

Zeitschrift: Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Tech. Hochschule, Stiftung Rübel, in Zürich
Herausgeber: Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)
Band: 57 (1976)

Artikel: Pflanzensoziologische und ökologische Untersuchungen an insubrischen Trockenwiesen karbonathaltiger Standorte
Autor: Meyer, Martin
Kapitel: E: Standortsfaktoren der verschiedenen Vegetationseinheiten
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-308450>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 23.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

E. STANDORTSFAKTOREN DER VERSCHIEDENEN VEGETATIONSEINHEITEN

I. UEBERSICHT UEBER DIE ALLGEMEINEN OEKOLOGISCHEN FAKTOREN

1. Allgemeines

Wie in D. 2. gezeigt wurde, lässt sich die untersuchte Vegetation in klar abgegrenzte Einheiten gliedern. Ohne auf lokale Besonderheiten einzugehen, soll versucht werden, die wichtigsten ökologischen Faktoren aufzuzeigen, welche allenfalls für die Unterschiede der floristischen Zusammensetzung in Frage kommen.

Zur Beantwortung dieser Frage müssen die allgemeinen unabhängigen ökologischen Faktoren wie Muttergestein, Klima, Relief, Beeinflussung durch die biotische Welt und der Faktor Zeit berücksichtigt werden. Im folgenden und später in der Diskussion sollen diese Faktoren sowie sämtliche möglichen Wechselwirkungen zwischen diesen überprüft werden. Ebenso gilt es, eine Antwort auf die Fragen zu finden: wie ist die beschriebene Gesellschaft entstanden? wie erhält sie sich? oder wie entwickelt sie sich?

2. Die allgemeinen, unabhängigen ökologischen Faktoren

Eine erste Voraussetzung für die Entstehung des Carici humilis-Chrysopogonetum grylli ist ein karbonathaltiges Muttergestein als Unterlage. In B. 3. wurde gezeigt, dass im Untersuchungsgebiet verschiedene karbonathaltige Gesteine vorkommen. Obschon die Verwitterung dieser Gesteine, vor allem was die Zeitspanne der Verwitterung sowie deren Endprodukt - insbesondere den Tongehalt - betrifft, ganz verschieden sein kann (siehe E. III. 1.), scheint keine Subassoziation oder Variante nur an eine der in B.3. (Abb. 5) erwähnten, karbonathaltigen Unterlagen gebunden zu sein.

Vom Carici humilis-Chrysopogonetum grylli trennt sich das Holco-Chrysopogonetum grylli prov. deutlich ab. Diese schon aufgrund der floristischen Zusammensetzung unterscheidbare Gesellschaft wächst über sili-kathaltigem Muttergestein und leicht sauer reagierender Feinerde.

Der Faktor Klima muss auf zwei Ebenen betrachtet werden: das Allgemeinklima oder Grossraumklima sowie das Mikroklima der Standorte. Bei der Besprechung des Klima (B. 2.) zeigt sich, dass das Allgemeinklima nicht über das ganze Untersuchungsgebiet als konstant angesehen werden darf. Es unterscheidet sich der engere insubrische Klimabereich vom Iseo-Gardaseegebiet. Diese Unterschiede scheinen im Zusammenhang mit dem Relief, welches sich auf das Mikroklima auswirkt, einen wichtigen Einfluss zu haben. Die an und für sich schon günstigen Temperaturen werden durch die besonderen mikroklimatischen Verhältnisse der Hanglagen noch erhöht. Die dadurch bedingten milden Winter sind eine der Voraussetzungen, dass die zahlreichen submediterranen und mediterranen Arten der Gesellschaft die kältere Jahreszeit überdauern können und konkurrenzfähig bleiben. Der im insubrischen Bereich entscheidende mikroklimatische Faktor ändert sich von Probefläche zu Probefläche. Je nach Exposition und Neigung, d. h. je nach dem gegebenen Relief, erhalten die Flächen eine grössere oder kleinere Einstrahlung (siehe B. 2.4.). Diese beeinflusst nicht nur die Temperatur, sondern auch die Evapotranspiration.

Die Bedeutung des Reliefs ist somit bereits aufgezeigt. Neben dem Einfluss auf das Mikroklima steht dieses in Wechselwirkung zur bodenschaffenden Kraft.

Eine weitere wichtige Voraussetzung ist der menschliche Eingriff. Ausser den ganz extremen, flachgründigen Standorten, wie jene der Diplachne serotina-Variante, sind die Chrysopogon-Wiesen alles potentielle Waldstandorte. Auf ihnen würde sich (siehe B. 4.) eine dem Orno-Ostryon oder dem Carpinion betuli zugehörige Waldgesellschaft einstellen. Der Mensch muss also in irgendeiner Form eingreifen, um diese Flächen wald- und buschfrei zu halten.

Als allgemeine Voraussetzungen zur Entstehung eines Carici humilis-Chrysopogonetum grylli müssen damit die folgenden unabhängigen ökologischen

Faktoren erfüllt sein:

- karbonathaltige Unterlage;
- Klima mit insubrischen Charakteristika;
- besonders gestaltetes Relief bezüglich Hangneigung und Exposition;
- offene, d. h. weder verbuschte noch bewaldete Flächen.

3. Gemessene, unmittelbar wirkende Faktoren

Von sämtlichen Vegetationsaufnahmeflächen (Vegetationstabellen 1, 2) wurden die folgenden Standortsfaktoren notiert: Exposition der Fläche, Neigung der Fläche, potentiell mögliche Jahresstrahlung, mittlere Bodengründigkeit, Bewirtschaftung ja oder nein, jetzige Nutzungsart, Brände ja oder nein, Bodenreaktion der Feinerde und Karbonatgehalt der Feinerde.

Es wurde versucht, möglichst alle Aspekte der Chrysopogon gryllus-Wiesen zu erfassen. Mittels einer Analyse der eben genannten Standortsfaktoren sowie der bodenkundlichen und mikroklimatischen Untersuchungen können die Standorte charakterisiert werden. Daraus können die ökologischen Bedingungen, welche die Entstehung oder das Erhalten der Einheiten ermöglichen, hergeleitet werden.

Die Verteilung der Aufnahmeflächen nach der Exposition ist aus Abb. 9 ersichtlich. Das Schwergewicht liegt bei den südexponierten Flächen (45 % - 50 % aller Standorte). Mit je 15 % - 20 % aller Standorte sind die SSE und SSW exponierten Hänge vertreten. Während im engeren insubrischen Gebiet nur in ganz wenigen Ausnahmefällen noch Chrysopogoneten an ost- oder westexponierten Hängen gefunden wurden, kommen diese im Iseo- Gardaseegebiet recht häufig vor.

Die Verteilung der Hangneigungen der aufgesuchten Flächen ist in Abb. 10 dargestellt. Der grösste Teil der Flächen, nämlich 32 %, weisen eine Neigung zwischen 46 % und 65 % auf. Je 25 % aller Flächen fallen in die Neigungswinkelbereiche von 0 % bis 45 % bzw. 66 % bis 90 %. Die restlichen 18 % der Flächen liegen an Hängen mit Neigungen > 90 %.

Im Iseo-Gardaseegebiet weisen 36 % der Flächen geringe Neigungen (0 - 44 %) auf; im engeren insubrischen Gebiet wurden dagegen nur 22 % der Flächen mit diesen geringen Hangneigungen angetroffen. Hangneigungen von > 90 % wurden bei 14 % der Iseo-Gardaseeflächen registriert. Dem gegenüber stehen 20 % aller Flächen aus dem engeren insubrischen Gebiet, die eine Neigung von > 90 % aufweisen.

Da die Strahlung als von Exposition und Neigung abhängige Grösse das Mikroklima wesentlich beeinflusst, kann diese als gute Vergleichsgrösse der verschiedenen Standorte gebraucht werden. Dazu wurde die maximal mögliche Jahresstrahlung aus dem Tabellenwerk von FRANK und LEE (1966) verwendet. Es zeigte sich, dass im engeren insubrischen Bereich nur an Standorten, die mindestens $260 - 270 \text{ kcal/cm}^2$ Jahr Strahlung erhalten, Chrysopogon-Wiesen vorkommen. Im Iseo-Gardaseegebiet, wo die Temperaturjahresmittel gegenüber Insubrien um $1,0 - 2,3^\circ \text{C}$ höher liegen, finden sich hingegen Chrysopogon-Wiesen noch an Standorten, die bis minimal 220 kcal/cm^2 Jahr erhalten.

Massgebenden Einfluss auf die Vegetation hat die Bodengründigkeit. Als potentieller Wasser- und Nährstoffspeicher liegt deren selektionierender Einfluss auf der Hand. Ganz allgemein wurde festgestellt, dass bei abnehmendem Trockenheitsgradienten (innerhalb der Vegetationstabelle 1 und 2) die mittlere Bodengründigkeit der Flächen zunimmt. Die weiteren Beziehungen zwischen diesem Faktor und anderen sowie der Einfluss der Bewirtschaftung und der Brände werden in der Diskussion (F. 3.) behandelt.

Im Carici humilis-Chrysopogonetum grylli liegt die Bodenreaktion vorwiegend im neutralen bis basischen Bereich. Die pH-Werte schwanken, über das ganze Bodenprofil gesehen, zwischen 6,5 und 8,0. Bei einigen wenigen Aufnahmeflächen, die ein mächtiges Bodenprofil ($\gg 100 \text{ cm}$) oder eine Moränenauflage (z. T. am Monte Caslano, Fläche 1) aufweisen, sinkt der pH-Wert in den obersten 10 - 15 cm bis auf pH 5,6, was sich in der Pflanzendecke deutlich widerspiegelt. Meist parallel zur Bodenreaktion verhält sich der Karbonatgehalt der Feinerde. Für die kalkzeigenden Pflanzen scheint es unwesentlich, ob die Feinerde einen Karbonatgehalt von 2 % oder von 73 % aufweist, hingegen ist entscheidend, ob Karbonat vorliegt oder nicht.

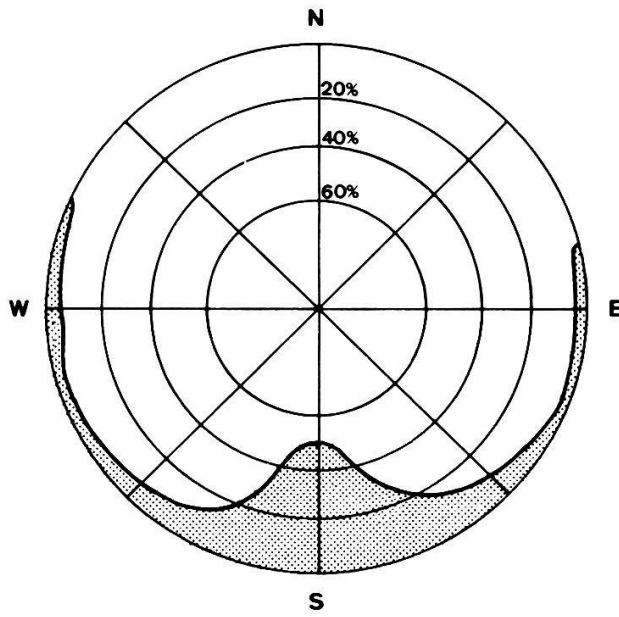


Abb. 9 Verteilung der Aufnahme­flächen nach Exposition (in %)

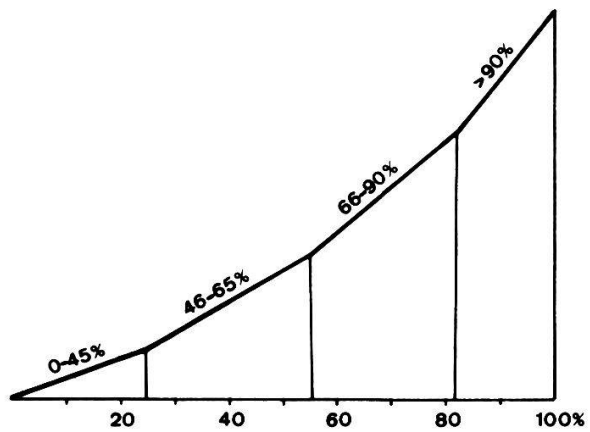


Abb. 10 Prozentuale Verteilung der Aufnahme­flächen nach Hangneigungsklassen (in % angegeben)

Ist kein Karbonat vorhanden, weil zum Beispiel vom Muttergestein her keines ausgeschieden wird (Silikatgestein) oder das Karbonat ausgewaschen wurde, sind die Voraussetzungen für das Holco-Chrysopogonetum grylli prov. gegeben. Die Bodenreaktion nimmt dort pH-Werte von 5,5 - 6,4 ein.

II. BODENENTWICKLUNG UND BODENPROFILE

1. Bezeichnung und mögliche Entwicklung der karbonathaltigen Böden im Untersuchungsgebiet

In B. 5. wurde auf die verschiedenen Bezeichnungen der insubrischen Böden hingewiesen. Zur Vereinheitlichung der Namengebung seien die in dieser Arbeit verwendeten Bezeichnungen kurz erläutert.

Besteht das Muttergestein aus Kalk und Tonmineralien (= sekundäre Silikate) und enthält keine primäre Silikate, so entwickelt sich durch physikalische und chemische Verwitterung eine Rohbodenrendzina. Daraus entsteht an sehr trockenen Lagen eine Moderrendzina (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 1966). Sie ist durch einen sehr hohen Gehalt an organischer Substanz (um 50 %) gekennzeichnet, welche noch nicht an die mineralische Komponente gebunden ist (MUECKENHAUSEN 1959). Die Weiterentwicklung der Moderrendzina dürfte nur sehr langsam vor sich gehen und ist nicht erforscht. Diesen Bodentyp oder Anklänge daran wurden im ganzen Untersuchungsgebiet gefunden.

