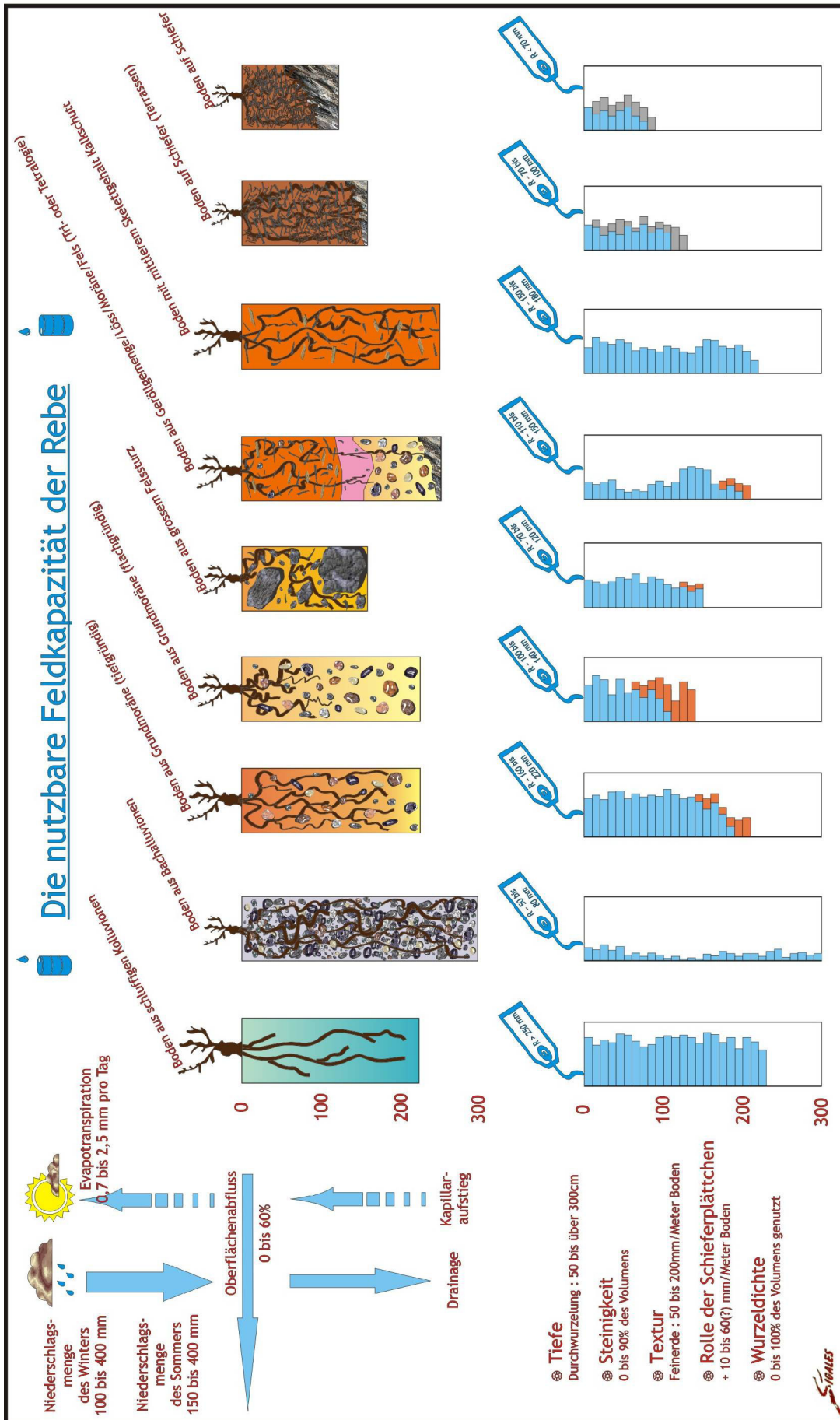


Abb. 18 : Die nutzbare Feldkapazität der Rebe

3 - PEDOLOGISCHE ASPEKTE

Wir versuchen, die technischen Ausdrücke auf ein Minimum zu beschränken zur einfacheren Verständigung unter Weinbauern und Fachleuten in den verschiedenen Gemeinden oder Regionen.

Trotzdem bleibt ein Hauptanliegen der Studie die Erarbeitung einer einheitlichen Nomenklatur für die "Bodensprache". Deshalb müssen gewisse Ausdrücke präzisiert werden, um jedes Missverständnis auszuschalten, wenn von Schluff, Mergel oder Sandstein die Rede ist. In den folgenden Kapiteln gehen wir näher ein auf Begriffe wie die Bodenentstehung, die Textur, das Gefüge, die Tone und die Muttergesteine.

3.1. ALLGEMEINE AUFFRISCHUNG

Die ISO-Norm 11074 definiert den Boden wie folgt: „*Oberste Schicht der Erdkruste, bestehend aus Mineralpartikeln, organischem Material, Wasser, Luft und Organismen. Die Bodenfunktionen sind: Kontrolle der Zyklen von Elementen und Energie als Bestandteil des Ökosystems; Ernährung von Pflanzen, Tieren und Menschen; Standort für Bauten und Wohnhäuser; Agrarproduktion; Rückhaltung von Wasser und Ablagerungen; Aufbau einer genetischen Reserve; Erhalt als Gedächtnis der Geschichte und der Natur; Schutz als archäologisches und paläoökologisches Archiv.*

Der Boden ist also die Haut unseres Planeten, die Grenze zwischen dem Rohfels (den die Geologie untersucht, und welcher in der Schweiz bekannt ist durch die geologischen Karten des Geologischen Atlas, herausgegeben vom nationalen hydrologisch-geologischen Dienst) und der Atmosphäre.

Der Boden besteht im Allgemeinen aus übereinander geschichteten **Horizonten** die zusammen ein (in einem **Graben** sichtbares) **Profil** ergeben. Während sich für den Agronomen der Boden meist auf die mit ackerbaulichen Geräten bearbeitbaren L-Horizonte beschränkt, braucht es für die rebbauliche Bodenkunde sehr viel tiefer gegrabene Profile als normalerweise in anderen landwirtschaftlichen Kulturen und es muss auch umgedacht werden: Ein Skelettgehalt von 30% zum Beispiel entspricht im Rebbau einer mässigen Steinigkeit.

Dies ist ein Umfeld, wo sich Pflanzenwurzeln gerne breit machen. Zwischen diesem komplexen Milieu und seiner Umwelt besteht ein manchmal gefährdetes Gleichgewicht. Es ist entstanden in einer mehrere Jahrtausende währenden Entwicklung:

- unter einer natürlichen Vegetationsdecke, welche es physisch zerbröckelt durch die Wurzeln und es mit organischem Material versorgt. Dieses wird unter Einwirkung von Mikroflora und Mikrofauna (biologische Aktivität) zu dem für die oberen Bodenhorizonte charakteristischen Humus abgebaut, dessen Mineralisierung in natürlichen Böden für die Pflanzen die wichtigste stickstoffhaltige Nahrungsquelle darstellt.
- und unter dem Einfluss eines (oder mehrerer) Klimate, welche die Feuchtigkeitsbedingungen und Temperaturen bestimmen, unter denen sich die chemischen Reaktionen zwischen Mineralien, organischem Material und Wasser abspielen werden.

Die Bodenanalyse gibt scheinbar präzise Angaben über die Anzahl der vorhandenen Bestandteile und die Verfügbarkeit der von der Pflanze theoretisch nutzbaren Elemente. Die Zahlen sind so zahlreich, dass man versucht ist, sie statistisch zu nutzen. Aber in der Praxis können Zahlen aus den unterschiedlichsten Gründen die Beobachtung des vorhandenen Bodens als Globalsystem nicht ersetzen. Man darf sich nicht in Details oder zweitrangige Faktoren verbeissen, sondern muss den Wert der im Labor durch Vermahlen oder Vermischen mit mehr oder minder aggressiven Lösungen erhaltenen Ergebnisse relativieren und sie im

dreidimensionalen Zusammenhang der Parzelle sehen, bevor man sie zu Wort kommen lässt.

Im Wallis, mit seiner Unmenge an zerbrechlichen Plättchenformationen (im mm- oder cm-Massstab) oder Glimmer (ebenfalls Plättchen, jedoch diesmal im Mikronbereich, das heisst, ein Tausendstelmillimeter), ist diese Warnung besonders angebracht.

Die Rebe besitzt das bemerkenswerte Talent, alle durchdringbaren Schichten und Risse zu besiedeln, solange sie sie nicht erstickend sind. Die Besiedlung des Rohmaterials durch manchmal unglaubliche Mengen an dicken und stark verholzten Wurzeln bildet in der Tiefe ein besonderes Pedoklima mit einem biologischen Leben, das sich vermutlich hauptsächlich um mikroskopisch kleine Pilze dreht, unter anderem die Mykorrhizen. Die Geschwindigkeit, mit welcher sich an der Oberfläche ausgebrachte Schnittholzhäcksel zersetzen ist ein Gesundheitsindikator für einen Rebboden. Unter Kumulativeffekt kann man auch verstehen, dass ein gut verwalteter Rebboden über mehrere Generationen heranreift und so die üblicherweise einer intensiven Monokultur nach gesagten Probleme nur bei Fehlern oder Überproduktion auftreten. Das ist hier weniger der Fall als bei den meisten anderen europäischen Weinbaukulturen, weil hier ganz allgemein nicht nach dem höchsten Ertrag, sondern nach Qualität gestrebt wird.

Der Beitrag der Untergrundschichten ist demnach massgeblich am Reifeprozess der Trauben beteiligt, besonders in wenig toniger und sehr skeletthaltiger Umgebung, wie man sie im Wallis kennt.

So weiss man, dass auch ohne sichtbare Stressanzeichen an der Pflanze, physiologische Veränderungen einen starken, und je nach Kontext unterschiedlichen Einfluss auf die Qualität der Endprodukte haben können und dass diese Veränderungen erklärbar sind durch die verschiedenen Wasserversorgungssituationen im Boden.

Wenn die Wurzeln bis in den Fels selber vordringen (Kieshalde, Felsriss oder Mergelschichten...), muss dem in der Profilbeschreibung sorgfältig Rechnung getragen werden. Die landwirtschaftliche Bodenkunde der Oberbodenschichten bietet zwar gute Lösungen für die Einjahreskulturen und auch für Jungreben, der Rebbau ohne oder mit nur spärlicher Bewässerung spielt sich aber in den sehr viel tieferen und noch wenig veränderten Bodenschichten ab.

Wir kennen die Korrelation zwischen physiologischen Veränderungen, die direkt qualitätsbeeinflussend sein können und den sich verändernden Wasserstresssituationen im Boden über den ganzen Zyklus einer Rebe hinweg, schon lange vor der eigentlichen Reife (Wasserweg).

Die Kartierungsarbeit wird auch nicht dieselbe sein wie bei Forstleuten, da Wälder sich ja auf natürlichen Böden entwickeln, die an der Oberfläche mehr als 20% organisches Material aufweisen und der daraus entstehende Humus ganz andere Qualitäten und Eigenschaften besitzt.

Der Rebbauer kann die Unterschiede zwischen den Horizonten im Oberboden ausgleichen und „glätten“ (Abtragen der Steine, Nährstoffzugabe, Nivellierungen). Allerdings geht er selten tiefer als einen Meter (ausser in Ausnahmefällen ... und die sind im Wallis gar nicht so selten). Terrassierte Rebberge sind oft ein ziemlich künstliches und eher ungewöhnliches Konstrukt.

3.2. WICHTIGE BEGRIFFE

3.2.1. TEXTUR - BODENGEFÜGE

Ein Boden kann aufgrund seiner Zusammensetzung beschrieben werden:

- ✚ Korngrösse (Tone_{1. Bedeutung} (siehe 3.2.2), Sande, Schluffe, Grobteile)
- ✚ Beschaffenheit der Körner (organisches Material, Kalk, Quarz, Oxide, Tone_{2. Bedeutung}) (siehe 3.2.2)

Aber die Art, wie diese Bestandteile zusammengefügt sind, also das Bodengefüge, ist ebenso wichtig und nur beim frisch aufgeschlossenen Profil erkennbar. Was unter Gefüge zu verstehen ist, kann sehr gut bildlich dargestellt werden: Mit einer gleichen Menge von Trägern, Werksteinen, Bolzen und Zement kann man entweder einen sehr soliden Turm aus grossen Teilen bauen, oder einen sehr wackeligen aus winzigen Teilen, ja sogar einen kompakten Haufen ohne irgendwelche Zwischenräume.

Das organische Material, die (echten) Tone, die Eisen- und Kalziumoxide, die aktiven elektrisch geladenen Partikel, sind die Bolzen und Zemente, welche dem Boden sein Gefüge geben, ihn zusammenhalten und ihm seine Durchlässigkeit verleihen.

Die Bodenanalyse gibt Aufschluss über die Menge an Materialien und auch teilweise über deren Beschaffenheit. Sie kann jedoch die Beobachtung vor Ort nicht ersetzen. Umgekehrt geht aus der alleinigen Beobachtung vor Ort weder die Fruchtbarkeit eines Bodens hervor, noch zum Beispiel sein Gehalt an Aktivkalk.

Die Verhaltensweise eines Bodens (Rückhaltevermögen von Mineralsalzen und Wasser, Belüftung, Dränage, ...) kann teilweise aus der Kombination dieser beiden Wege entnommen werden.

G Einige Begriffserklärungen

Die **Textur** (oder Granulometrie) wird (im Feld) über den Tastsinn erfüllt, indem man den Anteil verschieden grosser Teile im Boden schätzt, ohne die chemische Beschaffenheit zu beachten.

Im Labor wird die „**granulometrische Untersuchung**“ an Feinerde vorgenommen, die bis zu Korngrössen von 2mm ausgesiebt wurde nach Zerstörung der Bindemittel (organisches Material...) und schonender Vermahlung oder Aussiebung der Kleinaggregate. Die Vermahlung ist eine sehr heikle Aufgabe, denn kleine, sehr tonige und trockene Krümel sind manchmal widerstandsfähiger als Kiese (Schiefer und brüchige Kalkmergel zum Beispiel). Granulometrische Analysen können vor oder nach der Zerstörung der Kalkfraktion vorgenommen werden, mit natürlich dementsprechend unterschiedlichen Ergebnissen.

Die Vermahlung ist auch besonders problematisch bei grosser Häufigkeit von bröckeligen Plättchen, wie das im Wallis typisch ist.

Wenn wir von Schluffen sprechen, meinen wir nicht unbedingt guten Schluff aus Flüssen, es können auch **Partikel** von 2 bis 50 Mikron oder μ sein (ein Millimeter enthält 1000 Mikron): Wir sprechen dann von den Silten nach Schweizer Definition. Herrschen sie vor, so ergibt das weiche Erden, die weder tonig (nicht plastisch und nicht blähend) noch sandig sind, jedoch leicht verdichten.

Nachdem der prozentuale Anteil der verschiedenen Korngrössen bekannt ist, kann man die Bodenprobe auf einer als rechtwinkliges Dreieck dargestellten Grafik (Tone senkrecht, Schluffe waagrecht, die Differenz ergibt die abzuziehenden Sande) nach ihrer Textur einordnen und untereinander vergleichen (S = Sand (Sable), LA = toniger Schluff (limon argileux), usw. ...). Die Fraktionen S, L und A (Sand, Schluff und Ton) sind also ganz und gar nicht gleichwertig.

Die Darstellung der GEPPA in Form eines rechtwinkligen Dreiecks (siehe Abb.02) und die dazugehörigen Initialen sind in diesem Bericht angewendet.

Obwohl aus der anteilmässigen Verteilung der Fraktionen Sand, Schluff/Silt und Ton schon einiges über die Verhaltensweise eines Bodens herausgelesen werden kann, ist es doch insbesondere im Wallis auch wichtig, die Silte, und noch viel mehr die Sande, in **grobe und feinkörnige** aufzuteilen. Bei einem grobkörnigen Sand (von 200 μ bis 2mm) ist die nutzbare Feldkapazität nur halb so gross wie bei einem feinkörnigen Sandboden (von 50 bis 200 μ). Grosse Mengen an Kies (2mm bis 5mm) oder sehr grosse Blöcke (>50cm), brüchige oder stark glimmerhaltige Plättchen aus Kies oder Kiessand **bedeuten immer Schwierigkeiten** bei der Korrelierung von ertasteter Bodenbeschaffenheit **im Feld** und tatsächlichen Analysewerten im **Labor**. Trotzdem liegt der Laborbefund nicht näher bei der funktionalen Realität des Bodens als eine gute Einschätzung im Feld durch das Handhaben mehrer Kilogramm Erde mit deren Steinen.

Die Körner, aus welchen ein untersuchter Boden besteht, können irgendwelcher Art sein (z.B. Mineralien wie Karbonate, Quarze, Schiefer, Tone ... oder Metalloxide). Steine, Kiese, Sande und grobkörnige Schluffe verhalten sich normalerweise aus chemischer Sicht eher passiv, sie bestimmen die rasche Wasserzirkulation im Boden, haben aber auch (vor allem die Schluffe und Feinsande) ein Wasserspeicherpotential (eher durch die Kapillarität um die Körner herum als durch die von ihnen geschaffenen, normalerweise zu grossen Hohlräume).

Auf schiefrigen Plättchen durchgeführte Messungen haben jedoch gezeigt dass sie im isolierten Zustand eine bemerkenswerte Kationenaufnahmefähigkeit besitzen. Demzufolge müssen durch die Bodenbearbeitung oder die Vorbereitung für Sprengungen beträchtliche Mengen an Mineralien freigesetzt werden.

Tone und zum Teil auch die feinen Schluffe (2 bis 20 μ) sind demgegenüber chemisch viel reaktiver und auch hydrologisch gesehen viel effizienter. Die feinsten Poren (kleiner als 30 Mikron), die einzigen, welche Wasser auf die Dauer zu stauen vermögen, können nur bei deren genügendem Vorhandensein im Boden existieren (zwischen 15 und 20% feine Schluffe und/oder Tone in einem sandigen Boden).

Und wieder wirft das Vorhandensein grosser Mengen an sehr feinen Plättchen alle „kugeligen“ Modelle über den Haufen: Da diese Plättchen zu gross sind, bleiben sie in der Sandfraktion hängen, sind aber auch sehr flach und schichten sich auf. Zwischen den Plättchen entstehen sehr feine Hohlräume, die sehr wahrscheinlich ziemlich viel Wasser stauen können. Am Grund von frisch aufgeschlossenen Profilen sieht man sehr gut, wie sie sich aufblähen und das Wasser aufnehmen. Eine in Changins durchgeführte Diplomarbeit (Raphaël GONZALES - FH Oenologie 02-05 - Juni 2006) hat gezeigt, dass schieferhaltiges Gestein sich bis zu 30% seines Eigengewichts mit Wasser sättigen kann. Das entspricht zwar nicht 30% nutzbarem Wasser, rechtfertigt aber auf jeden Fall die Anwendung eines positiven Korrekturfaktors bei der Schätzung der Wasserreserven (siehe Punkt 5.2.).

☐ Einige paradoxe Wortwahlen sind zu erwähnen:

Sandige Gefüge werden oft als „**grob**“ bezeichnet (der Sand ist im Vergleich zu Tonen „grob“), dabei sind sie „**leichter**“, das heisst, einfacher zu bearbeiten.

Die „**feinsten**“ Gefüge (tonig) sind auch die „**schwersten**“, weil mühsam zu bearbeiten.

3.2.1. DIE „TONE“

Tone ^{1. Bedeutung} : Partikelgrösse kleiner als 2 Mikron

Tone ^{2. Bedeutung} : blättrige Mineralien

Die Fraktion mit einer Partikelgrösse von weniger als 2 Mikron (1000 Mikron in einem Millimeter) ist sehr wichtig.

Diese Fraktion ist in starkem Masse ausschlaggebend für die Fruchtbarkeit des Bodens, seine Stabilität und die vorhandenen Wasserreserven. Sie weist andere Eigenschaften auf als gröbere Fraktionen, denn sie besteht normalerweise zu grossen Teilen aus "Ton_{2. Bedeutung}", einem ganz besonderen Mineral, dessen schiefriger Aufbau unter dem Elektronenmikroskop ersichtlich ist. Dieses Mineral kann sich in Berührung mit Wasser aufblähen, mineralsalzhaltige Kationen (K Kalium, Mg Magnesium, Ca Kalzium) zurückhalten und sie mit dem Bodenwasser (also auch mit den Wurzeln) austauschen, was die anderen Mineralien nicht können.

Auch gewisse Feinschluffe besitzen Bindevermögen, wenn sie mit dem Eisen im Humus einen Komplex bilden, jedoch ein viel geringeres, weil die Bindung nur an der Oberfläche von vollen und nicht von blättrigen Partikeln stattfindet.

Dieses Bindevermögen kann im Labor mittels KAK oder Kationenaustauschkapazität gut gemessen werden. Es ist dies die maximale Kationenmenge, die im Boden gebunden werden kann, sozusagen das Ausmass der „Speisekammer“ im Boden, wie man oft sagt.

Diese KAK kommt vor allem von den echten Tonen, vom Humus und, in viel geringerem Masse, von den Feinschluffen. Kennt man den Anteil an organischem Material, so kann man also ohne grossen Aufwand die ungefähre Qualität der Tone schätzen (KAK_{mf} für „KAK der Mineralfraktion“).

Aber noch einmal: Dieses ansonsten gut bewährte Schema kann im **Wallis** nicht verallgemeinernd verwendet werden. Viele Schluffe, und vom granulometrischen Standpunkt her sogar Sande, bestehen aus feinen Plättchen und weisen eine nicht unwesentliche Austauschfähigkeit aus (die KAK_{mf} „explodiert“), während viele sehr feine und demzufolge als „Tone“ klassierte Fraktionen keine echten Tone sind, sondern inaktive Mineralstaube (die KAK von gewissen „schweren“ Böden ist kaum besser als diejenige von sandigen Böden bei gleichem Anteil an organischem Material).

Diese beiden Gegensätze erklären die bereits erwähnte, sehr schlechte Korrelation zwischen Tonanteil und KAK im Wallis: **In weniger als 20% der Fälle kann ein KAK-Verhalten durch den vorhandenen Tonanteil erklärt werden.** Hingegen bestimmt die Feinheit der Partikel das Ausmass an Durchlässigkeit und die vom Bodengefüge abhängige Wasserspeicherkapazität (dieser von 0,5 bis 2 variierende Faktor ist sehr wichtig). Das erklärt auch, weshalb granulometrischen Messungen von so grossem Interesse sind.

Zur Erinnerung trotzdem noch einmal einige allgemeine Regeln:

- Eine Zusammensetzung von 33-33-33% für jede Fraktion ergibt schon einen sehr schweren Boden aus schluffig-sandigem Ton (Als) und nicht einen „ausgewogenen“ Boden.
- Bei 40% Ton geht alles andere unter: man spricht von einem tonigen Boden (A).
- Die Bezeichnung „tonig“ (z.B. sandig-tonig-schluffig Sal) erscheint in der Benennung einer Textur sobald der Tonanteil 10% übersteigt, was zeigt, von welcher qualitativ ausschlaggebenden Wichtigkeit diese Fraktion ist.

Die S-, L- und A-Fractionen (Sand, Schluff und Ton) sind demzufolge keineswegs gleichwertig und die Darstellung mit dem GEPPA-Dreieck einfacher und auch korrekter als diejenige mit Hilfe eines gleichseitigen Dreiecks, wo alle Frak-

tionen gleich gewichtet werden. Durch seine grosse chemisch-physikalische Aktivität **hat der Ton im Boden einen stark dominierenden Einfluss** auf das Wasserspeichervermögen, die Fruchtbarkeit und das mechanische Verhalten.

Wir haben bereits erwähnt, dass die granulometrische Fraktion "Ton <2 μ " nicht nur aus echten Tönen besteht. Dem ist noch hinzuzufügen, dass es mehrere Familien echter Tone gibt, die jedoch sehr unterschiedliche Eigenschaften aufweisen.

Einige sind wenig blähfähig und „mager“ wie Kaolinite (Töpfererden), oder gar nicht blähfähig wie Glimmergesteine, die keine eigentlichen Tone, sind sondern Schichtmineralien von sehr ähnlicher Struktur, die sich jedoch in der Fraktion <2 μ befinden können. Diese Partikel haben eine schwache Kationenaustauschkapazität (KAK).

Andere sind im Gegenteil selbst spaltend, mit sehr starker KAK, so etwa die in der Schwarzerde von alten, schlecht dränierten Zonen häufig anzutreffenden Montmorilloniten. Die Erklärung liegt in der Innenfläche der Tone: Sie ist bei den Kaoliniten sehr gering und kann bei sehr blähfähigen Tönen das Hundertfache betragen (800m²/g).

Da die hydrologischen Eigenschaften und das Bindungsvermögen von Kationen im Boden sehr eng mit diesen Toneigenschaften einhergehen, ist es normal, dass in **einer bestimmten Situation jedesmal** eine Verbindung besteht zwischen dieser Innenfläche und dem qualitativen Potential eines Terroirs. Die Verbindung ist jedoch komplex und hängt indirekt oft ganz einfach von den grossen Unterschieden an verfügbaren Wasservorräten ab (oben oder am Fusse eines Abhangs zum Beispiel), oder aber auch vom Rissbildungsvermögen, und das muss eben von Fall zu Fall abgeklärt werden.

Im Wallis dominieren Illiten und Vermikuliten, Kaoliniten als Verwitterungstone sind eher selten, ebenso Montmorilloniten, weil die in weiter entwickelten Böden auftreten.

Zu erwähnen sind noch die völligen „Ausreisser“ in Sachen KAK, die vorwiegend in Zonen nahe der Trias festgestellt wurden.

Als vom Gefüge her optimal zur Kultivierung gelten mancherorts Böden, die aus nahezu 25% Ton, 30-35% Schluffen und 40-45% Sanden bestehen, denn bei einem solchen Gemenge kommen alle typischen Vorteile jeder Bodenart zum Tragen, die Nachteile hingegen nicht. Solch optimale Bedingungen sind aber vorwiegend für Einjahreskulturen relevant, welche jedes Jahr erneut einen gut bearbeiteten Boden brauchen und ausreichende Wasserreserven in den obersten Bodenschichten, weil sie ja nur diese bis auf etwa 50 cm durchdringen. Die Rebe hingegen passt sich stark unterschiedlichen Bodentexturen an und die edelsten Tropfen gedeihen auf völlig unterschiedlich gearteten Böden.

3.2.3. DIE SCHLUFFE

Tonarme (weniger als 10-15% Ton) aber dafür an Schluff sehr reiche Böden können bei der Bearbeitung mit schweren Maschinen durch Oberflächenverdichtung zu Schaden kommen, denn ihr Gefüge kann nicht durch natürliche Spaltung spontan wieder hergestellt werden. Ein Porositätsverschluss als Folge der Verdichtung kann in Hanglagen das Tagwasserphänomen verstärken (das Wasser wird weniger effizient gelagert und es besteht eine Tendenz zur Erosion und „Ermüdung“ gewisser Böden in nicht integrierten Kulturen). Am stärksten verdichtungsgefährdet scheinen Böden zu sein bei gewissen granulometrischen Zusammensetzungen von tonarmen Gemengen, wo sich die Partikel ineinander verteilen (sandig-toniger Schluff, Lsa).

Der Wechsel von Frost und Tauwetter, der im Wallis intensiver stattfindet als in anderen Rebgebieten, bewirkt ein abwechselndes Aufblähen und Durchtränken des Bodens, welches die theoretische Verdichtungsgefahr weitgehend aufzuheben scheint, wenigstens bis in eine Tiefe von 40 bis 50 cm. Auch das Mul-

chen mit Schnittmaterial bringt den verdichtungsgefährdeten Böden die notwendige Geschmeidigkeit, wie auch aus den Beobachtungen der Winzer hervorgeht.

Hingegen sind in den Profilen noch viele Jahre nach der Bearbeitung mit schweren Maschinen auf Schluff (massive Einkiesungen, Erdzufuhr, grosse Umschichtungen) unterirdische Verdichtungen feststellbar, die gewisse Bewurzelungsschwierigkeiten erklären könnten.

Schliesslich wurden besonders auf dem linken Rhoneufer an der Oberfläche „blättrige“ Ministrukturen von einigen Zentimetern beobachtet. Dort gefrieren die Böden anhaltender und fester. Sie können nicht innert kürzester Zeit wieder auftauen und so gewisse Niederschläge gar nicht aufnehmen: das Wasser rieselt an der Oberfläche und sättigt eine dünne Schicht Erde, bis sie sich verflüssigt und seitlich davon rutscht. Die Partikel richten sich erneut als blättrige Struktur aus und legen sich parallel zum Hang nieder, was wiederum ungünstig ist für die Aufnahme des nächsten Regens.

3.2.4. EINIGE BEGRIFFSERKLÄRUNGEN IM ZUSAMMENHANG MIT KALK

Kalk oder kalkig ist zur Bezeichnung von Felsgestein, Mineralien oder einfach dem Vorkommen von Kalziumkarbonat zu ungenau und bedarf der Präzisierung, obwohl die genauere Bedeutung meist aus dem Zusammenhang hervorgeht.

Kalkhaltige Sande, Kiese und Steine bilden den „inaktiven“ Kalk und sichern den ständigen Kalknachschub. Je feiner die Aufspaltung diese Kalks (Korngrösse ähnlich oder kleiner als bei feinem Schluff) desto mehr ist er chemisch aktiv und kann Kalzium- und Bikarbonat-Ionen in rauen Mengen freisetzen und in die Bodenlösung (Wasser im Boden) abgeben. Gewisse essentielle Spurenelemente werden dadurch unlöslich, so, dass sie nicht mehr verfügbar sind (Eisen im Fall einer echten Chlorose). Diese Fraktion nennt man Aktivkalk.

Ein Überschuss, Vorkommen oder Mangel an Kalzium kann ganz verschiedene Bodenwelten schaffen, denn wenn der pH-Wert unter die Neutralitätsgrenze sinkt (pH 7), intensivieren sich die pedologischen Entwicklungsabläufe sehr rasch.

Bleibt zu vermerken, dass extrem hohe Totalkalkgehalte (mehr als 60-70%) wahrscheinlich so etwas wie einen Wettstreit ums Wasser auslösen (erhöhter minimaler Feuchtigkeitspegel, bei welchem die Pflanze das Wasser noch aus dem Boden aufnehmen kann) mit gewissen Arten von Feinpartikeln (Schluff oder Feinsand), jedoch nicht mit den grobkörnigen Sanden (aus hartem, normalerweise wenig löslichem Kalk). Das ist im Wallis eben der Fall und zwar ganz besonders in den grossen Absturzhalden von Salgesch und Sierre.

Ausserdem lassen die extremen Kalkgehalte in Sierre, Venthône und Salgesch (mehr als 85%) nur wenig Platz übrig für Bestandteile mit Kationenlager- und -austauschkapazität.

Die im Labor bestimmten Tongehalte werden in diesem Fall immer überschätzt, da die Hälfte oder mehr dieser Fraktion nur aus sehr feinem Kalkmehl und nicht aus blättrigem Ton besteht („Versuch „Granulometrie nach Entkarbonatisierung“).

➤ KALKIGE BÖDEN ODER HORIZONTE (siehe CALCOSOL oder RENDOSOL):

Ein kalkiger Boden oder Horizont reagiert in Verbindung mit Salzsäure durch Schäumen, sein pH-Wert ist immer basisch (7,8 bis 8,5), er enthält zwischen 5% und 98% Totalkalk (in der bis auf 2 mm ausgesiebten Feinerde) und der Anteil an Aktivkalk variiert völlig unabhängig vom Totalkalk zwischen 1 und 20%.

Das Vorkommen einer auch noch so geringen und demnach durch den Salzsäuretest nachweisbaren Kalkfraktion in der Feinerde schliesst jede Gefahr einer Bodenübersäuerung und Tonauswaschung aus (Oberflächenverarmung).

Tatsächlich scheiden die im Boden lebenden Organismen immer Säureverbindungen aus (Kohlendioxid über die Atmung, organische Säuren) die ausreichen, um diese Kalkkörner anzugreifen und so Kalzium-Ionen freizusetzen, welche den absorbierenden Komplex mehr als ausreichend sättigen (siehe KAK). Der Gehalt an Totalkalk und natürlich auch Aktivkalk wird auch durch Zermalmprozesse bei tief greifenden mechanischen Bearbeitungen markant erhöht.

➤ KALZISCHE BÖDEN oder HORIZONTE (siehe CALCISOLE oder RENDISOLE):

Es ist praktisch keine Salzsäurereaktion mehr feststellbar: Schäumfähigkeit 0 oder (+), oder (+)/+ (keine Kalkkörner mehr in der Feinerde, aber es können noch kalkhaltiger Kies oder Steine vorhanden sein). Das Kalzium reicht noch aus für einen neutralen pH-Wert ohne unmittelbare Übersäuerungsgefahr. Der Boden enthält weniger als 5% Totalkalk und 0% Aktivkalk. Der Austauschkomplex bleibt nahe an der Sättigung (85 bis 100%), aber die Oberflächenstruktur des Bodens kann schon geschwächer sein (die Erdaggregate und kleinen Erdschollen an der Oberfläche zerfallen beim geringsten Regen und es entsteht das typische vereiste und verkrustete Aussehen. Hier handelt es sich oft um ehemalige Kalkböden, die sich unter dem Einfluss von Regen, Vegetation, usw. entkarbonisiert haben...

Man trifft sie selten in Zonen mit Niederschlagsmengen von weniger als 600-700 mm an, weil da nicht genügend Kalzium ausgewaschen wird (Negativbilanz Niederschläge / Evaporation). Nur einige sehr durchlässige Böden auf Hangterrassen (Ausgangsmaterial z.B. Sande oder kalkarme Kieselschichten) weisen eine solche Entwicklung auf.

Die im Wallis als KALZISCH vermerkten Böden haben sich immer aus sehr kalkarmem Urgestein entwickelt, es besteht also nicht die Gefahr eines übermässigen Gehalts an Aktivkalk im Untergrund wie in anderen Regionen (z.B. Burgund, Neuenburg und Waadt).

In niederschlagsreicheren Gegenden (800mm oder mehr wie in Neuenburg oder Waadt) werden die Böden bei einer Neige von weniger als 15-20% rasch kalzisch und man findet sie schon auf jungen Moräneböden, die von Anfang an kalkarm waren und logischerweise weniger als 10 000 Jahre zählen, da sich der Gletscher erst dann zurückgezogen hat.

Die sehr geringen Regenmengen und das abschüssige Gelände erklären, weshalb im Wallis **kalkige Böden es auch bleiben** und womöglich sogar zum einen oder anderen der zwei untenstehenden Bodentypen tendieren:

➤ BÖDEN MIT KALKAKKUMULATIONEN (KALKANGEREICHERTE BÖDEN):

Diese in Geröllhalden oder Lokalmoränen häufig vorkommenden Böden, in welchen mit Karbonat befrachtetes Wasser zirkuliert, weisen einen mit Feinkalk angereicherten Mittelhorizont auf (heller, mit weissen, mehligen Flecken oder harten, weissen Kügelchen...). Der Gehalt an Aktivkalk kann in diesem Horizont sprunghaft ansteigen, ohne physisch störende Zementierungsphänomene zu bewirken. Die komplexe Chlorosedynamik wird im Allgemeinen verschlimmert wegen der dadurch unterschiedlichen Durchlässigkeit der Böden.

➤ BÖDEN MIT KALKVERKRUSTUNGEN (STEINIG UND KALKANGEREICHERT)

Weil sich der in anderen Horizonten oder in den Hängen oberhalb losgelöste Kalk mit Vorliebe in gewissen Bodenhorizonten wieder niederlässt, entstehen da beträchtliche chemisch-physikalische Veränderungen. Solche Akkumulationen reichen von einfachen weissen Häufchen bis zu echten Zementierungen, oder es können auch Horizonte aus sehr weissen und unregelmässig verhärteten Streifen auftreten.

Man spricht von Kalkverkrustungen, wenn in einem Horizont (oft zwischen 60 und 100 cm Tiefe) Kiesel- oder Körneraggregate auftreten, zusammengehalten von einem kalkigen Zement. Unter der Verkrustung kann der Boden wieder durchlässig werden. Diese „Verkalkung“ des Bodens erfolgt schrittweise, sie ist aber wohl bekannt in kalkigen Geröllhalden von Bergstürzen oder Erdrutschen. Der

Prozess schreitet, wie gesagt, sehr langsam fort, ausser in Sonderfällen, wie bei versteinernen Quellen und Mündungen von sehr karbonatreichen Quellwassern. Vegetation und eine bakterielle Mikroflora siedeln sich hier an und errichten sehr poröse Tuffgebilde. Solche Phänomene sind im Wallis häufig zu beobachten und werden in sehr kalziumkarbonatreichen Materialien durch die sommerliche Bewässerung mit abwechselnder Feuchtigkeit und sehr rascher und intensiver Austrocknung möglicherweise noch verstärkt (siehe Punkt 5.3.).

