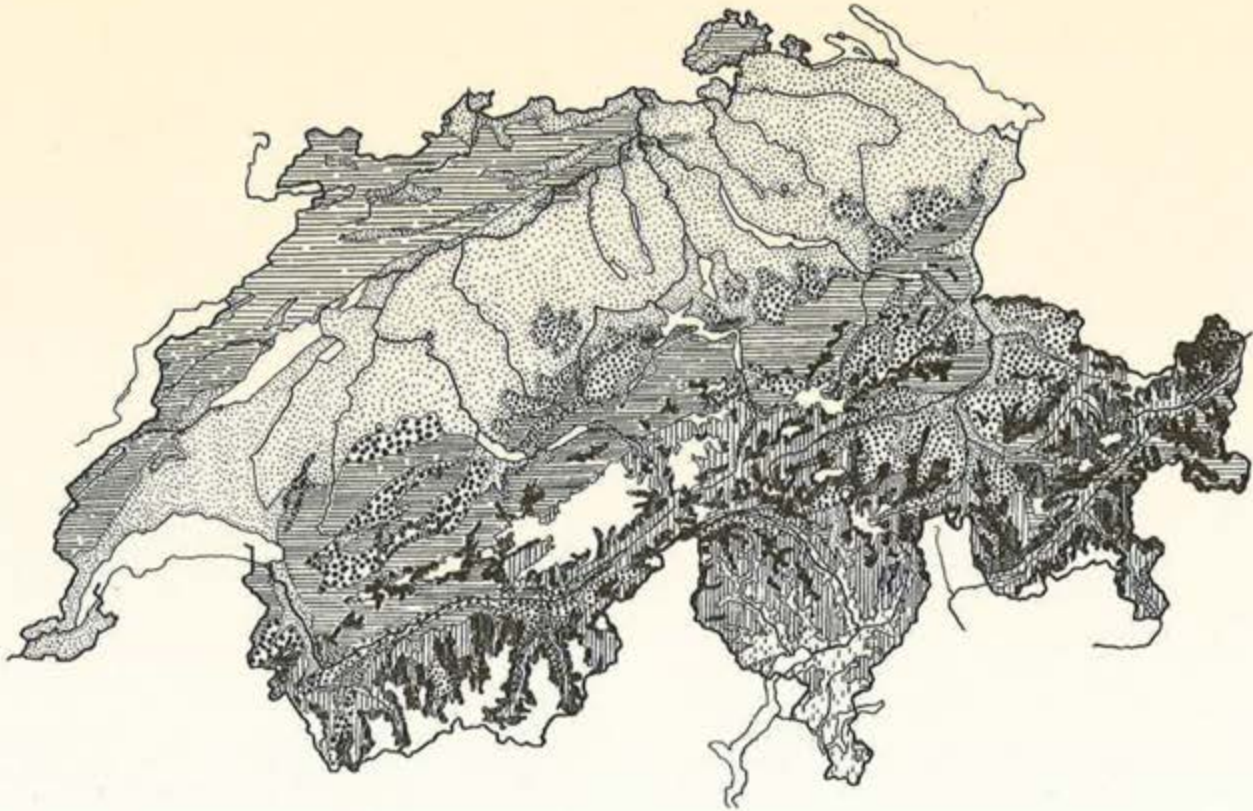


Hans Sticher

Bodenkunde und Bodenkundler in der Schweiz 1855 – 1962

Mit einem kurzen Abriss über die Vorgeschichte



BODENKUNDLICHE GESELLSCHAFT DER SCHWEIZ

SOCIÉTÉ SUISSE DE PÉDOLOGIE

Adresse: Geographisches Institut der Universität Zürich (GIUZ)
Winterthurerstrasse 190
CH-8057 Zürich

Telefon 01 635 51 22 oder 01 635 51 21 (Sekretariat) Fax 01 635 68 48

E-Mail fitze@geo.unizh.ch

Postcheck-Konto: BGS Bern 30-22131-0 Bern

Vorstand / Comité 2001

Präsident / Président:	R. Schulin, Schlieren	01 633 60 71	E-Mail	schulin@ito.umnw.ethz.ch
Vizepräsidentin / Vice-présidente:	C. Strehler, Yverdon	024 425 18 88	E-Mail	c.strehler@grande-caricaie.ch
Beisitzer / Assesseur:	F. Borer, Solothurn	032 627 24 91	E-Mail	franz.borer@bd.so.ch
Sekretär / Secrétaire:	P. Fitze, Zürich	01 635 51 22	E-Mail	fitze@geo.unizh.ch
Rechnungsführer / Comptable:	M. Jozic, Ebikon	041 450 26 57	E-Mail	mj@agrolab.ch

Redaktion / Rédaction

M. Müller
Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft, 3052 Zollikofen
Telefon 031 910 21 24/11 Fax 031 910 22 96/99 E-Mail Moritz.Mueller@shl.bfh.ch

Dokumentationsstelle / Service des documents

Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale LMZ, Länggasse 79, 3052 Zollikofen
Telefon 031 911 06 68 Fax 031 911 49 25
E-Mail lmz@pop.agri.ch Internet <http://combi.agri.ch/lmz>

Vorsitzende der Arbeitsgruppen / Présidents des groupes de travail

Klassifikation und Nomenklatur:	J. Presler, Zürich	01 388 20 42	E-Mail	j.presler@babu.ch
Bodenschutz und Werthaltung:	S. Tobias, Birmensdorf	01 739 23 49	E-Mail	silvia.tobias@wsl.ch
Bodenkartierung:	M. Knecht, Zürich	01 383 70 71	E-Mail	ambio@bluewin.ch
Reflexion/Strategie	P. Germann, Bern	031 631 38 54	E-Mail	germann@giub.unibe.ch

BODENKUNDLICHE GESELLSCHAFT DER SCHWEIZ
SOCIÉTÉ SUISSE DE PÉDOLOGIE

DOKUMENT 11

Hans Sticher

**BODENKUNDE UND BODENKUNDLER
IN DER SCHWEIZ**

1855 bis 1962

Mit einem kurzen Rückblick auf die Vorgeschichte

ISBN 3 260 05452 9

Juris Druck und Verlag
Dietikon 2001

Titelbild: Bodentypenkarte der Schweiz aus dem Jahr 1934, aufgenommen von Hans Pallmann und Hermann Gessner. Signaturen dazu siehe Seite 54.

ISBN 3 260 05452 9

Copyright: 2001 Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4
Pédologie et Pédologues en Suisse (1855 – 1962), Résumé	5
Teil I: Bodenkundliche Aktivitäten bis 1913	7
Die Anfangsgründe	9
a) Bodenkundliche Ausbildung	9
b) Bodenuntersuchung und Bodenforschung	10
Die Entwicklung der Bodenkunde am Schweizerischen Polytechnikum und dessen Umfeld	11
a) Forstwirtschaft	11
b) Landwirtschaft	15
Bodenkundliche Aktivitäten außerhalb des Polytechnikums	20
a) Universität Zürich	20
b) Die landwirtschaftlichen Versuchsanstalten	21
Das erste schweizerische Lehrbuch der Bodenkunde	24
Teil II: Von 1913 bis 1963	33
Einleitung	33
Die Bodenkunde als Teil der Agrikulturchemie	33
Georg Wiegner (1883 – 1936)	36
G. Wiegner: Neuere Untersuchungen über die Bodenklimateypen, insbesondere in der Schweiz (Zusammenfassung)	40
Bedeutende Schüler von G. Wiegner	46
Hermann Gessner (1897 – 1981)	46
Hans Jenny (1899 – 1992)	48
Hans Pallmann (1903 – 1965)	55
a) Entstehung, Eigenschaften und Klassifikation der Böden	57
b) Kolloidchemische Eigenschaften des Bodens, insbesondere des Humus	60
c) Methoden der Boden- und Standortkartierung	61
d) Zusammenarbeit zwischen Bodenkunde und Pflanzensoziologie	61
Die Pallmann'sche Schule	64
Erwin Frei (*1914)	64
Felix Richard (1915 – 1984)	67
Roman Bach (1921 – 1981)	69
Hans Deuel (1916 – 1962)	70
a) Tonmineralien	72
b) Ionentauscher (Aufbau, Eigenschaften, Anwendungen)	72
c) Organische Substanz des Bodens, insbesondere Polysaccharide und Huminstoffe	73
d) Wechselwirkungen zwischen anorganischen und organischen Bodenbestandteilen	75
e) Deuel und die Feldbodenkunde	76
f) Deuel als Lehrer	76
Die Entwicklung der Bodenbiologie	77
Max Düggeli (1878 – 1946)	78
Alois Stöckli (1893 – 1970)	79
Die Entwicklung der Bodenphysik	80
Arnold Engler (1869 – 1923)	80
Hans Burger (1889 – 1973)	82
Anhänge zu Teil II	85
Literatur	107

Vorwort

Die Bodenwissenschaften haben in den letzten Jahrzehnten in der Schweiz einen ungeahnten Aufschwung erlebt. Nicht mehr die Urproduktion, die lange Zeit die treibende Kraft für die wissenschaftliche Beschäftigung mit dem Boden gebildet hatte, sondern die Sorge um die schleichende Verschlechterung der Lebensgrundlagen wegen der zunehmenden Umweltverschmutzung gab dazu den Anlass. Der Gehalt an Schwermetallen und organischen Schadstoffen aller Art hat in der Tat großflächig alarmierende Werte angenommen, so dass sich ein zwingender Handlungsbedarf auf der politischen und wissenschaftlichen Ebene anzeigte.

An den Technischen Hochschulen und Universitäten wurden neue Lehrstühle eingerichtet. Die Forschungsanstalten bauten ihre bodenkundlichen Laboratorien aus. Auf Gesetzesebene wurde der Bodenschutz geregelt und Bund und Kantone wurden angehalten, Fachstellen für den Bodenschutz einzurichten. 1975 wurde die Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz (BGS, SSP) gegründet, die heute rund 400 Mitglieder zählt.

Ob dieser rasanten Entwicklung wird leicht vergessen, dass die Bodenkunde in unserem Land eine lange Tradition hat, die immer wieder Leistungen hervorbrachte, welche weltweite Anerkennung fanden. Es sei hier stellvertretend für viele nur an Forscher wie Wiegner, Jenny, Pallmann, Burger und Deuel erinnert.

Der Blick zurück zeigt, dass sich die Bodenkunde durchaus eigenständig entwickelt hat, wenn sich auch zahlreiche Einflüsse von außen nachweisen lassen. Die stets enge Zusammenarbeit zwischen Bodenkunde und Pflanzensoziologie, die frühe Einbindung der Bodenkunde in die (kolloidchemisch geprägte) Agrikulturchemie, die stark ökologiebetonte Bodenbiologie sowie die forstwirtschaftlich fundierte Bodenphysik haben Spuren hinterlassen, die noch heute spürbar sind und die Mehrzahl der schweizerischen Bodenkundler prägen.

In der vorliegenden Arbeit wird diesen Spuren nachgegangen. Wie der Titel der Arbeit andeutet, geht es weniger um eine Geschichte der Bodenkunde als vielmehr um eine Würdigung der Personen, welche diese Geschichte geprägt und gestaltet haben. Wenn als Beginn 1855, das Jahr der Gründung des eidgenössischen Polytechnikums in Zürich gewählt wurde, so ist dies kein Zufall. Mit der Gründung des Polytechnikums und der ihm angegliederten Forstschule begann in der Schweiz erstmals die akademische Ausbildung von Fachleuten, die von Berufes wegen mit dem Boden zu tun hatten. Dass allerdings schon viel früher bodenkundliche Aktivitäten nachzuweisen sind, wird in einer kurzen Vorgeschichte aufgezeigt.

Die Arbeit behandelt zwei historische Perioden, nämlich die Zeit bis 1913, während der die Bodenkunde vornehmlich im Dienste der Forst- und Landwirtschaft stand, und die Zeit von 1913 bis 1962, während der die Bodenkunde, als Teil der Agrikulturchemie, zu einer ersten Blütezeit gelangte und die mit dem allzu frühen Hinschied von H. Deuel endete. Die Zeit nach 1962, die u.a. von vielen heute noch lebenden Protagonisten mitgestaltet wurde, bleibt aus verständlichen Gründen einer späteren Aufarbeitung vorbehalten.

Pédologues et Pédologie en Suisse (1855 – 1962)

Résumé

Jusque tard dans le 19^{ième} siècle, l'agriculture se basait avant tout sur des traditions, sur des modes de culture du sol dont les traces remontent à l'époque romaine. L'agriculteur percevait le sol directement avec ses sens. Avec l'expérience, la texture, la couleur et l'odeur étaient les critères décisifs pour classer et apprécier les sols.

Les premiers indices d'une attention scientifique pour le sol remontent, en Suisse, au début du 18^{ième} siècle (Johann Jakob Scheuchzer: *Itinera alpina*). C'est un véritable enthousiasme pour les montagnes et pour la nature en général qui se développa en Suisse, et bien au delà des frontières, quand parut le poème "Die Alpen" de Albrecht von Haller. Ce dernier avait parcouru les Alpes en 1728 en compagnie du zurichois Johannes Gessner. De nombreux voyageurs cultivés se sont mis à étudier et à décrire la Suisse et ses montagnes, jusqu'alors très redoutées (Horace-Bénédict de Saussure, Caspar Wolf, Johann Wolfgang Goethe etc.). Prenant exemple sur des modèles anglais, de grands propriétaires érudits se sont mis à faire des essais en plein champ et à proposer des améliorations pour la culture et l'utilisation des sols (Nicolas de Saussure, Charles Pictet de Rochemont, Emanuel von Fellenberg). Des académiciens passionnés de nature, tels que théologiens, médecins ou botanistes, ont commencé à s'intéresser au sol et à faire des essais pour mieux le comprendre (Johann Jakob Ott, Nicolas Théodore de Saussure, Jean Elie Bertrand etc.).

Jusqu'à la fondation, en 1855, du Polytechnicum fédéral, il n'y avait pas en Suisse de formation supérieure en pédologie. Qui voulait étudier à un niveau universitaire l'agronomie ou la sylviculture (qui incluent la pédologie) devait jusqu'alors se rendre à l'étranger, particulièrement en France ou en Allemagne (p. ex. à Stuttgart-Hohenheim, à Göttingen ou à Dresden-Tharandt). En tant qu'école forestière fédérale, la section de sylviculture fit dès le début partie du Polytechnicum. Les cours de pédologie y étaient obligatoires, mais ceux-ci ne s'accompagnaient pas d'une activité de recherche. En 1871, l'école forestière fut élargie en section d'agriculture et sylviculture par la nomination de trois nouveaux professeurs. De là et jusqu'en 1913, la pédologie fut enseignée séparément pour forestiers et agronomes. À côté de la production végétale, Anton Nowacki (1839 - 1925) était aussi responsable de la pédologie pour les agronomes; en 1884, il publia un livre de pédologie pratique ("Praktische Bodenkunde"), qui connut 7 éditions jusqu'en 1920 et qui est considéré comme le premier manuel de ce genre écrit en Suisse.

En 1878, sous l'impulsion de l'Association suisse des agriculteurs, une station de recherches et d'essais fut créée à côté de l'école polytechnique. De là, elle devait plus tard déménager vers Oerlikon, et elle existe aujourd'hui encore en tant que Station de recherche en écologie agraire et agriculture (FAL, Zurich-Reckenholz). En 1885, toujours au Polytechnicum, un centre de recherches forestières vit le jour grâce à l'impulsion d'Anton Bühler (1848 - 1920), un des professeurs de sylviculture. Après s'être appelé Institut fédéral de recherches forestières, il est aujourd'hui actif en tant qu'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL, Birmensdorf). Le sol était l'objet de recherches dès le début de l'existence de ces deux institutions, mais avec des buts différents. À la station agronomique, les essais de fumure tenait une place prépondérante. Pendant ce temps, selon la volonté initiale de Bühler, la station forestière avait à son programme "des analyses des roches et de leur dégradation, l'étude des principaux types de sol et de leurs propriétés physiques, y compris l'effet de la couverture du sol et du peuplement végétal sur ces paramètres, les conséquences du travail du sol, la mesure de la température, des précipitations et de l'évaporation". Grâce à l'initiative de Bühler, c'est donc dès la fin du 19^{ième} siècle qu'étaient posées les bases du remarquable développement de la physique du sol en Suisse,

qui de Bühler à Arnold Engler (1869 - 1923), à Hans Burger (1889 - 1973) et à Felix Richard (1915 - 1984) conduisit au groupe de physique du sol à l'actuel Institut d'écologie terrestre de l'EPF Zurich.

A côté de la station de recherches agricoles de Zurich (plus tard Zurich-Oerlikon), des stations de chimie agricole ont aussi été créées, vers la fin du 19^{ième} siècle, à Berne et à Lausanne. D'origines différentes, ces deux stations avaient en commun avec celle de Zurich une tâche essentielle dans l'analyse des sols et des engrais. L'histoire de toutes les trois stations a continuellement été marquée par des personnalités éminentes qui, à côté de leurs travaux de routine, ont trouvé le temps de mettre en place puis de publier des travaux de recherche originaux. On peut entre autres nommer ici Ernest-Louis Chuard (1857 - 1942) et Charles Dusserre (1860 - 1934) à Lausanne, Ernst August Grete (1848 - 1919), Alois Stöckli (1893 - 1970) et Erwin Frei (*1914) à Zurich et Oerlikon, et en particulier Paul Robert Liechti (1866 - 1927) à Berne-Liebefeld.

Une césure importante se produisit en 1913, quand le chimiste des colloïdes Georg Wiegner de Göttingen fut nommé professeur de chimie agricole au Polytechnicum, qui avait entre-temps été rebaptisé École Polytechnique Fédérale. Wiegner regroupa la pédologie des forestiers avec celle des agronomes et instaura un cours qui s'inspirait fortement des bases physico-chimiques, notamment de la chimie des colloïdes. Dans la recherche aussi, ses solides bases scientifiques lui permirent des avancées importantes dans ses domaines de prédilection de la coagulation et des échanges d'ions. Il a aussi accordé une grande importance aux aspects écologiques de la pédologie. N'étant pas lui-même un homme de terrain, il a su s'entourer de collaborateurs talentueux pour cette tâche. On retrouve jusqu'à aujourd'hui les marques de la vision d'ensemble que ceux-ci ont su donner aux relations écologiques dans le sol. Citons en particulier Hermann Gessner (1897 - 1981), Hans Jenny (1899 - 1992) et Hans Pallmann (1903 - 1965). Wiegner étant décédé assez jeune, c'est Pallmann qui lui a succédé et qui a continué ses travaux. Mais il s'est surtout tourné vers la classification des sols, en collaborant avec la phytosociologie (Braun-Blanquet). Le système raffiné ainsi développé est toujours à la base de la classification suisse des sols. Hans Deuel (1916 - 1962) a succédé à Pallmann et a poursuivi les travaux de ses prédécesseurs sur les échanges d'ions et sur les substances humiques. Ses recherches concernaient aussi des précurseurs et des substances servant de modèle pour les humines (p. ex. pectine, galactomannane etc.), ce qui l'a finalement conduit dans la chimie alimentaire. Après son décès prématuré, ce domaine de recherche a été repris et étendu par son successeur, Hans Neukom (*1921). Mais en même temps a été instaurée une chaire propre à la pédologie, qui a été occupée, jusqu'à son décès, par Roman Bach (1921 - 1981), un autre élève de Pallmann. À l'EPF de Zurich, la biologie du sol s'est développée un peu à l'ombre des aspects chimiques et écologiques de la pédologie, respectivement de la considération internationale vouée au groupe Wiegner/Pallmann. C'est le zoologue Conrad Keller (1848 - 1930) qui a établi cette discipline, le microbiologiste Max Duggeli (1878 - 1946) et son élève Alois Stöckli (cf. ci-dessus) la portant à son plein développement.

Notre revue historique s'arrête à l'année du décès de Deuel (1962). La suite devait être agitée, les sciences du sol se scindant en différentes spécialités. De nouvelles chaires ou postes d'enseignement furent créés, pas seulement à l'EPFZ mais aussi à l'EPFL et aux universités de Bâle, Berne, Neuchâtel et Zurich. La Société suisse de pédologie (SSP/BGS) fut créée en 1975 et compte aujourd'hui environ 400 membres. De 1985 à 1991 se déroula le programme national de recherche (PNR) intitulé "Utilisation du sol en Suisse". Au total, 65 groupes de recherche y participèrent. Cela contribua à faire du sol un thème pour le public et la politique. Mais c'est à un futur historien que reviendra la tâche, quand la distance sera suffisante, d'écrire l'histoire de la pédologie suisse d'après 1962.

Traduction : Patrick Schleppe (Birmensdorf)

Bodenkunde und Bodenkundler in der Schweiz
1855 bis 1962

Teil I

Bodenkundliche Aktivitäten bis 1913

Mit einer kurzen Zusammenfassung von:

Anton Nowacki: Praktische Bodenkunde
(Erstes schweizerisches Lehrbuch der Bodenkunde)

Die Anfangsgründe

a) Bodenkundliche Ausbildung

Bis zur Gründung der Forstschule am Eidgenössischen Polytechnikum im Jahr 1855 gab es in der Schweiz nur beschränkte Möglichkeiten, höhere Studien in Forst- oder Landwirtschaft zu belegen. So hatten die Studenten der Naturwissenschaften an der Universität Bern um 1840 herum die Möglichkeit, nebenbei Kurse in Forstwirtschaft zu besuchen, die vom Forstmeister Albrecht Carl Kasthofer¹ gehalten wurden. Für die Landwirte bot der Sozialpädagoge Philipp Emmanuel von Fellenberg in seinem berühmten ‚Erziehungsstaat‘ Hofwyl bei Bern eine höhere landwirtschaftliche Ausbildung an². Von Fellenberg verfasste auch Schriften zur Vervollkommnung der Landwirtschaftlichen Produktion und gab zwischen 1808 und 1817 die Landwirtschaftlichen Blätter von Hofwyl heraus³. In Genf bemühte sich der Diplomat und Landwirt Charles Pictet de Rochemont⁴ unermüdlich um die Verbesserung der landwirtschaftlichen Bebauungsmethoden. Er übersetzte Schriften von von Fellenberg ins Französische⁵ und machte in der von ihm und seinem Bruder Marc-Auguste gegründeten Zeitschrift *Bibliothèque Britannique* auf neue Landwirtschaftsmethoden aufmerksam⁶. Wer jedoch ein volles universitäres Studium der Land- oder Forstwirtschaft absolvieren wollte, musste im Ausland, vor allem an deutschen oder französischen Hochschulen, studieren. So ließen sich zwischen 1818 und 1868 allein an der forst- und landwirtschaftlichen Akademie in Hohenheim bei Stuttgart 50 Schweizer in Forstwirtschaft und 128 in Landwirtschaft ausbilden⁷. Unter diesen war auch der spätere erste Professor für Forstwirtschaft am Polytechnikum in Zürich, Elias Landolt. Da sowohl im landwirtschaftlichen als auch forstwirtschaftlichen Studiengang in Hohenheim die Bodenkunde Pflichtfach war⁸, darf angenommen werden, dass durch die Schweizer Absolventen zeitgemäße bodenkundliche Kenntnisse nach Hause gebracht wurden.

¹ Albrecht Carl Kasthofer (1777 – 1853). Forstmeister und Berner Regierungsrat. Kasthofer erteilte nicht nur Unterricht in Forstwirtschaft an der Berner Universität, sondern setzte sich mit Nachdruck für alp-, land- und forstwirtschaftliche Lehrkurse an höheren Schulen „als wesentliche Volksbildungsmittel“ ein. Lit. Kasthofer (1848). Lit. Balsiger (1900)

² Philipp Emanuel von Fellenberg (*15. 6. 1771 in Bern, †21. 11. 1844 in Hofwyl). Pädagoge und Politiker. Von Fellenberg errichtete auf dem von ihm 1799 gekauften Hofgut im Geist Pestalozzis neben einem landwirtschaftlichen Musterbetrieb eine Reihe von Bildungsanstalten, so u.a. ein höheres landwirtschaftliches Institut. Lit. Schweizer Lexikon (1991)

³ Lit. Von Fellenberg (1808a)

⁴ Charles Pictet de Rochemont (*21. 9. 1755 in Genf, †ebd. 28. 12. 1824). Diplomat und Landwirt, gründete zusammen mit seinem Bruder Marc-Auguste Pictet (1752 – 1825) und mit Frédéric-Guillaume Maurice (1750 – 1826) die Zeitschrift „Bibliothèque Britannique“ zur Verbreitung der wissenschaftlichen, technischen, politischen und literarischen Leistungen Grossbritanniens in ganz Europa.

⁵ Lit. Von Fellenberg (1808b)

⁶ Lit. Widmer (2000)

⁷ Lit. Anon. (1861), von Fleischer (1868)

⁸ Lit. Blume (2000)

b) Bodenuntersuchungen und Bodenforschung

Hinweise auf die naturkundliche Beschäftigung mit dem Boden gehen auch in der Schweiz weit zurück. In den Anfängen standen dabei meist Temperaturmessungen im Boden. So stellte der bedeutende Arzt und Naturforscher Johann Jakob Scheuchzer⁹ um 1700 herum auf seinen verschiedenen Reisen in die Voralpen nicht nur Barometer-, Wind- und Regenmessungen an, sondern erfasste neben der Luft- auch die Bodentemperatur. Später wurden in Zürich von Johann Jakob Ott auf Anregung von Joh. Heinrich Lambert¹⁰ im Auftrag der Naturforschenden Gesellschaft, die von Johannes Gessner¹¹ 1746 gegründet worden war, zwischen dem Frühjahr 1762 und August 1766 tägliche Messungen der Bodentemperatur durchgeführt¹². In Genf befasste sich der Agronom und Großgrundbesitzer Nicolas de Saussure (1709 – 1791) mit der Bodenqualität. Er verurteilte die Überdüngung der Böden und schlug die Bodenverbesserung durch den Anbau von Kartoffeln, Rüben, Erbsen und Klee vor¹³. Der Geologe und Physiker Horace-Bénédict de Saussure (1740 – 1799), der zwischen 1774 und 1789 zahlreiche Expeditionen in die Alpen unternahm und als zweiter Bergsteiger den Mont Blanc erklimmte, setzte sich während Jahren mit dem Problem der Gesteinsdeformation auseinander, untersuchte die fließenden Gewässer und Gletscher und maß die Temperatur von Böden und Seen¹⁴. In seinem vierbändigen Hauptwerk „Voyages dans les Alpes“¹⁵, das die erste umfassende geologische Beschreibung der Alpen darstellt, vertrat er die Ansicht, dass klimatische Faktoren für die unterschiedlichen Humusgehalte in den Böden verantwortlich seien. Der Sohn von Horace-Bénédict, Nicolas Théodore de Saussure (1767 – 1845) beschäftigte sich u.a. mit der Nahrungsaufnahme der Pflanzen und stellte vielseitige Versuche mit dem Humus an, z.B. Zusammensetzung, Extraktstoffe, Reaktionen mit Sauerstoff. Er zeigte, dass der Hauptanteil des pflanzlichen Materials aus der Kohlensäure der Luft stammt, dass jedoch der Stickstoff und die Elemente der Asche aus dem Boden stammen müssen¹⁶. Seine Erkenntnisse fasste er in seinem Werk „Recherches chimiques sur la végétation“ (1804) zusammen. In Bern wurden zwischen 1760 und 1770 im Auftrag der Ökonomischen Gesellschaft die Wasserkapazität, das spezifische Gewicht sowie Quellung und Kohärenz des Bodens gemessen¹⁷. In einer durch die Ökonomische Gesellschaft preisgekrönten Arbeit beschrieb ein Herr Bertrand (vermutlich der Theologe und Universalgelehrte Jean Elie Bertrand, 1713 – 1797) die Komponenten (Wasser, Ton,

⁹ Johann Jakob Scheuchzer (*2.8.1672 in Zürich, †ebd. 23.6. 1733). Arzt, Naturforscher und Universalgelehrter. Hauptwerke: *Itinera alpina* (1708), *Natur-Historie des Schweizerlandes* (ab 1706), *Physica sacra* (1731-35). Lit. Fischer (1973)

¹⁰ Johann Heinrich Lambert (1728 – 1788). Elsässischer Universalgelehrter, v.a. Physiker, Mathematiker, Astronom. U.a. tätig in Basel und Chur. Nahm 1761 als Ehrenmitglied der physikalischen Gesellschaft ein paar Mal an deren Sitzungen teil.

¹¹ Johannes Gessner (*18.3.1709 in Zürich, †ebd. 6.5.1790). Arzt, Naturforscher, Prof. für Mathematik und Physik am Carolinum in Zürich. Gründer der Physikalischen Gesellschaft (später Naturforsch. Gesellsch.). Lit. Boschung (1996)

¹² Lit. Walter (1969)

¹³ Lit. Schweizer Lexikon 91 (1991)

¹⁴ Lit. Schweizer Lexikon 91 (1991), Franks et al. (2000)

¹⁵ Lit. de Saussure (1779ff.)

¹⁶ Lit. Schweizer Lexikon 91 (1991), Mückenhausen (1992)

¹⁷ Lit. Boulaine (1989)

Sand, Salze, Mineralien), welche die Fruchtbarkeit (oder Sterilität) des Bodens bewirken¹⁸. In einem der ersten Lehrbücher der Bodenkunde in Deutschland¹⁹ sind Analysen von zwei Böden auf von Fellenbergs Gut Hofwyl erwähnt, die allerdings wegen des Fehlens von Angaben über Kali, Schwefel, Natron, etc. als wenig aussagekräftig taxiert werden. Die Analysen beschränken sich auf Mengenangaben zu Sand, Ton, Humus und Kalk.

Im 19. Jahrhundert sind die ersten sauber eingerichteten und sorgfältig überwachten Messstationen seit 1869 belegt, als im Kanton Bern von der Forstwirtschaft drei meteorologische und phänologische Stationen eingerichtet wurden²⁰. Es handelte sich dabei um sog. Doppelstationen mit je einer Messanlage im Wald und im Freiland. Die Stationen waren ausgerüstet für die Messung von: Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Niederschlagsmenge, Bestandesniederschlag, Wasserverdunstung einer freien Wasserfläche und aus unbewachsenem und bewachsenem Boden, Infiltration und Versickerung von Wasser im Boden, Bodentemperaturen in 0, 0.3, 0.6, 0.9 und 1.2 m Bodentiefe. Für die Messung der Wasserversickerung wurden in den Boden Kleinlysimeter eingebaut, die aus einem Blechzylinder mit Siebboden und Abflussröhre bestanden. Schon bald wurde allerdings wegen der Gefahr von Stauwasserbildung auf die Zylinder verzichtet, und die Fassung des Sickerwassers wurde allein mit den Siebplatten vorgenommen. Die Resultate der Messungen wurden periodisch in der „Schweiz. Zeitschrift für das Forstwesen“ veröffentlicht, ohne dass dazu weitere Kommentare abgegeben wurden. 1875 stellte der Berner Kantonsobförster Fankhauser²¹ fest, dass die Stationen zwar wertvolle Resultate lieferten, jedoch auf dem Gebiet der Schweiz zu isoliert daständen, um einen umfassenden Überblick zu geben. Er schlug daher vor, 11 weitere Stationen mit der selben Ausrüstung einzurichten²². Erst 1891 fasste Achilles Zschokke, Assistent an der Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen in Zürich, in der ersten Nummer der soeben gegründeten „Mitteilungen“ die Ergebnisse der Temperatur-Messserie von 1869 bis 1887 in einer längeren Arbeit zusammen und stellte sie in einen weiteren Zusammenhang²³. Die langjährige lückenlose Messreihe der Berner Forstleute und die saubere Auswertung der Temperaturdaten durch Zschokke stellen wohl das erste wissenschaftlich moderne Projekt der Bodenphysik in der Schweiz dar.

Die Entwicklung der Bodenkunde am Schweizerischen Polytechnikum in Zürich und dessen Umfeld

a) Forstwirtschaft

Neben Ingenieuren und Naturwissenschaftlern wurden am Schweizerischen Polytechnikum in Zürich von Anfang an (1855) an einer eigens eingerichteten Forstschule auch Förster

¹⁸ Lit. Boulaire (1989), Bertrand (1792)

¹⁹ Lit. Sprengel (1844)

²⁰ Lit. Anon. (1869)

²¹ Franz Fankhauser (1822 – 1900). Studium der Natur- und Forstwissenschaften an der Universität Bern. Berner Kantonsforstmeister von 1860 – 1882, dann Forstinspektor Berner Mittelland. Lit. Balsiger (1900)

²² Lit. Fankhauser (1875)

²³ Lit. Zschokke (1891)

ausgebildet. Für die Vermittlung der forstlichen Fächer wurden zwei Professuren eingerichtet, die sich vorwiegend mit der Forsteinrichtung, der Betriebswirtschaft und der Forstpolitik beschäftigten. Als erste Professoren an der Forstschule wurden gewählt: Elias Landolt (28.10.1821 – 18.5. 1896, Studium in Hohenheim und Tharandt) und François Xavier Marchand (30.5.1799 – 1.11.1859, Studium in Tharandt und in Bayern). Nachdem Marchand schon kurz nach seinem Amtsantritt erkrankte und bald darauf verstarb, wurde auf das Sommersemester 1860 als sein Nachfolger der Frauenfelder Forstmeister Johann Jakob Kopp (15.10.1819 – 15.3. 1889, Studium in Braunschweig) gewählt. Die Grundlagenfächer (damals als Hilfsfächer bezeichnet) wie anorganische und organische Chemie, Botanik, Zoologie, Geologie und Petrographie wurden, wie bis heute an der ETH üblich, von den Professoren der entsprechenden Fachabteilungen bezogen²⁴. Da es jedoch keine Bodenkunde gab, wurde diese, zusammen mit der Klimatologie, von den Forstprofessoren selber gelesen, und zwar von 1856 bis 1859 durch Prof. Landolt und ab 1860 bis 1889 durch Prof. Kopp (zeitweise unter dem Titel „Forstliche Standortskunde“)²⁵. Ab 1869 kam eine Vorlesung über Ent- und Bewässerungen, ebenfalls von Kopp vertreten, dazu²⁶.

Dass Landolt den Boden als Produktionsfaktor für wichtig betrachtete, geht aus dem umfangreichen Kapitel über den Boden hervor, das er seinem 1866 erschienenen Buch über den Wald beifügte²⁷. Er behandelte darin nacheinander die Entstehung des Bodens, die verschiedenen Bodenarten („Thon-, Lehm-, Sand- und Kalkboden“), den Humus, den Untergrund, die Bodendecke, die Beziehungen des Bodens zu den Pflanzen sowie die Bodenpflege („Was kann für die Erhaltung und Verbesserung des Waldbodens gethan werden?“). Anhand der in der Forstbibliothek der ETH heute noch gehüteten Bodenkunde-Lehrbücher aus der Zeit²⁸ kann man sich ein Bild machen, auf welche Kapazitäten man sich bezog. Es ist daher nicht von der Hand zu weisen, dass sich Landolt und Kopp bei ihren bodenkundlichen Vorlesungen in Zürich an jene Bücher hielten, die sie während ihres Studiums in Deutschland kennen gelernt hatten.

Nach dem Hinschied von Kopp (1889) bis zum Amtsantritt von Wiegner (1913) wurde die Bodenkunde nicht mehr separat angeboten, sondern durch die jeweiligen Waldbaudozenten Bühler, Bourgeois und Engler im Rahmen der Lehrveranstaltung „Einführung in den Waldbau“ gelesen. Da sich alle drei der gewichtigen Bedeutung der Bodenkunde für den Waldbau bewusst waren, war dies wohl kein Nachteil. So ließ Bühler um 1894 herum die Notizen zu seiner Waldbau-Vorlesung drucken²⁹. Darin widmete er dem Boden als

²⁴ Lit. Landolt (1857)

²⁵ Lit. Landolt (1857, 1860)

²⁶ Kopp hatte zu diesem Thema bereits 1865 im Auftrag des landwirtschaftlichen Vereins des Kantons Thurgau ein Fachbuch verfasst, das, von einer ad hoc Kommission bearbeitet, 1897 in zweiter Auflage erschien. Lit. Kopp (1865)

²⁷ Lit. Landolt (1866)

²⁸ Aus der Zeit von 1810 bis 1880 liegen vor: Hartig (1811, 1861), Behlen (1826), Sprengel (1838, 1844), Senft (1847, 1857, 1867), Heyer (1856), Grebe (1856), Schumacher (1864), Detmer (1876)

²⁹ Lit. Bühler (1894). Das Manuskript wurde ohne Jahresangabe gedruckt. Da jedoch im Text das Ramann'sche Lehrbuch von 1893 erwähnt wird, und der Käufer auf dem Titelblatt des Exemp-

einer der Grundlagen des Waldbaus 14 Seiten. Behandelt wurden die Zusammensetzung des Bodens, der Humusgehalt, die Tiefgründigkeit, der Wassergehalt, die Kohärenz sowie die Temperatur. Unter dem Titel Zusammensetzung wurden die Bodenarten Ton, Lehm-, Sand-, Kalk-, Mergel- und Humusboden behandelt. Die Summe seiner Erkenntnisse zum Waldbau fasste Bühler, bereits 70jährig, in einem zweibändigen Handbuch zusammen³⁰. Im ersten Band nimmt die Behandlung des Bodens immerhin 156 Seiten ein. Der Inhalt ist im wesentlichen derselbe wie im Vorlesungsmanuskript; nur werden die einzelnen Themen hier bedeutend ausführlicher behandelt. Der zweite Band schließt außerdem ein 50seitiges Kapitel über die Bearbeitung und Pflege des Bodens ein.

Auf bodenkundliche Forschungsaktivitäten gibt es aus jener Zeit kaum Hinweise. Jedenfalls finden sich im *Schweizerischen Forstjournal*, das bereits 1850 gegründet worden war und 1861 in *Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen* umbenannt wurde³¹, keine nennenswerten Beiträge über den Boden. Dies änderte sich erst, als 1882 eine dritte Professur eingerichtet wurde, die mit dem Württembergischen Forstwissenschaftler und Waldbauer Anton Bühler besetzt wurde. Bühler erkannte den Mangel an einer den Unterricht stützenden Forschung³² und schlug neben der Forstschule die Schaffung einer wissenschaftlichen forstlichen Centralanstalt vor. Diese wurde durch Bundesbeschluss vom 27. 3. 1885 ins Leben gerufen und nahm am 1. Januar 1888 in Zürich unter der Leitung von Prof. Bühler den Betrieb auf. Der Anstalt standen zunächst provisorisch im land- und forstwirtschaftlichen Gebäude des Polytechnikums drei Zimmer zur Verfügung, bis am 14. 10. 1889 im neu erstellten Physikgebäude ein Labor, ein Unterrichtsraum und 3 Büros bezogen werden konnten. Im ersten Arbeitsprogramm, das wohl mehr einer visionären Wunschliste entsprach, stellte Bühler die Themen zusammen, die an der Anstalt bearbeitet werden sollten. Den Boden betreffend sind dies: Gesteinsanalysen, Gang der Verwitterung, Analyse der wichtigsten Bodenarten, Physikalische Eigenschaften des Bodens, Einfluss der Bodendecke auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens, Einfluss der Pflanzendecke auf dieselbe, Einfluss der Bodenbearbeitung, Messung von Bodentemperatur, Niederschlagsmengen und Verdunstung. Ab 1891 gab die Anstalt mit den *Mitteilungen der Schweizerischen Zentralanstalt für das forstliche Versuchswesen* eine eigene wissenschaftliche Zeitschrift heraus, in der die Arbeiten der Mitarbeiter sowie die Messdaten der Versuchsflächen publiziert wurden. Bereits in den ersten Nummern wurde wiederholt über Projekte berichtet, in denen der Boden zentrales Thema war und die als Keimzelle für die spätere erfolgreiche Entwicklung der Bodenphysik an der EAFV betrachtet werden können (s. Teil II). Es ist daher nicht



lars in der Forstbibliothek der ETH mit der Jahreszahl 1895 signierte, kann angenommen werden, dass das Buch um 1894 herum gedruckt worden ist.

³⁰ Lit. Bühler (1918/1923)

³¹ Lit. Knuchel (1924)

³² Im Nekrolog für Prof. Bühler schrieb Philipp Flury dazu: „Bühlers Bedeutung für das schweizerische Forstwesen liegt besonders darin, dass er das gesamte forstliche Studium gleich von Anfang an auf einen entschieden wissenschaftlichen Boden stellte, was unserem Forstwesen einen neuen kräftigen Impuls verliehen hat.“ Lit. Flury (1920).

abwegig, Prof. Bühler als den Urvater der Bodenphysik in der Schweiz zu bezeichnen.

Anton Bühler wurde am 2. Januar 1848 in Hauerz (Württemberg) geboren. Er studierte von 1867 bis 1869 in Tübingen und Hohenheim Forstwirtschaft und promovierte 1873 in Tübingen mit einer Arbeit „Über den Einfluss des Mineralkohlenbergbaus auf die Forstwirtschaft“. Nach verschiedenen Stellen in der forstlichen Praxis wurde er 1882 zum Professor für Forstwissenschaften (Waldbau) an die Forstschule am Polytechnikum in Zürich berufen. 1888 übernahm er daneben die Leitung der neu gegründeten forstlichen Zentralanstalt. Aufgrund seiner wegweisenden Arbeit „Beiträge zur schweizerischen Forststatistik“, die 1887 erschien, gilt er als der Begründer einer allgemeinen schweizerischen Forststatistik. 1896 folgte er einem Ruf der Universität Tübingen, doch blieb er der Schweiz und im besonderen der Schweizerischen Forstwirtschaft zeitlebens verbunden. Neben der Professur an der Tübinger Forstfakultät übernahm er 1902 auch die Leitung der forstlichen Versuchsanstalt Württembergs. Bühler starb am 1. Januar 1920, einen Tag vor seinem 72. Geburtstag, in Tübingen.

Gleich nach der Einrichtung der Centralanstalt in Zürich begann Bühler sein Arbeitsprogramm umzusetzen. Er richtete auf dem Adlisberg bei Zürich einen Versuchsgarten ein, in welchem er neben einer meteorologischen Messstation Pflanzbeete mit unterschiedlicher Neigung, Exposition und unterschiedlichen Bodenarten (Sand-, Ton, Kalk- und Humusboden) anlegte. In zwei Reihen ließ er je acht 2 m² große und 1.2 m tiefe Lysimeter graben, die er wahlweise mit Buchen und Fichten, bzw. Gras³³ bepflanzt oder brach liegen ließ. Eine zusätzliche meteorologische Station richtete er bei Steckborn im Kanton Thurgau ein, und ein paar Jahre später folgten analoge Stationen im Engadin (Sils-Maria), in Ingenbohl (Kanton Schwyz) und Buus (Kanton Baselland) sowie auf der Rigi (Scheidegg und Klösterli). Jährlich wurden die Resultate der umfangreichen Messreihen in den Mitt. publiziert, ohne dass allerdings direkt eine wissenschaftliche Auswertung der Daten mitgeliefert wurde. Die Temperaturdaten wurden in zwei separaten Arbeiten kommentiert. Bühlers Assistent an der Centralanstalt, August Henne, berichtete über die Unterschiede der Temperatur der Bodenarten Ton, Sand, Humus und Kalk als Funktion der Jahreszeit und Bühler selbst äußerte sich über den Einfluss der Exposition auf die Bodentemperatur³⁴. In drei weiteren Mitteilungen³⁵ wurden die Daten der Sickerwassermessungen vorgestellt, ausgewertet und diskutiert. Die erste Messserie fasste Bühler wie folgt zusammen:

1. Die Sickerwassermenge beträgt im Durchschnitt von 18 Monaten 60% der Niederschlagsmenge.
2. Die Sickerwassermenge steigt und fällt mit der Niederschlagsmenge im Sommer, während dieselbe im Winter vom Schmelzen des Schnees abhängig ist.
3. Die absolute Sickerwassermenge ist im Sommer größer, die relative dagegen kleiner als im Winter.

³³ Die Untersuchung der Vegetationsentwicklung auf den Grasparzellen überließ Bühler den Botanikern Schröter und Stebler, welche dazu eine umfangreiche Arbeit publizierten. Lit. Stebler und Schröter (1891)

³⁴ August Henne (1867 – 1950). Studium der Forstwirtschaft am Eidg. Polytechnikum von 1886 – 1889. Stadtoberförster in Chur von 1893 – 1917. Eidg. Forstinspektor von 1917 – 1936. Lit. Henne (1894), Bühler (1895c)

³⁵ Lit. Bühler (1891b, 1895b), Badoux (1898)

4. Das meiste Sickerwasser liefert der Sandboden, dann folgen Humus- und Kalkboden, endlich der (lehmige) Tonboden.
5. Der kahle Boden gibt mehr Sickerwasser ab als der mit Waldpflanzen bedeckte oder mit einem Rasen versehene Boden. Unter ersterem ist die Menge 10 – 12%, unter dem Rasen 20% geringer als unter kahlem Boden.
6. Ein hoher Grad der Austrocknung des Bodens verringert nicht nur die Menge, sondern auch die Schnelligkeit des Durchfließens des Sickerwassers.

Nach dem Wegzug Böhlers von Zürich nach Tübingen wurden die Messstationen aufgegeben, doch bilden die Messdaten Böhlers trotz der relativ kurzen Messdauer von knapp 10 Jahren im Zusammenhang mit der heutigen Klimaerwärmung einen unschätzbaren Fundus für den Vergleich mit aktuellen Messungen. Böhlers Nachfolger, Arnold Engler³⁶, setzte dessen Erkenntnisse in den von Bourgeois³⁷ im Jahr 1900 angelegten Messstationen im Sperbel- und im Rappengraben (10 km S Huttwil im Emmental) fruchtbringend um und spann damit den roten Faden der Bodenphysik weiter, der von ihm zu Burger und über Richard schließlich zur Schaffung der Professur für Bodenphysik an der ETH führte. Mehr darüber in Teil II.

b) Landwirtschaft³⁸

1864 stellte die Abgeordnetenversammlung des Schweizerischen Landwirtschaftlichen Vereins an die Bundesbehörden das Gesuch: „Es möchte die Forstliche Abteilung des Polytechnikums zu einer Land- und Forstwirtschaftlichen erweitert werden, und zwar dadurch, dass die landwirtschaftlichen Fächer in den Lehrplan derselben eingereiht, zwei Professoren für die Landwirtschaft nebst einem Assistenten angestellt und mit der so reorganisierten Schule eine agrikulturchemische Versuchsstation in Verbindung gebracht werden.“ Der Eingabe wurde bereits ein möglicher Studienplan beigelegt, in welchem für die Bodenkunde samt Klimatologie und Meteorologie vier Wochenstunden eingesetzt waren³⁹. Nachdem von einer Kommission festgestellt worden war, dass „sich hinsichtlich des Unterrichts in Agrikulturchemie, landwirtschaftlich-chemischer Technologie und der Leitung der Arbeiten im agrikulturchemischen Laboratorium (...) ein Assistent nicht ausreicht, sondern die Schaffung einer dritten Professur unabweisbares Bedürfnis sei“, wurde im Dezember 1869 von den Eidg. Räten das «Bundesgesetz betreffend der Erweiterung der Forstschule des Eidgenössischen Polytechnikums zu einer Land- und Forstwirtschaftlichen Schule» verabschiedet. Die neue Abteilung nahm 1871 mit drei Professoren sowie zwei

³⁶ Arnold Engler (*29. 1. 1869 in Stans, †15. 7. 1923 in Zürich). Studium der Forstwirtschaft an der Forstschule des Polytechnikums in Zürich. Professor für Forstwissenschaften (Waldbau) ab 1897. Vorstand der Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen ab 1902. Lit. Weber (1923).

³⁷ Conrad Bourgeois (*18. 12. 1855 in Lausanne, †8. 9. 1901 in Corcelette bei Grandson). Ab 1889 Prof. für Forstwissenschaften am Polytechnikum in Zürich. Vorstand der Schweiz. Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen von 1896 – 1901.

³⁸ Lit. Düggeli (1939)

³⁹ Lit. Landolt (1865). In dieser ausführlichen Arbeit ging Landolt zunächst auf die Vorgeschichte ein und brachte dann im Wortlaut die „Petition des Schweiz. Landw. Vereins an die hohe Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft in Bern“.

schweizerischen und drei ausländischen Studierenden ihren Betrieb auf. Die Grundlagenfächer (Mathematik, Physik, Anorganische Chemie, Botanik, Geologie und Petrographie) wurden, wie bereits für die Forststudenten, von Dozenten der betreffenden Fachbereiche vermittelt. Für die Zoologie wurde ein Hilfslehrer angestellt (Otto Bollinger, später Conrad Keller). Die drei neugewählten Professoren Krämer, Nowacki und Schulze waren für die landwirtschaftliche Fachausbildung verantwortlich:

Adolf Krämer, geboren am 25. 5. 1832 in Berleburg (Westfalen); gestorben am 2. 12. 1910 in Zürich. Professor für landwirtschaftliche Betriebslehre und Tierproduktion von 1871 – 1905.

Anton Nowacki, geboren am 30.12. 1839 in Samolenz (Posen); gestorben am 29. 8. 1925 in Zürich. Professor für Landwirtschaft, vorzugsweise Pflanzenproduktion und Ackerbau von 1871 – 1907.

Ernst Schulze, geboren am 31. 7. 1840 in Bovenden bei Göttingen; gestorben am 15. 6. 1912 in Zürich. Professor für Agrikulturchemie und landwirtschaftliche Technologie von 1871 – 1912.

Über die bodenkundliche Ausbildung in den ersten Jahren existieren kaum mehr Unterlagen. Immerhin lässt sich aus dem Vorlesungsangebot ein ungefähres Bild der bodenkundlichen Wissensvermittlung rekonstruieren. Von 1871 bis 1913 wurden die in Tabelle 1 aufgeführten Vorlesungen angeboten, die als Grundlagen für die Bodenkunde gelten. In den Anfängen wurde die Bodenkunde im Rahmen des Allgemeinen Pflanzenbaus gelesen. Als eigenständiges Fach wurde sie erst ab 1882 zusammen mit allgemeiner Düngungslehre angeboten (Tabelle 2). Teilaspekte wurden gemäß den wenigen überlieferten Unterlagen vermutlich auch im Rahmen der Agrikulturchemie (z.B. Stickstoffumsetzungen im Boden) behandelt.

Nowacki war in erster Linie Pflanzenbauer und war in dieser Eigenschaft für die Ausbildung in Allgemeinem Pflanzenbau (inkl. Pflanzenzüchtung und Bodenkunde), in Speziellem Pflanzenbau sowie für die Agronomischen Übungen verantwortlich. Dass die Bodenkunde ab 1882 als separate Vorlesung aufgeführt wurde, könnte auf die vertiefte Bedeutung hinweisen, die diesem Fach mit der Zeit beigemessen wurde. Nowacki war der Bodenkunde in der Tat sehr angetan; schon 1884 legte er das erste Bodenkundelehrbuch der Schweiz vor, das in der Folge mehrere Auflagen erlebte⁴⁰. Als Pflanzenbauer sah Nowacki den Boden als Produktionsstandort und dementsprechend galt sein Interesse vor allem den Nährstoffen im Boden, dem Nährstoffbedürfnis und der Düngung. Auf diesem Gebiet wurde er unterstützt von seinem Kollegen Schulze, der als Agrikulturchemiker auch chemisch-biologische Probleme des Bodens bearbeitete. Besonderes Interesse brachte Schulze dem Stickstoff entgegen. So publizierte er bereits in Band 2 des neu geschaffenen Landwirtschaftlichen Jahrbuchs der Schweiz einen umfassenden Artikel zum Stickstoffkreislauf (Schulze, 1888) und verfolgte mit großer Anteilnahme die Arbeiten Winogradsky's an der benachbarten Universität (vgl. dazu die Ausführungen weiter unten).

Im Gegensatz zu Krämer, der sich von Anfang an um den Kontakt mit Schweizerischen Landwirtschaftskreisen bemühte – unter anderem übernahm er bereits 1873 die Redaktion

⁴⁰ Eine kurze Zusammenfassung der 3. Auflage von 1899 findet sich auf den Seiten 24ff.

der Schweizerischen Landwirtschaftlichen Zeitschrift (später: Die Grüne) – bewahrte Nowacki (wie auch Schulze) größere Distanz.

Tabelle 1: Vorlesungen und Dozenten für Grundlagenfächer an der Abteilung für Land- und Forstwirtschaft der ETH von 1871 bis 1913.

Fach	Dozent	Periode
Anorganische Chemie	J. Wislicenus	1871 – 1872
	V. Meyer	1872 – 1885
	A. Hantzsch	1885 – 1892
	E. Schulze	1892 – 1905
	W. Winterstein	1905 – 1935
Organische Chemie	E. Schulze	1872 – 1912
Agrikulturchemie	E. Schulze	1872 – 1912
Agrikulturchem. Praktikum	E. Schulze	1872 – 1912
	E. Winterstein & G. Wiegner	1913 – 1935
Petrographie	A. Kennigott	1872 – 1893
	U. Grubenmann	1894 – 1920
Geologie	A. Heim	1874 – 1911
	H. Schardt	1911 – 1928

Tabelle 2: Dozenten der Bodenkunde an der Abteilung für Land- und Forstwirtschaft der ETH von 1871 bis 1913

Fach	Dozent	Periode
Allgemeiner Pflanzenbau (inkl. Bodenbearbeitung)	A. Nowacki	1872 – 1907
Bodenkunde und allg. Düngelehre	A. Nowacki	1882 – 1907
	M. Düggeli	1907 – 1908
	H.C. Schellenberg	1909 – 1912
	G. Wiegner	1913 – 1936

Der übernächste Nachfolger von Nowacki auf dem Lehrstuhl für Pflanzenbau, Albert Volkart⁴¹, der seine Ausbildung zwischen 1891 und 1894 noch unter den Pionieren Krämer, Schulze und Nowacki genossen hatte und damit Kronzeuge erster Hand war, schrieb dazu anlässlich der 75-Jahr-Feier der Abteilung für Landwirtschaft an der ETH⁴²:

„Nowacki war als Schüler von Julius Kühn und Anton de Bary in Halle wissenschaftlich gut vorgebildet, und es standen ihm von Anfang an Versuchsfelder im Strickhof zur Verfügung. Über die Ergebnisse seiner Versuche, die sich in der Hauptsache auf den Futterbau erstreckten, hat er wiederholt in der landwirtschaftlichen Presse und auch in Demonstrationen für praktische Landwirte an Ort und Stelle berichtet. Einen so nachhaltigen Einfluss auf den Betrieb des Futterbaus wie die Untersuchungs- und Versuchstätigkeit von Dr. Stebler und Professor Schröter erreichte er aber mit seinen Versuchen nicht, obschon er sich durch die Herausgabe von Leitfäden über Klee grasbau wie auch über Bodenkunde und Getreidebau der Praxis verdient gemacht hat. Die Fühlung mit den schweizerischen landwirtschaftlichen Kreisen hat er, der aus norddeutschen Großbetriebsverhältnissen kam, nie besonders gesucht.“

Die Bedeutung Nowackis für die Entwicklung der Bodenkunde in der Schweiz darf trotz der kaum ausgewiesenen Forschungstätigkeit auf diesem Gebiet und der erwähnten

⁴¹ Albert Volkart (1873 – 1951). Studium der Landwirtschaft an der ETH Zürich von 1891 – 1894. Promotion 1899 (Referent Schinz, Uni Zürich). Prof. für Landwirtschaft, im besonderen für allgemeinen und speziellen Pflanzenbau, an der ETH Zürich von 1925 bis 1943.

⁴² Lit. Volkart (1947).

Reserve nicht unterschätzt werden. Zum einen führte er eine ganze Generation von Agromomen in die praktische Bodenkunde ein, zum anderen gelang es ihm, die in der schweizerischen Landwirtschaft vorhandene Skepsis gegenüber der Theorie abzubauen. „Es war ihm ein Bedürfnis“, schreibt Düggeli in seinem Nachruf⁴³, „für alle Erscheinungen den ursächlichen Zusammenhang zu ergründen, für den Erfolg die unerlässlichen Bedingungen, für den Misserfolg die verantwortlichen, unter Umständen vermeidbaren Ursachen ausfindig zu machen.“ Es geziemt sich daher, einen kurzen Blick auf seinen Lebenslauf zu werfen, für den wir uns an den Nachruf in den Schweizerischen Landwirtschaftlichen Monatsheften, verfasst von M. Düggeli, halten.

Anton Nowacki wurde am 30. Dezember 1839 auf dem Landgut Samolenz in Posen geboren. Bald zog er mit seinen Eltern und Geschwistern nach Schönlake, das im fruchtbaren Gebiet lag, wo die (damaligen) Provinzen Posen, Westpreußen und Brandenburg zusammenstießen. Hier besuchte er die Grundschule, der sich die Absolvierung der Mittelschule am Jüllichauer Pädagogium anschloss. Nach einem kurzen Intermezzo an der philosophischen Fakultät der Universität Berlin führte er während 5 Jahren als Verwalter selbständig das väterliche Gut, da die Eltern inzwischen in



Pommern ein Rittergut mit einem Arbeiterstand von 350 Personen übernommen hatten. Während dieser Zeit holte er sich jene Erfahrung und jenes Können auf dem Gebiet der praktischen Landwirtschaft, das seine Studierenden bei der späteren Lehrtätigkeit stets an ihm bewunderten. Als 26-Jähriger ging er 1866 nach Halle, um Philosophie, Naturwissenschaften, Nationalökonomie und Landwirtschaft zu studieren. Besonderes Interesse brachte Nowacki der Pflanzenproduktion entgegen, die von Julius Kühn gelehrt wurde. Das Studium fand 1870 seinen Abschluss mit der mit *summa cum laude* bestandenen Doktorprüfung, bei der er seine Dissertation in lateinischer Sprache öffentlich verteidigte. Die Dissertation bildete den ersten Teil einer größeren Arbeit, die unter dem

Titel „Untersuchungen über das Reifen des Getreides“ veröffentlicht wurde und von Justus von Liebig als „vortreffliche Arbeit, gründlich und erschöpfend“ gelobt wurde. Als 1871 am Schweizerischen Polytechnikum die Abteilung für Landwirtschaft ins Leben gerufen wurde, wurde Nowacki als erster Professor für Acker- und Pflanzenbau berufen. Er übte dieses Amt während 36 Jahren bis zur Emeritierung im Jahre 1907 aus und starb im 86. Altersjahr 1925 in Zürich.