An trockenen bis mässig trockenen Lagen entwickelt sich aus der Rohbodenrendzina die Mullrendzina. Es handelt sich um Böden mit 10 - 20 % organischer Substanz im A₁-Horizont, welche meist fest an die mineralische Komponente gebunden ist (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 1966).

Aus der Mullrendzina entwickelt sich die degradierte Mullrendzina (PALLMANN 1942) durch Auswaschung der Ca⁺⁺- und Mg⁺⁺-Karbonate, was eine leichte Versauerung des Oberbodens zur Folge hat. Die Bezeichnung verbraunte Rendzina wird in diesem Zusammenhang nicht gebraucht, obwohl BACH und FREI (1968) im Atlas der Schweiz diesen Ausdruck verwenden. Nach BACH (1975, mündliche Mitteilung) müsste man den Boden dann verbraunt nennen, wenn eine saure Hydrolyse einträte und dabei Rost gebildet würde. Da aber die Kalkgesteine oft schon Eisenoxyde und Eisenhydroxyde (Rost) enthalten, lässt sich ohne eingehende Analysen nicht feststellen, ob bei der Bodenentwicklung Rost neu gebildet oder nur im Rückstand angereichert wird. Die Bezeichnung Verbraunung ist deswegen fragwürdig;

stattdessen wird die Bezeichnung degradiert im Sinne PALLMANN'S (1942) gebraucht: die Bodenentwicklung geht über die Rendzina hinaus in Richtung eines anderen Bodentypes (Braunerde, Parabraunerde, Terra Fusca), der im Einzelfall weiter zu bestimmen wäre. Anklänge an eine solche Weiterentwicklung sind im Untersuchungsgebiet vorhanden. Im Iseo-Gardaseegebiet konnte eine Bodenentwicklung in Richtung Terra Fusca beobachtet werden. Nach SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL (1966) und KUBIENA (1953) ist diese Entwicklung aus Böden mit tonreicher (ca. 50 %) Feinerde im warm-feuchten Klimagebiet möglich. In Abb. 11 wurde versucht, diese Tendenzen der Bodenentwicklung darzustellen.

Ist das Muttergestein ein Mischgestein (kalkhaltiger Sandstein, sandiger Mergel) mit primären Silikaten, verläuft die Bodenentwicklung folgendermassen: Mull-Pararendzina → verbraunte Mull-Pararendzina → Kalkbraunerde → Braunerde, Parabraunerde.

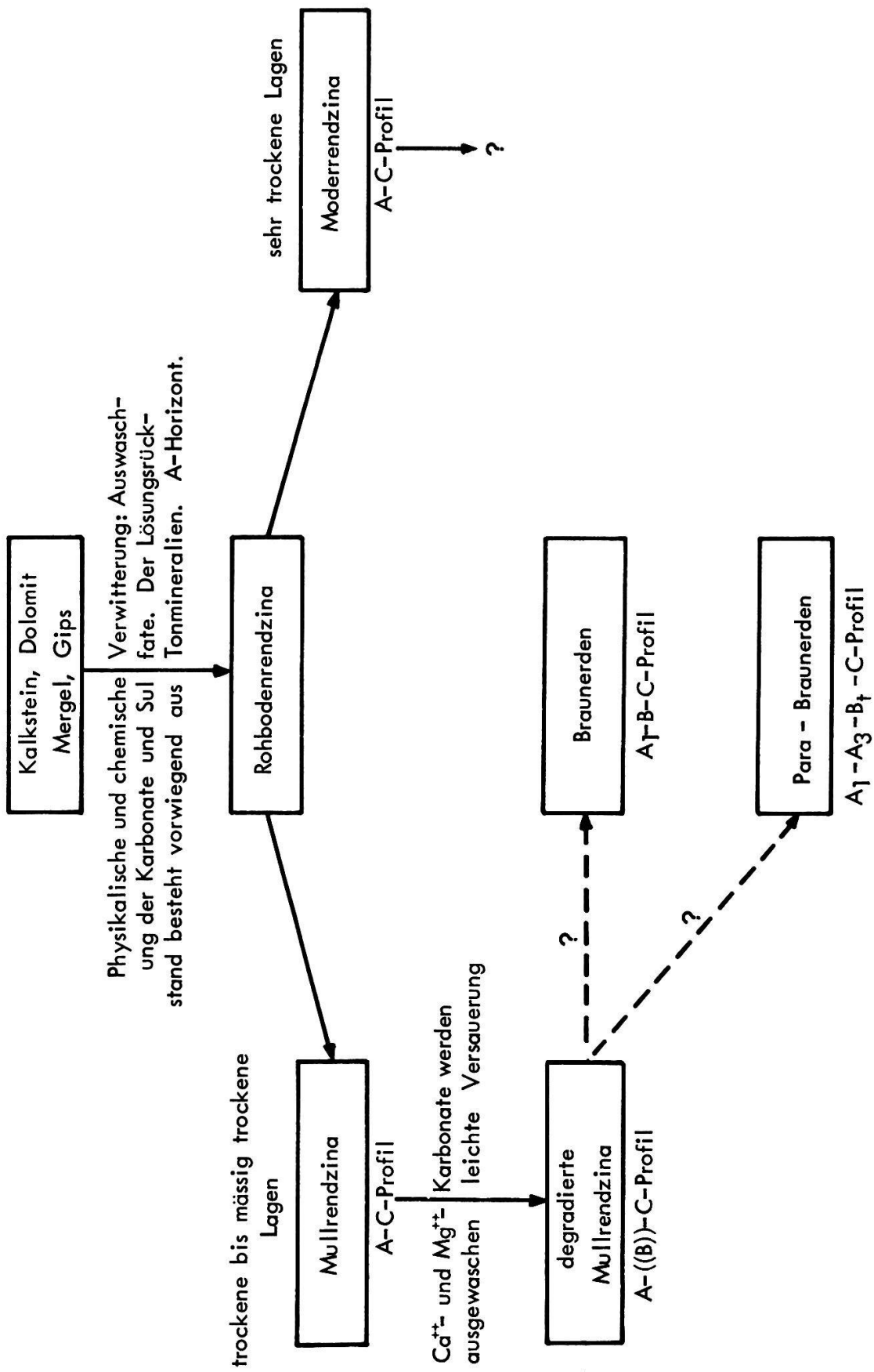


Abb. 11 Mögliches Entwicklungsschema der Rendzinen im Untersuchungsgebiet.

2. Typische Profile für die verschiedenen Subassoziationen und Varianten des Chrysopogonetum

Caravate, Fläche 17B: Diplachne serotina-Variante der Fumana ericoides-Subassoziation

Das Profil Caravate befindet sich in einer recht steilen Felswand, wo sich nur in Felsritzen oder etwas flacheren Stellen herunterfallendes organisches Material sowie Steine ansammeln können. Das Muttergestein ist Maiolica. Der Boden ist mit einer bis 1 cm dicken Streuschicht bedeckt, welche sich vor allem hinter den über die Bodenoberfläche ragenden Steinen oder Felsen ansammelt. Bis in ca. 5 cm Tiefe folgt ein dunkelbrauner bis schwarz gefärbter Horizont mit sehr viel unzersetzter organischer Substanz (Abb. 12). Die Feinerde ist hier fast karbonatfrei. Der anschliessende Mullhorizont reicht bis in 30 cm. Er wird von einem Verwitterungshorizont, in welchem stellenweise dunkle Flecken mit viel organischer Substanz zu finden sind, abgelöst. Das Bodengefüge ist locker und zeigt z. T. Krümelbildung. Der Boden kann als flachgründige Mullrendzina mit Anklang an eine Moderrendzina bezeichnet werden. Der Hauptwurzelhorizont reicht bis in 20 cm Tiefe. Eine Regenwurmaktivität konnte nicht festgestellt werden.

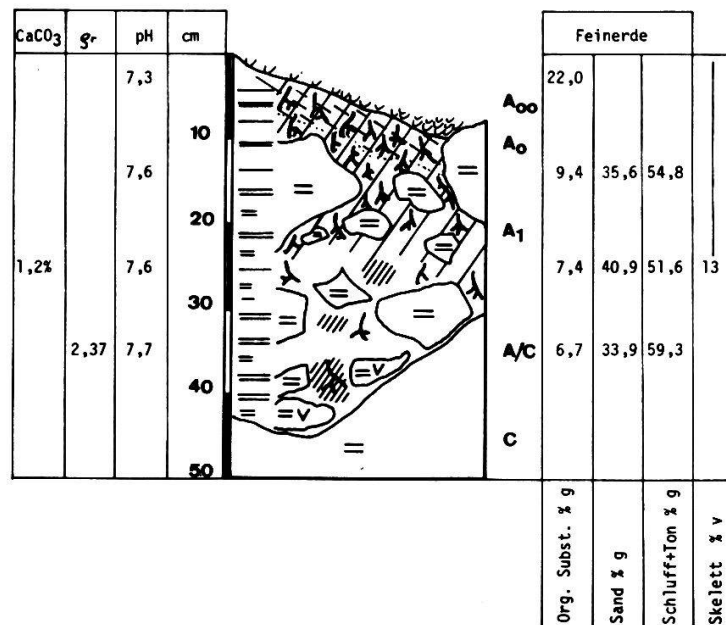






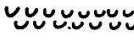




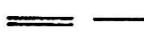

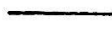
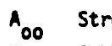



Abb. 12 Bodenprofil unter der Diplachne serotina-Variante der Fumana ericoides-Subassoziation

		Skelett: karbonathaltig, silikathaltig	
		Skelett: stark verwittert	
		Karbonatgrenze	
		diffuse Horizontgrenze	
		Würmer oder Wurmröhren	
		Streuauflage	
		Wurzeln	
		Humus, Mull	
		Uebergang von Mull zur Mor	
		Sand: karbonathaltig, karbonatfrei	} im Bodenprofil links angegeben
		Staub: karbonathaltig, karbonatfrei	
		Ton: karbonathaltig karbonatfrei	
A ₀₀	Streu		
A ₀	Rohhumus		
A ₁	Humushorizont		
A ₂	Mineralischer Auswaschhorizont		
A ₃	Uebergang vom A- zum B-Horizont		
A/C	Zersatzhorizont = Horizont zwischen einem A-Horizont und dem Muttergestein		
B	"Unterboden"		
B ₁	Uebergang vom A- zum B-Horizont		
B ₂	B-Horizont mit am stärksten ausgeprägten Merkmalen desselben		
B _t	Ton-Anreicherungshorizont		
C	Muttergestein		
()	Horizont nur schwach ausgeprägt		

Legende zu den Bodenprofilen (Abb. 12 - 20)

Trebbia, Fläche 45: Helianthemum italicum-Variante der Fumana ericoides-Subassoziation (Carex mucronata-Ausbildung)

Trebbia ist ein felsiger Hang, über dessen Lias-Kieselkalk sich ein flachgründiger Boden bildete. In der karbonathaltigen, schluffigen Feinerde ist über das ganze Profil zerbrochene, aber unzersetzte organische Substanz reichlich vorhanden. Dadurch erhält der Boden ein sehr lockeres Gefüge. Es handelt sich um eine Moderrendzina. Ein mächtiger Wurzelfilz reicht bis in 15 cm (Abb. 13), doch dringen noch viele Wurzeln zwischen den Gesteinsritzen in grössere Tiefen vor. Es konnte keine Regenwurmaktivität festgestellt werden.

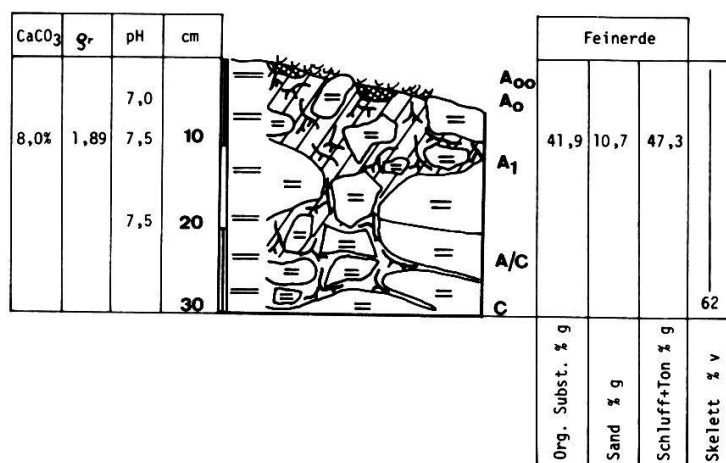


Abb. 13 Bodenprofil unter der Helianthemum italicum-Variante der Fumana ericoides-Subassoziation (Carex mucronata-Ausbildung)

San Michele, Fläche 25B: Helianthemum italicum-Variante der Fumana ericoides-subassoziation (Centaurea tenuifolia-Ausbildung)

Auf dem Hangschuttkegel von San Michele, bestehend aus Trias-Hauptdolomit, bildete sich ein mittel- bis tiefgründiger Boden aus. An der Bodenoberfläche sammelt sich lokal organisches Material an, welches noch nicht zersetzt ist. Bis in 20 cm Tiefe reicht ein stark humushaltiger Horizont.

Der erste Horizont geht in etwa 40 cm Tiefe in einen etwas sandigen Verwitterungshorizont (Abb. 14) über. Das Gefüge des skelettreichen Bodens ist im oberen, schluffig-tonigen Horizont krümelig. Der Boden wird als Mullrendzina bezeichnet. Der Hauptwurzelhorizont reicht bis in 40 cm, bis wohin auch eine gute Wurmtätigkeit festgestellt werden konnte.