Es kann dies ein Anzeichen sein für eine harmlose Verhärtung auf einigen Zentimetern, oder es handelt sich tatsächlich um eine mehrere Dezimeter dicke Betonplatte (im Kanton insgesamt selten, jedoch in St.Léonard und punktuell auch in einigen stark dränierenden Kieselhalden angetroffen). In sehr kiesigen und filtrierenden Böden beginnt die Rückkristallisierung von Kalzit oft an der unteren Oberfläche der Steine welche sich mit feinen Kristallen überzieht, manchmal auch mit feinen, einige Millimeter langen Nadelchen. Auch grosse Poren können mit weissen Nadeln gefüllt sein, welche von aussen zum Zentrum spriessen (makroporöse Böden). In anderen Konfigurationen sind es die sehr feinen Wurzelporen, welche die Rolle von kleinen Saugröhrchen spielen, die sich mit einer feinen weissen Kalksteinschicht überziehen (Zusammenspiel von chemisch-physikalischen und biologisch-bakteriellen Vorgängen). Ein feines Netz aus reinem Weiss etabliert sich im Boden. Es gleicht den unterirdischen fadenartigen Zellen von Pilzen, daher der Name Pseudomyzel.

3.3. EINFLUSS DER TOPOGRAFIE AUF DIE BODENENTWICKLUNG

Die Entwicklung eines Bodens (Vertiefung, Entkarbonisierung auf Kalkgestein, Differenzierung der Horizonte) hängt von der Stabilität seiner Lage ab: Auf abschüssigen Hängen wird sie geprägt von Erosion und Verlust von Elementen, auf Hangterrassen von Stabilität und auf sanften Neigen von Erdansammlungen (Kolluvionierung) am Fuss der Hänge.

Dieses Gleichgewicht von Stabilität und Erosion bestimmt die unterschiedliche Entwicklung von Böden aus gleichem Material (siehe Abb. 19). Klimaeinflüsse (vor allem die Niederschlagsmenge) spielen dabei eine gewichtige Rolle, denn bei vergleichbarer Topografie und Materialien beobachtet man Unterschiede zwischen den Westschweizer Regionen mit unterschiedlichem Klima. Im Wallis etwa sind Böden, die sich aus Urgestein mit einem anfänglichen Totalkalkgehalt von 10-15% entwickelt haben nie entkarbonisiert, ausser von Martigny abwärts (wo mehr Regen fällt und die Urgesteine weniger kalkhaltig waren).

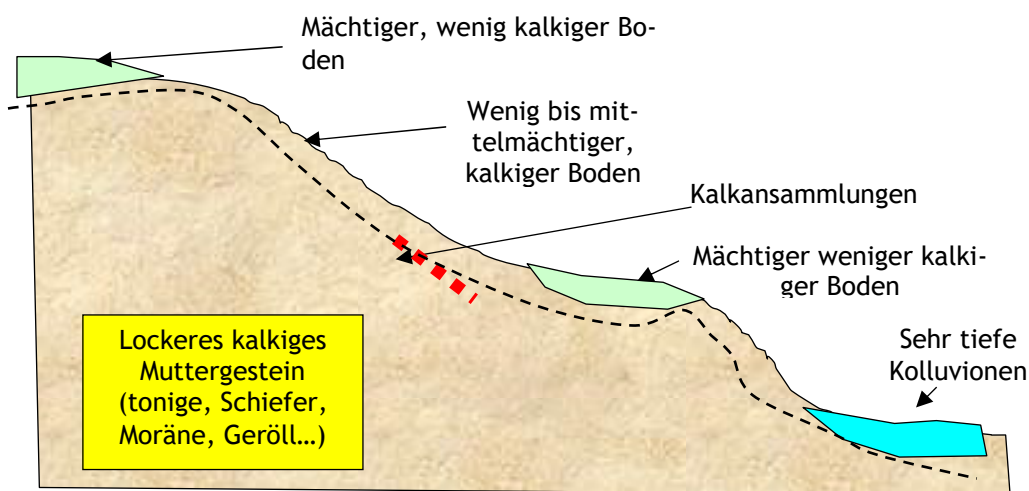


Abb. 19 : Einfluss der Topografie auf die Verdichtung und den Kalkgehalt im Boden

Im Allgemeinen beobachtet man zwar im Wallis einen **teilweisen Kalkverlust** auf den Hangterrassen oder am Fuss von Abhängen, die Böden sind jedoch äusserst selten kalzisch (vollständiger Verlust an Totalkalk). Im Gegenteil: Sehr oft begegnet man Umverteilungen in Form von Rekristallisierungen unter oder zwischen den Kieseln, oder in den Mikroporen des Bodens (Pseudomyzel), welche zur Zementierung gewisser Moräne-, Geröll- oder Felssturzhorizonte beitragen. So entstehen dann zum Teil die so genannten „Zementböden“.

Die Neige wiederum spielt eine unverkennbare Rolle bei der **Vertiefung und Anreicherung mit organischem Material** von Böden aus verdichteten Formationen und man findet im Wallis, insbesondere auf allen verdichteten Formationen (zementierte Felsstürze oder Grundmoränen) Verdichtungslogiken, die aus der Neige, der Lage im Hang (oben, in der Mitte, unten) und der Abwechslung zwischen Konkavitäten/Konvexitäten und Kreten/Mulden ableitbar sind und mit zunehmender Länge und/oder Abschüssigkeit eines Hanges immer ausgeprägter werden.

Im Wallis, wo lange, stark abschüssige Hänge vorherrschen, ist es normal, dass die Modellierung von Kreten/Talmulden die Böden stark beeinflusst hat (siehe Abb. 20).

Und diesen Einfluss spürt man bereits am oberen Rand der Rebberge, wo die (unsichtbare) Kurvung der Bewurzelungsgrundlinie noch viel ausgehölter ist als die (sichtbare) Kurvung an der Oberfläche. Man kann gut verstehen, dass jede Bodennivellierung diese Kontraste noch verschärft, anstatt sie zu glätten, ausser wenn auch die am weitesten vorstehenden Kreten mit einem perfekt homogenen und zwei Meter tiefen Gemenge überdeckt sind.

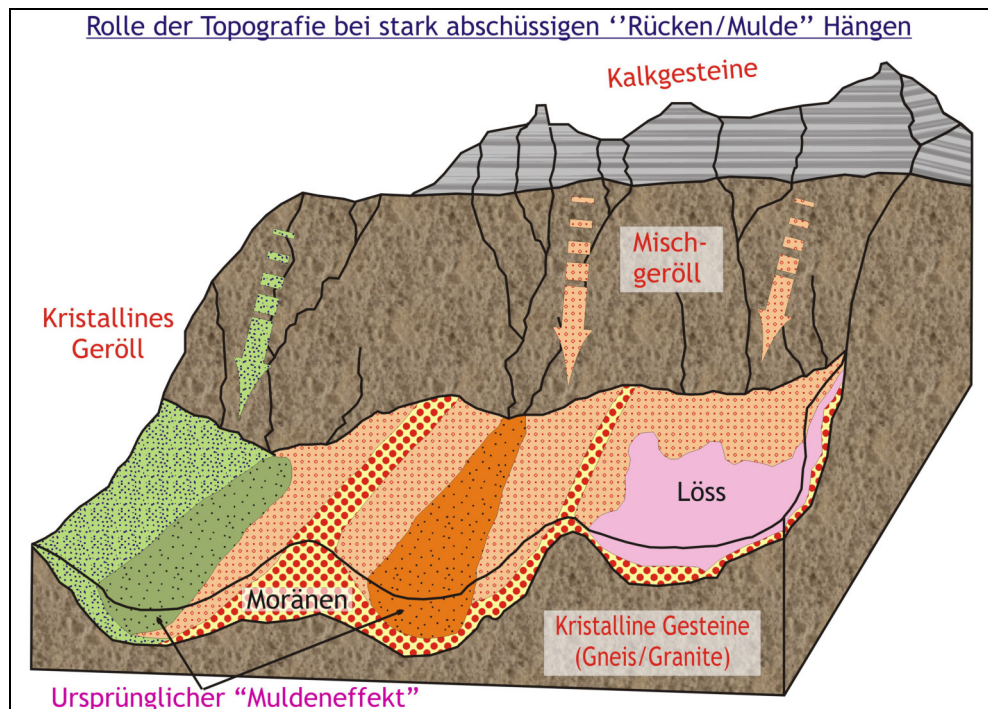


Abb. 20 : Einfluss der „Rücken-/Muldenmodellierung“ auf die Böden

3.4. DER QUANTITATIVE UND „QUALITATIVE“ WASSERVORRAT

Als Einstieg ein Zitat von Kees Van Leeuwen, einem der weltbesten Spezialisten auf dem Gebiet der wissenschaftlichen Untersuchung von Terroirs :

„Wer Qualität anstrebt, wird sich logischerweise quantitative Grenzen setzen müssen. Im Weinbau findet man nicht selten Produktionsmengen von 20 bis 30% des effektiv Machbaren. Es geht also keineswegs darum, die Reben grenzenlos mit Wasser zu versorgen, denn gerade wenn es ihnen an Wasser mangelt, erreichen die Trauben Spitzenqualitäten. Sämtliche Untersuchungen bestätigen immer aufs Neue, dass die Wasserversorgung der Reben eine ausschlaggebende Rolle spielt beim Entstehen des Terroireffekts. Sie ist nicht allein ausschlaggebend, auch die Stickstoffzufuhr und die Bodentemperatur wirken mit. Trotzdem können Unterschiede von Terroir zu Terroir grösstenteils durch die jedem Terroir eigenen Wasserversorgungsmerkmale der Reben erklärt werden.“

Somit ist auch klar, weshalb wir unsere hydrologischen Schätzungen mit solcher Hingabe betreiben, auch wenn die Konsequenzen für weisse Rebsorten weniger gewichtig sind!

3.4.1. IM BODEN GESPEICHORTE WASSERMENGE

NB : Alle nachfolgend zitierten Zahlen sind nur Grössenordnungen und dementsprechend mit Vorsicht zu geniessen.

Für **rote Rebsorten** ist der hydrologische Idealzustand während der Reifezeit mit ziemlicher Sicherheit dann erreicht, wenn der Wasserspeicher zu mindestens einem Drittel entleert ist, bis zur vollendeten Reife jedoch noch geringe Wassermengen abgeben kann.

Ⓔ Achtung: Extreme und frühe Wasserknappeit wirkt sich negativ aus!

Bei **weissen Rebsorten** sind die Auswirkungen weniger ersichtlich, manchmal sogar paradox und kontrastreicher (es fehlt an gesicherten Untersuchungsergebnissen): Gewisse Rebsorten kommen gut klar mit ziemlich ausgiebigen Wasservorräten und leiden im Gegenteil unter zu früher und zu starker Wasserknappeit, weil sich dann wichtige aromatische Vorläufer nicht ausbilden können. In anderen Regio-

nen haben wir sogar festgestellt, dass gewisse Parzellen mit untrüglichen Anzeichen einer Hydromorphie von ausgezeichneten Weinbauern als besonders gute Lagen hoch geschätzt werden.

Die **Wassergrafiken** (siehe Abb. 21 und 22) zeigen klar das stets unterschätzte Ausmass dieser Wasservorräte, die von 40 bis 300mm reichen können:

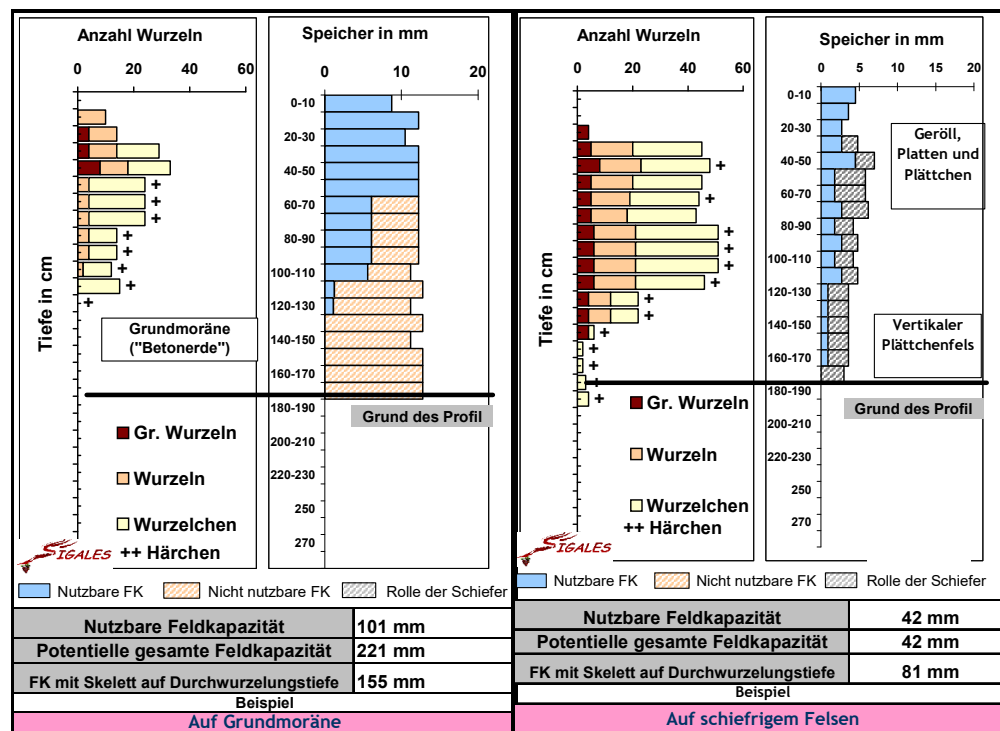


Abb. 21 : Einige im Kanton angetroffene Wasserprofile

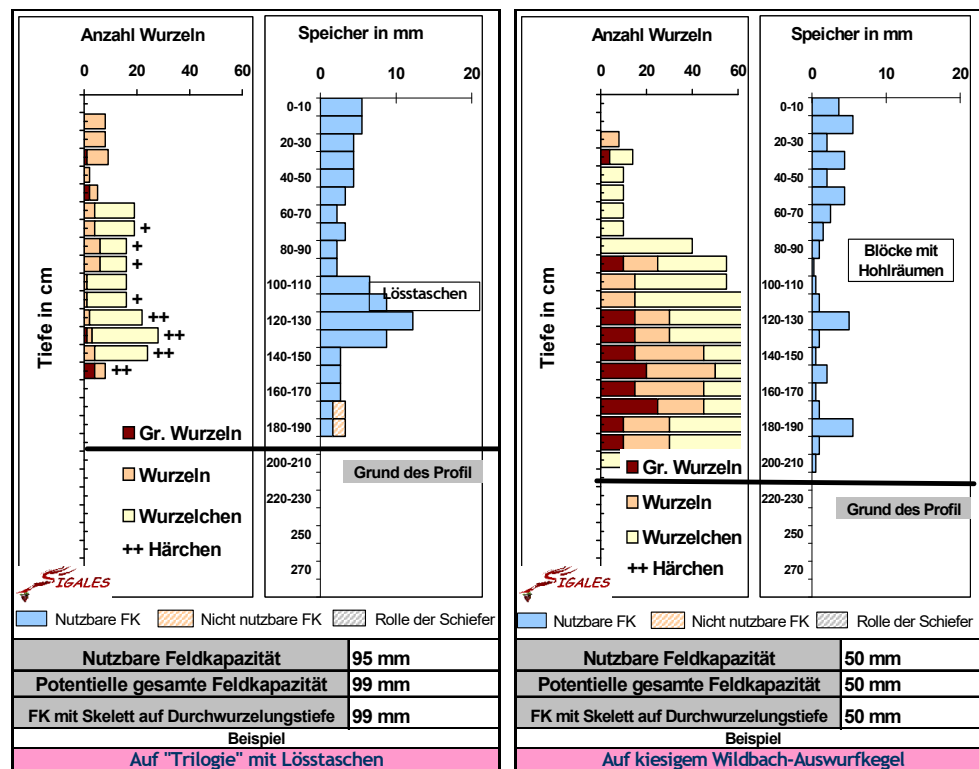


Abb. 22 : Einige im Kanton angetroffene Wasserprofile

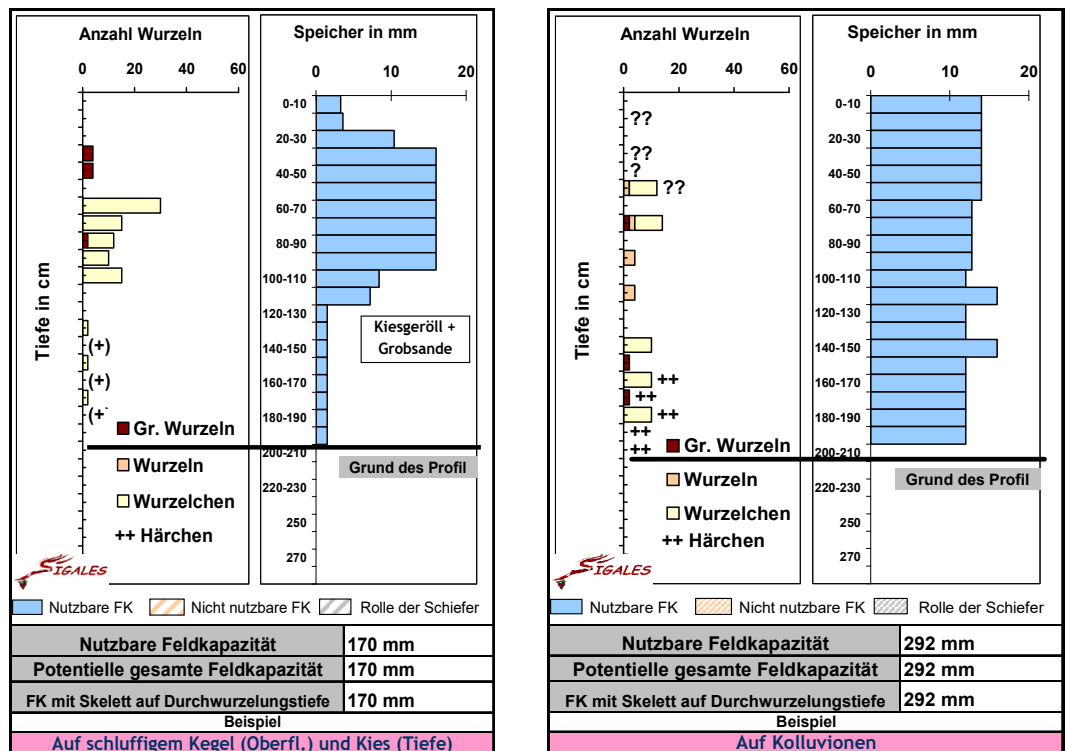


Abb. 23 : Einige im Kanton angetroffene Wasserprofile

Zur Erinnerung: In den orangefarbenen Bereichen ist das Wurzelvolumen sehr gering.

Diese Grafiken sagen jedoch nichts aus:

- über die Schnelligkeit, mit welcher der Wasservorrat :
 - aufgefüllt werden kann (Infiltrationsgeschwindigkeit von 1mm bis über 15 mm pro Stunde im ungesättigten Boden).
 - in die Tiefe transportiert wird,

Während einer Regenperiode werden durchlässige, das heisst sandige oder kiesige Böden in der Tiefe besser und rascher wieder gesättigt als schwere Böden. Dieselbe Wassermenge wird effizienter gespeichert und vor Evaporation und Oberflächenwasser geschützt (Sättigung der oberflächigen Horizonte und dann seitliche Rieselung oder schlimmer, Verflüssigung und Abrutschen/Erosion des Bodens). Wenn man weiss, dass in den ungünstigsten Fällen 70% des Regen- und Infiltrationswassers verloren gehen können, muss das Ganze nuancierter betrachtet werden:

Es ist durchaus möglich, dass ein Boden in Hanglage mit theoretisch grossem Aufnahmevermögen (z.B. mächtige Grundmoräne) das Wasser schlechter speichert als ein weniger speicherfähiger jedoch mit Kies bedeckter Boden.

- und dann entleert werden kann.
- über die Kraft, mit welcher die Poren im Boden das Wasser zurückhalten.
- über den Einfluss äusserlicher Phänomene (ein- oder ausgehende), denn der Boden ist nicht ein isolierter Block von einigen Kubikmetern :
 - Transport an die Oberfläche durch vertikale Kapillarität.
 - seitliche Zirkulationen von den Hängen her (im Wallis besonders wichtig).
 - Tagwasserverluste.

3.4.2. DER WASSERHAUSHALT IM BODEN

Das **Ausmass** eines Speichers ist also stark (praktisch proportional) abhängig von der Skeletthaltigkeit und der Durchwurzelungstiefe. Seine Auffüllmenge variiert von Jahr zu Jahr und je nach Durchlässigkeit an der Oberfläche und in der Tiefe (siehe Abb. 24). Die **Verwaltung** dieser Wasservorräte ist wieder eine andere Sache. Sinkt der Pegel im Speicher unter ein gewisses Niveau, so können die meisten Pflanzen das Wasser nicht mehr aus dem Boden lösen. Das nennt man den „permanenten Welkpunkt“.

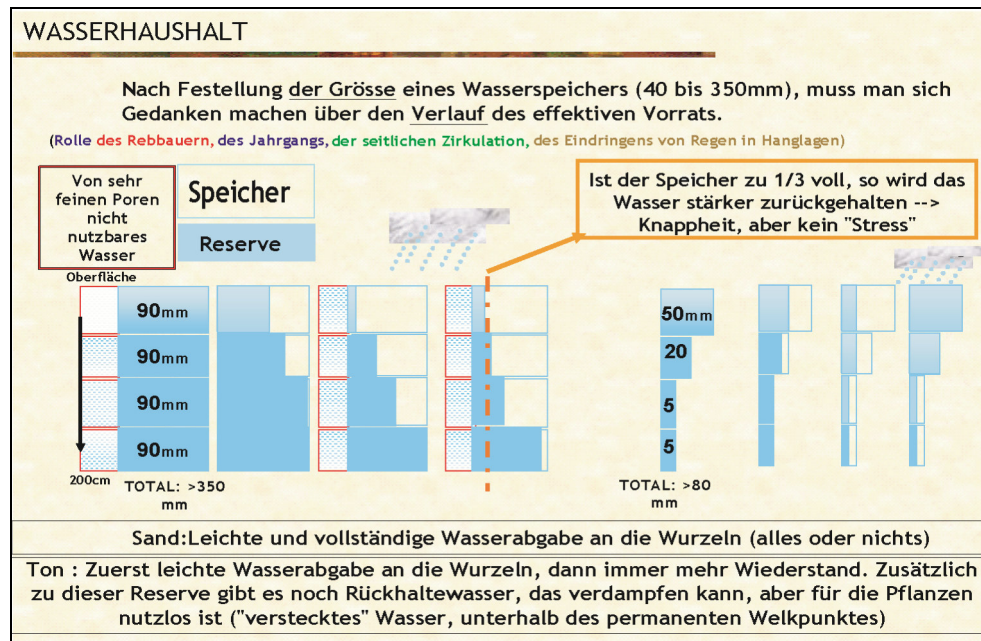


Abb. 24: Wasservorratshaushalt

Achtung: Wir reden hier von einem „virtuellen“ Speicher, dessen „Grund“ nicht mit dem unteren Ende des Profils übereinstimmt, sondern mit der am stärksten zurückgehaltenen Wasserfraktion.

Bei Annäherung an diesen „Welkpunkt“ nimmt das **Wasserangebot** ab und die notwendige **Saugstärke**, um das Wasser aus dem Boden zu ziehen, nimmt zu. Die Pflanze muss sich „konzentrieren“, ihre Blätter werden steifer, die Spaltöffnungen schliessen sich. Dieser ganze Prozess ist seit einigen Jahren dank den Untersuchungen der Wasserleitfähigkeit (Blätter und Blattstiele) gut messbar. Holzpflanzen mit tiefgehenden Wurzeln verbrauchen zuerst das an der Oberfläche schwach zurückgehaltene Wasser, gehen dann tiefer und machen sich zuletzt an die immer schwerer hoch zu bekommenden Wasserreserven in der Tiefe. Die oberflächigen Horizonte sinken rasch unter die Welkschwelle, weil die ganze Wasserfraktion der direkten Evaporation ausgesetzt ist und nicht nur die von den Pflanzen nutzbare Fraktion. Mit Mulch- und Kiesdecken kann diese Evaporation wirksam bekämpft werden.

Bildlich gesprochen ähnelt dieser Wasserhaushalt dem Zusammenspiel von verschiedenen „Wasserhähnen“. Je nach Bodenart variieren die **Anzahl** und **Grösse** dieser Entleerungs- und Auffüllhähnen eines virtuellen Speichers stark, aber auch ihre **Lage** (in der Mitte oder am Boden eines Speichers) und ihre Fähigkeit sich **schrittweise** zu schliessen. Der Rebbaupfleger und seine Rebe werden sich von Jahr zu Jahr den Gegebenheiten anpassen und die vorhandenen Ressourcen unterschiedlich handhaben.

Jede Konfiguration (Grösse + Hähnen) hängt ab von Textur und Gefüge des Bodens (Fähigkeit, kleine, poröse Aggregate zu bilden, oder im Gegenteil in kompakten Blöcken mit wenig Rissen und nicht porösen Blöcken zu verharren)

und von der vom Boden zugelassenen Durchwurzelungsarchitektur. Wir werden hier nicht weiter ins Detail gehen, sondern liefern nur einige Grössenordnungen und Grundgedanken, die in Verbindung mit den spezifischen Gegebenheiten eines jeden Jahrgangs in Betracht gezogen werden sollten (siehe Abb. 25).

Ein toniger Boden kann **insgesamt 4 mal mehr** Wasser speichern als ein sehr sandiger (maximale Feuchtigkeit oder „Feldkapazität“ = 35% des schluffig-tonigen Bodenvolumens, 9% im sandigem Boden), trotzdem ergibt das nur **doppelt soviel nutzbares Wasser**.

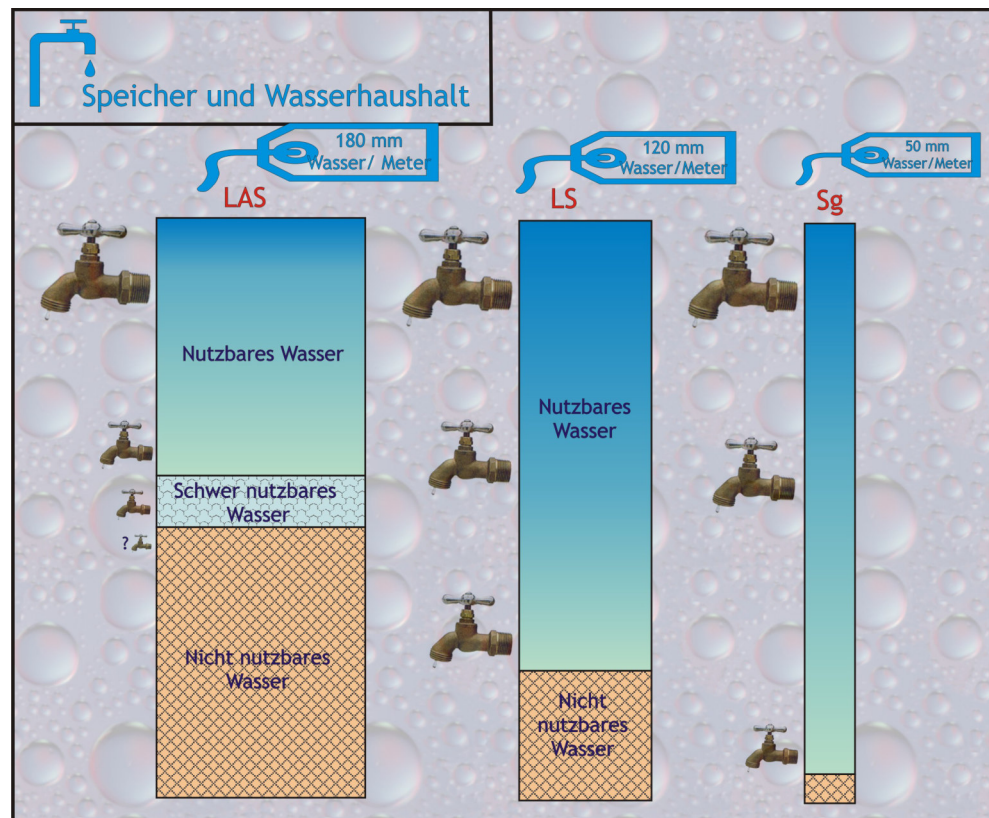


Abb. 25 : Wasserspeicher und -haushalt je nach Bodengefüge

Bei einem schweren Boden befinden sich die untersten „Hahnen“ im virtuellen Speicher ziemlich weit oben, der untere Teil des Vorrates wird für die Pflanzen nie nutzbar sein. In den obersten Zentimetern des Bodens hingegen ist er der direkten Evaporation ausgeliefert und muss demzufolge bei Regenfällen als erstes wieder aufgefüllt werden.

Ein für die Pflanzen „trockener“ sandiger Boden enthält nur noch einen Vorrat von 2-3%, (die „Hahnen“ sind sehr tief gelegen im Speicher, der sich demzufolge fast ganz entleeren kann). Zudem wechseln sie vom „geöffneten“ zum „geschlossenen“ Zustand weil es mehr mittelgrosse Poren gibt.

Ausserdem zu beachten:

- Die Reichweite für einen effizienten Transport durch Kapillarwirkung schwankt zwischen einigen Millimetern und mehreren Dezimetern (Dochtwirkung der Wurzeln in Trockenperioden in schluffigen Böden maximal, in nicht verdichteten Böden aus schluffig-toniger Feinerde mittelmässig, in Sanden, besonders Grobsanden, sehr gering): Das Wasser geht zu den Wurzeln.
- Die Wasserabgaberate vom Boden zu den Wurzeln oder von den Feucht- zu den Trockenzonen schwankt von 0 bis mehreren Millimetern pro Tag; in schluffigen Böden und feuchten Feinsanden ist sie erheblich, in tonigen Böden gering, in Grobsanden praktisch nicht vorhanden: Die Wurzeln müssen zum Wasser gehen.

In einem tonigen Boden wandert das Wasser langsam aber stetig von den feuchtesten zu den trockensten Zonen, welche von den Wurzeln ausgesaugt oder von der Oberflächenverdunstung ausgetrocknet wurden (das Wasser „zirkuliert“ unaufhörlich in Form von hauchdünnen Schichten in und um Bodenaggregate). Über Nacht hat sich die Vegetation jeweils sichtlich erholt.

Weil die Poren in grobsandigen Böden zu gross sind, ist da die Durchflussrate bei Trockenheit zu gering. Sind die hauchdünnen Wasserschichten einmal zerstört (infolge zu starken Konsums an einem heissen und windigen Tag zum Beispiel), so können sie sich nicht mehr regenerieren und das Wasser zirkuliert nicht mehr von der Feuchte ins Trockene.

Was das Wurzelwerk und dessen Anpassung an die verschiedenen Gefüge anbelangt, so darf man die sehr unterschiedlichen Durchwurzelungsarten als eine kombinierte Anpassung an den Bedarf und die Möglichkeiten ansehen:

- Böden mit einem geringen Speichervermögen aber guter Durchlüftung weisen immer ein gut alterndes, dauerhaftes, gut verteiltes und ausgiebiges Wurzelvolumen auf. Diese Fülle an verholztem Wurzelwerk interagiert und verbessert den Boden.
- Nicht oder kaum redoxische Böden mit einer grossen Speicherkapazität weisen ein geringes Wurzelvolumen auf, die Wurzeln sind vertikal, glatt, mittelgross und wenig verästelt.

3.4.3. SCHLUSSFOLGERUNGEN ZUM KAPITEL ÜBER DEN WASSERHAUSHALT

Die Pflanze verfügt über mehrere Strategien, um ihren Wasserkonsum zu dämpfen, zu stoppen oder fortlaufend zu sichern: Schliessung ihrer Spaltöffnungen, aber auch Aktivierung von spezifischen Membranproteinen, die so genannten Aquaporinen, welche den Durchtritt des Wassers durch die Zellmembrane erleichtern, ohne dass dabei Ionen in die Zelle gelangen können (erst 1992 entdeckt und 2003 mit dem Nobelpreis geehrt; wie man sieht, steckt dieser Forschungszweig noch in den Kinderschuhen). Die verschiedenen Rebsorten und Unterlagen besitzen nicht allesamt die gleichen genetischen Voraussetzungen, um mit Wasserknappheit umzugehen und sich selber eine Rationierung aufzuerlegen.

Zudem ist klar, dass genauso, wie man ein gewisses Gleichgewicht zwischen Blattmasse und Behang einhält (normalerweise Minimum 1m² pro Kilo), auch zwischen Blattmasse und potentieller Wasserspeicherkapazität ein gewisses Verhältnis nicht unterschritten werden sollte.

Um spärlich vorhandenes und vom Boden nur widerwillig abgegebenes Wasser aufzunehmen braucht es eine starke Konzentration der Zell- und Zwischenzellflüssigkeiten in der Pflanze. Es ist leicht zu begreifen, dass unter diesen Umständen die in der Traube ausgebauten Bestandteile nicht gleicher Art und Konzentration sind, wie wenn sich die Pflanze die ganze Saison über ohne Probleme mit ausreichend Wasser versorgen kann.

Die Ausbreitung der Wurzeln in die Tiefe und deren Alterung hat einen ähnlichen Effekt wie ein ausgeschöpfter Speicher, weil es mehr Energie braucht, Wasser aus 2 Metern Tiefe nach oben zu befördern über ein gealtertes und teilweise verstopftes und stark verästeltetes Wurzelwerk (in kiesigen Böden zum Beispiel).

Schliesslich fristen Reben auf gewissen sehr felsigen Böden auf Kalkbänken, -plättchen oder -schiefern ein zwar karges aber nicht stressiges Leben, sofern sie es geschafft haben, den Boden optimal zu durchwurzeln (was eine gewisse Zeit erfordert).

Zudem sind die Wirkungen eines fast völlig ausgetrockneten Bodens auf **Mikroklima** und **Temperatur** indirekt bestimmt positiv. Aber auch hier kann es zu Negativeffekten kommen, wie bei der Wasserversorgung, wenn die Einflüsse zu ausgeprägt und zu früh erfolgen (Hautbräune).

Noch längst nicht alle die Endqualität eines Weines bestimmenden Bestandteile sind bekannt, es ist aber vorstellbar, dass nicht alle gleichzeitig und im selben Rhythmus synthetisiert werden.

Ja es ist sogar anzunehmen, dass gewisse Bestandteile oder deren Vorläufer zu einem ganz bestimmten Zeitpunkt noch vor beginnender Beerenreife produziert werden und dass ihr (auch mengenmässiges) Vorhandensein vom „Frischestatus“ der Blätter zu diesem Zeitpunkt abhängt.

Man müsste also über den ganzen Zyklus hinweg analysieren, wann die Wurzeln wie stark um ihr Wasser kämpfen mussten. Vielleicht würde das die unendliche Vielfalt der von geübten Degustatoren bei verschiedenen Jahrgängen festgestellten Nuancen erklären helfen.

Böden sind nicht einfach tonig oder sandig, mächtig oder nicht, skelettreich oder skelettarm. Die bodenkundliche Landschaft besteht aus einem eigentlichen Mosaik an Böden, die fliessend ineinander übergehen. Und diese Böden liegen auf einem Relief, welches die Lagen, den Wassereintritt und die interne Wasserzirkulation zum Fuss des Hanges hin bestimmen, oder eben im Gegenteil die inneren Merkmale eines Bodens abschwächen wird. Oft ergibt sich so der Produkt-Mix für eine Parzelle auf ganz natürliche Weise.

Zudem übertönen manchmal andere Einflüsse auf ein Terroir wie das Klima, die Rebsorte oder die Erziehung der Reben die ausschliesslich bodenbedingten Einwirkungen, welche sowieso nur bei völliger Gleichwertigkeit aller Faktoren wirklich zum Tragen kommen. So muss insbesondere auf das Gleichgewicht zwischen Boden, Behang und exponierter Blattmasse (EBM) geachtet werden, ansonsten könnte die „Bodenkomponente“ untergehen.

Die Interpretation all dieser Daten ist also eine echte Kunst, welche stark auf die Intuition und die profunden Kenntnisse der Winzer und Spezialisten auf jedem dieser Gebiete abstellt. Paradoxerweise ist es schwierig, ziemlich wahrscheinliche Sachen zu beweisen, dafür aber umso einfacher, irgendwelche fantastischen Korrelationen zu konstruieren, was viele kommerzielle oder sogar „ideologische“ Ausrutscher zur Folge hat. Eine breit gefächerte Anzahl von seriösen Studien ermöglicht jedoch Vergleiche aufgrund der wichtigsten Gruppen von Wasserhaushaltsmodellen, der Rolle von Schiefern oder dem Ausmass der Kalkvorkommen.