Nach dem Rücktritt von A. Nowacki trat eine Zwischenphase ein. Für ein Jahr übernahm M. Düggeli⁴⁴ als Hilfslehrer die bodenkundliche Ausbildung, die anschließend bis 1912 von H.C. Schellenberg⁴⁵ weitergeführt wurde. Mit der Wahl von G. Wiegner zum

⁴³ Lit. Düggeli (1925), S. 239.

⁴⁴ Max Düggeli (1878 – 1946). Studium der Landwirtschaft an der ETH von 1897 – 1900. Promotion 1903 (Referent: C. Schröter. Thema: Pflanzengeographische und wirtschaftliche Monographie des Sihltales bei Einsiedeln, von Reblosen bis Studen (Gebiet des projektierten Sihlsees). Ernennung zum Tit.-Prof. 1909. Professor für landwirtschaftliche Bakteriologie von 1914 – 1946. Düggeli befasste sich später vor allem mit der Bakterienflora von Futtermitteln und Milch, publizierte jedoch auch umfangreiche Arbeiten über die Mikroorganismen im Boden und gilt daher mit Recht als der Begründer der Bodenbiologie in der Schweiz. Naheres zu Düggeli siehe Teil II.

⁴⁵ Hans Conrad Schellenberg (1872 – 1923). Studium der Landwirtschaft an der ETH von 1890 – 1893. Promotion an der Universität Zürich 1895 (Referent: Prof. Dr. A. Dodel, Thema: Beiträge zur Kenntnis der verholzten Zellmembran). PD 1901, Tit.-Prof. 1907. Professor für Landwirtschaft, vorzugsweise allgemeiner und spezieller Pflanzenbau (Nachfolge A. Nowacki) von 1908 – 1923.

Professor für Agrikulturchemie (als Nachfolger von E. Schulze) wurde die Bodenkunde neu der Agrikulturchemie unterstellt, und es begann die fruchtbare Periode der kolloid-chemisch orientierten Bodenkunde, die bis zum allzu frühen Tod von H. Deuel andauerte. Zu dieser Periode siehe Teil II.

Neben dem Pflanzenbauer Nowacki beschäftigten sich auch die frühen Geobotaniker mit dem Boden und seinen Einflüssen auf das Pflanzenwachstum, so vor allem C. Schröter⁴⁶, einer der großen Pioniere der Geobotanik. Vereinzelt wandten sich auch ‚fachfremde‘ Dozenten dem System Boden zu. So fertigte der Agronom Konrad Diem 1903 unter der Leitung des Zoologen C. Keller⁴⁷ eine Dissertation zum Thema „Untersuchungen über die Bodenfauna in den Alpen“ an. Keller selber hatte sich schon in früheren Jahren, noch als Privatdozent, mit der Biologie des Bodens beschäftigt⁴⁸.

Alles in allem stand die Bodenkunde am Polytechnikum im Dienste der land- und forstwirtschaftlichen Produktion. Wie die nachfolgend dargestellte „Praktische Bodenkunde“ von A. Nowacki zeigt, versuchte sich die Bodenkunde nun auch in der Schweiz von der Geologie zu lösen⁴⁹ und als eigenständige Wissenschaft zu etablieren, nachdem dieser Prozess in Deutschland schon vor mehr als einem halben Jahrhundert eingesetzt hatte⁵⁰.

⁴⁶ Carl Schröter (1855 – 1939). 1878 PD, von 1884 – 1925 Prof. für Botanik an der ETH Zürich. Pionier der Geobotanik, v.a. Arbeiten über Alpenpflanzen. Vater des Schweiz. Nationalparks, von 1915 bis 1929 Präsident der wiss. Kommission des Nationalparks. Lit. Schröter und Stebler (1891), Schröter (1895), Früh und Schröter (1904), Schröter (1904f).

⁴⁷ Conrad Keller (1848 – 1930). 1875 PD, 1889 Tit.-Prof. Von 1898 bis 1927 Prof. für spezielle Zoologie nebst Anatomie und Physiologie sowie Anthropologie. Keller las an der ETH für die Studierenden der Forstwirtschaft während Jahren über Forstzoologie. Zu diesem Spezialgebiet veröffentlichte er in der ‚Schweizerischen Zeitschrift für das Forstwesen‘ zahlreiche Abhandlungen, die zum Teil auch bodenbewohnende Lebewesen betrafen. Lit. Dügge (1930b).

⁴⁸ Lit. Keller (1886a, 1886b, 1887). Kellers Arbeit von 1887 war eine Antwort auf die vielfältige Kritik, die sich gegen Darwins Alterswerk: „Bildung der Ackererde durch die Tätigkeit der Würmer“, erschienen 1883, regte. Auf zwei Reisen in die Tropen hatte sich Keller eingehend mit der Tätigkeit der Würmer beschäftigt und war zum Schluss gekommen, dass Darwin im wesentlichen Recht hatte. Er betrachtete daher seine Beobachtungen als eine Bestätigung von Darwins Theorie.

⁴⁹ In der 5. Auflage seiner „Praktischen Bodenkunde“ besprach Nowacki im neubeigelegten Kapitel „Die Entstehung des Grund und Bodens“ die Bodenbildung auf grobsandigem Liaskalkstein, und leitete aus der Analyse der verschiedenen Horizonte ab, „dass in der Bodenkunde weder der petrographisch-mineralogische, noch der geognostisch-geologische, sondern der agronomisch-pedologische Gesichtspunkt der maßgebende ist. Oder kürzer und einfacher gesagt: In der praktischen Bodenkunde gibt der landwirtschaftliche Gesichtspunkt den Ausschlag.“ Lit. Nowacki (1910).

⁵⁰ In Deutschland erschienen bereits im ersten Drittel des 19. Jh. kurze Lehrbücher der Bodenkunde, vor allem für die Ausbildung der Forstwirte (Lit. Krusch 1820; Hundeshagen 1830). Durch Carl Sprengel (1787 – 1858) und im besonderen Albert Fallou (1794 – 1877) wurde die Bodenkunde als selbständige Wissenschaft etabliert. Fallou sah im Boden einen Naturkörper mit eigener Geschichte, schuf die Bezeichnung Pedologie und gilt wohl zusammen mit Ferdinand Senft (1810 – 1893) mit Recht als der Vater der Bodenkunde. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts waren es dann vor allem russische Forscher, so vor allem Vassily V. Dokutschajev (1846 – 1903) und sein Schüler Nikolaus M. Sibirtzev (1860 – 1899), welche als erste die Bildung der Böden unter dem Einfluss der Bodenbildungsfaktoren systematisch untersuchten. Lit. Boulaine (1989), Mückenhausen (1992, 1997).

Bodenkundliche Aktivitäten außerhalb des Polytechnikums

a) Universität Zürich

Von 1888 bis 1890 weilte der russische Biologe S.N. Winogradsky⁵¹ am hygienischen Institut der Universität Zürich. Hier arbeitete er über die Nitrifikation in Böden und isolierte die dafür verantwortlichen Mikroorganismen (*Nitrosomonas* und *Nitrobacter*). Die notwendigen chemischen Analysen ließ er am Agrikulturchemischen Institut der ETH ausführen, wo er mit dessen Leiter, Prof. E. Schulze, Bekanntschaft machte. Die Zürcher Arbeiten wurden in den Comptes rendues de l'Académie des Sciences veröffentlicht und fanden sogleich weite Anerkennung⁵². Pasteur lud ihn darauf ein, an seinem Institut zu arbeiten, doch zog er eine Stelle am Kaiserlichen Institut für Experimentelle Medizin in St. Petersburg vor, wo er sich zwischen 1893 und 1895 vor allem mit der Stickstofffixierung befasste und den anaeroben N-Fixierer *Clostridium pasteurianum* entdeckte. Nachdem er bereits 1905 ein erstes Mal in Pension gegangen war, musste er nach der Revolution 1917 Russland verlassen und emigrierte in den Westen, wo er ab 1922 am renommierten Institut Pasteur in Paris bis ins hohe Alter wissenschaftlich tätig blieb. Zuletzt beschäftigte er sich mit dem Celluloseabbau. Erst im Alter von 84 Jahren, 1940, trat er ein zweites Mal in den Ruhestand, doch arbeitete er darnach weiter an seinem Handbuch *Microbiologie du sol*, das 1949 erschien⁵³. Er verstarb 1953 97-jährig in Brie-Conte-Robert in Frankreich. Winogradsky gilt heute zu Recht als einer der Begründer der Bodenbiologie. Die Zürcher Arbeiten Winogradskys wurden an der ETH rasch zur Kenntnis genommen. Schon 1890 und 1891 erschienen im Landw. Jahrbuch der Schweiz zwei Artikel des Agrikulturchemikers Schulze, der die Arbeiten zusammenfasste, und der Pflanzenbauer Nowacki wies in seiner „Praktischen Bodenkunde“ (s. Anhang A) darauf hin⁵⁴.

Der erste Artikel Schulzes basierte auf einem Vortrag in der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, bei dem er die Arbeiten Winogradsky's zur Nitrifikation vorgestellt hatte. Winogradsky war es gelungen, dank der Verwendung von Silikagel („gelatinöse Kieselsäure“) als Nährmedium nitrifizierende Mikroorganismen aus dem Boden zu isolieren und deren Fähigkeit, Ammoniak zu Nitriten zu oxidieren, zu beweisen⁵⁵. Die isolierten Organismen zeigten allerdings nur eine schwache Tendenz, Nitrit auch in Nitrat umzuwandeln.

⁵¹ Sergej N. Winogradsky (1856 – 1953). Winogradsky stammte aus einer wohlhabenden Bankiersfamilie und studierte nach verschiedenen andern Fächern (u.a. Musik) Biologie in St. Petersburg. 1885 ging er nach Strassburg, wo er sich mit den Schwefelbakterien beschäftigte. Von dort aus kam er 1888 nach Zürich. Lit. Boulaine (1989).

⁵² Lit. Winogradsky (1890)

⁵³ Lit. Winogradsky (1949)

⁵⁴ Lit. Schulze (1890, 1891), Nowacki (1899)

⁵⁵ Schulze schreibt dazu: „Bringt man auf Gelatine ein kleines Quantum von Ackererde, so entwickeln sich auf ihr wohl die anderen in der Erde sich vorfindenden Mikroorganismen, nicht aber diejenigen, welche die Nitrifikation verursachen. Die Versuchsmethode so abzuändern, dass auch die letzteren zum Vorschein kommen, ist erst einem jungen russischen Forscher, S. Winogradsky, welcher seine Untersuchungen in Zürich ausführte, gelungen. Über die ausgezeichnete, allseitig mit Beifall aufgenommene Arbeit des Genannten habe ich in meiner ersten Abhandlung referiert, soweit die Erkenntnisse jener Arbeit damals der Öffentlichkeit übergeben worden waren“ (Schulze, 1891, S. 82f.).

In der Folge gelang es Winogradsky neben den nitritbildenden auch die nitratbildenden Organismen zu isolieren und zu zeigen, dass letztere ihre Wirksamkeit nur dann ausüben können, wenn schon Nitrite vorhanden sind⁵⁶. Diese saubere Arbeit faszinierte Schulze derart, dass er ihr einen zweiten Artikel widmete, der den gesamten Vorgang der Nitrifikation vom Ammoniak bis zum Nitrat nochmals darlegte. Der Artikel schloss mit durch den Enthusiasmus geprägten etwas voreiligen Schlussfolgerung: „Durch die im Vorigen besprochenen Untersuchungen ist unser Einblick in die Prozesse, welche die Bildung der salpetersauren Salze (Nitrate) im Boden führen, zu einem vollständigen geworden.“

b) Die landwirtschaftlichen Versuchsanstalten

Vorbemerkung: Es würde zu weit führen, hier die Geschichte der Versuchsanstalten und deren bodenkundliche Aktivitäten in extenso zu behandeln. Wir wollen uns deshalb mit einigen kurzen Hinweisen auf die Gründungszeit begnügen. Aus jeder Anstalt gingen vereinzelt bodenkundliche Publikationen hervor, doch stand die Bodenkunde dabei zumeist im Dienste der Düngungsforschung. An jeder Anstalt wurden außerdem für die Landwirtschaft ungezählte Bodenanalysen durchgeführt, die kaum je umfassend wissenschaftlich aufgearbeitet wurden. So berichtet Schmid (1925), dass bereits im Jahr 1904 an den drei agrikulturchemischen Abteilungen in Zürich, Bern und Lausanne 10266 Muster (Böden, Dünger und Futtermittel) untersucht wurden. Wenn hier die Aktivitäten der Berner Anstalt und von deren Vorstand etwas detaillierter dargestellt werden, so soll damit das bedeutende Werk von Paul Liechti gewürdigt werden, der die praktische Agrikulturchemie wie kein zweiter auf solide wissenschaftliche Grundlagen gestellt hat.

Wie oben bereits ausgeführt wurde, gehen Bodenuntersuchungen im 18. und anfangs des 19. Jh. auf die Initiative von Grundbesitzern oder von gelehrten Gesellschaften (z.B. Naturforschende Gesellschaft Zürich, Ökonomische Gesellschaft Bern) zurück. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhundert stellte sich das Verlangen ein, für die aufstrebende Landwirtschaft eine höhere Schule sowie eine diese begleitende Untersuchungs- und Versuchsstation einzurichten⁵⁷. Nachdem die Schule mit der Erweiterung des Polytechnikums um eine landwirtschaftliche Abteilung Realität geworden war, bemühte sich der Schweizerische Landwirtschaftliche Verein, unterstützt durch ein Gutachten von Prof. Schulze, die Gründung einer solchen Station voranzutreiben. Basierend auf einem Bundesbeschluss nahm in **Zürich** am 15. März 1878 die erste derartige Anstalt in einem kleinen Zimmer von 16 m² innerhalb des agrikulturchemischen Laboratoriums am Polytechnikum ihren Betrieb auf. Obwohl laufend weitere Räume übernommen werden konnten, genügte die am Institut verfügbare Raumfläche für die rasant steigenden Bedürfnisse bald nicht mehr. Beim Neubau des Chemiegebäudes⁵⁸ wurden daher im Parterre und Souterrain des Nordflügels für die Anstalt insgesamt 300 m² Fläche mit rund 20 Räumen eingerichtet, welche 1886 bezogen werden konnten. Da auch diese Raumfläche mit der Zeit zu klein wurde, fand schließlich 1914 der Umzug an die Birchstraße in Oerlikon statt.

⁵⁶ Dazu nochmals Schulze: „Insbesondere gilt dies für die Organismen, welche aus einer aus Quito (Südamerika) stammenden Bodenprobe erhalten worden waren. (...) Winogradsky hat diesen nitratbildenden Organismus später auch aus einigen anderen Bodenproben aufgefunden, und zwar in einer Bodenprobe aus Java und einer solchen aus Zürich (Schulze, 1891, S. 85).

⁵⁷ Vgl. dazu die Fußnote 36.

⁵⁸ Backsteingebäude an der Universitätstrasse 6 (heute Chemicalbau)

Erster Vorstand der Anstalt war Ernst August Grete (1848 – 1919), der wie Schulze in Göttingen Chemie studiert hatte. Aus dem Tätigkeitsbericht von Grete für die ersten 20 Jahre der Zürcher Station⁵⁹ geht hervor, dass in den ersten Jahren vorwiegend landwirtschaftliche Hilfsstoffe (Dünger, Futtermittel) sowie Böden untersucht wurden. Die Bodenuntersuchungen bezogen sich auf die Gesamtanalyse von „Phosphorsäure, Stickstoff, Kali, Kalk und Magnesia“. Über den Wert dieser Analysen war man sich allerdings nicht einig. Grete schrieb dazu:

„Unzählige Male wird an die Versuchsstation die Frage gestellt, wie die Düngung eines betreffenden Bodens einzurichten sei. Leider lässt sich diese den Landwirt in höchstem Grade interessierende Frage nicht direkt durch die chemische Untersuchung des Bodens beantworten, denn der Landwirt sollte wissen, wie viel Nährstoffe jährlich während einer Vegetationsperiode den Pflanzen aus dem Vorrat des Bodens zur Verfügung stehen, also löslich sind; die chemische Analyse aber gibt gewöhnlich nur an, wie viel Nährstoffe ein Boden im ganzen enthält, nicht aber zugleich ohne besondere Versuche den Grad ihrer Löslichkeit. Man war deshalb geneigt, der chemischen Analyse eine Bedeutung für die Leistungsfähigkeit des Bodens abzuspochen und versuchte auf verschiedene Weise durch Untersuchung der Pflanzen oder von Pflanzenteilen oder durch Vegetationsversuche unter verschiedener Düngung des Bodens der Beantwortung der Frage näher zu kommen.“⁶⁰

Grete selber arbeitete vor allem über die Wiesendüngung, doch hat er dabei eine Beobachtung gemacht, welche bodenkundlich von eminenter Bedeutung ist, nämlich die beträchtliche räumliche und zeitliche Variabilität der chemischen und physikalischen Bodeneigenschaften, die er mit seltener Klarheit beschrieb. Grete hat damit ein Problem angeschnitten, das erst 80 Jahre später im Zusammenhang mit der Bodenüberwachung wieder aufgegriffen werden sollte. Es lohnt sich daher, die diesbezügliche Passage aus seiner Arbeit von 1905 zu zitieren:

„Die Untersuchung des Bodens auf seine Bestandteile zwei mal zu verschiedenen Zeiten und von verschiedenen Orten des Feldes ausgeführt lieferte wie dies kaum anders zu erwarten war, nicht vollkommen übereinstimmende Zahlen, ein Beweis, dass selbst innerhalb eines kleinen Umkreises chemische und physikalische Bodeneigenschaften sich zeigen können, welche in solcher Ausprägtheit sich im Pflanzenbestand nicht widerspiegeln“⁶¹.

In **Bern**⁶² wurden im Auftrag des 1863 gegründeten Schweizerischen Alpwirtschaftlichen Vereins durch Georg Wander, den Assistenten des Chemieprofessors Valentin Schwarzenbach⁶³, Bodenuntersuchungen durchgeführt. Als sich Wander 1865 selbständig machte, wurde der landwirtschaftlichen Schule Rütli bei Bern eine „chemische Versuchs- und Kontrollstation“ angegliedert, die 1874 – 1875 vom Chemiker Arnold Rossel⁶⁴ geleitet wurde.

⁵⁹ Lit. Grete (1898)

⁶⁰ Lit. Grete (1898), Seite 106

⁶¹ Lit. Grete (1905)

⁶² Lit. Strahlmann (1999)

⁶³ Valentin Schwarzenbach (1830 – 1890), Mediziner, Ordinarius für Chemie und Pharmazie an der Universität Bern.

⁶⁴ Arnold Rossel (1844 – 1913). Studium der Chemie am Polytechnikum in Zürich. 1875 – 1890 Prof. für analytische und industrielle Chemie am Technikum Winterthur. Ab 1890 – 1896 Professor für anorganische Chemie mit Einschluss der analytischen und technologischen Chemie an der Universität Bern.

Rossel ging 1875 als Professor für Chemie ans Technikum Winterthur, wo er sich weiterhin mit agrikulturchemischen Problemen beschäftigte, kam aber 1890 als Professor für Chemie an die Universität Bern zurück. 1891 gliederte er die landwirtschaftliche chemische Versuchsstation (ehemals Rütli) in sein Laboratorium an der Universität ein und setzte 1892 den Apotheker Paul Robert Liechti als Adjunkt dieser Station ein. Bereits 1895 wurde Liechti als Vorstand der Station gewählt, die 1897, weiterhin unter der Leitung von Liechti, vom Bund übernommen und als Schweizerische Agrikulturchemische Anstalt in Bern-Liebefeld weiterbetrieben wurde. Liechti leitete die Anstalt bis zu seinem Tod im Jahre 1927. Obwohl Liechti von der Pharmazie her kam, machte er sich als Analytischer Chemiker einen Namen. Seine großen Verdienste um die chemische Bodenanalyse verdienen es, hier etwas breiter dargestellt zu werden.



Paul Robert Liechti wurde am 12. Februar 1866 in Landiswil bei Biglen im Kanton Bern geboren. Nach dem Abschluss des Gymnasiums in Bern studierte er Pharmazie an der Universität Bern, wo u.a. Valentin Scharzenbach und Alexander Tschirch⁶⁵ seine Lehrer waren. Nach dem Doktorat (1891) wandte er sich der analytischen Chemie zu, für die ihn eine besondere Begabung auszeichnete. Es lag daher nahe, ihn zum Adjunkten und später als Vorstand der landwirtschaftlich-chemischen Versuchs- und Kontrollstation zu wählen. Liechti war überzeugt, dass peinlich exaktes Arbeiten, basierend auf einer soliden Kenntnis der Grundlagenwissenschaften, allein zum Erfolg eines Analytikers beitragen. Diesem Grundsatz blieb er zeit seines Lebens treu. Es verwundert deshalb nicht, dass ihn mit dem geistesverwandten Physikochemiker Wiegner eine

langjährige Freundschaft verband. In seinem sehr persönlich gehaltenen Nachruf auf Paul Liechti schrieb Wiegner zum Schluss⁶⁶: „Liechtis umfassende Lebensarbeit bietet dem, der sich in sie vertieft, ein Bild einer stetigen inneren Entwicklung. Er beginnt als reiner Analytiker, wendet dann seine analytische Erfahrung konsequent auf den agrikulturchemischen Düngeversuch an, was ihm seine schönsten Erfolge auf beiden Gebieten einbringt, und dehnt seine Tätigkeit schließlich auch auf den landwirtschaftlichen Feldversuch und auf andere praktisch landwirtschaftliche Probleme aus, wo Versuchsansteller von naturwissenschaftlicher Gründlichkeit, wie sie Liechti eigen war, dringend notwendig waren.“ Liechti starb nach einem Schlaganfall am 24. Februar 1927 in Bern.

Entsprechend der Zielsetzung der Anstalt umspannen die Arbeiten Liechtis den weiten Bogen von agrikulturchemischen Düngungsversuchen über allgemeine Düngungsfragen, chemischen Düngemittel- und Bodenuntersuchungen bis zu Feld- und Wiesendüngungsversuchen⁶⁷. Bei den Bodenuntersuchungen fallen zwei Themenbereiche besonders auf. Mit W. Mooser untersuchte Liechti um die Jahrhundertwende herum rund 500 schweizerische Böden auf ihren Kalkgehalt, wertete die Ergebnisse unter Heranziehung von Vegetationsversuchen und Laboratoriumsuntersuchungen aus⁶⁸ und leitete daraus die Notwendig-

⁶⁵ Wilhelm Oswald Alexander Tschirch (1856 – 1939). Apotheker. Studium in Berlin und Freiburg/Br. Ab 1890 Professor für Pharmakognosie sowie pharmazeutische und gerichtliche Medizin in Bern. Begründer der modernen, naturwissenschaftlich orientierten Pharmakognosie.

⁶⁶ Lit. Wiegner (1927)

⁶⁷ Lit. Wiegner (1927)

⁶⁸ Lit. Liechti und Mooser (1904)

keit einer Kalkdüngung ab⁶⁹. Zusammen mit seinem langjährigen Mitarbeiter E. Ritter stellte Liechti über 100 Einzelversuche über das Entweichen von Ammoniak aus begültem Boden an. Liechti und Ritter waren damit die ersten, die die starke Ammoniakverdunstung aus dem Boden bei Güllendüngung unter Bedingungen sicher bewiesen, die den natürlichen Verhältnissen möglichst nahe kamen. Sie zeigten, dass in der Schweiz bei Güllendüngung zwei Drittel des Stickstoffs, und bisweilen noch mehr, infolge Verdunstung von Ammoniak verloren gehen können. Die Arbeiten schlossen Untersuchungen über den Einfluss der Schneebedeckung des Bodens auf die N-Verluste ein⁷⁰.

In **Lausanne**⁷¹ vertrat Chuard⁷² die Agrikulturchemie. Er war Chef des chemischen Laboratoriums der 1887 geschaffenen kantonalen "Station viticole", aus deren Aufgabenbereich er auch analytischen Problemen, wie der Milchsäurebestimmung in Wein, nachging. 1895 wurde eine weitere Station unter der Leitung von Charles Dusserre⁷³ für die Kontrolle landwirtschaftlicher Hilfsstoffe eingerichtet. Als 1897 die beiden Lausanner Stationen zur Agrikulturchemischen Anstalt Lausanne vereinigt wurden und der Bund diese zusammen mit jener von Bern übernahm, wurde Dusserre mit der Leitung der neuen Anstalt betraut, ein Amt, das er bis zu seinem Rücktritt 1930 innehatte. Dusserre beschäftigte sich eine zeitlang mit der Biologie des Bodens und publizierte eine Arbeit über die Einwirkung der Regenwürmer auf die Zusammensetzung des Bodens⁷⁴.

Das erste «Schweizerische» Lehrbuch der Bodenkunde

Wie oben bereits angetönt wurde, löste Nowacki 1882 den bodenkundlichen Teil aus seiner Vorlesung *Allgemeiner Pflanzenbau* heraus und bot eine eigenständige Lehrveranstaltung *Bodenkunde und Düngerlehre* an. Zwei Jahre später gab er ein Büchlein über die Bodenuntersuchung heraus. Wie aus dem Vorwort hervorgeht, hatte eine Anfrage im Schweiz. Landw. Zentralblatt den Anstoß zur Abfassung des Textes gegeben:

«Im Juli 1883 brachte der Sprechsaal des „Schweizerischen landwirtschaftlichen Centralblattes“ folgende Anfrage: „In welchen kleineren Werken findet der Landwirt Anleitung zu leicht und mit wenig Kosten ausführbaren Bodenuntersuchungen?“ Da in der Literatur ein dem Sinne und Wunsche des Fragestellers entsprechendes Buch meines Wissens nicht existiert, so erbot ich mich, für das Zentralblatt eine kurze Anleitung zur einfachen Bodenuntersuchung zu schreiben.»

⁶⁹ Lit. Liechti und Truniger (1916, 1918)

⁷⁰ Lit. Liechti und Ritter (1910, 1912, 1913)

⁷¹ Lit. Strahlmann (1999)

⁷² Ernest Louis Chuard (1857 – 1942). Studium in Lausanne und Würzburg. 1884 Lehrer an der kantonalen Landwirtschaftsschule und ab 1887 Professor für Agrikulturchemie und chemische Analytik an der Lausanner Akademie (Universität). Gleichzeitig war er ab 1887 Chemiker an der Station viticole in Lausanne (1903 – 1911 Direktor). 1907 wurde Chuard in den Nationalrat gewählt und von 1919 bis 1928 gehörte er als Vorsteher des EDI dem Bundesrat an. 1924 Bundespräsident. Ca. 100 Arbeiten auf dem Gebiet der analytischen und Agrikulturchemie. Lit. Schweizer Lexikon 91, Band 2 (1992).

⁷³ Charles Dusserre (1860 – 1934).

⁷⁴ Lit. Dusserre (1902)

Diese ‚kurze Anleitung‘ erschien zunächst in fünf Heften des Centralblattes, allerdings wegen der beschränkt verfügbaren Seitenzahl in stark gekürzter Form. Der vollständige Text wurde 1884 bei Schmid in Zürich unter dem Titel *Kurze Anleitung zur einfachen Bodenuntersuchung* herausgegeben⁷⁵. Das Büchlein war offenbar erfolgreich, denn schon einige Jahre später erschien im Verlag Parey in Berlin unter dem allgemeineren Titel *Praktische Bodenkunde* eine zweite und 1899 eine dritte, erweiterte Auflage, welche nunmehr 190 Seiten umfasste. Diese wurde bis 1920 (7. Auflage) noch mehrmals nachgedruckt. Um dem Leser einen Einblick zu geben, auf welcher Basis um die Jahrhundertwende an der Abteilung für Landwirtschaft an der ETH Bodenkunde gelehrt wurde, wird der Inhalt der 3. Auflage von 1899 im nachfolgenden gerafft dargestellt. Gleichzeitig soll das wegbereitende Wirken von A. Nowacki für die (landwirtschaftliche) Bodenkunde in der Schweiz gewürdigt werden.

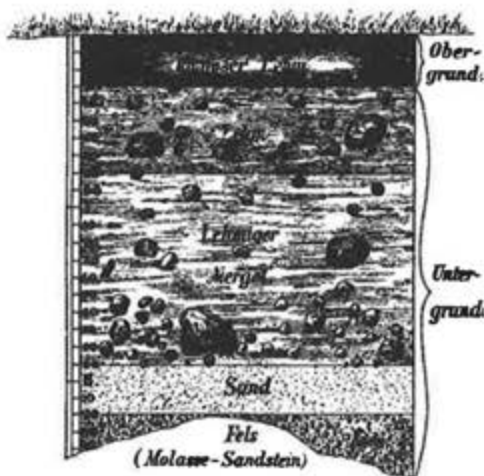
Die 3. Auflage des Buches umfasst vier Hauptteile, nämlich:

1. Begriff und Wesen des Bodens (S. 1 - 19)
2. Die Gestalt der Oberfläche des Bodens (S. 21 - 28)
3. Die Lagerungsverhältnisse des Bodens (S. 29 - 85)
4. Die Bodenbestandteile und Bodenarten (S. 86 - 190)

Der einführende Teil «Begriff und Wesen des Bodens» gibt einen kurzen Überblick über die *Definition des Bodens*, über die *Bodenbildung* und über die *Zusammensetzung des Bodens*. Nach einer etymologischen Ableitung des Wortes Boden und einem Vergleich mit dem griechischen *πέδον* (pedon) und dem lateinischen *solum* definiert Nowacki den Boden „als die Fläche, die wir beim Gehen und Stehen mit dem Fuße oder mit der Fußsohle berühren, oder, kürzer gesagt, Boden ist die Fläche, an oder auf der wir gehen und stehen“ (Seite 4). Im Gegensatz dazu bedeute der Begriff Grund ‚Erde‘ und beziehe sich auf die Substanz der Erde von oben an, was in der Unterscheidung von Obergrund und Untergrund zum Ausdruck komme. Über die Wortkombination Grund und Boden habe sich sodann die Praxis eingeführt, „unter Boden nicht mehr bloß die Fläche (Oberfläche, Raumfläche) der Grundstücke, sondern auch die ganze Masse des Grundes von oben bis unten zu verstehen“ (Seite 5). Nowacki selber möchte aber an der Kombination Grund und Boden festhalten, denn „auf dem nackten Fels stehend haben wir wohl Boden, d.h. eine Fläche unter den Füßen, aber nicht Grund, d.h. erdige Substanz“ (Seite 6). Der Abschnitt zur Bodenbildung, der unter der Überschrift *Wo finden wir den Boden?* steht, bringt zunächst einige Gedanken über das, was wir heute unter ‚Exogene Dynamik‘ verstehen (Sedimentation, Vulkanismus, Gebirgsbildung, Eiszeiten, Erosion, Talbildung, usw.) und geht dann auf die Unterscheidung zwischen Fels und Boden ein. Hier zeigt sich, dass Nowacki durchaus gestalterisch wirken wollte. Immer wieder versucht er, neue, leicht verständliche Begriffe einzuführen, von denen er überzeugt ist, dass sie wegen ihrem Bezug zur täglichen Wahrnehmung allgemein verständlich sind. So schreibt er: "Es gibt in der deutschen Sprache keinen Ausdruck, der das Wesen des Bodens, im Gegensatz zum Fels, kürzer, anschaulicher und fasslicher bezeichnet, als das Wort: *Zerbrechlichkeit*" (Seite 11). Im Abschnitt *Woraus besteht der Boden?* geht Nowacki zuerst auf die Textur des Bodens ein und stellt fest, dass „die körperliche Masse des Bodens 1. durchwegs oder größtenteils aus feinem, 2. durchwegs

⁷⁵ Lit. Nowacki (1884)

oder größtenteils aus grobem Material besteht, oder 3. ein Gemenge von feinem und grobem Material darstellt“ (Seite 12). Obwohl er den Ausdruck Feinerde, der sich für das feine Material eingebürgert habe, vernünftig findet, schlägt er den neuen Begriff *Mollgestein* vor und bezeichnet in Analogie dazu das grobe Material (Kies, Schotter, Geröll, Geschiebe, usw.) als *Durgestein*. „Anstatt ‚Der Boden besteht aus grobem und feinem Material‘, kann es kurz heißen: ‚Der Boden besteht aus Dur und Moll‘. Mir scheint das nicht bloß kurz, sondern auch sprachlich und sachlich richtig und verständlich zu sein“ (Seite 13). Den Ausdruck Skelett lehnt er ab, da „das gröbere Gestein im Boden durchaus nichts Derartiges (nämlich ein tragendes Knochengerüst) bildet“ (Seite 13). Nach kurzen Ausführungen über die Humussubstanz, die zum Mollgestein gerechnet wird, über das Bodenwasser und die Bodenluft wird auf die Bedeutung der Bodenlebewesen für die Zersetzung der pflanzlichen und tierischen Substanz sowie die Bindung und Nutzbarmachung des Stickstoffs eingegangen. Dabei wird besonders auf die vor kurzem durch Winogradsky⁷⁶ geklärte Nitrifikation hingewiesen. Im Anschluss daran wird die Frage aufgeworfen, ob die Bodenlebewesen zu den Bestandteilen des Bodens gehören oder nicht. Nowacki meint dazu: „Der Geolog und der Mineralog wird diese Frage wahrscheinlich verneinen, der Chemiker, Physiolog und Landwirt wird sie wahrscheinlich bejahen“ (Seite 17f.). Sicher war man sich demnach nicht, doch nimmt Nowacki in der abschließenden Zusammenfassung klar Stellung zugunsten der Bejahung: „Der Boden stellt, im Gegensatz zu dem festen und starren Fels, eine lose gefügte Masse dar, in der größere und kleinere bis verschwindend kleine Gesteinstrümmer mit Mineralsalzen, Humussubstanzen, Wasser, Luft, pflanzlichen und tierischen Lebewesen zu einem in sich beweglichen und veränderlichen Ganzen vereinigt sind. Je weiter nach oben, desto mehr wird die Masse lebendig, bis die Keime, die in ihr liegen, die Köpfechen und Ärmchen hervorstrecken und unter den Strahlen der Sonne größer und größer werdend uns Blumen bringen und Früchte“ (Seite 19).



Der zweite kurze Hauptteil *Die Gestalt und die Oberfläche des Bodens* geht auf die Geländeform ein und weist auf die Bedeutung der Oberflächen-gestalt auf die Benutzung des Bodens hin. Zudem werden die Geologen-Busssole, das Nivellierinstrument und die Flurkarten vorgestellt.

Der dritte Hauptteil *Die Lagerungsverhältnisse des Bodens* behandelt zunächst das Ausheben, die Beschreibung und den Aufbau des Bodenprofils (vgl. nachstehende Abbildung). Detailliert werden verschiedene Fabrikate von Bohrstöcken besprochen. Wie die Abbildung zeigt, wird das Profil in

den Obergrund und den Untergrund unterteilt. Obwohl in der Besprechung das Hauptgewicht auf den Obergrund gelegt wird, so wird doch darauf hingewiesen, dass die Pflanzen „das aus dem Untergrund holen, was sie im Obergrund gar nicht oder doch nicht in ausreichender Menge finden, mag dies nun eigentlicher Nahrungstoff sein oder Wasser“ (S. 52).

⁷⁶ Nowacki zitiert dazu eine Arbeit des Agrikulturchemikers E. Schulze im Landw. Jahrbuch der Schweiz, wo über die Arbeiten Winogradsky's berichtet wurde. Vgl. Schulze (1891).

Der landwirtschaftlichen Praxis entsprechend wird der Obergrund mit der Ackerkrume bzw. der Muttererde gleichgesetzt. Die besondere Fruchtbarkeit der Ackerkrume wird auf ihre Verbindung zur Atmosphäre (Wasser- und Luftaustausch), auf die Düngung und Bearbeitung sowie im besonderen auf die Adsorptionsfähigkeit⁷⁷ und die biologische Aktivität zurückgeführt. Bei der Bewertung (Bonitierung und Taxation) von Grundstücken wird auf Albrecht Thaer⁷⁸ zurückgegriffen, der dafür die Mächtigkeit der Ackerkrume heranzog. Das zweite Kapitel befasst sich mit dem Gefüge und der Struktur des Bodens, d.h. „mit der Art und Weise, wie die einzelnen Bodenbestandteile an- und aufeinander gelagert und zu körperlichen Massen vereinigt sind“ (Seite 54). Auch hier braucht Nowacki wieder Begriffe, die wir heute nicht mehr kennen, bzw. nicht mehr verwenden, die aber ohne weiteres fassbar und anschaulich sind, nämlich die Körnigkeit, die Lückigkeit und die Bündigkeit. Für die Körnigkeit werden Bezeichnungen verwendet, die heute noch im Gebrauch sind, so grusartig, kiesartig, grobkörnig, feinkörnig, steinig, steinfrei, gleichkörnig und ungleichkörnig. Daneben wird für den Mollboden (s. oben) die Bezeichnung mollig⁷⁹ gebraucht. Mollig ist eine Struktur, „wenn der Boden so fein zerteilt ist, dass die Körnchen sich weder mit dem bloßen Auge, noch mit dem Gefühl unterscheiden lassen. Zwischen den Fingern gerieben, fühlt sich derartige Boden so weich und so sanft an wie Mehl oder Sammet“ (Seite 56). Die Lückigkeit, die alle mit Wasser oder Luft gefüllten Hohlräume umfasst, wird mit den Bezeichnungen groblückig, feinklückig, dicht und ungleichlückig charakterisiert. Außerdem wird zwischen kapillaren Poren und nicht kapillaren Hohlräumen unterschieden. Die Lückigkeit gibt dem Autor die Gelegenheit, bodenphysikalische Eigenschaften und deren Erfassung vorzustellen, so die Kapillarität, die Wassersättigung, die Durchlässigkeit und die Wasserkapazität. Er zweifelt aber an deren praktischer Relevanz, „denn die Zahlen, die wir bei der Wasserkapazitätsbestimmung finden, dienen doch nur zur allgemeinen Beurteilung des Bodens; für die Praxis des Acker- und Pflanzenbaus lassen sie sich nur selten verwerten“ (Seite 74). In dieser Skepsis schließt das Kapitel mit dem Satz: „Im übrigen müssen wir es dem Himmel überlassen, unseren Boden mit Wasser zu sättigen und unsere Pflanzen zu tränken. Aus der Wolke quillt der Segen, strömt der Regen“ (Seite 75). Die Bündigkeit des Bodens wird durch die drei Bezeichnungen Festigkeit, Klebrigkeit und Rissigkeit charakterisiert, wiederum Ausdrücke, die heute wissenschaftlich obsolet sind, doch im Sprachgebrauch der Landwirte fortbestehen⁸⁰. Bei den experimentellen Angaben bezieht sich Nowacki auf die Arbeiten von Gustav Schübler⁸¹, den er als den Vater der Bodenphysik bezeichnet. So schreibt er zur Wasserkapazitätsbestimmung: „Ich habe

⁷⁷ Dass man von der Adsorptionsfähigkeit wusste, sie aber noch keineswegs verstand, geht aus folgender Formulierung hervor: „Die bevorzugte Fruchtbarkeit der Ackerkrume ergibt sich aus: ... 5. Durch die merkwürdige Eigenschaft der Adsorption hält die Ackerkrume die wertvollsten Pflanzennährstoffe in sich fest, so dass sie von dem versickernden Regenwasser nicht in den Untergrund fortgewaschen werden können“ (Seite 47).

⁷⁸ Albrecht Daniel Thaer (1752 – 1828). Arzt und Landwirt, Gründer eines Versuchsgut in Möglin. Lit. Thaer (1809/1812).

⁷⁹ Im Deutschen Sprachraum wird heute der Ausdruck *mollig* nicht mehr verwendet. Vgl. dazu aber das *mollic epipedon* und das *Mollisol* der amerikanischen Soil Taxonomy.

⁸⁰ Vgl. z.B. Fry (2000).

⁸¹ Gustav Schübler (1787 – 1834). Begründer der Bodenphysik. Arbeitete vor allem über die Bodenstruktur, die Bodenfeuchte und die Temperatur. Lit. Schübler (1838).

die Worte Schüblers ausführlich wiedergegeben, um dem Begründer der Bodenphysik Gerechtigkeit widerfahren zu lassen und dann aus dem Grunde, weil seine Methode ... noch heute brauchbar ist und an Genauigkeit nichts zu wünschen übrig lässt“ (Seite 69), und weiter in einer Fußnote zur Bestimmung der Festigkeit: "Die Methoden zur Bestimmung

der Bündigkeit, die von anderen Forschern vorgeschlagen worden sind, stehen in Bezug auf Anwendbarkeit und Zuverlässigkeit samt und sonders gegen die Schübler'sche Methode zurück" (Seite 75f). Nebenstehend sind zwei Tabellen, deren Daten auf Schübler zurückgehen, als Faksimile dargestellt.

Der vierte und längste Hauptteil *Die Bodenbestandteile und Bodenarten* enthält die zwei in sich abgeschlossenen Kapitel *Die Bodenbestandteile* sowie *Die Bodenarten*. Das erstere stellt zunächst die Methoden zur Untersuchung des Gesteinsgehalts, des Sand- und Tongehalts, des Kalkgehalts und des Humusgehalts vor und bespricht dann einige Bodenprobleme wie Grundnässe, Säure und einseitige Zusammensetzung. Der Rest ist der Düngerlehre gewidmet. Ein kurzes Zitat aus der Einleitung zum letztgenannten Abschnitt soll den Kenntnisstand beleuchten,

der gegen das Ende des 19. Jh. (an der land- und forstwirtschaftlichen Abteilung der ETH Zürich) vorlag.

Tabelle A.

Bodenarten	Festigkeit im trockenen Zustand, die des Thons = 100 gesetzt	Anhängen im nassen Zustand an die Fläche von 1 qdam	
		Eisen g	Holz g
Quarzsand	0	170	190
Kalksand	0	190	200
Feine Kalkerde*)	5,0	650	710
Thon mit 45% Sand	57,3	350	400
Thon mit 24% Sand	68,8	480	520
Thon mit 10% Sand	83,3	780	860
Reiner grauer Thon*)	100,0	1220	1320
Humus*)	8,7	400	420
Wartenerde*)	7,6	290	340
Kleckerde*)	33,0	260	290

Tabelle B.

Bodenarten	Wasserkapazität 100 ccm trockene Erde halten Wasser fest ccm	Volumenverminderung von 100 ccm nasser Erde schwinden beim Kältetrocknen ccm
Kalksand	44,1	0,0
Feine Kalkerde	66,1	5,0
Thon mit 45% Sand	51,4	6,0
Thon mit 24% Sand	57,3	8,9
Thon mit 10% Sand	62,9	11,4
Reiner grauer Thon	66,2	18,3
Humus	69,8	20,0
Wartenerde	67,3	14,9
Kleckerde	57,3	12,0

„... die Ansicht ist sehr verbreitet, dass vor allem der Agrikulturchemiker in der Lage sei, die passende Antwort zu geben, wenn ihm eine Bodenprobe von einem Grundstück zur Untersuchung eingesandt wird. Im großen und ganzen ist diese Ansicht unbegründet. Denn der Chemiker kann zwar in gewissen Fällen ... durch die Untersuchung einer Anzahl sorgfältig ausgewählter Proben herausfinden, an welchen Stoffen es dem Boden fehlt, aber im allgemeinen kann bis jetzt der chemischen Analyse des Bodens ein großer praktischer Wert nicht zugesprochen werden. ... Speziell ist der Chemiker bis jetzt nicht imstande, die Fruchtbarkeit eines Bodens richtig zu beurteilen, weil er weder die kleinen Lebewesen, deren Vorhandensein die Fruchtbarkeit zum Teil bedingt, durch die chemische Analyse nachzuweisen, noch die Tätigkeit der Pflanzenwurzeln auf künstlichem Wege nachzuahmen vermag.“

Das letzte Kapitel befasst sich mit den *Bodenarten*. Es enthält die Abschnitte 1. Einteilung und Beschreibung der Bodenarten⁸², 2. Anlegung einer Bodensammlung, und 3. Bodenkarten. Die Klassifikation der Böden, die ausdrücklich als Agronomische Klassifikation bezeichnet wird, beruht auf der Textur, sowie dem Kalk- und Humusgehalt als Grundlage

⁸² Obwohl Nowacki seine Klassifikation vorwiegend auf der Textur basierte, darf der Begriff *Bodenarten* nicht mit der heute gebräuchlichen Verwendung verwechselt werden.

für die Unterteilung, denn „die Hauptbestandteile des Bodens sind Steine, Sand, Ton, Kalk und Humus“ (Seite 86). Hierarchisch werden die Böden zunächst in Hauptgruppen (vgl. Tab. 3), und diese in Klassen unterteilt. Es würde zu weit führen, das ganze System der Klassifikation hier aufzuführen. Zwei Beispiele sollen genügen (Tab. 4).

Tabelle 3: Hauptgruppen der Bodenarten

Zahl und Benennung der Hauptgruppen	Charakteristische Bestandteile (Mindestgehalt in %)				
	Stein	Sand	Ton	Kalk	Humus
I. Steinbodenarten	80	-	-	-	-
II. Sandbodenarten	-	80	-	-	-
III. Lehm Bodenarten	-	50	20	-	-
IV. Tonbodenarten	-	-	50	-	-
V. Mergelbodenarten	-	-	20	5	-
VI. Kalkbodenarten	-	-	-	50	-
VII. Humusbodenarten	-	-	-	-	20

Tabelle 4: Unterteilung der Hauptgruppen III und VII in Bodenklassen

III. Hauptgruppe: Lehm Bodenarten	VII. Hauptgruppe: Humusbodenarten
1. Klasse: Milder humoser Lehm Boden	1. Klasse: Acker- und Gartenhumus
2. Klasse: Lössartiger Lehm Boden	2. Klasse: Grashumus
3. Klasse: Gemeiner Lehm Boden	3. Klasse: Waldhumus
4. Klasse: Schwerer Lehm Boden	4. Klasse: Riedhumus
5. Klasse: Nasskalter Lehm Boden	5. Klasse: Mooshumus
6. Klasse: Sandiger, grandiger, steiniger Lehm Boden	6. Klasse: Heidehumus

Zu den einzelnen Klassen finden sich im Text unterschiedlich detaillierte Angaben. Dabei werden die Böden nicht als solche beschrieben, so wie wir es heute gewohnt sind, sondern es werden Nutzungsmöglichkeiten und Nutzungsprobleme (inkl. auftretende Unkräuter) aufgeführt.

Aus den beiden kurzen Abschnitten zur *Bodensammlung* und *Bodenkartierung* seien nur zwei Zitate aufgeführt, welche das Engagement des Pflanzenbauers Nowacki für die Bodenkunde belegen:

„Eine Sammlung von Bodenarten besteht allerdings nicht durch die Pracht und den Glanz der Farben; aber wer wollte in Abrede stellen, dass sie mehr Vergnügen und Nutzen gewährt, als eine Sammlung von Edelsteinen.“ (Seite 175).

„Die Bodenkartierung ist nicht umsonst, aber sie rentiert sich; denn sie ist ein sehr wirksames Mittel, die Kenntnis des Bodens zu verbreiten, und die Kenntnis des Bodens ist das Fundament der Landwirtschaft.“ (Seite 185).

Im einem Anhang, der mit *Wissenschaftliche Benennung der Bodenarten* bezeichnet ist, versucht Nowacki Neuland zu betreten. Er schlägt vor, „in die Bodenkunde wissenschaftliche, aus der lateinischen Sprache entlehnte Benennungen für die Bodenarten einzuführen, wie das in der Botanik und Zoologie bei der Benennung der Pflanzen- und Tierarten längst geschehen ist“. Teilweise greift er dabei auf lateinische Bezeichnungen zurück, die bereits im alten Rom, z.B. bei Columella zu finden sind (vgl. Winiwarter, 1999), teilweise schafft

er aber auch neue Wortkombinationen. Gleichzeitig führt er für die einzelnen Klassen Abkürzungen ein, für die er die Anfangsbuchstaben der lateinischen Bezeichnungen verwendet. Die Abkürzungen sollen auch für die Beschriftungen von Bodenkarten eingesetzt werden. Als Beispiel sei nochmals die Hauptgruppe der Lehm Böden vorgestellt (Tab. 5).

Tabelle 5: Vorschlag für eine wissenschaftliche Benennung der Bodenarten (am Beispiel der Lehm Bodenarten, i.e. Terrae limosae)

<i>Species</i>	<i>Deutsche Bezeichnung</i>	<i>Abbreviatura</i>
Terra limosa humosa dulcis	Milder humoser Lehm Boden	Lhd
Terra limosa loessea	Lössartiger Lehm Boden	Ll ₁
Terra limosa vulgaris	Gemeiner Lehm Boden	Lv
Terra limosa tenax	Schwerer Lehm Boden	Lt
Terra limosa uvido-frigida (saepe ferruginea)	Nasskalter Lehm Boden (oft eisenschüssig)	Lu-f(fe)
Terra limosa sabulosa, grandinosa, petraea	Sandiger, grandiger, steiniger Lehm Boden	Ls; Lg ₁ ; Lp

Wenige Jahre nach dem Erscheinen der hier vorgestellten dritten Auflage seiner Praktischen Bodenkunde, 1907, trat Nowacki in den Ruhestand. 1913 wurde G. Wiegner als Nachfolger von E. Schulze zum Professor für Agrikulturchemie gewählt. Gleichzeitig wurde die Bodenkunde vom Pflanzenbau getrennt und neu der Agrikulturchemie zugeordnet. Damit begann für die Bodenkunde an der ETH eine neue, fruchtbare Ära, die sich nun auch in der bodenkundlichen Forschung einen Namen machte und die Bodenklassifikation auf eine neue Basis stellte⁸³. Der schöne Traum Nowacki's von den lateinischen Bezeichnungen geriet in Vergessenheit.

Wie eingangs erwähnt wurde, erlebte die Praktische Bodenkunde bis 1920 noch weitere vier Auflagen⁸⁴, die jeweils von Nowacki durchgesehen und verbessert wurden. Bei der 5. Auflage wurde dem bislang sehr kurzen, vorbereitenden Teil ein 32seitiges Kapitel „Die Entstehung des Grund und Bodens“ eingefügt, in das auch eigene Beobachtungen aus der näheren Umgebung Zürichs einflossen. Nach dem Tod von Nowacki trat der Verlag an den Bakteriologen Düggeli heran mit der Bitte, das wegen der seit 1920 rasant erweiterten Erkenntnisse der bodenkundlichen Forschung stark revisionsbedürftige Buch zu überarbeiten⁸⁵. Düggeli nahm die Aufgabe an, zumal er an der ETH die Kulturingenieure in die Bodenkunde einführen musste. Wenn er sich auch bei der Bearbeitung im Prinzip auf den Aufbau von Nowacki stütze, so entstand doch im wesentlichen ein neues Buch, das stark von Düggeli's eigener Tätigkeit geprägt war und neben den landwirtschaftlichen auch kulturtechnische Aspekte mit einbezog. Entsprechend wurden im Untertitel expressis verbis auch die Kulturingenieure erwähnt⁸⁶. Eine weitere Auflage gab es nicht. Wiegner wie Pallmann waren zu stark der Wissenschaft verpflichtet, als dass sie das sehr praxisorientierte Werk für ihren Unterricht verwenden wollten.

⁸³ Vgl. dazu Teil II: Das goldene Zeitalter der Agrikulturchemie

⁸⁴ 4. Auflage (1904), 5. Auflage (1910), 6. Auflage (1917), 7. Auflage (1920).

⁸⁵ Nach einer Rezension des Buches in der Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen. Lit. H.Br. (1931).

⁸⁶ Lit. Düggeli (1930a)

Bodenkunde und Bodenkundler in der Schweiz
1855 bis 1962

Teil II

1913 - 1962

Das goldene Zeitalter der Agrikulturchemie

Mit den Anhängen A - E

Einleitung

Die Periode von 1913 bis 1962 ist geprägt durch das Wirken der drei herausragenden Forscherpersönlichkeiten GEORG WIEGNER, HANS PALLMANN und HANS DEUEL. Alle drei betrieben Bodenkunde sozusagen im Teilzeitamt, hatten sie sich doch als Inhaber des Lehrstuhl für Agrikulturchemie mit einem breiten Spektrum chemischer Prozesse im landwirtschaftlichen Umfeld zu befassen. Doch haben alle drei auf unterschiedliche Weise die Entwicklung der Bodenkunde in Zürich in einem hohen Masse gefördert, so dass ihre bemerkenswerten Leistungen noch heute nachwirken. Sowohl WIEGNER als auch PALLMANN haben eine zusammenfassende Darstellung der bodenkundlichen Forschung ihrer Periode hinterlassen. Während WIEGNER detailliert auf die Bodenbildung und ihre Beeinflussung durch das Klima einging¹, verfasste PALLMANN aus Anlass des 200-Jahr-Jubiläums der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich eine kurze Übersicht, in welcher er den Beitrag von Zürcher Bodenkundlern zur Kenntnis über den Boden im weitesten Sinne darstellte².

Im folgenden wird zunächst eine kurze Übersicht über die ‚agrikulturchemische‘ Periode an der ETH Zürich gegeben und deren internationales Umfeld beleuchtet. Sodann folgt eine Würdigung der drei Lehrstuhlinhaber und ihrer bedeutendsten Schüler. Im Anhang A wird der erwähnte historische Text von PALLMANN im Wortlaut wiedergegeben. Fußnoten und Literaturverzeichnis zu Pallmanns Text wurden von H. Sticher für diese Ausgabe bearbeitet.

Die Bodenkunde als Teil der Agrikulturchemie

Als Wiegner 1913 an der landwirtschaftlichen Abteilung der ETH Zürich sein Amt als o. Prof. für Agrikulturchemie antrat, lag die Bodenkunde im Argen. Nach dem Rücktritt von Nowacki (1907) vertrat zunächst für ein Jahr der Bakteriologe Max Düggeli die Bodenkunde, worauf der Nachfolger von Nowacki, Hans Conrad Schellenberg³, ab 1908 dessen Verpflichtungen übernahm. An der forstwirtschaftlichen Abteilung wurde die Bodenkunde seit dem Tod von J. Kopp im Rahmen der Waldbauvorlesungen behandelt. Beide Lösungen wurde offenbar nicht als optimal empfunden, denn anlässlich von Wiegners Wahl wurde die Bodenkunde gesamthaft der Agrikulturchemie zugeordnet und von nun an von Wiegner für beide Abteilungen gelesen. Dieser Entschluss war gewagt, hatte doch Wiegner bis zu seinem Amtsantritt in Zürich lediglich drei bodenbezogene Arbeiten veröffentlicht, die allerdings von großer Sachkenntnis zeugten und voll von innovativen Ideen waren⁴. Wiegner hatte sich in Leipzig als Kolloidchemiker einen Namen gemacht, und so machte er sich in Zürich sogleich daran, die Bodenkunde aus der Sicht der Kolloidchemie neu zu interpretieren. Schon 1916 hielt er im Rahmen der Naturforschenden Gesellschaft Zürich

¹ Lit. Wiegner (1927)

² Lit. Pallmann (1946)

³ vgl. Teil I

⁴ Lit Wiegner (1912, 1913a, 1913b)

einen aufsehenerregenden Vortrag zum Thema: „Kolloidchemie und Bodenkunde“, den er auf vielseitigen Wunsch der Zuhörer 1918 in erweiterter und durch zahlreiche erläuternde Anmerkungen vertiefter Form unter dem Titel „Boden und Bodenbildung in kolloidchemischer Betrachtung“ herausgab⁵. Der Text fand große Beachtung und erlebte in den kommenden Jahren mehrere Neuauflagen⁶. Wiegner begann sich nun vermehrt mit der Kolloidchemie von Bodenbestandteilen, vor allem von Tonmineralien, zu beschäftigen, doch war es das Verdienst einiger begabter Mitarbeiter, die Zeichen der Zeit zu erkennen, und Wiegners Grundlagen an den realen Böden in der Natur zu erproben. Es ist wohl nicht übertrieben, das Jahrzehnt von 1918 bis 1928 als die Geburtsperiode der wissenschaftlichen Bodenkunde in der Schweiz zu bezeichnen. Nach seiner Dissertation „Über einige Alterungserscheinungen von Vanadinpentoxyd-Solen“⁷ fing der Chemiker Hermann Gessner auf Anregung von Wiegner an, sich mit der Bodenbildung und den Bodeneigenschaften im Tessin und auf den Terrassen der Aare im Mittelland zu beschäftigen. Zur gleichen Zeit begann der Agronom Hans Jenny seine Assistententätigkeit am Agrikulturchemischen Institut, und einige Jahre später schloss sich, noch als Student, der Naturwissenschaftler Hans Pallmann dem Team Wiegners an. Um heute, nach rund 75 Jahren, die Aufbruchstimmung nachvollziehen zu können, die damals die Gruppe Wiegner beflügelte, wollen wir einen Blick auf das Umfeld werfen, in welches das Institut eingebettet war.