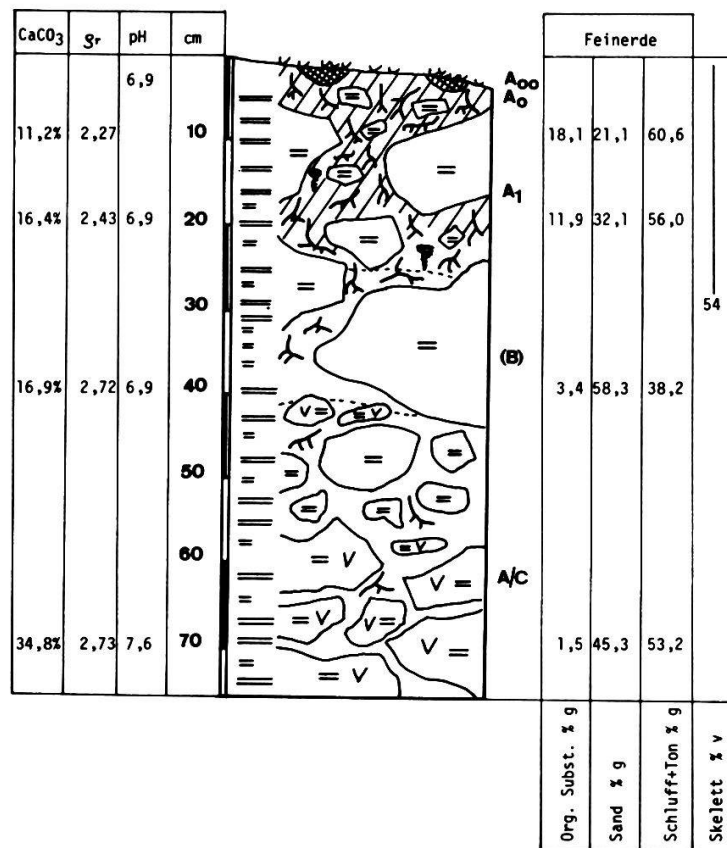


Abb. 14 Bodenprofil unter der Helianthemum italicum-Variante der Fumana ericoides-Subassoziation (Centaurea tenuifolia-Ausbildung)

Sornico, Fläche 40: Typische Variante der Galium verum-Subassoziation

Die bis jetzt besprochenen Standorte wurden vom Menschen wenig beeinflusst, da es sich meistens um Felshänge oder teilweise bewaldete Flächen handelte. Die Fläche Sornico dient z. T. als Rebberg. Der Abhang des terrassierten Geländes ist somit sicherlich vom Menschen auf- oder überschüttet worden. Der Bodenoberfläche liegt nur sehr wenig lose Streu auf. Bis in 10 cm Tiefe kann eine leichte Humusanreicherung festgestellt werden. Bis gegen 60 cm Tiefe sind über das ganze Profil dunklere Flecken verteilt (Abb. 15). Es handelt sich dabei um Humusansammlungen. Ab dieser Tiefe wird der Boden etwas skeletthaltiger, ist nicht mehr fleckig, aber wie weiter oben immer noch tonig. Im oberen Horizont ist der Boden gut gekrümelt; bei 70 cm ist nur noch eine schwache Krümelung vorhanden. Das tiefgründige Profil hat einen kolluvialen Boden. Der Hauptwurzelhorizont liegt in 34 - 40 cm Tiefe. Bis in 40 cm wurde eine gute Wurmtätigkeit festgestellt.

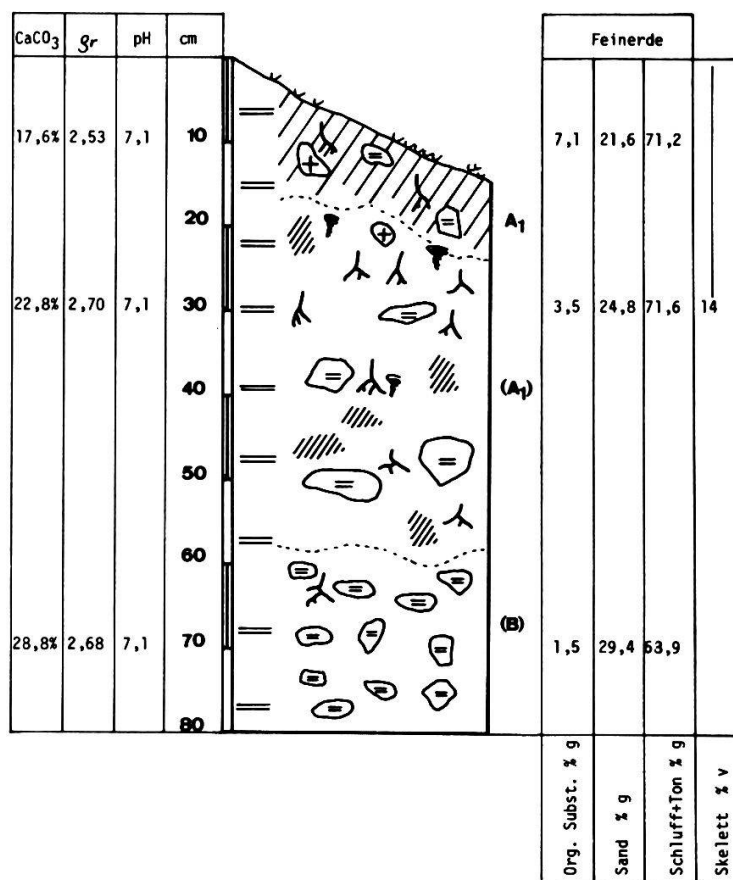


Abb. 15 Bodenprofil unter der Typischen Variante der Galium verum-Subassoziation

Perledo, Fläche 42: Vinca minor-Variante der Galium verum-Subassoziation

Das in Abb. 16 dargestellte Profil zeigt einen über Triaskalk gewachsenen, mittel- bis tiefgründigen Boden. Die Feinerde der obersten 30 cm reagiert leicht sauer (pH 5,5) und ist annähernd entkarbonatet. Die organische Substanz ist bis in 2 - 3 cm Tiefe nur zum Teil zersetzt. Der Mullhorizont reicht bis in 10 - 15 cm Tiefe. Ab 30 cm Tiefe nimmt der Skelettgehalt zu, der Boden reagiert basisch, und der Karbonatgehalt der Feinerde nimmt leicht zu. Im oberen Teil des Profiles ist der Boden gut gekrümelt, gegen unten wird er sandiger. Es handelt sich um eine degradierte Mullrendzina. Der Hauptwurzelhorizont liegt etwa bei 25 - 30 cm. Wurmlosungen wurden nur vereinzelt und bis in 20 cm Tiefe gefunden.

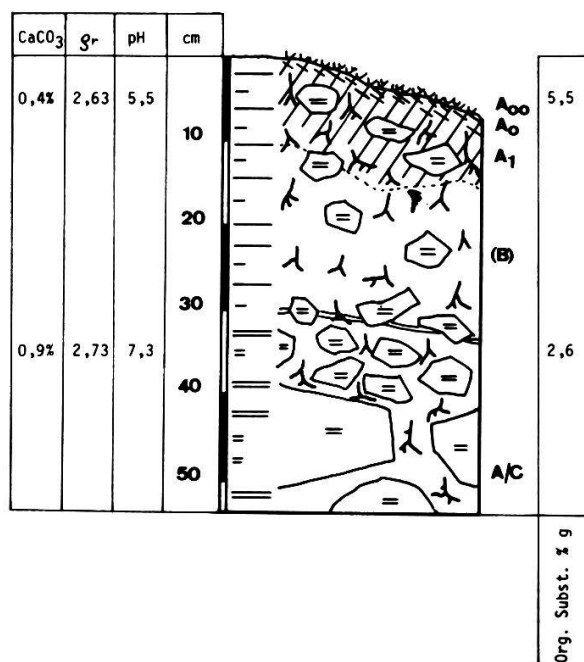


Abb. 16 Bodenprofil unter der Vinca minor-Variante der Galium verum-Subassoziation

Magliaso, Fläche 108: Holco-Chrysopogonetum grylli prov.

Die Fläche bei Magliaso, ein terrassierter Rebberg in der Gneiss-Zone, soll als Gegenbeispiel zu den bis jetzt vorgestellten Kalkstandorten dienen. Wie schon beim Standort Sornico wurde hier der Boden sicherlich überschüttet. Der Bodenoberfläche liegt fast keine lose Streu auf. Den obersten 5 cm Boden ist nur wenig organisches Material beigemischt. Das ganze Profil (Abb. 17) ist karbonatlos und weist ab 30 cm Tiefe eine leicht saure Reaktion (pH 6,7 - 6,1) auf. Der Boden ist gut gekrümelt und die Feinerde tonhaltig. Es handelt sich um eine kolluviale Braunerde. Der Hauptwurzelhorizont liegt bei 25 - 30 cm. Bis in 60 cm Tiefe wurde eine gute Regenwurmaktivität festgestellt.

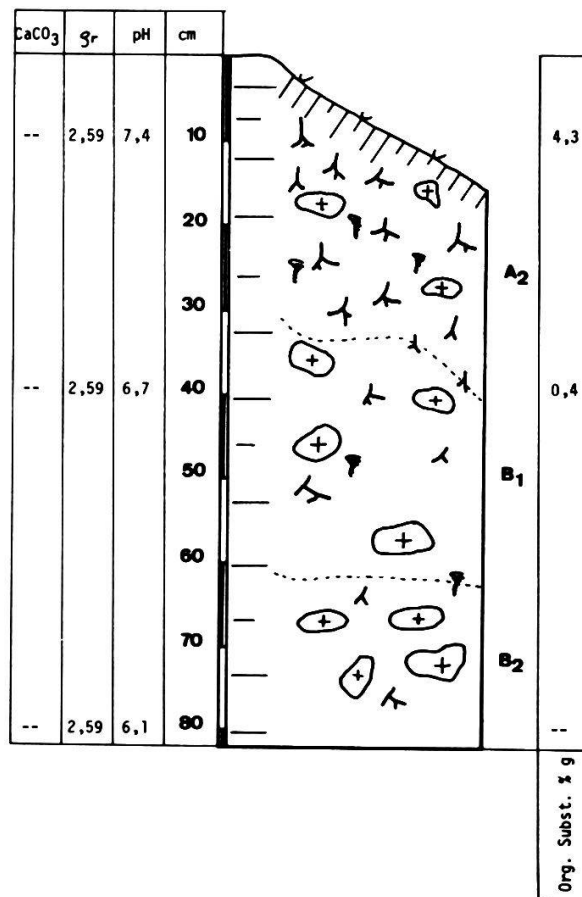


Abb. 17 Bodenprofil unter dem Holco-Chrysopogonetum prov.

3. Bodenprofile unter dem *Carici humilis*-*Chrysopogonetum fumanetosum* am Monte Caslano

Am Monte Caslano wurden acht Profile gegraben. Die für eine Ausbildungsgruppe oder Ausbildung als typisch anzusehenden Profile werden im folgenden dargestellt und besprochen. Zeigten sich Abweichungen zu diesen typischen Profilen, wird das bei der Erläuterung speziell hervorgehoben.

Fläche Caslano 35: *Heteropogon contortus*-Ausbildungsgruppe

Ueber dem Trias-Dolomit bildete sich an dem steilen Hang ein flachgründiger und sehr skelettreicher Boden aus. An der Bodenoberfläche bildeten sich Taschen mit zerbissenen, aber noch unzersetzten Pflanzenresten. Anschliessend folgt ein 15 - 25 cm mächtiger Mullhorizont, in welchem immer noch einzelne unzersetzte Pflanzenrückstände vorhanden sind. Im Uebergang zum Muttergestein weist das Skelett eine starke oberflächliche Verwitterung auf. Die Feinerde ist sandig und hat Einzelkorngefüge. Das Profil ist extrem durchlässig. Der Boden wird als Mullrendzina, welche Anklänge an eine Moderrendzina zeigt, angesprochen. Die Durchwurzelung ist in den obersten 5 - 10 cm stark, verteilt sich aber dann gleichmässig über das ganze Profil. Eine Regenwurmaktivität konnte nur in sehr geringem Ausmass festgestellt werden.