3.5. HYDROMORPHIE UND HYDROLOGIE

Hydromorphe Böden weisen typische, durch einen Wasserüberfluss bedingte Merkmale auf.

Um die möglichen negativen Folgen einer solchen Bodenvernässung auf eine bestimmte menschliche Aktivität abzuschätzen, muss man deren Ursache zu klären versuchen, die Tiefe, in welcher sie auftritt und die Dauer.

Echte Bodenvernässungsprobleme treten in unterschiedlichem Masse bei weniger als 5% der Rebböden und fast ausschliesslich in der Rhoneebene auf, allerdings sind sie zum Teil schwerwiegend.

Auch auf den Hangterrassen einiger auf Grundmoränen aufliegenden Rebberge treten typische Vernässungsmerkmale auf.

Punktuell kann zudem überschüssige Wasserzirkulation auf Abhängen mit Erdrutschgräben in abschüssigem Gelände aus tonigem Schiefer beobachtet werden (Code 47, 48, 49).

Auch lange, schmale Klüfte kanalisieren das Wasser gewissermassen, wenn auch nur sehr lokal, können aber trotzdem im rebbautechnischen Verständnis eine wichtige Rolle spielen.

In extremen Hanglagen führt die unterschiedliche Verdichtung der Geröllhalden und durchlässigen Lösses zum Einen und der Grundmoränen oder kompakten Felsstürze („Betonböden“) am Hangende zum Anderen zeitweilig zu Wasserflüssen in der Tiefe, welche bei der Wiederauffüllung der Speicher am Fuss

eines Hanges, aber auch bei Erdrutschproblemen und Erosion eine wichtige Rolle spielen.

Schliesslich finden oft in grosser Tiefe Zirkulationen statt, die nicht nur harmlos sind, sondern sogar einen wichtigen Beitrag zur Wasserversorgung der Rebe liefern. Da ihr mengenmässiges Ausmass ohne Messungen und Beobachtungen an der Pflanze unmöglich bestimmt werden kann, muss man sich damit begnügen, sie als „wahrscheinliche Zusatzversorgung“ aufzuführen da, wo tragende Reben nicht geschwächt werden, obwohl der Boden, auf dem sie wachsen auf einer Tiefe von mehr als 2 Metern nur eine Reserve von 50 bis 60 mm aufweist.

3.5.1. DIE MÖGLICHEN GRÜNDE FÜR WASSERÜBERSCHÜSSE

Ein Wasserüberschuss im Boden kann verschiedene Ursachen haben:

- Tagwasser gleich unter der Oberfläche auf Hängen mit undurchlässigem Untergrund.
- Auf Hangterrassen von Hochebenen über undurchlässigem Untergrund angesammeltes, stagnierendes Grundwasser (vor allem Boden auf Grundmoräne)
- Wieder austretendes Grundwasser, das auf Hängen abgegrenzte Feuchtzonen oder lokale Steigquellen bildet und so bei sehr kalkreichen Böden die der Chlorose förderlichen Eigenschaften und ihre Neigung zum Abrutschen noch verstärkt.
- Von einem Bach oder Fluss angehäuften Alluvialdecken, welche sich an tief gelegenen Punkten einer Ebene entwickeln (Rhône).
- In gewissen Fällen haben wir die Modalität ,7 hinzugefügt, als Zeichen einer vermutlich dauerhaften Wasserversorgung in grosser Tiefe in Anbetracht der guten oder sogar sehr starken Wüchsigkeit von Reben auf Geröll oder augenscheinlich sehr mageren Böden (normalerweise am Fuss von Alluvialkegeln, auf gewissen Felsstürzen oder Erdrutschen).

3.5.2. SICHTBARE MARKER

Verschiedene Stadien der Oxydation von Eisen und dessen Verteilung als Flecken unterschiedlicher Färbung sind ausgezeichnete Indikatoren für die Art eines Wasserüberschusses (siehe Abb. 26).

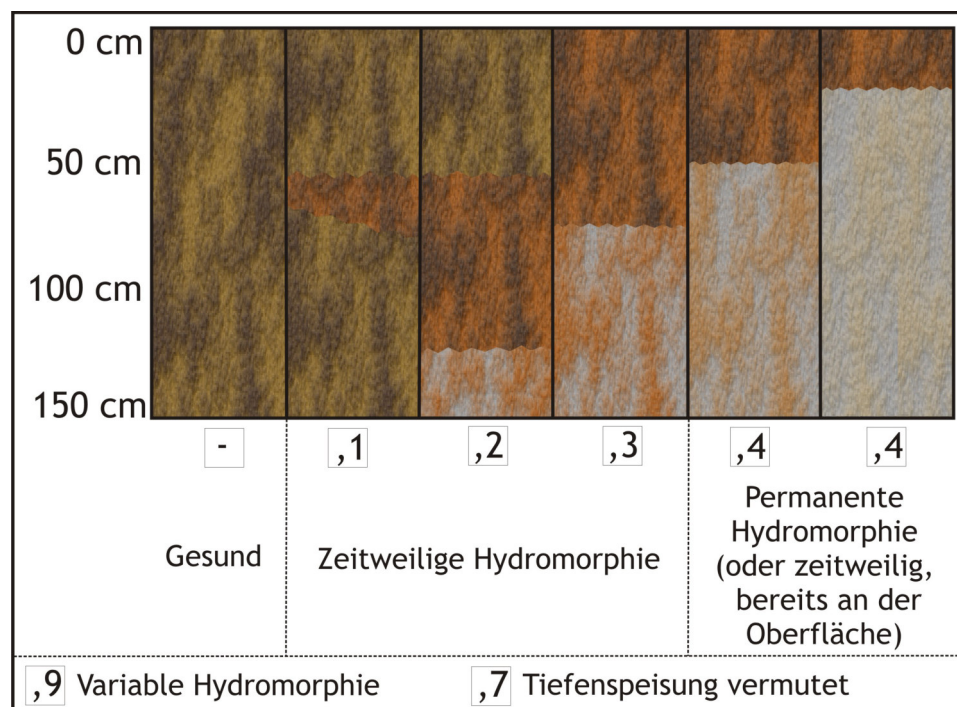


Abb. 26 : Die verschiedenen Arten von Vernässung hydromorpher Böden

Handelt es sich nur um ein zeitweiliges Wasserüberangebot, so drückt sich die Oxydation von Eisen in Fe^{+++} durch **rostfarbene** Flecken und die Festsetzung in dieser Form aus.

Je länger Grundwasser zurückbehalten wird, umso mehr nimmt das zu Fe^{++} reduzierte Eisen eine bläuliche oder gräuliche Färbung an. Oft beginnt dieser Prozess um die Wurzeln herum, welche den bereits rar gewordenen Sauerstoff konsumieren. In dieser Form wird das Eisen mobil, es kann im Boden herumwandern und sich zu Schuppen oder schwarzfarbenen Knötchen zusammenfügen, wobei es graue oder farblose Spuren hinterlässt.

Im Wallis haben wir Spuren solcher feinen Hüllen aus metallischen Oxiden um die Steine herum gefunden, manchmal sogar in Massen zu rostfarbenen Horizonten verdichtet an Stellen, die heute nicht einmal mehr zwingend feucht sein müssen. Einem Heiligenschein gleich um ehemalige Hangmoore oder heute verschwundene, kurzlebige Seen angeordnet, zeugen sie von einer fossilen, nicht mehr aktiven Hydromorphie. Nicht immer deuten blaue, graue oder rostfarbene Spuren jedoch auf eine Vernässung. Gewisse Felsen wie Kalkschiefer, Flysch oder Mergel weisen von Natur aus eine bläuliche Färbung aus oder sind stark eisenhaltig, mit roten oder schwarzen Beschichtungen, die sie an den Boden abgeben.

Intensität und Dauer eines Wasserstaus sind sehr unterschiedlich. Je nach Zustand des Eisens werden 5 bis 6 Kategorien von hydromorphen Böden unterschieden. In der Rhoneebene wird manchmal die Stufe 4 erreicht.

3.5.3. DIE VERWENDETE KLASSIERUNG UND IHRE LANDWIRTSCHAFTLICHEN KONSEQUENZEN

🚧 Hydromorphie Typ ,1 : Vorübergehende Vernässung, die Anzeichen sind diskret oder tiefgründig. Diese Art der Zirkulation kann nach Regenperioden durch Kapillarität etwas zur Wasserversorgung des Bodens beitragen, ohne das Verhalten der Reben schwerwiegend zu stören. Bei anhaltender Nässe kann es schwierig sein, in die Parzelle zu gelangen (verlangsamte Abtrocknung des Bodens).

🚧 Hydromorphie Typ ,2 : Vorübergehende Tiefenvernässung. Längeres Verweilen von Grundwasser im Frühling, welches durch Kapillarität bis Mitte Sommer im Boden ein kühles und sogar feuchtes Klima erzeugt. Im Frühling sind solche Böden feucht und trocknen nach Regenfällen oft sehr langsam ab. Ihre Bearbeitung ist eher schwer planbar. In feuchten Jahren kann das Wasserüberangebot die tiefgründigen Wurzeln ersticken und zu Wachstumsstörungen bei den Reben führen, besonders, wenn sich mehrere feuchte Jahre aneinander reihen.

🚧 Hydromorphie Typ ,3 : Vorübergehender Wasserüberschuss in geringer Tiefe. Rostrote und graue Flecken treten bereits oberhalb von 50 cm auf. Stauwasser sammelt sich kurzfristig nahe an der Oberfläche an und verweilt dann ziemlich lange in der Tiefe. Die Böden sind dauernd feucht, erwärmen sich also nur schwer, und die Wurzeln leiden bereits auf 50 cm an akutem Sauerstoffmangel. Das feuchte Mikroklima bleibt bis zur Traubenernte bestehen und die Wüchsigkeit der Reben ist je nach Jahrgang starken Schwankungen unterworfen, wobei sich paradoxerweise in einem trockenen Jahr, das auf ein feuchtes folgt, die Anzeichen von Wasserstress mehren, was durch die mangelnden Wurzeln in der Tiefe leicht erklärbar ist.

Zonen der Typen ,2 und ,3 sind oft dräniert, Nässechlorose ist dort weiter verbreitet.

🚧 Hydromorphie Typ ,4 : Permanente Vernässung auf weniger als 1.20 m Tiefe, zeitweilig bis an die Oberfläche. In einer solchen Umgebung können sich die Wurzeln nicht gut entwickeln. Die Bö-

den erwärmen sich dürrftig und trocknen schlecht ab, es entsteht ein sehr feuchtes Klima. Die Reben zeigen starke Wachstumsstörungen, die Arbeiten sind äusserst schwierig zu planen. In gewissen Zonen der Rhoneebene ist auf einer Tiefe von 1m bis 1m50 praktisch konstant Stauwasser vorhanden. Zudem ist dieses Wasser äusserst kalt, weil es von den Schmelzwassern im Frühling herührt. Ausgenommen davon sind die Kegel lateraler Wildbachgeschiebe, die manchmal fast bis zur Rhone vorstossen.

- ✚ Hydrologie Typ ,7 : Die tiefgründigen Horizonte müssen durch unterirdische Wasserzirkulation gespeist werden, weil sonst das Gedeihen der Reben nicht erklärbar wäre, es ist jedoch keine Spur einer Hydromorphie auffindbar.
- ✚ Hydromorphien des Typs ,9 : Sehr unterschiedlich und charakteristisch für buckelige Hänge mit aktiver Rutschtigkeit; an einem Punkt kann der Boden völlig gesund sein, etwas weiter weg bildet er eine permanente Morastfläche der Typen ,0 bis ,4.

3.6. SCHLÜSSEL FÜR DIE 9 GELÄUFIGSTEN BODENTYPEN

Wir ordnen sie hierarchisch ein aufgrund der Ansprüche der Reben an Wasser, Kalk und Neige.

Beispiel: ein Boden mit 80% Skelettgehalt wird vorrangig als PEYROSOL eingestuft.

Die Auswahl beruht auf folgenden Faktoren:

- Skeletthaltigkeit; sie ist ausschlaggebend für die Berechnung der nFK.
- Vorhandensein eines unverwitterten Felsens auf weniger als 60-70cm Tiefe.
- Kalkstatus, kann bei der Auswahl der Unterlage behilflich sein.
- Kolluviale Situation oder nicht (was eine hohe nFK und eine nur schwache Hanglage oder einen Standort in der Ebene bedingt).
- Der Sandgehalt (auch er ein mitbestimmender Faktor für die nFK, das Rückhaltevermögen der Dünger und die Dränage).

Der Gehalt an Kiesgestein übersteigt 60%, kein Rohfels oberhalb von 50-70 cm.

➤ **PEYROSOL** : (= sehr skelettreicher Boden)

Boden mit mehr als 60% Grobbestandteilen: Kies, Kiesel, Steine und Blöcke (Achtung, in der erweiterten, wasserkundlichen Definition, wird das Kies eingeschlossen), was bedeutet, die Feinerde stellt in mehr als $\frac{3}{4}$ des Profils weniger als 40 Volumenprozent. Oft wurden in den Rebbergen die Steine bis auf eine Tiefe von 50cm entfernt, es gibt Geröllhalden, Trockensteinmauern,

Ein harter, mehr oder weniger kalkiger Rohfels erscheint oberhalb von 40-50 cm.

➤ **RENDOSOL** : (sehr wenig mächtiger, kalkiger Boden)

Boden mit braunem Oberflächenhorizont, kalkhaltig und mit einer Mächtigkeit von 30-40cm, liegt direkt auf dem harten, nicht verwitterten Kalkfelsen auf. Gleiche Merkmale, jedoch **kein** Totalkalk in der Feinerde: **RENDISOL**.

Weicher oder lockerer Rohfels oberhalb von 40-50 cm vorhanden.

➤ **REGOSOL** : (sehr wenig mächtiger, kalkiger Boden)

Boden mit braunem Oberflächenhorizont, kalkhaltig und mit einer Mächtigkeit von 30-40cm, überlagert lockeren, meist nicht verwitterten Felsboden (Sand oder Grundmoräne zum Beispiel).

Der mächtige Boden liegt in der Ebene, am Fuss eines Hanges, oder es ist ein langer, sehr schwach <3% abfallender Hang.

➤ **KOLLUVIOSOL** :

Aus Kolluvionen entstandener Boden, das Material wurde aus den überraschenden Hängen gerissen (eine Ausnahme: KOLLUVIOSOL am Rand einer Ebene oder am Fuss eines Hanges).

➤ **FLUVIOSOL** :

Boden aus noch jungen Alluvionen, von Fließgewässern transportiert, ausgefällt und in einer tief gelegenen Ebene abgelagert. Der Boden **kann** stark skeletthaltig sein, insbesondere am Rand von Wildbächen mit sehr steil abfallendem Gerinne.

Ein Skelettgehalt von höchstens 60%, der Boden liegt nicht in der Ebene, es fehlt ein harter Rohfels, keine klar abgegrenzten Horizonte, der Boden ist sehr sandig.

➤ **ARENOSOL** : (Sandboden = Arena)

Boden mit **Tonanteil von weniger als 12.5% und mehr als 65% Sanden** auf der gesamten Tiefe. Brauner Horizont mächtiger als 10 cm, kein deutlicher Horizont.

Falls der Skelettgehalt höchstens 60% beträgt, der Boden sich nicht in der Ebene befindet, kein Rohfels vorhanden ist, dafür deutliche Horizonte und nicht ausschliesslich Sand, dann muss man einen Boden einem der folgenden Typen zuordnen:

Der Skelettgehalt beträgt höchstens 60%, der Boden liegt nicht in der Ebene, es ist ein kalkhaltiges, hartes, weiches oder brüchiges Muttergestein vorhanden, der Boden ist bereits an der Oberfläche kalkhaltig und er weist einen kalkhaltigen Zwischenhorizont von anderer Farbe und Gefüge auf.

➤ **CALCOSOL** : (kalkhaltiger Boden, bereits an der Oberfläche eine Salzsäurereaktion zeigend)

Neubenennung der „kalkhaltigen Braunerde“, mit mehr als 5% Totalkalk, das Muttergestein mit einer Mächtigkeit von mehr als 40 cm überlagernd, mit einem etwas anderen mittleren „S“-Horizont (= struktural) (Farbe, Gefüge, Kalkgehalt) als das kalkhaltige Muttergestein (M- oder R-Horizont).

Der Skelettgehalt beträgt höchstens 60%, der Boden liegt nicht in der Ebene, es ist ein kalkhaltiges, hartes, weiches oder brüchiges Muttergestein vorhanden, der Boden ist nicht mehr kalkhaltig, weist jedoch einen kalzischen (noch kalziumgesättigten) Zwischenhorizont von anderer Farbe und Gefüge auf.

➤ **CALCISOL** : (nicht kalkhaltiger Boden mit kalkhaltigem Gestein als Ausgangsmaterial)

Neue Benennung der „kalzischen Braunerde mit Kalziumeinlagerungen“, welche wenigstens einen kalziumgesättigten Zwischenhorizont aufweist, auf Salzsäure jedoch nicht oder kaum mehr reagiert (enthält also keinen Totalkalk mehr). Der Untergrund besteht aus Kalkgestein.

Der Skelettgehalt beträgt höchstens 60%, es besteht ein weder kalkiger noch kalzischer Zwischenhorizont von anderer Farbe und Gefüge als das Muttergestein, es findet keine Schieferauswaschung statt.

➤ **BRUNISOL** : (ehemals Braunerde)

Wenig saurer Boden, oder saurer aber nicht ausgewaschener Boden mit einem braunen, gut strukturierten und porösen Tiefenhorizont (im Wallis sehr selten anzutreffen).

NB : Mit der Zeit ist ein Übergang von der einem zu einer andere Typ möglich. So entwickeln sich die Böden über die Jahrtausende, sofern sie nicht erodiert oder überlagert werden. Die Geschwindigkeit dieser Entwicklung ist abhängig von (den) Klima(ta) (Temperatur und Niederschlagsmengen), Säuregrad und Durchlässigkeit des Muttergesteins.

Bei genügend Regen könnte sich auf einer Hangterrasse, ausgehend vom selben Muttergestein (z.B. Grundmoräne), ein REGOSOL zu einem CALCISOL und von da zu einem mächtigen BRUNISOL oder sogar REDOXYOL entwickeln.

Ausgehend von einem harten Kalkgestein:

[LITHOSOL, RENDOSOL, RENDISOL, kiesiger CALCISOL, CALCISOL, BRUNISOL, ...]

4 - RESULTATE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

4.1. DIE PROFILE

Wir bedanken uns ganz herzlich bei allen Winzern, welche die Profile über die ganze Dauer der dreijährigen Studie, manchmal unter akrobatischen Höchstleistungen, aufgeschlossen haben. Dank gebührt aber auch denjenigen, welche uns ihre persönlichen Daten zur Verfügung gestellt haben.

449 Profile, davon 8 Bauprojekte jüngsten Datums, 2 Brachen, 1 Obstgarten und 1 Wald wurden im Rahmen der Studie der Terroirs untersucht und in der Datenbank „Profile“ beschrieben. Ausgeklammert wurden natürliche Böschungen, welche Bohrungen gleichgesetzt wurden, genauso wie ältere oder schwer zu beschreibende Verbauungen.

In den Rebparzellen wurden also wie erwähnt 437 Profile ausgehoben bis auf eine durchschnittliche Tiefe von 190cm. 85% der Profile gingen mehr als 150cm tief. Bei den 15% von weniger als 150 cm war nur in 18 Fällen die nicht Bodenbeschaffenheit ein „triftiger“ Grund fürs Aufhören. 4% (16) sind teilweise eingestürzt, 3% (14) haben sich mit Wasser gefüllt, 4,7% (21) wiesen zu grosse Blöcke auf, als dass man sie unbeschadet hätte weiter vorantreiben können.

Nur 28 Profile wurden von einem harten Muttergestein gestoppt, normalerweise Flysch oder kalkhaltige Schiefer (was bei Weitem nicht bedeutet, dass nur 6% der Böden auf einer felsig Unterlage aufliegen, wie wir später noch sehen werden).

- 80 Profile aus früheren Studien wurden in die Datenbank integriert, davon 28, welche für die Studien von Raphy Favre über Martigny und Vétroz aufgeschlossen wurden, und 37 der Schule von Changins (Viti 2000, verschiedene). Die Profile wiesen eine durchschnittliche Tiefe von 135 cm auf und 48 waren zu wenig tief, um daraus aus hydrologischer Sicht definitive Erkenntnisse zu gewinnen.
- Ungefähr 20 andere Profile, die aus privaten Datensammlungen und Bauarbeiten stammten, wurden auch teilweise genutzt (Bodenanalysen, allgemeine Daten), jedoch nicht in die Datenbank integriert, weil wesentliche Angaben fehlten (zum Beispiel hinsichtlich der Steinigkeit).

4.2. DIE REBSORTEN IN DEN PARZELLEN MIT PROFILENTNAHME

Für 302 Parzellen mit Profilentnahme, also für insgesamt 55% der 529 in der Datenbank enthaltenen Profile, wurden bereits Auskünfte erteilt. Das ergibt 364 Informationen/Bestandesaufnahmen über 25 verschiedene Rebsorten (wobei auf einer Parzelle oder in unmittelbarer Nähe davon mehrere Rebsorten angepflanzt sein können).

Bei 188 Profilen/Parzellen der STW (= Studie über die Terroirs der Walliser Rebberge) muss noch informiert werden, was schrittweise geschehen wird, da jeder teilnehmende Rebbauer wenigstens noch einmal zur Übergabe seiner persönlichen Profilkarte kontaktiert wird.

Bei den „klassischen“ Rebsorten liegt die Aufteilung ziemlich nahe bei der heutigen Sortenbestandsstruktur im Wallis (siehe Abb. 27,28 und 29), die „anderen Rebsorten“ sind jedoch besser vertreten (36% anstatt 22%) auf Kosten der 3 Hauptsorten, was erwünscht war, da die Studie ja der Gewinnung neuer Erkenntnisse diene.

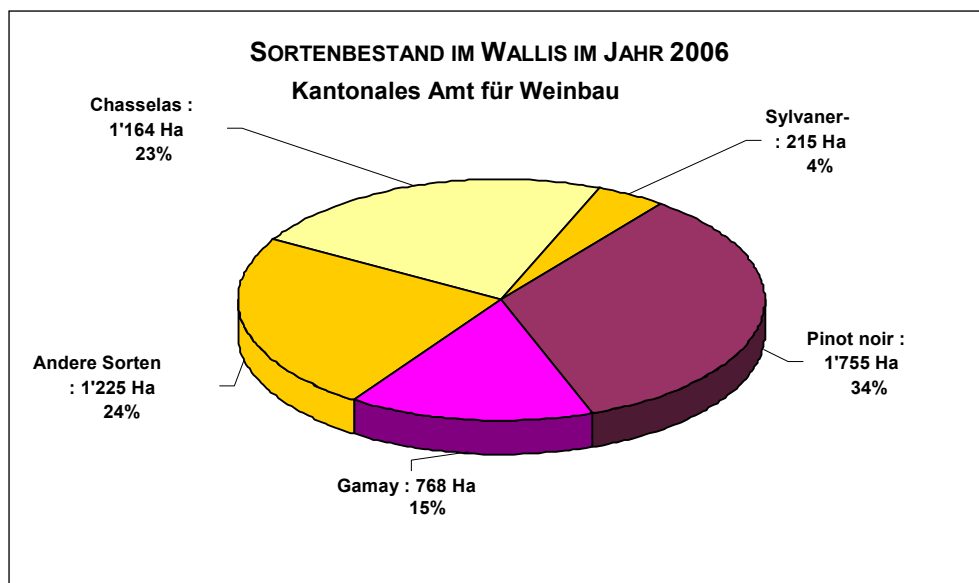


Abb. 27 : Verteilung der Rebsorten im Wallis - 2005 (KWA)

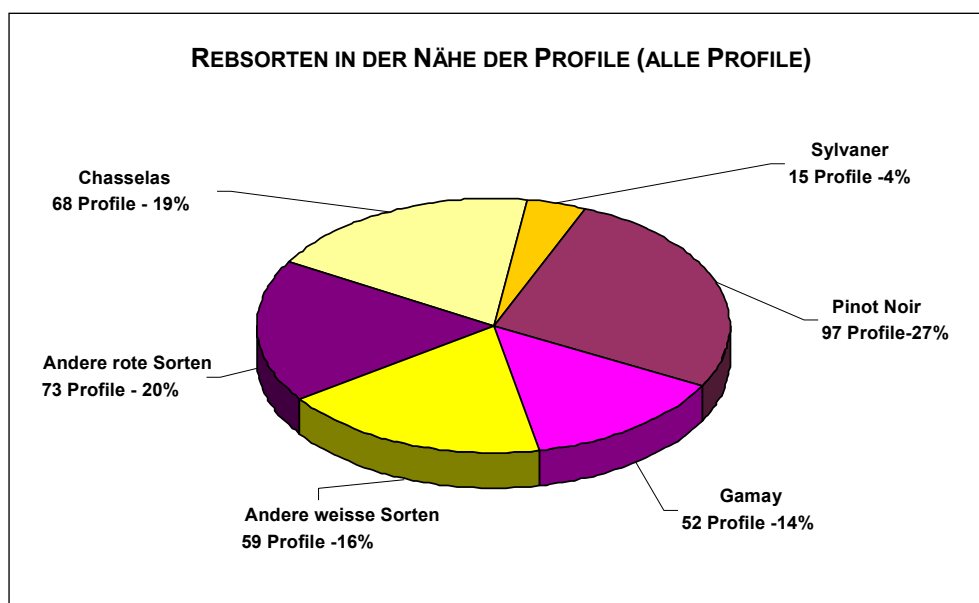


Abb. 28 : Verteilung der Rebsorten in den Datenbankprofilen (STW + andere)

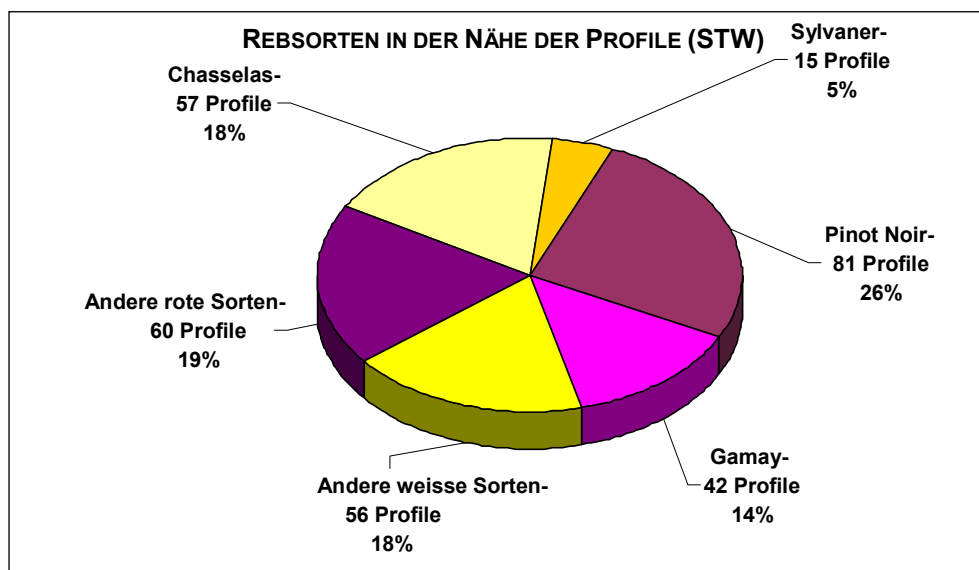


Abb. 29 : Verteilung der Rebsorten in den Profilen der STW

Für die anderen Rebsorten stellt man im Vergleich zum heutigen Sortenbestand Abweichungen fest. Sie widerspiegeln zum Teil das Interesse, welches insbesondere der Amigne (als Folge der in Vétroz spezifisch umgesetzten Studie), der Petite Arvine, dem Heida, und vor allem dem Cornalin entgegengebracht wird. Schlecht vertreten ist Syrah (7 Parzellen), wobei diese Sorte seit einigen Jahren an Beliebtheit zu gewinnen scheint. Da wir Parzellen mit einem Bestand in den besten Jahren (12 bis 20-jährig) den Vorzug gaben, erklärt das Eine wohl das Andere. An 96 Standorten sind 10 dieser Rebsorten vertreten:

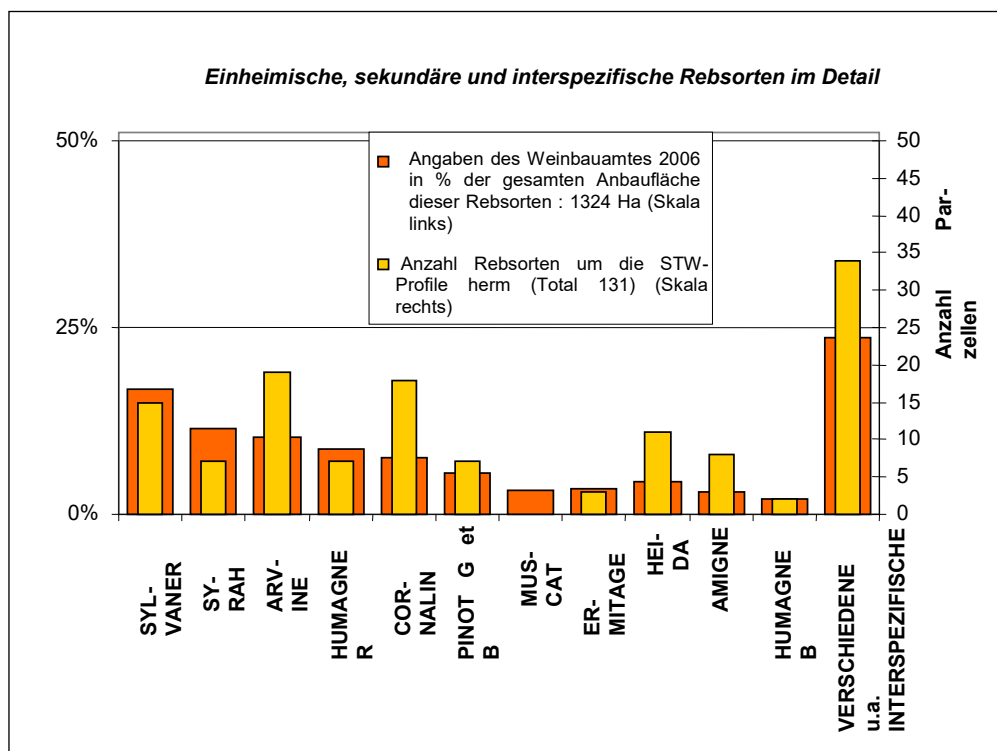


Abb. 30 : Verteilung der „sekundären“ Rebsorten in den Profilen

Die 34 Parzellen am rechten Ende der Grafik bieten interessante Aufschlüsse (Diolinoir 10, Gamaret (8) Garanoir (2), Merlot (4), Cabernet F. (3), Chardonnay (3), Sauvignon Doral, Carminoir und Muscat, je (1) Standort) im Zusammenhang mit den vom KAW 2006 beobachteten Tendenzen.

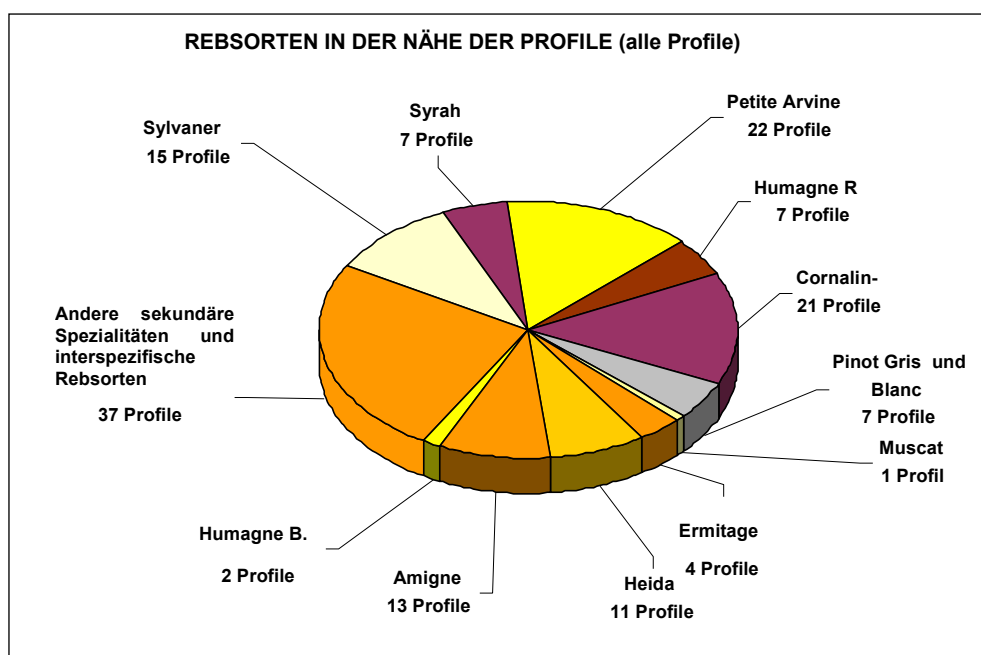


Abb. 31 : Verteilung der „sekundären“ Rebsorten in den Profilen

4.3. DIE FLÄCHEN : GRUPPIERUNG DER BODENTYPEN

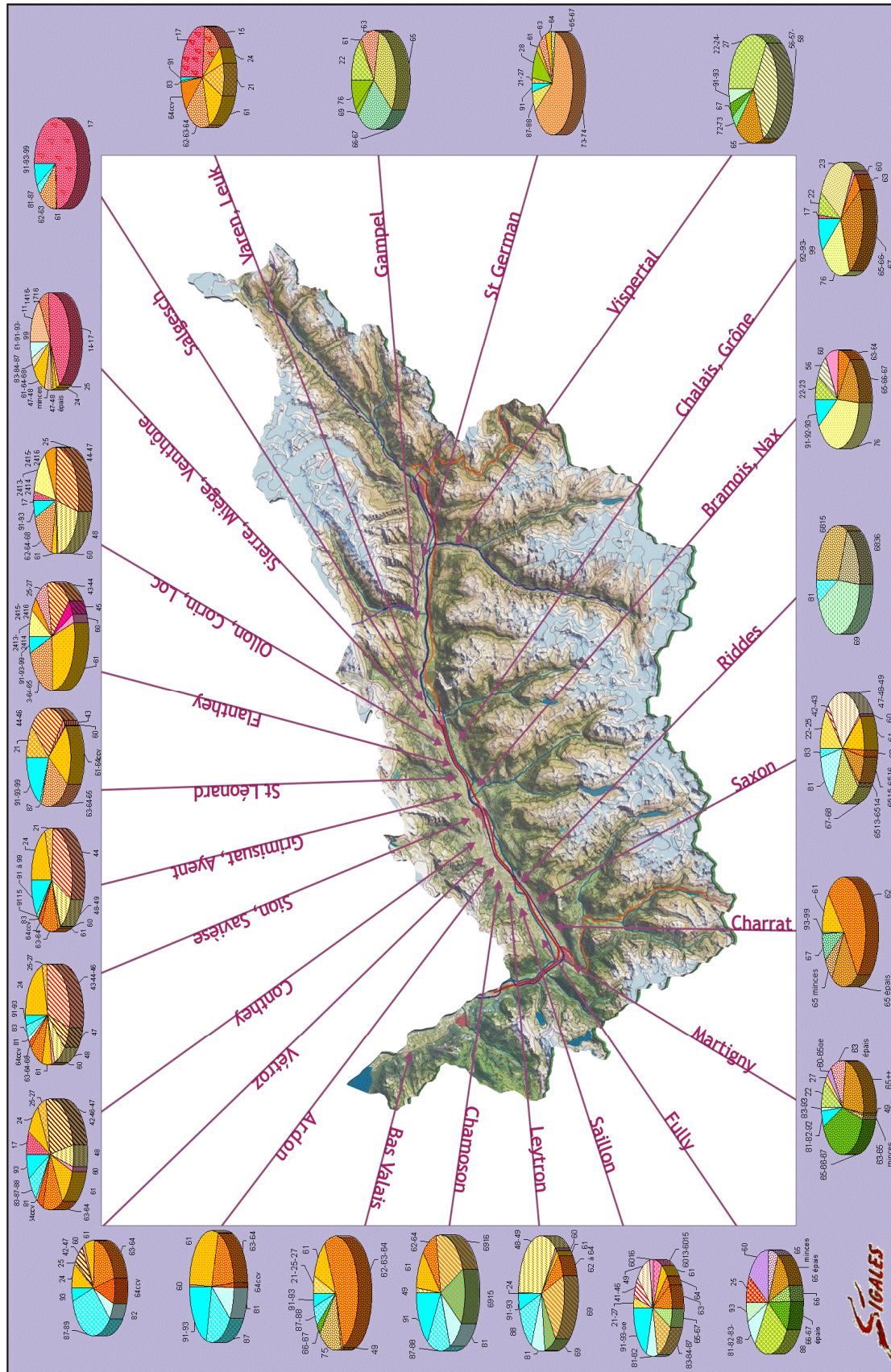


Abb. 32 : Verteilung der grossen Bodentypen pro Sektor im Wallis

DIE REBBÖDEN IM WALLIS

Haupttendenzen - Flächen und modale Wasserreserven

	Ha	Durchschnitt FK mm
11-17 : Sehr kalkreiche Böden aus Felsstürzen (oft stark umgeschichtet)	618	119
24 : Böden aus Grundmoränen (1/3 mächtig, 1/3 wenig mächtig, 1/3 durchschnittlich)	375	168
21-22-23-25-27 : Böden aus stark skeletthaltigen Seitenmoränen	205	122
44 : Kalkschiefer des Flysch	415	104
42-43-45-46-47 : Kalkschiefer und verschiedene Kalkgesteine aus Trias und Lias	179	80
48-49 : Schiefer und Bläterschiefer des Doggers	354	154
56-57 : Verschieden linksufrige Schiefer	39	128
72-73-74-75-76 : Geröll und besondere, linksufrige Ablagerungen, St.German	100	158
61 : Geröll und Kegel - kalkhaltig, mächtig, durchschnittlich skeletthaltig	328	178
63-64 : Geröll und Kegel - kalkhaltig, (sehr) skelettreich - (1/8 wenig mächtig)	634	126
61-64ccv : Geröll - Kalksteingemenge, sehr mächtig, skeletthaltig, aus Mulden	134	200
65-66-67-68 : Geröll - aus Kiesgememnge Kristallin oder Schiefer	442	138
60 : "Reine" Lössse	143	204
69 : Böden aus wenig oder nicht skeletthaltigen Kegeln auf einem Teil des Profils	272	202
81-82 : Schluffige Alluvionen aus der Ebene	202	244
83-84-87-88 : Sehr skelettreiche Alluvionen aus der Ebene und Wildbachkegel (ohne Grundwassereinfluss ?)	414	103
93 : Mittelmässige skeletthaltige Kolluvionen	175	254
91-92-99 : Mächtige, skelettarme Kolluvionen, Löss aus Hangterrassen	248	250
TOTAL KARTIERTE Ha - durchschnittliche FK in mm gewichtet	5356	151

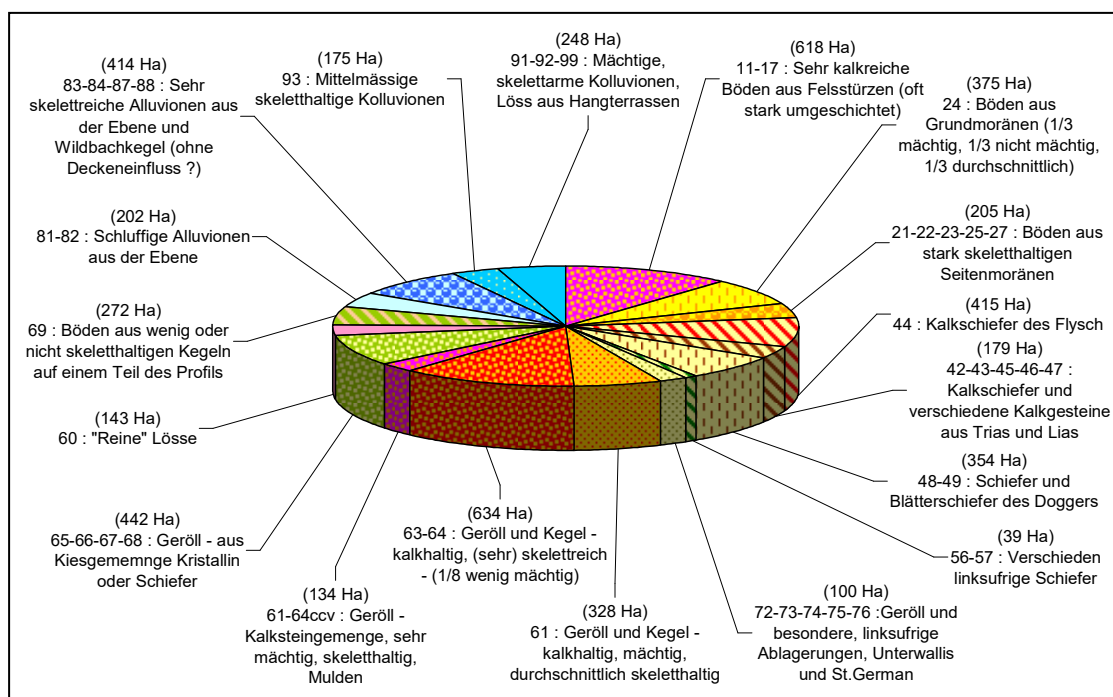





Abb. 33 : "Durchschnittliche" Verteilung der grossen Bodentypen im Wallis




Insgesamt wurden **5356 Hektar** kartiert, nicht inbegriffen und noch hinzuzufügen sind Bewaldungen und interessante, unbepflanzte (unbepflanzbare) Felsen, die noch dazukommen. Diese Zahl liegt leicht über den offiziellen Angaben, wohl einfach wegen der Breite der Wege und Strassen und den stark zerstückelten Bauzonen, welche wir nicht alle herausgenommen haben.