Der Bakteriologe Max Düggeli, der nach dem Rücktritt von Nowacki an der ETH für kurze Zeit die Bodenkunde gelehrt hatte⁸, beschäftigte sich in der Lehre und vor allem auch in der Weiterbildung der Agronomen intensiv mit den Bodenlebewesen⁹. Er hatte gute Kontakte zu Wiegner und amtierte verschiedentlich als Korreferent bei dessen Doktoranden. Zwei seiner eigenen Doktoranden befassten sich mit dem Leben im Boden¹⁰. In deren Dissertationen wird auf die enge Zusammenarbeit mit dem Institut für Agrikulturchemie hingewiesen. An der Anstalt für das forstliche Versuchswesen, die damals noch an der ETH angesiedelt war, beschäftigte sich der Waldbauer Engler im Rahmen seines Wasserabflussprojektes im Emmental intensiv mit dem Boden. Engler befreundete sich rasch mit dem ihm wesensverwandten Wiegner, den er als Korreferent für die Dissertation seines Mitarbeiters Burger gewinnen konnte. Der Botaniker Carl Schröder sah als Urvater der Geobotanik die Notwendigkeit der Zusammenarbeit von Bodenkunde und Pflanzensoziologie voraus und förderte den jungen Bündner Geobotaniker Josias Braun-Blanquet, der 1915 in Montpellier mit einer Dissertation¹¹ über die Vegetation der südlichen Cevennen promoviert hatte. Auf Antrag Schröders erhielt Braun-Blanquet 1923 aufgrund seiner Habilitationsschrift¹² über die Herkunft und die Entwicklung der Vegetation des Massif Central die Venia Legendi an der ETH Zürich. Als Gründungsvater und Förderer des Schweize-

⁵ Lit. Wiegner (1918b).

⁶ 6. Auflage, Wiegner (1930).

⁷ Lit. Gessner (1924).

⁸ vgl. Teil I, S. 14, Tab. 2.

⁹ Näheres dazu s. Kapitel *Die Entwicklung der Bodenbiologie*

¹⁰ Lit. Stöckli (1928), Blöchliger (1931).

¹¹ Lit. Braun-Blanquet (1915)

¹² Lit. Braun-Blanquet (1923)

rischen Nationalparks schlug Schröder Braun-Blanquet vor, die Vegetationseinheiten des Parks zu untersuchen¹³. Braun-Banquet sicherte sich die Mitarbeit einer Reihe von hervorragenden Fachleuten und beauftragte Hans Jenny, einen Assistenten von Wiegner, sich des Bodens anzunehmen. Dieser wiederum setzte einen vielversprechenden Studenten der Naturwissenschaften, Hans Pallmann, für die Laboranalysen ein.

Die enge Zusammenarbeit der Bodenkunde mit der Pflanzensoziologie bewirkte, dass sich die Bodenkunde in der Schweiz, im Gegensatz zu Deutschland¹⁴, nicht allein auf die Landwirtschaft und Forstwirtschaft konzentrierte, sondern ihre eigenen Wege ging. Diese frühe Entwicklung wirkt in der schweizerischen Bodenkunde bis auf den heutigen Tag nach.

Der Einfluss von außen erfolgte zunächst durch die mit großem Interesse aufgenommenen neuen Lehrbücher, die den Übergang von der geologiebezogenen Bodenkunde zur Bodenkunde als eigenständiger Wissenschaft markierten. 1905 war das wegweisende Lehrbuch von Ramann erschienen¹⁵, das zwar den Boden noch als Verwitterungsschicht der geologischen Unterlage betrachtete, jedoch die Verselbständigung der Bodenkunde einleitete. Ramann schlug unter anderem als erster die Bezeichnung „Braunerde“ für die jungen Verwitterungsböden der gemäßigten Zonen vor. Für Ramann brachte Wiegner eine besondere Hochachtung auf. Anlässlich von dessen Hinschied schrieb er in der Schweiz. Zeitschr. für Forstwesen u.a.: „Man kann einem Forstmanne kein besseres Buch (als Ramanns Bodenkunde) empfehlen. Theorie und Praxis sind darin verknüpft, wie man es bei einem so schwierigen naturwissenschaftlichen Grenzgebiet kaum hatte erwarten dürfen.“¹⁶. 1914 erschien die durch Hermann Stremme veranlasste deutsche Übersetzung des Lehrbuchs für Bodenkunde von Glinka, der die Erkenntnisse der Russischen Schule zusammenfasste (Bodenklassifikation, Bodenbildungsfaktoren)¹⁷. Auch Glinka schätzte Wiegner sehr. Als er anlässlich des ersten Kongresses der Internationalen bodenkundlichen Gesellschaft in Washington D.C. mit diesem zusammentraf, schrieb er in seinem Reisebericht¹⁸:

„Ein kluges, ehrwürdiges Gesicht mit vielen Furchen... Ein Mensch, der die etwas hilflose Güte und die wissenschaftliche Begabung seiner russischen Rasse verkörpert, der die Tradition der großen russischen Bodenkunde trägt... Wir alle sympathisierten mit ihm und machten ihn zum nächsten Präsidenten, weil keiner der Anwesenden so viel Verdienste um die Bodenkunde hatte wie er. Leider kann er den nächsten Kongress nicht mehr präsidieren. Am 2. November

¹³ Lit. Braun-Blanquet (1968), S. 7.

¹⁴ In einem Artikel zur Entwicklung der Bodenkunde in Deutschland im 19. Jh. bemerkte E. Mückenhausen: „Ramann (1911) states at the end of his introduction to *Bodenkunde*, that ‘the short presentation shows the motley but characteristic image of the development of a science that suffers severely from not being pursued for its own sake, but mainly as a service to agricultural practice: the progress in soil science has suffered from this severely and, unfortunately, still suffers today.’“ Lit. Ramann (1911), Mückenhausen (1997).

¹⁵ E. Ramann (geb. 30. 4. 1851 in Dorotheenstadt, Thüringen, gest. 19. 1. 1926 in München). Prof. für Bodenkunde an der Universität München. Für Ramann war 1900 in München der erste eigentliche Lehrstuhl für Bodenkunde eingerichtet worden. Lit. Ramann (1895, 1905, 1911).

¹⁶ Lit. Wiegner (1926a)

¹⁷ Lit. Glinka (1914).

¹⁸ Lit. Wiegner (1928b).

1927 ist er in Russland gestorben. Er, Dokutschajew, Hilgard und Ramann haben die neuere Bodenkunde am stärksten geprägt.“

1926 brachte Stremme seine eigene Bodenkunde heraus, in welcher er die noch heute nachwirkende Deutsche Bodenklassifikation skizzierte¹⁹. Mit dem Finnen Aarvio stellte er anlässlich der vierten bodenkundlichen Konferenz in Rom, die vom 12. bis zum 19. Mai 1924 stattfand, die neue Klassifikation vor²⁰. Die Ideen wurden von der Zürcher Schule sofort mit Begeisterung aufgenommen. Zahlreiche Exponenten der „Neuen Schule“ fanden sich in Zürich ein und beteiligten sich an Exkursionen in alle Landesteile.

Georg Wiegner (1883 – 1936)

Die Wahl von Georg Wiegner zum Professor für Agrikulturchemie an der ETH Zürich war für die Bodenkunde in der Schweiz, wie oben bereits erwähnt, ein Glücksfall. Wiegner wurde als Nachfolger Schulzes primär als Professor für Agrikulturchemie gewählt, doch hatte er vor Kurzem einen Aufsatz über den „Basenumtausch in der Ackererde“ veröffentlicht, der sofort große Beachtung fand. Es war deshalb naheliegend, ihm auch die Bodenkunde zu übertragen.



Georg Wiegner wurde am 20. April 1883 in Leipzig geboren. Nach dem Besuch des Realgymnasiums, das er 1902 mit dem besten Maturitätszeugnis verließ, studierte er an der Universität Leipzig acht Semester Naturwissenschaften, insbesondere Chemie. Seine Lehrer waren keine Geringeren als Wislicenus, Hantzsch und Ostwald²¹. 1906 schloss er aufgrund der Dissertation „Über metastabile Zustände zwischen fester und gasförmiger Phase“ sein Hochschulstudium mit der Promotion zum Doktor der Philosophie mit dem Prädikat *summa cum laude et egregie* ab. Nach einer kurzen Beschäftigung als Betriebschemiker in einer Farbenfabrik in Zwickau (wo das Ziel der Arbeit nicht wissenschaftliche Erkenntnis war, sondern kaufmännische Rendite, welche Wiegner nie interessierte) folgte er einem Ruf der Georg-August-Universität Göttingen, die ihn als Chemiker des landwirtschaftlichen Instituts engagierte.

Georg Wiegner wurde am 20. April 1883 in Leipzig geboren. Nach dem Besuch des Realgymnasiums, das er 1902 mit dem besten Maturitätszeugnis verließ, studierte er an der Universität Leipzig acht Semester Naturwissenschaften, insbesondere Chemie. Seine Lehrer waren keine Geringeren als Wislicenus, Hantzsch und Ostwald²¹. 1906 schloss er aufgrund der Dissertation „Über metastabile Zustände zwischen fester und gasförmiger Phase“ sein Hochschulstudium mit der Promotion zum Doktor der Philosophie mit dem Prädikat *summa cum laude et egregie* ab. Nach einer kurzen Beschäftigung als Betriebschemiker in einer Farbenfabrik in Zwickau (wo das Ziel der Arbeit nicht wissenschaftliche Erkenntnis war, sondern kaufmännische Rendite, welche Wiegner nie interessierte) folgte er einem Ruf der Georg-August-Universität Göttingen, die ihn als Chemiker des landwirtschaftlichen Instituts engagierte.

¹⁹ Lit. Stremme (1926).

²⁰ Lit. Aarvio und Stremme (1924).

²¹ Johannes Adolph Wislicenus (6. 6. 1835 – 5. 12. 1902). Organischer Chemiker. Studium u.a. an der Harvard University und in Zürich. PD Uni Zürich 1860. Prof. Uni Zürich 1864 – 1871, an der ETH Zürich 1871 – 1872, Uni Würzburg (1872 – 1885) und an der Uni Leipzig (1885 – 1902). Pionier der Stereochemie. Arthur Rudolf Hantzsch (7. 3. 1857 – 14. 3. 1935). Universeller Chemiker: Organische Synthese, Spektrophotometrie, Säure-Basen-Theorie. Professor an der ETH Zürich (1885 – 1893), Würzburg (1893 – 1903), Leipzig (1903 – 1928). Wilhelm Ostwald (2. 9. 1853 – 4. 4. 1932). Physikalischer Chemiker. Studium in Dorpat (Estland), Prof. in Riga und Leipzig (1827 – 1906). Nobel-Preis 1909. Stellte zusammen mit Svante A. Arrhenius und Jacobus H. van't Hoff die physikalische Chemie auf eine fundierte Basis. Nach dem frühzeitigen Rücktritt beschäftigte er sich vorwiegend mit Wissenschaftsphilosophie, schrieb ein Buch über *Große Männer*, malte und befasste sich schließlich mit dem Phänomen Farbe aus physikalischer und psychologischer Sicht.

In Göttingen kam der Physikochemiker Wiegner erstmals mit der Agrikulturchemie in Berührung. Im Labor seines Vorgesetzten, des Milchforschers W. Fleischmann, begann er sich mit physikalisch-chemischen Problemen der Milch zu befassen. Schon bald erkannte er, dass für weitere Fortschritte die neuen Arbeitsmethoden der Kolloidchemie herangezogen werden müssten, für die ihn der Direktor des Anorganisch-Chemischen Instituts, Richard Zsigmondy²², zu begeistern wusste. Zsigmondy hatte 1903 zusammen mit H. Siedentopf das Ultramikroskop entwickelt, das von nun an Wiegner in den Bann zog.

1911 habilitierte sich Wiegner in Göttingen mit einer Arbeit über die Kolloidchemie der Milch für das Fach Agrikulturchemie. Neben der milchtechnischen Forschung suchte er seine neuen Arbeitsmethoden auch auf andere agrikulturchemische Gebiete auszudehnen, wofür ihm die Bodenkunde besonders geeignet erschien. Schon 1912 veröffentlichte er seine wichtige Arbeit „Über den Basenaustausch der Ackererde“²³, die ihn schlagartig berühmt machte, und begann damit mit der Bearbeitung eines Problems, das er nie mehr verließ. In einem vielbeachteten Vortrag²⁴ zeichnete er sodann das weite Gebiet ab, auf dem die kolloidchemischen Forschungsmethoden Erfolg versprachen. Das ganze Gebiet der Agrikulturchemie schien ihm für die kolloidchemische Betrachtung geeignet. Plasma und Holz, Boden und Milch, Probleme der Tierphysiologie und der landwirtschaftlichen Technologie drängten sich seiner Ansicht nach geradezu für diese Arbeitsmethoden auf.

Nach dem Hinschied von E. Schulze, der während 39 Jahren an der ETH die Agrikulturchemie vertreten hatte, drängte sich an der Abteilung für Landwirtschaft eine Reorganisation der Lehre auf. Die Vorlesungen und Übungen in anorganischer und organischer Chemie wurden verschiedenen Lehrstühlen zugeordnet, und die Bodenkunde wurde vom Pflanzenbau abgetrennt und der Agrikulturchemie zugeteilt. Damit musste für die Nachfolge Schulzes jemand gesucht werden, der den weiten Bereich von der anorganischen Chemie über Bodenkunde, Düngerlehre und Tierernährung überblickte. Der Historiograph der Abteilung für Landwirtschaft, Prof. Düggeli, schrieb dazu: „Unter den Bewerbern um die Neubesetzung des Lehrstuhls erkannte der damalige Präsident des Schweizerischen Schulrats, Prof. Dr. R. Gnehm, mit der ihm in diesen Dingen eigenen Sicherheit, dass mit Georg Wiegner nicht nur ein vortrefflicher Dozent zu gewinnen sei, sondern dass es auch gelte, in ihm ein starkes wissenschaftliches Talent zu gewinnen.“²⁵

Wiegner wurde den Erwartungen, die in ihn gesetzt worden waren, mehr als gerecht. Aus heutiger Sicht mag es erstaunen, dass der gleiche Forscher so unterschiedliche Gebiete wie die Bodenkunde, die Milchwissenschaft und die Fütterungslehre gleich meisterhaft beherrschen konnte. Doch Wiegners Ansatz, die verschiedenen Bereiche der Agrikulturchemie aus der Sicht der Kolloidchemie zu sehen, lässt den Erfolg verstehen. Milch, Boden und Mageninhalt betrachtete Wiegner als disperse Systeme, für welche die Gesetze der Kolloid- und Oberflächenchemie Gültigkeit haben müssten.

²² Richard Zsigmondy (1. 4. 1865 – 23. 9. 1929). Kolloidchemiker. 1889 Doktorat in München, Professuren in Graz und Göttingen (1908 – 1929). Zusammen mit H. Siedentopf Erfinder des Ultramikroskops. Nobelpreis für Chemie 1925.

²³ Lit. Wiegner (1912)

²⁴ Lit. Wiegner (1913)

²⁵ Lit. Düggeli (1936)

Von seiner Ausbildung und Veranlagung her neigte Wiegner mehr zur Behandlung theoretischer Probleme, doch verstand er es auch, wichtige Fragen der Praxis nach neuen wissenschaftlichen Gesichtspunkten in Arbeit zu nehmen und mit Erfolg zu lösen. Diese Dualität beschäftigte ihn offenbar stark, denn in einer Reihe von Publikationen ging er einleitend auf das Verhältnis von Theorie und Praxis ein. In einem Brief an Paul Liechti, den Vorstand der Schweizerischen Agrikulturchemischen Anstalt Liebefeld, schrieb er kurz vor dessen Tod²⁶:

„Der praktische Landwirt soll allein nach der Nützlichkeit seiner Maßnahmen fragen, ebenso der Pflanzenbauer und der Fütterungslehrer, aber der wissenschaftliche Agrikulturchemiker sollte es nicht tun, denn seine schöne Aufgabe ist die Arbeit am Unterbau der Wissenschaft, das originelle Aufspüren von neuen chemischen und physikalischen Meßmethoden und darüber hinaus das Einbauen von grundlegenden chemischen und physikalisch-chemischen Gedankengängen, denen dann die Nutzenwendungen durch den Pflanzenbauer, Tierernährer und Bodenkundler folgen sollen. Diesen Gedankengängen soll man nicht durch Einzwängen in Utilitätsgitter den Fortgang verbauen, sie müssen frei auslaufen können“.

Solche Äußerungen belegen Wiegners Überzeugung, dass aus der Theorie früher oder später auch für die Praxis Früchte reifen werden. Für praktische Belange setzte er sich aber ganz selbstverständlich ein, wenn die Zeit es erforderte. „Als gegen Ende des (ersten) Weltkrieges die Ernährung der Bevölkerung wie der Haustiere auf bedeutende Schwierigkeiten stieß“, schrieb Düggeli in seinem Nachruf auf Wiegner²⁷, „begann er sich mit ernährungsphysiologischen Studien zu beschäftigen. Zu seinen Untersuchungen über die Verdaulichkeit des Kriegsbrottes, der Kleie und der aufgeschlossenen Rauhfuttermittel trieb ihn wohl mehr das Pflichtgefühl seinem Gastland gegenüber als das rein wissenschaftliche Interesse. Als ihm aber (...) im Jahre 1925 ein neues, wohlausgerüstetes, mit einem Stab bewährter Mitarbeiter versehenes Institut für Tierernährung an der ETH zur Verfügung gestellt wurde, nahm er das Studium tierphysiologischer und volkswirtschaftlich wichtiger Fragen (...) in gewohnt gründlicher Art an die Hand.“

Die große Liebe Wiegners aber gehörte dem Boden. Seine ersten bodenkundlichen Studien ließen ihn rasch erkennen, dass der Boden ein zu komplexes, ein noch zu wenig übersichtliches System darstelle, als dass die allgemeinen Kolloidgesetze an ihm experimentell abgeleitet werden könnten. Als exakter Chemiker scheute er sich vor den allzu vielen Variablen. Er wählte deshalb den zweckmäßigen Weg, an einfachen übersichtlichen Systemen die gestellten Fragen zu studieren und die erhaltenen Funde auf den realen Boden zu übertragen. So stellte er die physikalische Chemie in den Dienst der Bodenkunde. Durch gründliche Untersuchungen an Tonen, Permutiten, Metallsolen und dem Studium der Wirkungen zwischen kolloiden Hydroxiden und Humus wurden die Gesetze der Koagulationsvorgänge²⁸, der Umtauschreaktionen²⁹, der Alterungs- und Sedimentationsvorgänge er-

²⁶ Brief von G. Wiegner an P. Liechti, zitiert nach Pallmann (1936). Paul Liechti (12. 2. 1866 – 24. 2. 1927). Agrikulturchemiker, Vorstand der Agrikulturchemischen Anstalt Liebefeld. Vgl. dazu Wiegner (1927).

²⁷ Lit. Düggeli (1936).

²⁸ Lit. Wiegner (1928, 1931a, 1932), Wiegner und Tuorila (1926), Wiegner und Marshall (1929), Wiegner, Magasanik und Gessner (1922).

²⁹ Lit. Wiegner (1925, 1930, 1931b, 1931c, 1936), Wiegner und Jenny (1927a, 1927b), Wiegner und Müller (1929), Wiegner und Pallmann (1930).

forscht. Auf dem methodischen Bereich verbesserte er die Schlämmanalyse, die er durch den Einsatz des Ultramikroskops ergänzte³⁰. Mit seinen Arbeiten zum Ionentausch und zur Koagulation wurde Wiegner rasch eine international anerkannte Autorität.

Weil Wiegner überzeugt war, dass die von ihm an Modellsystemen erarbeiteten Zusammenhänge sich auch in den realen Böden nachweisen lassen müssten, regte er an, auch die Morphologie und die Verbreitung der verschiedenen Böden im Feld zu untersuchen. Die Profilstudien und die Kartographie der Böden überließ er aber gerne seinen Mitarbeitern. Wenn diese ‚Seitenlinie‘ seiner Forschung zu einem durchschlagenden Erfolg wurde, so ist dies sicher dem glücklichen Umstand zu verdanken, dass er für die Feldarbeit außerordentlich begabte Mitarbeiter gewinnen konnte, die sich nicht nur in der Bodenkunde auskannten, sondern auch die Kolloidchemie in seinem Sinne von Grund auf beherrschten und entsprechende Themen bearbeiteten. Es sind dies Hermann Gessner, Alfred Meyer, Hans Jenny und Hans Pallmann³¹. Es entsprach ganz dem Wissenschaftsverständnis Wiegners, dass er für die Feldarbeit nicht unerfahrene Anfänger einsetzte, sondern ausgewiesene Forscher, die ihre Spuren bereits auf einem grundlagenorientierten Gebiet abverdient hatten³² und damit den realen Boden von Anfang an aus der Sicht der Grundlagen bearbeiteten. Über die wichtigsten Ergebnisse der Arbeiten bis Ende 1926 hat Wiegner in einem Vortrag anlässlich der 33. Jahresversammlung der Gesellschaft schweizerischer Landwirte am 14. Januar 1927 in Zürich berichtet. Der Vortrag fand große Beachtung und wurde daher zur weiteren Verbreitung in den nächsten drei Nummern der Schweizerischen Landwirtschaftlichen Monatshefte publiziert³³. Zweifelsohne gibt dieser Vortrag den Status quo der Bodenkunde in der Schweiz von Ende 1926 wieder und soll deshalb hier in groben Zügen vorgestellt werden.

Im ersten Teil des Vortrags ging Wiegner auf neuere Untersuchungen über die Bodenklimatypen, insbesondere in der Schweiz, ein und wandte sich dann in großem Detail der Frage des Verhaltens von Zementröhren in Meliorationsböden zu. Dieses Thema war Wiegner offensichtlich leid, denn im Exposé des Vortrags bemerkte er leicht zynisch: „Das zweite (Thema) soll vorgebracht werden, damit endlich einmal die Diskussion über eine Frage in Gang kommt, mit der sich die Kommission zur Untersuchung des Verhaltens von Zementröhren in Meliorationsböden (K.Z.M.), deren Präsident ich bin, schon seit fünf Jahren beschäftigt.“

³⁰ Lit. Wiegner (1917, 1918a, 1926), Wiegner und Russell (1930). Siehe dazu auch Gessner (1922, 1926).

³¹ Jenny und Pallmann haben sich später international einen Namen gemacht. Ihre Leistungen werden daher weiter unten in gesonderten Abschnitten behandelt.

³² Vgl. die entsprechenden Dissertationen: Gessner (1923), Meyer (1926), Jenny (1927) und Pallmann (1930). Meyer hatte unter der Leitung des Geographen F. Machatschek (Korreferent: Wiegner) mit einer wegweisenden Arbeit „Über einige Zusammenhänge zwischen Klima und Boden in Europa“ promoviert. Nach der Promotion arbeitete er eine zeitlang bei Wiegner als Postdoktorand.

Fritz Machatschek (22. 9. 1876 – 22. 9. 1957), Prof. an der dt. Universität Prag (1915 – 1924), Professor für Geographie an der ETH Zürich (1924 – 1928), Prof. Universität Wien (1928 – 1935), Prof. an der Universität München (1935 – 1946).

³³ Lit. Wiegner (1927)

Im folgenden werden die wichtigsten Aspekte des ersten Teils kurz vorgestellt. Für die umfangreiche Diskussion über das Problem der Zementröhren seien interessierte Leser auf die Originalarbeit verwiesen.

G. Wiegner: Neuere Untersuchungen über die Bodenklimatypen, insbesondere in der Schweiz (Zusammenfassung).

Nachdem die Bodenkunde seit Bestehen der Landwirtschaftlichen Abteilung des Polytechnikums vor allem praxisorientiert im Dienste des Ackerbaus und der Forstwirtschaft gelehrt worden war, begann Wiegner, von der Kolloidchemie her kommend, sich mit deren wissenschaftlichen Grundlagen zu beschäftigen. Es war ihm daher ein Anliegen, diese Grundlagen in die Praxis einfließen zu lassen. Mit diesem Grundsatz stieß er in der Schweiz anfänglich offenbar auf taube Ohren, und so rechtfertigte er sein Vorgehen in der Einleitung zu seinem Vortrag mit den Worten:

«... Während wir Theoretiker in Europa zunehmend hören, dass wir mehr praktisch sein sollten, verlangt heute der Amerikaner auch theoretische Anregungen von seinen Professoren. Ich konnte vor längerer Zeit mit einem amerikanischen Professor die Sachlage besprechen, der mir sagte: „In Amerika galt der Wahlspruch *Aus der Praxis für die Praxis* so lange, bis wir das Vertrauen der Praktiker gewonnen hatten. Nachdem uns das gelungen ist, können wir einen Schritt weitergehen und mit Erfolg *Theorie in die Praxis tragen*.“ – In Europa hingegen begannen wir zuerst nach dem Grundsatz *Theorie für die Praxis*, da aber der Praktiker demgegenüber skeptisch blieb, sucht heute der Professor dessen Wohlwollen zu gewinnen, indem er angibt, *aus der Praxis für die Praxis* zu reden. – Da ich hoffe, Ihr Vertrauen bereits zu besitzen, wage ich, heute zuerst *Theorie für die Praxis* vorzutragen.»

Er weist sodann noch darauf hin, dass er sich bei seinen Ausführungen auf Arbeiten aus dem Agrikulturchemischen Laboratorium der ETH beziehe, wo er sich mit seinen Mitarbeitern erstmalig in der Schweiz mit den Zusammenhängen zwischen Klima und Boden befasst habe.

Einleitend erwähnt Wiegner, dass die neuere Bodenkunde ihre Hauptfortschritte dadurch erzielt habe, dass sie die Zusammenhänge zwischen Boden und Klima studierte. Er weist vor allem auf das Verdienst der Russen und Amerikaner hin und erwähnt namentlich Dokutschajew, Sibirtzew, Glinka und Hilgard³⁴. Nach einer kurzen Charakterisierung arider und humider Verhältnisse folgt im Abschnitt (a) ein breit gefächertes Rückblick auf die geschichtlichen Zusammenhänge zwischen Klima, Boden und Kulturgeschichte, endend mit der Aussage,

«... dass Klima und Boden im festen Zusammenhange mit den wichtigsten menschlichen Kulturfragen stehen, und dass es sich wohl lohnt, der Erforschung der Beziehungen zwischen Klima und Boden nachzugehen; denn die Kultur ist in des Wortes ursprünglicher Bedeutung ‚bodenständig‘».

In den nächsten beiden Abschnitten (b, c) werden anhand zahlreicher Beispiele aus der Literatur Zusammenhänge zwischen der Niederschlagsmenge, bzw. dem Regenfaktor nach

³⁴ Vassili V. Dokutschajew (1846 – 1903). Nikolaus M. Sibirtzew (1860 – 1899). Konstantin D. Glinka (1867 – 1927). Eugen W. Hilgard (1833 – 1905).

Richard Lang³⁵ und der Bodenentwicklung aufgezeigt. Im Hauptteil des Vortrags stellt Wiegner sodann die relevanten Arbeiten seiner Mitarbeiter A. Meyer, H. Gessner und H. Jenny im Detail vor. Thematisch behandelt er in gesonderten Abschnitten die Bereiche:

- d) Boden und N.-S.-Quotient nach A. Meyer
- e) Podsolierung des Bodens in der Schweiz (H. Gessner)
- f) Bodenbildung im Wallis (A. Meyer)
- g) Bodenbildung im Schweiz. Nationalpark (H. Jenny)
- h) Bodenbildung und Vegetation
- i) Klimatische Bodenkarte in der Schweiz
- k) Praktische Landwirtschaft und Klimakunde des Bodens

Alfred Meyer zeigte in seiner Dissertation, dass die Zusammenhänge zwischen Klima und Boden besser beschrieben werden können, wenn im Regenfaktor von Lang die Temperatur durch das absolute Sättigungsdefizit ersetzt wird, denn die Verdunstung ist nicht nur von der Temperatur, sondern von weiteren Faktoren wie Luftfeuchtigkeit, Windstärke usw. abhängig. Er führte dafür den sog. N/S-Quotienten ein, bei dem die jährliche Niederschlagsmenge (in mm) geteilt wird durch die Differenz zwischen absoluter Luftfeuchtigkeit (100% Wassersättigung, berechnet auf die entsprechende mittl. Jahrestemperatur) und mittlerer jährlicher Luftfeuchtigkeit (in mm Hg). Meyer konnte zeigen, dass sich nach dem N/S-Quotienten die Braunerde- und Tschernosem-Gebiete sowie die atlantischen Gebiete und Heiden besser voneinander abheben als nach dem Regenfaktor. Aufgrund seiner Berechnungen zeichnete er eine neue Klimakarte, von der Wiegner überzeugt war, dass sie für alle künftigen Studien der Zusammenhänge zwischen Klima und Böden Bedeutung erlangen werde. Als Beweis führt er an, dass die Meyer'sche Klimakarte den Bodenkarten von Ramann und Glinka durchaus gleiche. Aufgrund der von Meyer berechneten N/S-Quotienten für zahlreiche Schweizerische Messstationen kommt Wiegner zum Schluss, „dass die Schweiz im sog. Podsolklima liegt und dass man Bodenprofile mit ausgesprochenen Auswaschungshorizonten zu erwarten hat.“

Der erste, der sich in der Schweiz der Studien von Bodentypen intensiver annahm, war Wiegners Mitarbeiter Hermann Gessner. Gessner suchte sich Standorte aus, die der Geobotaniker Rudolf Siegrist bereits einige Jahre zuvor vegetationskundlich bearbeitet hatte³⁶. Im Tessin fand er auf den Auen des Tessinflusses einen allmählichen Übergang vom frisch angeschwemmten Sand zum verwitterten Kulturboden, mit zunehmendem Humusgehalt, zunehmendem Gehalt an freien Eisenoxiden und abnehmendem Kalkgehalt, eine Bodenbildung also, die in Richtung Braunerde geht³⁷.

Um die Weiterentwicklung der Böden mit zunehmendem Alter zu verfolgen, setzte Gessner seine Studien auf den Nieder- und Hochterrassen der Aare fort. Hier fand er die von Meyer vermutete zunehmende Podsolierung auch im Schweizer Mittelland bestätigt. Während die Podsolierung auf der jüngeren Niederterrasse nicht so ausgeprägt in Erscheinung trat, war der Auswaschung auf der Hochterrasse fortgeschritten und in Form eines

³⁵ Regenfaktor = N/T (N = Jahresniederschlag in mm, T = mittl. Jährliche Temperatur in °C). Lit. Lang (1915)

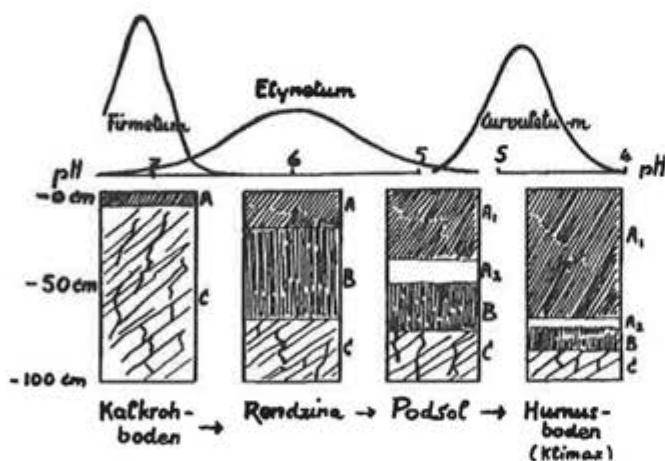
³⁶ Lit. Siegrist (1913)

³⁷ Lit. Siegrist und Gessner (1925)

deutlich erkennbaren mächtigen Bleicherdehorizontes erkennbar³⁸. Da bei tonreichen Böden im Mittelland eine Ausbleichung nur in Ansätzen beobachtet werden konnten, folgerte Wiegner, „dass die Podsolierungen in Schotterböden (Deckenschotter, Hochterrassen) ganz besonders deutlich sind.“³⁹

Nachdem im Flachland eine Übersicht gewonnen worden war, wurde das Bergland in Angriff genommen. Alfred Meyer bearbeitete das Gebiet des Wallis, das deshalb als interessant erachtet wurde, weil es sehr niedrige N/S-Quotienten aufweist und damit Tschernoseme zu erwarten waren. Solche fanden sich aber nicht; wohl aber waren in der kleinen Zone unterhalb 800 m (z.B. am Lötschberg) sog. A-C-Böden festzustellen, die nach Aarnio und Stremme⁴⁰ bereits zu den Schwarzerden gerechnet werden können. In der montanen und vor allem in der subalpinen Stufe fanden sich auch im Wallis podsolige und Podsolböden, obwohl die N/S-Quotienten nicht sehr hoch sind.

Die höheren Lagen im Alpengebiet bearbeitete schließlich Hans Jenny. Auf Anregung von J. Braun-Blanquet untersuchte er die Bodenbildung und Vegetationsentwicklung im Schweizerischen Nationalpark, v.a. im Val Cluozza⁴¹. Wiegner schreibt dazu: „Aus dem Silikatboden entsteht eine Braunerde, die allmählich so entkalkt wird, dass der Humus sauer wird, wodurch die Wanderung der Hydroxide von Aluminium und Eisen beginnt, was über den podsoligen zum Podsolboden führt., Der Kalkboden wird zur Rendzina. (...) Aber allmählich wird der Humus doch sauer, seine Schutzwirkung setzt ein, Aluminium- und Eisenhydroxid geraten in Bewegung; es entsteht ein Rendzinapodsol“.



Bei seiner Arbeit im Nationalpark untersuchte Jenny auch den Zusammenhang der Bodenbildung mit der Vegetation. So fand er auf neutralem bis basischem Kalkrohboden das Firmetum (*Carex firma*-Assoziation) angesiedelt (Optimum bei pH = 7.2); das Elynetum (*Elyna*-Assoziation) fand er auf Rendzinaböden und schwächer sauren podsoligen Böden (pH-Bereich zwischen 5 und 7), während das

³⁸ Lit. Gessner und Siegrist (1926)

³⁹ Dass die Böden auf den Aare-Terrassen den Podsolen zugeordnet wurden, vermag aus heutiger Sicht zu verwundern. Zur Zeit Wiegners war jedoch die Unterscheidung zwischen der Podsolierung (Verlagerung von Eisen- und Aluminium-Ionen in gelöster, bzw. komplexierter Form bei tiefen pH-Werten) und der Lessivierung (partikuläre Verlagerung von Tonmineralien und Eisen-/Aluminiumhydroxiden bei mittelsauren pH-Werten) noch nicht vollzogen. Aufgrund der dem Vortrag beigelegten Daten, Profilzeichnungen und Photos sind die Böden der Aare-Terrassen heute ohne Zweifel den Parabraunerden zuzuordnen.

⁴⁰ Lit. Aarnio und Stremme (1924)

⁴¹ vgl. dazu das Kapitel über Hans Jenny, S. 40ff.

Curvuletum (*Carex Curvula*-Assoziation) alpine Humusböden bewohnte (pH um 5). Jenny entwarf auf Grund seiner Beobachtungen ein Schema, in dem er die Bodenbildung und Vegetationsentwicklung auf Kalk im Hochgebirge anschaulich darstellte⁴². (Vgl. Abb.)

Zum Schluss seiner Ausführungen wies Wiegner noch auf die „Klimatische Bodenkarte der Schweiz“ hin, die Hans Jenny für den Stand des Agrikulturchemischen Instituts der ETH an der Schweizerischen Ausstellung für Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Gartenbau in Bern (12. – 27. September 1925) angefertigt hatte. Da die Karte im Kapitel über Hans Jenny im Detail vorgestellt wird, verzichten wir hier, näher darauf einzugehen.

Soweit die Ausführungen Wiegners. Nach der Promotion ging Hans Jenny in die USA, und Hans Pallmann nahm dessen Stelle als Assistent ein. Auch dieser arbeitete neben seiner kolloidchemischen Dissertation im Feld und setzte Jennys Untersuchungen der Bodenbildung im Engadin, ebenfalls in Zusammenarbeit mit Braun-Blanquet, fort. Fortan widmete sich Wiegner wieder mehr der Kolloidchemie und übertrug die eigentliche Bodenkunde immer mehr seinem Schüler Pallmann. Er gab zwar noch zwei feldorientierte Dissertationen aus⁴³, doch überließ er deren Betreuung weitgehend Pallmann, der, 1935 zum Professor für Agrikulturchemie gewählt, für die eine (Schmuziger) auch das Korreferat übernahm.

Wiegners internationale Ausstrahlung brachte es mit sich, dass sein Institut zu einem Anziehungspunkt für Forscher aus aller Welt wurde. In einem noch vorhandenen Besuchsbuch wurden die Gäste mit ihrer Visitenkarte und dem Grund des Besuchs von 1928 an getreulich vermerkt. Darin finden sich Namen wie H. Kappen, Bonn (1928), R. Kawashima, Japan (arbeitete über Schlämmanalyse Nov. 1930 bis März 1931), A.B. Stewart, McCauley Institute, Aberdeen (5. Sept. 1930 bis 16. Sept. 1931), F. Scheffer⁴⁴, PD an der Universität Halle (arbeitete von Mitte August bis 14. Okt. 1932 im Institut), R.L. Mitchell⁴⁵, McCauley Institute, Aberdeen (Okt. 33 bis Aug. 34), J. Aintmanis, Riga, Lettland (Juli bis Nov. 1935), A.C. van Schuffelen⁴⁶ (15. Juni bis 25. August 1934), Wolfgang Ost-

⁴² Die Schlussfolgerungen von Jenny und Wiegner bezüglich der Bodensukzessionen im Alpenraum, im besonderen auf Kalk, erscheinen uns heute ohne Zweifel als voreilig und zu wenig durchdacht. Man muss sich aber die Situation der Bodenkunde in der Schweiz vor 75 Jahren vor Augen halten. Noch anfangs der zwanziger Jahre war die Wissenschaft vom Boden weitgehend Brachland. Was interessierte, waren lediglich die obersten 20 cm der landwirtschaftlich nutzbaren Böden im Mittelland. Wiegner betrat mit seinen Mitarbeitern buchstäblich Neuland. Und die Ergebnisse überstürzten sich. Innerhalb von kaum 5 Jahren wurde fast das ganze Gebiet der Schweiz in groben Zügen bearbeitet, mit einem Enthusiasmus, den man sich heute kaum mehr vorstellen kann. Dass es dabei zu voreiligen Schlüssen kam, ist daher verständlich. Diese wurden aber laufend bereinigt.

⁴¹ Lit. Schmuziger (1935), Geering (1936)

⁴⁴ Fritz Scheffer (1899 – 1979). Professor für Agrikulturchemie und Bodenkunde in Göttingen. Begründer des „Lehrbuchs für Bodenkunde“ von Scheffer/Schachschabel, das im Laufe der Zeit unter Mitarbeit von zahlreichen Fachkollegen ständig erweitert und neu bearbeitet wurde. Lit. Scheffer (1937).

⁴⁵ R.L. Mitchell, Bodenchemiker, machte als einer der ersten umfangreiche Studien über den Schwermetallgehalt im Boden und publizierte bedeutende Arbeiten zur Schwermetallanalytik.

⁴⁶ A.C. van Schuffelen

wald⁴⁷ (Juli 1935), Jacob S. Joffe⁴⁸ (Okt. 1935). Ohne im Besuchsbuch erwähnt zu sein, arbeiteten in Wiegners Institut auch der bedeutende Kolloidchemiker Charles Edmund Marshall⁴⁹ und der Bodentechnologe E. W. Russell⁵⁰.

Wiegners hervorragende wissenschaftliche Leistungen in der Fachgebieten Kolloidchemie, Bodenkunde, Tierernährung und Milchwissenschaft fanden im In- und Ausland hohe Anerkennung. Dies äußerte sich zunächst in ehrenvollen Berufungen an die Universitäten Bonn, Hohenheim, München, Göttingen und Halle, die er jedoch alle ablehnte. In- und ausländische wissenschaftliche Vereinigungen ernannten ihn zu ihrem Ehrenmitglied, so die Gesellschaft Schweizerischer Analytischer Chemiker und die internationale Bodenkundliche Gesellschaft, zu deren Gründung er substantiell beigetragen hatte⁵¹. Schließlich verlieh ihm die Universität Zürich anlässlich ihrer 100-Jahrfeier den Dr. h.c. der Veterinärmedizin (1933) in besonderer Würdigung seiner bahnbrechenden Forschungen auf dem Gebiet der Haustierernährung, und die Kolloidgesellschaft zeichnete ihn mit dem bedeutenden Leonard-Preis aus (1934).



Dr. h.c. Weihe, Rümlang 1933

Stehend von links: Juon, Geering, von Grünigen, Gessner, Hüni, Schlatter, Schoch, Tscherniak, Dr. h.c. G. Wiegner, Weiss, Walder, Dr. Werner, Renold
Kniend von links: Pallmann, Tokuoka, Engler, Beutelsbacher, Grandjean, Schmuziger

⁴⁷ Wolfgang Ostwald (1883 – 1943), Prof. für phys. Chemie (Kolloidchemie) in Leipzig. Herausgeber der Kolloid-Zeitschrift, in welcher Wiegner die meisten seiner Arbeiten publizierte.

⁴⁸ Jacob Samuel Joffe (1886 – 1963), Prof. of Soils an der Rutgers University, New Brunswick, N.J. Verfasser des bedeutenden Lehrbuchs „Pedology“ (1936, 2nd Ed. 1949).

⁴⁹ Lit. Wiegner and Marshall (1929). C.E. Marshall wurde später Professor of Soils an der University of Missouri. Er arbeitete vor allem über die Kolloidchemie der Tone und verfasste zwei größere Werke (Marshall 1949 sowie Marshall 1964 und 1977), die als wegweisend für die Entwicklung der Bodenchemie gelten können.

⁵⁰ Lit. Wiegner und Russell (1930). E.W. Russell arbeitete zunächst an der Rothamstead Exp. Station in Harpenden (England) und ging später ans Dept. of Agriculture an der Oxford University.

⁵¹ In seinem Bericht «Reiseeindrücke aus Nordamerika» schrieb Wiegner dazu: „Vom 7. bis zum 10. Juni 1923 veranlassten wir in Zürich die ersten Schritte zur Gründung der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft. Auf der vierten Konferenz, die vom 12. bis 19. Mai 1924 in Rom stattfand, wurde die Gesellschaft gegründet.“ Lit. Wiegner (1928).

Wiegner war aber nicht nur ein hervorragender Forscher, sondern auch ein vortrefflicher Lehrer. Düggele, der mit ihm während vieler Jahre eng zusammenarbeitete, schrieb in seinem Nachruf⁵²:

„Die gehaltvollen, wohldurchdachten Vorlesungen forderten vom Studierenden völlige geistige Konzentration; es waren nicht nur auf Grund eingehenden Literaturstudiums aufgebaute Vorträge, sondern er bot eine von eigenen Forschungen durchgeistigte Wissenschaft. Sein Vortrag übte auf die Zuhörer eine eigentlich suggestive Wirkung aus; durch ihn war die Agrikulturchemie nicht mehr tote Wissenschaft; sie wurde vielmehr zum Gegenstand einer Offenbarung. (...) So sehr Wiegner als Forscher in jede Einzelheit vordrang und nicht ruhte, bis sie durchgearbeitet war, so verstand er es für die Vorlesungen und Besprechungen das herauszuschälen, was der Studierende als Kern für seine Ausbildung wissen muss. (...) Bei den Demonstrationen und Erläuterungen auf den Exkursionen, die sich zufolge ihrer Originalität bei den Studierenden höchster Beliebtheit erfreuten, gab er ihnen nicht nur gründliches Fachwissen mit auf den Lebensweg, sondern er ließ auch viel aus dem Schatze seiner Lebenserfahrung zukommen.“

Da sich Wiegner als erfahrener Physikochemiker der Bedeutung einer exakten und sauberen Laborpraxis bewusst war, verfasste er schon bald nach Antritt seines Amtes in Zürich eine „Anleitung zum agrikulturchemischen Praktikum“⁵³, die später unter Mitarbeit von Jenny in stark erweiterter Form als Buch herauskam und eine weite Verbreitung fand⁵⁴.

Neben der Lehre an der Hochschule war Wiegner bestrebt, das fachliche Wissen durch Wort und Schrift der schweizerischen Landwirtschaft zu vermitteln. Die Gesellschaft schweizerischer Landwirte, in deren Vorstand er mitwirkte, war für ihn das wichtigste Bindeglied zwischen Wissenschaft und Praxis. Dazu nochmals Düggele:

„Dort fand er für seine Vorträge nicht nur aufmerksame Hörer und dankbare Praktiker, sondern es wurde auch manches Freundschaftsband geknüpft. (...) Wenn er auch unsern Dialekt nicht beherrschte, so blieb er doch unsern Landwirten kein Fremder. Sein einfaches, freundliches Wesen, gepaart mit umfassendem Wissen, verschaffte ihm das Vertrauen des Praktikers wie des Gelehrten, des Deutschschweizers wie des Weltschen, von Jung und alt.“

Albert Volkart⁵⁵ drückte dies in seiner Geschichte der Abteilung für Landwirtschaft anlässlich der 75-Jahrfeier (1946) in dem lapidaren Satz unmissverständlich so aus: „Wiegner fand durch seine persönliche Veranlagung rasch Anschluss in unseren Kreisen.“



⁵² Lit. Düggele (1936)

⁵³ Lit. Wiegner (1919)

⁵⁴ Lit. Wiegner (1926)

⁵⁵ Albert Volkart (22. 4. 1873 – 3. 8. 1943), Dipl. Ing. Agr. ETH, Diplom 1894, Promotion bei H. Schinz an der Universität Zürich (1899), Professor für Landwirtschaft, insbesondere für allg. und spez. Pflanzenbau und Pflanzenpathologie an der ETH Zürich von 1925 bis 1943. Lit. Volkart (1947).

Seinen Studierenden und Mitarbeitern war Wiegner nicht nur ein verehrter Lehrer, sondern auch ein väterlicher Freund. Manchem hat er den Weg in die Zukunft geebnet. „Unvergesslich bleiben seinen Mitarbeitern“, schreibt Düggeli im Nachruf, „die regelmäßigen Ausflüge am Samstagnachmittag, den er für sie immer frei zu halten wusste. Durch Feld und Wald und Flur zog alsdann die muntere Schar (vgl. das Bild auf Seite 45)⁵⁶, wissenschaftliche Probleme beiseite lassend und Dinge diskutierend, die in der großen Welt passierten. Nach tüchtigem Marsche vereinigte sich die Institutsfamilie beim Glase Wein und huldigte fröhlichem Beisammensein.“

Wiegners Wirken hat zweifelsohne die weitere Entwicklung der Bodenkunde in der Schweiz nachhaltig beeinflusst. Seine Forderung und sein Vorbild, den Boden von den Grundlagen der Physik, Chemie und Biologie her anzugehen, lässt sich bis heute in Lehre und Forschung nachweisen.

Bedeutende Schüler von G. Wiegner

Im Nachruf für seinen verehrten Lehrer G. Wiegner schrieb sein Schüler und Nachfolger Hans Pallmann: „Wiegner war ein großer Bodenkundler, der sich aber nie gerne mit dem Boden selbst befasste. Er scheute sich, als exakter Chemiker, vor den allzu vielen Variablen. Profilstudien und die Kartographie der Böden hat er gerne seinen Mitarbeitern überlassen. Seiner Initiative verdankt man es jedoch, dass auch die Morphologie und die Verbreitung der verschiedenen Böden untersucht wurden.“⁵⁷ Und im hohen Alter sagte Hans Jenny, ebenfalls ein Schüler Wiegners, in einem Interview: „To my famous teacher G. Wiegner, soil was an object to apply known principles of colloid science and to discover new ones. He expressed little interest in the contract of humans with soil.“⁵⁸ Wiegner verstand es ohne Zweifel wohl, für die Beschäftigung mit den Profilstudien, der Morphologie und mit der Kartographie der Böden hervorragende Schüler zu werben, denn alle drei, die sich um ihn scharten, fanden später hohe Anerkennung als Bodenkundler, Forscher und Lehrer. Es sind dies der Anciennität nach: Hermann Gessner, Hans Jenny und Hans Pallmann. Im folgenden werden die bodenkundlichen Leistungen von Hermann Gessner und Hans Jenny kurz vorgestellt. Bei Hans Jenny müssen wir uns verständlicherweise auf seine Zürcher Arbeiten beschränken. Hans Pallmann, als Nachfolger Wiegners, wird ein eigenes Kapitel gewidmet sein.

Hermann Gessner (1897 – 1981)

Hermann Gessner wurde am 4. Februar 1897 als Bürger von Zürich in Aarau geboren. Er studierte an der ETH Zürich Chemie und promovierte anschließend bei Wiegner mit einer kolloidchemischen Arbeit „Über einige Alterungserscheinungen an Vanadinpentoxyd-Solen“, in welcher er sich vor allem mit der Größenbestimmung der Partikel und deren

⁵⁶ Neben Wiegner sein ständiger Mitarbeiter Dr. Werner und rechts die beiden Assistenten A. Schmuziger und Dr. H. Pallmann.

⁵⁷ Lit. Pallmann (1936)

⁵⁸ Lit. Stuart (1984)

Koagulation im Verlauf des Alterungsprozesses befasste⁵⁹. Er beschäftigte sich dazu intensiv mit der Verbesserung der Korngrößenbestimmung und publizierte zu diesem Thema bereits während seiner Doktorandenzeit eine Arbeit⁶⁰. Die Korngrößenbestimmung ließ ihn auch später nicht mehr los. Nach einer kürzeren Arbeit über den Wiegnerschen Schlämmaparat und seine praktische Anwendung⁶¹ habilitierte er sich 1931 für das Fach Kolloidchemie mit einer Arbeit über die Schlämmanalyse⁶², die er in Buchform herausgab. Viele Jahre später schrieb er für den Jubiläumsband, der von der Zeitschrift *Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung* 1963 zum 60. Geburtstag von H. Pallmann herausgegeben wurde, erneut über die Methodik der Schlämmanalyse⁶³.

Nach der Promotion blieb Gessner am agrikulturchemischen Institut und begann sich auf Anregung von Wiegner als einer der ersten mit der Erforschung schweizerischer Böden zu beschäftigen. Zunächst bearbeitete er zusammen mit R. Siegrist die Bodenbildung auf den Auen des Tessinflusses⁶⁴ und auf den Terrassen der Aare⁶⁵, die Siegrist bereits in seiner Dissertation vegetationskundlich untersucht hatte. Die Böden auf den Hochterrassen, die einen fahlen A₂-Horizont und einen darunterliegenden ortsteinähnlichen B₁ aufwiesen, bezeichnete er als podsolige, bzw. schwach podsolierte Braunerden, eine Zuordnung, die bis in die später fünfziger Jahre standhielt. Später setzte er seine Arbeiten im unteren Tessin fort und schlug für die dort vorgefundenen stark humosen, gut durchlässigen Böden die Bezeichnung „insubrische Braunerden“ vor⁶⁶.



Mit dem Doktoranden Hans Jenny zusammen wandte er sich eine Zeit lang der Bodenazidität zu. Im September 1926 trug er anlässlich der V. Hauptversammlung der Kolloidgeellschaft in Düsseldorf einen umfassenden Überblick über die „Bedeutung der pH-Bestimmung in der Bodenkunde“ vor. Der heute noch lesenswerte Text wurde später in der Kolloid-Zeitschrift in erweiterter Form publiziert⁶⁷ und stieß auf weltweites Interesse.

Mit seinen Arbeiten im Aargau und im Tessin hat Gessner viel zur Kenntnis der Böden in der Schweiz beigetragen. Er ging daher zusammen mit H. Pallmann daran, die Bodentypenkarte von Jenny (s. unten) neu zu bearbeiten und als erste gedruckte Bodenkarte der Schweiz herauszugeben⁶⁸.

⁵⁹ Lit. Gessner (1924)

⁶⁰ Lit. Gessner (1922)

⁶¹ Lit. Gessner (1926)

⁶² Lit. Gessner (1931b)

⁶³ Lit. Gessner (1963)

⁶⁴ Lit. Siegrist und Gessner (1925)

⁶⁵ Lit. Gessner und Siegrist (1926)

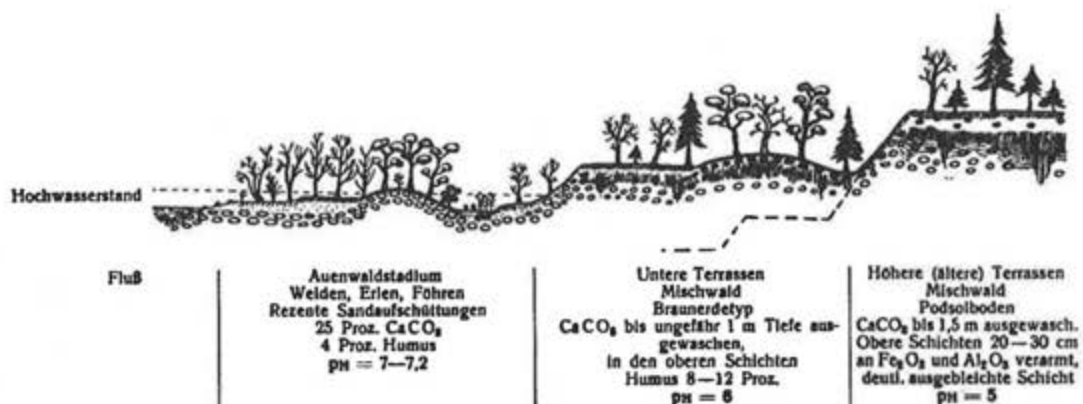
⁶⁶ Lit. Gessner (1931a)

⁶⁷ Lit. Wiegner und Gessner (1926)

⁶⁸ Pallmann und Gessner (1934)

1928 nahm Gessner eine Stelle an der EMPA⁶⁹ in Dübendorf an, wo er zunächst die Arbeitsgruppe „Bodenkunde und Kolloidchemie“ leitete. Anfangs der dreißiger Jahre übernahm er die Kontrolle des Materials für den Gasschutz und widmete sich der Bekämpfung der Silikose. Bis zu seiner Pensionierung im Jahre 1962 las er an der ETH über Allgemeine Kolloidchemie. In Anerkennung seiner Verdienste in Lehre und Forschung wurde er 1946 von der ETH zum Titularprofessor ernannt. Gessner starb im Januar 1981 im Alter von 84 Jahren.

Auch wenn Gessner in seinen späteren Jahren andere Verpflichtungen übernehmen musste, so kommt ihm doch zusammen mit Hans Jenny das Verdienst zu, als erster in der Schweiz systematisch Böden in ihrer natürlichen Umwelt beschrieben und klassifiziert zu haben.



Bodenbildung auf den Flussschotterterrassen: Schematisches Querprofil zu einem Flusstal des schweizerischen Mittellandes (aus Gessner und Siegrist, 1926)

Hans Jenny (1899 – 1992)

Hans Jenny wurde am 7. Februar 1899 in Basel geboren. Nach den obligatorischen Schulen studierte er ab 1919 an der ETH in Zürich Landwirtschaft und schloss 1922 mit dem Diplom als Ingenieur-Agronom ab. Im oben bereits erwähnten Interview antwortete er auf die Frage des Interviewers, wie er als Naturwissenschaftler das Interesse am Boden gefunden habe: „It was the other way around. I had an interest in soil and to comprehend it I needed science“. Es ist wohl nicht falsch anzunehmen, dass diesem Wunsch schon während der Studienzeit Wiegner Pate gestanden hat. Jedenfalls schrieb sich Jenny bei Wiegner als Doktorand ein und traf dort auf eine Gruppe, die sich fast ausschließlich mit kolloidchemischen Problemen von Lebens- und Futtermitteln befasste. Wiegner selber hatte zu jener Zeit erst einige wenige bodenbezogene Arbeiten veröffentlicht, und diese befassten sich mit kolloidchemischen Problemen. Sein erfolgreiches Büchlein „Boden und Bodenbildung aus kolloidchemischer Sicht“ war allerdings schon 1918 erschienen und wurde während Jennys Doktorandenzeit mehrmals neu aufgelegt⁷⁰. Als Jenny kam, arbeite-

⁶⁹ EMPA: Eidg. Materialprüfungsanstalt

⁷⁰ 4. Auflage (1926)

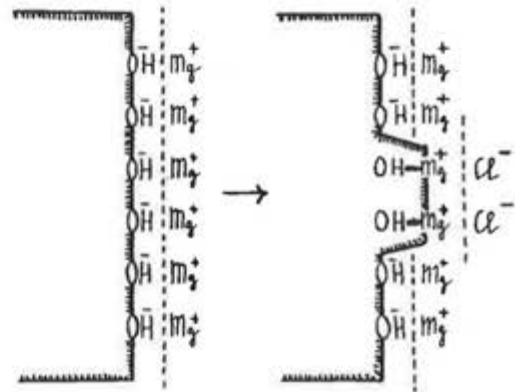
te Gallay⁷¹ an der Koagulation von Tonmineralien, und Gessner (s.o.) hatte mit seinen bodenkundlichen Arbeiten im Aargau und im Tessin gerade begonnen.