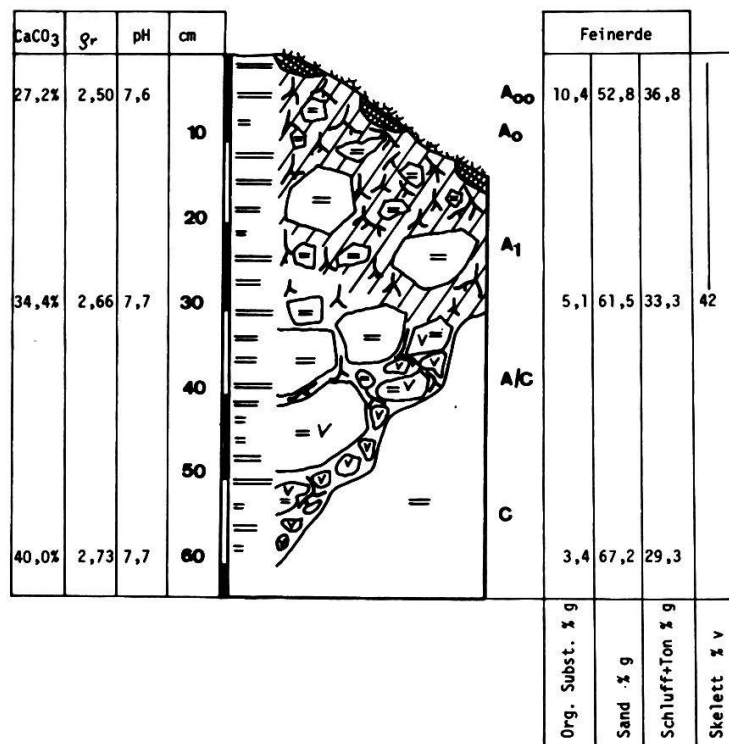


Abb. 18 Bodenprofil unter der Heteropogon contortus-Ausbildungsgruppe

Fläche Caslano 9: Seseli annuum-Ausbildungsgruppe (ohne Potentilla alba-Ausbildung)

Das Muttergestein dieses mittelgründigen, gut wasserdurchlässigen Bodens ist ebenfalls Trias-Dolomit. Das in Abb. 19 dargestellte Profil weist, wie schon bei der Fläche Caslano 35, an der Oberfläche Taschen mit unzersetzten Pflanzenresten auf. Der Mullhorizont geht bis in eine Tiefe von 25 - 30 cm. Im Uebergang vom A- zum C-Horizont zeigt das Skelett deutliche Oberflächenverwitterung. Bis in etwa 40 cm Tiefe hat die Erde ein Krümelgefüge, was einen höheren Tongehalt anzeigt. Im unteren Teil des Profils wird die Feinerde etwas sandiger. Der Skelettanteil ist allgemein deutlich kleiner als bei den Profilen der Heteropogon contortus-Ausbildungsgruppe. Der Boden kann mit Mullrendzina bezeichnet werden. Der Hauptwurzelhorizont reicht bis in 25 - 30 cm Tiefe. Vereinzelt sind aber noch Wurzeln in 80 cm Tiefe vorhanden. Wurmgänge wurden bis in 60 cm Tiefe gefunden.

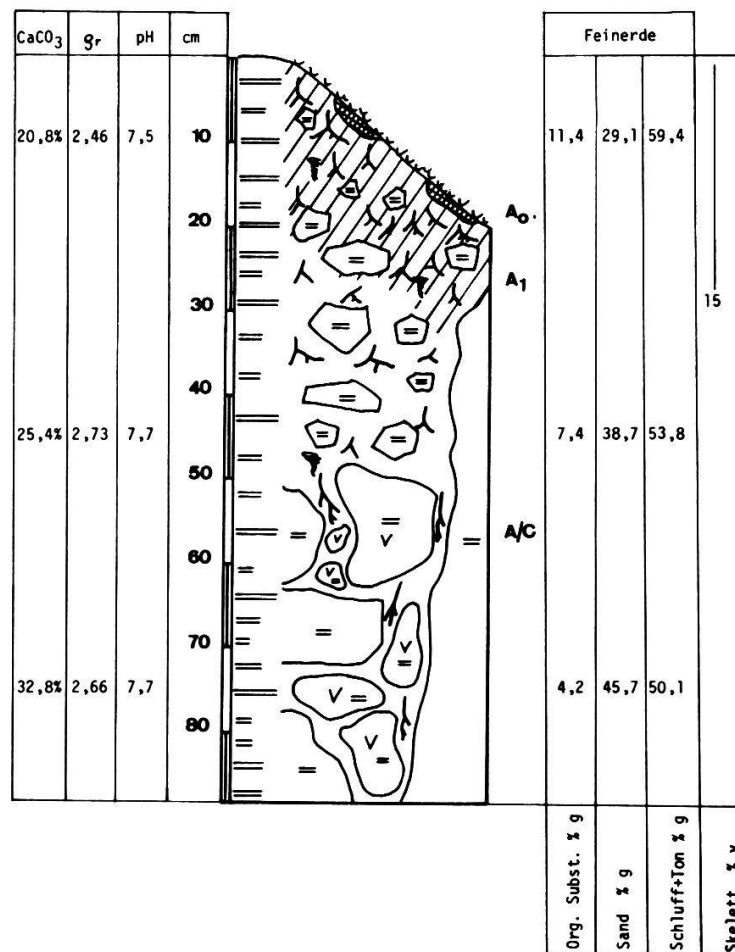


Abb. 19 Bodenprofil unter der Seseli annuum-Ausbildungsgruppe

In der gleichen Ausbildungsgruppe kann die Feinerde des Oberbodens entkarbonatet sein und eine schwach saure Reaktion zeigen. Meistens ist dann das Profil tiefgründig. Es handelt sich in diesem Falle um degradierte Mullrendzinen.

Bei der Fläche Caslano 43 konnte in der Feinerde Karbonat nachgewiesen werden, obschon der Oberboden einen pH von 6,6 aufwies. Ueberall dort, wo ein geringer Karbonatgehalt der Feinerde bei einem hohen Anteil an organischer Substanz vorlag, konnte diese Beobachtung gemacht werden. Auch bei Berücksichtigung der jahreszeitlichen Schwankungen des pH-Wertes (ELLENBERG 1958) wird die Feinerde kaum pH-Werte $\geq 7,0$ erreichen.

Fläche Caslano 1: Potentilla alba-Ausbildung der Seseli annuum-Ausbildungsgruppe

Der mittelgründige Boden über Trias-Dolomit wurde von einer dünnen Moränenauf-
lage überdeckt. In den obersten 25 - 30 cm sind Silikatsteine vorhanden, die Feinerde ist entkarbonatet und reagiert leicht sauer. Ein durchgehender Mullhorizont reicht bis in 15 - 20 cm Tiefe. Ab etwa 30 cm ist die Feinerde karbonathaltig und basisch. Zwischen 30 - 60 cm Tiefe konnten dunklere Flecken beobachtet werden. Es handelt sich um lokale Ansammlungen organischen Materials. Die Feinerde hat über das ganze Profil ein gutes Krümelgefüge. Die Vegetation bildet einen sehr dichten Wurzelfilz bis in 15 - 20 cm. Vereinzelt dringen Wurzeln noch bis in 70 cm Tiefe vor. Regenwurmgänge wurden bis in 50 cm Tiefe gefunden.

Eine mögliche Erklärung zur Entstehung der lokalen Ansammlung organischen Materials könnte die folgende sein: Bei der Bodenentwicklung wurde zwischen den Steinen organisches Material angesammelt, welches sich zersetzte und zu mineralischem Boden wurde; später lösten und zersetzten sich die Kalksteine und bildeten einen jüngeren, mit organischem Material durchmischten Boden. Dieser Prozess verläuft von der Bodenoberfläche nach unten. Zudem können unter gewissen Umständen diese Hangböden auch noch überschüttet werden, so dass es sich eventuell um nicht ganz natürlich gewachsene Böden handelt.

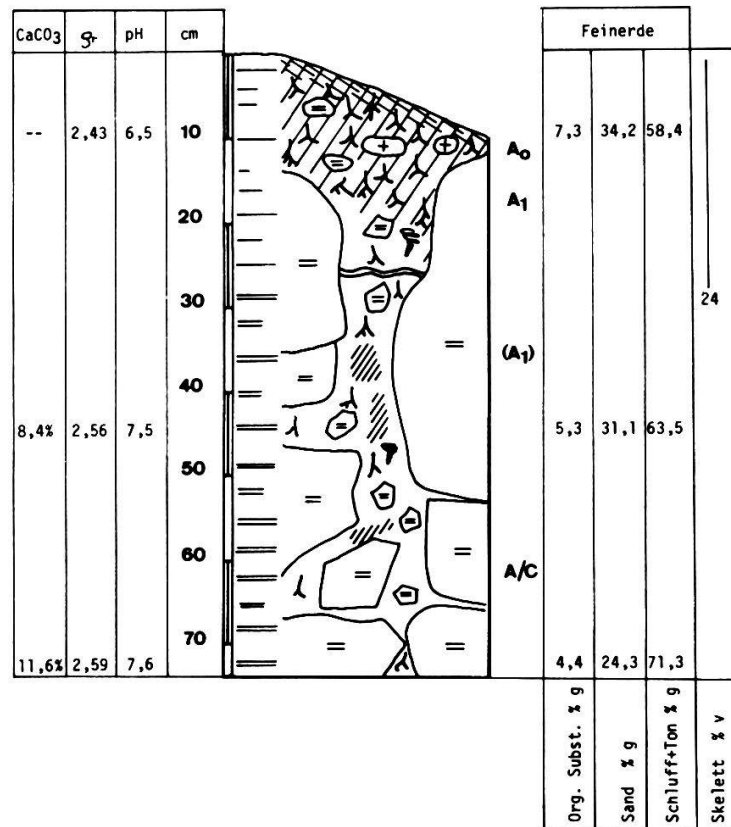


Abb. 20 Bodenprofil unter der Potentilla alba-Ausbildung der Seseli annuum-Ausbildungsgruppe

III. BODENPHYSIKALISCHE UNTERSUCHUNGEN UND BODENWASSER

1. Reelle und scheinbare Dichte der Böden sowie Korngrößenverteilung

1.1. Die Verhältnisse am Monte Caslano

Die ermittelten Werte der reellen Dichte der Feinerde sind bei den Bodenprofilen angegeben. Die Flächen Caslano 35 und Caslano 9 zeigen gegenüber dem für die meisten Mineralböden geltenden Wert von $2,65 \text{ g/cm}^3$ nur eine geringe Abweichung. Die Feinerde der Fläche Caslano 1 hingegen weist eine kleinere reelle Dichte auf.

Die scheinbare Dichte ρ_{af} der gesiebten Feinerde nimmt, wie auch die reelle Dichte ρ_r der Feinerde, von der Bodenoberfläche nach unten zu. Diese Zunahme läuft parallel mit der Abnahme des Gehaltes an organischer Substanz sowie des Feinerdeanteiles pro Volumeneinheit bzw. der Zunahme des Skelettanteiles pro Volumeneinheit.

Die Korngrößenverteilung der Feinerde der drei Probeflächen vom Monte Caslano ist in Abb. 21 dargestellt. Je weiter die Feinerde vom Muttergestein entfernt ist, desto tonhaltiger ist sie. Der höchste Tongehalt wurde somit an der Bodenoberfläche gemessen, wo gleichzeitig auch der höchste Gehalt an organischer Substanz registriert wurde. Nach SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL (1966) wird dadurch die Bildung grobporiger Aggregate gefördert. Dies könnte eine weitere Erklärung der etwas geringeren scheinbaren Dichte der Feinerde an der Bodenoberfläche sein.

1.2. Die Verhältnisse im übrigen Untersuchungsgebiet

Die hier untersuchten Böden weisen, ausser demjenigen der Fläche Sornico 40, eine deutlich kleinere reelle Dichte auf als die durchschnittlichen Mineralböden. Namentlich in den oberen 0 - 15 cm ist die reelle Dichte der Flächen Trebbia 45, San Michele 25B und Caravate 17B kleiner als die vergleichbaren Werte vom Monte Caslano (vgl. Skizzen der Bodenprofile). Dies dürfte vor allem

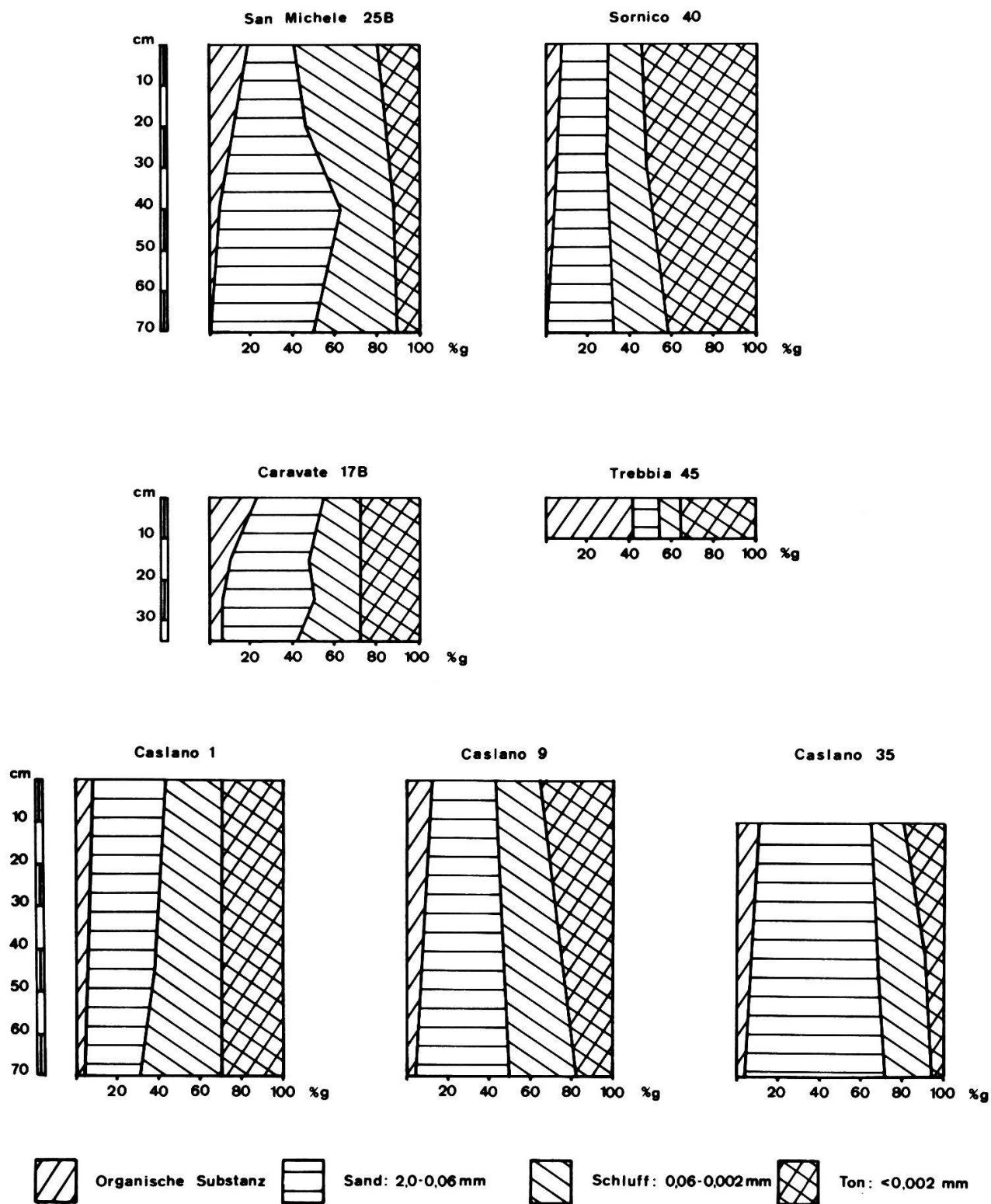


Abb. 21 Anteile (in % g) der verschiedenen Korngrößenfraktionen an der Fein-
erde einiger Untersuchungsflächen.

auf den höheren Gehalt an organischer Substanz der drei italienischen Flächen zurückzuführen sein. Die extrem kleine reelle Dichte der Feinerde der Fläche Trebbia 45 ($\rho_r = 1,89 \text{ g/cm}^3$) erinnert an Moorböden. Die dort vorkommende Moderrendzina weist rund 42 % annähernd unzersetztes organisches Material auf.