2923 Einheiten wurden gezeichnet, davon waren mehr als 2200 kleiner als 1 Hektar und 700 kleiner als 0,25 Hektar.


Gruppierungen wurden vorgenommen, damit die Grafiken noch lesbar bleiben. Für jede Kategorie wurde eine Gesamtrechnung der modalen Wasserreserven erstellt (rechte Kolonne in der Tabelle). Folgendes ist zu beachten:



➤  11-14-17 : Der Felssturz, welcher die „hyperkalkigen“ Böden von Sierre, Salgesch und den „Hügeln“ verursacht hat, wird hier über die 618 ha als Gesamtes betrachtet, wobei etwas mehr als 100 ha mächtiger und weniger kiesig, aber immer noch sehr kalkreich sind. Diese Gesamtheit ist natürlich klar lokal abgegrenzt (vom Osten von Randogne bis Varen). Einen vergleichbaren, wenn auch viel kleineren Felssturz, gibt es oberhalb von Conthey.


➤ 21 à 28 : Die wirklich moränischen Böden erstrecken sich auf etwa 650 ha (davon mehr als die Hälfte auf Grundmoränen). Die Grundmoränen [24]  sind im Osten von Vétroz bis Conthey, und anschliessend von Grimisuat bis Ayent ziemlich prominent vertreten. Danach trifft man sie wieder in den Höhen der Rebberge von Flanthey, Ollon und Loc, bevor sie unter den Felsstürzen verschwinden. Böden von Seitenmoränen [21 bis 27, ohne 24]  findet man über den gesamten Kanton verstreut.


➤ Die oft wenig oder mittelmächtigen Böden, welche Schiefer  und Kalkgestein  überlagern, dehnen sich auf fast 1000 Hektaren (inklusive der terrassierten und aufgeschütteten Böden von grossen Rebbergen im Stil von Clavaux) von Saillon bis Ollon-Loc aus. Die ihnen eigenen, komplexen Reliefs sind zum Teil tief zerklüftet und bilden wahre Lössfallen zwischen den Kämmen mit den viel weniger mächtigen Böden. Dazu fügen wir auch zum Beispiel die Böden auf Schiefer  [56] von Visperterminen, Nax oder Bramois und die komplexen Platten von Saxon.


➤  48-49 : Die 350 ha aus blättrigerem und instabilem Schiefer des Aaleniums reihen sich in den Rebbergen von Leytron, den rechteufrigen Abhängen der Seitentäler von Conthey (Daillon) oder Ayent (Voos), dann von Loc nach Randogne und schliesslich auf Fortune bei Saxon aneinander.


➤  Die (mit einem Code 60 fast reinen) Löss sind auf 272 Hektar vorgefunden worden. Den grössten Einheiten begegnet man bei Fully, Saillon und Bramois, dazu sind sie noch in über 400 zusätzlichen Hektaren mehr oder minder deutlich vertreten (Trilogien oder Gemenge, "OE", "oe"-Notierungen, oe in den Varianten) und verteilen sich so ziemlich überall von Martigny bis Bratsch.


➤ Die mächtigen Kiesböden aus kalkhaltigem Geröll entsprechen etwa 1000 ha (stark abschüssige Tafeln oder grosse, besser zugängliche Kegel).  

➤ Die mächtigen Kiesböden  aus kalkarmem oder kalkfreiem Geröll mit eher kristallinen oder sehr schiefrigen Elementen bedecken ungefähr 500 ha, auf dem rechten Rhoneufer von Dorenaz bis Saillon und von Bratsch bis St German, auf dem linken Rhoneufer von Martigny bis Saxon/Riddes und danach im Vispertal.

➤  Auf dem linken Rhoneufer, sowie im Chablais (von Martigny abwärts) und St German findet man zudem noch andere, sehr kleinflächige Konfigurationen inmitten von Böden, welche denjenigen auf dem rechten Rhoneufer sehr ähnlich sind. In mehreren Gemeinden wurden Gippsspuren festgestellt, aber wirklich Gips überlagernde Böden gibt es nur bei Loc.

➤  Die grossen, nur sanft geneigten oder flachen Wildbachkegel bilden oft ausgedehnte, ziemlich homogene Einheiten wie in Fully, dann Leytron und Chamoson (zum Teil), oder sie liegen flach wie bei Saillon (Salentse) Ardon/Vétroz (Lizerne) und auf den Böschungen der wichtigsten Bachläufe (Morges, Raspille). Sie umfassen 400 ha.

➤  Andere grosse Kegel sind eher schluffig und wenig kiesig (Chamoson zum Teil, Riddes, Agarn); sie beanspruchen 250 Hektar.

➤  Die nicht oder nur wenig kiesigen Kolluvionen und Alluvionen in der Ebene betreffen etwas mehr als 600 ziemlich weit verstreute Hektaren, mit dem grössten Flächen von Leytron bis Vétroz

Die Nachbargemeinden (Saillon und dann Fully, siehe Abb. 34 und 35) weisen sehr unterschiedliche Konfigurationen auf:

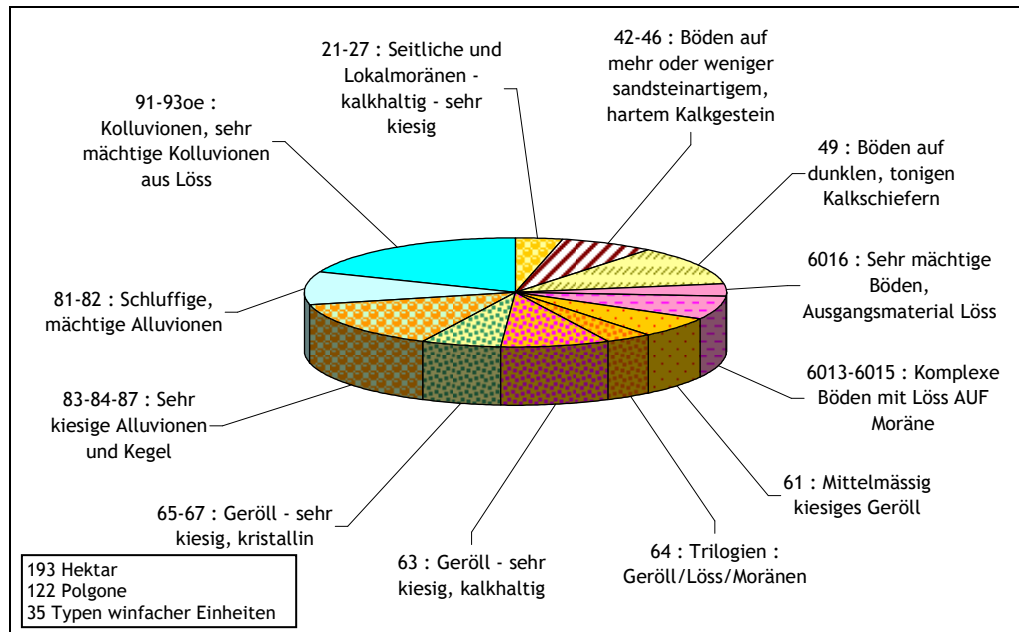


Abb. 34 : Verteilung der grossen Bodentypen bei Saillon

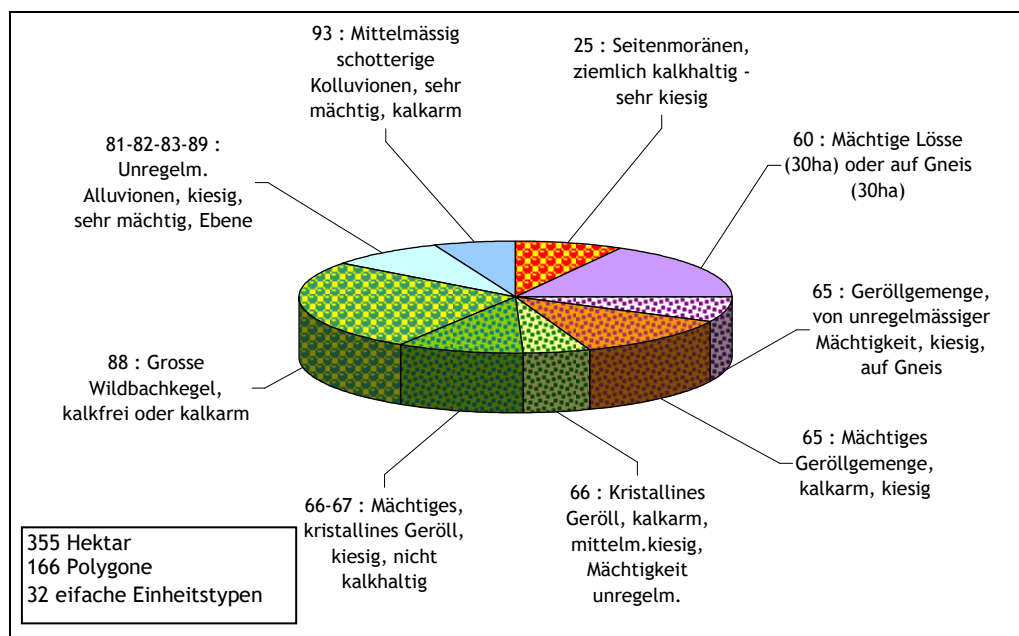


Abb. 35 : Verteilung der grossen Bodentypen bei Fully

Die Arbeiten auf Rebsorten werden sich also wahrscheinlich nach diesen allgemeinen Gegebenheiten richten müssen, dazu kommen noch die ebenfalls zu beachtenden hydrologischen Merkmale (siehe Teil 4.5.).

4.4. EINIGE ZAHLEN: DIE BODENANALYSEN

4.4.1. ANALYSEN : INTERSEKTORIELLER VERGLEICH

Die Tabelle 09 hebt einerseits die geologischen Einflüsse hervor, zeigt aber auch, dass die Winzer ihren Böden ihren eigenen, mehr oder weniger unverkennbaren Stempel aufdrücken (Durchmischung, Zufuhr von organischem Material und Dünger).

Die Durchschnittswerte für das gesamte Wallis figurieren jeweils oben in der Tabelle, auf diese Weise ist für jeden Sektor ersichtlich, bei welchen Parametern er über oder unter dem Durchschnitt liegt. Die farbige Darstellung wurde gewählt, um die Sektoren mit den tiefsten und den höchsten Werten (ohne qualitative Wertung) noch besser hervorzuheben.

So stellt man fest, dass in 8 Sektoren der durchschnittliche Anteil an organischem Material gleich unter der Oberfläche bei weniger als 1,2 und in 2 Sektoren bei nahezu 2 liegt.

Ebenso ist ersichtlich, dass ein Durchschnittswert von 1.17% über alle Horizonte hinweg ziemlich hoch ist wenn man bedenkt, dass mehr als ein Drittel der Bodenproben aus sehr tiefen Horizonten stammt. Im Vergleich dazu lagen diese Werte in den Kantonen Waadt und Neuenburg bei 0,9%, bzw. 0.8%. Diese Differenz mag auf Anhieb gering erscheinen, in Wahrheit steckt aber eine immense Arbeit zur Verbesserung des Bodens dahinter. Dazu muss gesagt werden, dass es viel Arbeit und Zugaben erfordert, um einen Durchschnitt dieser Art auch nur ein ganz klein wenig anzuheben. Zudem bewegen sich die Durchschnittswerte in der Tiefe bei vielen Bodentypen um 1 herum und diese Tatsache spricht Bände.

Es ist hier wohl an der Zeit, mit einer simplen Vergleichsgrafik der untersuchten Kantone daran zu erinnern, dass nicht die Geologie die Böden ausmacht: In den Kantonen Neuenburg und Waadt gibt es nur Kalkgesteine und trotzdem sind dort die kalkfreien Böden viel zahlreicher, und das in zunehmenden Masse, je niederschlagsreicher eine Gegend ist.

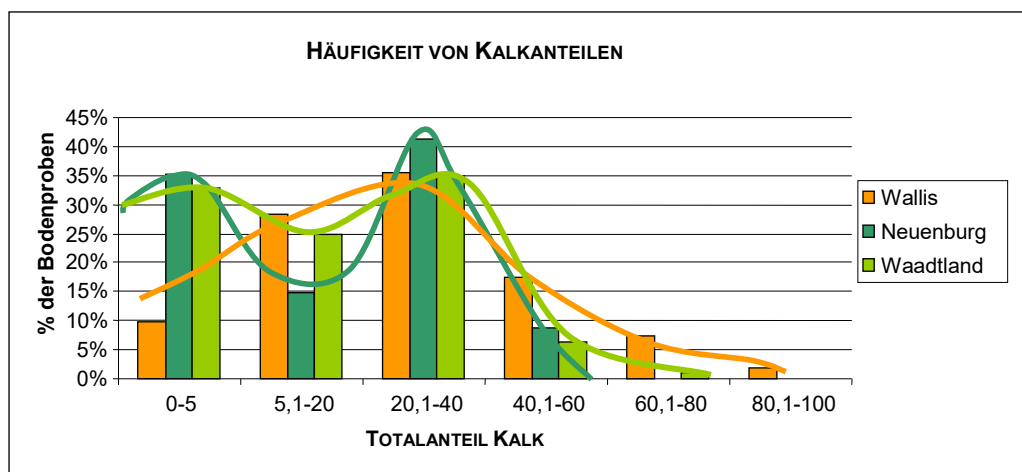


Abb. 36 : Die Häufigkeiten von Totalkalk im Vergleich 3er Westschweizer Kantone

Was die austauschfähigen Anteile an Kalium und Magnesium anbelangt sei vorab vermerkt, dass diese Anteile von Horizont zu Horizont, Sektor zu Sektor oder Einheit zu Einheit als blosse Vergleichswerte dienen können. Die auf eidgenössischer Ebene verwendete Extraktionsmethode, wo die Summe der Kationen auch bei einem mit Kalzium übersättigten Boden mit 100% angegeben wird, lässt keine genaue Schätzung der tatsächlich austauschbaren Kationen zu. Gemäss diesen Messungen wäre in absoluten Zahlen der Kaliumgehalt in allen Sektoren gering bis sehr gering, was natürlich nicht der Fall ist, obwohl auch Mangelerscheinungen nicht selten sind.

Anzahl Proben	Sektor	Org. Material % Alle Horizonte	Org. Material % Oberboden	pH-Wert	Total- kalk %	Aktiv- kalk %	Ton %	Schluffe %	Sande %	Eisen ppm**	KAK cmol/kg	KAK "mf"	K % Oberboden	Mg % Oberboden	Mg % Unterboden
727	Wallis ohne Abnormalität	1.17	1.53	8.0	28.2	6.2	13.6	38.5	47.9	161	8.6	52.3	1.9	7.6	7.1
734	Wallis	1.17	1.55	8.0	28.2	6.2	13.6	38.5	47.9	161	9.2	56.8	1.9	7.6	7.1
9	01 CHABLAIS	1.77	1.76	8.0	28.1	3.3	19.7	29.8	50.4	228	11.9	43.7	0.9	8.2	7.2
40	02 MARTIGNY	1.32	1.54	7.5	11.1	1.2	14.7	35.7	48.9	212	10.1	27.0	1.9	8.7	8.5
55	03 FULLY	1.00	1.41	8.1	10.7	2.3	9.9	36.6	51.8	131	7.9	69.8	2.6	8.5	7.1
34	04 SAILLON	1.19	1.05	8.1	22.0	6.2	12.5	38.9	38.6	116	9.4	57.4	1.5	7.0	5.8
37	05 LEYTRON	0.82	1.01	8.0	29.9	4.2	12.8	36.2	51.1	208	7.2	50.9	1.7	7.7	8.6
38	06 CHAMOSON	1.46	1.93	7.9	39.4	6.2	17.1	44.8	38.1	211	8.0	30.8	1.9	7.8	7.2
12	07 ARDON	1.05	1.08	8.2	48.5	8.0	11.9	36.9	51.2	384	7.0	44.9	1.3	7.7	7.1
51	08 VETROZ	1.25	1.43	8.2	35.5	5.7	13.0	35.2	51.3	223	8.9	56.3	1.7	7.5	6.6
31	09 CONTHEY	0.94	1.29	8.1	34.0	6.6	14.5	32.7	52.5	167	7.7	41.0	1.5	5.4	3.9
25	10 SAVIESE	0.81	1.23	8.1	18.2	4.5	16.6	42.1	41.3	158	9.8	49.5	1.5	9.7	8.3
27	11 SION	0.97	1.28	8.2	17.7	3.8	11.1	39.0	50.0	120	8.4	66.3	1.6	7.1	7.2
21	12 GRIMISUAT	1.12	1.56	8.1	21.2	4.6	15.6	45.3	39.0	183	8.9	49.0	1.7	7.1	5.7
38	13 AYENT	1.01	1.37	8.1	22.6	4.4	14.9	37.7	47.4	151	8.9	54.2	2.0	6.9	8.5
20	14 ST LEONARD	0.92	1.13	8.0	27.8	5.0	12.0	38.5	49.6	198	7.4	48.0	1.8	5.9	5.7
28	15 FLANTHEY	1.42	1.73	8.0	25.9	6.9	16.0	43.9	40.2	188	9.1	41.9	1.4	6.7	6.2
33	16 OLLON-LOC	1.41	1.68	8.1	21.4	6.2	15.9	41.9	42.2	130	11.5	59.9	1.4	8.4	9.3
28	17 VENTHONNE SIERRE W	1.36	1.70	8.2	47.0	10.5	16.1	33.2	42.5	105	9.4	41.9	2.0	6.1	8.7
27	18 MIEGE VEYRAS	0.93	1.18	8.1	56.9	9.2	15.5	36.5	46.2	122	8.6	53.7	1.8	6.5	5.4
44	19 SALGESCH	1.62	2.05	8.1	57.6	10.0	15.4	38.3	46.3	106	9.8	49.1	1.7	7.2	5.5
30	20 VAREN LEUK	1.06	1.34	7.9	43.9	9.4	14.0	39.8	46.3	112	14.3/8.9***	80.4/54***	1.3/1.5***	7/8***	5.6/6***
27	21 VISPITAL RARON	0.87	1.02	8.2	5.2	NG***	8.9	31.0	60.1	NG***	6.3	53.6	2.6	8.1	9.8
24	22 CHALAIS GRONE	1.33	1.51	7.9	8.1	3.8	8.7	42.1	49.3	NG***	12.5/7.6***	112/60***	1.8/2.1***	9/11.2***	8.8/13
12	23 BRAMOIS	1.13	1.53	8.0	11.3	3.8	10.6	37.3	52.1	130	15.3/8.2***	106/59***	1.2	6.9	6.7/10***
25	24 SAXON RIDDES	1.12	1.27	8.1	16.5	4.6	9.5	36.6	50.1	114	7.0	51.3	2.2	8.7	7.1
16	25 CHARRAT	1.49	1.94	8.2	44.4	8.3	16.0	38.1	40.7	140	9.6	42.2	1.2	6.2	5.2
			*Oberboden 30-50cm			***teilweiser Durchschnitt der betroffenen Proben		***NG = nicht gemessen		****2. Zahl = Abnormalität herausgenommen		Austauschbares K und Mg Oberboden und in der Tiefe			

Tabelle 09 : Durchschnittszahlen der Bodenanalysen pro Sektor

4.4.2. ANALYSEN : DIE GROSSEN EINHEITEN IM VERGLEICH

Es ist dies das objektive Resultat aller verarbeiteten Daten, welche auf die Einheit UND die Tiefe herunter gebrochen worden sind. Tatsächlich ist es in Anbetracht der vielen Überlagerungen nicht möglich, aus den Durchschnitten aller Horizonte/Sektoren klare Tendenzen herauszulesen. Sortiert und trennt man jedoch die Ergebnisse nach Tiefen, ist das sehr wohl möglich (siehe nachfolgende Grafiken, S. 86 bis 97).

Die grafische Darstellung in Form von waagrechten Streifen haben wir den Physiologen abgeschaut. Diese erlaubt es nämlich, den Stand mehrerer Parameter auf einen Blick zu erkennen, zu sehen ob sie variieren und wenn ja, ob miteinander oder einzeln. Jeder Parameter - organisches Material (OM), austauschbares Kalium (K) und Magnesiumgehalt (Mg), plus Ton und KAK in der unteren Grafik, wird mit den kantonalen Mittelwerten verglichen, welche als durchschnittlicher Richtwert dienen.

Dank diesem Vorgehen können charakteristische Verhaltensweisen aufgespürt, Durchschnittswerte bestätigt (Kalk, Tonanteile), und erklärbare oder unerklärbare „Ausreisser“ ausgemacht werden. Die obere Gruppe gibt den Durchschnitt aller Horizonte an.

Die Kalk-Grafiken wurden nicht nach Tiefen aufgebrochen, weil vertikal keine namhafte Entwicklung festzustellen ist. Sie müssen wie folgt gelesen werden: für [11-17], 48% der 67 Proben weisen einen Totalkalk von 60 bis 80% auf.

Bemerkungen:

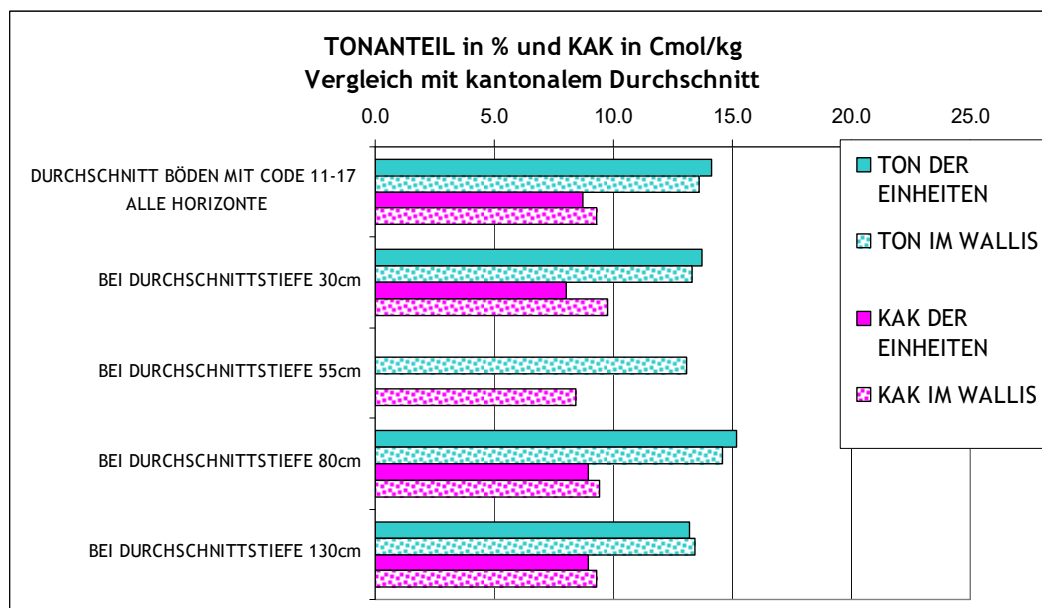
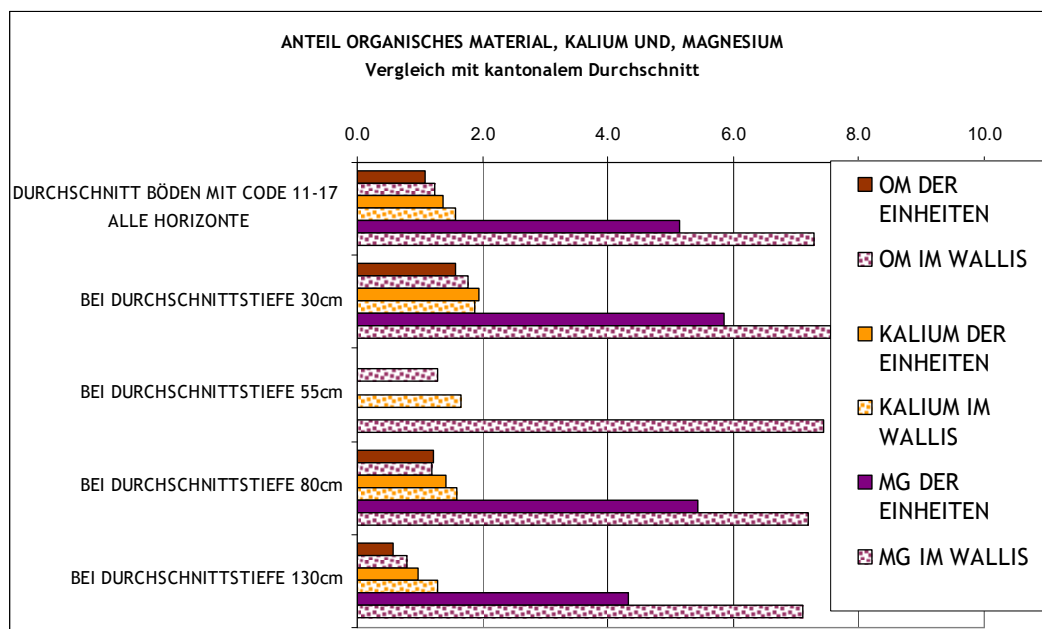
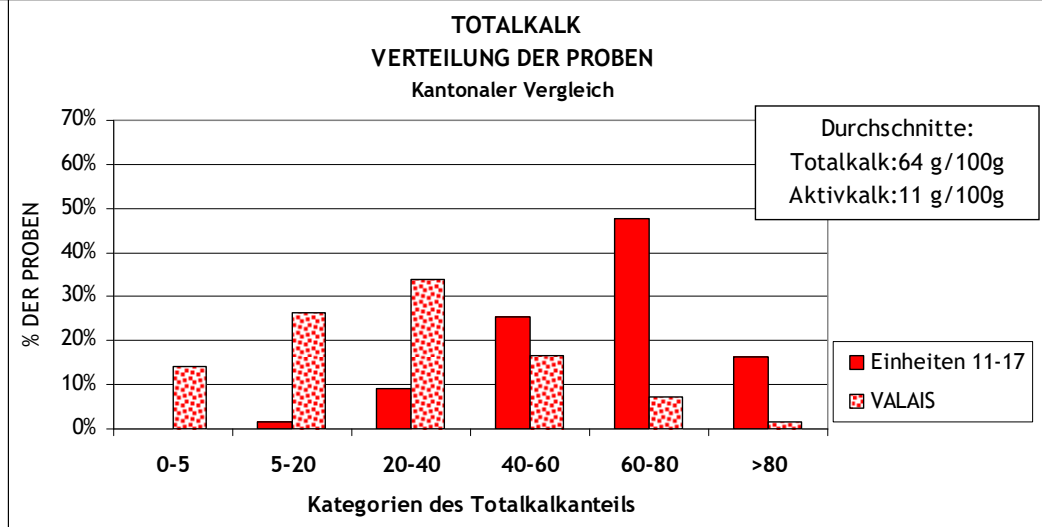
Die komplexen Einheiten vom Typ 64 sind nicht dargestellt, weil die Tiefen und Stärken der Stufen von einem Profil zum anderen zu sehr schwanken.

Ebenso ausgelassen haben wir Einheiten, bei denen wir nicht über genug Bodenanalysen verfügten, entweder, weil sie zu klein waren (z.B. 22,26,45,74,75, 76), oder weil sie sichtlich felsig genug waren, um problemlos identifizierbar zu sein (z.B. Typ 47).

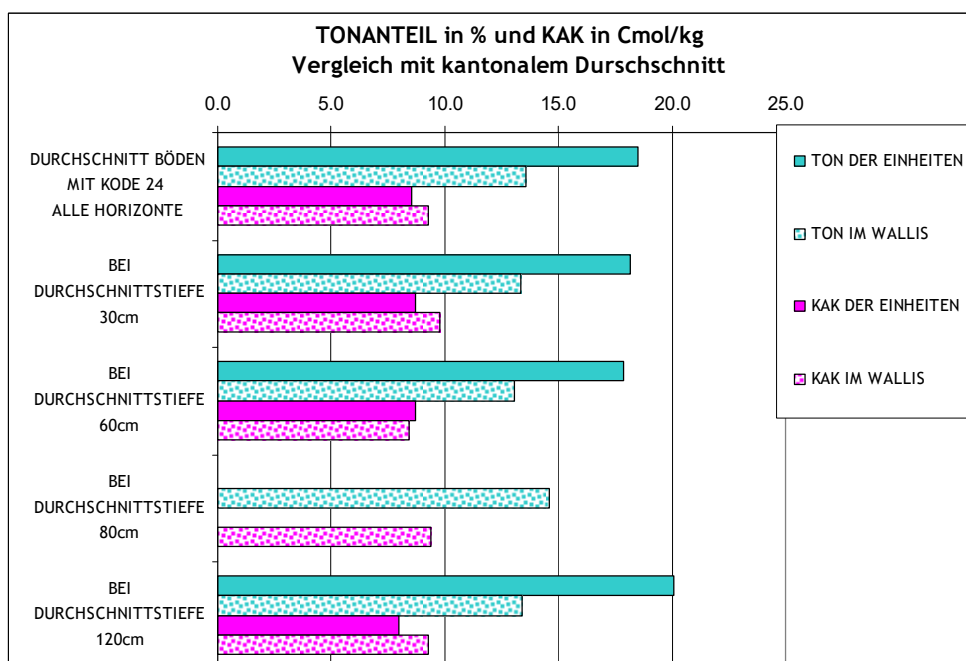
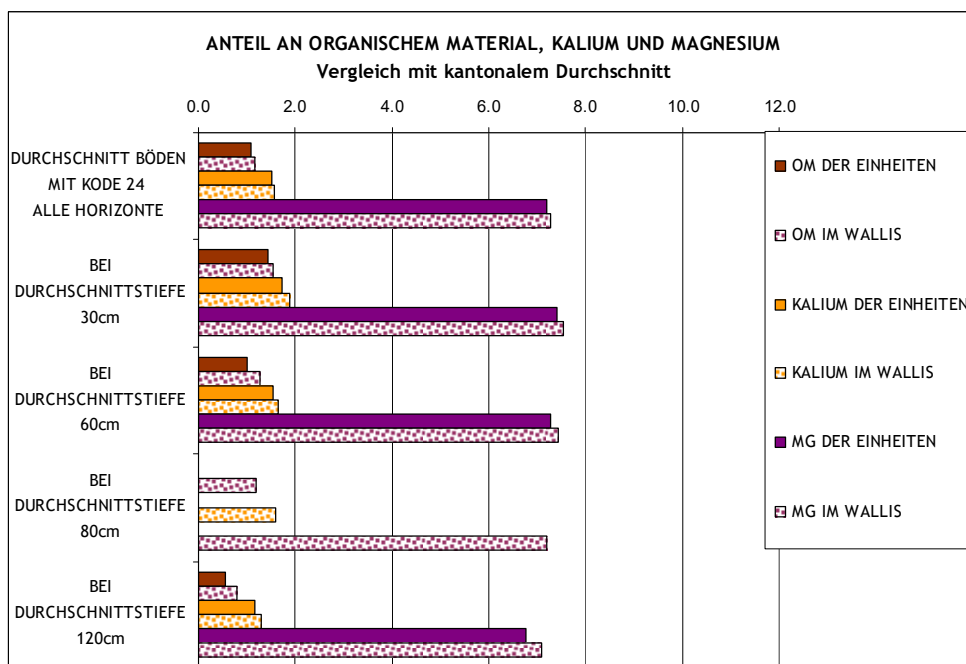
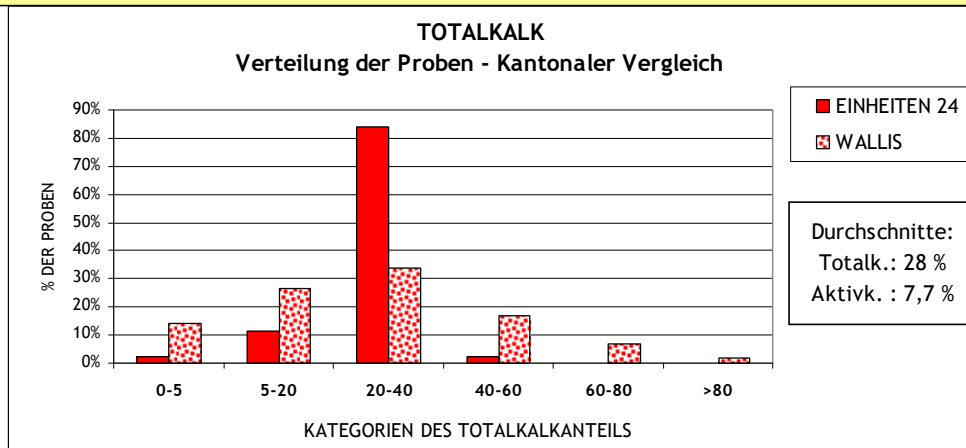
Beispiele: Folgendes kann beobachtet oder verglichen werden:

- Die Aufteilung pro Kategorie der gruppierten [24] oder sehr verstreuten [91] Kalke. NB: Einige überraschende Proben stammen aus überlagerten Horizonten anderen Ursprungs: Bsp.: kalkarme Horizonte bei [11-17].
- Die Ton/KAK-Verhältnisse :
 - Die Gerölle [11-17] sind augenscheinlich ziemlich fein, aber ihre KAK liegt unter dem Durchschnitt: Kalkmehl gelangt in die Tonfraktion und/oder sehr hohe Kalkanteile „inaktivieren“ das organische Material.
 - Die Grundmoränen [24] und Schiefer [48_49] weisen erwartungsgemäss den höchsten Tonanteil aus und ihre KAK ist dementsprechend überdurchschnittlich. Die [61] sind auch ziemlich fein, jedoch kalkhaltiger, und ihre KAK liegt etwas unter den Erwartungen.
 - Die [67] sind sehr sandig, aber ihre KAK lässt in der Tiefe nicht stark nach. Es hat viel Glimmer und feine, aktive, nicht ausgewaschene Plättchen.
 - Die [88-87] sind gleichzeitig die sandigsten Einheiten und diejenigen mit der schwächsten KAK: Alle aktiven Partikel wurden von den Fließgewässern ausgewaschen.
 - Diese gegensätzlichen Einflüsse erklären die schwache Korrelation von Ton-%/KAK.
- Die Anteile an organischem Material in den Böden, das Resultat menschlicher Bearbeitung.
- Die natürlichen Gehalte und vertikalen Gradienten von Kalium K und Magnesium Mg.
 - Die [48-49] sind ziemlich reich an Magnesium (ihretwegen musste die horizontale Skala auf 12 erweitert werden, wo sonst 8% gereicht hätten).
 - Die [44] und [66-67] : Das austauschbare Kalium nimmt von der Oberfläche bis in die Tiefe kaum ab: Migrationen durch Auswaschen oder Freisetzung durch die Glimmer der Schiefer und Gneise, geringere Konkurrenz mit Kalzium?