Jenny verfolgte während der gut drei Jahre, die er als Doktorand bei Wiegner verbrachte, zwei Linien: Für seine Dissertation beschäftigte er sich mit dem Ionenaustausch an Permutiten. Daneben untersuchte er in Zusammenarbeit mit dem Geobotaniker Josias Braun-Blanquet die Böden des Schweizerischen Nationalparks. Beide Arbeitsgebiete führten zu einer Reihe von viel beachteten Publikationen, die noch heute lesenswert sind. Die alpinen Böden beschäftigten Jenny noch lange über seine Doktorandenzeit hinaus. Teile seiner diesbezüglichen Arbeiten fanden Eingang in sein 1941 erschienenes klassisches Buch „Factors of Soil Formation“⁷², und noch in den frühen 60er Jahren kam er, wohl ferienhalber, aus Berkeley in die Schweiz, um im Vorfeld des Rhonegletschers die Bodenentwicklung und die Akkumulation von Stickstoff zu untersuchen⁷³. Schließlich entwarf er, basierend auf eigenen Arbeiten sowie denen seiner Kollegen Meyer und Gessner, die erste Bodentypenkarte der Schweiz. Im folgenden sollen die drei Arbeitsgebiete kurz vorgestellt und gewürdigt werden.

a) Der Ionentausch an Permutiten

Aus heutiger Sicht war die Beschäftigung Jennys mit den alpinen Böden wohl ergiebiger als seine Arbeit über den Ionentausch an Permutiten. Für Wiegner stand aber die Bestätigung seiner Vorstellung vom Mechanismus des Ionentausches im Vordergrund. Liest man den Text von Jennys Dissertation⁷⁴ durch, so wird diese Vermutung allein anhand der vielen Bezüge auf Wiegners Arbeiten mehr als bestätigt. Wiegner hatte für den Ionentausch die Freundlich'sche Adsorptionsisotherme⁷⁵ $x/m = K \cdot c^{1/p}$ unter Berücksichtigung der Konzentration des austretenden Ions zu einer Umtauschisotherme modifiziert⁷⁶: $y = K[c/(a-c)]^{1/p}$. Jenny stellte zwar fest, dass die logarithmierten Kurven keine strengen Geraden ergaben, doch entschloss er sich nach dem Vergleich mit andern Formelvorschlägen, letzten Endes alle Kurven nach der Wiegnerschen Formel zu berechnen, „denn ihre allgemeine Brauchbarkeit hat sich bei der Auswertung der Konstanten aufs neue erwiesen.“

Für seine Versuche verwendete Jenny - als Modellsubstanz für die Ionentauscher im Boden - einen Ca-Permutit⁷⁷, den er durch vollständigen Austausch in die homologen Alkali- und



⁷¹ Lit. Gallay (1924)

⁷² Lit. Jenny (1941)

⁷³ Lit. Jenny (1964)

⁷⁴ Lit. Jenny (1927)

⁷⁵ Lit. Freundlich (1922)

⁷⁶ Lit. Wiegner (1925)

⁷⁷ Amorphes, wasserhaltiges Calcium-Aluminium-Silikat mit der allgemeinen Formel: $(\text{SiO}_2)_3 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaO} \cdot n\text{H}_2\text{O}$

Erdalkalipermutite umsetzte. Zudem wurde je ein H^+ , NH_4^+ sowie ein Al-Permutit hergestellt. Aufgrund der Umtauschisothermen kam Jenny zum Schluss, dass

1. der Ein- und Austausch einwertiger Ionen normal verläuft, d.h. mit steigender Hydratation eines Ions der Eintauch ab- und der Austausch zunimmt.
2. die zweiwertigen Ionen Austauschabnormalien zeigen, denn in höheren Konzentrationen tauschen diese schlechter ein als einwertige Ionen. Diese Anomalien werden durch die Bildung unlöslicher Hydroxide mit den OH-Ionen der Innenschicht erklärt. Zur Begründung dieses Phänomens wird die Helmholtzsche Doppelschicht modifiziert durch die Annahme partiell ungeladener Oberflächen mit kombiniertem Kationen- und Anionenumtausch (vgl. Abb. S. 49).

b) Die alpinen Böden

Die intensive Beschäftigung Jennys mit den alpinen Böden begann auf Anregung *Braun-Blanquets*, der sich seit längerem mit der Vegetationsentwicklung im zentralen Alpenraum beschäftigte. In seiner Geschichte des S.I.G.M.A. schrieb Braun-Blanquet dazu⁷⁸:

„Pour l'étude du sol j'ai trouvé en M. H. Jenny, assistant à l'institut de chimie agricole de l'école polytechnique fédérale (ETH), un collaborateur précieux. (...) Dès le début un thème captivant qui fixait notre attention, était la recherche du dynamisme des associations végétales de l'étage alpin dans son rapport avec les transformations du sol. Pour solutionner ce problème, la collaboration nécessaire entre pédologue et phytosociologue s'avérait des plus fructueuse. Avec H. Jenny nous avons pu mettre en évidence le parallélisme étroit entre les groupements végétaux alpins et leurs profils de sol. (...) Le mémoire avec H. Jenny est une première preuve des résultats satisfaisants de la collaboration intime entre phytosociologues et pédologues.“



Doch Jenny wäre nicht Jenny gewesen, wenn er sich bloß mit der Bestandesaufnahme und nicht auch mit den naturwissenschaftlichen Grundlagen beschäftigt hätte. So umfasst Jenny's Teil der gemeinsamen Publikation⁷⁹ kennzeichnenderweise die 4 Kapitel *I. Bodenreaktion*, *II. Flugstaub*, *III. Humus* und *IV. Bodenbildung*. Dass die Bodenreaktion vorangestellt wurde, ist kein Zufall, lag doch seinem Mentor Wiegner die pH-Messung der Böden sehr am Herzen (vgl. oben). Jenny selber hatte schon 1925 eine bemerkenswerte Arbeit über „Reaktionsstudien an schweizerischen Böden“ publiziert und war darin nach einem Hinweis auf die Bedeutung des pH für die Landwirtschaft vor allem auf die Technik der pH-Messung – damals eine nicht einfache Angelegenheit – und auf die Pufferkapazität der Böden eingegangen⁸⁰. Im Kapitel I der Alpenbodenpublikation fasste er einleitend die wichtigsten Punkte daraus zusammen und stellte dann die Ergebnisse seiner pH-Messungen an alpinen Standorten vor. Als Beispiel ist in der nachfolgenden Abbildung links seine pH-Variationskurve für die *Carex curvula*-Standorte und rechts die entsprechende Vegetationsentwicklung für die Sukzession *Firmetum* – *Elynetum* – *Curvuletum* wiedergegeben. Jennys Darstellung fand bei den Pflanzensoziologen rasche Anerkennung. Schon

⁷⁸ Lit. Braun-Blanquet (1968), Seite 7ff.

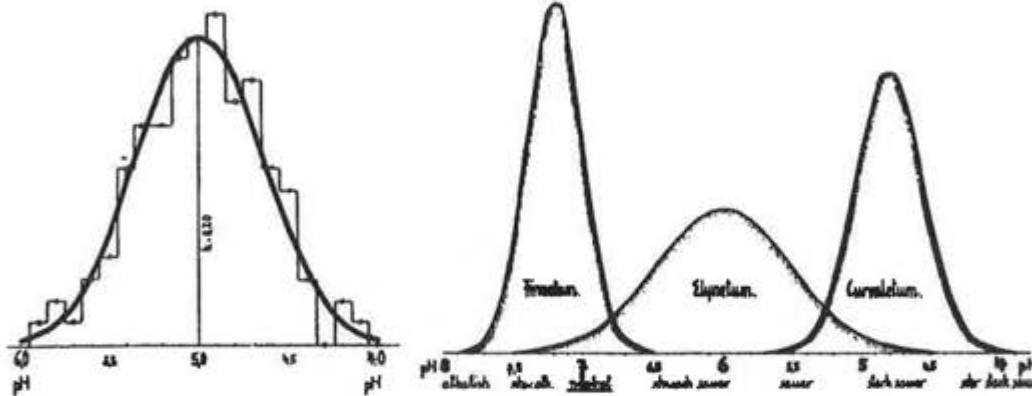
⁷⁹ Lit. Braun-Blanquet und Jenny (1926)

⁸⁰ Lit. Jenny (1925)

kurze Zeit nach dem Erscheinen der Arbeit fand die Darstellungsmethode beispielhaft Eingang in eine Arbeit von Albert Frey(-Wyssling) über die „Anwendung graphischer Methoden in der Pflanzensoziologie“⁸¹.

Im Kapitel III (Humus) wird der Humusgehalt mit dem pH korreliert und es werden – wie für die pH-Werte – für die drei Standorte Humusverteilungskurven berechnet. Im Kapitel IV (Bodenbildung) schließlich werden die Böden nach dem damals am Institut verwendeten Schema klassifiziert und mit der Vegetationsentwicklung korreliert.

Die Arbeit Jennys fand große Beachtung, und so ist es nicht verwunderlich, dass ihm die Aufgabe übertragen wurde, für das geplante, zehnbändige „Handbuch der Bodenlehre“ das Kapitel über die Hochgebirgsböden zu verfassen. Band 3 mit Jennys Artikel, für welchen Teile der oben vorgestellten Arbeit, ergänzt mit einer breiten Literaturübersicht, übernommen wurden, erschien 1930⁸². Inzwischen war Jenny bereits seit einiger Zeit an der University of Missouri als Professor tätig!



Gemessene und berechnete pH-Variationskurven von *Carex curvula* (125 Individuen)

Vegetationsentwicklung und Bodenreaktion für die Sukzession *Firmetum* → *Elynetum* → *Curvuletum* (je 100 Individuen)

c) Die Bodentypenkarte der Schweiz

An der Schweizerischen Ausstellung für Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Gartenbau, die vom 12. bis zum 27. September 1925 in Bern stattfand, beteiligte sich auch das Agrikulturchemische Laboratorium der ETH mit einem eigenen Stand⁸³. Für diesen entwarf Hans Jenny eine Bodentypenkarte der Schweiz, in der er die diesbezüglichen Arbeiten aus dem Institut Wiegner zusammenfasste. Als Unterlage benutzte er eine gewöhnliche Schulkarte im Maßstab 1:600.000, auf der er mit brauner und weißer Deckfarbe die Bodenregio-

⁸¹ Lit. Frey (1928)

⁸² Lit. Jenny (1930)

⁸³ Der Stand des Instituts befand sich in der Halle, die dem Thema „Förderung der Landwirtschaft“ gewidmet war. Darin untergebracht waren neben den staatlichen Organisationen die landwirtschaftlichen Lehranstalten der verschiedenen Ebenen sowie die bäuerlichen Vereine, Genossenschaften und Verbände. Der Generalkommissär der Ausstellung, Nationalrat H. Stähli schreibt dazu: „Überall beobachten wir die erfreuliche Tendenz, die graphischen Tabellen, die früher diesen Ausstellungen einen eintönigen Charakter verliehen und daher nur die Spezialisten zu fesseln vermochten, durch bildliche und figürliche Darstellungen zu ersetzen.“ Lit. Stähli (1925).




nen einzeichnete. Offenbar fand die Karte Beachtung, denn drei Jahre später, nun schon in den USA arbeitend, verfasste er zur Karte einen Kommentar, den er unter dem Titel „Bemerkungen zur Bodentypenkarte der Schweiz“ im Landw. Jahrbuch der Schweiz, 1928, veröffentlichte. In der Einleitung zu diesem Artikel schrieb er:

„Die Karte hatte warme Unterstützung und Förderung durch Herrn Prof. Wiegner erfahren, der sie, versehen mit Erläuterungen, an die Redaktion der Bodenkarte von Europa sandte. Seither haben weitere Beobachtungen und Analysen die Grundlagen der Darstellung bestätigt, so dass wohl der Versuch gewagt werden darf, die Karte nebst Bemerkungen weiteren Kreisen zugänglich zu machen. Damit soll eine bodenkundliche Diskussionsbasis geschaffen werden, sozusagen eine Ausgangsbasis für weitere, endgültigere Forschungen“.

Zunächst wird – wohl unter dem Einfluss der Arbeiten von A. Meyer – begründet, weshalb die Karte auf klimatische und weniger auf geologische Grundlagen abgestützt ist. Darnach werden die drei großen Bodengruppen, die für das Gebiet der Schweiz ausgeschieden wurden, im Detail beschrieben und diskutiert. Es würde zu weit führen, hier auf die Details einzugehen. Auf zwei Punkte allerdings soll hingewiesen werden, da sie zeigen, wie sehr sich Jenny um eben diese Entwicklung kümmerte.



Die Bodentypenkarte von Jenny (aus Jenny 1928)

-  Böden mit geringer Umlagerung der Karbonate und Sesquioxide (Braunerden)
-  Böden mit starker Umlagerung der Karbonate (Rendzina)
-  Böden mit starker Umlagerung der Sesquioxide (Podsol)

Auf der Originalkarte wird als Endstadium der Rendzinen das Rendzina-Podsol aufgeführt. Im Text ist von diesem kaum mehr die Rede. Es wird lediglich noch darauf hingewiesen, dass der saure, degenerierte Typ unter starker Befeuchtung ins Podsol übergehen

kann. Und Jenny betont mit Nachdruck, dass kartographische Detailarbeit nötig wäre, um den degenerierten Typ der Rendzina vom neutralen, fruchtbaren Typ abzugrenzen. Der zweite Punkt betrifft die Braunerden. Hier betont Jenny, dass „innerhalb der Braunerdezone weitere eigenartige Bodenformen gefunden worden seien“, so Meyers tschernosem-ähnliche Böden in den Trockengebieten des Wallis⁸⁴. Bei den Böden auf Hochterrassenschottern am Rhein und den nach Gessner ‚podsoligen‘ Böden in den Aareterrassen⁸⁵ regt er weitere Untersuchungen an, „um die vielfach 1 – 2 m mächtigen, fahlen, ortsteinähnlichen, an Gelberden erinnernden Horizonte verstehen zu können“. Aus heutiger Sicht hat Jenny in allen drei Fällen ins Schwarze getroffen. Bei den sauren, degradierten Rendzinen dürfte es sich um vollständig entkarbonatete Mergelrendzinen handeln, die sich unter feucht-kühlen Verhältnissen ohne Zweifel Richtung Podsol entwickeln. Die tschernosemartigen Böden im Wallis werden heute als Phäozeme ausgeschieden⁸⁶, und bei den stark sauren ‚podsoligen‘ Böden auf älteren Schottern dürfte es sich um reliktsche Parabraunerden handeln.

Schon ein paar Jahre später nahmen Pallmann und Gessner die von Jenny vorgeschlagenen Ideen auf und entwarfen anhand von weiteren umfangreichen Erhebungen eine bereinigte Karte, welche die Anregungen Jennys vollumfänglich integrierte. Dazu Pallmann: „Die Jennysche Karte konnte durch spätere Kartierungsarbeiten in ihren großen Zügen bestätigt werden“⁸⁷. Die ausgearbeitete Karte von Pallmann und Gessner, deren Original sich heute am Institut für Terrestrische Ökologie der ETH befindet, erschien erstmals 1934 in gedruckter Form⁸⁸. Eine etwas detailliertere Auflage im Maßstab 1:1'250'000 erschien später als Separatdruck ohne Jahresangabe. Diese Karte ist auf der nächsten Seite verkleinert (Maßstab ca. 1:2'500'000) wiedergegeben. Der nachstehende Ausschnitt gibt zur Verdeutlichung der Details das Unterengadin im Maßstab 1:1'000'000 wieder.

Die Karte von Pallmann und Gessner, die in ihren wesentlichen Zügen auf jene von Jenny zurückgeht, wurde im Laufe der Zeit in verschiedenen Versionen, farbig und schwarzweiß, neu aufgelegt und bildete die Grundlage für den entsprechenden Unterricht an der ETH. Erst 1966 wurde sie durch die Karte von Frei, Juhasz und Bach ersetzt, die nun auch in der Schweiz den neuen Klassifikationsvorschlägen von Kubiena und Mückenhausen entgegenkam⁸⁹.



Abb. rechts: Karte von Pallmann und Gessner aus dem Jahr 1934. Ausschnitt Region Unterengadin im Maßstab 1:1'000'000.

⁸⁴ Lit. Meyer (1926)

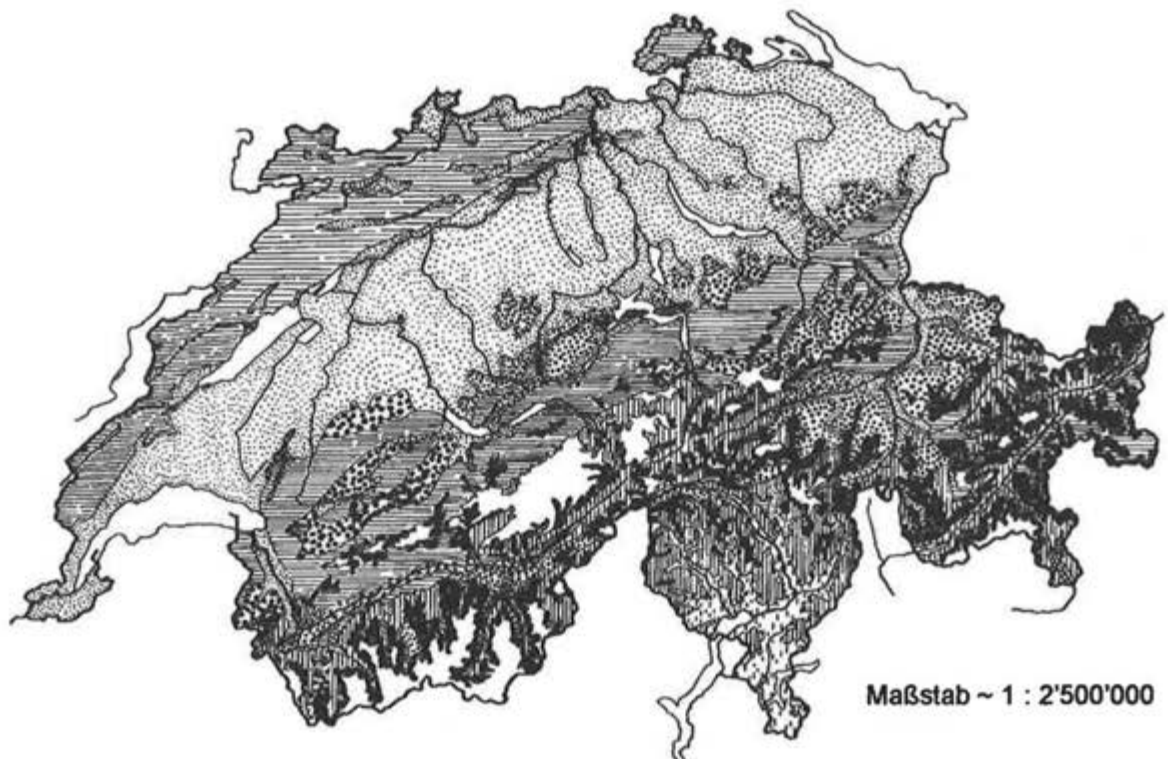
⁸⁵ Lit. Gessner und Siegrist (1926)

⁸⁶ Lit Frei (1980)

⁸⁷ Lit Pallmann (1932)

⁸⁸ Lit. Pallmann und Gessner (1934)

⁸⁹ Lit. Frei et al. (1966)



Maßstab ~ 1 : 2'500'000

Bodentypenkarte der Schweiz, auf der Basis der Karte von Jenny aufgenommen durch H. Pallmann und H. Gessner (1934)

Muttergestein	Höhenstufe	Vorherrschender Bodentyp	Sign.
Sedimentäre Mischgesteine	Mittelland u. montane Stufe	Braunerde	[diagonal lines]
	Subalpin bis alpin	Podsolige Braunerde	[dots]
	Alpin bis nival	Rohböden	[cross-hatch]
Kalkfreie Gesteine (Granit, Gneis)	Subalpin	Podsol	[vertical lines]
	Alpin bis nival	Humussilikatboden	[horizontal lines]
Kalksteine (hoher Kalkgehalt)	Jura-Subalpin	Humuskarbonatboden	[horizontal lines]
	Alpin bis nival	Humuskarbonatrohboden	[horizontal lines]
Silikatische Gesteine	Tessin, montane Stufe	Insubrische Braunerde	[diagonal lines]
Karbonatische Gesteine	dito	Insubrischer Humuskarbonatb.	[diagonal lines]
dito	Wallis, Talsohle	Steppenartige Böden	xxxxx



Nach Beendigung seiner Dissertation ging Jenny in die USA, wo er zunächst beim Bodenmikrobiologen und späteren Nobelpreisträger A. A. Waksman arbeitete, bevor er 1928 seine Tätigkeit an der University of Missouri in Columbia aufnahm. 1936 wechselte er als Professor of Soil Chemistry and Morphology nach Berkeley, wo er auch nach seiner Emeritierung im Jahre 1967 forschte und sich, zusammen mit seiner Frau Jean, zunehmend der Erhaltung von Naturreservaten im Westen der USA widmete. Er verstarb im Alter von fast 93 Jahren am 9. Januar 1992.

Hans Pallmann (1903 – 1965)

Vorbemerkung: Der nachfolgende kurze Nachruf, verfasst von Roman Bach, erschien am 14. 10. 1965 in der Zürcher Tageszeitung „Die Tat“. Er fasst in wenigen trockenen Worten das überreiche Wirken des wohl wegweisendsten Schweizerischen Bodenkundlers zusammen.



„In der Nacht vom 12. auf den 13. Oktober 1965 ist der Präsident des Schweizerischen Schulrates, Prof. Dr. Hans Pallmann, plötzlich vom Tode ereilt worden.

Professor Pallmann wurde am 21. Mai 1903 in seiner Heimatstadt Frauenfeld geboren. An der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich studierte er Naturwissenschaften und doktorierte anschließend beim berühmten Agrikulturchemiker *Georg Wiegner*. 1932 habilitierte er sich an der ETH für spezielle Agrikulturchemie. 1935 wurde er als Nachfolger von E. Winterstein zum außerordentlichen Professor für Agrikulturchemie gewählt und 1936 als Nachfolger des im Amt verstorbenen G. Wiegner zum Vorstand des Agrikulturchemischen Instituts ernannt.

Von 1942 bis 1946 war er Vorstand der Abteilung für Landwirtschaft und 1947 wurde er zum Rektor der ETH gewählt. Von 1949 bis zu seinem Tod leitete er die Geschicke der ETH als Präsident des Schweizerischen Schulrates. Hatte sich Professor Pallmann als Hochschullehrer hauptsächlich mit Problemen der Bodenkunde und der hochmolekularen Naturstoffe beschäftigt, so widmete er sich als Schulratspräsident mit vollem Einsatz und großem Erfolg den viel umfassenderen Aufgaben: der Betreuung und Förderung von Unterricht und Forschung an der ganzen ETH und ihren Annexanstalten. Unter seiner Leitung wurden über zwanzig neue Institute gegründet und über hundert Professuren neu besetzt. Verschiedene Gebäude wurden neu errichtet, erweitert oder umgebaut. Und dieses Jahr hat der Bundesrat den Eidgenössischen Räten die Botschaft für einen großzügigen Ausbau der ETH zugestellt. Diese Botschaft ist das Werk von Professor Pallmann; sie ist zu seinem Vermächtnis geworden. Die ETH und das Schweizer Volk sind Professor Pallmann für seine vollendeten Taten und das richtungsweisende Vermächtnis dankbar“.

Ob Pallmanns Interesse an der Bodenkunde durch Hans Jenny und den Kontakt mit Braun-Blanquet geweckt wurde, lässt sich heute nicht mehr nachweisen. Jedenfalls erwähnt Jenny in seiner Arbeit über die alpinen Böden: „Im ganzen liegen etwa 180 Humusbestimmungen von Bodenproben vor, die zum weitaus größten Teil von Herrn H. Pallmann ausgeführt wurden“⁹⁰. Neben den Humusbestimmungen dürfte Pallmann wohl auch andere Bodenanalysen durchgeführt haben, denn schon mit 24 Jahren veröffentlichte er eine Arbeit, in der er einige bodenkundliche Methoden für den Mittelschulunterricht vorstellte⁹¹.

Sicher ist aber, dass Pallmann seinen Doktorvater Wiegner bewunderte. In der Ansprache von Hans Leibundgut anlässlich der Abdankungsfeier lesen wir:

„Schon als Assistent übte der junge Bodenkundler auf uns Studenten beinahe magische Kräfte aus. Wir mussten uns einfach für die Bodenkunde interessieren, weil Pallmann der Assistent Wiegners war. Er sprach wie Wiegner, formulierte wie der verehrte Meister, hatte ungewollt seine Bewegungen übernommen, nicht als Ausdruck der Anpassung, sondern als Folge seiner

⁹⁰ Lit. Jenny (1926)

⁹¹ Lit. Pallmann (1926, 1927)

ganz außergewöhnlichen Fähigkeit, mitzufühlen, mitzuerleben. Das Persönliche trat schon damals zurück. Es ging um die Sache, damals Wiegners Sache⁹².

Pallmann war, schon als Privatdozent, ein unübertrefflicher Meister des Unterrichts. Dazu nochmals Leibundgut:

„Seine Begeisterung griff wie Feuer auf seine Schüler über. Selbst die verwickeltsten Probleme verstand Pallmann derart einfach und anschaulich darzustellen, dass sie einfach jeder verstehen musste oder wenigstens zu verstehen glaubte. Sein Vortrag war derart fesselnd und ein jedes Thema wurde durch ihn dermaßen aktuell, dass sich jeder Student zum vornherein für sein Fach interessierte. (...) Er zog das Auditorium gewissermaßen «ins Vertrauen», machte seine Gedanken in schmiegsamer Art ohne die Erregung irgendwelchen Widerstandes ganz einfach zu den Gedanken seiner Schüler⁹³.

Diese Bemerkung bezieht sich nicht nur auf Pallmanns Unterricht im Hörsaal, sondern auch auf seine Feldübungen:

„Erst recht war der bald weltweit anerkannte Meister unserer Bodenkunde im Gelände in seinem Element. Er brachte das Bodenprofil förmlich zum Leben. In Wald und Flur fand er auch die gerade durch ihn so fruchtbar gewordene Verbindung mit der Vegetationskunde, dem Pflanzenbau und dem Waldbau⁹⁴.

Auch wenn Pallmann die Bodenkunde von den Grundlagen her zu verstehen und zu vermitteln versuchte, so lag ihm doch der Bezug zur Praxis stets am Herzen. Neben seinen bedeutenden wissenschaftlichen Arbeiten finden wir eine Reihe von Schriften, in denen er dem Praktiker, Förster und Landwirt, den Boden und die Agrikulturchemie näher brachte. Er scheute nicht, immer wieder Artikel zu verfassen, in denen er neue wissenschaftliche Erkenntnisse für die Praktiker aufbereitete⁹⁵.

Pallmann war nicht nur ein unübertrefflicher Lehrer, sondern in erster Linie auch ein visionärer Forscher. Schon mit seiner Dissertation deutete er darauf hin, dass er die Ideen, die Wiegner in die Wege geleitet hatte, aufzugreifen und zu mehrern verstand. Im Gegensatz zu Wiegner, der die Bodenkunde als Teil der Kolloidchemie verstand und die Feldarbeit vollumfänglich seinen Mitarbeitern überliess, war Pallmann ganz Bodenkundler. Seine nichtbodenkundliche Forschung beschränkte sich auf einige wenige Arbeiten zur Übergärung, Überhitzung und Selbstentzündung von Futterstöcken. Gehen wir seine bodenkundlichen Arbeiten im Detail durch, so können wir im wesentlichen vier Forschungsgebiete ausmachen:

- a) Entstehung, Eigenschaften und Klassifikation der Böden
- b) Kolloidchemische Eigenschaften des Bodens, insbesondere des Humus
- c) Zusammenarbeit von Bodenkunde und Pflanzensoziologie
- d) Methoden der Boden- und Standortkunde.

⁹² Lit. Schiltknecht et al. (1965)

⁹³ Lit. Schiltknecht et al. (1965, S. 23)

⁹⁴ Lit. Schiltknecht et al. (1965, S. 24)

⁹⁵ Lit. Pallmann (1932, 1934a, 1942b, 1943)

a) Entstehung, Eigenschaften und Klassifikation der Böden

Als Pallmann am Agrikulturchemischen Institut unter Wiegner zu arbeiten begann, war die feldbezogene, ökologisch orientierte Bodenkunde, wie oben bereits angetönt, in vollem Aufbruch. Gessner und Siegrist hatten vor kurzem ihre Arbeiten über die Böden im Tessin und auf den Flussterrassen im Aargau veröffentlicht⁹⁶, und die Arbeiten von Meyer über die Walliser Böden⁹⁷ und von Braun-Blanquet und Jenny über die Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der alpinen Stufe der Zentralalpen⁹⁸ waren gerade erschienen. Aufgrund dieser Arbeiten hatte Jenny seine Schematische Bodenkarte der Schweiz entworfen⁹⁹. Den Wissensstand von 1927 über die Schweizer Böden fasste Wiegner in einem bemerkenswerten Aufsatz zusammen¹⁰⁰. Als Jenny in die USA ging, übernahm Pallmann dessen Aufgaben in Braun-Blanquets Team, das sich mit Vegetation und Boden im Schweizer Nationalpark beschäftigte. In der Folge weitete er das Untersuchungsgebiet auch ins Oberengadin aus, publizierte dazu zusammen mit dem Pflanzensoziologen Paul Haffter 1933 eine bemerkenswerte bodenkundlich-pflanzensoziologische Arbeit¹⁰¹ und fasste 1938 die Ergebnisse seiner jahrelangen Beschäftigung mit den alpinen Böden unter Berücksichtigung neuer Ergebnisse auf dem Gebiet der Humusforschung in einer Arbeit über die alpinen Eisen- und Humuspodsole zusammen¹⁰². Dazwischen entwarf er mit H. Gessner, basierend auf der Karte von Jenny, eine neue, ergänzte Bodenkarte, die 1934 als Nebenkarte der Geotechnischen Karte der Schweiz unter dem Titel „Bodentypenkarte der Schweiz“ herauskam¹⁰³.

Als Pallmann 1935 zum a.o. Professor gewählt wurde und nach Wiegners Hinschied 1936 dessen Stelle als o. Professor für Agrikulturchemie antrat, verlagerte er den Schwerpunkt seiner Forschung von der feldbezogenen Bodenkunde zu mehr grundlegenden Arbeiten (vgl. dazu den nächsten Abschnitt). Erst anfangs der vierziger Jahre ließ er daneben wieder eigentliche pedologische Promotionsarbeiten ausführen, wobei sich sein Interesse nunmehr von den Podsolen zu den bislang noch wenig erforschten Kalkböden (Rendzinen, Humuskarbonatböden) verlagerte¹⁰⁴. Dabei erkannte er immer mehr die Unzulänglichkeit der verfügbaren Klassifikationssysteme, worüber er sich in seinen Schriften immer wieder bedauernd äusserte. Noch 1950 schrieb Bach in der Einleitung zu seiner Dissertation: „Über die Klassifikation der (Kalk)Böden hat man sich bisher nicht einigen können; daher kommt zum Teil auch die Verwirrung in der Literatur über die Kalkböden.“ Pallmann begann daher, ein eigenes System auszudenken, an dem er, wie aus den jährlich neu bearbeiteten Vorlesungsunterlagen ersichtlich wird, mit Beharrlichkeit feilte. Zu einer eigentlichen Publikation kam es nie, doch finden sich in den Arbeiten zur „Zusammenarbeit zwischen

⁹⁶ Lit. Siegrist und Gessner (1925); Gessner und Siegrist (1926)

⁹⁷ Lit. Meyer (1926)

⁹⁸ Lit. Braun-Blanquet und Jenny (1926)

⁹⁹ Siehe Abschnitt über Hans Jenny. Lit. Jenny (1928).

¹⁰⁰ Lit. Wiegner (1927)

¹⁰¹ Lit. Pallmann und Haffter (1933)

¹⁰² Lit. Pallmann, Hasler und Schmuziger (1938)

¹⁰³ Lit. Pallmann und Gessner (1934)

¹⁰⁴ Lit. Frei (1943), Leuenberger (1950), Bach (1950)

Bodenkunde und Pflanzensoziologie“ detaillierte Angaben zum sog. Zürcher System¹⁰⁵ (wie es in den Grundzügen in erweiterter Form in der Schweiz noch heute verwendet wird). Der nachfolgende grundlegende Textauszug stammt aus der Arbeit von Pallmann, Richard und Bach (1948), in der das Pallmannsche System der Bodenklassifikation am umfassendsten dargestellt wird:

„*Der Boden als Perkolationssystem*: Für eine konsequente Systematik kann der komplexe und umwandlungsfähige Boden in vereinfachender Abstraktion wie folgt betrachtet werden:

1. Der Boden stellt ein polydisperses *Filtergerüst* dar.
2. In diesem Filtergerüst können hochdisperse Verwitterungs- und Humifizierungsprodukte im Bodenwasser verlagert werden (Perkolate):
 - a) aktiv durch Diffusion;
 - b) passiv mit dem zirkulierenden Strom der Bodenlösung.
3. Filtergerüst und Perkolate bilden zusammen das *Perkolationssystem*.
4. Das Perkolationssystem wird *gekennzeichnet*:
 - a) durch die Richtung der Perkolation in der zeitlichen Resultante;
 - b) durch den Charakter des Filtergerüsts;
 - c) durch die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Perkolate (Chemismus, Dispersität, Stabilisierungsart der hochdispersen Teilchen durch Hydratation, Aufladung, Schutzkolloide);
 - d) durch das *Ausmaß* der Bodenbildung, d. h. der durch Verwitterung, Humusbildung und Perkulationsverlagerung bedingten Profilgliederung in Horizonte usw. (genetischer Entwicklungszustand des Bodens).“

Aus diesen Überlegungen heraus leitete Pallmann (hier gekürzt, ohne Erläuterungen wiedergegeben) folgende Einheiten des Systems ab:

Die Einheiten des Systems

1. *Die Bodenklassen (Classes de sols)*

Sie werden nach der *hauptsächlichsten Richtung der Perkolat-Verlagerung* eingeteilt. Diese wird vornehmlich durch das Großklima bestimmt

K₁ Klasse der exoperkolativen Böden: Perkolate steigen im Verdunstungshub gegen die Profiloberfläche. Anreicherungshorizonte im Oberprofil. Aride Klimate.

K₂ Klasse der amphiperkolativen Böden: Perkulationsrichtung wechselt periodisch. Gleichgewicht zwischen Anreicherung und Auslaugung.

K₃ Klasse der endoperkolativen Böden: Perkolate werden aus dem Oberprofil gegen den Untergrund verlagert, in tiefern Horizonten angereichert oder ganz ausgewaschen. Fortschreitende Entbasung der obern Horizonte. Humide Klimagebiete.

K₄ Klasse der periperkolativen Böden: Allseitige Perkulationsverlagerung im Bodenfilter. Nassböden. Klimaeinfluss auf Perkulationsrichtung sekundär. Relief und Hydrologie sind vor allem richtunggebend.

¹⁰⁵ Lit. Pallmann (1947, 1948a, 1948b), Pallmann et al. (1948)

2. Die Boden-Ordnungen (*Ordres de sols*)

Die Bodenklassen werden nach der *hauptsächlichsten Entstehungsart des Bodenfiltergerüstes in Ordnungen unterteilt*. Die Entstehungsart wird durch den Verwitterungsgrad des anorganischen Bodenanteils und durch den Humusanteil angezeigt:

- O₁ *Ordnung der petrogenen Böden*: Das Bodengerüst besteht hauptsächlich aus chemisch nicht oder nur wenig verwittertem Gesteinsmaterial. Dieses ist höchstens physikalisch verwittert. Kälte- und Trockengebiete der Erde. Bedeutung des Humus untergeordnet.
- O₂ *Ordnung der minero-chemogenen Böden*: Das Bodengerüst besteht aus chemisch stark verwittertem anorganischem Material. Bedeutung des Humus untergeordnet (meist rascher Abbau der Humusbildner). Verbreitet vor allem in tropisch warm-feuchten Klimaten.
- O₃ *Ordnung der organo-minerogenen Böden*: Das Bodengerüst besteht aus chemisch mittel bis stark verwittertem anorganischem Material. Der Humus bestimmt die Bodeneigenschaften wesentlich mit. Humus in holorganischen oder hemorganischen Horizonten. Vor allem in Steppen-, warm gemäßigten Regen- und Borealklimaten.
- O₄ *Ordnung der organo-petrogenen Böden*: Das Bodengerüst besteht aus chemisch wenig verändertem Gesteinsmaterial und aus Humus. Geringe Intensität der chemischen Gesteinsverwitterung oder unbedeutende Änderung des Chemismus einseitig zusammengesetzter Gesteine (Karbonate, Gips) selbst bei relativ hoher Verwitterungsintensität. Tundraklima, Hochgebirge. Harte Karbonat- und Gipsgesteine.
- O₅ *Ordnung der organogenen Böden*: Das Bodengerüst besteht zur Hauptsache aus Humus. Die anorganischen Bodenkomponenten treten mengenmäßig und in ihrer Bedeutung für die Bodeneigenschaften weit hinter dem Humus zurück. Vor allem klimatische und lokale (reliefbedingte) organische Nassböden.

3. Die Bodenverbände (*Alliances de sols*)

Die Bodenordnungen werden nach dem *kennzeichnenden Chemismus des anorganischen Bodengerüstes* in Verbände unterteilt.

- V₁ *Verband der allitischen Böden*: Das anorganische Bodengerüst zeigt hohen Gehalt an freien Eisen- und Aluminiumoxydhydraten, die als Verwitterungsprodukte absolut, oder relativ im Rückstand gleichmäßig im Mittel- und Oberprofil angereichert.
- V₂ *Verband ferri-siallitischer Böden*: Im anorganischen Bodengerüst sind Alumosilikate kennzeichnend (Tone, Gele oder Mineraletritus). Daneben finden sich freigelegte Fe- und Al-Oxyhydrate,
- V₃ *Verband siallitischer Böden*: Alumosilikate sind kennzeichnend für das anorganische Bodengerüst. Freie Sesquioxidhydrate nicht oder nur in unbedeutenden Mengen vorhanden.
- V₄ *Verband der sial-terralkitischen Böden*: Neben Alumosilikaten sind die Erdalkal karbonate (eventuell auch Sulfate) kennzeichnend für das anorganische Bodengerüst.
- V₅ *Verband der terralkitischen Böden*. Erdalkal karbonate (eventuell Sulfate) herrschen im anorganischen Bodengerüst vor. Wichtiger Verband auf CaCO₃-reichsten Sedimenten und Gips.
- V₆ *Verband der heterolitischen Böden*: Chemismus des anorganischen Bodengerüstes für Profileigenschaften mehr oder weniger belanglos. Dominanz anderer eigenschaftsbestimmender Faktoren (Z. B. Nassböden, Gesteinsböden der Arktis, der Gebirge und der Wüsten).

4. Die Bodentypen (*Types de sols*)

Die Verbände werden nach den kennzeichnenden Perkolaten unterteilt in Typen. Als Perkolate bezeichnet man die hochdispersen Verwitterungs- und Humifizierungsprodukte, die im Bo-

denwasser verlagert werden. Für die Zuweisung eines Bodens zu einem bestimmten Typus sind nicht alle, sondern nur die *kennzeichnenden Perkolate* maßgebend.

Wichtige kennzeichnende Perkolate:

- T₁ *Sesqui-Sil-Typus*: Perkolation kolloiddisperser Sesquioxide unter Schutzwirkung kolloider Kieselsäure. (Musterbeispiel: Laterite.)
- T₂ *Sesqui-Hum-Typus*: Perkolation kolloiddisperser Sesquioxide unter Schutzwirkung hochdisperser Humussäuren (auch Gerbsäuren usw.). (Musterbeispiel: Eisen- und Humuspodsole.)
- T₃ *Acid-Hum-Typus*: Perkolation kolloiddisperser Humussäuren. Bodenfilter sauer bis sehr sauer, oft rein organogen oder organopetrogen. (Musterbeispiele: Hochmoore, Humussilikatböden.)
- T₄ *Terralk-Typus*: Perkolation von Erdalkali-Ionen, auch an Grenzflächen der Bodenteilchen diffundierend. (Musterbeispiele: Schwarzerde, Braunerde, Humuskarbonatboden, Rendzina.)
- T₅ *Alk-Typus*: Kennzeichnende Perkolate = wasserlösliche Alkalisalze mit angströmdispersen Anionen. (Chloride, Sulfate, Karbonate, Nitrate). (Musterbeispiele: Solontschak-Alkaliböden.)
- T₆ *Alk-Hum-Typus*: Alkali-peptisierte (vorwiegend durch Na-Ionen dispergierte) Humusstoffe = kennzeichnendes Perkolat. (Musterbeispiele. Solonetz- Böden.)
- T₇ *Alaun-Typus*: Kennzeichnende Perkolate = angströmdisperse Fe- und Al-Sulfate. (Musterbeispiele: Saure Sulfatböden in Küstengebieten).

Der Bodentyp ist die grundlegende Einheit des Systems; das Perkolationssystem eines Bodens ist damit vollständig gekennzeichnet. Die Bodentypen tragen Trivialnamen, z.B. Braunerde, Podsol, usw.

Zur Illustration wird in der Arbeit von Pallmann, Richard und Bach im Anschluss an die vorstehend gekürzt wiedergegebene Ableitung die Stellung wichtiger in der Schweiz vorkommender Bodentypen im Zürcher Bodensystem tabellarisch vorgestellt (Braunerde, Rendzina, Podsol, Humuskarbonatboden, Humussilikatboden und Hochmoor-Boden). Als Beispiel sei hier die Braunerde aufgeführt:

Braunerde	Klasse:	Endoperkolativ	K ₃
K ₃ O ₃ V ₂ T ₄	Ordnung:	Organo-minerogen	K ₃ O ₃
	Verband:	Ferri-siallitisch	K ₃ O ₃ V ₂
	Typus:	Terralk	K ₃ O ₃ V ₂ T ₄

Soweit Pallmann. - Das „Zürcher System“ wurde hier im Detail dargestellt, um die Leistungen Pallmanns zu würdigen und auf die gründliche und durchdachte Arbeit hinzuweisen.

b) Kolloidchemische Eigenschaften des Bodens, insbesondere des Humus

Pallmann arbeitete zwar während seiner Assistentenzeit an zahlreichen Feldprojekten mit, doch ließ er sich, wie vor ihm schon Gessner und Jenny, vom Chemiker Wiegner überzeugen, sich für die Dissertation ein grundlagenorientiertes Thema auszusuchen.

Als Nachfolger Wiegners pflegte Pallmann ab 1936 dessen Vorstellung vom Boden als einem dispersen System weiter und wandte er sich fortan der Untersuchung der kolloid-

chemischen Eigenschaften von Humus¹⁰⁶ zu, wobei er, wie er selber schrieb, versuchte, „mit geeigneten Modellsubstanzen¹⁰⁷ (Lignin, Pektin, Carubin, Graphitsäure) das disper-soidchemische Verhalten der Humusstoffe einzugabeln“. Dieser Forschungszweig wurde später von seinem Nachfolger Deuel aufgegriffen und erweitert¹⁰⁸. Während die eigentli-che Humuschemie mit dem allzu frühen Hinschied Deuels ihr Ende fand, fand die Chemie von Pektin und Carubin ihre Fortsetzung in den Arbeiten von Deuels Nachfolger Neukom und führte schließlich zur Umbenennung der Professur für Agrikulturchemie in Professur für Lebensmittelchemie.

c) Methoden der Boden- und Standortkartierung

Wie oben bereits erwähnt, führte Pallmann für H. Jenny an die 180 Humusbestimmungen durch. Die Bodenanalytik ließ ihn von da an nicht mehr los, und so finden sich periodisch Publikationen, in welchen er über neue oder verbesserte Methoden berichtete. Besonders am Herzen lag ihm die pH-Messung und die Bestimmung des organischen Kohlenstoffs¹⁰⁹. Mit seinem Doktorvater Wiegner zusammen befasste er sich mit dem Einfluss von gelade-nen kolloidalen Teilchen auf die pH-Messung¹¹⁰. Durch den engen Kontakt mit der anor-ganischen und analytischen Chemie der ETH verfolgte er die Entwicklung der Analytik aus erster Hand. Als einer der Ersten setzte er die quantitative Flammenspektroskopie in der Bodenkunde ein und – nicht zufrieden mit den vorhandenen Anleitungen – ließ er diese im Rahmen einer Dissertation untersuchen und auf seine Bedürfnisse anpassen¹¹¹. Die wei-teste Beachtung fand sein Vorschlag für eine neue Temperaturmessung bei ökologischen und bodenkundlichen Untersuchungen¹¹². So war es für ihn selbstverständlich, Wiegners weitverbreitete „Anleitung zum quantitativen agrikulturchemischen Praktikum“ zu bear-beiten und neu herauszugeben¹¹³.

d) Zusammenarbeit von Bodenkunde und Pflanzensoziologie

Schon als Student und vor allem als Assistent Wiegners war Pallmann in den Dunstkreis Braun-Blanquets geraten. Als Jenny für Braun-Blanquet arbeitete, half ihm Pallmann bei den Laboranalysen, und als Jenny nach seiner Promotion in die USA auswanderte, nahm Pallmann seine Stelle im Umfeld Braun-Blanquets ein. Pallmann arbeitete fortan häufig im Engadin und beschäftigte sich dort vorwiegend mit den Podsolserien auf verschiedenen

¹⁰⁶ Lit. Zadnard (1939)

¹⁰⁷ Lit. Junker (Lignin, 1941), Hamdi (Graphitoxid, 1943), Deuel (Pektin, 1943), Weber (Pektin, 1943), Perrenoud (Lignin, 1944), Pilnik (Pektin, 1946), Matus (Pektinase, 1948), Neukom (Pek-tin, 1949)

¹⁰⁸ Sie dazu den Abschnitt über H. Deuel

¹⁰⁹ Lit. Pallmann und Zobrist (1932)

¹¹⁰ Siehe Abschnitt b. Lit. Pallmann (1930), Wiegner und Pallmann (1930), Wiegner et al. (1932), Wiegner und Pallmann (1930a, 1930b)

¹¹¹ Lit. Hasler (1940), Pallmann und Hasler (1940)

¹¹² Lit. Pallmann, Eichenberger und Hasler (1940), Pallmann, Hasler und Eichenberger (1940), Pallmann und Frei (1943)

¹¹³ Lit. Wiegner und Pallmann (1938)

sauren Substraten. Dieser frühe Kontakt mit der Pflanzensoziologie prägte Pallmann nachhaltig. Vgl. dazu das nebenstehende Bild¹¹⁴.

Alle feldbezogenen Dissertationen, die er in der Folge betreute, hatten nicht allein den Boden, sondern ganz selbstverständlich auch dessen Stellung im Ökosystem zum Inhalt. Im Unterricht und auch in seinen praxisbezogenen Vorträgen wurde er nicht müde, auf den Zusammenhang zwischen Bodeneigenschaften und Pflanzenwachstum hinzuweisen¹¹⁵. So lesen wir bereits in seiner Antrittsvorlesung als PD¹¹⁶:



„Das Studium der reizvollen Zusammenhänge zwischen der Vegetationsentwicklung und der Bodenbildung ist heute eines der aktuellen Probleme, das durch die verständnisvolle Zusammenarbeit der Bodenkundler und der Pflanzensoziologen stark gefördert worden ist und wird. Boden, Vegetation und Klima sind eine strenge Einheit. Die Eigenart des Bodens spiegelt sich in der von ihm beherbergten Vegetation, diese letztere beeinflusst wieder die Bodenbildung, und Vegetation und Bodenbildung werden durch das Klima in bestimmte Bahnen gelenkt.“

Gegen Ende seiner wissenschaftlichen Laufbahn, als Pallmann der ETH im Nebenamt als Rektor vorstand, hielt er, gleichsam als wissenschaftliches Vermächtnis, eine Reihe von Vorträgen, in denen er sich mit den Grundlagen der Zusammenarbeit von Bodenkunde und Pflanzensoziologie auseinandersetzte¹¹⁷. Auch seine Rektoratsrede von 1947 widmete er dem Thema¹¹⁸. In diesen Arbeiten stellte er erstmals das Zürcher Bodenklassifikationssystem vor, das ohne Zweifel durch die ökosystemare Betrachtungsweise geprägt war. Auf dieses System wurde oben bereits näher eingegangen (s. S. 57ff.). Als Pallmann 1949 zum (vollamtlichen) Präsidenten des Schweizerischen Schulrates aufstieg und sein Amt als Professor für Agrikulturchemie aufgeben musste, war das Bedauern vor allem bei den Geobotanikern groß. So schrieb Walo Koch dazu an Braun-Blanquet¹¹⁹:

„Was sagst Du zur Berufung Freund Pallmanns an die Stelle des Präsidenten des Schweizerischen Schulrats? Für die ETH ist es die denkbar glänzendste Lösung. Wie leid es mir tut, den anregenden Exkursionskameraden zu verlieren, kannst Du Dir wohl lebhaft vorstellen. Und ganz sicher bedeutet es für uns Pflanzensoziologen einen unersetzlichen Verlust.“

¹¹⁴ Vgl. nebenstehendes Bild aus Braun-Blanquet (1968). V.l.n.r. sind zu erkennen: E. Campell, E. Frey, S. Brunies, E. Wilczyk, J. Braun-Blanquet, H. Pallmann. Lit. Braun-Blanquet et al. (1931), Pallmann und Haffter (1933)

¹¹⁵ Siehe Anhang B

¹¹⁶ Lit. Pallmann (1934b)

¹¹⁷ Lit. Pallmann (1947, 1948a), Pallmann et al. (1948)

¹¹⁸ Lit. Pallmann (1948b)

¹¹⁹ Lit. Braun-Blanquet (1968)

Auf allen vier der hier vorgestellten Bereiche hat Pallmann Großes geleistet, ohne dass die eine oder andere Richtung überwog. Alles in allem war er ein universell gebildeter Bodenwissenschaftler, dessen Ideen heute noch nachwirken. Er war ein unübertrefflicher Meister des Unterrichts, der seine Schüler in seinen Bann zog und für die Bodenkunde begeisterte. Er war ein begnadeter, visionärer Forscher, dessen Spuren auch heute noch nicht verblasst sind. Woran das lag, hat Hans Leibundgut in seiner Abdankungsrede so formuliert:

„Wenn wir auf das *wissenschaftliche Werk* zurückblicken, dann sind es weniger ganz bestimmte große Arbeiten, die Hans Pallmann berühmt gemacht haben, als vielmehr der *Geist*, der aus ihnen weht, ihre Originalität, ihre Sauberkeit, Allgemeingültigkeit und das immer wieder bewiesene Verständnis für die großen Zusammenhänge“¹²⁰.

Dass Pallmann auch als Präsident des Schweizerischen Schulrats Außergewöhnliches leistete, braucht wohl kaum betont zu werden. Da hier in erster Linie seine wissenschaftlichen Leistungen gewürdigt werden, sollen zwei Zitate genügen. In der Sondernummer, welche die Zeitschrift *Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung* aus Anlass des 60. Geburtstags von Pallmann herausgab, schrieb der Bundesrat und ehemalige Kollege Pallmanns, Prof. Dr. F. T. Wahlen, im Geleitwort¹²¹:

„Ich weiß, wie sehr Dir die Lehr- und Forschungstätigkeit ans Herz gewachsen war und welchen Kampf es Dich kostete, sie im Jahr 1949, dem Ruf des Bundesrates auf Übernahme des Präsidiums des Schweizerischen Schulrates folgend, aufzugeben. Das persönliche Opfer, das Du damit brachtest, war gleichzeitig ein großer Verlust für Deine wissenschaftliche Disziplin, für die Abteilungen, an denen Du lehrtest, und für Deine Kollegen und Studenten. Ich möchte Dir aber von Herzen danken, dass Du es brachtest, denn der Gewinn für unsere Eidgenössische Technische Hochschule wiegt das alles bei weitem auf. Unter den Faktoren, welche die Zukunft unseres Landes mitbestimmen, stehen die Heranbildung eines tüchtigen wissenschaftlichen Nachwuchses und die Förderung der Forschung mit an allererster Stelle. Wir wissen, dass die Gewinnung und Erhaltung der hervorragenden Lehrkräfte, derer wir dazu bedürfen, bei Dir in besten Händen liegen. Darüber hinaus sind wir froh zu wissen, dass Du die ETH nicht nur als Stätte der Ausbildung von Ingenieuren und Wissenschaftlern betrachtetest, sondern dass es Dir um die Formung des ganzen Menschen geht.“

Und an der Gedenkfeier im Fraumünster in Zürich, anlässlich von Pallmanns Bestattung am 16. Oktober 1965, sagte Bundespräsident Prof. Dr. H. P. Tschudi¹²²:

„Er war ein begnadeter, von den Studenten verehrter Lehrer und zugleich ein origineller, erfolgreicher Forscher, dessen Untersuchungen weitere reiche Früchte versprachen. Wenn er dennoch sein Fachgebiet und den ihm ans Herz gewachsenen Lehrstuhl verließ, so gehorchte er seinem außerordentlichen Pflichtbewusstsein und seiner staatsbürgerlichen Gesinnung. Wenn die Eidgenossenschaft seine organisatorischen Fähigkeiten, sein diplomatisches Geschick und sein Führungstalent für das Präsidium ihrer Hochschule in einer Zeit rascher Expansion benötigte, dann wollte und konnte der Patriot Pallmann ihr seine Dienste nicht versagen“.

¹²⁰ Lit. Schiltknecht et al. (1965, S. 24)

¹²¹ Lit. Wahlen (1963)

¹²² Lit. Schiltknecht et al. (1965)

Die Pallmannsche Schule

Pallmann übte sein Amt als Professor für Agrikulturchemie nur gerade 14 Jahre aus, doch hat er die schweizerische Bodenkunde geprägt wie kaum jemand. Dies ist neben seinen eigenen bedeutenden Leistungen nicht zuletzt der Auswahl hervorragender Schüler zu verdanken, die er für die Wissenschaft vom Boden zu begeistern wusste und denen er mit unermüdlicher Beharrlichkeit Tiefgang und Weitsicht vermittelte. Es verwundert daher nicht, dass eine Reihe seiner Doktoranden die akademische Laufbahn einschlugen und in der Schweiz oder im Ausland auf renommierte Lehrstühle berufen wurden.

Wie oben gezeigt wurde, versuchte Pallmann dem Humus beizukommen, indem er sich zunächst mit dem dispersoidchemischen Verhalten von Lignin und homogenerer Modellsubstanzen wie Pektin und Carubin beschäftigte. Dieser Forschungszweig war als Einstieg in die zu jener Zeit kaum fassbare Huminstoffchemie gedacht. Mit der 1947 erfolgten Habilitation von H. Deuel, der sich in seiner Dissertation als erster dem Pektin zugewandt hatte, machte sich der Zweig aber bald selbständig, zumal Pallmann selber zur gleichen Zeit durch sein Amt als Rektor der ETH stark beansprucht war. Als Deuel 1949 die Nachfolge Pallmanns als Professor für Agrikulturchemie antrat, baute er das Gebiet weiter aus und holte einen der letzten Doktoranden Pallmanns, den Chemiker Johann Neukom, der 1949 mit einer Arbeit über das Geliervermögen von Pektinstoffen promoviert hatte, aus Amerika ans Institut zurück, wo er fortan eine entsprechende Arbeitsgruppe betreute. Neukom wurde später Deuels Nachfolger auf dem Lehrstuhl für Agrikulturchemie (s.u.). Walter Pilnik, der ebenfalls über Pektinstoffe doktriert hat, wurde Professor of Food Science an der renommierten Agricultural University in Wageningen in den Niederlanden. Hassan Hamdi aus Ägypten schloss 1943 mit einer Arbeit über „Dispersoidchemische Beobachtungen an Graphitoxid“ ab. Nach der Rückkehr in sein Heimatland erklomm er die akademische Leiter bis zum Full Professor of Soil Science an der Universität von Kairo, wo er zeitweilig bis zu 600 Studierende pro Jahr zu betreuen hatte. Während vieler Jahre war er Präsident der ägyptischen bodenkundlichen Gesellschaft und verantwortlicher Redaktor des *Egyptian Journal of Soil Science*.

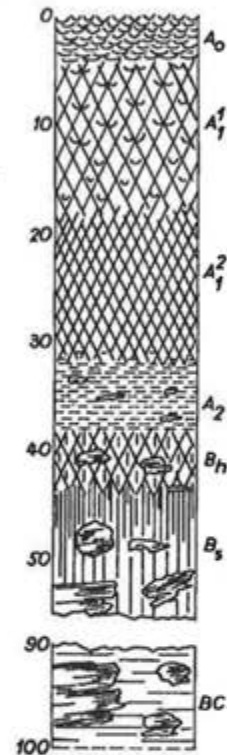
Interessant ist, dass von Pallmanns Doktoranden, mit Ausnahme von Hans Deuel, nicht die „Spezialisten“, sondern die „Generalisten“ sein bodenkundliches Erbe antraten. *Erwin Frei*, *Felix Richard* und *Roman Bach* arbeiteten unter Pallmann alle an einem feldorientierten Thema, wenn auch, vor allem bei Frei und Richard, erhebliche Laborversuche zum Gelingen der Promotionsarbeit beitrugen. Bei allen dreien fiel die berufliche Tätigkeit vornehmlich in die Periode nach 1962, die in Teil III zu behandeln sein wird. Eine detaillierte Würdigung von Frei, Richard und Bach wird daher erst später erfolgen. Im folgenden sollen aber ihr Werdegang und ihre wichtigsten Arbeiten bis 1962 kurz besprochen werden.