Die scheinbare Dichte ρ_{af} der gesiebten Feinerde aus dem italienischen Teil des Untersuchungsgebietes nimmt, wie diejenige der Böden vom Monte Caslano, von der Bodenoberfläche nach unten zu.

Wie schon die Böden vom Monte Caslano zeigten, ist der Anteil an Tonmineralien auch bei diesen Flächen an der Bodenoberfläche immer höher als in tieferen Bodenschichten (Abb. 21.). Der sehr unterschiedliche Gehalt an Ton und Schluff lässt sich dadurch erklären, dass diese Böden über verschiedenem Muttergestein gewachsen sind. So scheinen Lias-Kieselkalke (Fläche Trebbia 45) wie auch untere Kreide, hier Maiolica, (Fläche Caravate 17B) - beide Flächen weisen sehr flachgründige Böden auf - bei ihrer Verwitterung mehr Tonmineralien freizulegen als etwa der Trias-Hauptdolomit von San Michele (Fläche 25B). Einen hohen Tongehalt (54 % g) weist auch die Feinerde des tiefgründigen Rebberges von Sornico (Fläche 40) auf.

2. Desorptionskurven und Feldkapazität der Böden vom Monte Caslano

Die in Abb. 22 - 24 dargestellten Desorptionskurven stammen von den gleichen Flächen wie die in E. II. 2. besprochenen Bodenprofile. Aus diesen Kurven geht hervor, dass die Pflanzen im Saugspannungsbereich von 2 - 15 at z. T. nur noch ganz wenige Volumenprozent Wasser verwerten können (Tab. 4). Auch bei der Annahme, dass der Permanente-Welkepunkt (PWP) für die einzelnen Pflanzen der Chrysopogonetum-Wiesen sicherlich höher als bei 15 at liegt, bleibt wegen der Steilheit der Desorptionskurven den Pflanzen nur wenig Wasser zur Verfügung.

Flächen	Probe aus (cm)	% V Wasser im Saugspannungsbereich von:		
		2 - 15 at	0,1 - 2 at	0,1 - 15 at
Caslano 35	10	1,5	31,5	33,0
	50	2,0	28,5	30,5
Caslano 9	15	1,5	25,0	26,5
	45	1,5	25,0	26,5
	75	2,0	26,0	28,0
Caslano 1	10	6,5	16,0	22,5
	45	5,0	17,0	22,0
	75	3,5	21,5	25,0

Tab. 4 Volumenprozent Wasser, welche die Pflanzen bei verschiedenen Saugspannungsbereichen zur Verfügung haben. (Die Werte gelten nur für die gesiebte Feinerde.)

Es muss vor allem bedacht werden, dass diese Werte aus gestörten, d. h. 2 mm gesiebten Bodenproben gewonnen wurden. Sie sind somit nicht direkt auf den natürlich gelagerten Boden übertragbar, da dieser sehr stark mit Skelett durchsetzt ist. Wie Desorptionskurven im skelettdurchsetzten Boden verlaufen könnten, wurde für die Flächen Caslano 1, Caslano 9 und Caslano 35 berechnet. Dabei wurde der Wassergehalt (der gesiebten Feinerde) bei den verschiedenen Saugspannungen um den Skelettprozentanteil des betreffenden Bodens vermindert. In Abb. 22 - 24 sind die entsprechenden Kurven dargestellt. Die Desorptionskurve dient im vorliegenden Falle zur Bestimmung der Porengrößenverteilung in der Feinerde und somit zur Berechnung des pflanzenverfügbaren Wassers.

Die Abgrenzung der Grobporen und der Mittelporen wird durch die Feldkapazität (FK) (Definition siehe C. II. 2.2.) vorgegeben. Für die beiden Flächen Caslano 9 und Caslano 35 wurde dieser Wert über die drei in C. II. 2.2. beschriebenen

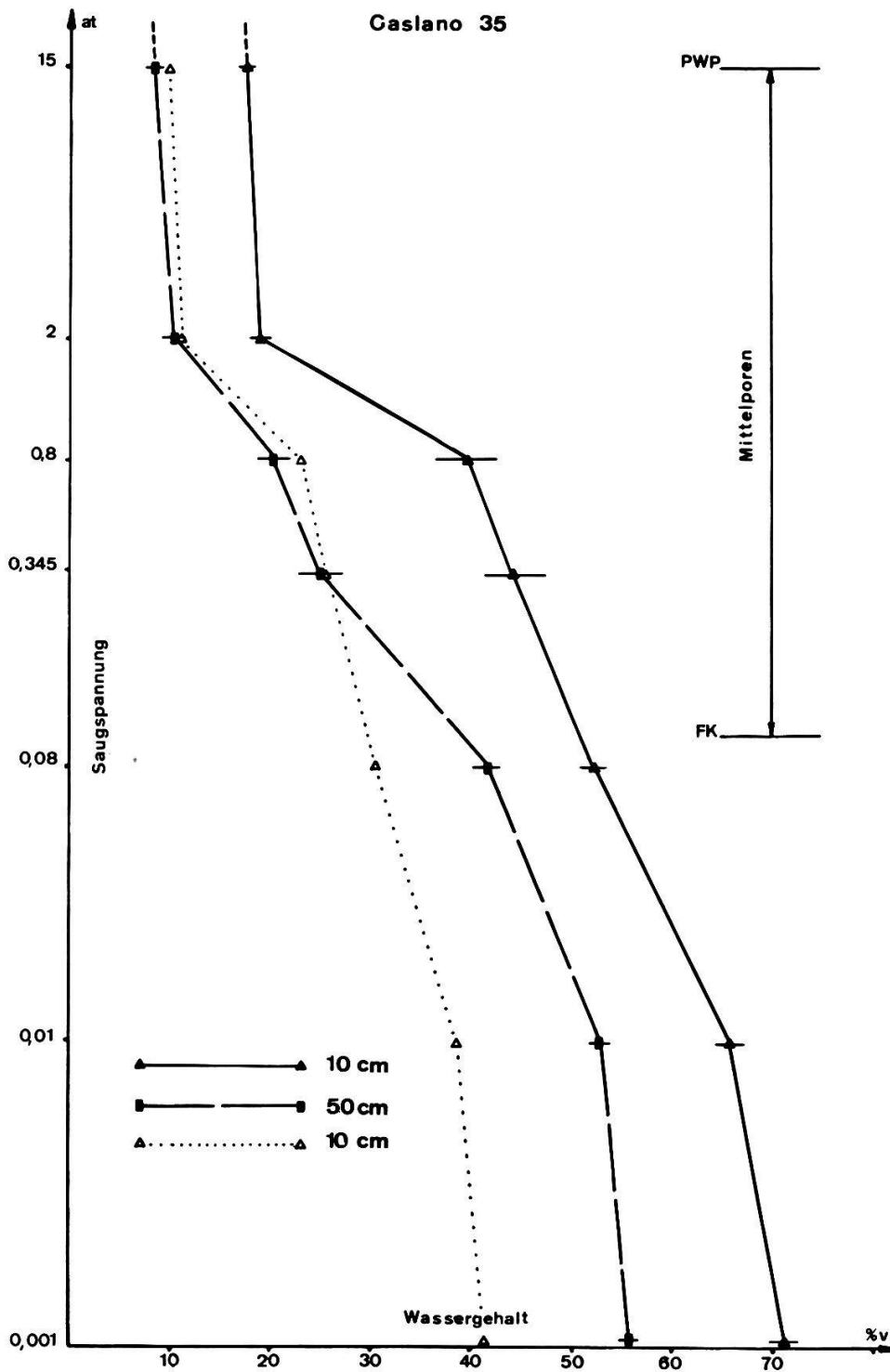


Abb. 22 Desorptionskurve für gesiebte Feinerde, sowie berechnete Kurve (△·····△) für den skeletthaltigen, natürlich gelagerten Boden unter der Heteropogon contortus-Ausbildungsgruppe am Monte Caslano.

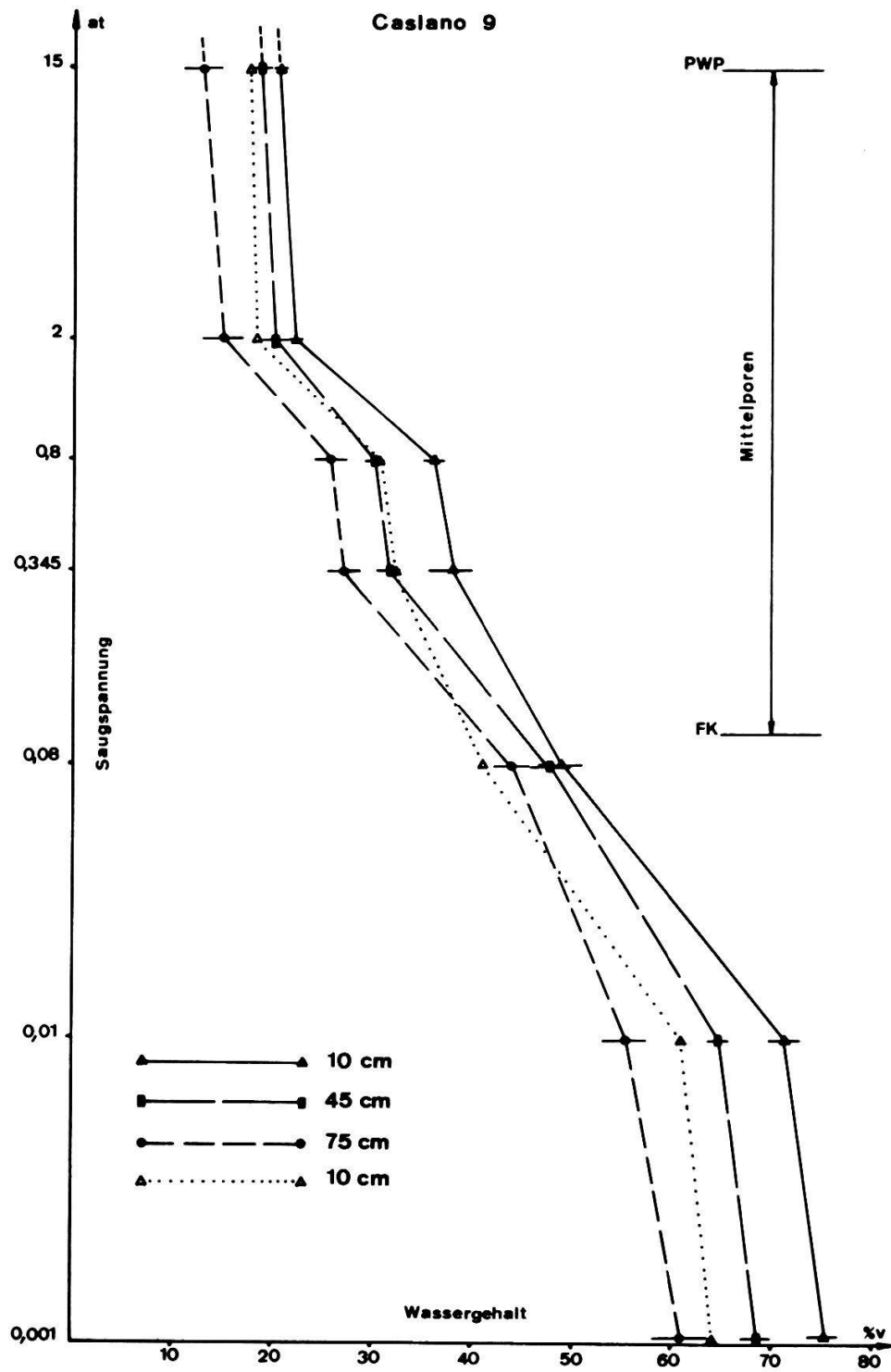


Abb. 23 Desorptionskurve für gesiebte Feinerde, sowie berechnete Kurve ($\Delta \cdots \cdots \Delta$) für den skeletthaltigen, natürlich gelagerten Boden unter der Seseli annuum-Ausbildungsgruppe am Monte Caslano.