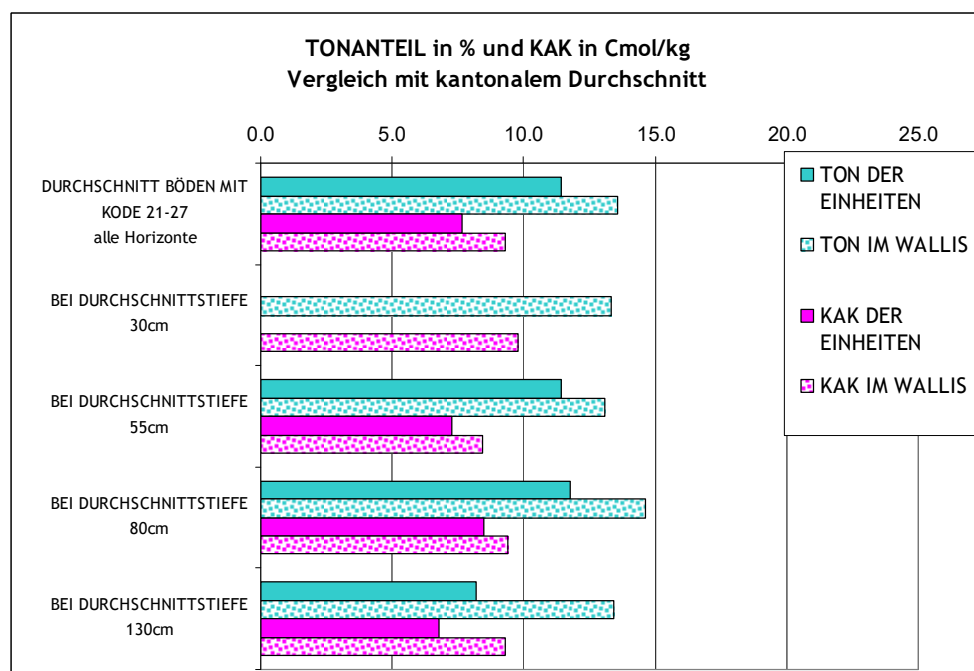
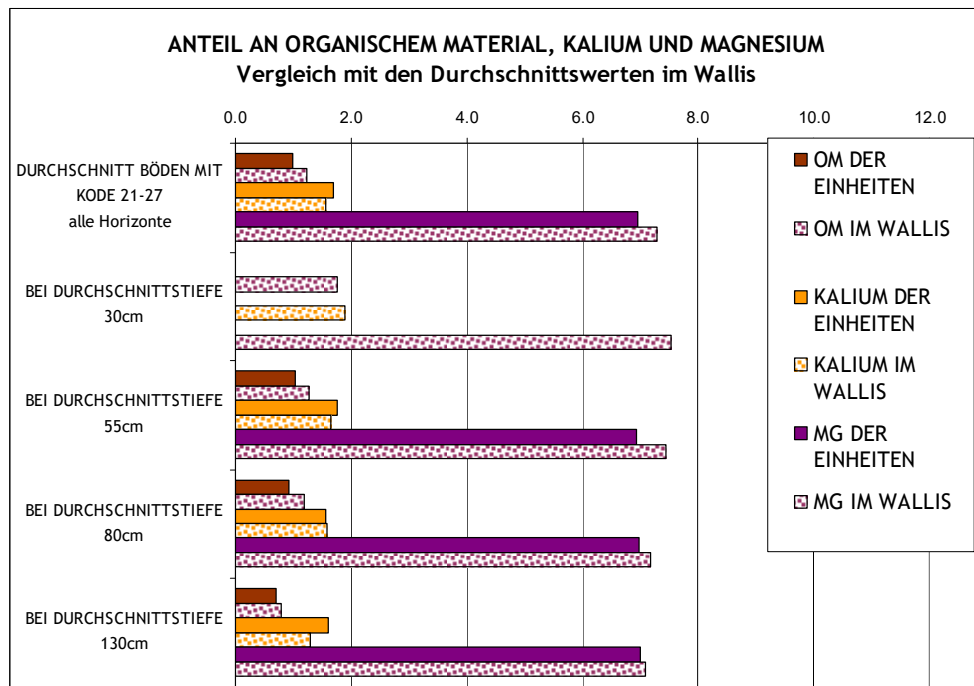
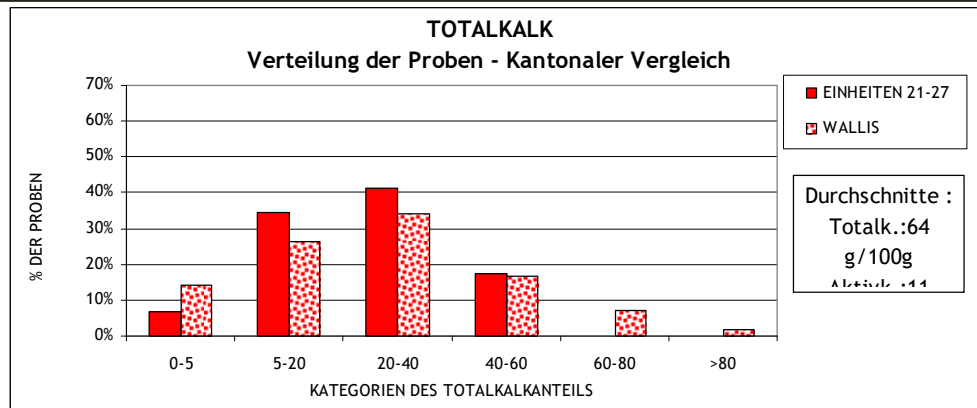
11 - 17 : BÖDEN AUS GROSSEN FELSTÜRZEN (67 Proben)



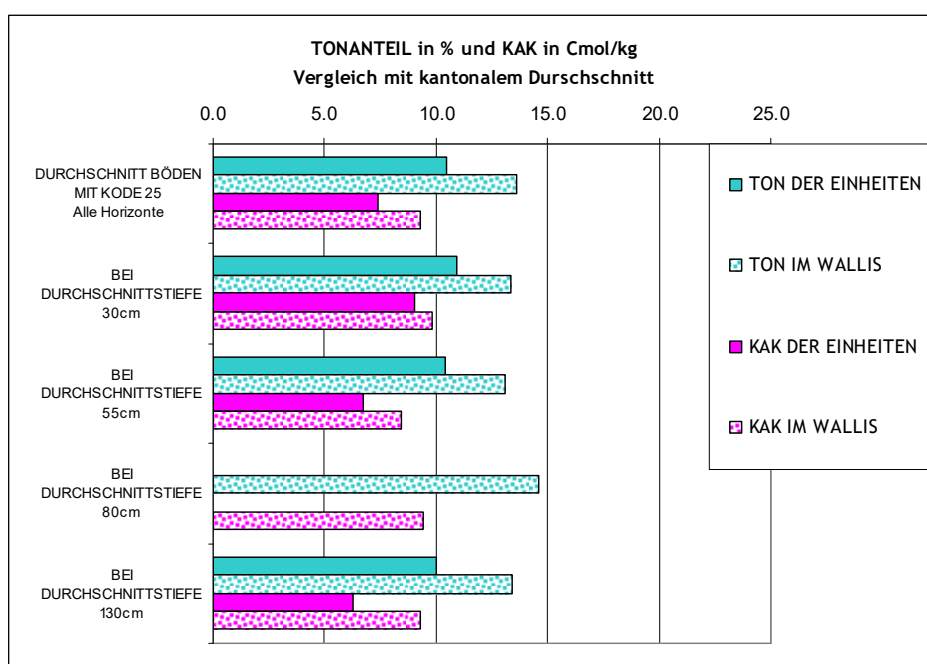
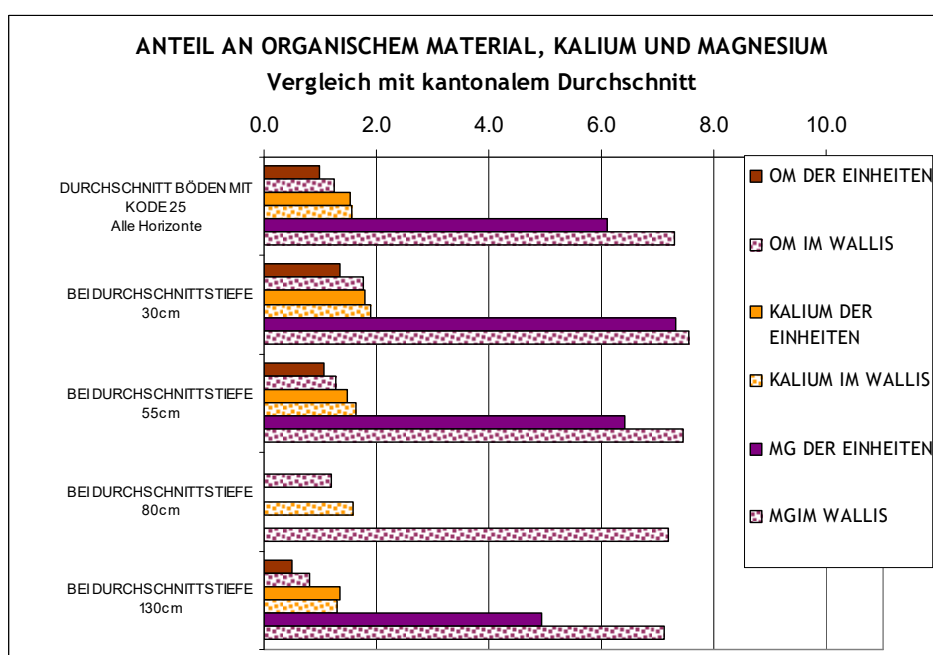
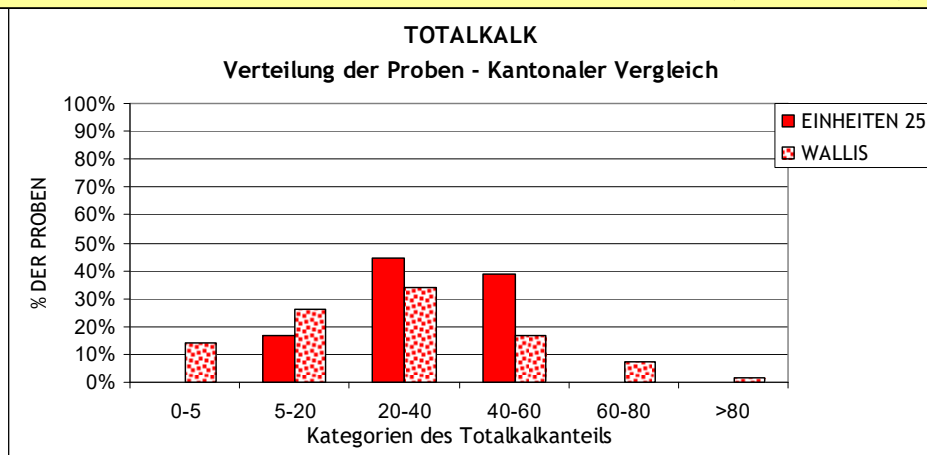
24 : BÖDEN AUS GRUNDMORÄNEN (44 Proben)



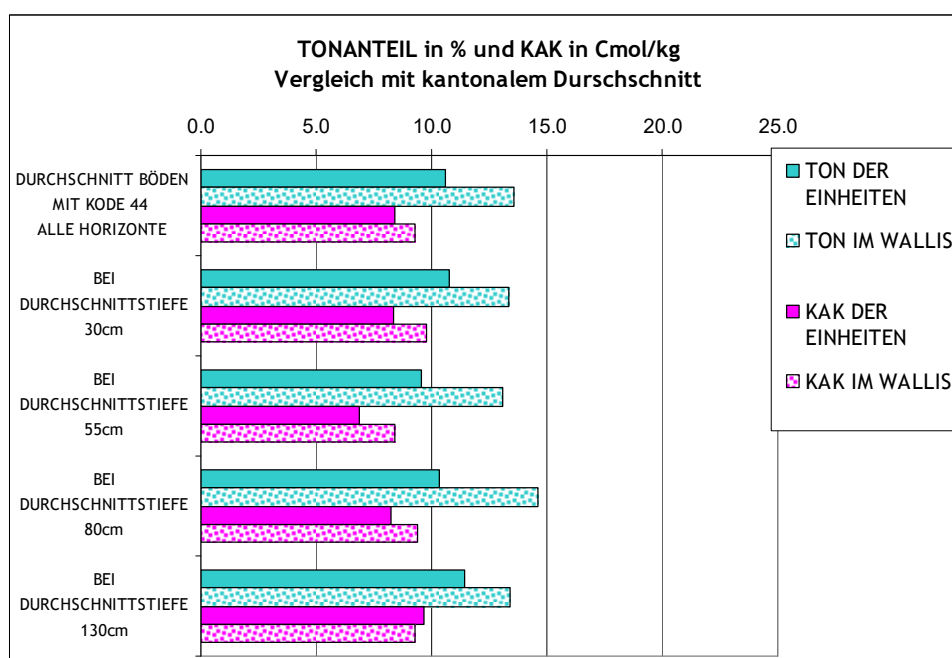
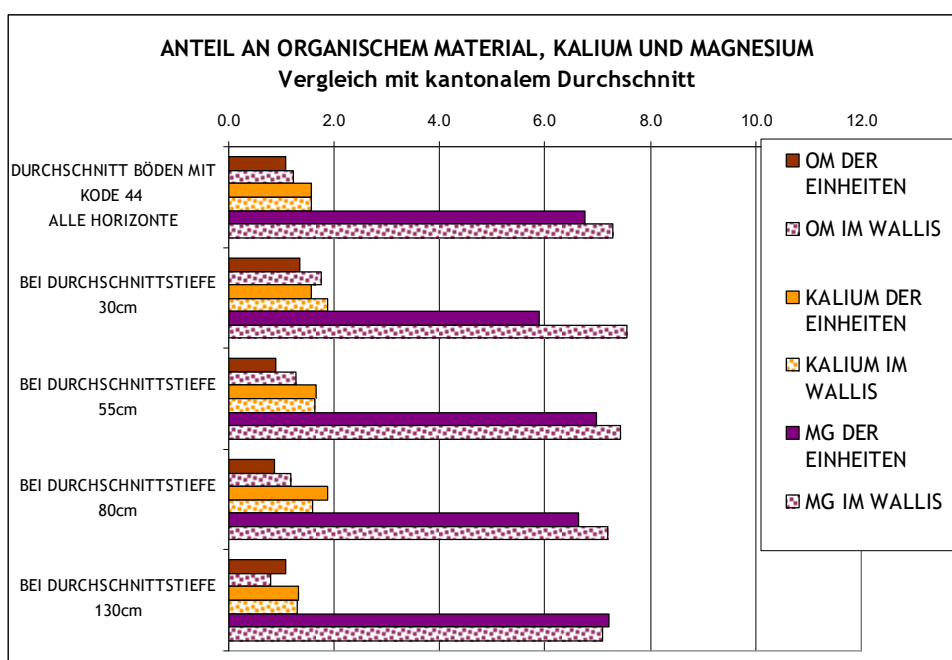
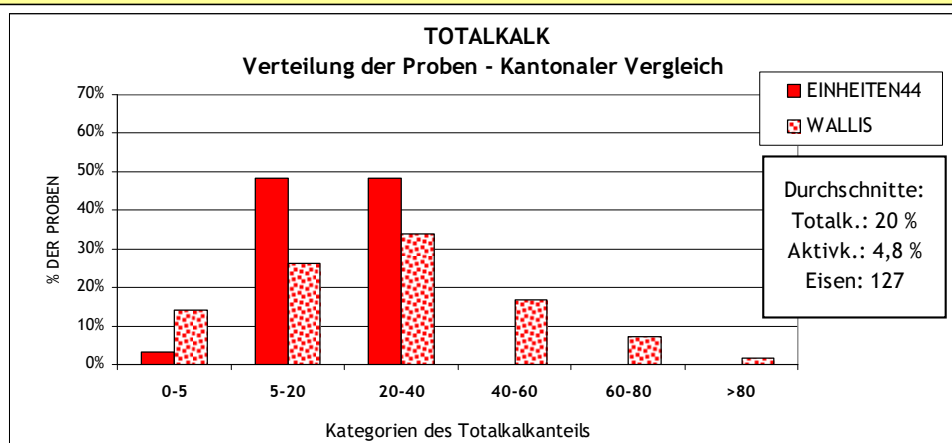
21 - 27 : BÖDEN AUS MORÄNEN (29 PROBEN)



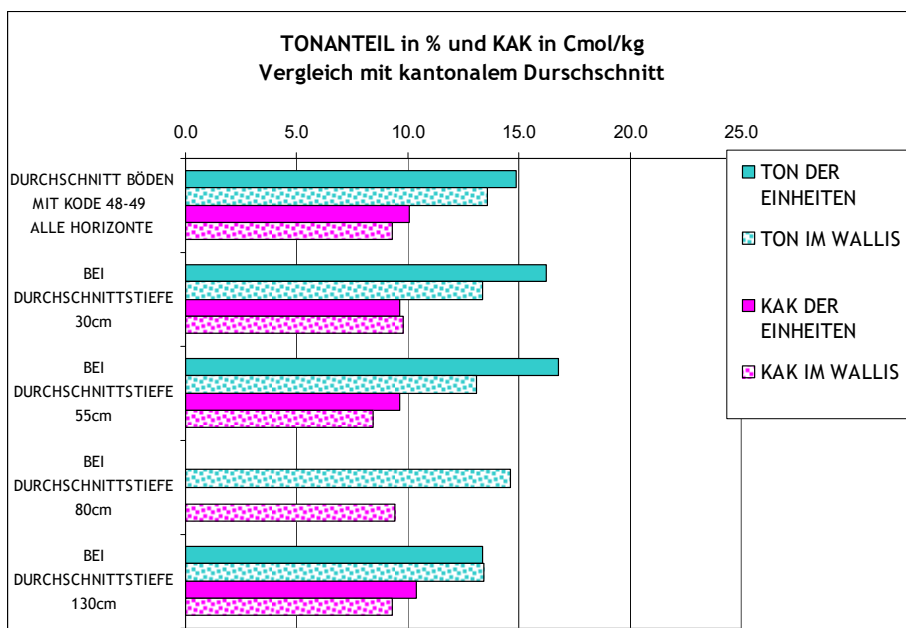
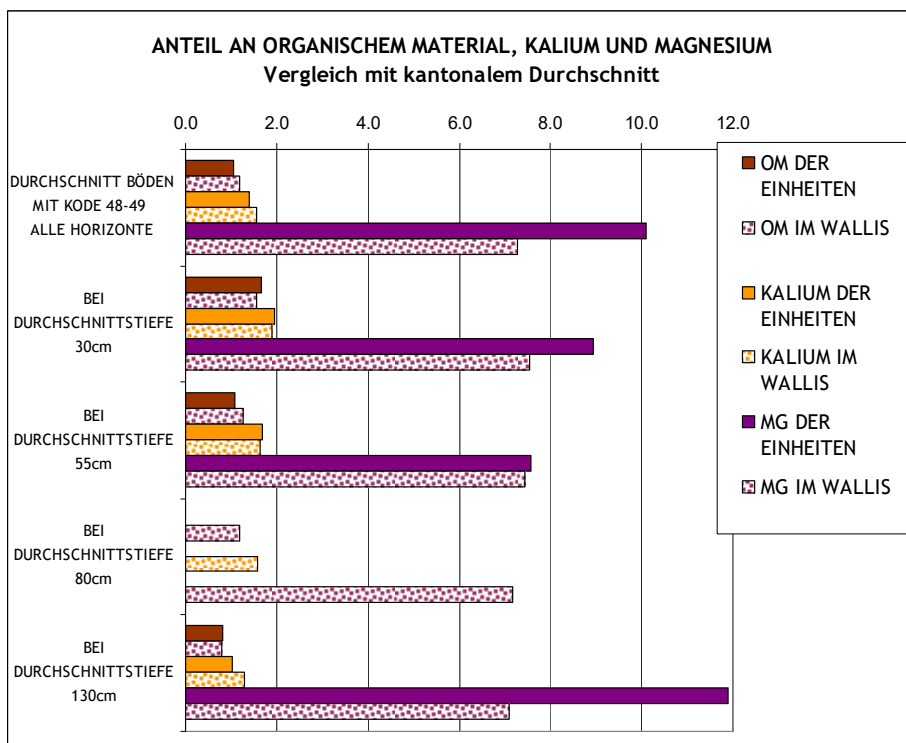
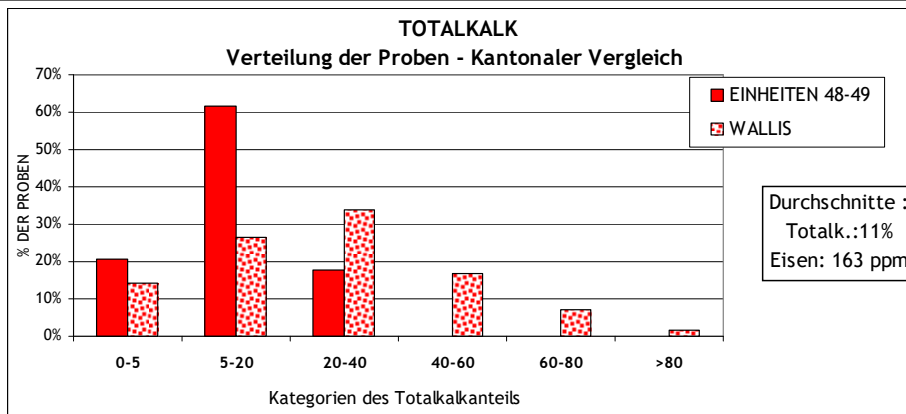
25 : BÖDEN AUS KALKIGEN LOKALMORÄNEN (16 Proben)



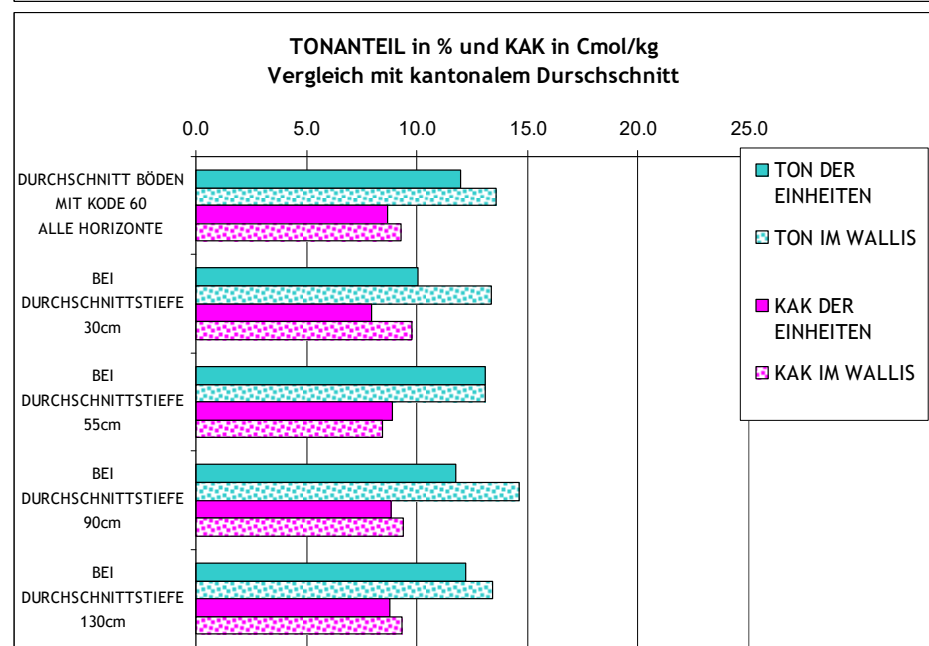
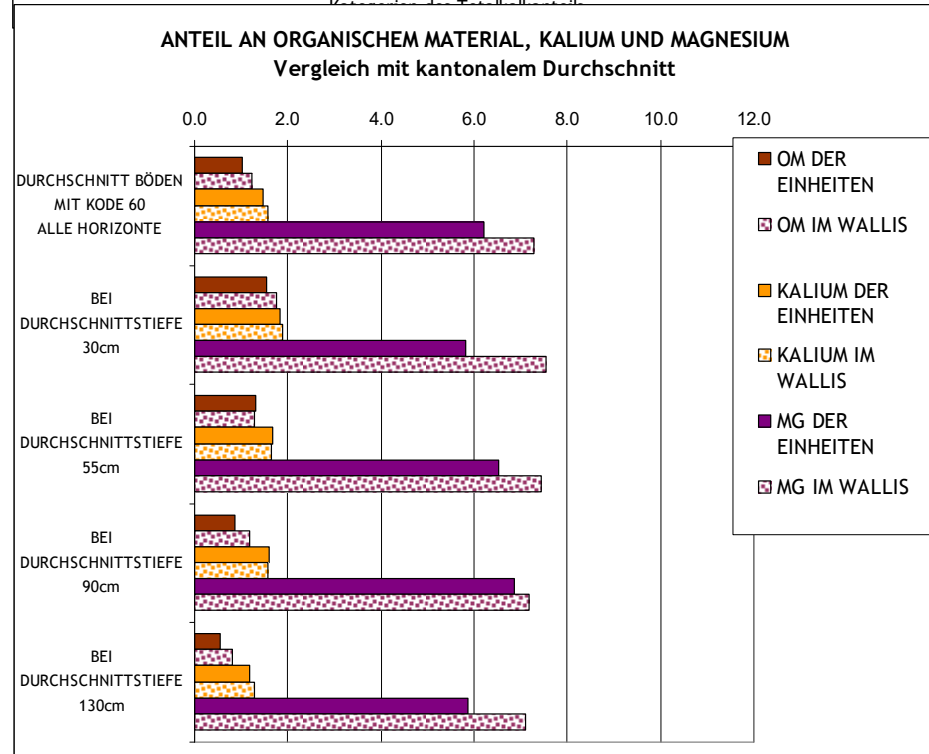
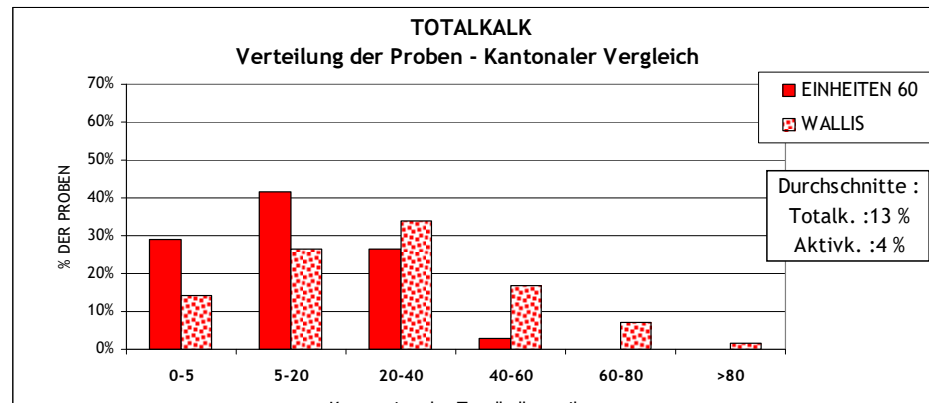
44 : LES SOLS ISSUS DES FLYSCH (31 éch)



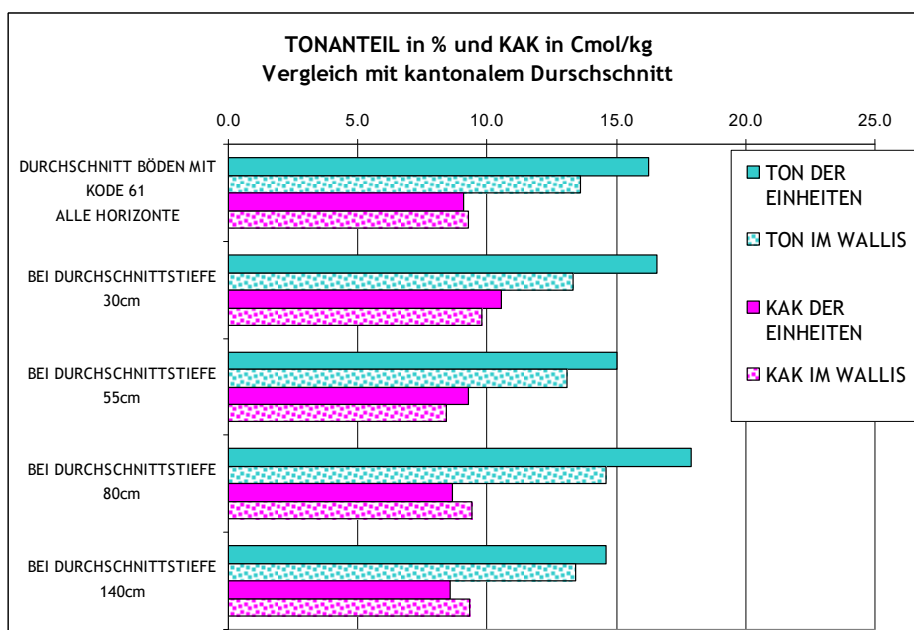
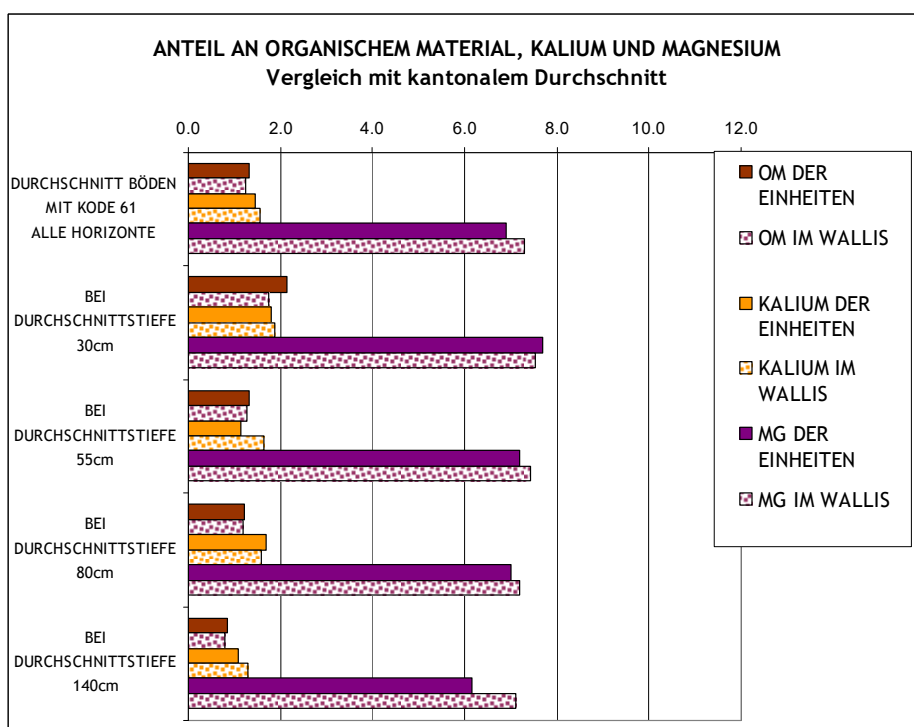
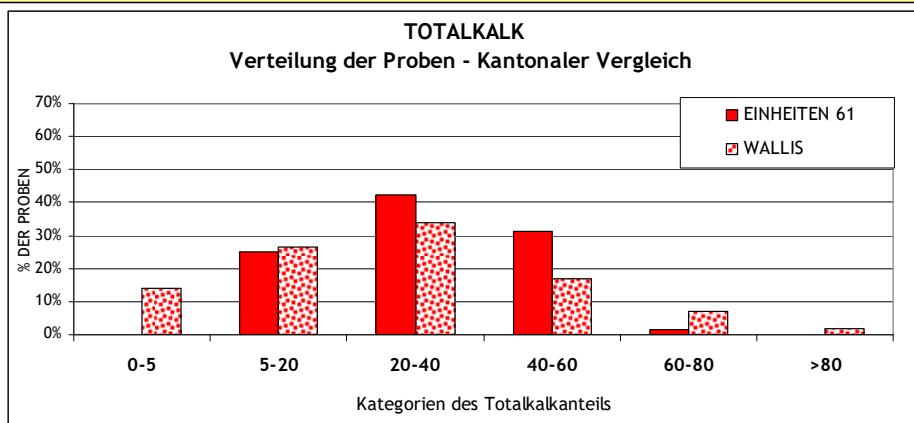
48-49 : BÖDEN AUS BLÄTTERSCHIEFERN (34 Proben)