Erwin Frei

Geboren am 12. September 1914 in Basel, besuchte Erwin Frei dort die obligatorischen Schulen und absolvierte anschließend die landwirtschaftliche Schule Rütli, die er 1934 mit dem Diplom verließ. Nach kurzer Berufstätigkeit bereitete er sich am Institut Minerva auf die ETH vor und studierte dort von 1936 bis 1940 Landwirtschaft. Nach dem Diplom trat er eine Assistentenstelle am Agrikulturchemischen Institut an und promovierte 1944 bei Pallmann mit einer Arbeit über subalpine Weide- und Waldböden der Rendzina- und Podsolserie. Im Herbst 1942 verbrachte er einen

kurzen Studienaufenthalt bei Prof. Kubiena in Wien, wo er sich in die Methoden der Dünnschliff-technik und der mikroskopischen Bodenuntersuchung einführen ließ. Nach der Promotion ging er an die Landwirtschaftliche Versuchs- und Untersuchungsanstalt in Zürich-Oerlikon (heute Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landwirtschaft in Zürich-Reckenholz), der er bis zu seinem Übertritt in den Ruhestand die Treue hielt. Ab 1973 bis 1984 vertrat er im Lehrauftrag die Bodenkunde an der Universität Bern und verfasste dazu ein Lehrbuch über Agrarpedologie¹²³. 1976 wurde er von der Universität Bern zum Honorarprofessor ernannt.

Frei war der erste Doktorand Pallmanns, der sich mit den Böden im Feld beschäftigte. In seiner Dissertation untersuchte er morphologische, chemische und kolloidchemische Eigenschaften subalpiner Weide- und Waldböden der Rendzina- und Podsolserie, wobei er das Schwergewicht auf die Humushorizonte legte¹²⁴. Als Standorte für die Rendzinen wählte er sich die schon von Jenny und später von Pallmann bearbeiteten Dolomitböden im Schweizer Nationalpark aus; geeignete Podsole fand er oberhalb von Airolo auf der Alpe Piscium. Das Humuspodsol „Piscium“ diente später Deuel für die „bergmännische“ Gewinnung von Huminstoffen und wurde von Bach und später von Sticher während nahezu drei Jahrzehnten als Exkursionsstandort mit Studierenden der Abteilungen für Landwirtschaft und Kulturtechnik der ETH besucht. Freis Skizze des geschichtsträchtigen Profils ist nebenstehend, etwas verkleinert, wiedergegeben. Ein Teil von Freis Arbeiten im Nationalpark trugen zu einer wichtigen Publikation Pallmanns bei, in welcher der Einfluss des Lokalklimas auf die Waldvegetation dargestellt wurde¹²⁵.



In den ersten Jahren an der Versuchsanstalt beschäftigte sich Frei neben den anstaltsüblichen Routinearbeiten weiterhin mit der Dünnschliffanalyse¹²⁶, die er bei Kubiena gelernt hatte. Um die Technik zu vervollkommen, ging er 1948 mit einem Stipendium der ETH an die Cornell-Universität¹²⁷, wo er zusammen mit Cline anhand von Dünnschliffen die Tonverlagerung in *grey-brown podzolic soils* nachwies¹²⁸. Nach seiner Rückkehr an die Versuchsanstalt setzte er diese Untersuchungen an schweizerischen Böden fort¹²⁹. Nach einigen bodenphysikalischen Arbeiten¹³⁰ wandte er sich schließlich der Bodenklassifikation und vor allem der Kartierung zu¹³¹, die er später in der Schweiz zur Blüte brachte.

¹²³ Lit. Frei (1983), Frei und Peyer (1991)

¹²⁴ Lit. Frei (1944)

¹²⁵ Lit. Pallmann und Frei (1943)

¹²⁶ Lit. Frei (1946, 1947, 1948)

¹²⁷ M.G. Cline, Professor of Soil Science, New York State College of Agriculture, Cornell University, Ithaca, N.Y.

¹²⁸ Lit. Cline (1949), Frei and Cline (1949)

¹²⁹ Lit. Marschall und Frei (1953)

¹³⁰ Lit. Frei (1953a-c), Frei und Keller (1953), Frei und Schütz (1953)

¹³¹ Lit. Frei (1956, 1959a, 1959b)

In einem Brief an seinen ehemaligen Doktorvater und nunmehrigen Präsidenten der Schweizerischen Schularats stellte Frei 1957 den Antrag, an der ETH ein Institut für Genetik, Systematik und Kartierung der Böden einzurichten. Nach einer umfangreichen Vernehmlassung, u.a. bei Bach und Deuel (Agrikulturchemie ETH), sowie bei Gutersonn (Geographie ETH) antwortete Pallmann im Januar 1958: „... An sich ist der Gedanke an ein besonderes Institut für Genetik, Systematik und Kartierung der Böden nicht abwegig: an amerikanischen Hochschulen bestehen bereits solche Institute. Wir können es uns in der Schweiz aber bekanntlich nicht leisten, für alle Spezialitäten eigene größere Institute zu betreiben.“ Nachdem Frei zu den Äußerungen von Gutersonn u.a. Stellung genommen hatte, antwortete ihm Pallmann im April 1959: „... bin ich der Meinung, dass Sie nun Besprechungen auf dem Dienstweg anberaumen sollten, die womöglich den Weg zur Eingliederung einer Bodenkartierungsgruppe in eine Eidg. Landwirtschaftliche Versuchsanstalt öffnen sollte. Bitte halten Sie mich auf dem laufenden! Wo ich kann, werde ich gerne mithelfen, das Projekt

- a) im Rahmen einer landwirtschaftlichen Versuchsanstalt,
- b) bei vernünftiger anfänglicher Personalbesetzung

zu verteidigen, damit es realisiert werden kann.“ Am 20. August 1959 fand sodann in Bern unter dem Vorsitz von Vizedirektor Kauter von der Abteilung für Landwirtschaft eine Konferenz der Vorstände der Eidg. Versuchsanstalten (erweitert durch Fachkreise, die an einem Bodenkartierungsinstitut interessiert sind) statt. Nach einer ausgiebigen Diskussion, bei der auch die Frage von je einem Institut in der West- und in der Deutschschweiz thematisiert wurde kam Kauter zum Schluss, „dass nach Verarbeitung des Gehörten ein Entscheid von der Abteilung für Landwirtschaft gefällt werden kann.“ Frei teilte das Resultat der Besprechung Pallmann umgehend mit, worauf ihm dieser antwortete: „Für Ihren recht erfreulichen Brief vom 1. September 1959 danke ich Ihnen bestens. Er orientiert mich über die an der Diskussion beteiligten Herren und auch über das recht schöne Resultat der Aussprache, die zu einer Bejahung eines Bodenkartierungsinstitutes geführt hat. Hoffentlich entwickelt sich nun die Angelegenheit zur baldigen Realisierung. Es wäre bedauerlich, wenn das Bodenkartierungsinstitut wieder zu einer föderalistischen Dispergierung führen müsste. Zwei Kartierungsinstitute in der Schweiz lassen sich kaum sachlich begründen. Auch ist es bedauerlich, dass in diesem Stadium der Diskussion mit dem Abseitsstehen der Forstwirtschaft gerechnet werden muss. Bitte halten Sie mich auf dem Laufenden und empfangen Sie beste Grüsse.“¹³²

Nach weiteren internen Abklärungen wurde von der Abteilung für Landwirtschaft beschlossen, den Bodenkartierungsdienst an der Versuchsanstalt in Zürich-Oerlikon zu etablieren. Obwohl Deuel das Vorhaben unterstützt hatte, blieb die Zusammenarbeit zwischen dem Agrikulturchemischen Institut der ETH und dem Kartierungsdienst an der Versuchsanstalt marginal. Nach dem Tod von Deuel arbeitete zwar R. Bach an der Herausgabe der Bodenkarte 1:1'000'000 und an den Erläuterungen dazu mit, doch blieb es bei diesem einzigen gemeinsamen Unterfangen¹³³.

¹³² Lit. Frei (1995)

¹³³ Lit. Frei et al. (1966)

Felix Richard

Richard wurde am 6. November 1915 in seinem Heimatort Langenthal geboren. Nach der Maturitätsprüfung am Realgymnasium Burgdorf studierte er an der ETH Forstwirtschaft und schloss 1939 mit dem Diplom als Forstingenieur ab. Nach Absolvierung der obligatorischen Verwaltungs- und Gebirgspraxis in Freiburg und Martigny sowie 13 Monaten Militärdienst erhielt er im Herbst 1941 das eidgenössische forstliche Wählbarkeitszeugnis, worauf er als Assistent am Agrikulturchemischen Institut unter Prof. Pallmann eine Dissertation¹³⁴ zum Thema „Der biologische Abbau von Zellulose- und Eiweiß-Testschnüren im Boden von Wald- und Rasengesellschaften“ anfertigte. Nach der Promotion (1945) blieb er als Forschungsassistent am Institut und habilitierte sich 1950 mit der Arbeit „Böden auf sedimentären Mischgesteinen des schweizerischen Mittellandes“ für das Fach *Forstliche Bodenkunde*¹³⁵. Vom 9. bis zum 20. Mai 1947 begleitete er Pallmann an den Congrès de Pédologie nach Montpellier und Algier, wo Pallmann zum ersten Mal vor einem internationalen Publikum sein Klassifikationssystem vorstellte und über die Zusammenarbeit von Bodenkunde und Pflanzensoziologie sprach¹³⁶.



Im Februar 1950 ging Richard in die USA, wo er sich an den Universitäten Cornell und Berkeley mit den Methoden der Bodenphysik vertraut machte. 1951 kam er in die Schweiz zurück und begann an der damaligen Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen in Birmensdorf sich mit dem Wasser- und Lufthaushalt der Böden zu beschäftigen und damit die bodenphysikalische Tradition, die Engler und Burger in den zwanziger Jahren an der Anstalt begründet hatten¹³⁷, fortzusetzen. Seine als PD angebotene Vorlesung „Forstliche Bodenkunde“ stieß auf Zustimmung und führte dazu, dass ihm bereits 1954 an der Seite von Prof. Walo Koch ein Lehrauftrag für die bodenkundlich-pflanzensoziologischen Übungen für Förster erteilt wurde. Ab dem Studienjahr 1957/58 wurde seine bislang einstündige „Forstliche Bodenkunde“ in den Lehrplan der Abteilung für Forstwirtschaft aufgenommen und fortan unter dem Titel „Bodenphysik und Pflanzenwachstum“ (WS, einstündig) sowie „Bodenphysik“ (SS, zweistündig) angeboten. 1962 wurde Richard für seine Verdienste um den Aufbau der Bodenphysik in Lehre und Forschung der Titel eines Professors verliehen. Seine Arbeiten führten schließlich dazu, dass an der ETH 1966 ein Lehrstuhl für Bodenphysik geschaffen wurde, der auf ihn zugeschnitten war. Bis 1982 vertrat er sein Amt mit Enthusiasmus und führte Hunderte von Studierenden der Forstwirtschaft und später auch anderer Fachrichtungen in die Geheimnisse des Wasser-, Luft- und Wärmehaushalts des Bodens ein. Er starb am 17. Oktober 1984 nach kurzer schwerer Krankheit im Alter von 69 Jahren.

Obwohl Pallmann selber nie im eigentlichen Sinne bodenbiologisch gearbeitet hatte, sah er doch die Bedeutung, welche die Bodenorganismen für das Zustandekommen einer Vielzahl von Bodeneigenschaften ausüben. Er beauftragte deshalb 1941 seinen Assistenten Richard, sich im Rahmen einer Dissertation methodisch mit der quantitativen Ermittlung der sog. Biologischen Aktivität (bBA) auseinander zu setzen. Aus praktischen Gründen wählte Richard vor allem Böden aus, die am Institut bereits unter Wiegner und später unter Pallmann bodenkundlich und ökologisch bearbeitet worden waren. Neben tradierten bodenbiologischen Methoden schlug Richard vor, die biologische Aktivität zu testen, indem normierte Cellulose- und Eiweißschnüre mittels langer Stahlnadeln in den ungestörten,

¹³⁴ Lit. Richard (1945)

¹³⁵ Lit. Richard (1950)

¹³⁶ Lit. Pallmann (1947)

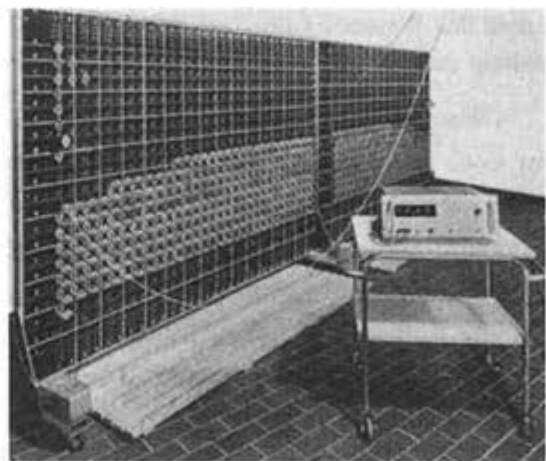
¹³⁷ Lit. Burger (1922). Siehe dazu auch den Abschnitt *Die Entwicklung der Bodenphysik*.

natürlich gelagerten Boden im Gelände eingezogen und nach bestimmten Versuchszeiten auf ihren Abbaugrad untersucht wurden. Begleitend wurde daneben auch der Abbau waldspezifischer Gesamtstreu sowie baumartenspezifischer Einzelstreu untersucht. Auf diese Weise ließ sich nicht nur die Abbaurate definierter Naturstoffe, sondern auch jene natürlicher Streusubstanzen als Funktion der Umweltbedingen (Temperatur, pH, Textur, Bodentyp, Bodentiefe, usw.) zeitlich verfolgen.

In seiner Habilitationsschrift wandte Richard der Bodenbiologie den Rücken zu und nahm die Beschreibung repräsentativer Böden der Schweiz wieder auf, die von Gessner, Jenny und Pallmann unter Wiegner in die Wege geleitet, und kurz zuvor von Leuenberger und Bach unter Pallmann fortgesetzt worden war. Er untersuchte in Fortsetzung der Arbeiten von Gessner die Böden auf den sedimentären Mischgesteinen im schweizerischen Mittelland auf unterschiedlich alten Substraten, vor allem aus der Würm- und Risseiszeit (Moränen, Schotter, Auen). Er definierte sog. „Musterprofile“ und setzte damit den Grundstock für sein späteres Lebenswerk, das vierbändige Kompendium „Die physikalischen Eigenschaften der Böden der Schweiz“, in welchem er rund 35 Standorte vor allem bodenphysikalisch erschloss und für den Forstpraktiker bewertete. Bezüglich der Klassifikation lehnte er sich eng an das Schema von Pallmann an, so dass nach wie vor degradierte und podsolierte Braunerden das Mittelland prägten. Er machte sich allerdings Gedanken über das Attribut „degradiert“ (mit dem gedanklich verschlechterte Eigenschaften verbunden werden) und fügte der Arbeit einen Abschnitt *Allgemeines über die Degradation der entwickelten Braunerde* bei. Darin schrieb er u.a.:

„Unter dem Einfluss des humiden Klimas degradieren Braunerden des Mittellandes leicht in Richtung Podsol. Degradierete Waldbraunerden nehmen sogar die größeren Flächen ein als entwickelte Braunerden. Der Forstmann muss bei jeder Standortsbeurteilung unterscheiden, ob die Degradation unter den natürlichen Umweltbedingungen entstanden ist oder ob sie künstlich ausgelöst wurde. Eine unter natürlichen Standortverhältnissen degradierte Braunerde ist für den betreffenden Ort heute der normal entwickelte Boden. Wie heute für tonreiche Grundmoränen entwickelte Braunerden kennzeichnend sind, so sind z. B. für ältere Deckenschotter stark podsolierte Braunerden charakteristisch. Der gegenwärtige Bodenzustand, vorausgesetzt, dass er natürlich ist, soll so lange als möglich erhalten oder im Rahmen des praktisch Möglichen sogar verbessert werden“.

An der EAFV begann Richard, wie oben bereits angetönt, die Bodenphysik zu etablieren und mit seiner Gruppe vor allem den Wasser- und Lufthaushalt von Waldböden zu erforschen. Die erste Arbeit nach seiner Rückkehr aus den USA, in der er seine Untersuchungen zum Porenvolumen und zur Porengrößenverteilung in Rissmoränewaldböden vorstellte, widmete er seinem verehrten Lehrer Pallmann zu dessen 50. Geburtstag¹³⁸. Er beschäftigte sich mit methodischen Fragen¹³⁹, begann in der



¹³⁸ Lit. Richard (1953a)

¹³⁹ Lit. Richard und Beda (1953), Richard (1960)

ganzen Schweiz repräsentative Standorte zwecks permanenter Erfassung des Wasserhaushalts mit Tensiometern zu instrumentieren¹⁴⁰, und machte sich schließlich auch Gedanken, welchen Einfluss der Wasser- und Lufthaushalt auf das Wachstum des Waldes ausübt¹⁴¹. Im Labor baute er sich ein beeindruckendes Netzwerk von elektrischen Widerständen, mit dem er den Wasserfluss simulieren konnte (vgl. Abbildung S. 68). Immer mehr wandte er sich schließlich den Nassböden¹⁴² zu, deren Wasserregime ihn zeitlebens nicht mehr losließ. Von Zeit zu Zeit hielt er Rückschau und stellte seine Erkenntnisse in einer Gesamtschau vor, so anlässlich seiner Antrittsvorlesung¹⁴³ als PD am 15. Januar 1955 sowie anlässlich des 60. Geburtstags von Pallmann¹⁴⁴.

Roman Bach

Bach, der jüngste im Bund, wurde am 6. Juni 1921 in Romanshorn geboren, wo er auch die Primar- und Sekundarschule besuchte. Nach der Maturität an der Klosterschule Disentis studierte er an der ETH Landwirtschaft und schloss 1946 mit einer Diplomarbeit zum Thema: Die Nährstoffversorgung der schweizerischen Böden während der Kriegsjahre“ als Dipl. Ingenieur-Agronom ab. Schon als Student fiel er durch sein aussergewöhnliches Interesse an der Bodenkunde auf, so dass ihm Pallmann einen Freiplatz an seinem Institut anbot. Sofort nach dem Diplom wurde für ihn eine b-Assistentenstelle geschaffen mit der Verpflichtung, beim Praktikum für Landwirte und Förster mitzuhelfen. Gleichzeitig begann er mit seiner Promotionsarbeit über die Standorte jurassischer Buchenwaldgesellschaften, mit der er sich 1950 den Titel eines Doktors der technischen Wissenschaften erwarb¹⁴⁵. Interessant für seine Arbeitsweise und auch für seinen späteren Werdegang ist eine Bemerkung, die er in der Einleitung zu seiner Dissertation schrieb:



„Die Feldaufnahmen waren eigentlich nur als Vorarbeit für exakte Untersuchungen gedacht. Sie sollten zeigen, welche Messungen und Analysen für die Abklärung des Problems überhaupt in Frage kommen. Diese Vorarbeiten nahmen aber einen viel größeren Umfang an, als vorauszu-sehen war, so dass das Resultat wohl vorweg publiziert werden darf. Dies um so mehr, als es zum quantitativen Beweis noch weiterer jahrelanger Untersuchungen bedarf, Untersuchungen, für die zum Teil die Methoden noch nicht genügend ausgearbeitet sind (so vor allem für die Bestimmung des Wasser-, Luft- und Wärmehaushaltes der Böden).

In bodenkundlicher Hinsicht brachte die Problemstellung mit sich, dass aus der Arbeit nicht eingehende physikalische und chemische Kenntnisse einiger bestimmter Profile, sondern ein *Überblick über die verschiedenen Böden* resultierte, auf denen die jurassischen Wälder stocken.

Durch die Untersuchungen von Herrn R. Leuenberger¹⁴⁶, der einige ausgewählte Profile - auch solche landwirtschaftlich genutzter Böden - physikalisch und chemisch analysierte, ist die Kenntnis von den Schweizer Juraböden aber schon bedeutend vertieft worden.“

¹⁴⁰ Lit. Richard (1960, 1962)

¹⁴¹ Lit. Richard (1950b, 1953b, 1959)

¹⁴² Lit. Richard (1960)

¹⁴³ Lit. Richard (1955)

¹⁴⁴ Lit. Richard (1963)

¹⁴⁵ Lit. Bach (1950a)

¹⁴⁶ Lit. Leuenberger (1950)

Diese einleitende Bemerkung zur Dissertation zeigt ohne Zweifel, wo Bachs Vorliebe lag: im Feld und nicht im Labor. In seiner Dissertation hat er denn auch, soweit wie möglich, die Daten von Leuenberger verwendet. Im Feld konnte er sich verlieren. Er beobachtete genau und analysierte haarscharf. In seinen Interpretationen folgte er jedoch ohne Abstrich seinem Mentor Pallmann, den er bewunderte und zeitlebens nachahmte.

Nach seiner Promotion verblieb Bach am Institut, verbrachte während kurzer Zeit einen Studienaufenthalt in Südamerika und brachte die Arbeiten von Braun-Blanquet, Jenny und Pallmann im schweizerischen Nationalpark redaktionell zum Abschluss¹⁴⁷. Sodann bearbeitete er zusammen mit R. Iberg den bodenkundlichen Teil einer Monographie über die Wälder der Schweizer Alpen im Verbreitungsgebiet der Weißtanne.¹⁴⁸ Dann begann er sich auf Anregung von Deuel mit der Bildung und der Bedeutung von Tonmineralien im Boden zu befassen und betreute zwei Dissertationen, welche die Tonmineralogie repräsentativer schweizerischen Böden¹⁴⁹ und im besonderen der Aueböden¹⁵⁰ zum Thema hatten. Die große Liebe Bachs aber gehörte der Zusammenarbeit von Bodenkunde und Pflanzensoziologie, wofür ihn sein Lehrer Pallmann zu begeistern gewusst hatte. In seinem Nachlass findet sich eine ansehnliche Reihe von Berichten über diesbezügliche Exkursionen, die als solche nie publiziert wurden, doch in Projekte von befreundeten Kollegen Eingang fanden¹⁵¹. Eine besonders enge Zusammenarbeit verband ihn seit seiner Doktorandenzeit mit dem Basler Gymnasiallehrer und Pflanzensoziologen Max Moor, der zahlreiche Exkursionen der Gruppe Pallmann und später auch von Deuel begleitete. Mit Moor zusammen versuchte Bach, die Nomenklatur von Pflanzengesellschaften sprachlich zu bereinigen und auf eine einheitliche Basis zu stellen¹⁵². Im Anhang D ist das Protokoll einer Standortaufnahme im Rahmen einer solchen Exkursion im Wortlaut wiedergegeben.

Hans Deuel (1916 – 1962)

Als Prof. Pallmann am 1. Januar 1949 das Amt des vollamtlichen Präsidenten des Schweizerischen Schulrates antrat, wurde sein Mitarbeiter, PD Dr. Hans Deuel, vom Bundesrat als ordentlicher Professor für Agrikulturchemie und zum Vorstand des Agrikulturchemischen Institutes der ETH gewählt.

Hans Deuel wurde am 4. Mai 1916 in Leipzig als Spross einer angesehenen Gelehrtenfamilie geboren. In Leipzig durchlief er die Vorschule und das humanistische Gymnasium. Ab 1934 studierte er

¹⁴⁷ Lit. Bach (1950b), Braun-Blanquet, Pallmann und Bach (1954)

¹⁴⁸ Lit. Bach, Kuoch und Iberg (1954)

¹⁴⁹ Lit. Iberg (1954)

¹⁵⁰ Lit. Müller (1958)

¹⁵¹ Lit. Moor (1952). Im Vorwort zu dieser Arbeit schrieb Moor: „Aus der engen Zusammenarbeit mit Herrn R. Bach ist die Gestalt der vorliegenden Studie hervorgegangen. Ihm verdanke ich auch die große Mithilfe bei der redaktionellen Arbeit. Herr Bach überließ mir sein sämtliches Material zur freien Verwendung, soweit es meiner Arbeit überhaupt nützen oder sie ergänzen konnte. So wurden den einzelnen hier beschriebenen Pflanzengesellschaften charakteristische Bodenprofile beigefügt. Ebenso konnten die entscheidenden Standortfaktoren erst durch die Zusammenarbeit mit dieser Bestimmtheit und Deutlichkeit herausgeschält werden.“

¹⁵² Lit. Bach et al. (1962)

an der ETH Landwirtschaft, wo er 1939 mit einer Diplomarbeit über die Böden des ETH-Versuchsguts Rossberg bei Kempthal abschloss¹⁵³. 1943 promovierte er bei H. Pallmann mit einer Arbeit über die kolloidchemischen Eigenschaften von Pektin¹⁵⁴. Auf Wunsch von H. Pallmann, der Deuels hervorragenden wissenschaftlichen Fähigkeiten erkannte, blieb er am Institut und habilitierte sich 1947 an der ETH für das Fach Agrikulturchemie. Deuel war als Professor keine lange Wirkungszeit beschieden. Bereits 1961 machte sich eine Krebserkrankung bemerkbar, die ihn am 17. Januar 1962 im Alter von erst 46 Jahren nach langem und schwerem Leiden auf dem Höhepunkt seiner Schaffenskraft mitten aus seiner rastlosen Tätigkeit hinwegraffte.

Prof. Deuel war ein hochbegabter Forscher und Dozent, der sich im internationalen Umfeld rasch einen Namen machte. Nach der Promotion setzte er zunächst die mit der Dissertation begonnenen Untersuchungen zwischen chemischer Struktur und kolloidchemischen Eigenschaften (Viskosität, Gelierfähigkeit, Flockbarkeit, Ionenaustausch, Kornplexbildung usw.) von hochmolekularen Naturstoffen fort. Außer Pektin wurden mit der Zeit auch noch andere Polysaccharide in die Forschung einbezogen, so Getreideschleimstoffe und Galaktomannane aus Leguminosensamen. In der Polysaccharidforschung wurde Deuel von H. Neukom unterstützt, der bei Pallmann ebenfalls über Pektinstoffe promoviert hatte und nach einem Amerikaaufenthalt ans Institut zurückkam. Neukom wurde später Deuels direkter Nachfolger (s. unten).



Erst nach der Übernahme der Professur für Agrikulturchemie wandte sich Deuel wieder der Bodenkunde, dem Fach seiner Diplomarbeit, zu, doch untersuchte er in der bewährten Tradition von Wiegner und Pallmann ausschließlich sog. „reine Systeme“. Nie machte er ein Hehl daraus, dass ihm die Feldbodenkunde fern stand.

Deuel war belesen wie niemand sonst. Bei jeder Publikation, die er buchstäblich verschlang, entwickelte er neue Ideen, viel zahlreicher, als sie sich verwirklichen liessen. Er verfasste daher zu einer ganzen Reihe von Themen sorgfältig recherchierte Übersichtsartikel, die zumeist in neue Projekte ausmündeten, so zu den Tonmineralien¹⁵⁵, den Humusstoffen¹⁵⁶ und auch zum Bodengefüge¹⁵⁷. In der letztgenannten Arbeit schrieb er in den Schlussfolgerungen:

„Durch die Forschungen der letzten Jahrzehnte sind unsere Kenntnisse über das Bodengefüge wesentlich vertieft worden. Viele Teilprobleme sind jedoch noch sehr wenig abgeklärt. Aus den obigen Ausführungen geht hervor, dass für ein Verständnis des Bodengefüges der Aufbau und die Eigenschaften der einzelnen Bodenbestandteile möglichst genau bekannt sein sollten.“

Und so machte er sich jeweils unverzüglich daran, neue Forschungsprojekte ins Leben zu rufen, die er allerdings durch seine stupende Übersicht stets miteinander in Verbindung zu

¹⁵³ Lit Pallmann (1939)

¹⁵⁴ Lit. Deuel (1943)

¹⁵⁵ Lit. Deuel (1950a, 1951)

¹⁵⁶ Lit. Deuel (1955)

¹⁵⁷ Lit. Deuel et al. (1951)

bringen wusste. Es kristallisierten schließlich vier Schwerpunkte heraus, die im folgenden kurz besprochen werden sollen.

- a) Tonminerale
- b) Ionentauscher (Aufbau, Eigenschaften, Anwendungen)
- c) Organische Substanz des Bodens, insbesondere Polysaccharide und Huminstoffe
- d) Wechselwirkungen zwischen anorganischen und organischen Bodenbestandteilen

a) Tonminerale

Das Thema Ionentausch war seit Wiegner am Agrikulturchemischen Institut eines der zentralen Themen. Es war deshalb für Deuel selbstverständlich, diesen erfolgreichen Forschungspfad fortzusetzen, zumal noch viele Fragen offen blieben. Während sich Wiegner noch mit den Permutiten als vermuteten Ionentauschern im Boden beschäftigt hatte, wandte sich Deuel nun den Tonmineralien zu, deren Struktur und Bedeutung für den Ionentausch in den vergangenen 20 Jahren intensiv erforscht worden waren¹⁵⁸. Um die Verbindung zum Boden nicht zu verlieren, wurden die Tonminerale in einer Reihe von unterschiedlichen schweizerischen Böden untersucht¹⁵⁹. Gleichzeitig wurde damit begonnen, organische Derivate von Tonmineralien, insbesondere Montmorillonit herzustellen¹⁶⁰. Die Derivatbildung fußte auf der Reaktion von oberflächenständischen Silanolgruppen unter Ausbildung von Si-O-C-Bindungen, bzw. Si-C-Bindungen. Mit der Bildung von Derivaten wurde erhofft, Anhaltspunkte zur Beurteilung der Oberflächenstruktur der Mineralien zu gewinnen, die ihrerseits verschiedene Eigenschaften, wie zum Beispiel das Wasseraufnahme- und Ionenaustauschvermögen zu beeinflussen vermag. Später wurde auch Silikagel¹⁶¹ derivatisiert. Die Ergebnisse dieser Forschungen Deuels waren auch für die Praxis von großer Bedeutung. Mit seinen organischen Derivaten von Silikagel glaubten amerikanische Reifenhersteller stabile Pigmente für die damals beliebten Weißwandreifen gefunden zu haben und unterstützten deshalb die Arbeiten finanziell.

b) Ionentauscher (Aufbau, Eigenschaften, Anwendungen)

Wie schon bei Wiegner und Jenny bildete der Ionentausch auch für Deuel eines der Hauptarbeitsgebiete. Nicht weniger als 6 Dissertationen¹⁶² und 22 Publikationen bilden den Ausfluss dieser Beschäftigung während kaum mehr als einem Jahrzehnt. Wie Wiegner war Deuel an den Grundlagen interessiert und stellte zahlreiche Untersuchungen über Austauschgleichgewichte und Ionenselektivitäten an¹⁶³. Was ihn jedoch mit der Zeit immer stärker faszinierte, waren die vielen Anwendungsmöglichkeiten, welche ihm die Ionentau-

¹⁵⁸ Lit. Deuel (1950a)

¹⁵⁹ Lit. Iberg (1954), M. Müller (1958)

¹⁶⁰ Lit. Deuel et al. (1950), Deuel und Huber (1951), Deuel (1951, 1952a, 1954, 1957), Gentili und Deuel (1957), Gentili (1957)

¹⁶¹ Lit. Wartmann und Deuel (1958), Wartmann (1958), Deuel et al. (1959), Wartmann und Deuel (1959), Fripiat et al. (1960)

¹⁶² Lit. Von Fellenberg (1952), Hutschneker (1955), Cornaz (1956), Derungs (1958), Keller (1960), Wettstein (1960)

¹⁶³ Lit. (Auswahl): Deuel et al. (1951), Deuel et al. (1953), Cornaz und Deuel (1954), Hutschneker und Deuel (1956), Cornaz und Deuel (1956)

scher für seine weiteren Forschungsgebiete, vor allem für die Auftrennung von komplexen Gemischen in der Pektin- und Humuschemie, boten¹⁶⁴. Zu diesem Zweck setzte er auch Ionentauscher mit unüblicher Struktur und unüblichen Eigenschaften ein¹⁶⁵ und suchte in der Natur nach Beispielen mit spezifischen Eigenschaften. So untersuchte er u.a. auch die Kationenaustauschkapazität von Pflanzenwurzeln und setzte diese in Beziehung mit dem Pektingehalt der Wurzeln¹⁶⁶. Dass er bei seinen Ionentauscharbeiten jedoch nicht zuerst an den Boden dachte, geht aus der Tatsache hervor, dass von den 22 Publikationen zum Thema Ionentausch nicht weniger als 17 in rein chemisch-naturwissenschaftlichen Zeitschriften¹⁶⁷ und nur 3 in bodenkundlichen Medien veröffentlicht wurden. Doch war sich Deuel der Bedeutung des Ionentausches im Boden selbstverständlich bewusst. In seiner Bodenkunde-Vorlesung¹⁶⁸ und in zahlreichen Vorträgen¹⁶⁹ über den Boden nimmt denn auch der Ionentausch einen breiten Raum ein.

c) Organische Substanz des Bodens, insbesondere Polysaccharide und Huminstoffe

Die Humusforschung nahm am Agrikulturchemischen Institut seit Wiegner einen breiten Raum ein. Besonders Pallmann setzte sich intensiv mit der Entstehung, den Kolloideigenschaften und der Morphologie des Bodenumus auseinander. Da „die Reaktionseigenschaften nicht immer einfach zu deuten waren, war es angezeigt, mit geeigneten Modellsubstanzen das dispersoidchemische Verhalten der Humusstoffe einzugabeln“¹⁷⁰. Eine dieser Substanzen war das Pektin, dessen kolloidchemische Eigenschaften von Deuel in seiner Dissertation bearbeitet wurde. Wie oben bereits erwähnt, setzte Deuel die diesbezügliche Forschung nach seiner Promotion fort und weitete das Spektrum der untersuchten polymeren Naturstoffe aus. Nach der Wahl zum Professor konzentrierte er sich u.a. auf die sog. Uronsäuren und deren Dekarboxylierung¹⁷¹. Da sich auch die Humusstoffe des Bodens unter Säureeinfluss dekarboxylieren ließen, wurde lange Zeit angenommen, dass der Humus beträchtliche Mengen an Uronsäuren, besonders Glukuronsäure, enthält. Deuel zweifelte an der Selektivität der Bestimmungsmethode, begann sich mit der Dekarboxylierung der Huminstoffe zu beschäftigen und setzte damit den Startpunkt für eine erfolgreiche Humusforschung. Schon in seiner ersten Arbeit konnte er zeigen, dass im Boden neben Uronsäuren noch andere dekarboxylierbare Stoffe vorhanden sein müssen¹⁷². In der Folge wurde die Dekarboxylierung des Humus detailliert untersucht und eine neue selektive Methode zur Uronsäurebestimmung ausgearbeitet¹⁷³.

¹⁶⁴ Lit. Derungs und Deuel (1954), Steiner et al. (1958), Müller et al. (1960), Heri et al. (1961)

¹⁶⁵ Lit. Solms und Deuel (1957), Müller et al. (1960), Wettstein et al. (1961)

¹⁶⁶ Lit. Keller und Deuel (1957, 1958)

¹⁶⁷ Helvetica Chimica Acta, Chimia und Experientia

¹⁶⁸ Vgl. Anhang D

¹⁶⁹ Vgl v.a. Deuel (1960)

¹⁷⁰ Lit. Pallmann (1946)

¹⁷¹ Lit. Huber (1951), Huber und Deuel (1951), Altermatt (1954), Altermatt und Deuel (1954), Zweifel (1956), Zweifel und Deuel (1956), Derungs (1958)

¹⁷² Lit. Dubach et al. (1955)

¹⁷³ Lit. Dubach (1958), Deuel et al. (1958), Deuel und Dubach (1958a, 1958b)

Neben den Uronsäuren fanden auch die Polysaccharide des Bodens Deuels Aufmerksamkeit. Zusammen mit dem indischen Postdoktoranden N.C. Mehta bestimmte er das Substanzspektrum, die Mengenanteile einzelner Vertreter und arbeitete neue Analysenmethoden aus¹⁷⁴.

Die Beschäftigung mit dem Humus führte schließlich zum Wunsch, die noch immer weitgehend im Dunkeln liegende Struktur der Humin- und Fulvinsäuren aufzuklären, oder zumindest deren Struktureinheiten zu erfassen. Als Untersuchungsobjekt wurden die Huminstoffe aus dem Bh-Horizont eines Podsol gewählt¹⁷⁵. Für die Begründung dieser Wahl lassen wir Deuel selber sprechen¹⁷⁶:

„In Anbetracht der großen Schwierigkeiten bei der Extraktion und Fraktionierung der Huminstoffe wählten wir für unsere Untersuchungen den *B-Horizont von Podsolböden*, in dem organische Substanzen, die aus dem Oberboden in die Tiefe gewaschen wurden, angereichert sind. Es besteht die Vermutung, dass die organische Substanz dort weniger heterogen ist als in den Oberhorizonten, wo neben den Huminstoffen noch viele nicht oder nur wenig zersetzte Humusbildner vorkommen. Aus dem Podsol-B-Horizont lässt sich ein ziemlich großer Teil der organischen Substanz auf einfache Weise extrahieren. Besonders auch die Ausbeute an wasser- und säurelöslichen, vermutlich eher niedermolekularen Huminstoffen ist ziemlich groß. Diese schienen uns für den Anfang der Untersuchungen besonders geeignet.“

In der Folge wurden die gewonnenen Huminstoffe sorgfältig gereinigt, von Nichthuminstoffen abgetrennt¹⁷⁷ und nach Molekulargewicht aufgetrennt¹⁷⁸. Die einzelnen Fraktionen wurden UV- und IR-spektrographisch untersucht, und ihre funktionellen Gruppen wurden bestimmt¹⁷⁹. Schließlich wurde daran gegangen, die Struktur aufzuklären. Die Methoden der Wahl waren die hydrolytische Spaltung der Huminstoffe mit Säuren¹⁸⁰ und Basen¹⁸¹ sowie der oxydative Abbau mit starken Oxydationsmitteln wie Salpetersäure¹⁸², Chlordioxyd, Perjodat¹⁸³ u.ä. Als Abbauprodukte dieser relativ starken Eingriffe wurden zumeist monomere, teilweise substituierte Phenole und Hydroxycarbonsäuren wie 3,5-Dihydroxybenzoesäure, Vanillinsäure, 1,2- und 1,3-Dihydroxybenzol, Vanillin, p-Hydroxybenzoesäure u.ä. gefunden. Aus heutiger Sicht führte dieser Weg ins Abseits, denn dadurch wurden die zahlreich vorhandenen aliphatischen Seitenketten zwischen den benzoiden Kernstrukturen bis auf die unmittelbar an die Kerne gebundenen C-Atome abgespalten, was zur Annahme eines Huminstoffkerngerüsts führte, in dem die erwähnten Monomeren durch Äther- und Esterbrücken miteinander verbunden waren. Fortschritte stellten sich erst ein, als es gelang, mit spektroskopischen Methoden (NMR, Massenspektroskopie)

¹⁷⁴ Lit. Streuli et al. (1958), Mehta und Deuel (1960), Mehta et al. (1961)

¹⁷⁵ Lit. Sowden und Deuel (1961), Dubach et al. (1961), Ruchti (1961)

¹⁷⁶ Lit. Deuel et al. (1960)

¹⁷⁷ Lit. Roulet et al. (1962, 1963)

¹⁷⁸ Lit. Mehta et al. (1963)

¹⁷⁹ Lit. W. Meyer (1961), Martin et al. (1963)

¹⁸⁰ Lit. Jakab et al. (1962)

¹⁸¹ Lit. Jakab et al. (1963)

¹⁸² Lit. Jakab (1962)

¹⁸³ Lit. Mehta et al. (1962)

native Huminstoffe zu untersuchen. Wegen seines allzu frühen Hinschieds hat Deuel diese Entwicklung leider nicht mehr erlebt.

d) Wechselwirkungen zwischen anorganischen und organischen Bodenbestandteilen

Den Wechselbeziehungen zwischen organischen und anorganischen Bodenkomponenten maß Deuel von Anfang an große Bedeutung bei. Seine Ideen dazu stellte er 1960 anlässlich des 7. Kongresses der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft in Madison (Wisconsin) in einem Hauptvortrag vor¹⁸⁴. Darin handelte er anhand eines morphologischen Kastens alle denkbaren Wechselwirkungskombinationen mit großer Gründlichkeit ab. Das bemerkenswerte methodische Vorgehen verdient es, hier in Erinnerung gerufen zu werden:

O→		l	n	N
I↓		I _l - O _l	I _l - O _n	I _l - O _N
	l	I _n - O _l	I _n - O _n	I _n - O _N
	n	I _N - O _l	I _N - O _n	I _N - O _N

Darin Bedeuten:

- I: eine funktionelle Gruppe pro Partikel
- n: einige funktionelle Gruppen pro Partikel
- N: viele funktionelle Gruppen pro Partikel

Konkret bedeuten die einzelnen Bodenbestandteile:

- | | |
|---|--|
| I _l einwertige Ionen | O _l monofunktionelle Säuren, Alkohole, Amine |
| I _n mehrwertige Ionen, Oligomere | O _n mehrbasische Säuren, Hydroxysäuren, Aminosäuren, Zucker |
| I _N Sesquioxide, Tonminerale, Silikate, Karbonate, Phosphate | O _N Polypeptide, Polysaccharide, Lignin, Polyphenole, Huminsäuren |

In der Forschung auf diesem Gebiet verfolgte er im wesentlichen drei Linien, nämlich Ionentausch (I_l - I_N, I_n - I_N, I_l - O_N), die Gefügebildung (I_N - O_N) sowie die „Organische Verwitterung“ (I_N - O_n). Die Arbeiten zum Ionentausch wurden oben bereits besprochen. In Bezug auf die Gefügebildung wurde die koagulierende und stabilisierende Wirkung von Polysacchariden untersucht¹⁸⁵. Diese erwies sich allerdings nicht als substantiell. Eine Zeitlang wurde mit künstlichen Krümelungsmitteln (Kriliun) experimentiert¹⁸⁶, doch erwiesen sich die Aussichten ökonomisch und operationell nicht als erfolgversprechend und die Idee wurde nicht weiter verfolgt.

Interessantere Perspektiven zeichneten sich jedoch im Projekt „Organische Verwitterung“ ab. Nachdem bekannt war, dass Chelatbildner durch die Festlegung von metallischen Kationen die chemische Verwitterung zu beschleunigen vermögen, stellte sich Deuel die Frage, ob auch mit dem Si der Silikate Komplexe gebildet und dabei Si-O-Si- und Al-O-Si-Bindungen gespalten werden. In zwei Dissertationen wurde daher der Abbau von Silikagel sowie Quarz und Silikaten mit o-Diphenolen, welche beim Abbau von aromatischen Verbindungen im Boden intermediär entstehen, geprüft. Der Erfolg war vielversprechend. Sowohl das amorphe Silikagel, als auch Quarz, Zeolithe, Glimmer und Feldspäte ließen sich unter alkalischen Bedingungen mit Brenzkatechin (o-Diphenol) unter Bildung eines anionischen Komplexes von Si lösen. Der Komplex ließ sich kristallin gewinnen und an-

¹⁸⁴ Lit. Deuel (1960)

¹⁸⁵ Lit. Deuel und Solms (1951), Mehta et al. (1960)

¹⁸⁶ Lit. Deuel (1952b)

hand der Elementaranalyse als Ammoniumsalz des Siliciumtribrenzcatechinats identifizieren.¹⁸⁷ Sehr viel später wurde die vorgeschlagene oktaedrisch hexavalente Struktur des Komplexes mittels Computersimulation bestätigt¹⁸⁸. Wie das Humusprojekt wurde auch das Wechselwirkungsprojekt durch Deuels Hinschied 1962 jäh beendet.

e) Deuel und die Feldbodenkunde

Die Feldbodenkunde überließ Deuel, wie es schon Wiegner getan hatte, seinen Mitarbeitern. Nachdem F. Richard, der zur Zeit des Amtantritts Deuels Forschungsassistent war, im Februar 1950 in die USA ging und nach seiner Rückkehr an die EAFV wechselte, übernahm R. Bach ab 1950 dessen Aufgaben. Bach war Pallmann und Deuel durch seine hohe Intelligenz und seine außerordentliche Begabung als weitsichtiger Feldbodenkundler aufgefallen und wurde daher von diesen bevorzugt gefördert. Bach wurde mit der Leitung von Exkursionen betraut, leitete den bodenkundlichen Teil des agrikulturchemischen Praktikums und wurde später mit der Vorlesung Chemie und Bodenkunde für Kulturingenieure beauftragt.

f) Deuel als Lehrer

Deuel war nicht nur ein innovativer und ideenreicher Forscher, sondern auch ein begnadeter Dozent. Er verstand es meisterhaft, sein umfassendes Wissen weiterzugeben, seine Ideen darzulegen und die Zuhörer, Studierende wie Mitarbeiter, für seine Probleme zu begeistern. Seine Vorlesungen waren klar und schwungvoll, und dazu äußerst konzentriert. In der Vorlesung Bodenkunde lehnte er sich an das bewährte Schema von Pallmann an. Im Anhang C ist das Inhaltsverzeichnis des 1950 neu ausgearbeiteten, rund 250 Seiten umfassenden Manuskripts der Vorlesung¹⁸⁹ wiedergegeben. Zwei Aspekte sind im Zusammenhang mit der Entwicklung der Bodenklassifikation in der Schweiz interessant. Die podsoligen Braunerden auf den Hochterrassen an Aare und Rhein (nach Gessner) werden nach wie vor als solche aufgeführt; es wird aber darauf hingewiesen, dass ihre Entwicklung mit einer markanten Tonverlagerung verbunden ist. Daneben werden aus der Literatur die *grey brown podzolic soils* in den USA erwähnt¹⁹⁰. Der Ausdruck *Parabraunerde* erscheint noch

¹⁸⁷ Lit. Hess et al. (1960), Hess (1961), Sticher (1963), Bach und Sticher (1963)

¹⁸⁸ Mündliche Mitteilung von J. Niemeyer, Trier (1997)

¹⁸⁹ Lit. Deuel (1950)

¹⁹⁰ Schon 1943 hatte Pallmann eine Arbeit über die Tonverlagerung und deren mögliche Ursachen und Mechanismen veröffentlicht. Er fand diesen strukturelevanten Prozess aber nicht so entscheidend, um einen neuen Bodentyp zu definieren. Dieser Vorschlag blieb E. Mückenhausen vorbehalten, der 1952 anlässlich der Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft in Bad Kreuznach den Entwurf für eine neue Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland vorschlug. Die DBG setzte darauf eine Arbeitsgruppe ein, die in langjähriger Arbeit den Entwurf diskutierte, bereinigte und erweiterte, so dass 1957 eine erste gedruckte Fassung erscheinen konnte (Mückenhausen, 1957), in welcher der Bodentyp Parabraunerde gleichwertig neben die Braunerde gestellt wurde. Eine erweiterte, reich bebilderte Fassung erschien 1962 (Mückenhausen, 1962). Von Mitarbeitern der Arbeitsgruppe waren allerdings schon zwischenzeitlich Arbeiten zur Frage der Böden mit Tonverlagerung veröffentlicht worden. Lit. Ehwald (1956), Kohl (1958). In der Schweiz führte erst nach Deuels Hinschied dessen Nachfolger Bach um 1963 herum die Typenbezeichnung Parabraunerde ein. Warum dies nicht früher geschah, ist heute nicht mehr nachvollziehbar.

nicht. Der zweite interessante Punkt betrifft die Böden auf Kalk. Basierend auf der Klassifikation von Pallmann wurden diese bei Vorliegen von hartem Kalk und Kalkschutt als *Humuskarbonatböden* und bei Vorliegen von Mergel als *Rendzinen* bezeichnet¹⁹¹. Zur Illustration ist im Anhang E die Abschrift einer hektographierten Polykopie wiedergeben.

Mit dem Hinschied von Deuel ging die bodenkundlich orientierte Periode der Agrikulturchemie zu Ende. Die Professur wurde zweigeteilt. Einer der Nachfolger, Hans Neukom, setzte die Aktivitäten Deuels im Bereich der polymeren pflanzlichen Naturstoffe fort. 1979 wurde seine Professur in Professur für Lebensmittelchemie umbenannt. Roman Bach wurde 1963 zum Professor für Bodenkunde ernannt, womit in der Schweiz erstmals eine solche Professur geschaffen wurde.

Die Entwicklung der Bodenbiologie

Vereinzelte bodenbiologische Arbeiten schweizerischer und in der Schweiz wirkender Autoren finden sich schon vor 1900¹⁹². So berichtete M. Perty bereits 1849 über mikroskopische Organismen der Alpen und der italienischen Schweiz¹⁹³. Der Zürcher Zoologe Conrad Keller untersuchte den forstlichen Nutzen und Schaden des Tausendfüßlers¹⁹⁴ und schrieb unter dem Eindruck von Darwins Alterswerk „Bildung der Ackererde durch die Tätigkeit der Würmer“ ein viel beachtetes Büchlein, das die zum Teil harsche Kritik an Darwins Buch mit eigens erhobenen Fakten konterte¹⁹⁵. Als Professor für Zoologie an der ETH wandte sich Keller anderen Themen zu, doch ließ er durch K. Diem um die Jahrhundertwende eine Dissertation über die Bodenfauna in den Alpen ausarbeiten¹⁹⁶. „Diem leitete mit seiner Dissertation eine neue Entwicklung der bodenzoologischen Forschung ein, indem er erstmalig einen Überblick über die Zusammensetzung der Bodenfauna an verschiedenen Standorten gab und damit den Grundstein zur biosoziologischen Erforschung des Bodens legte.“¹⁹⁷ In seiner Vorlesung „Forstzoologie“ behandelte Keller u.a. auch die Lebewesen der Waldböden und stellte deren Bedeutung für das Wachstum des Waldes dar. Um seine Erkenntnisse auch den Förstern in der Praxis bekannt zu machen, verfasste er für die Schweizerische Zeitschrift für das Forstwesen eine Reihe von Arbeiten über Nützlinge und Schädlinge im Walde, die u.a. auch bodenbewohnende Lebewesen mit einschlossen.

Um 1900 herum finden sich neben Keller nur spärlich überlieferte Arbeiten über das Leben im Boden, und diese beschränkten sich zumeist auf die Würmer¹⁹⁸ und Collembolen¹⁹⁹

¹⁹¹ Auch hier wurde nach Deuels Tod ein Wechsel vollzogen. Bach verwendete den Begriff *Rendzina* auch für Humuskarbonatböden und führte daneben den Bodentyp *Pararendzina* ein.

¹⁹² Vgl. dazu die Ausführungen über Winogradsky und seinen Einfluss auf Schulze und Nowacki in Teil I

¹⁹³ Lit. Perty (1849)

¹⁹⁴ Lit. Keller (1886a, 1886b)

¹⁹⁵ Lit. Keller (1887)

¹⁹⁶ Lit. Diem (1903)

¹⁹⁷ Zitat aus: Stöckli (1943)

¹⁹⁸ Lit. Ribiaucourt (1896), Bretscher (1900), Dusserre (1902)

¹⁹⁹ Lit. Carl (1899), Handschin (1919)

sowie die Stickstoff umsetzenden Bakterien²⁰⁰. Dies änderte sich erst, als der Bakteriologe Düggele sein Tätigkeitsfeld auch auf den Lebensraum Boden ausdehnte und damit die Erforschung der Bodenlebewelt in die Wege leitete²⁰¹. Im folgenden werden Düggeles diesbezügliche Arbeiten kurz vorgestellt und seine Verdienste um die Entwicklung der Bodenbiologie in der Schweiz gewürdigt. Im Anschluss daran findet sich ein kurzer Abschnitt über die Arbeiten seines wichtigsten Schülers, Alois Stöckli.

Max Düggele (1878 – 1946)

Max Düggele wurde am 29. Juli 1878 in seiner Heimatstadt Luzern geboren, wo er auch die Schulen durchlief und 1897 an der Kantonsschule die Maturitätsprüfung ablegte. Er studierte an der



ETH in Zürich Landwirtschaft und promovierte anschließend an der Universität Zürich beim ETH-Professor C. Schröter mit einer Dissertation zum Thema „Pflanzengeographische und wirtschaftliche Monographie des Sihltales bei Einsiedeln, von Reblösen bis Studen (Gebiet des projektierten Sihlsees)“. Nach einem Studienaufenthalt in Berlin und mehrjähriger Tätigkeit als Assistent wurde er 1909 zum Tit.-Professor und 1915 zum o. Professor für landwirtschaftliche Bakteriologie ernannt. Seine Forschungstätigkeit erstreckte sich auf verschiedene Zweige der landwirtschaftlichen Bakteriologie, so auf die Mikroflora von Wasser, Abwasser, Futtermitteln, Milch, Milchprodukten, usw. Schließlich wandte er sich auch dem Studium der Bodenflora und -fauna zu. Neben seiner wissenschaftlichen Tätigkeit betätigte sich Düggele als Historiker der Abteilung für Landwirtschaft und verfasste zahlreiche Nekrologe verstorbener Kollegen.

Seinen diesbezüglichen Schriften verdanken wir zahlreiche Fakten, die sonst verloren gegangen wären. Düggele verstarb am 14. 8. 1946 im Alter von 68 Jahren im Amt.

Seit seiner Wahl zum ordentlichen Professor hat Max Düggele in unregelmäßigen Abständen Arbeiten über die Biologie und Ökologie des Bodens veröffentlicht. Wie es damals üblich war, wechselten Originalarbeiten und Literaturübersichten einander ab. Als Bakteriologie berichtete er selbstverständlich zur Hauptsache über die Bakterienflora der Böden²⁰², doch scheute er sich nicht, zuweilen seinen Blick auch auf die Fauna zu werfen. So betreute er in den späteren 20-er Jahren die Dissertation von Alois Stöckli, der sich an der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Versuchsstation Oerlikon mit der Ökologie der Regenwürmer beschäftigte²⁰³. Es ging ihm dabei nicht bloß um die Erfassung der Bodenlebewesen, sondern stets auch um deren Wechselwirkung mit ihrem Habitat, dem Boden. In diese Richtung geht auch die Dissertation von G. Blöchlinger, der die Mikrobiologie von verwitternden Schrattenkalkfelsen untersuchte²⁰⁴.

²⁰⁰ Lit. Von Freudenreich (1903), Burri (1904)

²⁰¹ Lit. Burri (1904). Zur Zeit des Erscheinens dieser Arbeit war Düggele Burris Assistent. In der Arbeit erwähnt Burri, dass die der Publikation zugrunde liegenden praktischen Arbeiten von Düggele ausgeführt worden seien.

²⁰² Lit. Düggele (1917, 1923, 1924, 1926, 1938)

²⁰³ Lit. Stöckli (1928)

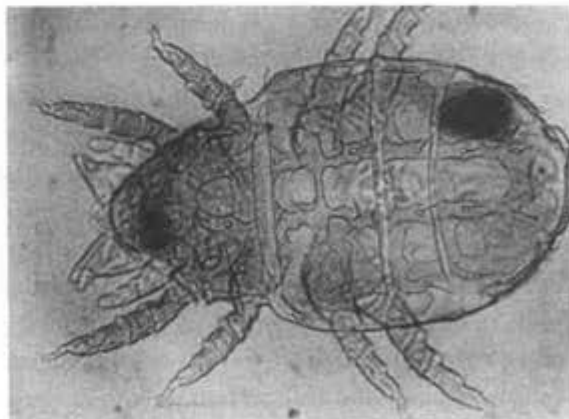
²⁰⁴ Lit. Blöchlinger (1931)

Dass Düggeli sich stets um den Boden und die Bodenkunde kümmerte, zeigt die Tatsache, dass er verschiedentlich bei Wiegners Doktoranden als Korreferent amtierte, so wie dies Wiegner auch bei dessen Doktoranden tat. Als der Forstingenieur Felix Richard unter Wiegners Nachfolger Pallmann eine Dissertation zum biologischen Abbau von Cellulose und Eiweiß in Wald und Wiesenböden anfertigte²⁰⁵, stellte sich Düggeli erneut als Berater und Korreferent zur Verfügung. Selbst in den Ferien sammelte er Böden, die er nach Hause nahm und nicht nur auf ihre biologischen, sondern auch auf die chemischen und physikalischen Eigenschaften untersuchte²⁰⁶.

Alois Stöckli (1893 – 1970)

Alois Stöckli studierte von 1918 – 1921 an der ETH Landwirtschaft und arbeitete ab 1927 an der damaligen Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsanstalt Zürich-Oerlikon, wo ihm die Gelegenheit gegeben wurde, an einer Dissertation über den Einfluss des Regenwurms auf die Beschaffenheit des Bodens zu arbeiten. Diese wurde, wie bereits erwähnt, von Prof. Düggeli betreut. Nach der Promotion (1928) blieb Stöckli an der Versuchsanstalt (heute Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau in Zürich-Reckenholz) und entfaltete bis zu seiner Pensionierung im Jahre 1958 eine fruchtbare Publikationstätigkeit im Bereich Bodenbiologie. Stöckli war bestrebt, die Bedeutung der Bodenlebewesen für die Fruchtbarkeit der Böden vor allem den Praktikern näher zu bringen. So wechselten bei ihm, wie schon bei seinem Lehrer Düggeli, Originalarbeiten und Literaturübersichten einander ab. Auf der einen Seite ging es ihm darum, die Vielfalt der Organismen in Acker- und Wiesenböden aufzuzeigen²⁰⁷, wobei ihn die Wechselwirkungen zwischen den Organismen und ihrem Lebensraum besonders interessierten²⁰⁸. Auf der andern Seite befasste er sich auch mit der biologischen Umsetzung von Humus und organischen Düngern im Boden²⁰⁹. Schließlich kehrte er in einer seiner letzten Arbeiten²¹⁰ wieder zu den Regenwürmern zurück, mit denen er seine wissenschaftliche Laufbahn 1928 begonnen hatte.