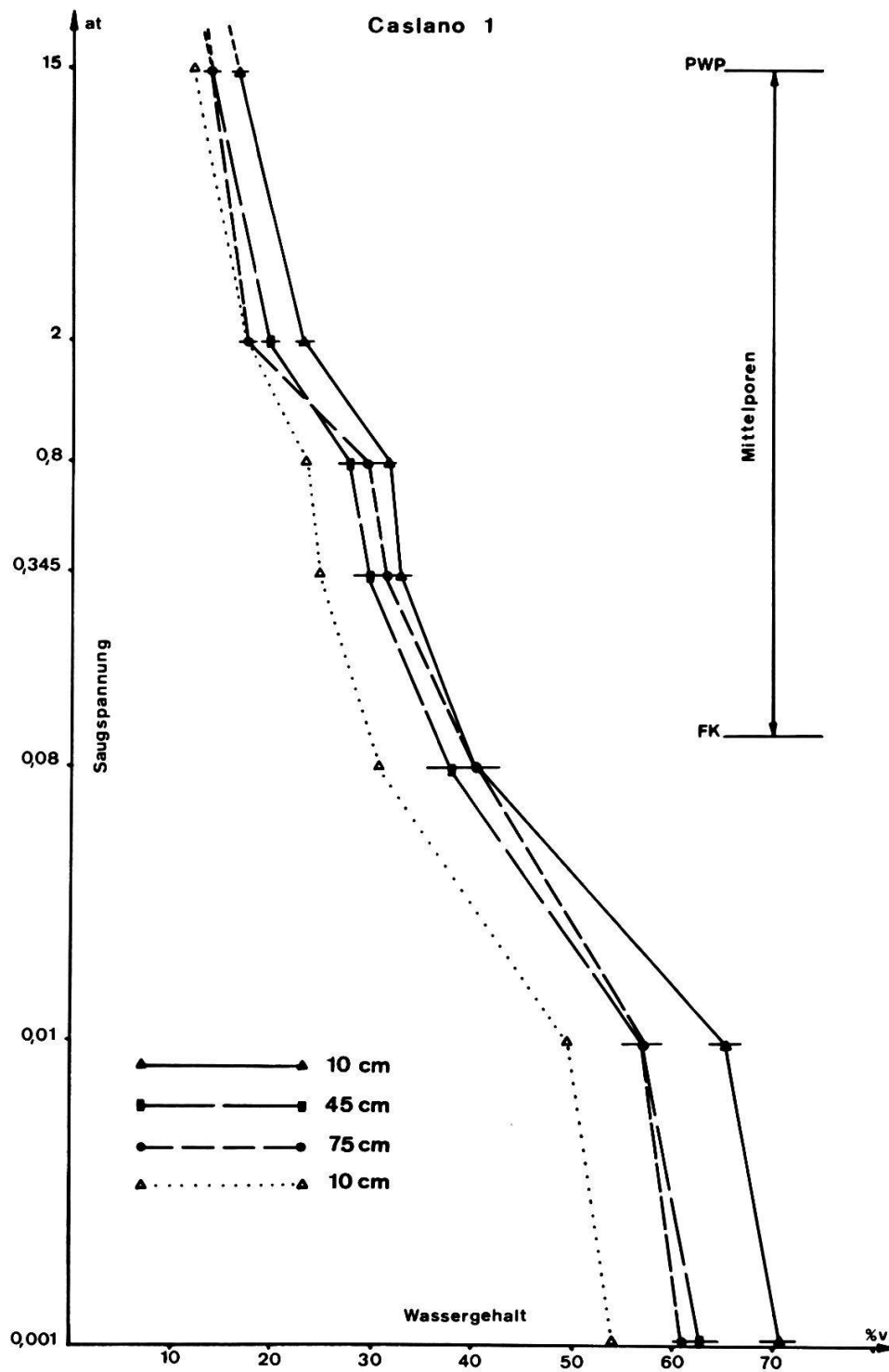


Abb. 24 Desorptionskurve für gesiebte Feinerde, sowie berechnete Kurve ($\Delta \cdots \cdots \Delta$) für den skeletthaltigen, natürlich gelagerten Boden unter der Potentilla alba-Ausbildung am Monte Caslano.

Methoden ermittelt. Es sind dies: mit Tensiometern im Felde 2 - 3 Tage nach künstlicher Sättigung des Bodens, über den Bodenwassergehalt 2 - 3 Tage nach künstlicher Sättigung im Felde und die experimentelle Sättigung und Entwässerung der Bodenproben bis zur Gewichtskonstanz im Labor. Dabei ergibt sich folgendes Bild:

Mte. Caslano Flächen	Bodentiefe (cm)	Saugspannungswerte bei Feldkapazität in at		
		mit Tensiometer im Felde	Bodenwasserge- halt im Felde	Abtropfen im Labor
C 35	30	0,095	0,21	0,04
C 9	20	0,104	0,18	0,04
	40	0,112	0,15	0,12

Je nach Methode ergaben sich ganz verschiedene Werte für die FK. Der Grund, weshalb die Abtropfmethode im Labor einen viel zu hohen Wassergehalt und damit eine sehr kleine Saugspannung bei FK liefert, wurde in C. II. 2.2. erläutert. Hingegen lässt sich der Unterschied zwischen den Tensiometerwerten und denjenigen der Bodenwassergehalte der Feldproben schlecht erklären. Die relativ hohen Saugspannungswerte für die FK bei den im Felde gewonnenen Bodenproben könnte allerdings durch Wasserverlust bei der Probeentnahme und beim Transport der Bodenproben entstanden sein. Für die Berechnungen werden deshalb die im Felde ermittelten Tensiometerwerte berücksichtigt. Da die Werte alle um 0,1 at liegen, wurde einheitlich für alle Böden dieser Wert angenommen.

3. Auswertung der Desorptionskurven: Bodenwassergehalte und pflanzenverwertbares Wasser

Für die Böden der Flächen Caravate 17B, Trebbia 45, San Michele 25B und Sornico 40 wurden Desorptionskurven aus gestörten Proben ermittelt. Auf die Darstellung der Kurven soll hier verzichtet werden. In Tab. 5 sind die Volumenprozent Wasser angegeben, welche die Pflanzen bei verschiedenen Saugspannungs-

bereichen der gesiebten Feinerde entnehmen können. Im allgemeinen nehmen bei dieser Art des Vergleiches die Mittelporen der geschütteten Proben von der Bodenoberfläche nach unten zu. Eine Ausnahme bilden die Bodenproben von Sornico 40. Die Proben von Caslano, Fläche 1, (siehe Tab. 4) ergaben ein ähnliches Bild. Beide Flächen haben tonreiche Böden. Ein Vergleich der Flächen von Caslano mit den hier behandelten ergibt folgendes: Betrachtet man nur die gesiebte Feinerde, so haben die Flächen am Monte Caslano im Saugspannungsbereich 0,1 - 15,0 at mehr Wasser zur Verfügung, im engeren Saugspannungsbereich von 2,0 - 15,0 at liegt jedoch dort weniger verwertbares Wasser vor.

Flächen	Probe aus (cm)	% V Wasser im Saugspannungsbereich von:		
		2 - 15 at	0,1 - 2 at	0,1 - 15 at
Caravate 17B	10	1,0	14,0	15,0
	20	6,0	14,0	20,0
Trebbia 45	10	4,5	18,0	22,5
San Michele 25B	10	1	11,5	12,5
	30	5,5	13,5	19,0
Sornico 40	10	8,0	11,5	19,5
	35	3,0	14,0	17,0

Tab. 5 Volumenprozent Wasser, welche die Pflanzen bei verschiedenen Saugspannungsbereichen zur Verfügung haben. (Werte aus der Desorptionskurve für die gesiebte Feinerde.)

Damit der Wasserhaushalt im natürlich gewachsenen Boden angenähert erfasst werden konnte, musste der Skelettanteil, bzw. der Anteil an Feinerde pro Volumen bekannt sein. Diese Daten wurden nach den Methoden, wie sie in C. II. 2.3. beschrieben werden, gewonnen. Mit der zusätzlichen Information konnten die dem

natürlich gewachsenen Boden eher entsprechenden Wassergehalte angegeben werden. Dazu wurde von der aus gesiebten Feinerdeproben berechneten Menge pflanzenverwertbaren Wassers der Mittelporen (0,1 - 15,0 at) ausgegangen. Diese wurde um den prozentualen Skelettanteil des gewachsenen Bodens vermindert. Je nach Bodeneigenschaften entnehmen die Pflanzen dem Boden bei verschiedenen Saugspannungen unterschiedlich viel Wasser. Nach Berücksichtigung des variablen Skelettanteiles und der verschiedenen Durchwurzelungstiefen konnte für die untersuchten Flächen die Menge des pflanzenverwertbaren Wassers berechnet werden. Mit 60 cm Tiefe wird für die Fläche Sornico 40 der mächtigste Wurzelraum angenommen; diese Festlegung beruht auf der Tatsache, dass der Boden tiefgründig ist ($\gg 100$ cm) und auch in grösseren Tiefen nur wenig Skelett aufweist. Dadurch wird die Wasserspeicherkapazität dieses Bodens grösser als diejenige der Böden aller anderen Flächen. Allgemein wurde der bei der Bodenprofilbeschreibung angegebene Hauptwurzelhorizont als Wurzelraum angenommen. In Abb. 25 wurde die Wassermenge, welche die Pflanzen nach der oben gemachten Annahme den Mittelporen des natürlich gewachsenen Bodens der verschiedenen Flächen, bei gegebener Wurzeltiefe, entnehmen können, in $l/m^2 = mm$ angegeben. Nach zunehmendem pflanzenverfügbarem Wasser aufgeführt ergibt sich aus diesen Berechnungen die folgende Reihenfolge der Flächen:

Trebba < San Michele < Caravate < C 35 < C 1 < C 9 < Sornico

Die Vegetationstabelle 1, welche ebenfalls eine Trockenheitsreihe widerspiegelt, zeigt jedoch die Reihenfolge:

Caravate < Trebbia < C 35 < San Michele < C 9 < C 1 < Sornico

Die grösste Abweichung zwischen den beiden Trockenheitsgefällsreihen stellt die Fläche Caravate 17B dar. Aus verschiedenen Gründen ist die über die Desorptionskurve berechnete verwertbare Wassermenge dieses Bodens viel zu hoch ausgefallen. Einmal ist Caravate ein sehr steiler Felsstandort mit einer Vegetationsbedeckung von etwa 40 %. Die Vegetation kann nur in den Felsritzen und etwas flacheren Stellen aufkommen. Diese wenigen Stellen haben nur ein sehr geringes Volumen an Feinerde und damit an sich ein beschränktes Wasserbindungsvermögen. Die Vegetationsaufnahme zeigt eher die durchschnittlichen Wasserverhältnisse über die ganze Fläche betrachtet und nicht die Bedingungen an einem bestimmten Messort innerhalb dieser Fläche. Ferner wurden die untersuchten Bodenproben an einer relativ feinerdereichen Stelle entnommen. Diese Feinerde

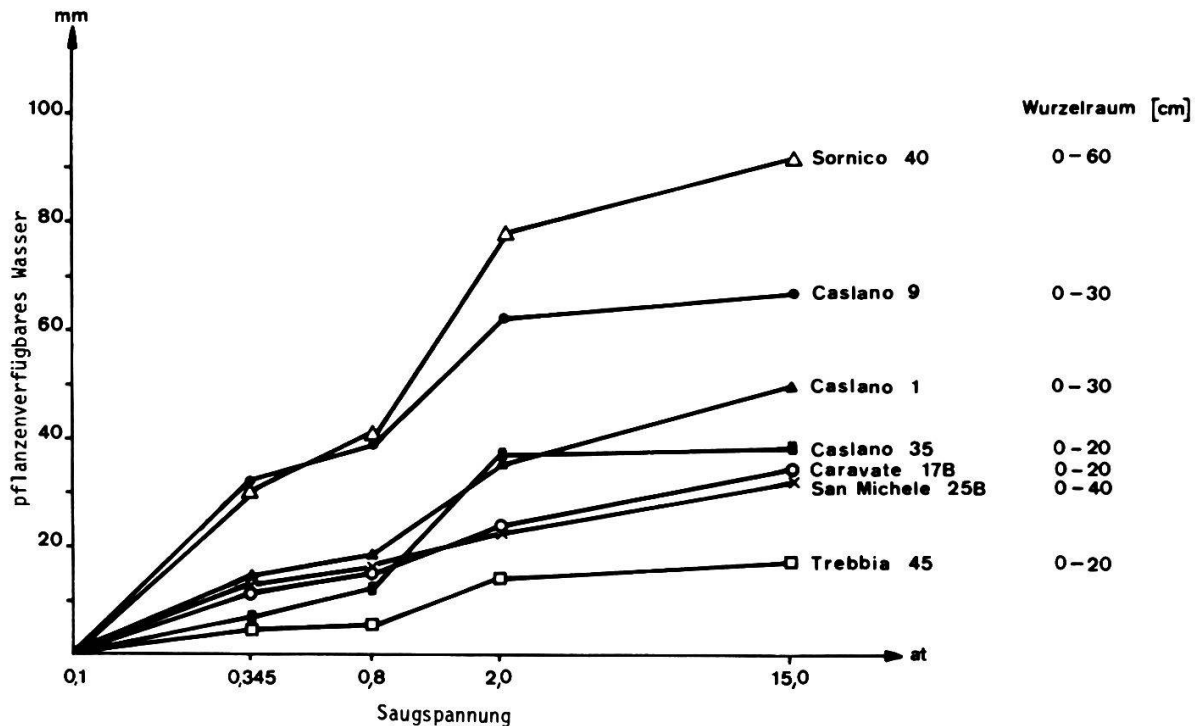


Abb. 25 mm Wasser, welches die Pflanzen den Mittelporen (0,1-15 at) des natürlich gewachsenen Bodens bei verschiedenen Durchwurzlungstiefen pro Wurzelraum entnehmen können. Die Berechnung erfolgte aus den Bodenwassergehalten der gesiebten Bodenproben, welche um den prozentualen Skelettanteil vermindert wurden.

enthält nur sehr wenig Skelett und gibt damit nicht die tatsächlichen Verhältnisse wieder wie sie auf grösseren Flächen des Standortes wohl vorliegen. Die V-förmigen Felsritzen enthalten weniger Feinerde als dies bei der Berechnung des Bodenwassergehaltes (man geht dabei von einem rechteckigen Bodenquader bestimmter Tiefe aus) angenommen wurde. Der effektive Skelettanteil ist offenbar viel grösser als derjenige, der über den Bodenaushub bestimmt wurde. Der Hinweis der Vegetationstabelle auf sehr trockene Bedingungen bei der Fläche Caravate 17B dürfte somit realistischer sein. Die übrigen, kleineren Abweichungen zwischen den beiden Trockenheitsreihen sind wahrscheinlich auf die zu ungenaue Bestimmung des Skelettgehaltes zurückzuführen.