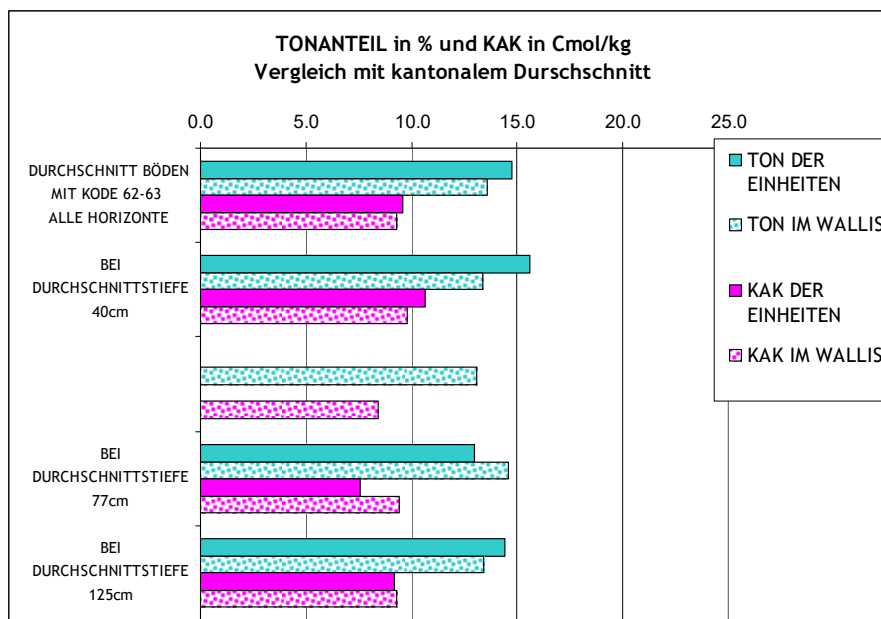
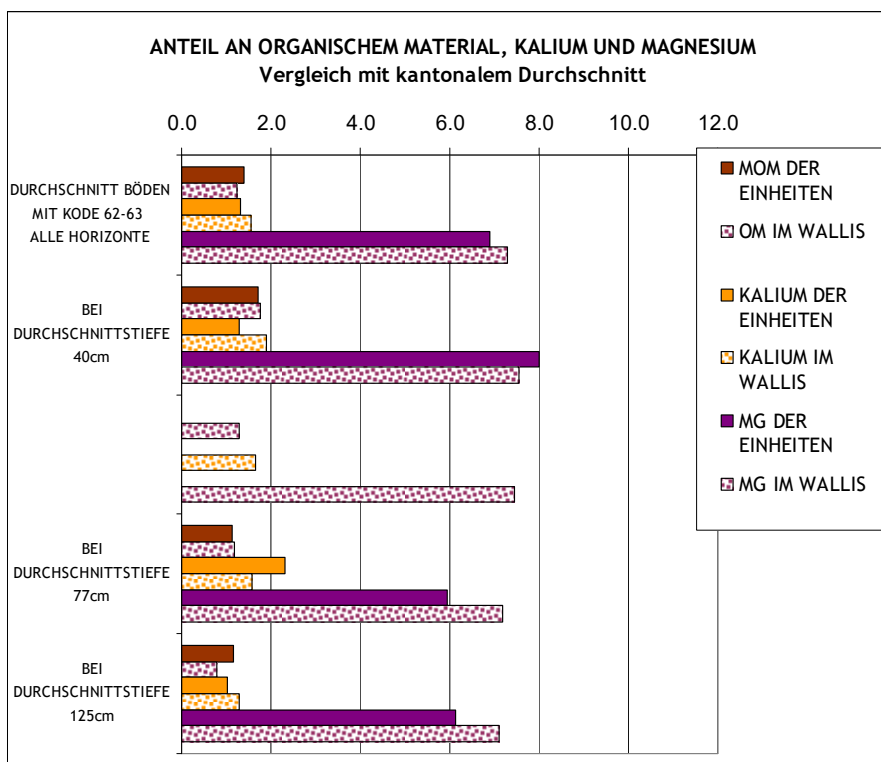
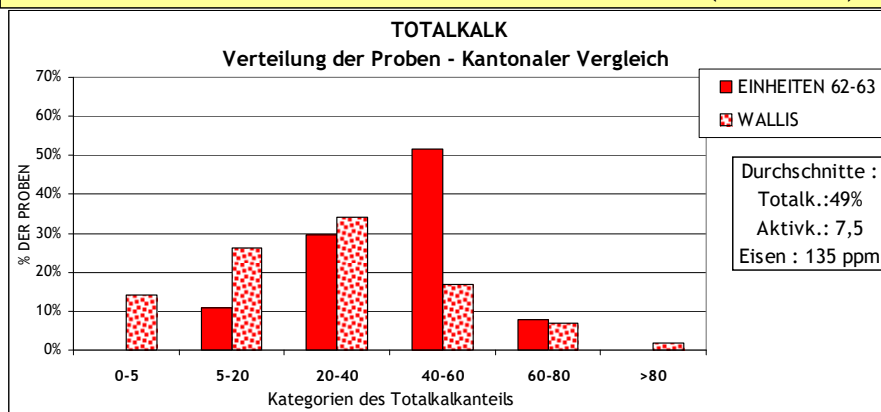
60 : BÖDEN AUS LÖSS (72 Proben)



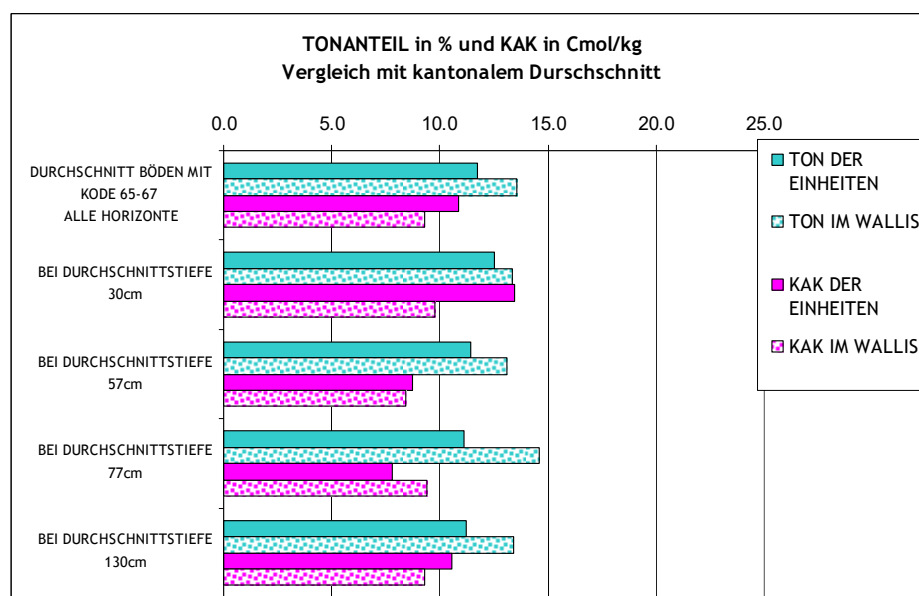
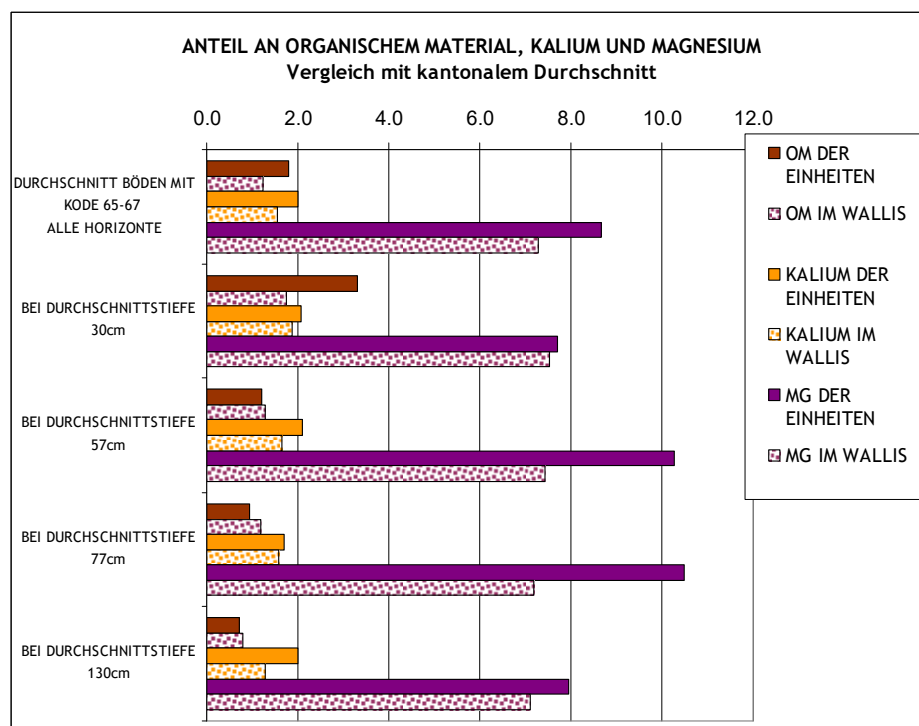
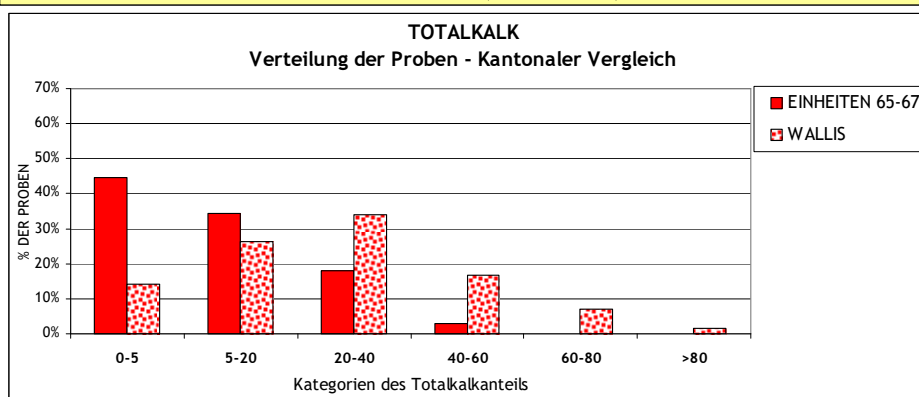
61 : BÖDEN AUS MITTELMÄSSIG SKELETTHALTIGEM GERÖLL (64 Proben)



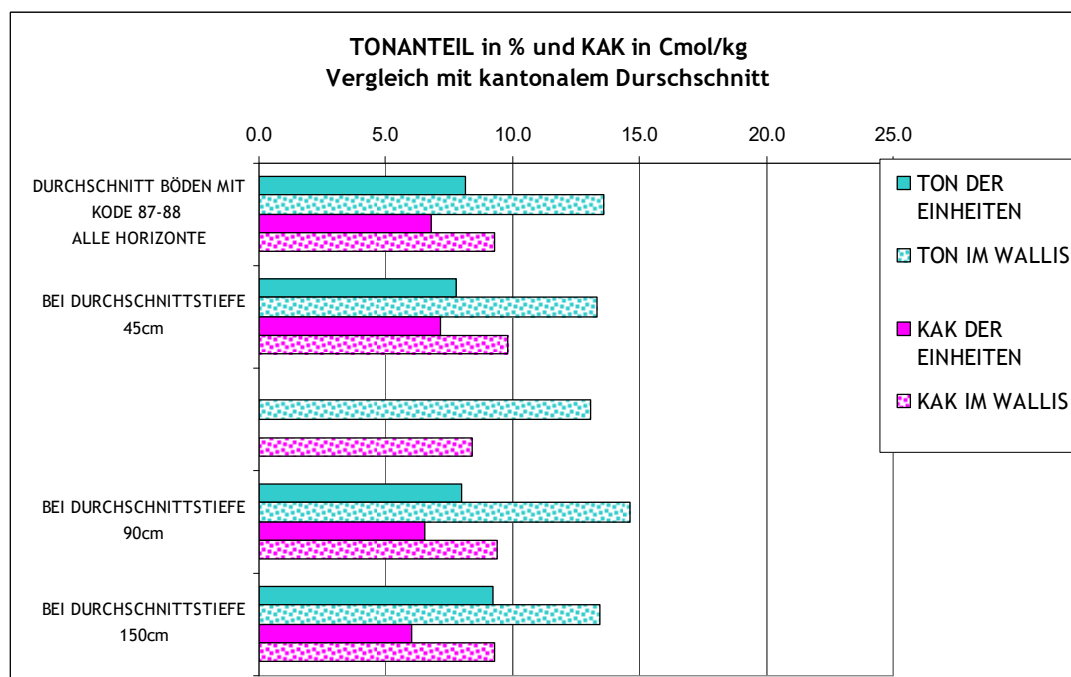
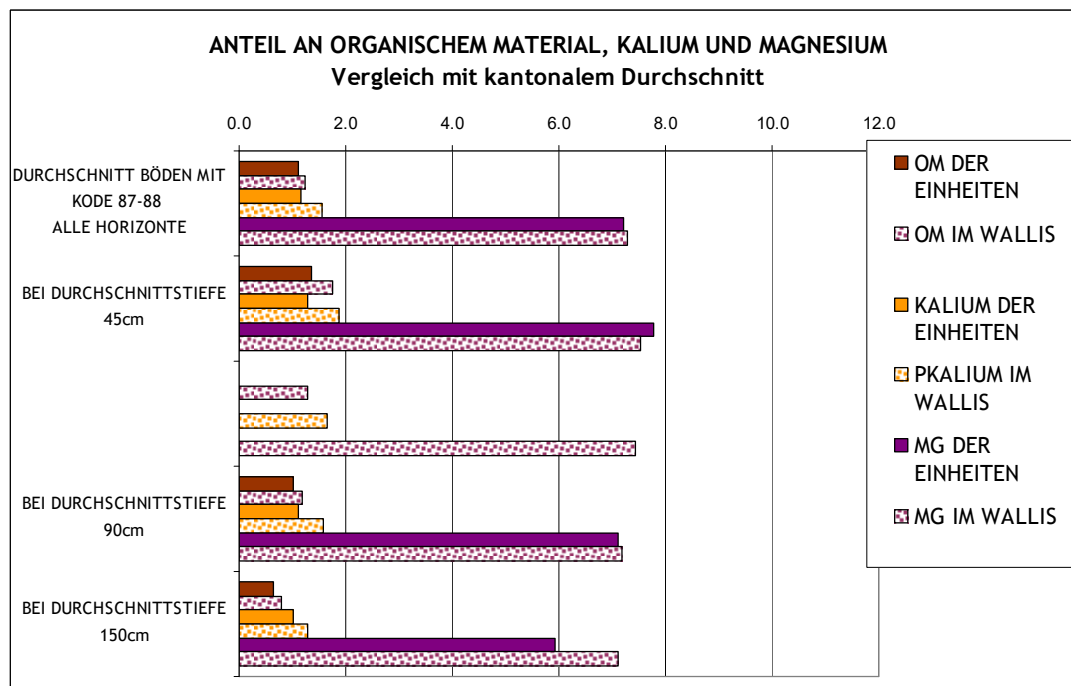
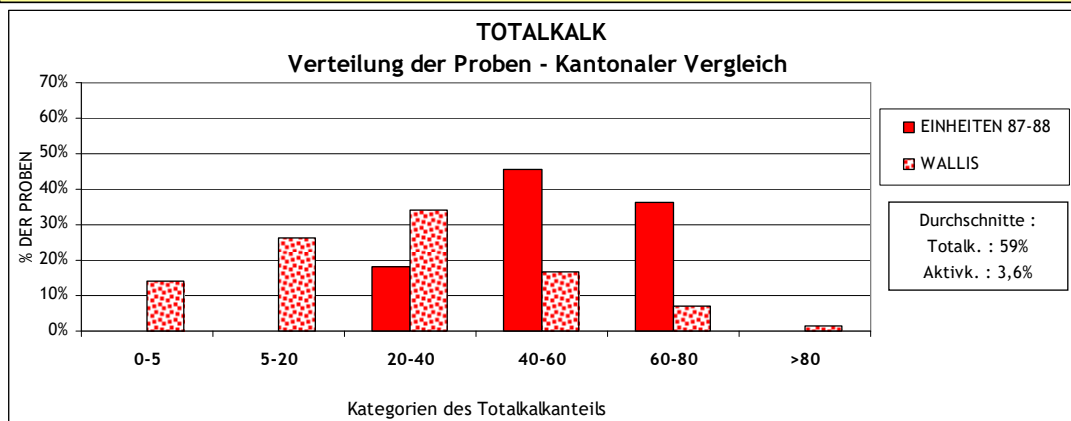
62-63 : BÖDEN AUS KALKIGEM GERÖLL UND KEGELN (64 Proben)



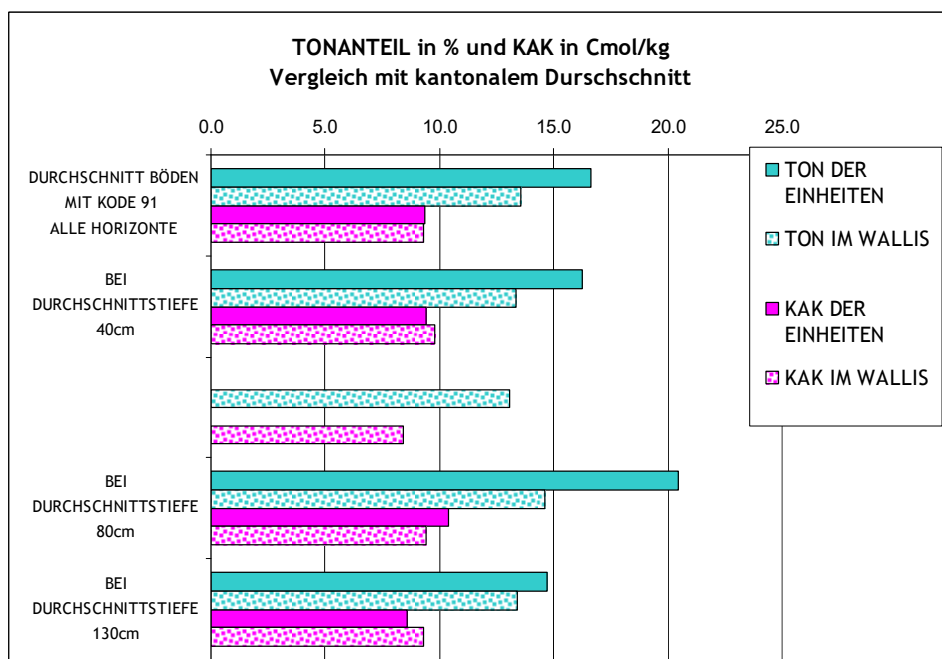
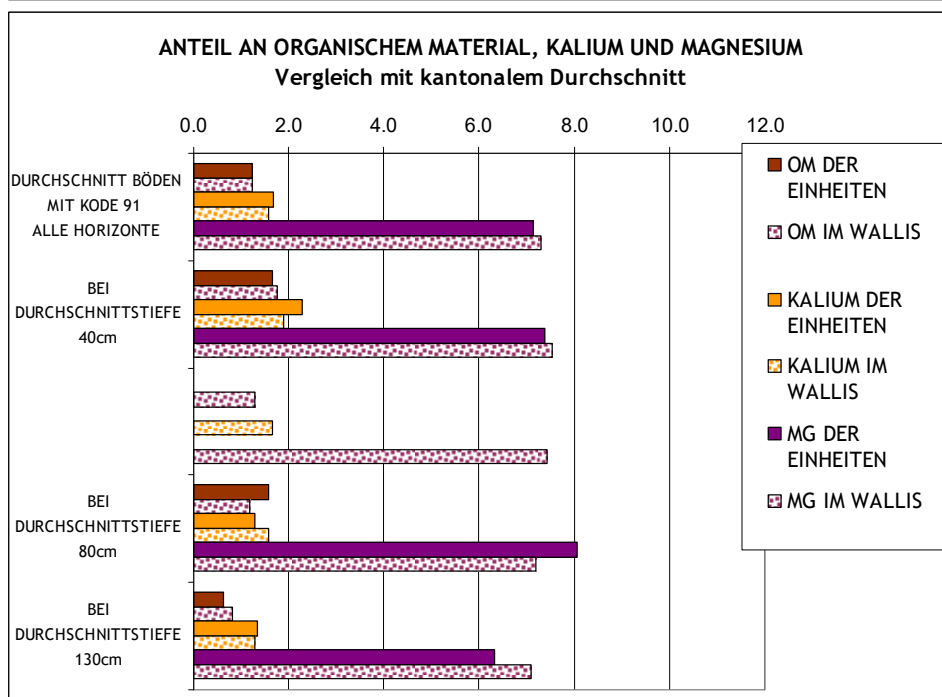
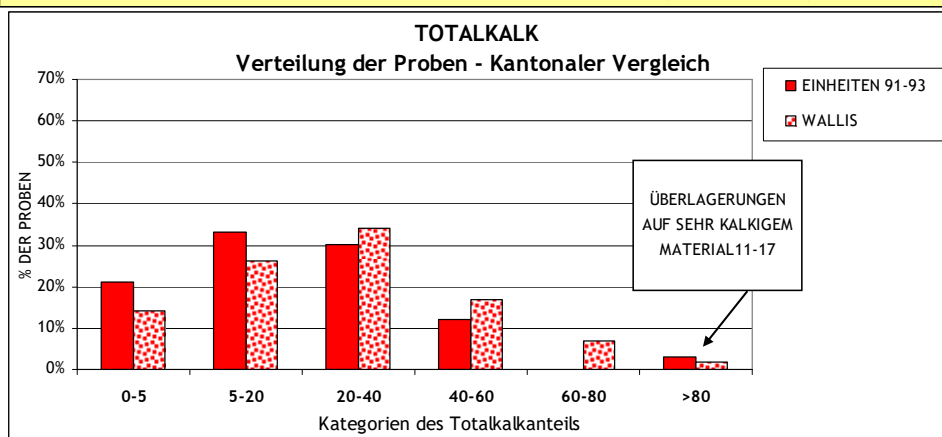
65-67 : BÖDEN AUS KRISTALLINEM GERÖLL ODER KRISTALLINE KEGEL ODER MISCHUNGEN (67 Proben)



87-88: BÖDEN AUS KALKIGEN WILDBACHKEGELN (33 Proben)



91 : BÖDEN AUS TIEFENKOLLUVIONEN (33 Proben)



4.5. EINIGE ZAHLEN: DIE WASSERSPEICHER

Wir haben uns alle Mühe gegeben um zu erklären, wie unterschiedlich die Böden sind und wie schwierig es ist, allen Faktoren wie Schiefer oder seitliche Wasserzirkulation gebührend Rechnung zu tragen.

Trotzdem möchten wir es wagen, gerade weil wir überall dieselben Rechenmethoden und Bodencodes verwendet haben, für jeden Sektor einen durchschnittlichen Wasserspeicher anzugeben. In der Grafik wird jeder Sektor ins Verhältnis zum kantonalen Durchschnitt von 149 mm gesetzt. Ein Durchschnitt von 150mm allein sagt aber noch nicht viel aus, denn die Werte könnten sich ja zum Beispiel zwischen 120 und 160mm eng um einen zentralen Höchstwert gruppieren. Oder es könnte zwei extreme Spitzen geben, eine bei 60-80mm und eine bei 200mm, oder aber, die Werte sind in jeder Spannbreite regelmässig verteilt. Deshalb haben wir, wie bereits im Kanton Waadt, zusätzlich für jeden Sektor in einer kleinen farbigen Grafik die genaue Verteilung der verschiedenen Speicherkategorien angegeben.

Die Sektoren sind, ihrer geografischen Anordnung folgend, in einem grossen Kreis angegeben, ausgehend vom Unterwallis bis St German auf dem rechten Rhoneufer und dann auf dem linken wieder zurück.

Zur Berechnung wurde jedem Einheitscode eine Wasserspeicher-Ziffer zugeordnet, welche dann mit den erfassten Flächen gewichtet wurde. Es wurden also die einfachen, vierstelligen Codes verwendet ohne die Varianten mit den unterschiedlichen Wirkungen.

So haben zum Beispiel in den von Felsstürzen besonders betroffenen Sektoren die weit verbreiteten Erdbewegungsarbeiten ganz bestimmt die durchschnittlichen Wasserspeicher massgeblich erhöht, umso mehr als sie manchmal mit Aufschüttungen und sonstigen Zugaben (Erde, Kompost, Torf, usw. ...) verbunden waren.

Nur die Konkavität (Variante CCV) wurde in die Rechnungen mit einbezogen, weil sie wirklich sehr spürbar ist und zudem leichter zu quantifizieren (sie ist gut „sichtbar“).

Hingegen haben wir gar nicht erst versucht, die komplementären Wasserzirkulationen zu berücksichtigen. Es braucht schon längerfristige Beobachtungen der Laub- und Stielpotentiale direkt auf der Pflanze, um Näheres darüber in Erfahrung zu bringen.

Aber da dieser Faktor nicht das Ausmass eines Wasserspeichers beeinflusst, sondern die Wasserzufuhr und dessen Auffüllung, ist es auch nicht widersprüchlich, das Thema separat anzugehen.

Dazu sei noch einmal in Erinnerung gerufen, dass es sich um **Speicher** handelt, welche sich nur bei ausreichenden Mengen an winterlichen Niederschlägen (Regen und Schnee) füllen können (Einfluss des Jahrgangs).

Das bringt uns zur Klimastudie und insbesondere den von Ost nach West spürbaren Niederschlagsgradienten (ungefähr + 150mm), welche besonders im Unterwallis (von Martigny abwärts) beachtet werden müssen (wahrscheinlich +250mm). Auch auf die subtilen Nuancen in der Wirksamkeit der Regenfälle (Oberflächenwasser auf den gefrorenen linken Hangufern oder den Böden mit undurchlässigem Substrat, (z.B. Grundmoränen) und die gute oder schlechtere Durchlässigkeit der Oberflächenhorizonte, usw., wäre noch einzugehen.

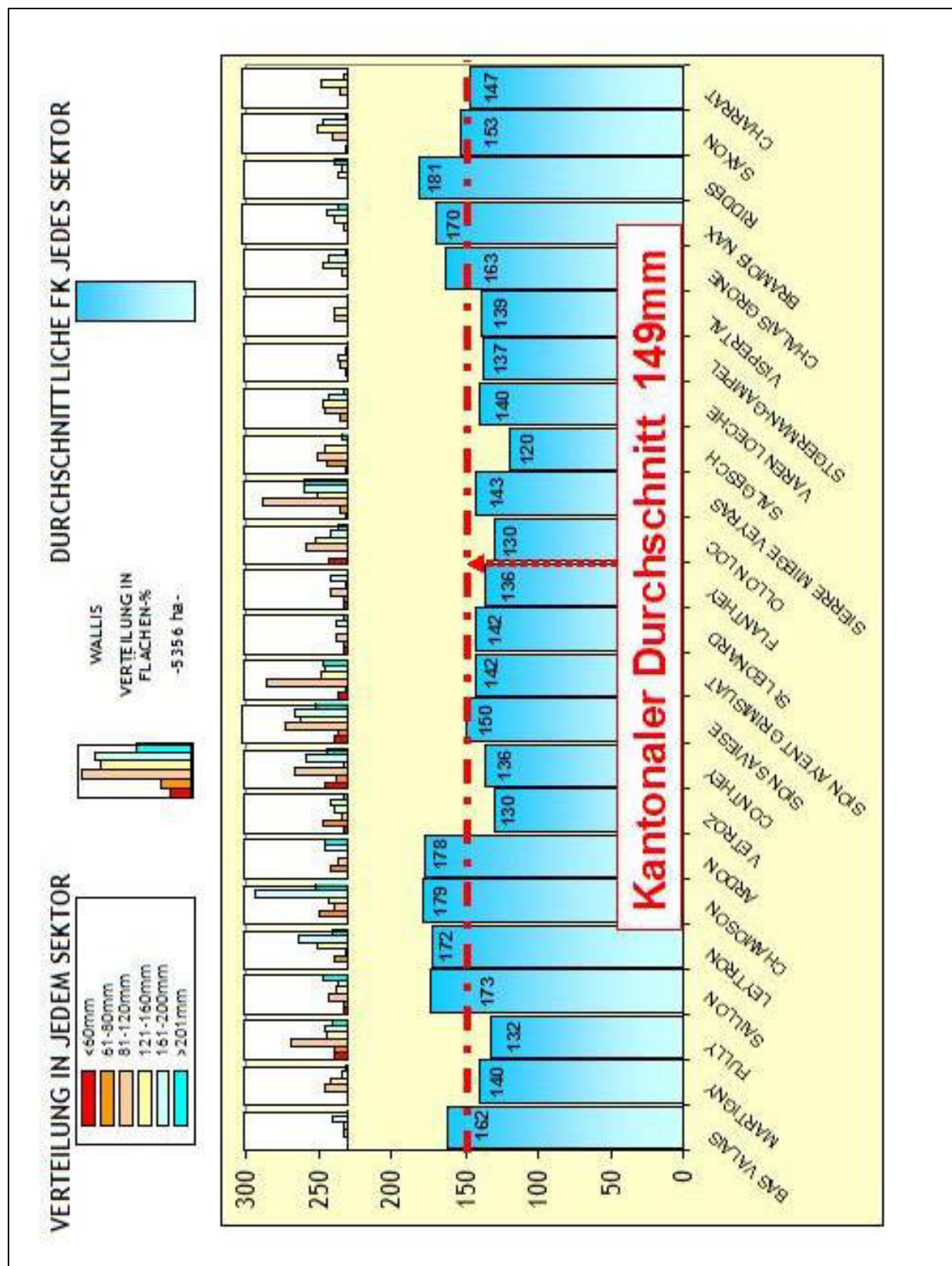


Abb. 37 : Verteilung der durchschnittlichen nutzbaren Feldkapazität aller Sektoren

4.6. ZUSAMMENFASSUNG

Anschliessend folgt eine kleine Übersicht anhand derer all jenen, welche zwar die Böden schlecht kennen, jedoch gerne Terroir-Weine trinken, ganz einfach erklärt werden kann, weshalb es beim besten Willen nicht möglich ist, einen Boden auf einen oder zwei Parameter zu reduzieren. Unser Codierungssystem mag zur Beschreibung der von der Dichtung so oft besungenen Natur etwas nüchtern erscheinen, dafür erfasst es sie in ihrem ganzen Reichtum, ohne ungebührliche Vereinfachungen vorzunehmen. Die Durchschnittswerte für das Wallis sind im Hintergrund (rot gestrichelt) dargestellt und es erweist sich, dass jeder dieser „natürlichen“ Parameter bis zu einem Faktor 10 variieren kann!

Zu erwähnen sei auch, dass Mächtigkeit nicht gleichzusetzen ist mit Fruchtbarkeit oder Produktivität, wohl aber mit einer gewissen Regelmässigkeit des Verhaltens. Es wird auch klar, dass man zur Beurteilung von Böden, die auf einer 10 cm dicken Scheibe nur einige Millimeter Wasser speichern können und die so viele Überraschungen preisgegeben haben (man denke bloss an die Löss- und Trilogie) genug tief schauen und ja nicht zu rasch aufhören sollte. Deshalb haben wir auch versucht, jedem Winzer, der ein Interesse dafür bekundete, die notwendigen Werkzeuge zur Erforschung und Beschreibung seiner Böden zu liefern. Nun sind Forscher und Fachleute gefordert, an ihnen liegt es, aufgrund klarer Angaben die Zusammenhänge herzustellen zwischen einer Parzelle und der Qualität des Weines, der schlussendlich ins Glas gelangt.

Die Walliser Böden kommen mit den Eigenheiten des Walliser Klimas ganz gut zu Rande, auf gewissen extremen Steilhängen hätte jedoch schon der kleinste Fehler fatale Folgen.

Die Winzer verfügen unter anderem über drei wichtige Steuerelemente die praktisch nur sie dem Potential ihrer Parzelle entsprechend fein genug einstellen können: Die Wahl des Pflanzenmaterials (50 Rebsorten, 5 Unterlagen, Dutzende von Klonen), die Ertragsregulierung (0,3 bis 4 kg pro Rebstock) und die Bewässerung (von 0 bis 120 mm).

Diese drei Elemente müssen sorgfältig aufeinander abgestimmt werden, ohne auch nur eines je zu vergessen. Und daraus wird auch ersichtlich, dass das, was die Walliser Winzer aus ihren Terroirs gemacht haben und noch machen ebenso wichtig ist wie die Terroirs selber. Mit anderen Worten: Terroirs tragen schlussendlich vor allem die Handschrift der Frauen und Männer, welche den Rebbaubetreiben und das gilt im Wallis noch mehr als anderswo.

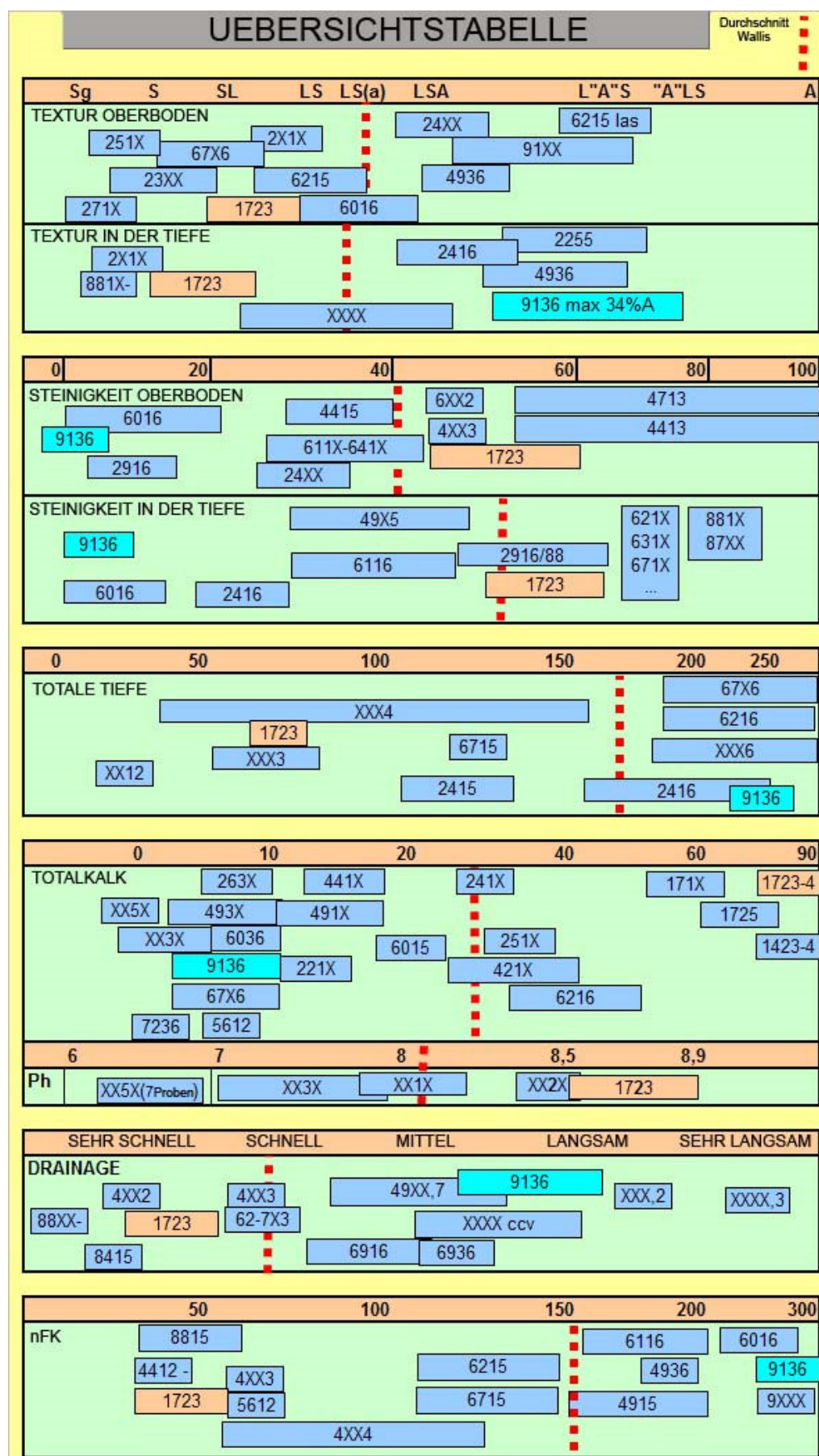
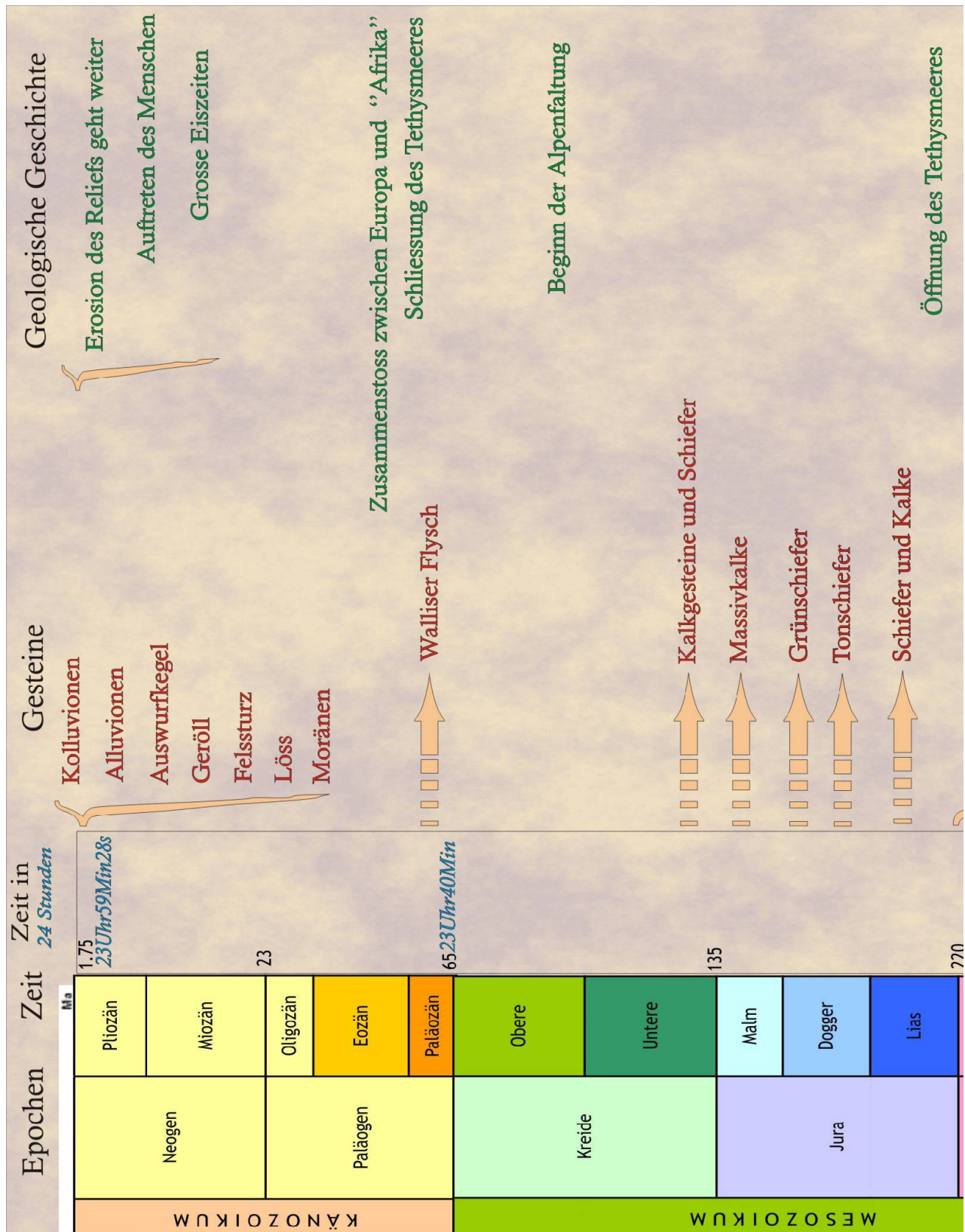