Abb. rechts: Kleine Moos- oder Hornmilbe (Brachychthonius brevis). Photo: Alois Stöckli (Aus Stöckli 1943). Vergrößerung 315 x.



Zusammenfassend erlebte die Schweiz zwischen 1880 und 1940 eine erste Blüte der Bodenbiologie. Keller und sein Schüler Diem sowie später Düggeli und sein Schüler Stöckli waren maßgeblich dafür verantwortlich, dass in der Schweiz die Idee der Bodenökologie schon sehr früh Fuß fasste und damit

²⁰⁵ Lit. Richard (1945)

²⁰⁶ Lit. Düggeli (1938c)

²⁰⁷ Lit. Stöckli (1930, 1931, 1940, 1948, 1956)

²⁰⁸ Lit. Stöckli (1928, 1929, 1943, 1946a, 1949, 1957a-c)

²⁰⁹ Lit. Stöckli (1934a, 1934b, 1942)

²¹⁰ Lit. Stöckli (1958)

im Verein mit der pflanzensoziologischen Sichtweise die weitere Entwicklung der Bodenkunde über Jahrzehnte prägte. Nicht zuletzt unter dem Einfluss Darwins und der Schweizer Biologen Keller, Riem und Dusserre, die er alle zitierte, schrieb Ramann in der Einleitung zum Kapitel *Biologie des Bodens* in der dritten Auflage seines wegweisenden Lehrbuchs der Bodenkunde: „Die Biologie des Bodens umfasst die Veränderungen, die der Boden unter der Einwirkung des organischen Lebens erfährt.“²¹¹

Die Entwicklung der Bodenphysik

Auch wenn die ersten bodenphysikalischen Messungen in der zweiten Hälfte des 19. Jh. im Rahmen und unter dem Siegel forstlich-meteorologischer Stationen durchgeführt wurden, müssen sie als Startpunkt der wissenschaftlichen Bodenphysik in der Schweiz angesehen werden. Die Messstationen von Fankhauser im Kanton Bern und im Besonderen jene von Prof. Anton Bühler in zahlreichen Regionen der Schweiz haben in den Bereichen Bodentemperatur, Wasserverdunstung und Wasserversickerung innerhalb weniger Jahre einen großen Kenntnisgewinn gebracht²¹². Obschon die Messanlagen bald nach dem Umzug von Bühler nach Tübingen (1896) aufgegeben wurden, führten die gewonnenen Erkenntnisse doch direkt auf das großangelegte Werk „Untersuchungen über den Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer“ zu, das Bühlers Nachfolger Arnold Engler nach langjährigen Arbeiten 1919 in den Mitteilungen der Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen veröffentlichte²¹³. Auch wenn Engler den Waldbau vertrat und auf diesem Gebiet Hervorragendes leistete, so hat er doch mit seinem Lebenswerk über den Wasserabfluss für die Bodenkunde in der Schweiz und die Bodenphysik im Speziellen Wege gewiesen.

Arnold Engler (1869 – 1923).

Geboren am 29. Januar 1869 in Stans absolvierte Arnold Engler die Mittelschulen in Zug und Luzern und studierte anschließend am Polytechnikum in Zürich von 1887 bis 1890 Forstwirtschaft. Nach der Lehrpraxis und kurzer praktischer Betätigung im Kanton Graubünden wurde er 1893 zum Kantonsoberröforster von Nidwalden gewählt, doch schon vier Jahre später – kaum 28 Jahre alt – wurde er vom Bundesrat auf den durch Wegzug von Prof. Bühler verwaisten Lehrstuhl für Waldbau ans Polytechnikum berufen, und auf den 1. Januar 1902 – nach dem Tod von Prof. C. Bourgeois – wurde ihm auch die Leitung der forstlichen Versuchsanstalt übertragen. Engler erwarb sich als Waldbauer höchstes Ansehen auf dem Gebiet der Samenprovenienzfragen und brachte es durch seine Lehrtätigkeit fertig, dass in der Schweizer Forstwirtschaft die schädliche Kahl-schlagwirtschaft zugunsten der naturgemäßen Verjüngung mittels Naturbesamung und Holzartenmischung aufgegeben wurde. Für seine



²¹¹ Lit. Ramann (1911, S. 410)

²¹² Vgl. dazu Teil I

²¹³ Lit. Engler (1919)

großen Verdienste verliehen ihm 1918 die Universität Zürich und 1921 die Hochschule für Bodenkultur in Wien die Ehrendoktorwürde. Nach schwerer Krankheit verstarb Engler am 15. Juli 1923, erst 54jährig²¹⁴.

Als Vorstand der Versuchsanstalt übernahm Engler u.a. auch die Verantwortung für die Versuchsflächen, die sein Vorgänger C. Bourgeois im Jahr 1900 im Sperbel- und Rappengraben im Emmental zum Vergleich des Wasserabflusses aus bewaldeten und waldfreien Einzugsgebieten eingerichtet hatte. Beide Versuchsflächen, der zu einem guten Teil mit Plenterwald bestockte Sperbelgraben und der nur schwach bewaldete Rappengraben waren mit Regenmessern, Thermometern, Pegelstandsmessgeräten usw. reichlich bestückt. Gemessen wurden die Niederschlags- und Abflussmengen, die Ergiebigkeit der Quellen, die Lufttemperatur sowie auch die Geschiebeführung. Besondere Beachtung wurde den gewitterhaften Niederschlagsereignissen geschenkt.

Es würde zu weit führen, hier die reichen Ergebnisse des Engler'schen Schlussberichtes auch nur gerafft vorzustellen. Für die damalige Försterschaft stellte der Bericht einen Durchbruch dar. So lesen wir in der Rezension des Buches in der Schweizerischen Zeitschrift für das Forstwesen: „Gerne hätten wir schon früher einige der sich nun als äußerst befriedigend herausstellenden Resultate in etwas ausführlicherer Form erfahren, es wäre da und dort von praktischem Nutzen gewesen. Aber nun ist er da, der folgenschwere Band, und wie! Die praktische Seite der Wald- und Wasserfrage erscheint darin, wenigstens für uns Forstleute, in ihren Grundzügen gelöst, und zwar zu unserer vollen Befriedigung.“²¹⁵

Aus der Sicht der Bodenkunde bildet das Werk von Engler einen Meilenstein. Engler hatte erkannt, dass sich die Hydrologie der untersuchten Einzugsgebiete ohne Kenntnis der pedologischen Verhältnisse nicht aussagekräftig deuten ließ. Ab 1911 bis 1917 wurden daher auf beiden Versuchsflächen zusammen insgesamt 778 Bodenanalysen durchgeführt. Die Proben wurden im Feld mit 1-Liter Stechzylindern nach Ramann gesammelt und als Ganzes den einzelnen Analysen unterzogen. Gemessen wurden das Volumengewicht, das Porenvolumen, der Wassergehalt, die Wasserkapazität und die Wasserdurchlässigkeit. Im Feld wurde zudem die Wasserverdunstung in Relation zu einer freien Wasserfläche ermittelt. Für die Bodenuntersuchungen stand Engler ab 1914 der Forstingenieur Hans Burger zur Verfügung. Dieser führte die Analysen durch, wertete sie aus und zeichnete die Figuren für den Abschlussbericht. Bei den Bodenuntersuchungen stellte sich heraus, dass in vielen Fällen kaum geeignete Methoden zur Verfügung standen oder die Resultate sich nicht adäquat auswerten ließen. Am Schluss seines Berichtes wies Engler daher auf die Notwendigkeit vermehrter bodenphysikalischer Untersuchungen hin. Aus diesem Grund beauftragte er Burger, die Methoden im Rahmen einer Dissertation zu testen und wenn möglich zu verbessern.

Engler war Waldbauer und nicht Bodenkundler. Sein Verdienst für die Bodenkunde und im speziellen für die Bodenphysik war es aber, die Notwendigkeit des Einbezugs bodenphysikalischer Messungen für das Verständnis der hydrologischen Abläufe in Waldökosystemen und deren waldbaulicher Bedeutung erkannt zu haben. Ebenso verdienstvoll war es,

²¹⁴ Lit. Weber (1923), Anon. (1924)

²¹⁵ Lit. Christen (1920)

dass die Untersuchungen von Anfang an an natürlich gelagerten Böden durchgeführt wurden, wie dies schon Schumacher und Ramann²¹⁶ vorgeschlagen hatten. Und schließlich war es ein Glücksfall, dass er die Qualitäten seines Mitarbeiters Burger rasch erkannte und diesen mit Nachdruck förderte. Anlässlich einer Gedenkfeier an der ETH, 20 Jahre nach Englers Tod, schrieb Prof. Knuchel zum Verhältnis Englers zur Bodenkunde:

„Vorbildliche Zusammenarbeit wurde erreicht auf dem Gebiet der Bodenkunde. Engler erkannte schon früh die Bedeutung dieses Faches, da er sich während langen Jahren in seinen Vorlesungen über die waldbaulichen Grundlagen damit zu befassen hatte. Als es endlich gelang, für die Bodenkunde eine besondere Professur zu schaffen und gleich den besten Fachmann des Gebiets, Prof. Dr. G. Wiegner, nach Zürich zu berufen, war das für ihn eine große Genugtuung, und die beiden Forscher, in mancher Hinsicht verwandte Naturen, schlossen sich nicht nur zu gemeinsamer Arbeit zusammen, sondern blieben freundschaftlich eng miteinander verbunden, bis der allzu frühe Tod Englers sie trennte.“²¹⁷

Hans Burger (1889 – 1973)

Hans Burger wurde am 11. Februar 1889 als Bürger von Eggwil in Bremgarten (AG) geboren. Er studierte an der ETH Zürich Forstwirtschaft und schloss 1911 mit dem Diplom als Forstingenieur ab. Nach kurzer Tätigkeit in der Praxis trat er 1914 in die Dienste der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen, wo er beim damaligen Direktor, dem ETH-Professor Arnold Engler mit einer Arbeit über die physikalischen Eigenschaften der Wald- und Freilandböden promovierte. Von 1934 bis zu seiner Pensionierung Ende 1954 war er Direktor der Versuchsanstalt. In Anerkennung seiner hervorragenden Leistungen in Lehre und Forschung verlieh ihm die ETH Zürich 1943 den Titel eines Professors. Die Universität München zeichnete ihn mit dem Dr. h.c. aus, und die königliche schwedische Akademie der Land- und Forstwirtschaft nahm ihn als Mitglied auf. Hans Burger starb am 31. Oktober 1973 im Alter von 84 Jahren²¹⁸.



Burger hatte von Engler den Auftrag erhalten, „zunächst die angewandten Methoden einer eingehenden Prüfung zu unterziehen, um aber den Kontakt mit der Praxis nicht zu verlieren, diese Prüfung stets mit der Lösung einer wichtigen Frage zu verbinden.“ Burger erfüllte in seiner Dissertation diesen Auftrag sowohl im grundlegenden wie im angewandten Teil mit bemerkenswertem Geschick und fand mit seiner 1922 erschienenen Arbeit²¹⁹ sogleich breite Anerkennung. Er verwendete für seine Untersuchungen nicht die Versuchsfelder Englers im Sperbel- und Rappengraben, sondern suchte sich unter Beizug der lokalen Forstbeamten geeignete Flächen bei Zofingen, Büren a.A., Biel, Zollikon, Biglen und Boudry aus. Im grundlegenden Teil testete er Methoden für die Bestimmung des Feuchtigkeitsgehalts von Feinerde und gewachsenem Boden, von Volumengewicht, Porenvolumen, Wasserkapazität, spezifischem Gewicht und Luftkapazität. Für jeden Parameter testete er verschiedene Methoden und schlug darnach eine optimale Lösung vor. Für die Gewinnung

²¹⁶ Lit. Schumacher (1864), Ramann (1893)

²¹⁷ Lit. Knuchel (1943)

²¹⁸ Lit. Bosshard (1973)

²¹⁹ Lit. Burger (1922)

der Bodenproben setzte er die von Ramann vorgeschlagenen Stechzylinder ein, die er soweit verbesserte, dass sie später als Burgerzylinder bezeichnet wurden. Im Gegensatz zu Ramann analysierte er, wie schon Engler, jeweils den ganzen Inhalt des 1 Liter haltenden Zylinders und nicht nur 20 – 30 g, was besonders bei steinigten Böden zu großen Ungenauigkeiten geführt hatte.

Im angewandten Teil bestimmte er die Unterschiede zwischen Wald- und Freilandböden und untersuchte die Einflüsse des Kahlschlags, des Stockrodens, der landwirtschaftlichen Zwischennutzung sowie der forstgartenbetrieblichen Nutzung auf die physikalischen Eigenschaften der Waldböden.

Obwohl sich Burger in seiner Dissertation im wesentlichen mit der Messung und Interpretation physikalischer Eigenschaften der Böden beschäftigt hatte und in Anlehnung an Trommer²²⁰ überzeugt war, „dass die physikalischen Verhältnisse des Bodens und deren Untersuchung in den meisten Fällen wichtiger seien als die chemischen Verhältnisse“ sah er die Notwendigkeit weiterer, chemischer wie biologischer Untersuchungen ein und formulierte dies als Quintessenz seiner Arbeit wie folgt:

„Obwohl ich überzeugt bin, dass bei Waldbodenuntersuchungen der Feststellung der physikalischen Eigenschaften die größte Bedeutung zukommt, halte ich es trotzdem für nötig, dass eine restlos befriedigende Bodenuntersuchung folgende Erhebungen umfassen sollte:

1. Eine physikalische Untersuchung nach vorliegender Arbeit, verbunden mit Schlämmanalysen.
2. Eine chemische Untersuchung, und zwar sowohl Analyse des Säureauszuges, als auch Totalanalyse.
3. Genaues Studium der Vegetation, bezüglich ihres Gedeihens einerseits, besonders aber bezüglich der Wurzelverbreitung und Wurzeltätigkeit.
4. Genaue Erforschung der Bodenfauna nach Art, Zahl und Lebensweise.
5. Exakte Untersuchung der Mikroflora des Bodens nach aufbauenden und abbauenden Mikroorganismen.

Eine solche Aufgabe kann aber von Einzelnen nicht gelöst werden. Soll bei derartigen Parallelversuchen etwas Ersprießliches herauskommen, so müsste die ganze Untersuchung von dem Direktor einer Anstalt geleitet werden, dem für die Detailuntersuchungen Spezialisten zur Verfügung ständen.“

Burger hat damit einer ökologieorientierten Bodenkunde das Wort gesprochen, wie sie später von Jenny, Braun-Blanquet und Pallmann, unter anderen Voraussetzungen, doch in analoger Weise, gepflegt wurde.

Nach seiner Promotion blieb Burger an der forstlichen Versuchsanstalt. Er setzte die mit der Dissertation begonnenen Untersuchungen praktischer Probleme mittels physikalischer Methoden fort und publizierte dazu bis 1940 noch fünf weitere, zum Teil recht umfangreiche Arbeiten²²¹. Nach dem Tod von Engler betreute er dessen Versuchsflächen im Sperbel- und Rappengraben²²² und veranlasste die Einrichtung analoger Stationen im Tessin²²³ so-

²²⁰ Lit. Trommer (1857)

²²¹ Lit. Burger (1927, 1929, 1932, 1937, 1940)

²²² Lit. Burger (1934, 1943, 1954)

²²³ Lit. Burger (1945, 1955)

wie – noch kurz vor seinem Übertritt in den Ruhestand - im Flyschgebiet des Kantons Freiburg. Bei Zofingen, Langenthal und Biglen stellte er Versuche zur Verbesserung der physikalischen Eigenschaften der Böden an²²⁴, wobei er durch Düggeli den Einfluss der getroffenen Maßnahmen auf die Bakterienflora des Waldbodens untersuchen ließ²²⁵. Auch wenn der Name Burger ebenso eng mit der Forschung auf den Gebieten der forstlichen Genetik, Ökologie und Physiologie, der Waldbautechnik, der Ertragskunde und der Holztechnologie verbunden ist, hat er sich doch während Jahrzehnten besonders intensiv mit den Wasserproblemen und im besonderen mit der Wechselwirkung Wasser – Boden beschäftigt. Seine bleibenden Verdienste für die Bodenkunde liegen ohne Zweifel bei der Etablierung einer verbesserten Methodik für die physikalische Charakterisierung von Wald- und Freilandböden und deren Anwendung auf forstwirtschaftliche Probleme. Es lag daher nahe, die Festschrift zu seinem 70. Geburtstag 1959 diesem Teilgebiet seiner Forschungstätigkeit zu widmen²²⁶.

Als sein Mitarbeiter Felix Richard 1951 – soeben aus Amerika zurück – anfang, sich an der Versuchsanstalt mit dem Wasser- und Lufthaushalt von Waldböden zu beschäftigen und an der ETH eine Vorlesung über „Forstliche Bodenkunde“ anzubieten, waren ihm durch Burger und sein Team der Boden geebnet und die Türen geöffnet worden. Vor diesem Hintergrund begann Richard mit den Kenntnissen, die er aus Amerika zurückgebracht hatte, in Zürich eine neue Bodenphysik zu etablieren, die ihm 1962 den Professorentitel eintrug und 1966 an der ETH (für ihn) zur Schaffung einer Professur für Bodenphysik führte. Mehr dazu s. S. 66ff.

Außerhalb der Forstwirtschaft geschah in Sachen Bodenphysik wenig. An der ETH Zürich befasste sich der Professor für Kulturtechnik, Edouard Diserens im Rahmen seiner Vorlesung *Améliorations foncières* mit bodenphysikalischen Fragen²²⁷. Auch leitete er eine einzelne Dissertation zum Thema der mechanischen Bodenanalyse²²⁸. An der landwirtschaftlichen Versuchsstation Zürich-Oerlikon tastete Erwin Frei nach seiner Rückkehr aus den USA das bodenphysikalische Gelände vorsichtig ab²²⁹, ohne allerdings auf viel Unterstützung zu stoßen. Da er in der Systematik der Böden und vor allem in der Kartierung sein ureigenes Tätigkeitsfeld fand, gab er die Versuche bald wieder auf.

²²⁴ Lit. Burger (1938, 1946, 1952)

²²⁵ Lit. Düggeli (1938b)

²²⁶ Lit. Kurth (1959)

²²⁷ Edouard Diserens (8.8.1885 – 18.4.1954). Professor für Kulturtechnik an der ETH Zürich von 1921 bis 1940. Lit. Diserens (1921, 1934)

²²⁸ Lit. Schiltknecht (1926)

²²⁹ Lit. Frei (1953a-c), Frei und Keller (1953), Frei und Schütz (1953)

Bodenkunde und Bodenkundler in der Schweiz
1855 bis 1962

Teil II
Anhänge

A	H. Pallmann: Die Entwicklung der Bodenkunde in Zürich (1946)	87
B	Vorlesungspolykopie von H. Pallmann zu: „Bodenkunde und Pflanzensoziologie“	98
C	Gliederung der Vorlesung „Bodenkunde“ von H. Deuel (um 1950)	101
D	Exkursionsbericht „Balsthal“ von M. Moor, R. Leuenberger und R. Bach	103
E	Vorlesungspolykopie von H. Deuel zum Thema „Humuskarbonatboden und Rendzina“	105

Anhang A

H. Pallmann: Die Entwicklung der Bodenkunde in Zürich¹**I. Die Bodenkunde als selbständige Wissenschaft. Der Begriff «Boden»**

Die Bodenkunde löste sich erst vor ungefähr 60-80 Jahren² aus der Vormundschaft der Petrographie und Geologie, bzw. der Ackerbaulehre; sie entwickelte sich zur selbständigen Wissenschaft mit eigener Problemstellung und spezifischen Arbeitsmethoden. Chemie, Physik, Biologie, Geologie und Petrographie wurden zu ihren unentbehrlichen Hilfswissenschaften.

Die sog. Zweckbestimmung des Bodens und seine Abhängigkeit vom verwitternden Gestein bestimmten seinerzeit die begriffliche Fassung; so zeigte sich früher die Bindung der Bodenkunde an die Ackerbaulehre in der Definition «Boden ist die oberste, zum Pflanzentragen geeignete Erdschicht der festen Erdrinde»; die starke Verknüpfung mit der Geologie und Petrographie ergab sich aus der Feststellung «Boden ist die oberste Verwitterungsschicht der festen Erdkruste». Sowohl die Eignung des Bodens zum Pflanzentragen als auch seine teilweise Abstammung vom Gestein kennzeichnen ihn nur einseitig und unvollkommen. Bodenbildung ist mehr als Gesteinsverwitterung, und die wesentlichen Eigenschaften werden durch die «Eignung zum Pflanzentragen» nur zum Teil umrissen.

Das agrikulturchemische Institut der ETH in Zürich, einziges Hochschulinstitut der Schweiz, wo Bodenkunde als selbständige Wissenschaft in Lehre und Forschung gepflegt wird, definiert den Boden heute umfassender:

«Als Boden bezeichnet man die durch physikalische und chemische Gesteinsverwitterung, durch biogene Umsetzungen organischer Humusbildner und durch mannigfache Verlagerungsprozesse entstandene polydisperse Lockerschicht der festen Erdkruste. Das Bodenprofil (vertikaler Anschnitt) weist meist mehrere, durch Anordnungsfolge, Mächtigkeit, Chemismus, Farbe, Körnung, gekennzeichnete Horizonte auf. Diese können den Mikroorganismen und der Bodenfauna als Lebensraum, den höheren Pflanzen als Wurzelort dienen. Der Boden ist unter dem Einfluss des Klimas und der hydrologischen Standortverhältnisse (Grundwasser, Staunässe, etc.), der mechanischen Verlagerungsvorgänge (Abtrag, Aufschüttung, Durchwaschung, Durchwühlung) und der biotischen Umwelt (Pflanzen, Tiere, Menschen) dauernd in Umformung begriffen» (PALLMANN)³

¹ Lit. Pallmann (1946). Die vorliegende Arbeit verfasste Pallmann für den Jubiläumsband der Vierteljahresschrift der naturforschenden Gesellschaft Zürich zu deren 150jährigem Bestehen. Da ein Literaturverzeichnis dazu fehlt, wurde dieses für den vorliegenden Nachdruck von H. Sticher bearbeitet. Außerdem wurden für die wichtigsten erwähnten Forscher kurze Biographien beigelegt.

² Zwischen 1870 und 1900. Vgl. dazu Boulaïne (1989).

³ Pallmann verfasste eine Reihe von zusammenfassenden Überblicken über die Bodenbildung und die Eigenschaften von Böden, s. Pallmann (1932, 1934, 1942b, 1945). Außerdem existiert eine Mitschrift von R. Bach von der Vorlesung Bodenkunde (Pallmann, 1942ff.).

In der Bodenkunde zeichnen sich bereits verschiedene Spezialrichtungen ab: Bodenchemie, Bodenphysik und Bodenbiologie sind die wichtigsten. Zum Studium der mannigfachen Wechselbeziehungen zwischen Bodenbildung und Vegetationsentwicklung arbeiten Bodenkundler mit Pflanzensoziologen und Förstern zusammen. Diese Zusammenarbeit ist auch mit dem Ackerbauforscher (Bodenbearbeitung, Düngung) vonnöten; sie drängt sich auf mit dem Erdbaumechaniker, dem Kulturingenieur und dem Klimatologen. Petrographen, Zoologen und Mikrobiologen sind berufene Förderer der Bodenkunde.

II. Der Anteil zürcherischer Forschung an der Entwicklung der Bodenkunde

Die Bodenkunde verdankt wertvolle Beiträge den Instituten für Petrographie und Mineralogie, für Geologie, für spezielle und allgemeine Botanik, für allgemeinen Ackerbau, für landwirtschaftliche Bakteriologie, für Kulturtechnik und Erdbaumechanik an der ETH, ferner dem Geobotanischen Institut RÜBEL und den Eidg. Landwirtschaftlichen Versuchsanstalten.

Im Folgenden soll im Rahmen einer allgemeinen Darlegung der Bodenbildung und der Bodeneigenschaften der zürcherische Beitrag zur Entwicklung der Bodenkunde in den letzten 50 Jahren angedeutet werden. Die mit Namen aufgeführten Forscher wirkten in Zürich, oder sie sind zum Teil hier heute noch tätig.

1. Die Bodenbildung

An der Bodenbildung sind im wesentlichen drei Vorgangsgruppen beteiligt:

- die physikalische und chemische Gesteinsverwitterung;
- die Humusbildung (Zerfall, Humifizierung, mikrobielle Neusynthese);
- die Verlagerung der Verwitterungs- und Humifikationsprodukte im Bodenprofil.

Die Bodenbildung hängt von zahlreichen Variablen ab: vom Allgemeinklima der Gegend, dem Lokalklima des Ortes, vom Relief der Landesoberfläche, von der Vegetation, vom Gesteinschemismus, von der Gesteinskörnung und -lagerung. Es spielen die Wasserverhältnisse, die der Bodenbildung zur Verfügung stehende Zeit und die mannigfachen Einwirkungen des Menschen und der Tiere eine Rolle.

a) Die Gesteinsverwitterung. Durch physikalische und chemische Verwitterung werden massiger Fels, bzw. ursprüngliche Gesteinsminerale in gelockerte, feinerteilte (hochdisperse) und chemisch oft stark vom Ausgangsmaterial abweichende anorganische Bodensubstanz umgewandelt. Die *physikalische Verwitterung* dispergiert das Gestein durch Spaltenfrost, Temperaturschwankungen, durch Scheuer- und Mahlwirkung der im Eis, Wasser oder Wind bewegten Gesteinstrümmel, durch Wurzeldruck usw. Ihre Bedeutung liegt in der Schaffung von Reaktionsoberflächen, an denen die chemische Verwitterung intensiv ansetzen kann. Die Dispersität (= Zerteilungsgrad) der anfallenden Verwitterungsprodukte wirkt sich naturgemäß stark auf Wasser-, Luft- und Wärmeregime, Adsorptionskapazität, Gefügestabilität, Druckfestigkeit, usw. aus. Von WIEGNER⁴ und GESSNER⁵, ferner von ESENWEIN stammen wichtige methodische

⁴ Georg Wiegner (1883 – 1936). Prof. für Agrikulturchemie an der ETH Zürich von 1913 – 1936. Zu Leben und Werk von Wiegner s. Teil II. Lit. Wiegner (1918a).

Verbesserungen der Körnungsanalyse der Lockergesteine und Böden. Die verschiedenen Bodenarten werden nach den Kornklassenanteilen der anorganischen Komponenten klassifiziert (Sand-, Lehm- und Tonböden und ihre Zwischenglieder). Klassifikationsvorschläge verdankt man NOVACKI⁶ und DISERENS⁷, WIEGNER und in neuerer Zeit NIGGLI⁸.

Die chemische Verwitterung wandelt das Gestein in bodeneigene, unter Oberflächenbedingungen stabilere, chemisch und feinbaulich vom Ausgangsmaterial verschiedene Verwitterungsprodukte um. (Tone, kolloide Kieselsäure, Sesquioxyde, kristalline Neubildungen, etc.). Die chemische Verwitterung ist an die Gegenwart von Wasser gebunden, sie wird durch steigende Temperaturen intensiviert. Die wichtigsten chemischen Verwitterungsreaktionen sind: Hydratation, Oxydation, Hydrolyse, Lösung und mannigfache Umsetzungen mit im Bodenwasser gelösten Säuren und Basen.

Eingehende Untersuchungen über die chemische Gesteinsverwitterung liegen von GRUBENMANN⁹ und NIGGLI vor. Die für die Bodenbildung wichtige Oberflächenverwitterung stellt nur eine intensiviert Fortsetzung der Tiefenverwitterung der Gesteine dar. Daher haben diese Untersuchungen unmittelbare Bedeutung für die Bodenkunde.

Die chemische Bauschanalyse der Profile wichtiger schweizerischer Bodentypen beweist den großen Anteil der chemischen Gesteinsverwitterung an der Bodenbildung (NIGGLI, GSCHWEND, JENNY, PALLMANN, GESSNER, GEERING, FREI)¹⁰. Diese Methode besitzt aber bei Bodenuntersuchungen ihre Grenzen. Besonders bei jüngeren Böden sind die bauschchemischen Unterschiede zwischen dem Grundgestein und den darauf entstandenen Böden oft recht klein. Spezielle Verfahren suchen nur die eigentlichen Verwitterungshüllen und deren Kationenbesetzungen – die für das kolloidchemische Verhalten massgebend sind – rings um die wenig verwitterten Gesteins- und Mineralkerne, wie auch die dispergierungsbereiten gelartigen Neubildungen festzustellen. (Auszüge mit Säuren, Dispergierung mit Soda und Oxalaten, Elektrodialyse. PALLMANN¹¹, HAMDİ¹²).

⁵ Hermann Gessner (1897 – 1981). PD für Kolloidchemie an der ETH Zürich von 1931 – 1967. Titularprofessor 1946. Lit. Gessner (1922, 1926).

⁶ Anton Nowacki (1839 – 1925). Prof. für Landwirtschaft, vorzugsweise Pflanzenproduktion und Ackerbau an der ETH Zürich von 1871 – 1907. Vgl. auch Teil I. Lit. Nowacki (1899).

⁷ Edouard Diserens (1885 – 1954). Prof. für Kulturtechnik an der ETH Zürich von 1921 – 1940. Lit. Diserens (1934).

⁸ Paul Niggli (1888 – 1953). Prof. für Mineralogie und Petrographie an der ETH und an der Universität Zürich von 1920 – 1953. Lit. Niggli (1925).

⁹ Ulrich Grubenmann (1850 – 1924). Prof. für Mineralogie und Petrographie an der ETH und an der Universität Zürich von 1893 – 1920. Lit.

¹⁰ Lit. Gschwend und Niggli (1931), Jenny (1926), Pallmann (1932, 1934), Gessner (1931), Geering (1936), Frei (1944).

¹¹ Lit. Wiegner und Pallmann (1938).

¹² Hassan Hamdi (Doktorand aus Ägypten), später Prof. für Bodenkunde in Kairo und langjähriger Vorsitzender der ägyptischen Bodenkundlichen Gesellschaft sowie Redaktor des *Egyptian Journal of Soil Science*. Lit. Hamdi (1943).

Durch die Verwitterung des Gesteins und durch die unten zu erörternde Humusbildung entsteht das polydisperse System des Bodens, das neben grobdispersen noch kolloiddisperse Anteile aufweist. Durch WIEGNER und seine Schule wurden die Problemstellung der Dispersitätschemie und deren Arbeitsverfahren bewusst auf den Boden angewandt und damit eine Spezialrichtung der Bodenkunde begründet, die besonders fruchtbar war¹³. WIEGNER zeigte, dass dieselben Gesetze mehr oder weniger quantitativ variierend für alle drei Zerteilungsklassen gelten. Von Bedeutung sind vor allem: die Oberflächenentwicklung, der äußere Dispersitätsgrad, die elektrochemische Grenzflächengestaltung, der Chemismus und der Feinbau des dispersen Anteils. Sie bedingen weitgehend Ausmaß und qualitative Besonderheit der Grenzflächenreaktionen, wie Ionenumtausch, Adsorption polarer und apolarer Molekel, inklusive des Wassers. Die Verlagerungsbereitschaft im Bodenfilter ist davon abhängig. Die wichtigsten Oberflächenreaktionen wurden zunächst an geeigneten Modellsubstanzen studiert, bevor das komplexe System des Bodens in die Studien einbezogen werden konnte. Die Ionenumtauschprozesse, die für die mannigfachen Wechselreaktionen zwischen den Bodenteilchen unter sich und zwischen den Bodenteilchen und den Pflanzenwurzeln bedeutsam sind, wurden eingehend an Permutiten, später an verschiedenen Tonen (Kaoliniten und Montmorilloniten) abgeklärt. Der Einfluss der Ioneneigenschaften (Radius, Ladung, Deformierbarkeit, Hydratation), des Feinbaus der Umtauschkörper und der dielektrischen Eigenschaften des Dispersionsmittels auf den Ionenumtausch wurden in zahlreichen Arbeiten abgeklärt (WIEGNER, JENNY, GALLAY, WEISZ, K.W. MÜLLER, PALLMANN, CERNESCU, HASLER, GRAF, ZADMARD)¹⁴. Auf Grund des speziellen Umtauschverhaltens konnten die Umtauschkörper klassifiziert werden. Die Gesetze der Koagulation, der Dispergierung, des Fliessverhaltens und der Hydratation konnten ebenfalls befriedigend formuliert werden (WIEGNER, TUORILA, GALLAY, H. MÜLLER, SCHERF, PALLMANN)¹⁵. Die Ultramikroskopie (WIEGNER, RUSSELL)¹⁶ und die Methoden zur Messung der elektrokinetischen Teilchenpotentiale wurden ausgebaut (TUORILA¹⁷, DIGLERIA, ALBAREDA). Die Untersuchungen über die Bodenazidität und allgemein über die Wasserstoffionenaktivität disperser Systeme ergab neuartige und wertvolle Gesichtspunkte (WIEGNER, PALLMANN, MUSIEROWICZ, ALBAREDA, WERNER)¹⁸.

¹³ Näheres zum wissenschaftlichen Werk von G. Wiegner s. bei Pallmann (1936a-c). Vgl. dazu auch Wiegner (1918b).

¹⁴ Lit. Wiegner (1912; erste umfassende Arbeit Wiegners über den Ionenaustausch im Boden), Jenny (1927), Gallay (1924), Wiegner und Jenny (1927), Wiegner und K.W. Müller (1929), Weisz (1933), Cernescu (1933), Pallmann (1931a, 1935, 1938, 1939), Graf (1937), Zadmard (1939), Hasler (1940.). Der rumänische Chemiker Niculae C. Cernescu (1904 – 1967) ging nach der Promotion in seine Heimat zurück und wirkte von 1948 bis zu seinem Tod als Professor für Bodenkunde und Agrikulturchemie in Bukarest. Seine Arbeiten aus allen Bereichen der Bodenkunde fanden auch im Westen große Anerkennung.

¹⁵ Lit. Gallay (1924), Müller, H. (1926, 1928), Tuorila (1926), Wiegner und Tuorila (1926), Wiegner (1928a), Pallmann (1931a, 1935, 1939).

¹⁶ Lit. Wiegner und Russell (1930).

¹⁷ Lit. Tuorila (1928).

¹⁸ Lit. Pallmann (1930), Wiegner und Pallmann (1930a, 1930b), Wiegner et al. (1932).

- b) Die Humusbildung. Die Humusforschung nahm in den letzten 15 Jahren am agrilkulturchemischen Institut der ETH einen breiten Raum ein. Die Humusentstehung, die Kolloideigenschaften des Humus, seine Morphologie und Klassifikation wurden besonders intensiv studiert (PALLMANN, SCHMUZIGER, HASLER, JUNKER, PERRENOUD, HAMDI, FREI)¹⁹. Als Gesamthumus werden sämtliche organischen Stoffe des Bodens zusammengefasst, die aus abgestorbenen Pflanzen und Tieren (= Humusbildner) entstehen. Im Gesamthumus finden sich grundsätzlich sämtliche Stadien der Zersetzung und Humifizierung vereinigt.

Die drei wichtigen, durch stete Übergänge verbundenen Humifizierungsstadien des Gesamthumus sind: die Humusbildner, die Humoide und die Humusstoffe i.e.S. (PALLMANN, FREI)²⁰. Sie unterscheiden sich im Chemismus und im räumlichen Aufbau. Ihr Anteil variiert in verschiedenen Bodentypen und deren Horizonten. Die Humusstoffe, wie auch die sog. Huminsäuren sind keine einheitlichen chemischen Verbindungen, wie früher angenommen; es sind Gemenge, in denen die Ligninderivate, die mikrobiellen Eiweisse und Hemizellulosen dominieren. Feinbaulich erweisen sich die Humusstoffe als amorph und lockerstrukturiert; sie besitzen eine riesige spezifische Oberfläche. Der Reichtum dieser Grenzflächen an ionogenen und hydrophilen Gruppen erklärt das hohe Adsorptionsvermögen für Ionen, Molekel, einschließlich Wasser. Das kolloidchemische Verhalten des Humus (Ionenumtausch, Wasserbindung, Koagulation, Dispergierung, Schutzwirkung und Klebekraft) entspricht weitgehend dem chemischen Aufbau und der permutoiden Struktur (PALLMANN, HASLER, ZADMARD, SCHMUZIGER)²¹. Der Gemengenatur des Humus entsprechend sind die Reaktionseigentümlichkeiten nicht immer einfach zu deuten. Es war auch hier angezeigt, mit geeigneten Modellsubstanzen das dispersoidchemische Verhalten der Humusstoffe einzugabeln. So entstanden zahlreiche Untersuchungen über das amorphe Lignin und dessen Oxydationsprodukte (JUNKER, PERRENOUD), das Pektin und das Carubin als Vertreter der Hemizellulosen (DEUEL, WEBER, PILNIK)²², das amorphe Eiweiß des Caseins wie auch über die kristalline Graphitsäure (HAMDI)²³ als Modellsubstanz für kryptokristalline Humussäuren. Die innerkristallinen Reaktionen der Graphitsäure mit Aminosäuren und Eiweißen wurden chemisch, dispersoidologisch und röntgenographisch untersucht. Diese Einlagerungsverbindungen wurden bereits von amerikanischen Autoren als bodenkundlich wichtig betrachtet; sie finden sich sowohl bei kristallinen Tonen als auch bei Humusstoffen.

Die Humusmorphologie und Klassifikation wurde auf Grund der mikroskopischen Dünnschliffanalysen durch FREI²⁴ gefördert. Der Humus und seine Gemenge- und

¹⁹ Lit. Pallmann (1931b, 1942a), Schmuziger (1935), Junker (1941), Hamdi (1943), Perrenoud (1944), Pallmann et al. (1938, 1939, 1943a, 1943b), Frei (1944).

²⁰ Lit. Frei (1944).

²¹ Lit. Schmuziger (1935), Zadmard (1939), Pallmann et al. (1938).

²² Lit. Deuel (1943), Weber (1944), Pilnik (1946).

²³ Lit. Hamdi (1943).

²⁴ Erwin Frei (*1914). Studium der Landwirtschaft an der ETH Zürich. Promotion bei H. Pallmann 1944. Leiter der Abt. Boden an der Eidg. Landw. Forschungsanstalt Zürich-Reckenholz. Honorarprof. für Bodenkunde an der Universität Bern (1976 - 1984).

Komplexprodukte mit anorganischen Bodenkolloiden sind für die verschiedenen Bodentypen recht spezifisch; die klassifikatorische Ordnung bedeutete einen Fortschritt. Die verschiedenen Humusformen der schweizerischen Bodentypen sind auch in ihrer komplexchemischen Zusammensetzung verschieden; die Verlagerungsbereitschaft hängt zum Teil davon ab (PALLMANN, SCHMUZIGER, HASLER)²⁵. Auf die praktische pflanzenbauliche Bedeutung des Humus (Verbesserung der physikalischen Bodeneigenschaften, des biologischen Milieus) weist mit Nachdruck STÖCKLI²⁶ hin. Humus lockert schwere und bindet sandige Böden. Dank der feindispersen und klebkräftigen Humuskittstoffe werden die anorganischen Feinerdeteilchen bei Gegenwart genügender Koagulatoren (Mg, Ca, Fe, etc.) zu stabilen Krümeln aggregiert.

c) Die Verlagerung der Verwitterungs- und Humifikationsprodukte im Bodenprofil.

Durch Verwitterung und Humusbildung entsteht eine Lockerschicht fester Komponenten, verschieden in Chemismus, Gefügearart und –stabilität und Zerteilungsgrad. Luft und Gase sind darin beigemischt; je nach dem Gefügetypus und den Befeuchtungsverhältnissen variieren die jeweiligen Anteile. Durch ENGLER²⁷ und BURGER²⁸, später durch ETTER²⁹ wurden Wald- und Freilandböden in natürlicher Lagerung auf ihre Porosität, Wasser- und Luftkapazität untersucht.

Die Lockerschichten unterliegen zahlreichen Verlagerungsmöglichkeiten, die deren ursprüngliche Eigenschaften grundlegend zu verändern vermögen:

- der mechanischen Bodenschichten-Verlagerung (Abtrag, Aufschüttung, Ausspülung, Verwehung);
- der mechanischen Bodenschichten-Mischung (durch Arbeitsgeräte und wühlende Bodentiere);
- der Perkulationsverlagerung feindisperser Bodenanteile mit dem zirkulierenden Bodenwasser (Auslaugung und Anreicherung gelöster und dispergierter Anteile in den verschiedenen Horizonten, allseitige Diffusionsverschiebungen, etc.).

Die Bodenschichten-Verlagerung umfasst alle erosiven Vorgänge, deren Bedeutung in der Schweiz sehr groß ist. Amputationen der Oberböden oder Aufschüttungen verändern die Profilmächtigkeiten und den sog. Entwicklungsgrad der Böden. Die Gefü-

²⁵ Lit. Pallmann et al. (1938).

²⁶ Alois Stöckli (1893-1970), Dr., dipl. Ing. Agr. ETH, wirkte von 1927 bis 1958 an der (damaligen) Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsanstalt in Zürich-Oerlikon (heute: Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz. Stöckli arbeitete v.a. als Bodenmikrobiologe und kann dank seiner ökologieorientierten Arbeiten als Begründer der Bodenökologie in der Schweiz angesehen werden. Lit. Stöckli (1934a und 1934b).

²⁷ Arnold Engler (1869 – 1923). Prof. für Waldbau an der ETH von 1898 – 1923. Vorstand der Schweiz. Anstalt für das forstliche Versuchswesen von 1902 – 1923. Lit. Engler (1919).

²⁸ Hans Burger (1889 – 1973). Direktor der Schweiz. Anstalt für das forstliche Versuchswesen in Birmensdorf. Titularprof. der ETH Zürich von 1943 – 1954. Lit. Burger (1923ff.).

²⁹ Lit. Etter (1943).

gestabilität und das Wasserhaltungsvermögen der Böden spielen für die Erosionsbereitschaft eine wichtige Rolle (ENGLER, BURGER, FREI, RICHARD³⁰)³¹.

Die Bodenschichten-Mischung durch die Arbeitsgeräte der Landwirte und durch die wühlenden Bodentiere wirkt sich nicht nur auf die Bodenreifung aus, sondern auch weitgehend auf das Gefüge der Böden und das biologische Milieu für die Bodenorganismen und Pflanzenwurzeln. Es werden zur Zeit die Methoden der Gefügeuntersuchung ausgebaut; die Gefügeklassifizierung steht noch aus (RICHARD, FREI). Besonders aussichtsreich erweist sich die mikroskopische Dünnschliffuntersuchung des Bodens (FREI³²).

Die Perkulationsverlagerung spielt eine Hauptrolle bei der Entstehung der sog. klimatischen und auch der petrogenen Bodentypen. Die Lockerschicht des Bodens dient dabei als Filter, durch das die im Bodenwasser gelösten und dispergierten Bodenkomponenten perkolieren. Es bieten sich dem Kolloidchemiker beim Studium dieser Perkulationsvorgänge reizvolle Probleme: er studiert den Chemismus der Wanderstoffe und die physikalisch-chemischen Voraussetzungen ihrer hohen Dispersität und spätern Koagulation. So wurden in den letzten Jahren besonders die Perkulationsvorgänge in den subalpinen Nadelwaldböden abgeklärt. Dort werden im sauren Bodenfilter unter Mitwirkung eiweißreicher und peptisierter Humusstoffe vor allem Sesquioxide wanderfähig. Ihre Wegwanderung aus dem Oberboden schafft die bleichen Auslaagehorizonte, sie reichern sich durch isoelektrische Koagulation in tiefergelegenen Illuvialhorizonten an und verleihen diesen die ziegelrote bis humusbraun-rote Farbe und das verdichtete bis zementierte Gefüge. In unreifen Braunerden können die Tone im Profil wandern, wenn sie durch kieselsäurereiche Sesquioxidkomplexe vor vorzeitiger Ausflockung geschützt werden (PALLMANN, HAMDI, FREI)³³. Mit der systematischen Untersuchung der Perkulationsvorgänge in den wichtigsten Bodentypen der Erde befasst sich unser Institut.

2. Die Boden- und Vegetationsentwicklung

Eine Spezialität der Bodenkundler in Zürich ist das Studium der mannigfachen Zusammenhänge zwischen Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in Zusammenarbeit mit den Pflanzensoziologen³⁴. BRAUN-BLANQUET³⁵ und KOCH³⁶ machten sich hierin als Sozio-

³⁰ Felix Richard (1915 – 1984). Studium der Forstwirtschaft an der ETH Zürich. Promotion bei H. Pallmann 1945. Richard baute an der Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen (EAFV) in Birmensdorf die Gruppe Bodenphysik auf und habilitierte sich an der ETH Zürich 1951 für das Fach forstliche Bodenkunde. 1962 Tit. Prof. und von 1966 bis 1982 Prof. für Bodenphysik an der ETH Zürich.

³¹ Lit. Engler (1919), Burger (1922ff.), Frei (1944), Richard (1945)

³² Lit. Frei (1944, 1946).

³³ Lit. Pallmann et al. (1943a, 1943b).

³⁴ Nach der Abfassung der vorliegenden Arbeit beschäftigte sich Pallmann eingehend mit der Zusammenarbeit zwischen Bodenkunde und Pflanzensoziologie. Davon zeugen drei stark beachtete Arbeiten aus den späten 40er Jahren. Siehe dazu Pallmann (1947), Pallmann (1948) und Pallmann et al. (1948a). Das Thema griff Pallmann auch in seiner Rede als Rektor der ETH anlässlich des ETH-Tages von 1948 auf (Pallmann, 1948b).

logen besonders verdient. Manche Zusammenarbeit verdanken wir LÜDI³⁷. Der Boden ist kein statisches, unveränderliches System; er entwickelt sich: er ist jung, er reift und altert. Parallel zu dieser Bodenentwicklung entwickeln sich die natürlichen Pflanzengesellschaften. BRAUN-BLANQUET und JENNY³⁸ studierten diese Probleme in der alpinen Stufe (*Carietum firmae-Elynetum-Curvuletum*). Die Bodenverhältnisse im Klimaxgebiet des *Rhodoreto-Vaccinion* wurden von PALLMANN und HAFFTER³⁹ bearbeitet. Das Eisenpodsol ist dort dem Arven-Lärchenwald eigen. Langjährige Untersuchungen über die Wald- und Bodenentwicklung im Unterengadiner Dolomitgebiet liegen von BRAUN-BLANQUET und PALLMANN⁴⁰ vor. KOCH⁴¹, LÜDI⁴², ETTER⁴³, RICHARD⁴⁴, KURT⁴⁵ und TREPP⁴⁶ erweiterten unsere Kenntnisse über die Zusammenhänge zwischen Boden und Laubwaldgesellschaften der montanen Stufe, während KOCH⁴⁷, ZOBRIST⁴⁸ und MAYER⁴⁹ die Nassbodengesellschaften des *Schoenetum* und des *Geranieto-Filipenduletum* mit ihren Böden wissenschaftlich bearbeiteten. Die Erforschung der Moore knüpft ferner an die Namen von FRÜH⁵⁰ und SCHRÖTER⁵¹, KOCH⁵², P. KELLER und LÜDI⁵³. Die Kenntnis der Boden- und Vegetationsentwicklung besitzt für den Waldbau grundlegende Bedeutung.

³⁵ Josias Braun-Blanquet (1884 – 1980). PD ETH Zürich 1923 – 1930. Gründer und Leiter der „Station Internationale de Géobotanique Méditerranéenne et Alpine (SIGMA) in Montpellier. Lit. Braun-Blanquet (1928).

³⁶ Walo Koch (1896 – 1956). Ao. Prof. für systematische Botanik und Pflanzensoziologie an der ETH Zürich von 1939 – 1956. Lit. Koch, (1944), Jaag (1956).

³⁷ Werner Lüdi (1888 – 1968). Promotion 1921 Uni Bern, 1927 PD Uni Bern. Von 1931 bis 1958 Direktor Geobot. Institut Stiftung Rübel in Zürich. Pionier der dynamischen Pflanzensoziologie (Dauerbeobachtungsflächen).

³⁸ Lit. Braun-Blanquet und Jenny (1926).

³⁹ Lit. Pallmann und Haffter (1933).

⁴⁰ Lit. Braun-Blanquet et al. (1954). Siehe dazu auch Pallmann et al. (1940) und Pallmann und Frei (1943).

⁴¹ Lit. Koch (1944).

⁴² Lit. Lüdi (1921).

⁴³ Lit. Etter (1943).

⁴⁴ Lit. Richard (1950).

⁴⁵ Lit. Kurt (1946).

⁴⁶ Lit. Trepp (1947).

⁴⁷ Lit. Koch (1928).

⁴⁸ Lit. Zobrist (1935).

⁴⁹ Lit. Mayer (1939).

⁵⁰ Johann Jakob Früh (1852 – 1938). Prof. für Geographie an der ETH Zürich von 1899 – 1923. Früh befasste sich vor allem mit geolog. und physikalisch-geogr. Fragestellungen. Lit. Schröter und Früh, 1904.

⁵¹ Karl Schröter (1855 – 1939). Prof. für Botanik an der ETH Zürich von 1884 – 1925. Pionier der Geobotanik, v.a. Arbeiten über Alpenpflanzen. Vater des Schweiz. Nationalparks, von 1915 bis 1929 Präsident der wiss. Kommission des Nationalparks. Lit. (Schröter und Früh, 1904, Schröter, 1926).

⁵² Lit. Koch (1928).

⁵³ Lüdi hat in den Jahren 1943 – 1951 für den Schweizerischen Bund für Naturschutz eine große Zahl von Gutachten über den Zustand der Moore in der Schweiz ausgearbeitet. Diese wurden 1973 in 10 Bänden herausgegeben. Lit. Lüdi (1971).

3. Die Kartierung der Böden der Schweiz und die Klassifikation der Böden

Das reife Bodenprofil weist meistens mehrere Horizonte auf. Die Bodenklassifikation gründet sich auf statisch-analytische Merkmale des Profils (Anordnung der Horizonte, deren Physik, Morphologie, Chemie und Biologie) und sog. genetische Merkmale (Entwicklungsrichtung, Entwicklungsgrad, Perkolationsystem). Der Ausbau der Bodenklassifikation ist noch in vollem Fluss (PALLMANN⁵⁴). Folgende mittlere und untere Einheiten werden von der Zürcher Schule unterschieden:

Bodentypen: sie gründen sich auf das vorherrschende Perkolationsystem (Bodenfilter, Art der Wanderstoffe und Perkolationsrichtung).

Bodenuntertypen: sie richten sich nach dem Entwicklungsgrad des Profils (Rohböden, unentwickelte, reife und degradierte Profile).

Bodenvarietäten = Ortsböden: sie werden durch die morphologische, physikalische, chemische und biologische Eigenart bestimmter Horizonte oder des Gesamtprofils unterschieden (Mächtigkeit, Humusgehalt, Humusform, Nährstoffgehalt, etc.).

Bodenarten: sie werden durch die Dispersität der anorganischen Bodenanteile gekennzeichnet (Sand-, Lehm- und Tonböden, bzw. deren Zwischenstufen).

Die Perkolationsysteme zeigen eine sehr starke Abhängigkeit vom Klima (Niederschlags- und Temperaturregime). A. MEYER⁵⁵ kennzeichnet die bodenkundlich wichtige Humidität des Klimas durch den sog. N:S-Quotienten (N = Jahresniederschläge, S = absolutes Sättigungsdefizit der Luft für mittlere Jahrestemperatur und mittlere rel. Feuchtigkeit berechnet). Es ergeben sich bei großräumiger Betrachtung klare Zusammenhänge zwischen Boden und Klimazonen. Neben dem Klima spielt besonders bei den relativ jungen Bodenbildungen der Schweiz auch der Chemismus des Gesteins eine Rolle⁵⁶. Die Boden-serienkarte der Schweiz lässt diese Zusammenhänge deutlich erkennen. Die erste schweizerische Bodentypenkarte stammt von JENNY⁵⁷; sie wurde anfangs der dreißiger Jahre

⁵⁴ Interessanterweise existiert von Pallmann keine leicht zugängliche Publikation, die das von ihm entwickelte und in der Vorlesung vorgestellte Klassifikationssystem bekanntmachte. Eine kurzgefasste Darstellung findet sich im Anhang zu Pallmann et al. (1948). In diesem Text wird die aufgeschobene Publikation wie folgt begründet: „Die Probleme der Bodensystematik sind heute noch nicht befriedigend gelöst.“

⁵⁵ Lit. Meyer (1926)

⁵⁶ Pallmann wies in allen bodenkundlichen Arbeiten auf diese Zusammenhänge hin. Es blieb aber Hans Jenny, der bei Wiegner promoviert hatte (vgl. Jenny, 1927), vorbehalten, nach seiner Auswanderung in die USA diese Zusammenhänge systematisch zu untersuchen und in seinem klassischen Buch „Factors of Soil Formation“ zusammenzufassen (vgl. Jenny, 1941). Zahlreiche Vorarbeiten dazu sind noch in der Schweiz, vor allem in Zusammenarbeit mit Braun-Blanquet, entstanden (vgl. Jenny 1926, 1930; Braun-Blanquet und Jenny, 1926).

⁵⁷ „Versuch einer schematischen Bodentypenkarte der Schweiz“. Die Karte wurde von H. Jenny für die Schweizerische Landwirtschaftliche Ausstellung von 1925 in Bern angefertigt. Sie basiert auf Arbeiten von A. Meyer, H. Gessner und eigenen Erhebungen. Das Original, das sich im Besitz von H. Sticher befindet, ist eine Schulkarte der Schweiz, auf die Jenny mit brauner und weisser Tusche die verschiedenen Bodenserien einzeichnete. Als dominante Bodentypen verzeichnete er im Alpengebiet das Podsol, im Voralpengebiet die Rendzina mit teilweise Übergang zum Podsol, im Mittelland die Braunerde mit teilweise Übergang zu Rendzina oder Pod-

durch PALLMANN und GESSNER⁵⁸ vervollständigt. In ihr figurieren die Hauptbodenserien: im Mittelland dominieren die Braunerdeserie auf sedimentären Mischgesteinen; in der subalpinen Stufe erscheint die Podsolserie auf Silikatgesteinen und die Serie der degradierten Humuskarbonatböden auf karbonatreichem Muttergestein. Die alpine Stufe der Alpen wird durch die Serie der Humussilikatböden und unentwickelten Humuskarbonatböden beherrscht, während die nivale Stufe vorwiegend unter der Herrschaft der Rohböden steht. Im unteren Tessin findet sich die Serie der «insubrischen» Braunerden und Rendzinen, während im Walliser Trockengebiet, besonders unter der natürlichen Steppenvegetation unbewässerter Gebiete, sich die tschernosemähnlichen (schwarzerdeähnlichen) Walliser Böden finden.

4. Bodenbiologie

Die biologische Tätigkeit des Bodens umfasst alle Vorgänge, die durch die Wurzeln höherer Pflanzen, die Mikroflora, Mikrofauna und die größeren Bodentiere verursacht werden. Zahl und Artenzusammensetzung der Bodenlebewesen und deren Aktivität hängen kompliziert von den Bodenverhältnissen und dem Klima ab (Chemismus, Säuregrad, Durchlüftung, Temperatur, Feuchtigkeit, etc.). Die verschiedenen Bodentypen und selbst die Bodenvarietäten unterscheiden sich in ihrer Biologie zum Teil sehr stark voneinander. Die Pflanzenwurzeln greifen durch ihre Ausscheidungen (Säuren, Gerbstoffe etc.) die Bodensubstanz an. Eichen- und Fichtenwurzeln führen in versauerten Böden durch ausgeschiedene Gerbstoffe die Eisenhydroxyde in lösliche Eisengerbstoffkomplexe über; durch deren Diffusion erhält der Boden ein marmoriertes Aussehen, ein Anzeichen für starke schädliche Bodendegradation (PALLMANN, RICHARD)⁵⁹.

Bakterien und Pilze spielen eine Hauptrolle bei der Humifizierung: durch ihre spezifischen Fermente bauen sie die Humusbildner ab. Die Abbauprodukte werden von den Kleinlebewesen selbst verwertet, teil dienen sie direkt als wurzelresorbierbare Nährstoffe den höheren Pflanzen (NH_3 , NO_3 , bestimmte Aminosäuren). Stickstofffixierende Mikroorganismen binden den Stickstoff der Luft und stellen diesen den höheren Pflanzen zur Verfügung. Die bakteriologischen Bodenverhältnisse sind vor allem bei DÜGGELI⁶⁰, BLÖCH-

sol sowie im Jura die Braunerde und die Rendzina. Drei Jahre nach der Ausstellung publizierte Jenny eine Arbeit, in welcher er die Karte kommentierte und begründete, warum er die Karte vorwiegend auf klimatischer und weniger auf geologischer Grundlage konzipierte (vgl. Jenny, 1928). Die Karte wurde 2000 zum 25-Jahr-Jubiläum der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz im Originalmaßstab gedruckt und kann bei der WSL in Birmensdorf (Dr. P. Blaser) bezogen werden.

⁵⁸ Lit. Pallmann (1932), Pallmann und Gessner (1934). Das Original der Karte von Pallmann und Gessner befindet sich am Institut für Terrestrische Ökologie der ETHZ.