4. Bodenwassergehalte dreier Flächen am Monte Caslano, gemessen während zwei Messperioden

In der Zeit vom 12. April bis 22. Mai 1974 und vom 14. August bis 2. September 1974 wurde bei den Flächen Caslano 1, Caslano 9 und Caslano 35 jeden 2. Tag der Bodenwassergehalt in 10 - 15 cm Tiefe bestimmt.

In den Abb. 26 - 28 wurden die Wassergehalte (in % g) der Feinerde des natürlich gelagerten Bodens sowie die in der Untersuchungsperiode gefallenen Niederschlagsmengen eingezeichnet. In den gleichen Abbildungen wurde versucht, diese Bodenwassergehalte mit den Saugspannungen der korrigierten Desorptionskurven (Abb. 22 - 24) zu vergleichen. Damit soll annäherungsweise gezeigt werden, mit welchen Saugspannungen das Bodenwasser in 10 - 15 cm Tiefe gebunden wird und wie sich die Saugspannungen in Abhängigkeit der Niederschläge verändern.

Es zeigte sich, dass auch nach starken Regenfällen die Mittelporen des Bodens der Fläche Caslano 9 (Abb. 27) während der Beobachtungsperiode nie ganz mit Wasser aufgefüllt wurden. Die Böden der Flächen Caslano 35 (Abb. 26) und Caslano 1 (Abb. 28) hingegen füllen sich zeitweise bis in die Grobporen.

Der Wasservorrat im Boden der Fläche Caslano 35 (Heteropogon contortus-Ausbildungsgruppe) nimmt in niederschlagsfreien Perioden sehr schnell ab, was sich in der raschen Zunahme der Saugspannungswerte pro Zeiteinheit widerspiegelt. In der Beobachtungsperiode steigen die Saugspannungen in diesem Boden nach jeweils 12tägiger Trockenheit nur wenig über 15 at. Es ist jedoch anzunehmen, dass bei länger dauernden Trockenperioden die Saugspannungen schnell sehr stark ansteigen würden, da der natürlich gelagerte Boden bei 15 at in 10 - 15 cm Tiefe nur noch etwa 9 mm Wasser enthält, sehr flachgründig ist und ein kleines Wasserspeichungsvermögen besitzt.

Im natürlich gelagerten Boden der Fläche Caslano 9 (Seseli annuum-Ausbildungsgruppe, Bromus condensatus-Ausbildung) steigen die Saugspannungen (pro Zeiteinheit) während einer niederschlagsfreien Periode etwas langsamer an. Während im April und Mai die Saugspannung auch nach 12tägiger Trockenheit die 15 at

Grenze nie überschritt, erreichte sie im August, nach gleich langer Trockenzeit, Werte, die schätzungsweise (durch Extrapolation aus der Desorptionskurve) 50 at übersteigen dürften. Dabei muss bemerkt werden, dass hier bei 15 at noch doppelt soviel Wasser (18 mm) vorhanden ist wie bei der Fläche Caslano 35, dass dieser Boden ein besseres Wasserspeichungsvermögen besitzt und tiefgründiger ist.

Im Boden der Fläche Caslano 1 (Potentilla alba-Ausbildung der Seseli annuum-Ausbildungsgruppe) wurde das Wasser in der Untersuchungsperiode meist mit niedrigeren Saugspannungskräften gebunden als bei den vorher besprochenen Böden. In der Beobachtungsperiode konnten die Pflanzen dieser Fläche während längerer Zeit das Wasser den Grobporen entnehmen. Auch nach den beiden Trockenzeiten sank die Saugspannung nie unter 15 at. Bei diesem Saugspannungswert liegt in 10 - 15 cm Tiefe annähernd gleichviel Wasser (10 mm) vor wie bei der Fläche Caslano 35.

Im allgemeinen stimmen die gemachten Beobachtungen mit den in E. III. 3. besprochenen Trockenheitsgefallen (siehe auch Abb. 25) gut überein.

Einen wesentlichen Einfluss auf den Wasserhaushalt übt die organische Substanz aus. Als positiv ist ihre hohe Wasserkapazität zu werten. Sie kann das 3 - 5fache ihres Eigengewichtes an Wasser festhalten. Dieses Wasser liegt weitgehend in pflanzenaufnehmbarer Form vor (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 1966). Für die Wasseraufnahme an der Bodenoberfläche wirkt sich die Hydrophobie der organischen Substanz, welche sich nach Trockenperioden einstellt, jedoch sehr hemmend aus. Bei Gewittern nach einer Trockenzeit läuft ein nicht gemessener Prozentsatz des Niederschlages infolge dieser Eigenschaft oberflächlich ab; weiter wird ein Teil durch die Interzeption der Vegetation zurückbehalten, so dass den Pflanzen ein noch geringerer Teil der Niederschlagsmenge zugute kommt. Das insubrische Niederschlagsregime, d. h. das Anfallen einer grossen Niederschlagsmenge innert kurzer Zeit (siehe in B. 2.), und die darauf folgenden Trockenperioden begünstigen diese Tendenz. Ausserdem schrumpft die aufgequollene Substanz beim Trocknen, so dass ein grösseres Porenvolumen entsteht und somit mehr Luft in den Boden eindringen kann, die ihrerseits die Austrocknung fördert. Diese Tatsache könnte mit ein Grund sein, dass die Böden der Flächen Caslano 35 und Caslano 9 rasch austrocknen, bzw. die Mittelporen nicht ganz auffüllen.

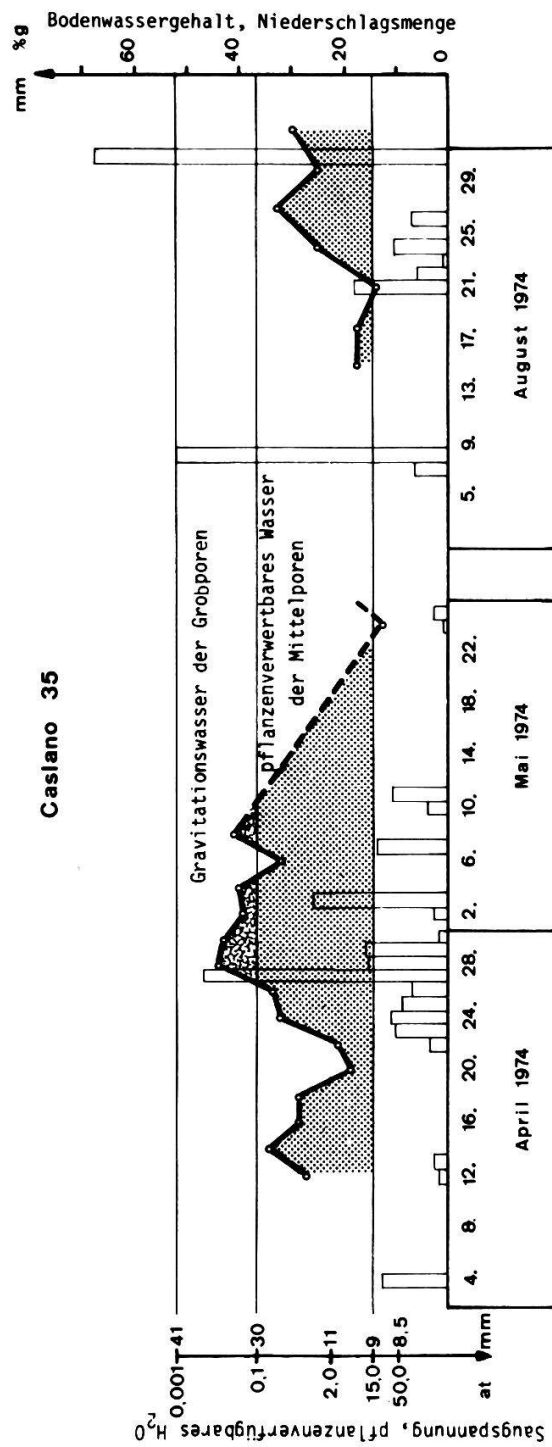


Abb. 26 Niederschlag (in mm) und die dadurch bedingten Wassergehalte (in % g) der Feinerde sowie angenäherte Saugspannungen (in at) und das dabei vorliegende pflanzenverfügbare Wasser (in mm) des skeletthaltigen Bodens in 10-15 cm Tiefe.

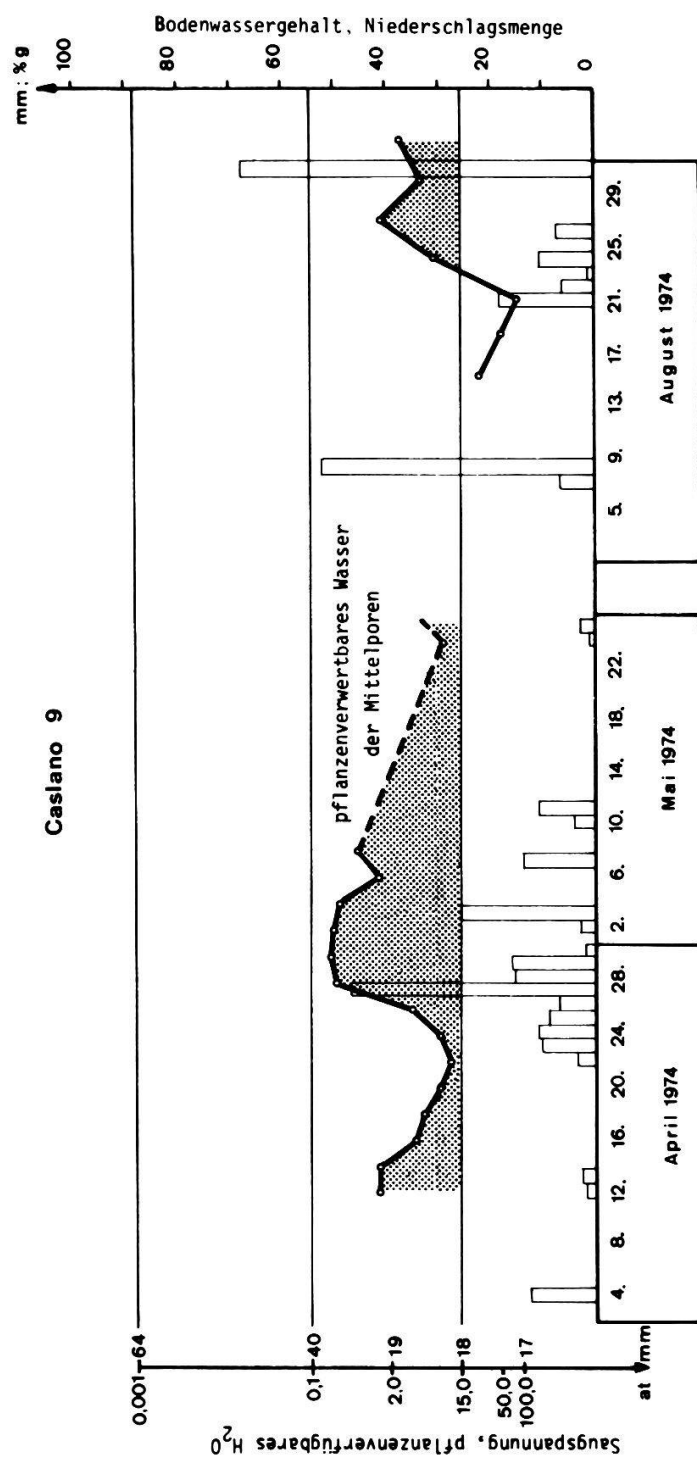


Abb. 27 Niederschlag (in mm) und die dadurch bedingten Wassergehalte (in % g) der Feinerde sowie angenäherte Saugspannungen (in at) und das dabei vorliegende pflanzenverfügbare Wasser (in mm) des skeletthaltigen Bodens in 10-15 cm Tiefe.