Tabelle 10 : Verteilung der Bodencodes gemäss der Streuung der Anspracheparameter

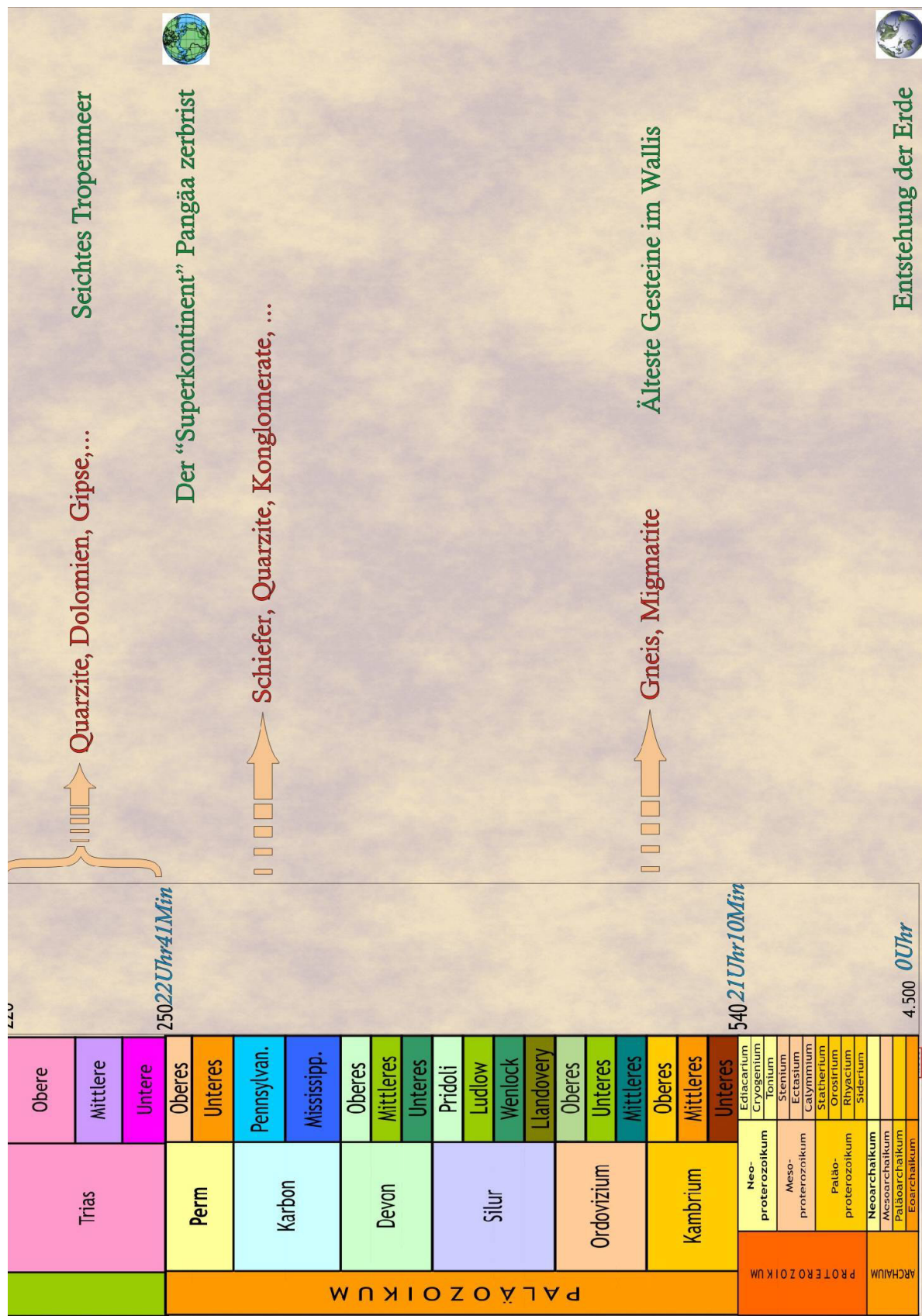
5 - ANHÄNGE

5.1. GEOLOGISCHE ZEITSKALA



Geologische Zeitskala (a)

(angepasst nach G. S. Odin, C. R. Acad. Sci. Paris, 1994, Realisation J-B Clavaud)



5.2. METHODE ZUR BERECHNUNG DER WASSERSPEICHER

Durch die sehr unterschiedliche Beschaffenheit der Rebböden mit Speicherkapazitäten zwischen 40 und 300 mm wird man gewissermassen gezwungen, viele eher oberflächliche Schätzungen vorzunehmen anstatt nur vereinzelte, ausgedehnte und deshalb kostspielige. Oft sind die Böden zudem tief, skeletthaltig oder felsig und ihre genaue Charakterisierung gestaltet sich entsprechend schwierig (Messungen der augenscheinlichen Dichte, Wägen der Skelettmasse, intakte Entnahmen), wenn auch nicht unmöglich. Indirekte Messungen (Sondierungen oder Widerstandsmessungen) sind zwischen den Reihen von Rebstöcken in steilen Hängen schwierig zu bewerkstelligen und mit erheblichen Investitionen und Profilaufschlüssen verbunden. Deshalb wurde ein Werkzeug zur raschen Berechnung und Darstellung entwickelt (I. Letessier 1998 - C.Fermond 2001).

Die seit 1999 im Rahmen der Präsentation von Terroirstudien verwendeten „Profilgrafiken“ erlauben eine rasche und klare Vermittlung des zum Verständnis der Terroirs von Rebbergen so wichtigen Begriffs eines Wasserspeichers. Die wesentlichen Merkmale eines Bodens bleiben so leicht im Gedächtnis haften, sie können in Form von leicht verständlichen Vergleichstabellen dargestellt werden, die bei Versammlungen eine viel bessere Diskussionsbasis abgeben als Datenkarten und Zahlentabellen.

In Form eines Excel-Ordners angelegt kann dieses Werkzeug in Sekunden-schnelle die Verteilung des Wassers und die nutzbare Feldkapazität im Boden anzeigen.

Voraussetzung ist natürlich der Aufschluss eines pedologischen Profils „vor Ort“. Diese Etappe ist von grösstem Interesse, denn keine indirekte Messung ist so aufschlussreich und Gedanken anregend wie dieses „allgemeine Empfinden“ im Feld.

Vorgehen :

Wir haben uns zur Berechnung von fixen, 10 cm dicken Scheiben entschlossen. Damit umgehen wir die Schwierigkeit der unterschiedlichen Mächtigkeit der Horizonte und können auch den in kurzen Abständen erfolgenden Veränderungen von Gefüge, Steinigkeit, usw., Rechnung tragen.

Es genügt, für jede Bodenscheibe die Textur (T1, S.112), die Volumenprozent an Kiesel und Kiessand (T2 et T4, S.112 und 113), die ausgezählten Wurzeln und schliesslich, den Durchwurzelungskoeffizienten (T3, S.113) anzugeben. Ein Makrobefehl besorgt dann automatisch die Berechnung der gespeicherten Wassermengen und erstellt unmittelbar die Durchwurzelungs- und Wasserhaushaltsprofile.

Diese Eingaben erfolgen in der gelben Hälfte der Tafel, die weisse Hälfte wird automatisch aktualisiert. Das allein stehende gelbe, mit 'FKcx' bezeichnete Feld muss nur bei stark schieferhaltiger Steinigkeit ausgefüllt werden.

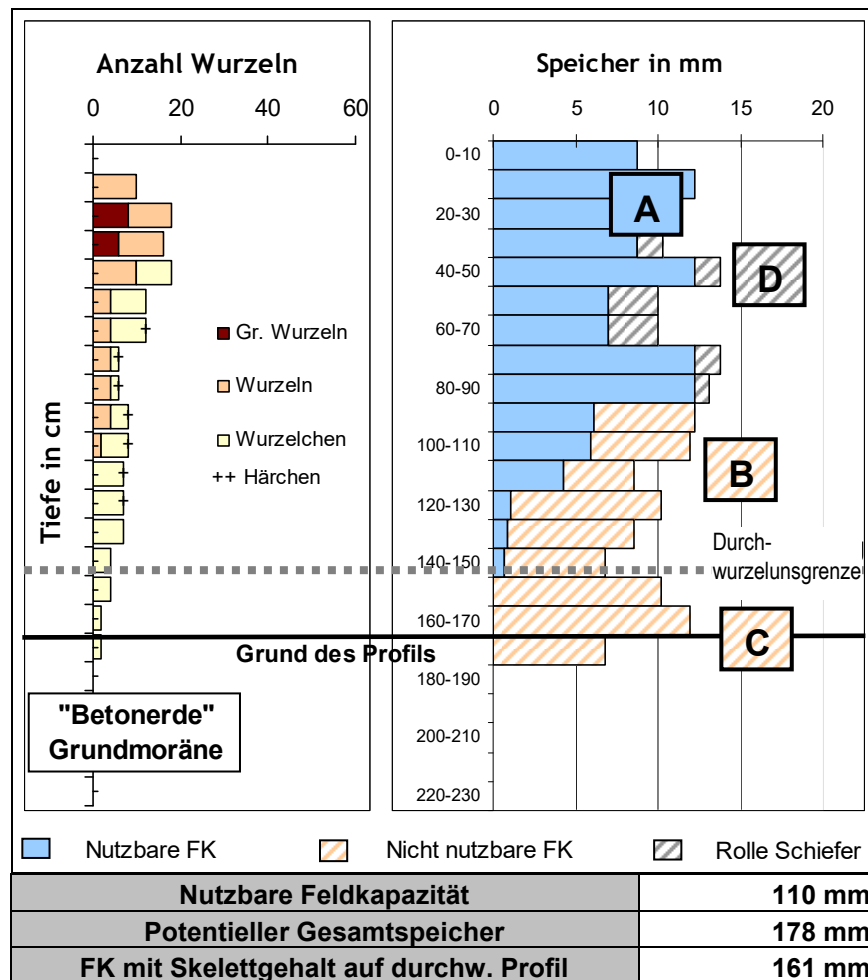
Bodenparameter			Wurzelparameter					Rechnungsfeld					
Tiefe	Bodenart	Steinigkeit	Gr. Wurzeln	Wurzeln	Wurzelchen	Wurzelhärrchen	Wurzelkoeff.	Bodenartkoeff.	Für die Wurzeln nutzbare FK	Nicht genutzte Speicherfeuchte	FK cx	Total Speicherkapazität	Kumulierungen (50cm)
0-10	LAS	50%					1.00	1.75	8.75	-		8.75	8.75
20-30	LAS	30%		10			1.00	1.75	12.25	-		12.25	21
20-30	LAS	40%	4	10			1.00	1.75	10.50	-		10.50	31.5
30-40	LAS	50%	4	10	15		1.00	1.75	8.75	-	1.50	10.25	40.25
40-50	LAS	30%	8	10	15		1.00	1.75	12.25	-	1.50	13.75	53
50-60	LAS	60%		4	20 +		1.00	1.75	7.00	-	3.00	10.00	10.00
60-70	LAS	60%		4	20 +		1.00	1.75	7.00	-	1.50	10.00	20.00
70-80	LAS	30%		4	20 +		1.00	1.75	12.25	-	0.90	13.75	33.75
80-90	LAS	30%		4	10 +		1.00	1.75	12.25	-		13.15	12.25
90-100	LAS	30%		4	10 +		0.50	1.75	6.13	6.13		12.25	18
100-110	LSA	30%		2	10 +		0.50	1.7	5.95	5.95		11.90	5.95
110-120	LSA	50%			15 +		0.50	1.7	4.25	4.25		8.50	10.2
120-130	LSA	40%				+	1.00	1.7	1.02	9.18		10.20	11.22
130-140	LSA	50%					1.00	1.7	0.85	7.65		8.50	12.07
140-150	LSA	60%					1.00	1.7	0.68	6.12		6.80	13
150-160	LSA	40%					-	1.7	-	10.20			0
160-170	LSA	30%					-	1.7	-	11.90			0
170-180	LSA	60%					-	1.7	-	6.80			0
180-190							-	0	-	-			0
190-200							-	0	-	-			-
200-210							-	0	-	-			-
210-220							-	0	-	-			-
220-230							-	0	-	-			-

Dateneingabe für Gefüge, Steinigkeit und Durchwurzelung

Für jede Scheibe von 10cm wird die Speicherfeuchte in mm wie folgt berechnet:

Bodenartkoeff. x 10 x (1 - % Skeletthaltigkeit) x Wurzelkoeff.

Die orangefarbene Zone im Wasserhaushaltsprofil entspricht einem Volumen mit Speichervermögen, jedoch ohne Durchwurzelung (es ist die Ergänzung von der ersten zur fiktiven Zahl wenn der Wurzelkoeffizient 1 betragen würde).



Zusätzliche kurze Texte oder Symbole auf der Darstellung markieren Interpretationsschwierigkeiten, Wasserzuflüsse, Felsplatten, ...usw. oder ein sehr wahrscheinliches Fortdauern einer Funktion auch nach der untersuchten Scheibe (senkrechter Pfeil nach unten).

Über die Funktion „Bildschirm kopieren“ kann die Abbildung als Bild in irgendeine andere Applikation übernommen werden (GIF-Format empfohlen).

Rechenmethode, Quellen:

Die Berechnung erfolgt nach der von D. Baize in seinem Führer zur pedologischen Bodenanalyse vorgestellten „Gefüge-Methode“.

Der „Texturkoeffizient“ ist demzufolge ein aufgrund zahlreicher Messungen von Böden mit unterschiedlicher Dichte und Granulometrie erhaltener Mittelwert, welcher die Anbindung an eine Gefügekategorie erlaubt. Er entspricht dem „W“ oder der „nFK“ (maximale nutzbare Feldkapazität), ausgedrückt in mm für eine Bodenschicht von 1 cm skelettfreiem Boden.

Er entsteht aus der Formel $nFK \text{ pro cm} = 10 \times Da \times (HCC\% - HPF\%)$ wobei:

- **Da** steht für die augenscheinliche Dichte, welche in Wahrheit variiert von 1,2 für Oberflächenhorizonte oder extrem poröses Kieselgestein bis 1,8 für sehr kompakte Materialien, normalerweise weiche Sedimentgesteine, Mergel oder Grundmoränen. Da wir es oft mit **mächtigen** Horizonten zu tun haben, nehmen wir mit einigen Ausnahmen (siehe weiter unten) eine durchschnittliche augenscheinliche Dichte von 1,4 an.
- **HCC** ist die gewichtsanalytische Feuchte bei der in g Wasser pro 100g Erde (mit Wasser durchtränkter und wieder gut abgetrockneter Boden) angegebenen Feldkapazität.
- **HPF** ist die gewichtsanalytische Feuchte beim permanenten Welkpunkt (Boden, in welchem die Pflanzen unwiederbringlich verdorren).

Die im Teil T1 vorgestellten Texturkoeffizienten stammen hauptsächlich aus den vom Service de cartographie des sols de l'Aisne (JAMAGNE et al) publizierten Daten, welche uns nach vielen Jahren intensiver Studien des Verhaltens der Rebe als zulänglich erschienen. Wir haben sie jedoch schrittweise ergänzt mit dazwischen liegenden (durch Interpolation) oder extremen Gefügen, insbesondere für Sande (S_m = Glimmersande, S = Feinsande oder S_g = Grobsande), und einige Koeffizienten abgeändert, welche im rebbaulichen Umfeld (oder im Vergleich zu anderen Messdatenquellen) immer zu denselben Verzerrungen führten.

Schliesslich haben wir eine „c“-Modalität eingefügt für sehr kompakte, aber noch durchwurzelte Sedimentmaterialien, wie man ihnen in den Rebbergen des Öfteren begegnet (geschätzte Dichte 1,8). Diese Modalität ergänzt die Wirkung des Wurzelkoeffizienten (T_3), welcher in dieser Art Material oft nur 0,5 bis 0,1 beträgt.

Bemerkungen:

Man sieht, dass Fehler viel öfter bei der Schätzung der effektiv genutzten Tiefe und der Steinigkeit auftreten, als bei der Genauigkeit der gewählten Texturkoeffizienten, besonders bei sehr steinigen Horizonten, die ja in Rebböden weit verbreitet sind: Geht der Kiesanteil von 70% zu 90% über, bedeutet das auch den Übergang von 30 zu 10% Feinerde und damit, einen 3 mal kleineren Wasserspeicher!

Es wurde beschlossen, die Berechnungen nicht mit mehr oder minder erprobten Korrekturkoeffizienten zu „verschönern“, sondern es bei den Standardberechnungen und der Beobachtung zu belassen, obwohl sicher viele solcher Korrekturfaktoren denkbar wären. Diese absichtliche Einfachheit hindert uns jedoch nicht daran, Kommentare und starke Vermutungen zu äussern.

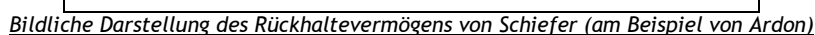
So zum Beispiel kann eine Steinigkeit porös oder verwittert, oder von sehr eng zusammengefügter Architektur sein und so das Speichern gewisser Wassermengen erlauben (siehe Korrekturtafeln am Ende des Textes).

Auch der „Konsumknollen“ um eine Tiefenwurzel herum kann je nach Gefüge und Qualität der kolloiden Ummantelungen um die Sande und Grobteile herum sehr unterschiedlich bemessen sein.

Bei **sehr ausgeprägter Steinigkeit** in der Tiefe in einer **nicht sandigen Matrix** wird der Wasserspeicher systematisch unterschätzt, wie es aus den Nachprüfungen durch Wasserpotentialmessungen oder ganz einfach, aus den Gesprächen mit den Winzer immer wieder hervorgeht. Der Grund ist wahrscheinlich eine Wasserzirkulation nach oben durch Kapillarkraft über eine Distanz von mehreren Dezimetern.

Bei Böden, die sehr reich an **organischem Material** sind, (z.B. im Tessin >8%), muss ein im Verhältnis zum OM stehender Korrekturfaktor einberechnet werden. Das ist für einen „normalen“ Rebboden nicht nötig, denn der enthält nur etwa 1 oder 2%, und auch das meistens nur in den obersten paar Zentimetern des Bodens, wie das im Wallis der Fall ist. Zu den unglaublichen Mengen an Wurzeln in sehr kiesigen Böden ist noch zu vermerken, dass diese bestimmt eine besondere Rolle spielen, indem sie nämlich die Entstehung einer Mikroflora von Holz fressenden Pilzen begünstigen, welche ganz erstaunliche Wasserrückhaltefähigkeiten aufweisen.

Im untenstehenden Beispiel sind die Schiefer sehr fein, brüchig und vertikal ausgerichtet, mit vielen sich daran anschmiegenden Wurzeln (zuerst Koeffizient 7, danach 3 ganz unten).



T1 - Aufstellung der verwendeten Texturkoeffizienten

TEXTUR (GEPPA- Dreieck)	TE (mm/cm) nach INRA LAON angepasst durch SIGALES 1998
A	1.7
Ac	1.4
AL	1.8
ALS	1.75
AS	1.5
L	1.75
LA	1.95
Lac	1.5
LAS	1.75
Lc	1.35
LL	1.3
LS	1.2
LSA	1.6
LSc	1
LSm	1.3
S	1
SA	1.35
SAL	1.5
Sc	0.8
Sg	0.5
Sg+Sm	0.9
SL	1.1
Sm	1.2
SS	0.7

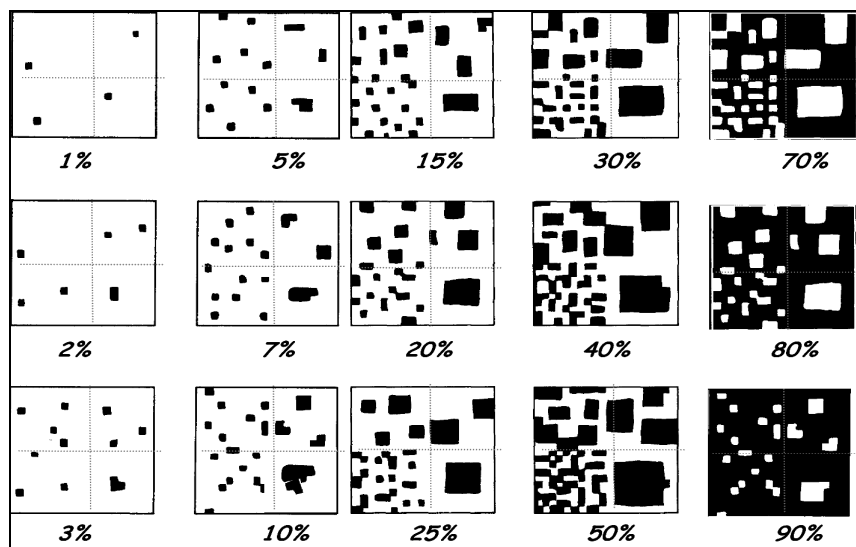
Diese Texturen in alphabetischer Reihenfolge belassen, sonst funktionieren die Makros nicht.

Berechnungen für eine augenscheinliche Dichte von 1,4 (Horizonte zu 80% tief) ausser den *c, die mit einer durchschnittlichen Dichte von 1,8 berechnet werden (Grundmoräne LAc, LSc oder Sc, geologische Tone oder stark verdichteter Mergel, Ac)

GEPPA-Dreieck, leicht angepasst :
Sm : Glimmersande, Sq : Grobsande

T2 - Visuelle (= volumische) Schätzung der Steinigkeit

NB : für 70% Kies in die Formel einsetzen: $100\% - 70\% = 30\% = 0,3$: Im Allgemeinen unterschätzt man die Kiessande und die Blöcke, während die Kiese und Steine überschätzt werden. Die Lehrmeinung wonach es „50% Kies hat, wenn sich die Kiesel berühren“ gilt nur, wenn sie alle gleich gross sind! Sobald es Grössenunterschiede erlauben, zwängen sich die kleinen zwischen die grossen Kiesel und der Gehalt steigt rapide an.



Visuelle Hilfe zur Schätzung der prozentualen Anteile (Flecken, Grobteile...). Jedes Viertel eines Vierecks enthält den in schwarz erscheinenden Prozentsatz.

Mach Munsell

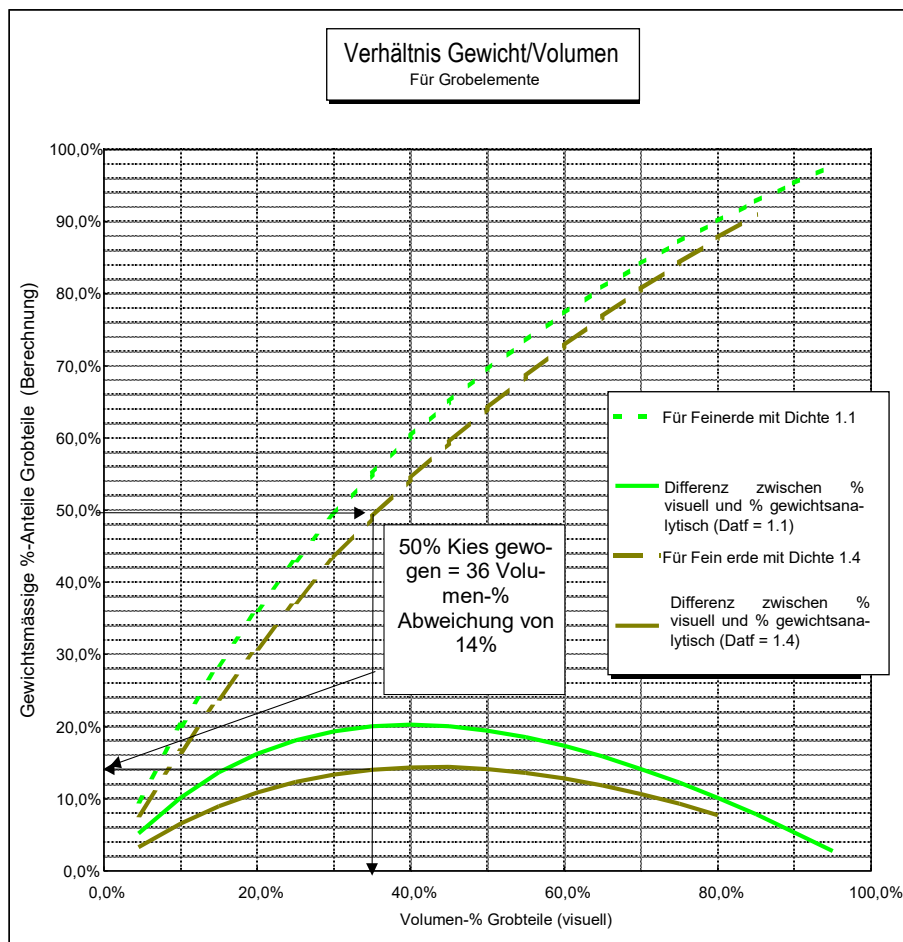
T3 - Auswahl der Wurzelkoeffizienten

1	= gute Verteilung, korrekte Dichte
0,5	= wenig dicht oder schlecht verteilt (grosse Flächen gänzlich wurzellos)
0,1	= nur einige Härchen und vereinzelt feine Wurzeln, manchmal in schlechtem Zustand
0	= keine Wurzel gesichtet

NB : In mächtigen, frischen, skelettarmen und einfachen Böden sieht man häufig wenig Wurzeln und das ist normal.

T4 - Korrektur des Grobteilgewichtes ins Volumen

Überprüft man den Anteil an Grobteilen durch **Wägen**, so müssen die Gewichts-% (gewichtsanalytisch) in Volumen-% (volumisch) umgewandelt werden, denn Kiesel haben eine höhere Dichte als Feinerde. Das bestätigt sich vor allem bei einer mittleren Steinigkeit. So entspricht 50% gewogenes ausgesiebt Material einem (im Feld) geschätzten Volumen von 36% Kies. Man kann folgenden Abakus anwenden (maximale Abweichungen von 15% für ziemlich dichte Tiefenhorizonte, 20% für wenig dichte Oberflächenhorizonte).



5.3. KALKE, CHLOROSEN UND VERKRUSTUNGEN

Wir müssen hier kurz auf dieses Thema eingehen, obwohl die Physiologie nicht in unser Spezialgebiet gehört, denn oft erwartet man von einer Arbeit über den Boden, dass sie zu einer besseren Chloroseprävention beiträgt. Wir werden auch auf die Entstehung von Kalkverkrustungen im Boden, um die Kieselsteine und die Wurzeln zu sprechen kommen und dabei unterscheiden zwischen physiologischen (Chlorosen) und mechanischen (Verkrustungen) Folgen.

5.3.1. CHLOROSEN UND VERGILBUNGEN

Eisenchlorosen können auf verschiedene Arten und Weisen entstehen. Diese wohlbekannte Vergilbung der Blätter, wobei sich die Blattnerven zuletzt verfärben, tritt nur auf den jungen Trieben auf und kann die Pflanze erheblich schwächen, die Photosynthese merklich mindern durch Schädigung der Chloroplasten und schlussendlich die Qualität beeinträchtigen.

Allgemein als Eisenmangel bekannt, entstehen Chlorosen, wenn das Gleichgewicht der Pflanze bei der Nahrungsaufnahme aus verschiedensten Gründen gestört wird.

In der Pflanze selbst ist Eisen eigentlich in **sehr geringen Mengen** vorhanden, es spielt aber bei vielen lebenswichtigen Vorgängen (u.a. Photosynthese, Energietransporte) eine Rolle.

Im Boden hingegen ist Eisen zwar **haufenweise vorhanden**, aber seine ionische Eigenheit (es besitzt 6 Bindungsstellen) erfordert ein subtiles Zusammenspiel von vielen Faktoren, damit die Mobilität und die Transportfähigkeit zu den intrazellulären Stellen erhalten bleibt. Geringste Schwankungen beim pH-Wert oder der Belüftung (Anhäufung oder Freisetzung von Kohlendioxid (CO₂) in der Wurzelgegend) genügen, um alles zum Erliegen zu bringen.

Im Boden kommt das Eisen vor allem in der bei gewöhnlichen pH-Werten unlöslichen Form von Eisen(III) oder Fe⁺⁺⁺ vor, kann aber über zahlreiche Prozesse trotzdem verwendet werden. Natürliche organische Chelieragenten, die von der Pflanze selber oder den in Wurzelnähe den Boden bevölkernden Mikroorganismen (Bakterien) produziert werden, können das Mineraleisen solubilisieren und so aufnehmbar machen. Zur Erinnerung: bei der **Berührung mit der Wurzel** kann der pH-Wert des Wassers im Boden im Vergleich zu demjenigen der Bodenlösung ((im Labor gemessen) um 1 bis 2 Prozentpunkte sinken. Das erklärt, weshalb eine gute biologische Aktivität in einem mit organischem Material ausreichend versorgten Boden einen wichtigen Beitrag zur Bekämpfung von Chlorosesymptomen leisten kann.

- Es kann im Boden direkt an Eisen fehlen (**direkte** Chlorose in sehr eisenarmen Böden, sogar wenn sie kalkfrei sind, die Pflanze leidet dann an Eisenmangel). Im Wallis sind die Eisengehalte ziemlich hoch, was diese Art der Chlorose sicher selten zulässt.
- Viel häufiger kommt es vor, dass das Eisen im Boden zwar vorhanden ist, jedoch vor dem Übertritt in die Pflanze unlöslich wird weil der pH-Wert zu hoch und/oder die Entwässerung unzulänglich ist (**induzierte** Chlorose in Böden mit viel Aktivkalk und/oder wenig extrahierbarem Eisen (daher die Messung des KCl), die normalerweise schön makroporös und durchlässig sind). Diese **induzierte** Chlorose wird noch dramatisch **verschlimmert** in wenig porösen, nur langsam abtrocknenden Böden mit zeitweiliger Vernässung im Frühling. Das ist bei vielen Böden in grossen Talmulden der Fall, in welchen sich das auf natürlichem Wege versickernde Wasser der Hänge ansammelt und die oft feucht sind im Frühling. Bei viel Wasser kann das CO₂ nicht diffundieren und sein Partialdruck erhöht sich in der Wurzelgegend. Es werden mehr Karbonate (Kalk) gelöst und es kommt zur Freisetzung von Ca⁺⁺ und vor allem, von **Bikarbonat HCO₃⁻**, dem Hauptverursacher von Chlorose. Der pH-Wert kann in Böden mit lang-

samer Auflösung des gasförmigen CO₂ auf 9 bis 10 steigen, bevor er sich um 8,4 herum stabilisiert.

- Möglich ist ebenfalls, dass das Eisen zwar in die Pflanze eindringt, dann aber nicht mobil ist (diese **physiologische** Chlorose wird stark gefördert bei zu hohen Erträgen, zu starker Wüchsigkeit und bei ungenügenden Zuckervorräten in den Wurzeln. Denn das über die Wurzeln aufgenommene Eisen wird über molekulare Zwischenstufen (Liganden, Chelieragenten, Siderophore (= Eisenträger) gespeichert und zu den Blättern transportiert. Sind diese Transporteure nicht in ausreichendem Masse vorhanden, so kann das Eisen nicht zu den Blättern hin migrieren. Die Arbeiten von F. Murisier haben gezeigt, dass ein geringer Zuckervorrat in der Pflanze (wegen zu starker Wüchsigkeit oder zu hohen Erträgen) stark korreliert mit einem hohen Vorkommen an Chlorose (Kanton Waadt).

Eines ist bekannt: Viel „Aktiv“-Kalk, sehr fein zerteilter CaCO₃-Kalk, der im Labor leicht messbar ist, begünstigt das Auftreten von Chlorose. Im H₂O-Wasser setzt dieses Kalziumkarbonat leicht Kalzium Ca⁺⁺-Ionen frei (**die nicht für die Chlorose verantwortlich sind**) so wie HCO₃-Bikarbonat-Ionen, die das Eisen direkt im Boden unlöslich machen durch eine Erhöhung des pH-Wertes, so dass weder die Pflanze, noch die Bakterien daraus einen Nutzen ziehen können.

Zum Glück für die Walliser kann ein Boden mit 80% Totalkalk durchaus nur 5% Aktivkalk enthalten, denn der ganze Kalk befindet sich in einer Fraktion von schlecht löslichen Grobsanden, die eine gute Makroporosität und ein schnelles Entwässern gewährleisten.

Je feiner ein Kalk ist, umso leichter wird er in ionischer Form ins Wasser übergehen, seine Konzentration steigt und er wird dazu neigen, bei der geringsten physikalischen Veränderung (pH-Wert, Konzentrationen, Temperatur) wieder zu kristallisieren.

Bei gleichem Feinheitsgrad sind gewisse Kalke **löslicher** als andere. Je löslicher ein Kalk ist, auch wenn er nicht so fein geteilt ist, umso mehr wird er die Chlorose fördern. Das ist bei weichen, mergeligen Kalken ganz allgemein der Fall und bei Mergeln (Gemenge von Kalkgestein und Ton) insbesondere. Diese Gesteine verwittern in oft schweren Böden und das Risiko einer ungenügenden Entwässerung muss also ständig im Auge behalten werden.

Die Walliser Kalkfelsen sind jung und erst seit Kurzem den, zudem bescheidenen, klimatischen Auflösungskräften ausgesetzt (es regnet nicht genug): Die Gesteine sind also „frischer“, die „**klimatische Solubilisierung**“ hält sich in Grenzen (sogar bei sehr leicht löslichen Mineralien wie Gips, welchen man in gewissen Geröllböden jüngeren Datums in fast intakter Form vorfindet).

Zudem waren die Böden nicht lange von Wäldern überwachsen (denn die Eiszeiten haben bis vor -10000 Jahren alles abrasiiert), sie waren also wenig in Kontakt mit säuerndem Humus, die „**pedologische Solubilisierung**“ ist also alles in allem gering.

So müsste man wohl im Wallis die **Löslichkeit** des im Boden vorhandenen Totalkalks überprüfen (mit Hilfe derselben Methoden wie zur Feststellung der Wirkgeschwindigkeit von kalzischen Bodenverbesserern) und nicht nur dessen Feinheit (der Aktivkalk wird im Wallis traditionell für Böden mit über 20% Totalkalk gemessen).

5.3.2. KALKANSAMMLUNGEN UM WURZELN UND/ODER KIESEL

Das Problem von „Verkrustungen“ ist in skelettreichen Walliser Böden häufig anzutreffen und wird zu Recht aufgegriffen, denn einerseits können sich dadurch die Kiesel fast verzementieren, so dass es für die Wurzeln immer schwieriger wird, sich einen Weg zu bahnen, und andererseits können sich die Wurzeln mit einem Kalkgang umgeben und sich so von den Nährstoffen und dem Wasser abschotten. Dieses Problem ist mit demjenigen der Chlorose eng verbunden.

Das CaCO_3 ist 4,5 mal weniger löslich bei einem pH-Wert von 8,5 als bei 6,5. Wenn also mit Karbonat befrachtete Tagwasser auf einen sehr kalkreichen Kiesboden treffen, wird der Kalk ausfallen und zwar umso stärker, als das Milieu trocken und heiss ist.

Können massive Bewässerungen bei grösster Hitze diesen Prozess beschleunigen?

Es lohnt sich, dieser Frage nachzugehen, denn die Verkrustungen um die Wurzeln herum entwickeln sich langsam zu mechanischen Hindernissen, die auch mit Fercal als Unterlagsrebe nicht aus dem Wege geräumt werden können.