⁵⁹ Lit. Pallmann und Richard (1942).

⁶⁰ Max Düggeli (1878 – 1946). 1909 Titularprof. und ab 1914 – 1946 Prof. für landwirtschaftliche Bakteriologie an der ETH Zürich. Studium der Landwirtschaft an der ETH von 1897 – 1900. Promotion 1903 (Referent: C. Schröter. Thema: Pflanzengeographische und wirtschaftliche Monographie des Sihltales bei Einsiedeln, von Reblosen bis Studen (Gebiet des projektierten Sihl-sees). Ernennung zum Tit.-Prof. 1909. Professor für landwirtschaftliche Bakteriologie von 1914 – 1946. Als Professor für Bakteriologie wandte sich Düggeli später vorwiegend der Bakterienflora von Futtermitteln und Milch zu, doch veröffentlichte er einige Arbeiten zur Mikrobiologie des Bodens und leitete zwei bodenbiologische Dissertationen (Blöchlinger und Stöckli, s. die

LINGER⁶¹ und STÖCKLI⁶² untersucht worden. Bodenmykologische Untersuchungen liegen in der Schweiz relativ wenige vor; Schwierigkeiten methodischer Art erklären dies. Von PALLMANN und RICHARD⁶³ stammt eine neue Methode zur näherungsweise quantitativen Messung der biologischen Bodenaktivität: in das Bodenprofil eingezogene Eiweiß- und Zellosechnüre genormter Reißfestigkeit werden dem biogenen Angriff ausgesetzt; aus dem Reißfestigkeitsverlust, resp. aus dem Abbau der Zellulose und Eiweiße wird auf die Intensität der mikrobiellen Vorgänge geschlossen.

Die Bodentiere zerkleinern die Humusbildner; im Verdauungstrakt werden die organischen Substanzen mit Mikroorganismen und evtl. mit mineralischer Feinerde gemengt und chemisch umgewandelt. Die mikroskopische Dünnschliffuntersuchung des Bodens gestattet, den Anteil der verschiedenen Bodentiere wie auch deren Arbeitsintensität zu verfolgen (FREI⁶⁴). Wichtig ist die zoogene Bodenschichtenmischung durch Kleintiere und Mäuse. Sie arbeiten der Bodenauslaugung und somit der Bodendegradation (Versauerung, Verarmung an Nährstoffen, Bildung luftabschließender saurer Auflagehumushorizonte) entgegen. Gleichzeitig lockert die Bodenfauna das Bodengefüge und begünstigt damit die Tätigkeit der aeroben, landwirtschaftlich und forstlich wertvollen Mikroorganismen (STÖCKLI, FREI)⁶⁵.

Nachtrag von H. Sticher

Die Arbeit von H. Pallmann erschien 1946. Kurz darauf wurde Pallmann zum Rektor der ETH gewählt. Dieses Amt übte er während zweier Jahre (1947-1948) nebenamtlich aus. Im Anschluss daran wirkte er als vollamtlicher Präsident des Schweizerischen Schulrates. Er wurde daher auf Beginn SS 1949 als Professor für Agrikulturchemie durch Hans Deuel ersetzt. Zwischen 1946 und 1950 wurden noch die folgenden, im geschichtlichen Überblick nicht erwähnten bodenkundlichen Promotionsarbeiten abgeschlossen: H. Schweizer (1949); R. Bach (1950); F. Leutenegger (1950) und R. Leuenberger (1950).

beiden nachfolgenden Fußnoten). Düggeli darf daher als Pionier und Förderer der Bodenbiologie in der Schweiz angesehen werden. Lit. Düggeli (1917, 1921, 1923, 1924, 1925, 1930b, 1931).

⁶¹ Lit. Blöchlinger (1931).

⁶² Lit. Stöckli (1928, 1936, 1943, 1946a-c).

⁶³ Lit. Richard (1945).

⁶⁴ Lit. Frei (1945, 1947).

⁶⁵ Lit. Stöckli (1928, 1940), Frei (1945).

Anhang B

Anmerkung (H. Sticher): Der nachfolgende Text ist die Abschrift einer dreiseitigen Polykopia zur Vorlesung Bodenkunde von H. Pallmann (datiert 1946). Auf der ersten Seite werden die Grundbegriffe der Pflanzensoziologie vorgestellt und Seite 2 bringt als Beispiel die soziologische Stellung einiger Laubwaldgesellschaften. Auf Seite 3 schließlich werden die Beziehungen zwischen Bodenkunde und Pflanzensoziologie zusammengefasst. Zur Beachtung: Die pflanzensoziologischen Bezeichnungen wurden in der Zwischenzeit teilweise geändert und entsprechen daher nicht mehr dem heutigen Stand.

I. Pflanzensoziologische Grundbegriffe

Literatur: J. Braun-Blanquet: Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Springer Verlag, Berlin 1928.

Wichtige Beiträge zur Pflanzensoziologie von: W. Koch, M. Moor, H. Etter, L. Zobrist, W. Lüdi, E. Frey, R. Tüxen, etc.

Begriffsbildung:

- Die Pflanzensoziologie ist die Lehre von den Pflanzengesellschaften.
- Eine **Pflanzengesellschaft** zeichnet sich durch eine kennzeichnende Artkombination aus. Zufällige Artenmischungen bezeichnet man als Siedlungen (Br.-Bl. S. 22).
- Die grundlegende Einheit des pflanzensoziologischen Systems ist die Pflanzen-Assoziation (analog Species in der speziellen Botanik). Die **Pflanzenassoziatio**n ist die **niederste** grundlegende Einheit mit **bestimmter, charakteristischer Artenkombination**.

Gesellschaftssystematik

Klasse	-
Ordnung	-etalia
Verband	-ion
Assoziation	-etum
Subassoziatio	-etosum
Fazies	-osum

Sippensystematik

Klasse
Familie
Gattung
Species
Unterart, Subspecies
Varietät

- Die Pflanzensoziologie befasst sich vorwiegend mit folgenden Problemen:**

- 1. Gesellschaftsgefüge** = primäres Problem.

Floristische Zusammensetzung, Erfassung der Charakterarten. Studium der Mengenvertretung der Arten, ihrer Häufungs- und Verteilungsart im Bestand. Vertikalaufbau der Gesellschaft in Schichten (Wurzelraum, Flechten-, Moos-, Strauch- und Baumschicht, ev. Epiphyten). Vitalität und Konkurrenzkraft der Arten, etc.

Die erste Fassung einer Assoziation ist Sache des soziologischen Feingefühls und der Erfahrung. Nachträgliche Bestätigung durch statistische Auswertung der verschiedenen Florenaufnahmen (Vegetationstabellen).

- 2. Gesellschaftshaushalt = Gesellschaftsökologie**

Beziehungen der Gesellschaft zum Klima: Wärme, Niederschläge (Schnee, Regen), Verdunstung, Frost, Licht.

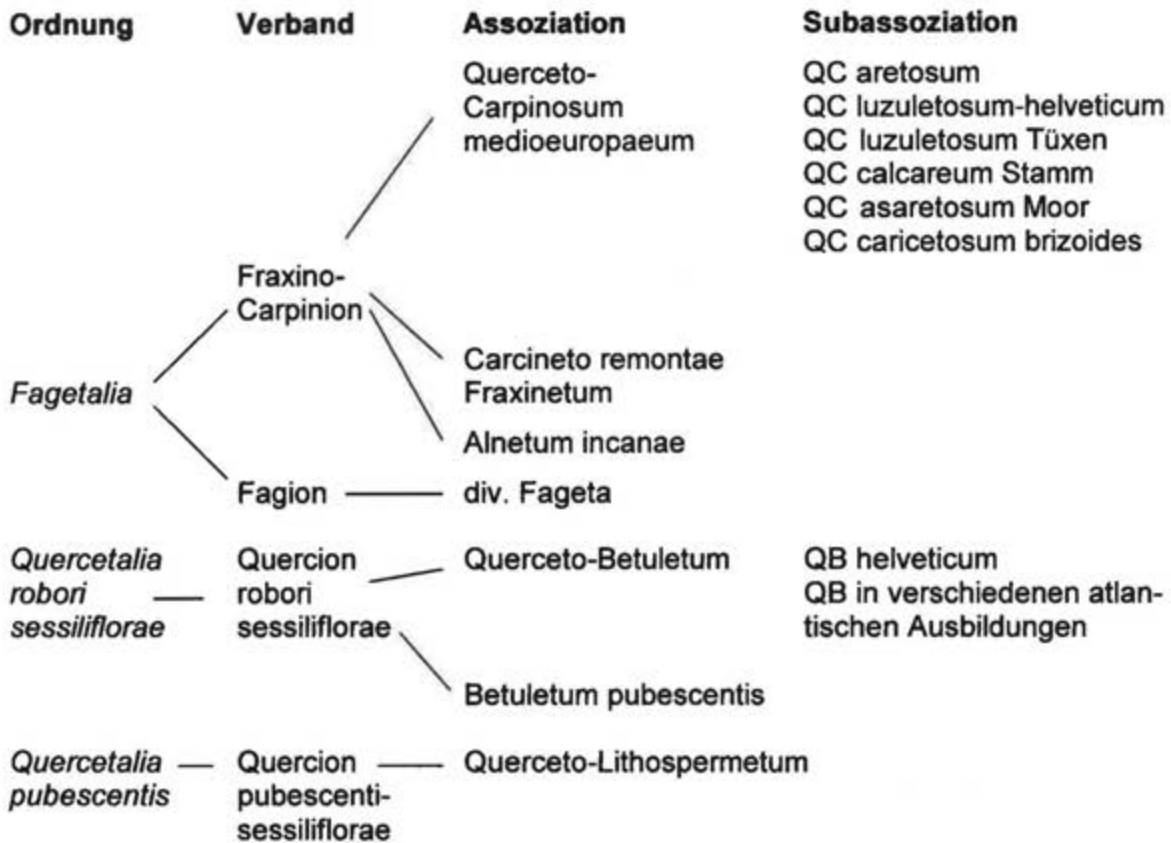
Beziehungen und Wechselwirkungen mit **Boden** (Tiefgründigkeit, Wasserhaushalt, Durchlüftung, Azidität, Chemismus, mechanische Verlagerung (Erosion, etc.).

Ansprüche und Abhängigkeiten an und von Relief (Meereshöhe, Massenerhebung, Neigung, Exposition, etc.).

Einfluss von Mensch und Tier.

3. **Gesellschaftsentwicklung: Entstehung und Umbildung.**
Sukzessionen, Regressionen parallel Bodenbildung.
4. **Gesellschaftsverbreitung**
5. **Gesellschaftssystematik**

II. Die soziologische Stellung einiger Laubwaldgesellschaften



Bodenkundliche und soziologische Bemerkungen zu den Eichenmischwäldern der Nord-Ost-Schweiz (Vgl. H. Etter: Pflanzensoziologische und bodenkundliche Studien an schweizerischen Laubwäldern. Mitt. Schweiz. Anstalt forstl. Versuchsw. 23: 7 – 132.)

Vegetationstyp	Zugehöriges Glied der Braunerdeserie	
Querceto-Carpinetum aretosum	Reife Braunerde	Vorwiegend an Hängen und in untern Hangwinkeln, hohe biologische Aktivität
Querceto-Carpinetum luzuletosum	Schwach podsolige Braunerde (= rostfarbener Waldboden)	Vorwiegend auf Kuppen und Hangschultern mit verstärkter innerer Drainage. Mittlere biologische Aktivität
Querceto-Betuletum	Leicht podsolierte bis marmorierte Braunerde	Vorwiegend auf Deckenschotterplateaux mit verstärkter innerer Drainage. Vielfach wechselfeuchte Bedingungen. Kleine biologische Aktivität

III. Beziehungen zwischen Bodenkunde und Pflanzensoziologie

1. Die **Bodenbildung** ist kompliziert abhängig vom Klima, vom Gestein, von der **Vegetation**, vom Relief, von der Hydrologie, von Tieren und Menschen.

Die **Vegetationsentwicklung** zeigt ebenfalls die entsprechenden Korrelationen.

2. Der **Boden entwickelt sich** vom Muttergestein über den Rohboden, über die unreifen Serienglieder zum reifen Bodentypus; dieser kann schließlich degradieren.

Parallel der Bodenbildung verläuft die **Vegetationsentwicklung**.

3. Zwischen dem Rohboden und dem Profil des reifen Bodentyps existieren in der Natur sämtliche **Übergänge** (Bodenserie).

Auch in der Entwicklung der Vegetation finden sich zwischen den primitiven Pflanzengruppierungen auf Rohböden und den hochorganisierten, vielschichtigen Pflanzengesellschaften auf dem reifen Bodenprofil alle Übergänge (Sukzessionsserie).

4. In den Entwicklungsreihen des Bodens und der Vegetation finden sich neben zufälligen, atypischen Stadien solche mit ausgeprägten, **kennzeichnenden Merkmalen**:

a) kennzeichnende Bodenvarietäten und Bodenuntertypen.

b) Pflanzengesellschaften kennzeichnender floristischer Artenkombinationen.

5. Sehr oft findet sich unter einer bestimmten Pflanzengesellschaft (einer Assoziation, Subassoziation oder Fazies) ein für diese kennzeichnendes Bodenprofil.

6. In den meisten Fällen ist die **Pflanzengesellschaft** (dank ihres komplizierten und umweltempfindlichen Aufbaus) der **empfindlichere Indikator** für die Standortseigenschaften als die Einzelart. Die Pflanzengesellschaft hat die engere ökologische Amplitude als die Einzelart (z.B. *Curvuletum* vs. *Carex curvula*).

7. Jede **Vegetationsänderung** spiegelt sich zumindest im **Oberboden** wider. Die Umbildung des Bodens hat ihrerseits auch eine Umgruppierung der Arten zur Folge. Der Mensch vermag oft diese Wechselbeziehungen zu stören und durch geeignete Kulturmaßnahmen (Bodenbearbeitung, Düngung, etc.) teilweise aufzuheben.

8. Bei **bodenkundlichen Kartierungen** leisten die Pflanzengesellschaften und empfindliche bodenzeigende Einzelarten gute Indikatordienste.

9. Zwischen **Bodenkundlern** und **Pflanzensoziologen** ist eine enge Zusammenarbeit notwendig.

Anhang C

H. Deuel: Gliederung der Vorlesung „Bodenkunde“ (um 1950)

1. Einleitung

- 1.1 Phänomenologisches
- 1.2 Interesse am Boden
- 1.3 Historisches
- 1.4 Definition des Begriffes Boden
- 1.5 Einteilung der Vorlesung

2. Bodenbildung

- 2.1 Allgemeines
- 2.2 Faktoren der Bodenbildung
 - 2.2.1 Gestein
 - 2.2.2 Klima
 - 2.2.3 Topographie
 - 2.2.4 Organismen
 - 2.2.5 Zeit
- 2.3 Bodenbildende Prozesse
 - 2.3.1 Gesteinsverwitterung
 - 2.3.2 Humusbildung
 - 2.3.3 Verlagerung

3. Aufbau und Eigenschaften des Bodens

- 3.1 Der Boden als disperses System
- 3.2 Klassifikation der Tone
- 3.3 Tone als Elektrolyte (Titration, Ionentausch)
- 3.4 Verschiedene Eigenschaften der Tone (Adsorptionsvermögen, Dispersion und Koagulation, Konsistenz, Keramik)
- 3.5 Humus
- 3.6 Bodengefüge
- 3.7 Wasserhaushalt, Lufthaushalt und andere physikalische Eigenschaften des Bodens
- 3.8 Der Boden als Substrat für die Pflanze

4. Bodensystematik

5. Einzelne Bodentypen

- 5.1 Wüstenböden
- 5.2 Alkalisalzböden
- 5.3 Tschernoseme
- 5.4 Braunerden
- 5.5 Podsole
- 5.6 Laterite
- 5.7 Humuskarbonatböden, Rendzinen
- 5.8 Nassböden

Anhang D

Beispiel eines Exkursionsberichtes aus der Ära Pallmann/Deuel/Bach

Anmerkung (H. Sticher): Im Nachlass von R. Bach findet sich eine große Zahl von Exkursionsberichten aus den späteren 40er Jahren, die er zum Teil als Vorarbeit für seine Dissertation erstellte oder zusammen mit den Pflanzensoziologen Braun-Blanquet, Etter, Kuo-och, Moor u.a. durchführte. Die Berichte geben den Stand der Feldbodenkunde vor 50 Jahren wieder und zeigen, wie damals um die Verfeinerung der Klassifikation von Pallmann gerungen wurde. Das folgende Beispiel stammt aus einer Serie von acht Standorten, die 1947 während einer dreitägigen Exkursion unter der Leitung von M. Moor aufgenommen wurden. Teilnehmer waren die beiden Pallmann'schen Doktoranden Leuenberger und Bach, die beide an ihrer Dissertation über die Böden des Schweizer Jura arbeiteten. Verfasst wurden die Berichte von R. Bach, während R. Leuenberger die notwendigen Laboranalysen ausführte.

Bodenkundlich-pflanzensoziologische Exkursion nach Balsthal

10. – 13. Mai 1947

Dr. M. Moor, Ing. Agr. R. Leuenberger, Ing. Agr. R. Bach

Untersuchungsobjekte:

1. Querceto - Lithospermetum
2. Fagetum seslerietosum
3. do.
4. Fagetum tilietosum
5. do.
6. do.
7. do.
8. Fagetum caricetosum albae
9. Acereto - Fraxinetum

Die Profilstandorte hat Herr Dr. M. Moor ausgewählt. Die Profile sind gemeinsam beschrieben worden. Die pH-Werte hat Herr Leuenberger gemessen.

Zürich, den 26. Juli 1947

R. Bach

1. Querceto - Lithospermetum

Aufnahmedatum: 11.5.1947
Lokalität: Geissacker, 600 m NO St. Wolfgang bei Balsthal
Koordinaten: 620'800 / 241'800
Exposition: S
Neigung: 90%
Seehöhe: 600 m ü M
Gelände: Steilhang mit Rippen
Muttergestein: Hauptrogenstein

Profilmerkmale:

Entstehung: autochthon, mit kolluvialem Material überdeckt

Mächtigkeit: 30 cm, darunter Klüfte

Hauptwurzelraum: 60 cm

Nebenwurzelraum: Aufschluss +

Wasserhaushalt: trocken bis sehr trocken

Entkarbonatung: 0 cm

Biologische Aktivität: gering bis mittel

Horizontdifferenzierung: deutlich

Horizontgrenzen: ± deutlich

Bodenbezeichnung:

HKB (Humuskarbonatboden)

mäßig entwickelt (gehemmte bBA)

deckenmullig-kluftig, biologisch wenig aktiv

L deckt ca 50%, hauptsächlich v. *Quercus pub.* und *petr.*, *Sorbus*; dazu eingeweht von *Tilia*

trocken lederig, z.T. gerollt

kA₀ deckt alles ausser hervortretenden und aufliegenden Steinen,

von genannten Bäumen, viel *Sesleria*-Detritus,

nicht lagig sondern schütter, einzelne Pilzhyphen darin,

weniger als 1 cm mächtig

kA₁ Skelett 20-50%, 0,2 – 20 cm, häufigst 5

cm Durchmesser, tafelig-splittig, ober-

flächlich und in Spalten angewittert

Feinerde feinsandig

Humus ca 20%, körniger, hemorgani-

scher, innig gemengter, koprogener

Mull, Nährstoffgehalt gering bis mittel (kleine UK, einseitige Belegung)

Gefüge feinkrümelig

0-15 cm durch Rasenwurzeln verfilzt, zusammenhängend abhebbar

15-30 cm Hauptwurzelraum der Bäume und Sträucher

Farbe hellbraunschwarz

kA₂ Skelett über 50 %. blockig, plattig

Feinerde lehmig-tonig, erfüllt nur die Hohlräume zwischen dem Skelett

Humus weniger als 1%

Nährstoffgehalt gering

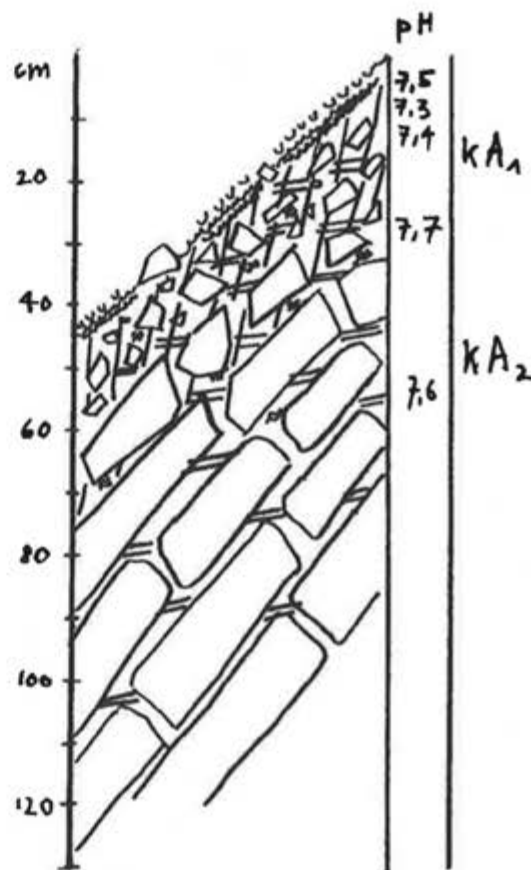
Gefüge bindig bis schwach aggregiert

Nebenwurzelraum der Bäume und Sträucher

Kalkflaum unter dem Skelett

Farbe der Feinerde ocker-gelbbraun

Gesteinsbruchflächen hellgraubraun



Entscheidende Standortsfaktoren:

1. hartkalkiges Muttergestein - geringer Tongehalt
2. S-Exp. 600 m ü M - geringe Tonbildung
3. Neigung 90% - flachgründiger Boden

Aus 1, 2 und 3: trockener Boden - biologische Aktivität stark gehemmt,

In einer kleinen Runse unmittelbar neben dem Profilort stockt auf kolluvialem Mittel- und Feinskelett ein *Fagetum caricetosum albae* mit viel *Tilia*. Das Profil weist einen ca. 30 cm mächtigen kA_1 -Horizont auf, in dem die antorfge Feinerde nur durch das dichte Baumwurzelgeflecht vor der mech. Verlagerung in die lose Skelettschüttung von kAC geschützt wird.

Ist die Windbewegung in der Runse kleiner, so dass der Boden weniger rasch austrocknet?

Rieselt Wasser unter dem Skelett die Runse hinab, so dass das Profil von unten her feuchter ist? Sicher ist der Untergrund in der Runse länger feucht.

Verträgt das Querceto-Lithospermetum kein kolluviales Material, besonders kein noch nicht stabilisiertes, oder nicht einmal oberflächliche Regressionstendenz?

Verlangt das Q.-L. einen gewissen minimalen Tongehalt ?

Vergleich mit anderen Profilen aus dem *Querceto-Lithospermetum*:

Richard hat aus der Gegend von Biel vier Profile beschrieben, die mit dem vorliegenden übereinstimmen in der Flachgründigkeit und in der Hemmung der Humifizierung.

Auf Karrenfeldern findet sich ein sehr flachgründiger Boden mit praktisch keinem Skelett in der sandigen Feinerde.

Meist in lokalen Mulden finden sich Profile mit viel Skelett in der tonreicheren Feinerde.

Vergleich mit Profilen aus anderen Pflanzengesellschaften:

Das vorliegende Profil erinnert am meisten an ein *Fagetum seslerietosum* Profil. Dass hier ein Q.-L. ausgebildet ist, liegt am Lokalklima, das zu trocken und zu warm ist; geringere Meereshöhe bei sonst gleichen Verhältnissen wie in einem *Fagetum seslerietosum*.



Querceto-Lithospermetum: Vegetation



Querceto-Lithospermetum: Boden

Anhang E

Humuskarbonatboden und Rendzina

Abschrift von Seite 1 und 3 einer Polykopie zur Vorlesung Bodenkunde von H. Deuel (1950)

	Humuskarbonatboden	Rendzina
Bildungsfaktoren Klima Gestein Relief Vegetation	Humid, kalt bis gemäßigt Kalkstein bergig, auf Ebene rasch Degradation basiphile, oft calciphile Gesellschaften trockenheitsliebend	Mergel tonzeigend
Bildungsprozesse Verwitterung Humusbildung Verlagerungen	Erdalkalikarbonat dominiert die Bodenbildung Auflösung von Erdalkalikarbonat physikalische Zerteilung des Gesteins Me ²⁺ -Humat Auswaschung von gelöstem Erdalkalikarbonat, biologische Bodenschichtenmischung (Gefügebildung), mechanische Abtragung und Aufschüttung am Hang.	physikalische und chemische Erschließung des Mergels Ton-Humus-Komplexe
Bodeneigenschaften Bodengerüst Umtauschkap. der Feinerde Umtauschkap. im L Boden Sättigungsgrad Dominierende Ionen Luftkapazität Wasserhaushalt	± zerteilter Kalk Humus (Ton untergeordnet) → runde Krümel mittel bis sehr groß klein bis sehr groß mittel bis sehr hoch Me ²⁺ groß bis sehr groß neigt zu Austrocknung	MeCO ₃ Ton (Ton-Humus-Komplexe) → scharfkantige Krümel mittel bis groß groß bis sehr groß mittel bis sehr hoch Me ²⁺ Im rA ₁ groß, unten klein Neigt zu Vernässung
Systematik der Typen Perkolationsrichtung Entstehung Mineralischer Chemismus Kennzeichnende Perkolate	endoperkolativ organo-petrogen terralkitisch Terralk	endoperkolativ organo-minerogen siallit-terralkitisch Terralk
Mischtypen	Rendzinoider HKB (Ton mitbestimmend für Bodeneigenschaften)	Humose (skelettige) Rendzina (Humus und Kalkskelett mitbe- stimmend für Bodeneigensch.)
Untertypen Wichtige Merkmale Degradationen Regressionen	Mächtigkeit des Profils (kg Feinerde/m ² Bodenfläche) Humusgehalt der Feinerde und des Profils Humusform: roher Mull – wenig entwickelter Typ Kopro-Mull – voll entwickelter Typ Bildung einer sauren Rohhumusauflage Vollständige Entkarbonatung Freilegung von Ferri: Verbraunung Verlagerung von Sesqui-Hum: Podsolierung Vernässung: Nassbodenformen Abtragung von entkarbonatetem Material Aufschüttung von Karbonatmaterial	
Varietäten nach Muttergestein Gründigkeit Humusgehalt Wasserhaushalt (physiol. wichtig) Stabilität (physiol. wichtig)	Felsig, karrig klüftig, kolluvial grob, - fein	Feinmergelig, kluftmergelig, skelettmergelig flach-, mittel-, tiefgründig arm bis reich (relativ zum Typ) trocken, zum Austrocknen neigend, frisch, feucht, zur Vernäs- sung neigend, vernässt Abtragung, Aufschüttung, Rutschung erleidend, schwach bis stark

Humuskarbonatboden, Rendzina und Braunerde im Schweizer Jura

(Werte zusammengestellt und berechnet aus der Dissertation von R. Leuenberger, 1950).

Humuskarbonatboden: „Eiletan“, 570 m ü. M., SSW, 70% Neigung, mittlere Jahrestemperatur ca. 8°C, Jahresniederschläge ca. 900 mm. Dogger-Hangkolluvium. *Cariceto-Fagetum-caricetosum albae*.

Rendzina: „Zwischenberg“, 1030 m ü. M., NE, 110% Neigung, mittlere Jahrestemperatur ca. 5°C, Jahresniederschläge ca. 1450 mm. Effinger Mergel (Kolluvium auf Autochthon). *Taxeto-Fagetum festucetosum*.

Braunerde: „Halmet“, 510 m ü. M., eben, mittlere Jahrestemperatur ca. 8°C, Jahresniederschläge ca. 900 mm. Entkarbonatet abgelagerte Verwitterungsrückstände des Dogger (auf mergeligem Hangkolluvium aufgesetzt). *Querceto-Carpinetum*.

		HKB		Rendzina		Braunerde	
Hauptwurzelraum reicht bis	cm	25 (=kA ₁ ¹)		30 (=rA ₁)		30 (=bA ₁)	
Nebenwurzelraum reicht bis	cm	90 (=kA ₁ ²⁺³)		50 (=rA ₁₋₂)		50 (=bA ₂)	
Proben aus	cm	0-10	30-40	0-10	30-40	0-10	30-40
Porenvolumen	%	63	43	66	51	59	50
Luftkapazität	%	28	n.b.	11	5	15	6
Litergewicht des getrockneten Bodens	g	908	1464	832	1312	1055	1318
Feinerde/L gewachsenen Bodens	Gew.%	20	17	83	84	100	100
Körnung der Feinerde (∅ in mm)							
• Grobsand (2 – 0.2)	Gew.%	12	37	4	6	9	13
• Feinsand (0.2 – 0.02)	Gew.%	15	11	7	11	31	24
• Schluff (0.02 – 0.002)	Gew.%	31	21	24	31	30	27
• Ton < 0.002)	Gew.%	42	31	65	52	30	36
Humus in der Feinerde	Gew.%	23.4	9.8	12.5	3.6	3.4	1.0
CaCO ₃ in der Feinerde	Gew.%	20	48	6.4	32	0	0
Humus/L gewachsenen Bodens	g	42	25	86	40	35	13
Ton /L gewachsenen Bodens	g	57	71	388	548	300	468
Umtauschkapazität/L gew. Bodens	mval	114	77	345	402	217	342
Umtauschkapazität/100 g Feinerde	mval	64	31	50	36	21	26
Sättigungsgrad	%	83.6	88.9	80.8	94.3	37.7	34.1
Na ⁺ + K ⁺ : Anteil an Umtauschkapazität	%	1.4	1.7	2.4	2.1	2.4	1.3
Mg ²⁺ + Ca ²⁺ : Anteil an Umtauschkap.	%	82.2	87.2	78.4	92.2	35.3	32.8
Azidität	pH	7.4	7.3	7.1	7.1	5.2	5.1

Molekularverhältnisse in der Feinerde (FE) und Kolloidfraktion (Ko)

		Humuskarbonatboden			Rendzina			Braunerde		
Probe aus	cm	0-10	30-40	70-80	0-10	30-40	50-60	0-10	30-40	50-60
SiO ₂ : R ₂ O ₃	FE	3.71	3.72	3.70	4.07	3.56	4.86	8.97	8.52	2.55
Al ₂ O ₃ : Fe ₂ O ₃	FE	1.82	1.77	1.79	2.84	2.82	2.34	2.75	2.52	4.28
SiO ₂ : R ₂ O ₃	Ko	1.38	1.34	1.27	2.52	1.42	2.30	1.37	1.30	1.43
Al ₂ O ₃ : Fe ₂ O ₃	Ko	6.72	6.93	6.72	4.31	3.81	4.24	6.00	5.32	6.75

Tafel I:

Aufnahmen von Rendzina und Humuskarbonatboden aus der Zeit von Pallmann
(Bilddokumentation zu Anhang E)



Rendzina auf Mergel in Jura und Alpen



Humuskarbonatboden auf hartem Kalk in
Jura und Alpen

(Quelle: Undatierter Farbdruck aus der Zeit von H. Pallmann, wahrscheinlich um 1948)

Literatur

a) Originalarbeiten

- Aarnio, B. und H. Stremme (1924): Zur Frage der Bodenbildung und Bodenklassifikation. Mémoires sur la nomenclature et la classification des sols. Agr. Medd. (Helsinki) 17: 71 – 114.
- Altermatt, H. (1954): Darstellung von Oligogalakturonsäuren. Diss. ETH Zürich (Referent: H. Deuel, Korreferent: A. Frey-Wyssling).
- Altermatt, H. und H. Deuel (1954): Über die Konstitution der Digalakturonsäure. Helv. Chim. Acta 37: 770 – 773.
- Amsler-Keller, A. und A. Näf (1927): Gesteins- und Bodenkunde: Bodenbeurteilung – Bodenbearbeitung. Ein Leitfaden für den Unterricht an landwirtschaftlichen Schulen und Lehrbuch für den praktischen Landwirt. 5. Auflage, Wirz Aarau, 210 pp.
- Anonymus (1869): Meteorologische und phänologische Stationen im Kanton Bern. Schweiz. Zeitschr. Forstw. 20: 55 – 63.
- Bach, R. (1950a): Die Standorte jurassischer Buchenwaldgesellschaften mit besonderer Berücksichtigung der Böden (Humuskarbonatböden und Rendzinen). Diss. ETH Zürich (Referent: H. Pallmann, Korreferent: W. Koch). Erschienen in: Ber. Schweiz. Bot. Gesellsch. 60: 51 – 152.
- Bach, R. (1950b): Die Böden des Schweizerischen Nationalparks. Verh. Schweiz. Naturf. Gesellsch. Davos 1950: 78 – 86.
- Bach, R. und H. Deuel (1953): Über das Bodengefüge. Schweiz. Zeitschr. Forstw. 104: 192 – 206.
- Bach, R. und H. Sticher (1963): Abbau von Quarz, Orthoklas und Nephelin mit Brenzkatechin. Schweiz. Landw. Forschung 2: 53 – 56.
- Bach, R., R. Kuoch und R. Iberg (1954): Wälder der Schweizer Alpen im Verbreitungsgebiet der Weisstanne. II. Entscheidende Standortfaktoren und Böden. Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchsw. 30: 261 – 314.
- Bach, R., R. Kuoch und M. Moor (1962): Die Nomenklatur der Pflanzengesellschaften. Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. N.F. 9: 301 – 308.
- Badoux, H. (1898): Untersuchungen über Sickerwassermengen. 3. Mitteilung. Mitt. Schweiz. Zentralanst. Forstl. Versuchsw. 6: 37 – 52.
- Baragiola, W.J. und Ch. Gobet (1911): Beitrag zur Kenntnis schweizerischer Weinbergböden. Landw. Jahrb. Schweiz 25: 213 – 224.
- Behlen, St. (1826): Oryktognosie: Lehrbuch der Gebirgs- und Bodenkunde in Beziehung auf das Forstwesen. Hennings, Erfurt. 251 pp.
- Bertrand, J.E. (1792): Der glückliche Schweizerbauer oder Anfangsgründe des hiesigen vorteilhaften Landbaues. Ökonomische Gesellschaft Bern. 154 pp.
- Billwiller, R. und A. Bühler (1891). Die forstlich-meteorologischen Stationen. Mitt. Schweiz. Zentralanst. Forstl. Versuchsw. 1: 191 – 282.
- Blöchliger, G. (1931): Mikrobiologische Untersuchungen an verwitternden Schrattenkalkfelsen. Diss. ETH Zürich (Referent: M. Düggele, Korreferent: G. Wiegner).
- Blume, H.-P. und E. Schlichting (1959): Nachweis einer Tonverlagerung in Bodenprofilen. Zeitschr. Pflanzenern., Düng., Bodenk. 85: 227 – 244.
- Braun-Blanquet, J. (1915): Les Cévennes méridionales (Massif de l'Aigoual). Thèse Fac. Sc. de Montpellier. Arch. Sc. Phys. Et Nat. Genève 48: 348 pp.
- Braun-Blanquet, J. (1923): L'origine et le développement des flores dans le Massif Central de la France. Zürich et Paris, 279 pp.
- Braun-Blanquet, J. (1928): Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Berlin. (2. Auflage 1951; 3. Auflage 1964).
- Braun-Blanquet, J. (1968): L'école phytosociologique zuricho-montpelliéraine et la S.I.G.M.A. Sonderdruck aus Vegetatio 16: Heft 1 – 4. S. 51.
- Braun-Blanquet, J. und H. Jenny (1926): Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der alpinen Stufe der Zentralalpen. Darin Teil 2: H. Jenny: Die Alpinen Böden. Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges. Band 63, Abh. 2: 293 – 340.
- Braun-Blanquet, J., H. Pallmann und R. Bach (1954): Pflanzensoziologische und Bodenkundliche Untersuchungen im Schweizerischen Nationalpark und seinen Nachbargebieten. Teil II: Vegetation und Böden der Wald- und Zwergstrauchgesellschaften (*Vaccinio-Piceetalia*). Ergebn. Wiss. Untersuch. Schweiz. Nationalpark. Band IV (Neue Folge), 200 S.
- Braun-Blanquet, J., S. Brunies, E. Campell, E. Frey, H. Jenny, Ch. Meylan, H. Pallmann (1931): Vegetationsentwicklung im Schweizer Nationalpark. Dokumente z. Erforschung d. Schweiz. Nationalparkes. Chur. 82 S.
- Bretscher, K. (1900): Über die Verbreitungsverhältnisse der Lumbriciden in der Schweiz. Biologisches Zentralblatt, 20: 703 – 717.
- Bühler, A. (1894): Waldbau. Als Manuskript gedruckt.
- Bühler, A. (1891a): Geschichte, Organisation und Einrichtung der Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen. Mitt. Schweiz. Zentralanst. Forstl. Versuchsw. 1: 1 – 8. Allgemeines Ar-

- beitsprogramm. Mitt. 1: 9 – 12. Die Arbeiten während der Jahre 1888 – 1890. Mitt. 1: 13 – 19. Der Versuchsgarten. Mitt. 1: 20 – 25.
- Bühler, A. (1891b): Untersuchungen über Sickerwassermengen. 1. Mitteilung. Mitt. Schweiz. Zentralanst. Forstl. Versuchsw. 1: 291 – 322.
- Bühler, A. (1895a): Studien über die Trockenheit des Jahres 1893. Landw. Jahrb. Schweiz 9: 273 – 280.
- Bühler, A. (1895b): Untersuchungen über Sickerwassermengen. 2. Mitteilung. Mitt. Schweiz. Zentralanst. Forstl. Versuchsw. 4: 203 – 248.
- Bühler, A. (1895c): Untersuchungen über die Temperatur des Bodens. 2. Mitteilung: Einfluss der Exposition und der Neigung gegen den Horizont auf die Temperatur des Bodens. Mitt. Schweiz. Zentralanst. Forstl. Versuchsw. 4: 257 – 314.
- Bühler, A. (1895d): Über die Verdunstung des Wassers aus dem Boden. Mitt. Schweiz. Zentralanst. Forstl. Versuchsw. 4: 315 – 322.
- Bühler, A. (1918/1923): Der Waldbau nach wissenschaftlicher Forschung und praktischer Erfahrung: ein Hand- und Lehrbuch. Ulmer Stuttgart. 2 Bände. Band I (1918), Band 2 (1923).
- Burger, H. (1923): Physikalische Eigenschaften der Wald- und Freilandböden. Diss. ETH Zürich (Referent A. Engler, Korreferent G. Wiegner). Erschienen in: Mitt. Schweiz. Zentralanst. forstl. Versuchsw. 13: 1 – 221 (1924).
- Burger, H. (1926): Podsolböden im Schweizer Wald. Schweiz. Zeitschr. Forstw. 77: 255 – 258.
- Burger, H. (1927): Physikalische Eigenschaften der Wald- und Freilandböden. Teil II. Einfluss der Durchforstungsart auf die physikalischen Eigenschaften der Waldböden. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. 14: 201 – 250.
- Burger, H. (1928): Wald und Wasserhaushalt. Schweiz. Zeitschr. Forstw. 80: 38 – 44.
- Burger, H. (1929): Physikalische Eigenschaften der Wald- und Freilandböden. Teil III. Aufforstung, Eigenschaften der Böden und Hochwasser. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. 15: 51 – 104.
- Burger, H. (1932): Physikalische Eigenschaften der Wald- und Freilandböden. Teil IV. Ferienlager und Waldboden. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. 17: 299 – 322.
- Burger, H. (1933): Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer. Teil II. Der Wasserhaushalt im Sperbel- und Rappengraben von 1915/16 bis 1926/27. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. 18: 311 – 416.
- Burger, H. (1937): Physikalische Eigenschaften der Wald- und Freilandböden. Teil V. Entwässerungen und Aufforstungen. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. 20: 5 – 100.
- Burger, H. (1938): Bodenverbesserungsversuche. Teil I. Vorläufige Ergebnisse im Stadtwald Zofingen. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. 20: 247 – 306.
- Burger, H. (1940): Physikalische Eigenschaften der Wald- und Freilandböden. Teil VI. Der Wald als Erholungsstätte und der Waldboden. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. 21: 223 – 249.
- Burger, H. (1943): Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer. Teil III. Der Wasserhaushalt im Sperbel- und Rappengraben von 1927/28 bis 1941/42. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. 23: 167 – 222.
- Burger, H. (1945): Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer. Teil IV. Der Wasserhaushalt im Valle di Melera von 1934/35 bis 1943/44. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. 24: 133 – 218.
- Burger, H. (1946): Bodenverbesserungsversuche. Teil III. Versuche im Gemeindewald von Langenthal und im bernischen Staatswald Biglenwald. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. 24: 517 – 579.
- Burger, H. (1952): Bodenverbesserungsversuche. Teil IV. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. 28: 11 – 87.
- Burger, H. (1954): Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer. Teil V. Der Wasserhaushalt im Sperbel- und Rappengraben von 1942/43 bis 1951/52. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. 31: 9 – 58.
- Burger, H. (1955): Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer. Teil VI. Der Wasserhaushalt im Valle di Melera von 1943/44 bis 1953/54. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw. 31: 493 – 555.
- Burri, R. (1904): Die Nutzbarmachung des Luftstickstoffs durch Bodenbakterien. Schweiz. Zeitschr. Forstw. 55: 89 – 95; 133 – 137.
- Carl, J. (1899): Über Collembola der Schweiz. Revue Suisse de Zoologie, 6: 274 – 362.
- Cernescu, N.C. (1933): Kationenumtausch und Struktur: vergleichende Untersuchungen an Ton, Permutit und Chabasit. Diss. ETH Zürich (Referent: G. Wiegner, Korreferent: M. Dügge-li).
- Christen, T. (1920): Erscheinungen beim Abfluss von Hochwasser nach den Engler'schen Versuchen im Emmental. Schweiz. Zeitschr. Forstw. 71: 361 – 372.

- Cline, M.G. (1949): Profile studies of natural soils of New York: I. Soil profile sequences involving brown forest, grey-brown podzolic, and brown podzolic soils. *Soil Sci.* 68: 259 – 267.
- Columella, Lucius Iunius Moderatus, 1. Jh. n. Chr.: *De Re Rustica*. Lateinisch-Deutsch. 2 Bände, Artemis Verlag München 1981. Band 1.
- Cornaz, J.-P. (1956): Gleichgewichtsmessungen an Kationenaustauschern mit Zink, Kupfer und Eisen. Diss. ETH Zürich (Referent: H. Deuel, Korreferent: G. Schwarzenbach).
- Cornaz, J.-P. und H. Deuel (1954): Selektive Ionentauscher für Fe^{3+} . *Experientia* 10: 137.
- Cornaz, J.-P. und H. Deuel (1956): Ionengleichgewichte an Kationenaustauschern mit Kupfer und Zink. *Helv. Chim. Acta* 39: 1220 – 1226.
- Darwin, C. (1883): Die Bildung der Ackererde durch die Tätigkeit der Würmer mit Beobachtungen über deren Lebensweise. Schlechtenweg Berlin, 184 pp., ill.
- Derungs, R. (1958): Trennung von Oligogalakturonsäuren an Anionentauschern. Diss. ETH Zürich (Referent: H. Deuel, Korreferent: A. Frey-Wyssling).
- Derungs, R. und H. Deuel (1954): Quantitative Trennung von Oligogalakturonsäuren an Ionentauschern. *Helv. Chim. Acta* 37: 657 – 659.
- Detmer, W. (1876): Die natürlichen Grundlagen der allgemeinen landwirtschaftlichen Bodenkunde: ein Lehrbuch für Land- und Forstwirthe, Agriculturchemiker und Pflanzenphysiologen.. C.F. Winter, Leipzig und Heidelberg, 556 pp.
- Deuel, H. (1941): Der Boden. *Schweiz. Zeitschr. Pilzkunde* 1941: 115 – 119.
- Deuel, H. (1943): Kolloidchemische Untersuchungen an Pektinstoffen. Diss. ETH Zürich (Referent: H. Pallmann). Erschienen in: *Ber. Schweiz. Bot. Gesellsch.* 53: 219 – 316.
- Deuel, H. (1950a): Die Tone des Bodens. *Schweiz. Landw. Monatsh.* 28: 392 – 422.
- Deuel, H. (1950b): Bodenkunde. Vorlesungsmanuskript. 256 Seiten (Sammlung H. Sticher).
- Deuel, H. (1951): Organische Derivate von Tonmineralien. *Kolloid-Zeitschr.* 124: 164 – 169.
- Deuel, H. (1952a): Organic Derivatives of Clay Minerals. *Clay Minerals Bull.* 1: 145 – 152.
- Deuel, H. (1952b): Künstliche Bodenkrümelung. *Schweiz. Landw. Monatsh.* 30: 145 – 152.
- Deuel, H. (1954): Organische Derivate von Tonmineralien. *Ber. Deutsch. Keram. Ges.* 31: 1 – 7.
- Deuel, H. (1955): Humus und Bodenfruchtbarkeit. *Schweiz. Landw. Monatsh.* 33: 331 – 340.
- Deuel, H. (1957a): Organische Derivate von Tonmineralien. *Agrochimica* 1: 248 – 267.
- Deuel, H. (1957b): Organische Derivate von Silikaten. *Angew. Chem.* 69: 270.
- Deuel, H. (1960): Interactions between inorganic and organic soil constituents. *Trans. 7th. Intern. Congr. Soil Sci., Madison, Wisc. USA. Vol. 1*, pp. 38 – 54.
- Deuel, H. und G. Huber (1951): Organische Derivate von Tonmineralien. 2. Mitteilung: Alkoxy-, Alkyl- und Arylderivate des Montmorillonits. *Helv. Chim. Acta* 34: 1697 – 1701.
- Deuel, H. und P. Dubach (1958a): Decarboxylierung der organischen Substanz des Bodens. III. Extraktion und Fraktionierung decarboxylierbarer Humusstoffe. *Helv. Chim. Acta* 41: 1310 – 1321.
- Deuel, H. und P. Dubach (1958a): Dekarboxylierung der organischen Substanz des Bodens. II. Nachweis von Uronsäuren. *Zeitschr. Pflanzenern., Düng., Bodenk.* 130: 97 – 106.
- Deuel, H., G. Huber und R. Iberg (1950): Organische Derivate von Tonmineralien. *Helv. Chim. Acta* 33: 1229 – 1232.
- Deuel, H., J. Solms, L. Anyas-Weisz und G. Huber (1951): Über selektive Reaktionen an Ionentauschern. *Helv. Chim. Acta* 34: 1849 – 1853.
- Deuel, H., K. Hutschneker und J. Solms (1953): Selektives Verhalten von Ionentauschern. *Z. Elektrochemie* 57: 49 – 86.
- Deuel, H., J. Wartmann, K. Hutschneker und U. Schobinger (1959): Organische Derivate des Silikagels mit Si-O-C-Bindung. *Helv. Chim. Acta* 42: 1160 – 1165.
- Deuel, H., P. Dubach und R. Bach (1958): Dekarboxylierung der organischen Substanz des Bodens. I. Dekarboxylierung der gesamten Humusstoffe. *Zeitschr. Pflanzenern., Düng., Bodenk.* 129: 189 – 201.
- Deuel, H., P. Dubach, N.C. Mehta und R. Bach (1960): Zur Chemie der organischen Substanz des Bodens. *Schweiz. Zeitschr. Hydrologie* 22: 111 – 121.
- Diem, K. (1903): Untersuchungen über die Bodenfauna in den Alpen. Diss. Uni Zürich. (Referent: C. Keller, ETH Zürich). Erschienen in: *Jahrbuch der St. Galler Naturwissenschaftlichen Gesellschaft, 1901-1902*: 234 – 414.
- Diserens, E. (1921): Introduction à l'étude des améliorations foncières. Vorlesungsnotizen ETH Zürich. 26 Bl.
- Diserens, E. (1934): Beitrag zur Bestimmung der Durchlässigkeit des Bodens in natürlicher Lagerung. *Schweiz. Landw. Monatsh.* 20: 188 – 197; 204 – 212.

- Dubach, P. (1958): Über die Dekarboxylierung der organischen Substanz des Bodens. Diss. ETH Zürich. (Referent: H. Deuel, Korreferent: R. Koblet).
- Dubach, P., G. Zweifel, R. Bach und H. Deuel (1955): Untersuchungen an der Fulvosäure-Fraktion einiger schweizerischer Böden. *Zeitschr. Pflanzenern., Düng., Bodenk.* 69: 97 – 108.
- Dubach, P., N.C. Mehta und H. Deuel (1961): Extraktion von Huminstoffen aus dem B-Horizont eines Podsolis mit Äthylendiamin-tetraessigsäure. *Zeitschr. Pflanzenern., Düng., Bodenk.* 95: 119 – 123.
- Dubach, P., N.C. Mehta und H. Deuel (1963): Schonende Extraktion von Huminstoffen und Isolierung der Fulvosäure-Fraktion aus verschiedenen Bodentypen. *Zeitschr. Pflanzenern., Düng., Bodenk.* 102: 27 – 39.
- Düggeli, M. (1917): Beitrag zur Frage über die Bedeutung der freilebenden Stickstoff fixierenden Bodenbakterien für die Ernährung der höheren Pflanzen. *Vierteljahresschr. Natf. Ges. Zürich*, 62: 394 – 422.
- Düggeli, M. (1921): Forschungen auf dem Gebiet der Bodenbakteriologie. In: Wiegner et al.: *Bodenchemie, Bodenbakteriologie und Bodenbearbeitung*. Landwirtschaftliche Vorträge, Heft 3. Huber Frauenfeld, S. 43 – 92.
- Düggeli, M. (1923): Die Bakterien des Waldbodens. *Schweiz. Zeitschr. Forstw.* 11: 267 – 278, 314 – 324, 359 – 369.
- Düggeli, M. (1924): Bodenbakteriologische Studien. *Landw. Jahrb. Schweiz* 38: 203 – 251.
- Düggeli, M. (1925): Studien über die Bakterienflora alpiner Böden. *Festschrift Carl Schröter*. Kommissionsverlag Rascher & Co. Zürich. S. 204 – 224.
- Düggeli, M. (1926): Die Bedeutung der niederen Lebewesen für die Fruchtbarkeit des Bodens. *Schweiz. Landw. Monatsh.* 4: 25 – 36.
- Düggeli, M. (1930a): Nowackis Praktische Bodenkunde: Einführung in die Lehre von der Entstehung, der Untersuchung, der Einteilung und den Eigenschaften der Böden für Landwirte, Forstwirte und Kulturingenieure. 8., Neubearb. Auflage. 232 S. Thier Bibliothek, Parey Berlin.
- Düggeli, M. (1930b): Die Bakterienflora eines Fichtenwaldbodens im Laufe eines Jahres. *Schweiz. Zeitschr. Forstw.* 81: 357 – 365.
- Düggeli, M. (1931): Die Bakterienflora eines Buchenwaldes in den verschiedenen Jahreszeiten. *Schweiz. Zeitschr. Forstw.* 82: 116 – 123.
- Düggeli, M. (1937): Wie wirkt das öftere Betreten des Waldbodens auf einzelne physikalische und biologische Eigenschaften ein? *Schweiz. Zeitschr. Forstw.* 88: 151 – 165.
- Düggeli, M. (1938a): Die Einflüsse des Betretens auf einzelne biologische Eigenschaften der Wiesenböden. *Schweiz. Landw. Monatsh.* 16: 15 – 28.
- Düggeli, M. (1938b): Bodenverbesserungsversuche. Teil II. Studien über den Einfluss der im Stadtwald Zofingen angewandten Maßnahmen zur Bodenverbesserung auf die Bakterienflora des Waldbodens. *Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchsw.* 20: 307 – 444.
- Düggeli, M. (1938c): Beitrag zur Kenntnis der physikalischen, chemischen und biologischen Beschaffenheit der Böden in den Olivenhainen von Alassio. *Schweiz. Zeitschr. Forstw.* 89: 71 – 79.
- Dusserre, C. (1902): Über die Einwirkung der Regenwürmer auf die Zusammensetzung des Bodens. *Landw. Jahrb. Schweiz* 16: 75 – 78.
- Engler, A. (1919): Studien über den Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer. *Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchsw.* 12: 1 – 626.
- Etter, H. (1943): Pflanzensoziologische und bodenkundliche Studien an schweizerischen Laubwäldern. Diss. ETH Zürich (Referent: W. Koch, Korreferent: H. Pallmann). Erschienen in: *Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw.* 23: 7 – 132.
- Fallou, A. (1857): *Anfangsgründe der Bodenkunde*. Schönfeld, Dresden, 159 pp.
- Fallou, A. (1862): *Pedologie oder allgemeine und besondere Bodenkunde*. Schönfeld, Dresden, 488 pp.
- Fankhauser, F. (1875): *Forstlich-meteorologische Stationen*. *Schweiz. Zeitschr. Forstw.* 26: 50 – 55.
- Frei, E. (1944): Morphologische, chemische und kolloidchemische Untersuchung subalpiner Weide- und Waldböden der Rendzina- und Podzolserie. Ein Beitrag zur Humusklassifizierung. Diss. ETH Zürich (Referent: H. Pallmann). Erschienen in: *Ber. Schweiz. Bot. Gesellsch.* 54: 267 – 346.
- Frei, E. (1945): Eine mikromorphologische Methode zur physikalischen Bodenuntersuchung. *Schweiz. Landw. Monatsh.* 23: 212 – 216.
- Frei, E. (1946): Eine Klassifikation von Wald- und Freilandhumus auf morphologischer und chemischer Grundlage. *Schweiz. Zeitschr. Forstw.* 97: 413 – 431.
- Frei, E. (1947): Mikromorphologische Bodenuntersuchungen anhand von Dünnschliffen. *Mittg. Lebensmittelunters. Hygiene* 38: 138 – 144.