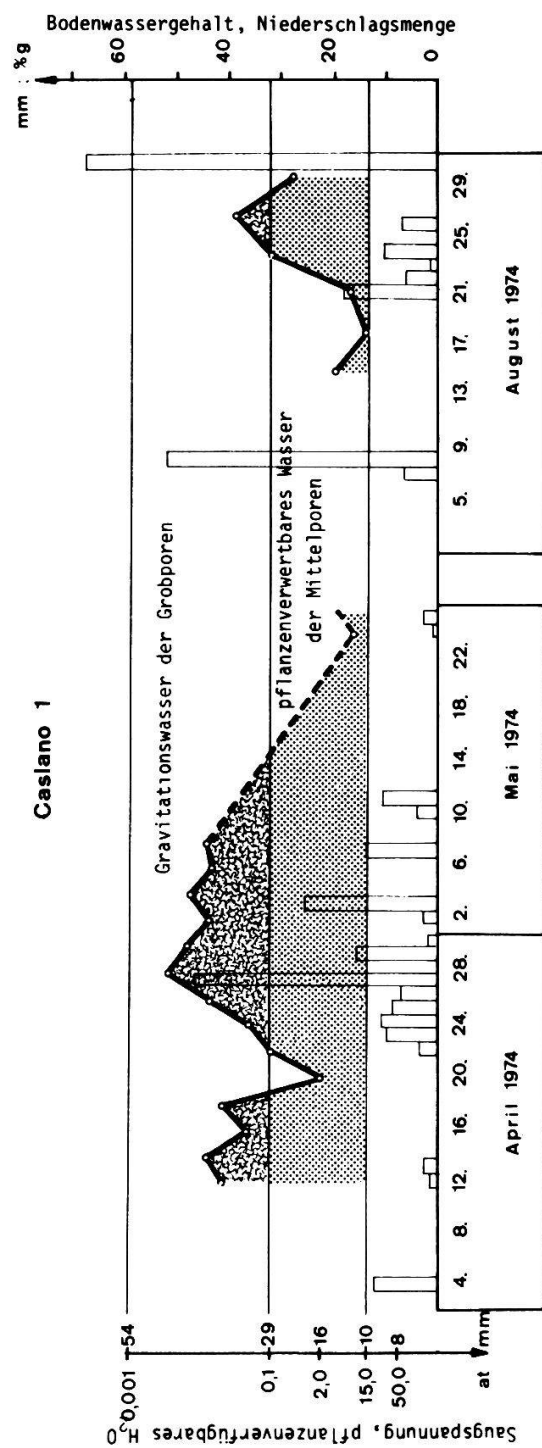


Abb. 28 Niederschlag (in mm) und die dadurch bedingten Wassergehalte (in % g) der Feinerde sowie angenäherte Saugspannungen (in at) und das dabei vorliegende pflanzenverfügbare Wasser (in mm) des skeletthaltigen Bodens in 10-15 cm Tiefe.

IV. BODENCHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN

1. Karbonatgehalt

Der Karbonatgehalt in der Feinerde nimmt bei allen Flächen mit zunehmender Bodentiefe zu (Tab. 6 und Angaben bei den Bodenprofilen). Bei einer mächtigen Akkumulation organischen Materials ist der Karbonatgehalt niedriger; dies vor allem weil die Feinerde dann kaum karbonathaltigen Grobsand enthält. So ist der Boden von Caravate, Fläche 17B, aus herabfallendem organischen Material gebildet worden. Er enthält darum fast kein Skelett und nur sehr wenig Grobsand. Da jedoch die Pflanzen dieser Fläche mit ihren Wurzeln direkt mit dem Muttergestein in Kontakt treten, erhalten sie immer reichlich Karbonat.

Bei der über Silikat liegenden Fläche Magliaso ist der Boden karbonatlos.

Die Ca^{++} -Ionenkonzentration des Bodens hat verschiedene Wirkungen. Bei einem mässigen Angebot an Ca^{++} bilden sich im allgemeinen kräftigere Wurzeln aus. Liegt hingegen viel Ca^{++} vor, so geht die Wurzelhaarbildung zurück, da sich die Zellwände verfestigen. Ein übermässiges Ca^{++} -Angebot kann sogar das Wurzelwachstum verhindern (KUTSCHERA 1960). Ebenso erschwert eine hohe Ca^{++} -Konzentration den Humusabbau (LARCHER 1973). Andererseits haben aber die Ca^{++} -Ionen einen günstigen Einfluss auf die Aggregatsstabilität des Bodens (SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 1966).

2. Bodenreaktion

Bei allen Vegetationsaufnahmeflächen wurde die Bodenreaktion der obersten 10 cm bestimmt. In Tab. 6 sowie in den Abbildungen der Bodenprofile ist der pH-Wert für die Böden der untersuchten Flächen in Abhängigkeit der Bodentiefe angegeben.

Ausser für den Standort Monte Caslano, bei welchem die Bodenproben am

19. 9. 1973 gewonnen wurden, sind alle anderen Proben in der Zeit vom 15. - 24. 4. 1973 gegraben worden. Mit einer Ausnahme (Magliaso, Fläche 108) steigen die pH-Werte mit zunehmender Bodentiefe an. Interessant ist dabei die Fläche C1 des Monte Caslano, welche in 10 cm Bodentiefe einen pH-Wert von 7,3 aufweist, obschon die Feinerde entkarbonatet ist. Nach KLOETZLI (mündl.) ist dieses Phänomen über Lias-Gestein am Monte Generoso schon beobachtet worden. Bei einer Messung im April konnte aber im Feld ein pH-Wert von ca. 6,5 festgestellt werden. Ähnliche Feststellungen hat ELLENBERG (1958) als jahreszeitliche Schwankung der Bodenreaktion beschrieben, welche im Frühjahr häufig sehr ausgeprägt ist.

Die über Silikat liegende Fläche Magliaso weist an der Bodenoberfläche einen pH-Wert von 7,4, in 80 cm Tiefe aber einen solchen von 6,1 auf. Da es sich um Kulturland handelt und eine Strasse sehr nahe an der Fläche 108 vorbeiführt, ist eine Zufuhr von basischem Dünger und Staub durchaus denkbar.

Der pH-Wert beeinflusst indirekt die Bodenentwicklung. So hemmen hohe Werte die chemische Verwitterung des Gesteins und mindern auch den Humifizierungsprozess der organischen Substanz (LARCHER 1973).

3. Organische Substanz

Die Böden der Flächen Caravate 17B, Trebbia 45 und San Michele 25B sind bis in 20 cm Tiefe als sehr stark humos (> 10 % organische Substanz) zu bezeichnen. Mit 42 % hat Trebbia den höchsten Anteil an organischer Substanz; diese reicht über das ganze Profil. Nach der Einteilung von SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL (1966) müssen die Böden der Flächen C9 und C35 vom Monte Caslano ebenfalls als sehr stark humos bezeichnet werden. Selbst in 75 cm bzw. in 50 cm sind sie noch stark humos (Tab. 6 und Abb. 18, 19). Der Boden der Fläche C1 ist über das ganze Profil stark humos. Die übrigen Flächen in Tab. 6 haben meist stark bis mässig humose Böden.

Flächen	Tiefe cm	CO ₃ als CaCO ₃ % g	pH (H ₂ O) 15.-24.4.73	org. Substanz % g
Caravate 17B	5	o	7,3	22,0
	15	.	7,6	9,4
	25	1,2	7,6	7,4
	35	.	7,7	6,7
Trebbia 45	10	8,0	7,5	42,0
San Michele 25B	10	11,2	6,9	18,1
	20	16,4	6,9	11,9
	40	16,9	6,9	3,4
	70	34,8	7,6	1,5
Sornico 40	10	17,6	7,1	7,0
	30	22,8	7,0	3,5
	70	28,8	7,0	1,5
Perledo 42	5	0,4	5,5	5,5
	35	0,9	7,4	2,6
Magliaso 108	10	0	7,4	4,3
	40	0	6,7	0,4
	80	0	6,1	0
Caslano 35	5	27,0	7,6	10,4
	30	34,0	7,7	5,1
	50	40,0	7,7	3,4
Caslano 9	10	21,0	7,5	11,4
	45	25,0	7,7	7,4
	75	33,0	7,7	4,2
Caslano 1	10	0	7,3	7,3
	45	8,4	7,5	5,3
	75	12,0	7,6	4,4

Tab.6 Karbonatgehalt (% g), Bodenreaktion und Gehalt an organischer Substanz (% g) der Feinerde bei verschiedenen Bodentiefen.

V. MIKROKLIMATISCHE MESSUNGEN AM MONTE CASLANO

Bei der Behandlung des Allgemeinklimas zeigte sich, dass im März und April unter dem Einfluss des Nordwindes die relative Luftfeuchtigkeit bis gegen 10 % sinken kann. Ebenfalls wurde festgestellt, dass der Juni und Juli im Durchschnitt die lufttrockensten Monate sind. Der April kann zu den trockeneren Monaten gezählt werden, während der Juni zu den niederschlagsreicheren Monaten gehört. In diesem Zusammenhang erschien es interessant, einen Einblick in die Evaporationsverhältnisse zu erhalten.

Am 20. April 1973, bei starkem Nordwind, sowie am 19. Juni 1973 an einem schönen Sommertag wurde an vier Stellen des Monte Caslano die Piche-Evaporation bestimmt. Die dabei erhaltenen Werte wie auch die jeweilige relative Luftfeuchtigkeit sind in Tab. 7 angegeben.

Im April ist die Evaporation in 95 cm Höhe nur wenig grösser als in 10 cm über dem Boden. Da die Vegetation erst eine Höhe von 5 - 10 cm erreichte, konnte unter dem Einfluss des sehr starken Nordwindes auch in Bodennähe viel Wasser verdunsten. Im Gegensatz zu den Resultaten, die HOFER (1967) am Monte Verità (bei Locarno) erhielt, verdunstet hier auch im Sommer in 95 cm Höhe mehr Wasser als in Bodennähe. Der Grund dürfte vor allem darin bestehen, dass die Vegetation im Juni eine mittlere Höhe von 30 cm erreichte und einzelne Grashalme bis in 110 cm wuchsen. Dadurch befanden sich die bodennahen Piche-Evaporimeter in einem anderen Mikroklimabereich als diejenigen in 95 cm Höhe, welche zudem noch dem leichten Wind ausgesetzt waren.

Bei allen durchgeführten Messungen wurde der Evaporationswert von 1,0 ml/h, bei einer Evaporationsfläche von 12,6 cm², nie überschritten. Die gleiche Feststellung machte auch HOFER (1967) mit einem ähnlichen Standort. Auch WALTER (1968) gibt für die Mittagsstunden in Mitteleuropa selten höhere Werte an.

HOFER (1967) betont, dass die Evaporation wie auch die relative Luftfeuchtigkeit der bodennahen Schichten stark vom jeweiligen Bodenwassergehalt abhängen. Bei beiden Messungen war der Boden ziemlich trocken, hatte es doch im April

Fläche ¹⁾	Messhöhe cm	Evap. über Mittag ml/h		Ø Tagesevaporation ml/h		Relative Luftfeuchtigkeit in 30 cm über Mittag %		
		20.4.73 ²⁾	19.6.73 ³⁾	20.4.73	19.6.73	20.4.73	19.6.73	Tagesdurchschnitt 19.6.73
C 1	10 95	0,73 0,82	0,70 0,95	0,68 0,8	0,32 0,5	19,0	52,7	68,2
C 9	10 95	0,68 0,85	0,5 0,73	0,65 0,85	0,29 0,52	21,0	54,0	66,1
C 35	10 95	0,64 0,84	0,43 0,7	0,64 0,84	0,27 0,5	24,5	53,7	68,4
C 41	10 95	0,68 0,84	0,33 0,5	0,68 0,84	0,24 0,41	22,5	54,0	68,5

- 1) Fläche C 1 : SSE, 50 % Neigung, 310 m.ü.M., Vegetationsbedeckung 100 %
 Fläche C 9 : S , 65 % Neigung, 410 m.ü.M., Vegetationsbedeckung 100 %
 Fläche C 35: S , 50 % Neigung, 370 m.ü.M., Vegetationsbedeckung 70 %
 Fläche C 41: SSE, 65 % Neigung, 360 m.ü.M., Vegetationsbedeckung 100 %

- 2) Bedeckter Himmel, z.T. etwas sonnig, Nordwind, max. Temp. 17°C; mittlere Vegetationshöhe 5-10 cm
 3) Schön, am Nachmittag Gewitterwolken, leichter Wind, sehr dunstig, max. Temp. 28°C; mittlere Vegetationshöhe 30 cm

Tab. 7 Piche-Evaporation (ml/h) und relative Luftfeuchtigkeit (%) im April und Juni bei verschiedenen Flächen des Monte Caslano.

seit 9 Tagen und im Juni seit 5 Tagen nicht geregnet. Es zeigt sich deshalb deutlich, dass im Frühjahr bei häufigen Nordwindtagen weit mehr verdunstet wird als im Sommer. Da im April dazu noch weniger Niederschläge fallen als im Juni, dürfte die Vegetation im frühen Frühling zeitweise einem recht grossen Wasserstress unterzogen sein. Wie in E. III. 4. und in den Abb. 26 - 28 gezeigt wurde, ist in dieser Periode zudem das Bodenwasser teilweise mit Kräften von über 10 at gebunden. Dieser Faktor könnte auf die floristische Zusammensetzung der Chrysopogon-Rasen einen Einfluss haben. Dies insofern, als nicht an die Trockenheit angepasste Arten, welche zu diesem Zeitpunkt zudem schon relativ hoch aufgewachsen wären, den permanenten Welkepunkt erreichen und somit vertrocknen würden. Der geringe Bodenstickstoffgehalt der Trockenrasen (vgl. auch GIGON 1968) bedingt aber ein langsames Wachstum der Pflanzen, was für diese in der kritischen Zeit im Frühjahr von eindeutigem Vorteil ist. Gleichzeitig stellt sich der Konkurrenzdruck der angepassten gegenüber den nicht angepassten Arten ein, welche verdrängt werden.