Auf jeden Fall erklärt sich die Massenverfestigung der extrem kalkreichen Böden der grossen Felsstürze („Betonböden“) bestimmt durch die Kristallisation in sehr feine Kalknadeln oder Kristalle (manchmal sind sie sichtbar, die Erde wird beim Abtrocknen weiss; die Kristalle sind einige Mikron gross), die den Boden stark verhärten. Gewisse sehr kalkreiche Lokalmoränen (oft von Geröll überlagert) weisen auch unter und um die Kiesel herum starke Kristallisationserscheinungen auf: In Gemengen umgibt ein Kalkgang die gerundeten, nicht aber die eckigen Kiesel (gewisse 64er und 65er Einheiten).

Wachstumsstörungen bei den Reben wurden mit Verschlüssen durch Kalkverkrustungen in Verbindung gebracht, die in gewissen Böden in Frankreich als „biologische Retrogradation“ bekannt sind und üblicherweise nach grossen Überproduktionen und auf heiklen Schluffböden aufzutreten pflegen. Dieses Phänomen wurde vielleicht von den Medien zu sehr dramatisiert, aber wegzuleugnen ist es nicht. Schlussendlich ist es auch durchaus logisch, denn es braucht wirklich wenig, um das Gleichgewicht zwischen Ablagerung und Auflösung von Kalk durcheinander zu bringen.

5.3.3. ANDERE INDIREKTE EINFLUSSMÖGLICHKEITEN

- Wenn ein stark karbonathaltiges Wasser gefriert, können auch Nadeln aus Kalzit gebildet werden, weil gefrierendes Wasser rein ist und die löslichen Salze abgibt. Zum Teil sind feine Kalkschichten um die Kiesel an der Oberfläche gewiss diesem Phänomen zuzuschreiben, hauptsächlich auf den linken Rhoneufer (Charrat?)
- Die feinen Kalzitbeschichtungen der Kiesel verändern bestimmt auch deren Porosität und also logischerweise auch ihr Wasserrückhaltevermögen, mit je nach Kiesel gegensätzlichen Wirkungen:
 - Die Oberflächen von dunklen, kalkarmen Blätterschiefern sind oft mit einer feinen weissen Kalzitpatina überzogen, die sie weniger Wasseraufnahmefähig macht (genau wie Metalloxyd gewisse Gebäude aus porösen Steinen schützt).
 - Die glatten Kiesel aus Gneis und Hartkalk hingegen werden dadurch an der Oberfläche etwas körniger und das Rückhaltevermögen durch Kontaktkapillarität wird dadurch etwas verbessert.

5.3.4. TROCKENZONEN / FEUCHTZONEN : ZWEI VERSCHIEDENE CHLOROSEN

Wie wir gesehen haben, hängt die Wasserlöslichkeit von Kalk vom pH-Wert und von der Konzentration des im Bodenwasser aufgelösten CO₂-Gases ab:

Je höher der pH-Wert ist (die Wendeschwelle liegt bei 10), umso mehr fällt der Kalk aus, während Kieselguhr und Silikate sich im Gegenteil auflösen. Das Kalziumkarbonat **nimmt schrittweise den Platz** der nicht mit Kohlendioxid gesättigten Bestandteile ein und ummantelt die Wurzeln langsam mit reinem Kalk.

1 Bei sehr trockenen Böden steigt der pH-Wert der Bodenlösung in kalkhaltigen Böden besonders um die Wurzeln herum signifikant. (**Sommerchlorose**). Man kann dann **in grossen Hohlräumen** und unter den Kieseln **feinnadelige Ausfällungen** beobachten. Es handelt sich immer um makroporöse, belüftete (stark kiesige) Böden. Die Nadelchen wachsen von der Wand des Hohlraumes zur Wurzel hin, ohne sie jedoch zu berühren. In gewissen Fällen kann es also etwas nützen, Evaporation und Austrocknung zum Beispiel durch Abdecken mit einer Kiesschicht zu verlangsamen. Böden dieser Art findet man typischerweise auf den eher trockenen Kämmen grosser Felsstürze; Fercal + eine mässige Wüchsigkeit + vernünftige Bewässerung versprechen hier den besten Erfolg.

2 In mikroporösen, feinen, verdichteten, tonigen oder feinschluffigen Böden ist es so, dass bei zunehmendem wasserlöslichen Kohlendioxid im Boden (schlecht belüftete Böden, organisches Material schlecht abgebaut), der Kalk stärker ausfällt (er löst sich weniger auf, folglich fällt er mehr aus) beim Kontakt mit der Wurzel und sich zwischen sie und das Nährmilieu schiebt, indem er sich in den rohrförmigen Poren oder auf den Seiten der strukturalen Prismen absetzt. (Auftreten von Pseudomyzel, wie wir es in allen Tiefenhorizonten aus Löss gefunden haben). **Die Kalkansammlungen sind viel feiner als im Beispiel 1**, „mikritisch“ von **1 bis 10µ**, das heisst, von blossen Auge nicht erkennbar, solange sie nicht sehr zahlreich sind (mehlige Häufchen) und konzentrieren sich direkt um die feinen Wurzeln herum.

Eine langsame Wasserinfiltration in den Boden (weniger als 2cm/h) verschlimmert die Situation sehr (Verdichtung oder Verschliessung der Auflagehorizonte durch Bodensenkung).

Mit anderen Worten, bei gleichem Kalkgehalt hat die Chlorose auf einem deutlich makroporösen Boden (grobsandig und sehr kiesig) viel geringere Chancen, ausser dieser Boden neigt stark zum Austrocknen (Fall **1**).

Schliesslich variiert die Wasserlöslichkeit der Kalkgesteine auch aufgrund ihrer Härte und Feinheit; dies feinsten und weichsten führen am ehesten zu Chlorose, solche sind aber im Wallis selten anstehend. Weiche Gesteine wurden vom Gletscher ausgehöhlt und die so entstandenen Vertiefungen oder Gräben durch Geröll oder Kolluvionen anderen Ursprungs wieder aufgefüllt. Hingegen findet man in den grossen Felsstürzen der Gegend um Sierre herum unglaublich hohe Kalkgehalte, wohl bedingt durch ihre kataklysmische Entstehungsgeschichte (Zerbersten der Felsen beim Aufprall mit Bildung eines sehr feinen und demzufolge sehr löslichen Kalkpulvers).

5.3.5. DIE VOM UMFELD UNABHÄNGIGE, PHYSIOLOGISCHE CHLOROSE

Bei gleichen äusseren Bedingungen gibt es eine **physiologische** Chlorose, die sich anscheinend auszeichnet durch einen erhöhten pH-Wert in den Blättern und die Alkalinisierung des Saftes. Ihr Auftreten hängt ab von der Anfälligkeit jeder Rebsorte, der Auswahl der Unterlage und wuchsfördernden Erziehungsmethoden (Korrelationen mit den Erträgen n-1 et n: Anzahl und Durchschnittsgewicht der Trauben und Datum der Holzreife des Jahres n-1).

Alles, was die Pflanze schwächt (fehlende Reserven, späte Holzreife, übertriebene Wüchsigkeit) wird entweder chlorotische Symptome hervorrufen, wo es normalerweise keine gibt, oder sie dort verstärken, wo sie normalerweise nur diskret vorhanden wären.

Die Pflanzen besitzen natürliche Chelieragenten (Siderophore), mit welchen sie Eisen einlagern können, allerdings nur bis zu einem gewissen Grad und je nach Rebsorte oder Unterlage auch noch unterschiedlich. Bei zuviel Laub oder Ertrag reichen die vorhandenen Siderophore eventuell nicht aus für den Eisen-transport, auch wenn keine äusserlichen Hindernisse bestehen.

In der Champagne schliesslich ist eine „klimatische“ Chlorose beobachtet worden (allerdings sind dort die Böden mergelig, oft frisch und das Klima kühl und vor allem feucht, also weit entfernt von den Bedingungen im Wallis), welche sich bei grossen Temperaturunterschieden zu verschlimmern scheint.

5.3.6 BEHANDLUNGSMETHODEN BEI CHLOROSE

Aus diesen etwas komplizierten Ausführungen geht hervor, dass man den durch äussere Bedingungen **induzierten** Chlorosen je nach Ursprung (Kalk, Feuchtigkeit) nicht einheitlich mit denselben Anbaumethoden begegnen kann und dass die physiologischen Chlorosen auch als solche behandelt werden müssen (Rebsorte, Unterlage, Wüchsigkeit).

In einer oxidierenden, gut dränierten Umgebung bedeutet eine Chlorose, dass das Eisen am Ausgangspunkt im Boden blockiert ist, man kann nur die Verfügbarkeit des Eisens im Boden erhöhen (natürliche Chelieragenten: Humische Säuren (Torfe), Bakterien, Gräser oder zugeführte Chelieragenten) und eine geeignete Unterlage wählen (natürlich unter Vermeidung irgendwelcher zusätzlichen physiologischen „Erschwerungsfaktoren“). Aber die biologische Pflege solcher Böden auf schwer zugänglichen Parzellen ist oft schwierig und die Begrünung heikel zu handhaben).

Bei mit Sauerstoff unterversorgten Böden muss die Produktion von Bikarbonaten eingedämmt werden durch Auflockerung der Oberfläche, das heisst, Bodenbearbeitung, Begrünung, Entwässerung und geeignete Unterlagen (die 41B mag Feuchtigkeit nicht und ist deshalb für schwere, verdichtete Böden nicht empfehlenswert). Da die Reben bei solchen Bedingungen aber ansonsten ziemlich produktiv sind, sollte die sehr wüchsige Fercal nicht ohne kompensierende Begrünung zum Einsatz gelangen.

Je nachdem, ob die Mangelercheinung in den Wurzeln auftritt oder nur in den Blättern sollte entweder ein Blattdüngung oder eine Bodenversäuerung (Zitrate) erfolgen.

Im Wallis muss man vielleicht noch eine dritte Kategorie definieren für die eher ariden Gegenden mit insgesamt makroporösen Böden, welche aber zwischendurch, während der Schneeschmelze in den Bergen, bis spät in den Frühling hinein starke, tiefgründige Wasserzirkulationen aufweisen. Diese zeitweiligen Zirkulationen konzentrieren sich eher auf die Zonen am Fusse von stark abfallenden Geröllhalden oder kalkhaltigen Felsabstürzen, oder in den Talmulden.

Man sieht also, die Chlorose korreliert nicht einfach mit den Gehalten an Total- oder Aktivkalk, sondern muss genau beobachtet, verfolgt und eingegrenzt werden mit Bodenprofilen (womöglich aus Tiefen über 1.20m), vielleicht verbunden mit mikroskopischen Untersuchungen auf der Berührungsebene von Boden/Wurzeln und Analysen des Bewässerungswassers.

5.4. BODEN- UND HORIZONTBEZEICHNUNGEN

Das pedologische Glossar des französischen Forschungsinstituts für Agromomie INRA kann seit einigen Monaten online konsultiert werden ('Référentiel Pédologique RP95').

<http://138.102.82.2/cours/science-du-sol/glossaire-de-pedologie>

einige Informationen auf Deutsch unter : <http://www.infodienst-mlr.bwl.de>

EINIGE BODENANSPRACHEN

Die Bodenansprachen werden immer in Grossbuchstaben geschrieben

ARENOSOLS : Mächtige Böden von sandigem Gefüge (- als 12% Ton +als 65% Totalsande).
CALCOSOLS : Mittelmächtige bis mächtige Böden, karbonat- und kalziumhaltig (Totalkalk >5%) mit Säurereaktion = kalkige Braunerde, entstanden aus...
CALCISOLS : Kalzische Böden (ohne Totalkalk, aber kalziumgesättigt)
BRUNISOLS : Schwach saure oder saure, aber nicht lessivierte Böden, die einen braunen, gut strukturierten und porösen Tiefenhorizont aufweisen.
COLLUVIOSOLS : Mächtige, aus Kolluvionen entstandene Böden.
FLUVIOSOLS : Mächtige, aus neuzeitlichen Alluvionen entstandene Böden.
PEYROSOLS : Böden, die mehr als 60% Kies oder Steine enthalten.
RENDOSOLS : Karbonatische, wenig mächtige Böden auf Kalkgestein, Mächtigkeit <50cm.
REGOSOLS : Sehr flachgründige Böden auf weichem Gestein (Mergel, Grundmoräne).

Es ist klar dass bei Böden, die aus komplexen Geröllhalden entstanden sind, der Übergang von kieseligen CALCOSOLS in kalkige PEYROSOLS und von da in kalkig-kieselige ARENOSOLS oder RENDOSOLS sehr progressiv vonstatten geht und dass es manchmal unmöglich ist, den geeigneten Ausdruck zu finden, um einen Boden mit der notwendigen Tiefe zu beschreiben.

EINIGE HORIZONTNAMEN

Zusammen mit der Referenz kann man so einen Bodentyp beschreiben.

Kalkig : HCl-Reaktion ohne Erhitzen bedeutet kalkig (über 5% Totalkalk).
Kalzisch : Keine HCl-Reaktion ohne Erhitzen, das heisst, weniger als 5% Totalkalk, aber gesättigt, also neutraler pH-Wert oder basisch.
Kalkarisch : Sekundäre Kalkanhäufungen (Beschichtung, Häufchen, Pseudomyzel).
Durchgehend kalkarisch: Durchgehende, nicht verhärtete Verkrustungen (durchlässig).
Petrokalkarisch: Durchgehende, verhärtete Kalkanhäufung, Kruste.
Steinig: Mehr als 40% Steine.
Kieselig: Mehr als 40% Kies.
Redoxisch: graue Zonen und Spuren und eisenangereicherte Rostflecken, zeitweilig oder tiefgründig schlechte Drainage.
Reduzierende Eigenschaften: Einheitlich bläulich oder gräulich gefärbt - allgemein schlecht entwässert.

STANDARDABKÜRZUNGEN DER HORIZONTE

(wie in den Profilkarten und Bohrungen verwendet)

Präfix L : Steht allgemein für einen kultivierten Horizont (Pflügung oder Bergbau)

Präfix Z : Stark veränderter Horizont (Vorkommen von Backsteinen, Aufschüttungen, Kohle, usw.)

Referenzhorizonte

- A : Oberflächenhorizont mit Anreicherung der Mineralsubstanz durch organisches Material und biologischer Ausgangsstruktur.
LAc : Kalkhaltiger kultivierter Horizont.
LAci : Kalzischer kultivierter Horizont.
LAg : Kultivierter Horizont mit Rostflecken.
LA/S : Kult. Horizont aus einer Vermischung von 2 natürlichen Horizonten.
- J, Js : Junger Oberflächenhorizont, wenig differenziert, schwach organisch.
Sca : Strukturaler Horizont kalkig - säurereaktiv.
Sci : Strukturaler Horizont kalzisch - nicht säurereaktiv.
- K : Kalksteinhorizont mit verhärteter Kalkkruste.
- G : (oder Gr) quasi permanent vernässter Horizont mit reduzierenden Verhältnissen
- Go : zeitweilig reoxidierter Horizont mit reduzierenden Verhältnissen
- C : Mineralbodenhorizont aus verwittertem Muttergestein, einhergehend mit einer gewissen geochemischen Veränderung. Man erkennt die Gesteinsstruktur (Wechselagerung, usw.)
Cca mit CaCO₃-Ablagerungen.
- M : Muttergestein locker und skelettarm oder skelettfrei.
Mca : Kalkiges, lockeres Muttergestein (Moräne oder Mergel).
- D : Pseudolockeres Muttergestein aus harten, transportierten Materialfragmenten, die Grobteile überwiegen.
Dx : Grobteilmengende.
Dca : Kalkhaltige Grobteile.
Dsi : Grobe Kristallinteile.
- R : Massives oder wenig verwittertes Muttergestein.
Rca : Kalkgestein.
- Z : Veränderter Horizont (Vorhandensein von Ziegelsteinen, Aufschüttungen, Kohle, usw.)
- Zgrv Horizont aus Kiesschüttung ohne Bezug zur natürlichen Umgebung

Suffixbuchstaben, die den Horizonten angehängt werden können

- (g) : Redoxische Spuren.
S(g), Sca(g) Bt(g), usw. ...
- g : Redoxischer Horizont, bunt rost- und graufarbig gescheckt.
Eg, Sg, Scag, Cg, Mg, usw....
- H : Bezeichnet einen an organischem Material ausserordentlich reichen und dunklen Horizont.
- T : Sehr schwarzer Horizont, auch „Tour“ (für torfig)
- x, X : Bezeichnet einen sehr kiesigen Horizont.
- k : Mit wenig verhärteten Kalkanhäufungen.
- K : Mit durchgehenden und harten Kalkanhäufungen.

Komplexe Profile

- 1, 2, 3, senkrechte Überlagerungen von A1-, A2-...Horizonten
I, II, III geben das erste, zweite und manchmal sogar dritte Ausgangsmaterial der Horizonte oder Muttergesteine an.

5.5. GLOSSAR

Aggregat :	Kleines Stückchen Erde (Scholle).
Alluvialdecke:	Freies, mehr oder weniger tiefes, im Zusammenhang mit einem Fluss entstandenes Grundwasser.
Alluvion :	Von einem Fließgewässer oder See deponiertes Sediment von unterschiedlicher Zusammensetzung (Steine, Kiesgeröll, Sande, Silte, Tone, kalkhaltig oder kalkfrei).
äolisch:	Der Einwirkung des Windes zuzuschreiben (äolische Ablagerungen = Löss).
Argillan:	Feine Tonschicht auf den Elementseiten einer Struktur.
Beschichtung:	Feiner Film aus Ton, organischem Material oder Eisen, welcher die Aussenseite einer kleinen Erdscholle (Polyeder oder Prisma) oder eines Kiesels umgibt.
Bioklastisch:	Überwiegend aus organischen Trümmern (fossilen Fragmenten) bestehendes Sedimentgestein (zum Beispiel Kalkgestein).
Biologische Aktivität:	Spuren der in einem Boden lebenden Tiere.
Bisse (Suone):	In den Berghang gegrabener Bewässerungskanal, mit welchem das Wasser von den Bachläufen im Seitental bis zum Rebberg geführt wird.
Detritisch:	Aus der Gesteinsverwitterung entstandene Formation (Trümmer aus der Erosion eines Kontinents).
Doline:	Geschlossenen Senke im harten Kalkgestein.
Dolomie:	Mit Kohlendioxid gesättigtes Sedimentgestein das Magnesium enthält; ohne Erhitzen keine HCl-Reaktion, formt sich manchmal zu ruinenartigen Reliefs.
Drumlin:	Glazialmodellierung - lang gestreckter Hügel im Verlauf des vorrückenden Gletschers.
Eisenschüssig:	Eisen enthaltend. Enger Sinn: metamorphes Gestein, dessen blättriger Habitus auf eine tektonische Einwirkung (Druck) zurückzuführen ist. Glimmer sind oft gerichtet, mit satinierten oder samtigen Blättern an der Oberfläche.
Enteisenung:	Entwicklung eines Tons, der seines Eisens verlustig geht (saures und/oder vernässtes Milieu).
Entkarbonisierung:	Schrittweiser Verlust des (aktiven) Totalkalks durch die Feinerde. Gegenteil : Rekarbonisierung (durch das Wasser, Erosion der dominierenden Hänge, den Menschen).
Erosion:	Chemische Prozesse (Alteration, Auflösung), physikalische oder mechanische (Desaggregation), welche den vorhandenen Boden ganz oder teilweise abtragen und so das Relief verändern.
Erratisch:	Einzelner Block, der von einem inzwischen verschwundenen Gletscher transportiert wurde.
Evaporit:	Ablagerung in seichten Lagunen, die starken Evaporationsphänomenen ausgesetzt ist (traf für die alpinen Regionen während der Trias zu). Es sind dies zum Beispiel die Gipse, Anhydrite und das Steinsalz.
Fazies :	Charakteristische Merkmale eines Gesteins.
Feldkapazität FK:	Potentielle Wassermenge, welche ein Boden einer Pflanze zur Verfügung stellen kann.
Ferromangan:	Schwarze Teilchen (feine Schicht oder Korn) aus Eisen und Mangan, die sich zusammen ablagern bei längerer Vernäsung des Bodens (manchmal fossil, verschwinden bei Entwässerung nicht)
Fersiallitisch:	Boden mit einem rot gefärbten Horizont und mikropolyedrischer Struktur wo sich die Tone mit Eisen(III) verbinden.

Fluvioglazial:	(auch glaziofluvial oder glaziofluvial): Von den Gletschern und danach vom Schmelzwasser transportierte Sedimente.
Flysch:	(aus dem Schweizerischen: abrutschendes Gelände): In submarinem Delta infolge von sukzessiven „Lawinen“ entstandenes Sedimentgestein, im Rhythmus wechselnd von grob (Kiessand/Blöcke-Sand) bis fein (Silte-Beckentone). Flysche zeugen von tiefen Becken am Rande von stark komprimierten Zonen wo Gebirgsketten entstehen.
Gabbro:	Magmatisches Plutonitgestein (Tiefenkristallisation), dunkelgrün, kann einem ophiolitischen Komplex angehören.
Gebettet - gelagert:	Überlagerung von Bänken, Lagerstätten.
GEPPA:	Groupe d'étude des problèmes de pédologie appliquée (das Textur-Dreieck dieser Gruppe wurde verwendet).
Geschiebedecke:	Bodenkomplex, der versetzt und über einen anderen Bodenkomplex geschoben wurde, von dem er ursprünglich weit entfernt war.
Gips:	Hydriertes Kalziumsulfat. Weisses, weiches, wasserlösliches Mineral, keine Säurereaktion, Einritzen mit Nagel möglich, in den Evaporationslagunen der Trias abgelagert. Sieht aus wie Zucker oder grobe Kristalle.
Glaukonit:	Toniges Mineral maritimer Herkunft, grün, eisenreich (Körner im Gestein).
Gley:	Durchgehend graugrünlich gefärbter Horizont, Zeichen einer permanenten Vernässung.
Glimmer:	Glänzendes Mineral, lamellenartig angeordnet.
Glimmerschiefer:	Metamorphes Gestein in Plättchenform mit hohem Glimmergehalt.
Gneiss:	Metamorphisches Kristallingestein mit charakteristischen, abwechselnd dunklen (Glimmer, Amphibole) und hellen Einlagerungen (Quarz, Feldspate). Es gibt sie in unzähligen Variationen.
Granit:	Magmatisches Plutonitgestein (Tiefenkristallisation), hauptsächlich aus Quarz, Feldspat, Plagioklasen und oft Glimmergesteinen bestehend.
Herzynikum:	(Syn. Variszikum). Orogenesischer Zyklus, Entstehung einer grossen Gebirgskette in Europa und Nordamerika im Laufe des Primärzeitalters.
Hochanstehendes Grundwasser :	Grundwasser, welches sich auf einer wenig durchlässigen oder undurchlässigen Stufe angesammelt hat.
Humus :	Bodenfraktion aus der Zersetzung und Polymerisierung von organischem Material.
Hydromorph:	Bezeichnet einen Boden, der Symptome eines permanenten oder zeitweiligen Wasserüberschusses aufweist (Hydromorphie).
Illit:	Ton aus mittelgrossen Kristallen, dem Glimmer eng verwandt. Es handelt sich um die meist verbreitete Tonart. Mittlere KAK.
Interfluvium:	Zwischen zwei Fliessgewässern befindliche Region.
KAK :	Kationenaustauschkapazität: das Mass der Fähigkeit eines Bodens, Kationen (Kalium, Magnesium, Kalzium,...) zurückzubehalten.
Kalk (Hor):	Horizont mit mehr als 5% Karbonaten (in etwa Totalkalk). HCl-Reaktion ohne Erhitzen.
Kalk(ig):	Gesteinsart ODER Kalziumkarbonat ODER einen Bodentyp bezeichnendes Adjektiv ODER Horizontbezeichnung.
Kalkverkrustung:	Verhärtete Schicht, die im Zusammenhang mit Wiederausfällungen von Kalziumkarbonaten entstanden ist (Kalk).
Kalzisch (Hor):	Gesättigter Horizont mit weniger als 5% Karbonaten (in etwa Totalkalk) ohne Erhitzen keine oder nur sehr lokale HCl-Reaktion.


Kaolinit:	Ton aus Kleinkristallen, wenig blähend, mit schwacher KAK.
Karst:	Typische Landschaft auf anstehenden Kalkgesteinen - Dolinen, Trockentäler, Abgründe, unterirdische Flüsse - vom Wasser durch Auflösungsverwitterung erschaffen.
Karstisch:	Netz von unterirdischen Höhlen und Gängen, entstanden durch Auflösung der sie umschliessenden Gesteine (Kalke, Gipse).
Klippe :	Isolierte Überreste einer tektonisch höher gelegenen Einheit, die der Erosion widerstanden haben (ortsfremdes Restmaterial eines höheren Stockwerks).
Kolluvionen:	Materialanhäufung am Fuss eines Hanges durch Schwerkraft oder Rieselung.
Konglomerat:	Hartes, mit Kalk oder Kieselguhr zementiertes Gestein aus Kiessand und gerundeten oder nicht gerundeten Kieselsteinen.
Konkretionen:	Mineralische oder metallische (Kalk, Eisen, ...) Anhäufungen um einen Kern oder auf einer Oberfläche. Wenn die Konkretionen sehr zahlreich und zementiert sind, sehen sie aus wie Schlacke oder Verkrustungen.
Lamellenartig:	Blättrig.
Lessiviert:	Sagt man von einem sauren Boden, dessen Tone nach unten migrieren. Der obere Horizont wird hell und sandig.
Lithochrom:	Bezeichnet einen Horizont, dessen Färbung vom Muttergestein herrührt und nicht auf die pedologische Entwicklung zurückzuführen ist.
Lithologie:	Summe der Merkmale eines Gesteins.
Löss:	Sedimentablagerung äolischen Ursprungs (Schluff-Feinsande), oft sehr porös, ockerfarbig und weich anzufassen.
Mergel:	Nicht verfestigtes, feinkörniges Sedimentgestein, reagiert mit Dünnsäure, Gemenge aus Ton und Kalk, weniger verdichtet als Kalkgesteine, weniger plastisch als Tone, von unterschiedlichem Habitus, Farbe und Zusammensetzung.
Metamorphismus:	Umwandlung eines Gesteins unter erhöhter Temperatur- und/oder Druckeinwirkung.
Migmatit:	Grobes Granit- und Gneisgemenge, Ergebnis einer teilweisen Zerschmelzung (erneute Schmelzung eines Teils des Ursprungsgesteins).
Mineralisierung:	Verwandlung von organischem Material in von der Pflanze assimilierbare Mineralien (z.B. Nitrate).
Molasse:	Tertiäre Sedimentformation mit unterschiedlichem Fazies (Mergel, Konglomerate, Sandstein).
Moräne:	Weggerissene oder weggerollte Teile irgendwelcher Grösse, die auf oder unter einem Gletscher deponiert und von ihm transportiert und verdichtet wurden. Aus solchen Teilen entstandene Ablagerungen: Seiten-, Grund- oder Stirnmoränen.
Moränischer Wall :	Glaziale Modellierung - Hügel, der konkav halbmondförmig nach oben verläuft und den Äussersten, von einem fortschreitenden Gletscher erreichten Rand anzeigt (Frontalmoräne).
Muttergestein:	Ausgangsmaterial für die Entstehung eines Bodens.
Neige:	Gefälle der Felsschichten und -lagen, oder sogar einer Verwerfung im Vergleich zur waagrechten Linie.
Ophiolite:	Sammelbegriff für alle basischen Gesteine magmatischen Ursprungs („grüne Felsen“: Peridotiten, Gabbros, Basalte, Serpentinitten, ...), welche Teile der ozeanischen Kruste und des oberen Mantels bilden und auf die kontinentale Erdkruste geschoben wurden.


Organisches Material:	Aus pflanzlichen oder tierischen Überresten stammende Substanz.
Oxidation (Flecken):	Rostfarbene Flecken, entstanden durch eine chemischen Reaktion von Eisen mit Sauerstoff (Gegenteil: Reduktion, graue Flecken).
Pelit:	Sehr feinkörniges, sedimentäres Detritusgestein (Silt oder Ton).
pH-Wert:	Mass zur Angabe der Bodensäure - pH = potentia Hydrogenii oder Kraft des Wasserstoffs.
Piemont:	Sanfter Hang am Fusse eines bergigen Reliefs oder eines Massivs.
Pisolit:	Eisenschüssiges, erbsengrosses Knötchen.
Polyedrisch:	Fragmentstruktur, gekennzeichnet durch vielflächige, flachseitige Aggregate mit eckigen Kanten.
Poren:	Hohlraum im Boden (Porosität = Gesamtheit der Hohlräume).
Prismatisch:	Struktur mit eckigen, senkrecht länglich verlaufenden Erdschollen.
Pseudogley:	Zahlreiche Rostflecken, Zeichen von zeitweiliger Staunässe.
Pseudomyzel:	(=“wie ein Pilz“) . Diffuse Kalziumausfällung in Form von weisslichen Fäden (=Vermikulierung, „schimmelartiger Wuchs“)
Quarz:	Siliziumhaltiges, hartes, durchsichtiges, farbloses oder rosa angehauchtes Mineral.
Rekarbonisiert:	Wieder mit Kalk versorgt. Sagt man z.B. von einem Boden mit kalzischem Horizont, überlagert von einem Horizont, der in jüngster Vergangenheit auf natürliche oder andere Weise mit Kalk angereichert wurde. Gegenteil: entkarbonatet.
Rubifizierung:	Heissen Klimaten vorbehaltene Entwicklungsart des Bodens, welcher durch Kristallisation von dehydrierten Eisenoxiden (Hämatiten) eine rote Färbung annimmt.
Sand:	Grobteil, jedoch kleiner als 2mm. Zur besseren Berechnung der Wasserspeicher unterscheidet man zwischen Feinsanden (<0.2 mm) und Grobsanden.
Sandstein:	Hartes, raues Sedimentgestein aus zementierten (kalkhaltigen oder kalkfreien) Körnern.
Sauer :	Chemische Eigenschaft eines Bodens mit einem pH-Wert unter 6,5 (Gegenteil basisch).
Säurereaktion:	Sie drückt sich aus durch Schäumen. Findet sie statt, so ist ein Boden kalkig und stark basisch. Andernfalls ist er schwach basisch, neutral oder sauer.
Schiefer:	Erweiterter Sinn: jedes Gestein mit blättrigem Habitus.
Schieferkalk:	Blättriges Gestein mit Mergel oder Peliten als Ausgangsmaterial, das kristalline Kalkplättchen mit satinierter Oberfläche bildet.
Schluff (Silt):	Bestandteil mittlerer Grösse. Schluffe neigen dazu (durch den Regen) ihre Struktur zu verlieren. Für uns gleichbedeutend mit Silt. Wir verwenden das Wort Schluff nie im agronomischen Sinn von „Boden mittlerer Textur“, weil das zu ungenau ist und sandig-tonige Gefüge ohne jeglichen, die Textur festigenden „Schluff“ einschliessen kann.
Serpentin : 	Kompaktes, oft dunkelgrünes, aus Ophioliten stammendes Gestein ("Speckstein").
Sockel :	Altes , normalerweise metamorphisiertes oder granitisiertes Substratum, welches die Sedimentböden (Decke) trägt.
Spalte:	Geländebruch mit Wegdriften der entzweiten Teile.
Steinigkei:	Anzahl Grobteile (grösser als 2mm) in der Feinerde. Kies-sande< 2cm< Kieselsteine< 7.5cm < Steine< 20cm< Blöcke und Superblöcke (+ als 2m).

Struktur:	Art der Zusammenfügungen im Boden. Ein gut strukturierter Boden besteht aus unregelmässig geformten und fragmentierten Erdschollen und er sieht nicht massiv aus.
Substrat :	Unter der Bodenoberfläche gelegene Formation, die manchmal vom Muttergestein verschieden ist.
Suone (Bisse) :	In den Berghang gegrabener Bewässerungskanal, mit welchem das Wasser von den Bachläufen im Seitental bis zum Rebberg geführt wird.
Talweg:	Grundlinie einer Talmulde oder eines Tales; ihr entlang verläuft, wo vorhanden, das Fliessgewässer.
Tektonik:	Sammelbegriff für Verformungen (Brüche, Faltungen, usw.), welche die geologischen Bodenstrukturen beeinflussen.
Textur:	Anteilmässige Zusammensetzung eines Bodens aus Sand, Schluff und Ton. z.B. tonig-sandig, schluffig-tonig, sandig-schluffig, in Anlehnung an ein gegebenes Textur-Dreieck. (GEPPA ist der Wahrnehmung im Feld am nächsten).
Ton :	Sehr feiner Partikel. Je nach Art besitzen die Tone sehr unterschiedliche Eigenschaften.
Ton 1.Bedeutung :	Sehr feine Partikel (<2µm)
Ton 2.Bedeutung :	Mineral in feinsten Plättchenstruktur, unterschiedlicher Herkunft und Natur.
Topografie :	Das Relief. Die Form des Geländes wird auf einer Karte durch Linien von gleicher Höhe (Niveaulinien) dargestellt. Eine topografische Situation bezeichnet eine gut erkennbare Art von Relief, z.B.: Trog, Wall, Hang, Tal, usw. ...
Toposequenz:	Logische, dem Relief entsprechende Abfolge von Böden.
Turbidität:	Trübestrom, der lagenweise feine Detritusschichten ablagert.
Vertisch:	Boden aus stark blähenden Tonen; in solchen stark blähenden Tonen ist jede Seite einer Scholle glatt und glänzend. Die KAK sind sehr hoch.
Vertonung :	Relative Ansammlung von Tonen in den Tiefenhorizonten eines Bodens.
Warve:	Feines, an einem Seerand abgelagertes Sediment.
Zersetzung :	Schrittweise physikalische und chemische Umwandlung von Felsgestein in Zersetzungsprodukte (Alterite).

5.6. LITERATUR

INTERNET

 <http://138.102.82.2/cours/science-du-sol/glossaire-de-pedologie>

 <http://cerclerivedroite.com/keesvlregimehydrique.pdf>

BÖDEN - PEDOLOGIE

[1] Soltner D., 2002 - **Les bases de la production végétale**. TOMES 1 & 2. EDITIONS SCIENCES ET TECHNIQUES AGRICOLES.

[2] Soltner D., 2002 - **Les Techniques Culturelles Simplifiées**. EDITIONS SCIENCES ET TECHNIQUES AGRICOLES.

[3] Baize D., 1998 - **Guide des analyses courantes en pédologie**. INRA EDITIONS.

[4] Baize D., Jabiol B., 1995 - **Guide pour la description des sols**. INRA EDITIONS.

[5] Ouvrage collectif, 1995 - **Référentiel Pédologique**. INRA EDITIONS.

[6] Gobat J.-M., Aragno M., Matthey W., 1998 - **Le Sol vivant**. PRESSES POLYTECHNIQUES ET UNIVERSITAIRES ROMANDES.

[7] Stengel P., Gelin S., Coord., 1998 - **Sol Interface fragile**. INRA EDITIONS.

[8] Duchaufour P., 1991 - **Pédologie**. MASSON.

[9] Callot G., Chamayou H., Maertens C., Salsac L., 1982 - **Les interactions sol - racines**. INRA EDITIONS.

GÉOLOGIE

[10] Service hydrologique & géologique national, Atlas géologique de la Suisse - **cartes géologiques** 1/25.000ème et **cartes tectoniques** des Alpes de Suisse occidentale au 1/100.000ème.

[11] Charollais J., Badoux H., 1990 - **Guides géologiques régionaux - Suisse lémanique, Pays de Genève et Chablais**. MASSON.

[12] Foucault A. & Raoult J.-F., 1995 - **Dictionnaire de géologie**. MASSON.

[13] Campy M. & Macaire J.-J., 1989 - **Géologie des formations superficielles**. MASSON.

[14] Burri M., 1994 **Les Roches. Connaître la nature en Valais**. EDITIONS PILLET.

[15] Labhart T.; Decrouez D., 1997 - **Géologie de la Suisse**. DELACHAUX ET NIESTLE.

[16] Marthaler M., 2001 - **Le Cervin est-il africain ?** EDITIONS L.E.P.

[17] Decrouez D., 1999 - **De Genève au Mont Blanc, les roches racontent, Itinéraires.**

[18] Decrouez D., Jordan P., Auf Der Maur F., 1999 - **Géotopes, un voyage dans le temps.** EDITIONS MPA.

[19] Zryd A., 2001 - **Les Glaciers.** EDITIONS PILLET.

REBBAU

[20] Champagnol F., 1985 - **Physiologie de la vigne.** CHAMPAGNOL.
HISTOIRE DE LA TERRE, PAYSAGES

[21] Paccalet Y., 1991 - **La Terre et la Vie.** LAROUSSE.

[22] Pigeat J.-P., 2000 - **Paysages de la vigne.** SOLAR.

[23] Ambroise A., Frapa P., Giorgis S., 1999 - **Paysages de Terrasse.** EDISUD.