- Frei, E. (1948): Gefügeuntersuchungen an landwirtschaftlichen Kulturböden. *Landw. Jahrb. Schweiz* 62: 20 – 36.
- Frei, E. (1953): Beurteilung der Körnung des Bodens nach dem Körnungsdiagramm 1953. *Landw. Jahrb. Schweiz* 67: 575 – 580.
- Frei, E. (1953): Das Bodenwasser, seine Haftfestigkeit und Beweglichkeit. *Landw. Jahrb. Schweiz* 67: 337 – 347.
- Frei, E. (1956): Die Bodenkartierung als Hilfsmittel zur Nutzbarmachung schlummernder Werte des natürlichen Bodenkapitals. *Schweiz. Landw. Monatsh.* 34: 273 – 277.
- Frei, E. (1959a): Bodenkartierung und Landwirtschaft. *Landw. Jahrb. Schweiz* 73: 341 – 359.
- Frei, E. (1959b): Anwendung und Nutzen von Bodenkarten in der Landwirtschaft. *Schweiz. Landw. Monatsh.* 37: 156 – 162.
- Frei, E. (1980): Phaeozem in einigen trockenen Alpentälern der Schweiz. *Zeitschr. Pflanzenern. Bodenk.* 143: 324 – 333.
- Frei, E. (1983): Agrarpedologie, eine kurz gefasste Bodenkunde. Ihre Anwendung in der Landwirtschaft, Ökologie und Geographie. *Geographica Bernensia*.
- Frei, E. und K. Peyer (1991): Boden. Agrarpedologie. Eigenschaften, Entstehung, Verbreitung, Klassierung, Kartierung des Bodens und Nutzung im Pflanzenbau. 2., vollständig überarbeitete Auflage. Verlag Paul Haupt, Bern und Stuttgart. 190 pp.
- Frei, E. (1995): Die Bodenkartierung seit 1959 auch in der Schweiz. In: Eine Dokumentation über bodenkundliche Forschungen in der Schweiz im zwanzigsten Jahrhundert. Privatdruck, S. 388.1 – 388.4.
- Frei, E. und E. Keller (1953): Strukturbeurteilung in der Ackerschicht mit Hilfe der Rammsonde. *Landw. Jahrb. Schweiz* 67: 581 – 588.
- Frei, E. und Schütz (1953): Dispergierung von Bodensuspensionen zum Zweck der Körnungsanalyse. *Landw. Jahrb. Schweiz* 67: 563 – 574.
- Frei, E. and M.G. Cline (1949): Profile studies of natural soils of New York: II. Micromorphological studies of the gray-brown podzolic – brown podzolic soil sequence. *Soil Sci.* 68: 333 – 444.
- Frei, E. und P. Juhasz (1963): Beitrag zur Methodik der Bodenkartierung und der Auswertung von Bodenkarten unter schweizerischen Verhältnissen. *Schweiz. Landw. Forschung* 2: 249 – 307.
- Frei, E., P. Juhasz und R. Bach (1966): Bodenkarte der Schweiz 1 : 1'000'000. Erläuterungen zur Karte und zur Systematik der Böden der Schweiz. *Schweiz. Landw. Forschung* 5: 537 – 551.
- Freudenreich, E. von (1903): Über stickstoffbindende Bakterien. *Landw. Jahrb. Schweiz* 17: 358 – 364.
- Frey, A. (1928): Anwendung graphischer Methoden in der Pflanzensoziologie. In: E. Abderhalden (Hrsg.): *Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden*. Verlag Urban und Schwarzenberg, Berlin und Wien, Abt. XI, Teil 5, S. 203 – 232.
- Fripiat, J.J., J. Uytterhoeven, U. Schobinger und H. Deuel (1960): Etude physico-chimique de quelques dérivés organiques d'un silicagel. *Helv. Chim. Acta* 43: 176 – 181.
- Früh, J. und C. Schröter (1904): Die Moore der Schweiz. *Beitr. Geol. Schweiz. Geotech. Serie*, 3. Lieferung.
- Gallay, R. (1924): Contribution à l'étude de la coagulation de l'argile. Diss. ETH Zürich (Referent: G. Wiegner, Korreferent: M. Dügge). Auf Deutsch erschienen in: Beitrag zur Kenntnis der Tonkoagulation. *Kolloidchem. Beihefte* 21: 431 – 489.
- Geering, J. (1936): Beitrag zur Kenntnis der Braunerdebildung auf Molasse im schweizerischen Mittelland. Diss. ETH Zürich (Referent: G. Wiegner, Korreferent: P. Niggli). In: *Landw. Jahrb. der Schweiz* 50: 136 – 207.
- Gentili, R. (1957): Organische Derivate des Montmorillonites. Diss. ETH Zürich (Referent: H. Deuel, Korreferent: H. Hopff).
- Gentili, R. und H. Deuel (1957): Organische Derivate von Tonmineralien. 5. Mitteilung: Abbau von Phenylmontmorillonit. *Helv. Chim. Acta* 40: 106 – 113.
- Gessner, H. (1922): Der verbesserte Wiegner'sche Schlämmapparat. *Mittg. Gebiet Lebensmittelunters. Hygiene* 13: 238 – 243.
- Gessner, H. (1923): Über einige Alterungserscheinungen an Vanadinpentoxyd-Solen. Diss. ETH Zürich (Referent: G. Wiegner, Korreferent: E. Baur). Erschienen in: *Kolloidchem. Beihefte* 19: 213 – 297 (1924).
- Gessner, H. (1926): Der Wiegner'sche Schlämmapparat und seine praktische Anwendung. *Kolloid-Zeitschr.* 38: 115 – 123.
- Gessner, H. (1931a): Der Boden des untersten Tessintales. *Schweiz. Landw. Monatsh.* 9: 231 – 253.
- Gessner, H. (1931b): Die Schlämmanalyse. (Kolloidforschung in Einzeldarstellungen, Band 10). Akademische Verlagsgesellschaft Leipzig. 102 Abb., 244 pp.
- Gessner, H. (1933): Über die neuere Entwicklung der Bodenkunde (Kurzfassung der Antrittsvor-

- lesung von Dr. Hans Pallmann als Privatdozent an der ETH Zürich, 10. Juni 1933). Schweiz. Landw. Monatsh. 11: 277 – 278.
- Gessner, H. (1963): Ein neuer Mikroschlämmapparat. Schweiz. Landw. Forschung 2: 123 – 138.
- Gessner, H. und R. Siegrist (1926): Bodenbildung, Besiedelung und Sukzession der Pflanzengesellschaften auf den Aareterrassen. Mitt. Aarg. Naturforsch. Gesellsch. 17: 85 – 141.
- Girard, H. (1868): Grundlagen der Bodenkunde für Land- und Forstwirte. Halle.
- Glinka, K. (1914): Die Typen der Bodenbildung, ihre Klassifikation und geographische Verbreitung. Berlin, 365 pp., 65 Abb.
- Graf, E. (1937): Über den Basenumtausch von Kasein. Diss. ETH Zürich (Referent: H. Pallmann).
- Grebe, C. (1858): Gebirgskunde, Bodenkunde und Klimalehre: in ihrer Anwendung auf die Landwirtschaft. Baerecke, Eisenach. 320 pp.
- Grete, A. (1905): Über Wiesendüngung. Landw. Jahrb. Schweiz 19: 707 – 738.
- Gschwind, M. und P. Niggli (1931): Untersuchungen über Gesteinsverwitterung in der Schweiz. Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie. Lieferung XVII: 1 – 132.
- Hamdi, H. (1943): Zur Kenntnis der kolloidchemischen Eigenschaften des Humus: Dispersoidchemische Beobachtungen an Graphitoxid. Diss. ETH Zürich (Referent: H. Pallmann). Erschienen in: Kolloidchem. Beihefte 103: 554 – 634.
- Handschin, E. (1919): Über die Collembolenfauna der Nivalstufe. Revue Suisse de Zoologie, 27: 65 – 98.
- Hartig, G.L. (1811): Lehrbuch für Förster. Band 1: Welcher die Vorbereitungs- und Hilfswissenschaften enthält. 3. verbesserte Auflage, Cotta Stuttgart. Darin: Von den Erd- und Steinarten, S. 20 – 34.
- Hartig, G.L. (1861): Lehrbuch für Förster. 10. vielfach vermehrte und verbesserte Auflage, nach dem Tode des Verf. Hrsg. Von Theodor Hartig. 3 Bände, Cotta Stuttgart. Band 1: Luft-, Boden- und Pflanzenkunde in ihrer Anwendung auf Forstwirtschaft. Darin: Vom Boden und dessen Verhältnis zum Pflanzenwachstum. S. 58 – 148.
- Hasler, A. (1940): Beitrag zur Kenntnis der quantitativen Flammenspektroskopie. Diss. ETH Zürich (Referent: H. Pallmann, Korreferent: W.D. Treadwell).
- Henne, A. (1894): Untersuchungen über die Temperatur des Bodens. I. Mitteilung: Temperatur der obersten Schichten verschiedener Bodenarten. Mitt. Schweiz. Centralanst. Forstl. Versuchsw. 3: 137 – 160.
- Heri, W., H. Neukom und H. Deuel (1961): Chromatographische Fraktionierung von Pektinstoffen an Diäthylaminoäthyl-Cellulose. Helv. Chim. Acta 44: 1939 – 1945.
- Hess, E. (1929): Neuere pedologische Untersuchungen und ihre Anwendung auf forstliche Probleme. Schweiz. Zeitschr. Forstw. 80: 243 – 263, 281 – 298.
- Hess, R. (1961): Abbau von Silikagel mit o-Diphenolen. Diss. ETH Zürich (Referent: A. Guyer, Korreferent: G. Schwarzenbach). Juris Verlag, Zürich.
- Hess, R., R. Bach und H. Deuel (1960): Modelle für Reaktionen zwischen organischen und mineralischen Substanzen im Boden. Experientia 16: 38 – 40.
- Heyer, G. (1856): Lehrbuch der forstlichen Bodenkunde und Klimatologie. Verlag F. Enke, Erlangen. 567 pp.
- Huber, G. (1951): Über die saure Dekarboxylierung von Uronsäuren. Diss. ETH Zürich (Referent: H. Deuel, Korreferent: A. Frey-Wyssling). Juris Verlag, Zürich.
- Huber, G. und H. Deuel (1951): Über den Mechanismus der sauren Dekarboxylierung von Hexuronsäuren. Helv. Chim. Acta 34: 853 – 858.
- Hundeshagen, J. (1830): Die Bodenkunde in land- und forstwirtschaftlicher Beziehung. Dresden.
- Hutschneker, K. (1955): Ionungleichgewichte an Ionentauschern unterschiedlicher Austauschkapazität. Diss. ETH Zürich (Referent: H. Deuel, Korreferent: A. Frey-Wyssling).
- Hutschneker, K. und H. Deuel (1956): Ionungleichgewichte an Kationentauschern verschiedener Austauschkapazität. Helv. Chim. Acta 39: 1038 – 1045.
- Iberg, R. (1954): Beitrag zur Kenntnis von Tonmineralien einiger schweizerischer Böden. Diss. ETH Zürich (Referent: H. Deuel, Korreferent: H. Leibundgut). Erschienen in: Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchsw. 30: 62 – 132.
- Jakab, T. (1963): Abbau von Huminstoffen. Diss. ETH Zürich (Referent: R. Bach, Korreferent: E. Crasemann). Juris Verlag, Zürich.
- Jakab, T., P. Dubach, N.C. Mehta und H. Deuel (1962): Abbau von Huminstoffen. I. Hydrolyse mit Wasser und Mineralsäuren. Zeitschr. Pflanzenern., Düng., Bodenk. 96: 213 – 217.
- Jakab, T., P. Dubach, N.C. Mehta und H. Deuel (1963): Abbau von Huminstoffen. III. Abbau mit Alkali. Zeitschr. Pflanzenern., Düng., Bodenk. 102: 8 – 17.

- Jeger, G. (1920): Zur Bedeutung der Enchyträiden für die Humusbildung. *Landw. Jahrb. Schweiz* 34: 55 – 72.
- Jenny, H. (1925): Reaktionsstudien an Schweizerischen Böden. *Landw. Jahrb. Schweiz* 39: 261 – 286.
- Jenny, H. (1926): Die alpinen Böden. *Denkschrift Schweiz. Naturf. Ges. Band 63, Abh. 2. S. 293 – 340.*
- Jenny, H. (1927): Kationen- und Anionenumtausch an Permutitgrenzflächen. Diss. ETH Zürich (Referent: G. Wiegner, Korreferent: E. Winterstein), erschienen in: *Kolloidchem. Beihefte* 23: 428 – 472.
- Jenny, H. (1928): Bemerkungen zur Bodentypenkarte der Schweiz. *Landw. Jahrb. Schweiz*, 42: 379 – 384.
- Jenny, H. (1930): Hochgebirgsböden. In: E. Blanck (Hrsg.): *Handbuch der Bodenlehre. Band 3, S. 96 – 118.* J. Springer Verlag, Berlin.
- Jenny, H. (1941): *Factors of Soil Formation.* McGraw-Hill Book Company Inc., New York.
- Jenny, H. (1964): Bodenstickstoff und seine Abhängigkeit von Zustandsfaktoren. *Zeitschr. Pflanzenern. und Bodenk.* 109: 97 – 112.
- Junker, E. (1941): Zur Kenntnis der kolloidchemischen Eigenschaften des Humus (Diss. ETH Zürich. Referent: H. Pallmann). Erschienen in: *Kolloid-Zeitschr.* 95: 213 – 250.
- Kasthofer, A.C. (1848). Memorial über die Notwendigkeit populärer Lehrkurse an der Hochschule und am Schullehrerseminar über schweizerische Alpenwirtschaft, Landwirtschaft und Forstwirtschaft als wesentliche Volksbildungsmittel. Manuskript.
- Keller, C. (1886a): Forstlicher Nutzen der Tausendfüßler. *Schweiz. Zeitschr. Forstw.* 34: 14 – 18.
- Keller, C. (1886b): Forstlicher Schaden der Tausendfüßler. *Schweiz. Zeitschr. Forstw.* 34: 57 – 61.
- Keller, C. (1887): Humusbildung und Bodenkultur unter dem Einfluss tierischer Tätigkeit, Leipzig, C.F. Winter'sche Verlagsbuchhandlung, 40 Seiten.
- Keller, P. (1960). Kationenaustausch an abgetöteten Pflanzenwurzeln. Diss. ETH Zürich (Referent: H. Deuel, Korreferent: R. Koblet).
- Keller, P. und H. Deuel (1957): Kationenaustauschkapazität und Pektinengehalt von Pflanzenwurzeln. *Zeitschr. Pflanzenern., Düng., Bodenk.* 79: 119 – 131.
- Keller, P. und H. Deuel (1958): Kationenaustauschgleichgewichte an abgetöteten Pflanzenwurzeln. *Verhandl. Komm. II und IV. Intern. Bodenk. Ges., Hamburg 1958, 2: 164 – 168.*
- Koch, W. (1928): Die höhere Vegetation der subalpinen Seen und Mooregebiete des Val Piora. *Hydrologie* 4: xx – yy.
- Koch, W. (1944): Pflanzensoziologie und Wald. *Schweiz. Zeitschr. Forstw.* 21: 266 – 276, 299 – 304.
- Kohl, F. (1958): Durchwaschungs- und Durchschlammungserscheinungen an Böden aus Bayern. Ein Beitrag zur Frage der Parabraunerden. *Zeitschr. Pflanzenern., Düng., Bodenk.* 80: 237 – 244.
- Kopp, J.J. (1965): *Anleitung zur Drainage.* J. Huber, Frauenfeld. 136 pp.
- Krutsch, K. (1820). Leitfaden für den physikalisch-chemischen Unterricht an der Königl. Sächs. Forstakademie zu Tharand. 2 Abteilungen. Darin: Sätze für die chemische Bodenkunde.
- Kürsteiner, J. (1924): Über den Bakteriengehalt von Erdproben der hochalpinen und nivalen Region. *Jahrb. Schweiz. Alpenclub* 58: xx – yy.
- Kurt, A. (1946): Untersuchungen über Aufbau und Qualität von Buchendickungen. Diss. ETH Zürich (Referent: H. Leibundgut). Erschienen in: *Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchsw.* 24: 581 – 658.
- Kurth, A. (Hrsg. 1959): *Festschrift zum siebenzigsten Geburtstag von Prof. Dr. Dr. h.c. Hans Burger.* Mitt. Schweiz. Anstalt forstl. Versuchsw. 35(1): 1 – 265.
- Landolt, E. (1866): *Der Wald, seine Verjüngung, Pflege und Benutzung,* bearbeitet für das Schweizer Volk. Schulthess Zürich. 444 pp.
- Landolt, E. (1874): *Unsere Aufgaben auf dem Gebiet des forstlichen Versuchswesens.* Schweiz. Zeitschr. Forstw. 25: 2 – 7.
- Lang, R. (1915): Versuch einer exakten Klassifikation der Böden in klimatischer und geologischer Hinsicht. *Internat. Mitt. für Bodenkunde,* 1915: 312 – 346.
- Leuenberger, R. (1950): Beitrag zur Kenntnis der Humuskarbonatböden und Rendzinen im Schweizer Jura. Diss. ETH Zürich (Referent: H. Pallmann, Korreferent: H. Deuel). Juris Verlag, Zürich.
- Leutenegger, F. (1950): Untersuchungen über die physikalischen Eigenschaften einiger Bodenprofile der Braunerdeserie des Schweizerischen Mittellandes, mit methodischem Beitrag zur physikalischen Bodenanalyse. Diss. ETH Zürich (Referent: H. Pallmann, Korreferent: H. Deuel). Sedipan A.G. Zürich.

- Liechti, P. (1904): Zur Frage der Wiesendüngung. Landw. Jahrb. Schweiz 18: 491 – 530.
- Liechti, P. und W. Mooser (1904): Untersuchungen über das Kalkbedürfnis schweizerischer Kulturböden. Landw. Jahrb. Schweiz 18: 141 – 175.
- Liechti, P. und E. Ritter (1912): Zur Frage der Ammoniakverdunstung aus Erdboden. Fühlings landw. Zeitung. 61: 83 – 109.
- Liechti, P. und E. Ritter (1913): Über das Entweichen von Ammoniak aus begültem Boden (II. Mitt.). Landw. Jahrb. Schweiz 27: 436 – 458.
- Liechti, P. und E. Truniger (1916): Zur Frage der Kalkdüngung (I. Mitt.). Landw. Jahrb. Schweiz 30: 480 – 488.
- Liechti, P. und E. Truniger (1918). Zur Frage der Kalkdüngung (II. Mitt.). Landw. Jahrb. Schweiz 32: 612 – 615.
- Lüdi, W. (1921): Die Pflanzengesellschaften des Lauterbrunnentales und ihre Sukzession: Versuch einer Gliederung der Vegetation eines Alpentes nach genetisch-dynamischen Gesichtspunkten. Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme. Heft 9. Rascher Verlag, Zürich. 364. S.
- Lüdi, W. (1928): Beitrag zu den Beziehungen zwischen Vegetation und Zustand des Bodens im westlichen Berner Oberland. Ber. Schweiz. Bot. Ges. 37: 15 – 43.
- Lüdi, W. (1935): Das große Moos im westschweizerischen Seelande und Geschichte seiner Entstehung. Veröff. Geobot. Inst. Rübel, Zürich, Heft 11, 344 Seiten.
- Lüdi, W. (1973): Moore der Schweiz. Gutachten aus den Jahren 1943 – 1951. 10 Bände. Schweizerischer Bund für Naturschutz, Basel.
- Luthin, J.N. und F. Richard (1965): Zur Untersuchung der Wasserbewegung in Hangböden mit unvollkommener Durchlässigkeit. Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchsw. 41: 303 – 368.
- Marschall, F. und E. Frei (1953): Pflanzensoziologisch – bodenkundliche Untersuchungen an schweizerischen Naturwiesen. Landw. Jahrb. Schweiz 67: 659 – 683.
- Marshall, C.E. (1949): The colloid chemistry of silicate minerals. Academic Press, New York.
- Marshall, C.E. (1964): The physical chemistry and mineralogy of soils. Vol. I: Soil materials. 388 pp.
- Marshall, C.E. (1977): The physical chemistry and mineralogy of soils. Vol. II: Soils in place. 313 pp.
- Martin, F., P. Dubach, N.C. Mehta und H. Deuel (1963): Bestimmung der funktionellen Gruppen von Huminstoffen. Zeitschr. Pflanzenern., Düng., Bodenk. 103: 27 – 39.
- Mayer, M. (1939): Ökologisch-pflanzensoziologische Studien über die Filipendula Ulmaria-Geranium palustre Assoziation. Diss. ETH Zürich (Referent: E. Gäumann, Korreferent: W. Koch). Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme der Schweiz, Heft 23. 65 Seiten.
- Mehta, N.C. und H. Deuel (1960): Zur Pentosanbestimmung im Boden. Zeitschr. Pflanzenern. Düng., Bodenk. 90: 209 – 218.
- Mehta, N.C., H. Streuli, M. Müller and H. Deuel (1960): Role of Polysaccharides in Soil Aggregation. J. Sci. Food Agric. 11: 40 – 47.
- Mehta, N.C., P. Dubach und H. Deuel (1961): Carbohydrates in the Soil. Adv. Carbohydrate Chem. 16: 119 – 123.
- Mehta, N.C., P. Dubach und H. Deuel (1962): Abbau von Huminstoffen. II. Oxydation mit Chlordioxyd, Wasserstoffperoxyd und Perjodat. Zeitschr. Pflanzenern. Düng., Bodenk. 147 – 152.
- Mehta, N.C., P. Dubach und H. Deuel (1963): Untersuchungen über die Molekulargewichtsverteilung von Huminstoffen durch Gelfiltration an Sephadex. Zeitschr. Pflanzenern. Düng., Bodenk. 102: 128 – 137.
- Meyer, A. (1926): Einige Zusammenhänge zwischen Klima und Boden in Europa. Diss. ETH Zürich (Referent: F. Machatschek, Korreferent: G. Wiegner). Erschienen in: Chemie der Erde 2: 210 – 347.
- Meyer, W. (1961): Die Bestimmung funktioneller Gruppen an Huminsubstanzen aus Böden. Diss. ETH Zürich (Referent: A. Guyer, Korreferent: G. Schwarzenbach).
- Moor, M. (1952): Die Fagion-Gesellschaften im Schweizer Jura. Beitr. Geobot. Landesaufn. Schweiz. Verlag Hans Huber, Bern. Heft 31. 201 Seiten.
- Mückenhausen, E. (1957): Die wichtigsten Böden der Bundesrepublik Deutschland. Wissenschaftliche Schriftenreihe des AID, Frankfurt/Main
- Mückenhausen, E. (1962): Die Böden der Bundesrepublik Deutschland. DFG-Verlag, Frankfurt/Main
- Müller, H. (1926): Die Theorie der Koagulation polydispenser Systeme. Kolloid-Zeitschr. 38: 1 – 2.
- Müller, H. (1928): Zur Theorie der elektrischen Ladung und der Koagulation der Kolloide. Diss. ETH Zürich (Referent: P. Scherrer, Korreferent: G. Wiegner). Erschienen in: Kolloidchem. Beihefte 26, 257 – 311.

- Müller, M. (1958): Auewaldböden des schweizerischen Mittellandes. Diss. ETH Zürich (Referent: H. Deuel, Korreferent: F. Richard). Erschienen in: Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchsw. 34: 37 - 86.
- Müller, M., N.C. Mehta und H. Deuel (1960): Chromatographische Fraktionierung von Bodenpolysacchariden an Cellulose-Anionenaustauschern. Z. Pflanzenern., Düng., Bodenk. 90: 139 - 145.
- Müller, P.E. (1887): Studien über die natürlichen Humusformen und deren Einwirkung auf Vegetation und Boden. Springer Berlin, 324 pp.
- Niggli, P. (1925): Die chemische Gesteinsverwitterung in der Schweiz. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 5: 322 - 347.
- Nowacki, A. (1884): Kurze Anleitung zur einfachen Bodenuntersuchung. Schmid Zürich, 120 pp.
- Nowacki, A. (1890): Der Regenwurm als Gehülfe der Bodenkultur. Schweiz. Landw. Centralblatt xx: yy - zz.
- Nowacki, A. (1899): Praktische Bodenkunde. Anleitung zur Untersuchung, Klassifikation und Kartierung des Bodens. 3. Auflage, Verlagsbuchhandlung Paul Parey, Berlin. 190 S.
- Nowacki, A. (1930): Praktische Bodenkunde: Einführung in die Lehre von der Entstehung, der Untersuchung, der Einteilung und den Eigenschaften der Böden für Landwirte, Forstwirte und Kulturingenieure. 8., neubearb. Auflage, hrsg. von M. Düggele. 232 S. Thae Bibliothek, Parey Berlin.
- Pallmann, H. (1926/1927): Die Bestimmung einiger wichtiger Bodenfaktoren bei pflanzengeographischen Untersuchungen. Naturw. Monatsh. f. d. biolog., chem., geograph. und geol. Unterricht, 24: 163 - 173; 25: 100 - 109.
- Pallmann, H. (1930): Die Wasserstoffionenaktivität in Dispersionen und kolloiddispersen Systemen. Diss. ETH Zürich (Referent: G. Wiegner). Erschienen in: Kolloidchem. Beihefte 30: 334 - 405.
- Pallmann, H. (1931a): Über Hydratation und Quellung. Vierteljahresschr. Natf. Ges. Zürich 76: 327 - 346.
- Pallmann, H. (1931b): Zusammenhang zwischen der aktuellen Azidität, dem Gesamthumus und dem Gehalt an dispergierbarem Humus. Comm. S.I.G.M.A. 9: 32 - 35.
- Pallmann, H. (1932): Der Boden, seine Entstehung und seine Eigenschaften, unter besonderer Berücksichtigung schweizerischer Verhältnisse. Schweizer Bauer, 62 S.
- Pallmann, H. (1933): Die Bodentypen der Schweiz. Mittg. Lebensmittelunters. Hygiene 24: 8 - 20.
- Pallmann, H. (1934a): Über Bodenbildung und Bodenserien in der Schweiz. Die Ernährung der Pflanze 30: 225-234.
- Pallmann, H. (1934b): Über die geschichtliche Entwicklung der Bodenkunde. Schweiz. Landw. Monatsh. 12: 47 - 55.
- Pallmann, H. (1935): Koagulation. Kolloidchemisches Taschenbuch, Leipzig. pp. 246 - 264. Neuauflage 1943, S. 250 - 269.
- Pallmann, H. (1938): Über starre und elastische Umtauschkörper. Bodenk. Forsch. 6: 22 - 48.
- Pallmann, H. (1939): Zur physikalischen Chemie des Bodens. Schweiz. Archiv für angewandte Wissenschaft und Technik 5: 61 - 74.
- Pallmann, H. (1942a): Dispersoidchemische Probleme in der Humusforschung. Kolloid-Zeitschrift 101: 72-81.
- Pallmann, H. (1942b): Grundzüge der Bodenbildung. Schweiz. Landw. Monatsh. 20: 143 - 166.
- Pallmann, H. (1943): Über Waldböden. Schweiz. Zeitschr. Forstw., Beihefte 21: 113 - 140.
- Pallmann, H. (1945): Über Waldböden. In: Über die Bedeutung des Schweizer Waldes. Naturschutzbücherei, Band 1, S. 26 - 51.
- Pallmann, H. (1946): Die Entwicklung der Bodenkunde in Zürich. Festschrift zur 200-Jahr-Feier der Naturf. Gesellsch. in Zürich 1746 - 1946. S. 294 - 302.
- Pallmann, H. (1947): Pédologie et Phytosociologie. C.R. du Congrès de Pédologie (Montpellier-Alger), 3 - 36.
- Pallmann, H. (1948a): Über die Zusammenarbeit von Bodenkunde und Pflanzensoziologie. Verh. Schweiz. Naturf. Gesellschaft, St. Gallen, pp. 23 - 42.
- Pallmann, H. (1948b): Bodenkunde und Pflanzensoziologie. Rektoratsrede 1947. ETH Zürich. Kultur- und Staatswissenschaftliche Schriften, Heft 60.
- Pallmann, H., und L. Zobrist (1932): Bestimmung des Kohlenstoffgehaltes in Böden. Ber. Schweiz. Bot. Gesellsch. 41: 99 - 112.
- Pallmann, H. und P. Haffter (1933): Pflanzensoziologische und bodenkundliche Untersuchungen im Oberengadin. Ber. Schweiz. Bot. Gesellsch. 42: 357-466.
- Pallmann, H. und H. Gessner (1934): Neue Bodentypenkarte der Schweiz, 1:1'000'000. Verlag Kümmerli und Frei, Bern.
- Pallmann, H. und F. Richard (1942): Bodenkundliche Bemerkungen zur Rodungsfrage mit be-

- sonderer Berücksichtigung der Verhältnisse im schweizerischen Mittelland. Schweiz. Zeitschr. Forstw. 1942: 1 – 12.
- Pallmann, H. und E. Frei (1943): Beitrag zur Kenntnis der Lokalklimate einiger kennzeichnender Waldgesellschaften des Schweizerischen Nationalparks. *Ergebn. Wiss. Untersuch. Schweiz. Nationalpark. Band I (Neue Folge)*: 435 – 464.
- Pallmann, H., A. Hasler und A. Schmuziger (1938): Beitrag zur Kenntnis der alpinen Eisen- und Humuspodzole. *Bodenkunde und Pflanzenernährung. Neue Folge* 9/10: 94 – 122.
- Pallmann, H., A. Hasler und H. Hamdi (1939): Zur kolloidchemischen Kenntnis der Huminstoffe. *Annales de la faculté d'agronomie de Bucarest* 1: 199-219.
- Pallmann, H., A. Hasler und E. Eichenberger (1940): Prinzip einer neuen Temperaturmessung für ökologische und bodenkundliche Untersuchungen. *Bodenk. Forsch.* 7: 53 – 71.
- Pallmann, H., E. Eichenberger und A. Hasler (1940): Eine neue Methode der Temperaturmessung bei ökologischen oder bodenkundlichen Untersuchungen. *Ber. Schweiz. Bot. Gesellsch.* 50: 337 – 362.
- Pallmann, H., E. Frei und H. Hamdi (1943a): Die Filtrationsverlagerung hochdisperser Verwitterungs- und Humifizierungsprodukte im Profil der mäßig entwickelten Braunerde. *Kolloid-Zeitschrift* 103: 111 – 119.
- Pallmann, H., E. Frei und H. Hamdi (1943b): Die Filtrationsverlagerungen hochdisperser Verwitterungsprodukte im Bodenprofil einiger Glieder der schweizerischen Braunerdeserie. *Ber. Schweiz. Bot. Gesellsch.* 53: 175 – 191.
- Pallmann, H., F. Richard und R. Bach (1948): Über die Zusammenarbeit von Bodenkunde und Pflanzensoziologie. «10ième Congrès Zurich 1948» des Internationalen Verbandes forstlicher Versuchsanstalten, pp. 57 – 95.
- Perrenoud, H. (1944): Zur Kenntnis der kolloidchemischen Eigenschaften des Humus. *Dioxan-Extraktion und Dispersitätschemie des Fichtenholzlignins*. Diss. ETH Zürich (Referent: H. Pallmann). Erschienen in: *Kolloid-Zeitschr.* 107: 15 – 41.
- Perty, M. (1849): *Mikroskopische Organismen der Alpen und der italienischen Schweiz*. Mitt. Naturf. Gesellsch. Bern, 153 – 176.
- Pilnik, W. (1946): Über die Strömungsdoppelbrechung von Pektinstoffen in wässriger Lösung. Diss. ETH Zürich (Referent: H. Pallmann).
- Ramann, E. (1893): *Forstliche Bodenkunde und Standortslehre*. Springer Berlin, 479 pp.
- Ramann, E. (1905): *Bodenkunde*. 2. Aufl., Springer Berlin, 431 pp.
- Ramann, E. (1911): *Bodenkunde*. 3. umgearbeitete und verbesserte Aufl., Springer Berlin, 667 pp.
- Ramann, E. (1919): *Bodenbildung und Bodeneinteilung (System der Böden)*, Springer Berlin, 118 pp.
- Renold, A. (1935): Kationenaustausch an Permutiten, insbesondere an Wasserstoff- und Schwermetallpermutiten. Diss. ETH Zürich. (Referent: G. Wiegner, Korreferent: E. Winterstein). Erschienen in: *Kolloidchem. Beihefte* 43: 1 – 142.
- Ribiaucourt, E. de (1896): *Etude sur la faune lombricide de la Suisse*. *Revue Suisse de Zoologie*, 4 : 1 – 110.
- Richard, F. (1945): Der biologische Abbau von Zellulose- und Eiweiss-Testschnüren im Boden von Wald- und Rasengesellschaften. Diss. ETH Zürich (Referent: H. Pallmann). *Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchsw.* 24: 295 – 397.
- Richard, F. (1950a): Böden auf sedimentären Mischgesteinen des schweizerischen Mittellandes. *Habilitationsschrift ETH Zürich*. Erschienen in: *Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchsw.* 24: 751 - 836.
- Richard, F. (1950b): *Bodenkundliche Bemerkungen zur Baumartenwahl*. *Schweiz. Zeitschr. Forstwesen* 101 : 459 – 486.
- Richard, F. (1953a): *Physikalische Bodeneigenschaften natürlich gelagerter Rissmoränenböden unter verschiedener Bestockung*. (Zum 50. Geburtstag von Schulratspräsident Prof. Dr. H. Pallmann). *Schweiz. Zeitschr. Forstw.* 104: 154 – 173.
- Richard, F. (1953b): Über die Verwertbarkeit des Bodenwassers durch die Pflanze. *Mitt. Schweiz. Anstalt. Forstl. Versuchsw.* 19: 17 – 37.
- Richard, F. (1955): Über Fragen des Wasserhaushaltes im Boden. *Schweiz. Zeitschr. Forstw.* 106: 193 – 214. (Antrittsvorlesung als PD an der ETH, 15. 1. 1955).
- Richard, F. (1956): Über die künstliche Strukturverbesserung von Ton- und Staubböden. *Schweiz. Zeitschr. Forstw.* 107: 249 – 267.
- Richard, F. (1959): Über den Einfluss des Wasser- und Lufthaushalts auf das Wachstum von Fichtenkeimlingen. *Mitt. Schweiz. Anstalt. Forstl. Versuchsw.* 35 : 243 - 264.
- Richard, F. (1960): Zur Frage der Untersuchung des Wasser- und Lufthaushaltes vernässter Böden. *Schweiz. Zeitschr. Forstw.* 111: 627 – 636.
- Richard, F. (1962): *Bodenkundliche Untersuchungen in der Forstwirtschaft unter besonderer Be-*

- rücksichtigung insubrischer Verhältnisse im Kanton Tessin. Schweiz. Zeitschr. Forstw. 113: 143 – 157.
- Richard, F. (1963): Wassergehalt und Wasserbewegung im Boden. Schweiz. Landw. Forschung 2 : 145 – 160. (Zum 60. Geburtstag von Schulratspräsident Prof. Dr. H. Pallmann).
- Richard, F. und J. Beda (1953): Methoden zur Bestimmung der Wasserbindung und der Porengrößen in natürlich gelagerten Böden. Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchsw. 19 : 293 – 314.
- Richard, F. und J.-S. Chausson (1957): Über die künstliche Veränderung physikalischer Bodenfaktoren. Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchsw. 33: 1 – 31.
- Richard, F. und R. Fehr. (1954): Physikalische Bodeneigenschaften einiger Pappelstandorte im schweizerischen Mittelland. Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchsw. 31: 59 – 101.
- Richard, F., J.-S. Chausson und E. Surber (1958): Der Einfluss der Wasserbindung und der Bodenstruktur auf das Wachstum von Fichtenkeimlingen. Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchsw. 34: 1 – 34.
- Roulet, N. (1964): Purification de préparations de substances humiques par élimination d'hydrates de carbone et de composés azotés. Diss. ETH Zürich (Referent: H. Deuel, Korreferent: L. Ettliger).
- Roulet, N., N.C. Mehta, P. Dubach und H. Deuel (1963): Abtrennung von Kohlehydraten und Stickstoffverbindungen aus Huminstoffen durch Gelfiltration und Ionenaustauschchromatographie. Zeitschr. Pflanzenern., Düng., Bodenk. 103: 1 – 7.
- Roulet, N., P. Dubach, N.C. Mehta, M. Müller-Vonmoos und H. Deuel (1962): Verteilung der organischen Substanz und der Kohlehydrate bei der Gewinnung von „wurzelfreiem“ Bodenmaterial durch Schlämmsiebung. Zeitschr. Pflanzenern., Düng., Bodenk. 101: 210 – 214.
- Ruchti, J. (1961): Fraktionierung von organischen Substanzen aus dem B-Horizont eines Podsoles. Diss. ETH Zürich (Referent: H. Deuel, Korreferent: R. Koblet).
- Saussure, H.-B., de (1779 – 1796) : Voyages dans les Alpes. Bd. 1 (1779), Fauche, Neuchâtel, 540 pp. Bd. 2 (1786), Barde et Manget, Genève, 641 pp. Bd. 3 & 4 (1796), Fauche-Borel, Neuchâtel, 532 et 593 pp.
- Scheffer, F. (1937): Lehrbuch der Agrikulturchemie und Bodenkunde. Teil a: Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke, Stuttgart.
- Schiltknecht, H. (1926): Die mechanische Bodenanalyse und ihre Anwendung auf die schweizerische kulturtechnische Praxis. Diss. ETH Zürich (Referent: E. Diserens, Korreferent: M. Düggele).
- Schlichting, E. und H.-P. Blume (1959): Tonverlagerung. Zeitschr. Pflanzenern., Düng., Bodenk. 85: 227 – 244.
- Schmuziger, A. (1935): Über die Verteilung und den Chemismus der Huminstoffe in den Profilen einiger schweizerischer Bodentypen. Diss. ETH Zürich (Referent: G. Wiegner, Korreferent: H. Pallmann).
- Schobinger, U. (1958): Chemische Untersuchungen über die Umwandlung von Weizenstrohlignin im Laufe der Verrottung. Diss. ETH Zürich (Referent: H. Deuel, Korreferent: E. Crasemann). Schellenberg-Druck, Winterthur.
- Schröter, C. (1926): Das Pflanzenleben der Alpen: eine Schilderung der Hochgebirgsflora. 2. neu bearbeitete und vermehrte Auflage. Raustein Zürich, 1288 S.
- Schröter, C. und J. Früh (1904): Die Moore der Schweiz. Beitr. Geol. Schweiz. Geotech. Serie, 3. Lieferung.
- Schübler, G. (1830): Grundsätze der Agriculturchemie in näherer Beziehung auf land- und forstwirtschaftl. Gewerbe. Baumgärtner Leipzig. (2. Auflage 1838).
- Schulze, E. (1888): Die Stickstoffversorgung der Pflanzen und der Kreislauf des Stickstoffs in der Natur. Landw. Jahrb. Schweiz 2: 74 – 92.
- Schulze, E. (1890; 1891): Über die Entstehung der salpetersauren Salze im Boden. I. Landw. Jahrb. Schweiz, 4: 109 – 121. II. Landw. Jahrb. Schweiz, 5: 82 – 86.
- Schulze, E. (1901): Über den Humus und seine Beziehung zum Leben der Pflanzen. Landw. Jahrb. Schweiz 15: 184 – 196.
- Schumacher, W. (1864): Die Physik des Bodens in ihren theoretischen und praktischen Beziehungen zur Landwirtschaft. Wiegandt und Hempel, Berlin, 505 pp.
- Schweizer, H. (1949): Über die Peptisation und Koagulation von Sesquioxyd-Hydrogelen und -Solen. Diss. ETH Zürich (Referent: H. Pallmann). Neographik G.m.b.H. Zürich.
- Senft, F. (1847): Lehrbuch der Bodenkunde, zunächst für Forst- und Landwirthe. (Theil 2 von: Lehrbuch der Gebirgs- und Bodenkunde). Druck und Verlag von F. Maucke, Jena. 325 pp.
- Senft, F. (1857): Lehrbuch der forstlichen Geognosie, Bodenkunde und Chemie. (Band 3 von: Lehrbuch der forstlichen Naturkunde). Druck und Verlag von F. Maucke, Jena. 503 pp.

- Senft, F. (1867): Der Steinschutt und Erdboden nach Bildung, Bestand, Eigenschaften, Veränderungen und Verhalten zum Pflanzenleben für Land- und Forstwirthe, sowie auch für Geognosten. J. Springer, Berlin. 366 pp., 2. Aufl. 1877, 416 pp.
- Senft, F. (1888): Der Erdboden nach Entstehung und Eigenschaften. Hahn, Hannover. 158 pp.
- Siegrist, R. (1913): Die Auenwälder der Aare mit besonderer Berücksichtigung ihres genetischen Zusammenhanges mit anderen flussbegleitenden Pflanzengesellschaften. Diss. ETH Zürich (Referent: C. Schröter, Korreferent: P. Jacard).
- Siegrist, R. und H. Gessner (1925): Über die Auen des Tessinflusses. Studie über die Zusammenhänge der Bodenbildung und der Sukzession der Pflanzengesellschaften. Festschrift Carl Schröter, S. 127 – 169. Kommissionsverlag Rascher & Co. Zürich.
- Solms, J. und H. Deuel (1957): Ionenaustauscharze mit Borsäuregruppen. *Chimia* 11: 311.
- Sowden, F.J. und H. Deuel (1961): Fractionation of Fulvic Acids from the B-Horizon of a Podsol. *Soil Science* 91: 44 – 48.
- Sprengel, C. (1837): Die Bodenkunde oder die Lehre vom Boden, nebst einer vollständigen Anleitung zur chemischen Analyse der Ackererden und den Resultaten von 170 chemisch untersuchten Bodenarten aus Deutschland, Belgien, England, Frankreich, der Schweiz, Ungarn, Russland, Schweden, Ostindien, Westindien und Nordamerika. Ein Handbuch für Landwirthe, Forstmänner, Gärtner, Boniteure und Theilungscommissäre. Verlag I. Müller, Leipzig. 2. Aufl. 1844. 576 pp.
- Sprengel, V. (1838): Die Lehre von den Urbarmachungen und Grundverbesserungen. J.A. Baumgärtner, Leipzig. 448 pp.
- Stebler, F.G. und C. Schröter (1891): Versuche über den Einfluss der Bodenart, Neigung und Exposition auf das Gedeihen einer Grasmischung im Freien. *Mitt. Schweiz. Zentralanst. Forstl. Versuchsw.* 1: 27 – 78.
- Stebler, F.G. (1906): Der Kalkgehalt einiger Esparsettenböden. *Landw. Jahrb. Schweiz* 20: 177 – 180.
- Steiner, K., H. Neukom und H. Deuel (1958): Versuche zur Fraktionierung von Polysacchariden. *Kolloidchemie makromol. Naturstoffe* 18: 91 – 103.
- Sticher, H. (1963): Abbau von Silikaten mit Brenzkatechin. Diss. ETH Zürich (Referent: R. Bach, Korreferent: H. Neukom). Juris Verlag Zürich, 61 pp.
- Stöckli, A. (1928): Studien über den Einfluss des Regenwurms auf die Beschaffenheit des Bodens. Diss. ETH Zürich (Referent: M. Düggele, Korreferent: G. Wiegner). Erschienen in: *Landw. Jahrb. Schweiz* 42: 1 – 121. Zusammenfassung: A. Stöckli (1928): Der Einfluss der Organismen auf die Bildung und Beschaffenheit des Bodens. *Schweiz. Landw. Monatsh.* 6: 13 – 14, 41 – 43.
- Stöckli, A. (1929): Die ökologischen Faktoren der Bodenbeschaffenheit und der Pflanzenproduktion. *Schweiz. Landw. Monatsh.* 7: 305 – 306.
- Stöckli, A. (1930): Die Bodenalgae. *Schweiz. Landw. Monatsh.* 8: 216 – 219.
- Stöckli, A. (1931): Die Bodennematoden. *Schweiz. Landw. Monatsh.* 9: 291 – 294.
- Stöckli, A. (1934a): Der Humus als Träger der Bodenfruchtbarkeit. *Schweiz. Landw. Monatsh.* 12: 40 – 46.
- Stöckli, A. (1934b): Die besonderen Wirkungen der sog. Humusdünger. *Schweiz. Landw. Monatsh.* 12: 302 – 322.
- Stöckli, A. (1936): Die mikrobiologischen Methoden zur Bestimmung des Düngerbedürfnisses der Böden. *Schweiz. Landw. Monatsh.* 14: 169 – 179.
- Stöckli, A. (1940): Das Leben im Ackerboden. *Schweiz. Landw. Monatsh.* 18: 159 – 172. (Übersichtsartikel).
- Stöckli, A. (1942): Die Bedeutung des Kompostes zur Erhaltung und Steigerung der Bodenfruchtbarkeit. *Schweiz. Landw. Monatsh.* 20: 81 – 89.
- Stöckli, A. (1943): Bodenbiologische Studien. *Schweiz. Landw. Monatsh.* 21: 107 – 129.
- Stöckli, A. (1945a): Die Bodenatmung. *Schweiz. Landw. Monatsh.* 23: 62 – 77.
- Stöckli, A. (1945b): Der Boden und sein Geheimnis. *Schweiz. Landw. Monatsh.* 23: 269 – 279.
- Stöckli, A. (1946a): Der Boden als Lebensraum. *Vierteljahresschr. Natf. Ges. Zürich*, 91.
- Stöckli, A. (1946b): Die biologische Komponente der Vererdung, der Gare und der Nährstoffpufferung. *Schweiz. Landw. Monatsh.* 24: 286 – 295, 316 – 323.
- Stöckli, A. (1946c): Der Boden als Heimstätte des Lebens. *Schweiz. Zeitschr. Forstw.* 97: 356 – 378.
- Stöckli, A. (1948): Über den Bakteriengehalt alpiner Böden. *Landw. Jahrb. Schweiz* 62: 1 – 19.
- Stöckli, A. (1949): Der Einfluss der Mikroflora und Fauna auf die Beschaffenheit des Bodens. *Z. Pflanzenern., Düng., Bodenk.* 45: 41 – 53.

- Stöckli, A. (1956): Zahl, Grösse, Form und Verteilung der autochthonen Bodenbakterien. *Landw. Jahrb. Schweiz* 70: 47 – 65.
- Stöckli, A. (1957a): Über das Vorkommen der Enchytraciden in Wiesen, Weiden, Ackerland und Waldböden. *Landw. Jahrb. Schweiz* 71: 171 – 187.
- Stöckli, A. (1957b): Die Metazoenfauna von Wiesen- und Ackerböden in der Umgebung von Zürich. *Landw. Jahrb. Schweiz* 71: 571 – 597.
- Stöckli, A. (1957c): Über das Vorkommen der freilebenden, pflanzenparasitären Ringnematoden in Wiesen- und Ackerland. *Landw. Jahrb. Schweiz* 71: 963 – 977.
- Stöckli, A. (1958): Die Regenwurmarten in landwirtschaftlich genutzten Böden der Schweiz. *Landw. Jahrb. Schweiz* 72: 699 – 725.
- Stemme, H. (1926): Grundzüge der praktischen Bodenkunde. *Bornträger Berlin*. 332 pp.
- Streuli, H., Mehta, N.C., Müller, M. und H. Deuel (1958): Polysaccharide im Boden. *Mitt. Lebensmitteluntersuch. Hygiene* 49: 396 – 397.
- Stutz, E. (1958): Dehydratisierung und Dekarboxylierung von Uronsäuren. *Diss. ETH Zürich* (Referent: H. Deuel, Korreferent: A. Frey-Wyssling). Schellenberg-Druck, Winterthur.
- Szigeti, P. (1933): Über negative Adsorption und Dampfdruckisothermen an Permutiten und Tonen. *Diss. ETH Zürich* (Referent: G. Wiegner, Korreferent: E. Winterstein). Erschienen in: *Kolloidchem. Beihefte* 38: 99 – 176.
- Thaer, A. (1809/1812): Grundzüge der rationellen Landwirtschaft, 4 Bände, Berlin.
- Trepp, W. (1947): Der Lindenmischwald des schweizerischen voralpinen Föhn- und Seenbezirkes, seine pflanzensoziologische und forstliche Bedeutung. *Diss. ETH Zürich* (Referent: W. Koch, Korreferent: H. Pallmann). Erschienen in: *Beitr. Geobot. Landesaufn. Schweiz*, Heft 27, 128 Seiten.
- Trommer, C. (1857): Die Bodenkunde. Berlin.
- Truniger, E. (1922): Arsen als natürliches Bodengift in einem schweizerischen Kulturboden. *Landw. Jahrb. Schweiz* 36: 1015 – 1030.
- Tuorila, P. (1926): Über die rasche und langsame Koagulation von polydispersen Systemen. *Diss. ETH Zürich* (Referent: G. Wiegner, Korreferent: P. Scherrer). Erschienen in: *Kolloidchem. Beihefte* 22: 191 – 344.
- Tuorila, P. (1928): Eine ultramikroskopische Methode zur Bestimmung der Ladungsgröße kolloider Teilchen. *Kolloid-Zeitschr.* 44: 11 – 22.
- Volkart, A. (1947): Die Abteilung für Landwirtschaft der Eidgenössischen Technischen Hochschule und die schweizerische Landwirtschaft. *Schweiz. Landw. Monatsh.* 25: 1 – 23.
- Von Fellenberg, Ph. E. (Hrsg., 1808a): Landwirtschaftliche Blätter von Hofwyl. H.R. Sauerländer, Aarau. Heft 1 (1808) – Heft 5 (1817).
- Von Fellenberg, Ph. E. (1808b): *Vue relative à l'agriculture et aux moyens de la perfectionner. Traduit de l'allemand par Charles Pictet. Pachtoud, Genève.* 138 pp.
- Von Fellenberg, J.E. (1952): Untersuchungen über die Elektrodialyse von Tonen und synthetischen Kationen-Austauschern. *Diss. ETH Zürich* (Referent: H. Deuel, Korreferent: W.D. Treadwell).
- Wartmann, H.J. (1958): Organische Derivate des Silikagels. *Diss. ETH Zürich* (Referent: H. Deuel, Korreferent: H. Hopff).
- Wartmann, H.J. und H. Deuel (1959): Organische Derivate des Silikagels mit Si-C-Bindung. *Helv. Chim. Acta* 42: 1166 – 1170.
- Weber, F. (1944): Untersuchungen über die Stabilität von Pektin in saurer wässriger Lösung. *Diss. ETH Zürich* (Referent: H. Pallmann).
- Weisz, L. (1932): Der Kationenumtausch an Permutiten und seine Formulierung. *Diss. ETH Zürich* (Referent: G. Wiegner, Korreferent: M. Düggele).
- Wettstein, F. (1960): Kationenaustausch an phosphorylierter Stärke. *Diss. ETH Zürich* (Referent: H. Deuel, Korreferent: E. Crasemann).
- Wettstein, F., H. Neukom und H. Deuel (1961): Kationenaustausch an Stärkephosphat. *Helv. Chim. Acta* 44: 1949 – 1956.
- Wiegner, G. (1912): Über den Basenaustausch in der Ackererde. *Journ. f. Landw.* 60: 111 – 150 und 192 – 222.
- Wiegner, G. (1913): Kolloidchemie und Agrikulturchemie. *Fühling's Landw. Ztg.* 62: 1 – 22.
- Wiegner, G. (1914): Der Einfluss von Elektrolyten auf die Koagulation von Tonsuspensionen. *Landw. Versuchsstation* 84: 283ff.
- Wiegner, G. (1917): Über die Dispersität des Bodens und ihre Bestimmung durch die Schlämmanalyse. *Verh. Schweiz. Naturf. Ges.*, 99. Jahresversammlung, S. 256ff.
- Wiegner, G. (1918a): Über eine neue Methode zur Schlämmanalyse. *Landw. Vers. Stat.* 91: 41 – 79.
- Wiegner, G. (1918b): Boden und Bodenbildung in kolloidchemischer Betrachtung. *Verlag Th. Steinkopff, Dresden und Leipzig*, 98 pp.
- Wiegner, G. (1919): Anleitung zum Agrikulturchemischen Praktikum. Als Ms. Gedruckt bei J.J. Meier Zürich. 92 S.

- Wiegner, G. (1921): Neue Ergebnisse aus der Bodenchemie. In: Wiegner et al.: Bodenchemie, Bodenbakteriologie und Bodenbearbeitung. Landwirtschaftliche Vorträge, Heft 3. Huber Frauenfeld, S. 1 – 42.
- Wiegner, G. (1925): Dispersität und Basenaustausch (Ionenaustausch). Kolloid-Zeitschr. Ergänzungsband zu 36: 341 – 369.
- Wiegner, G. (1926a): Über den Einfluss verschiedener Vorbehandlungsmethoden auf den mit Hilfe des Schlämmapparates von Wiegner-Gessner ermittelten Dispersitätsgrad von Bodensuspensionen. Verh. IV. Int. Konf. Bodenkunde, Rom. Kommission I.
- Wiegner, G. (1927a): Neuere Bodenuntersuchungen in der Schweiz. Schweiz. Landw. Monatsh. 5: 193 – 207, 233 – 239, 247 – 256.
- Wiegner, G. (1928a): Über Koagulationen. Zeitschr. Pflanzenern., Düngung, Bodenk. 11: 185 – 228.
- Wiegner, G. (1928b): Reiseeindrücke aus Nordamerika. Schweiz. Landw. Monatsh. 6: 137 – 142, 172 – 182, 189 – 195.
- Wiegner, G. (1930). Base exchange. Nature 125: 914.
- Wiegner, G. (1931a): Coagulation. Some physico-chemical properties of clays. J. Soc. Chem. Ind. 50: 55 – 62.
- Wiegner, G. (1931b): Some physico-chemical properties of clays. I. Base exchange or ionic exchange. J. Soc. Chem. Ind. 50: 65 – 71.
- Wiegner, G. (1931c): Some physico-chemical properties of clays. II. Hydrogen clay. J. Soc. Chem. Ind. 50: 103 – 112.
- Wiegner, G. (1932): Über Koagulationen. Kolloid-Zeitschr. 58: 157 – 168.
- Wiegner, G. (1936): Ionenumtausch und Struktur. Trans. III. Int. Congr. Soil Science Oxford, Vol. 3: 5ff.
- Wiegner, G. und C.E. Marshall (1929): Die Elektrolytkoagulation stäbchenförmiger Kolloide. I. Die rasche perikinetische Koagulation. Z. phys. Chem. 140: 1 – 38. II. Die langsame perikinetische Koagulation. Z. phys. Chem. 140: 39 – 63.
- Wiegner, G. und E.W. Russell (1930): Über die Bestimmung der Teilchenzahlen in Solen durch Auszählen im Ultramikroskop. Kolloid-Zeitschr. 52: 1 – 18, 189 – 201.
- Wiegner, G. und H. Gessner (1926): Über die Bedeutung der pH-Messung in der Bodenkunde. Kolloid-Zeitschr. 40: 209 – 227.
- Wiegner, G. und H. Jenny (1927a): Über Basenaustausch an Permutiten. Kolloid-Zeitschr. 42: 268 – 272.
- Wiegner, G. und H. Jenny (1927b): Über Basenaustausch. Chemiker-Ztg. 51: 895.
- Wiegner, G. und H. Pallmann (1930a): Über Wasserstoff- und Hydroxylschwärmionen um suspendierte Teilchen und dispergierte Ultramikronen. Zeitschr. Pflanzenern., Düngung, Bodenk. 16A: 1 – 57.
- Wiegner, G. und H. Pallmann (1930b): Über den Suspensionseffekt. Ergebn. Agrikulturchem. 2: 88 – 124.
- Wiegner, G. und H. Pallmann (1938): Anleitung zum quantitativen agrikulturchemischen Praktikum. 2. Auflage, Bornträger Berlin. 389 S.
- Wiegner, G. und K.W. Müller (1929): Beiträge zum Ionenumtausch besonders an Permutiten. Zeitschr. Pflanzenern., Düngung, Bodenk. 14A: 321 – 347.
- Wiegner, G. und P. Tuorila (1926): Über die rasche Koagulation polydispenser Systeme. Kolloid-Zeitschr. 38: 3 – 22.
- Wiegner, G., H. Pallmann, A. Musierowicz und J.M. Albareda (1932): O effeckie suspensyjnym. (Über den Suspensionseffekt). Roczniki Nauk Rolniczych; Lesnych 28: 1 – 34.
- Winogradsky, S.N. (1890): Sur les organismes de la nitrification. Comptes rendues de l'Académie des Sciences, 10: 1013 – 1016.
- Winogradsky, S.N. (1949): Microbiologie du sol. Problèmes et méthodes. Cinquante ans de recherches. Masson, Paris. 800 pp.
- Zadmard, H. (1939): Zur Kenntnis der kolloidchemischen Eigenschaften des Humus (Diss. ETH Zürich. Referent: H. Pallmann, Korreferent: W. Treadwell). Erschienen in: Kolloidchem. Beihefte 49: 315 – 364.
- Zobrist, L. (1935): Pflanzensoziologische und bodenkundliche Untersuchungen des *Schoenectum nigricantis* im Nordostschweizerischen Mittellande. Diss. ETH Zürich (Referent: E. Gäumann). Erschienen in: Pflanzengeogr. Komm. Natf. Ges., Beitr. Geobot. Landesaufn. der Schweiz, Heft 18, 144 Seiten.
- Zschokke, A. (1891): Ergebnisse der Beobachtungen an den im Kanton Bern zu forstlichen Zwecken errichteten meteorologischen Stationen. Mitt. Schweiz. Zentralanst. Forstl. Versuchsw. 1: 155 – 190.
- Zweifel, G. (1956): Über die Dekarboxylierung von Uronsäuren. Diss. ETH Zürich (Referent: H. Deuel, Korreferent: A. Frey-Wyssling).

b) Sekundärliteratur, Nachrufe, Rezensionen

- Anon. (1861): Schweizer an der Forstschule in Hohenheim, 1820 – 1860. Schweiz. Forst-Journal 11: 108 – 109.
- Anon. (1903): Prof. Conrad Bourgeois. Nekrolog. Mitt. Schweiz. Centralanstalt forstl. Versuchsw. 7: I – VI.
- Anon. (1924): Prof. Dr. A. Engler. Nekrolog. Mitt. Schweiz. Anstalt forstl. Versuchsw. 13(2): I – IV.
- Bach, R. (1962): Prof. Dr. Hans Deuel. Schweiz. Zeitschr. Forstwesen 116: 118 – 119.
- Bach, R. (1962): Zum Andenken an Hans Deuel. Schweiz. Landw. Monatsh. 40: 45 – 50.
- Bach, R. (1965): Prof. Dr. Hans Pallmann. Schweiz. Landw. Monatsh. 43: 385 – 390.
- Bach, R. (1965): Prof. Dr. Hans Pallmann. Schweiz. Zeitschr. Forstw. 119: 1006 – 1011.
- Balsiger, R. (1900): Forstmeister Franz Fankhauser, Schweiz. Zeitschr. Forstw. 51: 261 – 264.
- Bergier, J.-F. und H.W. Tobler (Red.), 1980: Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 1955 – 1980. Verlag NZZ, 683 S.
- Blume, H.P. (2000): Die Geschichte der Bodenkunde, insbesondere an der Universität Hohenheim. Vortragsmanuskript, 10. Okt. 2000.
- Boschung, U. (1996): Johannes Gessner, der Gründer der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich. Neujahrsblatt Naturf. Gesellsch. Zürich auf das Jahr 1996. 198. Stück. 127 S.
- Bosshard, W. (1973): Prof. Dr. Hans Burger. Nachruf. Schweiz. Zeitschr. Forstw. 124: 932 – 933.
- Boulaine, J. (1989): Histoire des pédologues et de la science des sols. INRA, Paris, 285 pp.
- Braun-Blanquet, J. (1966): Hans Pallmann, Bodenforscher und Pflanzensoziologe. Vegetatio 8: 283 – 288.
- Burger, H. (1931): Nowacki/Düggeli: Praktische Bodenkunde. Rezension. Schweiz. Zeitschr. Forstw. 82: 288 – 289.
- Christen, T. (1920): A. Engler: Untersuchungen über den Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer. Rezension. Schweiz. Zeitschr. Forstw. 71: 321 – 328, 357 – 360.
- Düggeli, M. (1925): Prof. Dr. A. Nowacki. Schweiz. Landw. Monatsh. 3: 237 – 240.
- Düggeli, M. (1930b): Dr. phil. et Dr. med. vet. h.c. Conrad Keller. Schweiz. Landw. Monatsh. 8: 93 – 96.
- Düggeli, M. (1936): Prof. Dr. phil. et Dr. med. vet. hc. Georg Wiegner. Schweiz. Landw. Monatsh. 13: 125 – 134.
- Düggeli, M. (1939): Die Abteilung für Landwirtschaft an der Eidg. Techn. Hochschule in Zürich. Bericht über Gründung, Entwicklung und Einrichtung der Abteilung. Buchdruckerei Efingerhof, Brugg, 154 S.
- Düggeli, M., H. Pallmann, E. Baur und E. Laur (1936): Georg Wiegner zum Andenken. Zürich, 46 Seiten.
- Fischer, H. (1973): Johann Jakob Scheuchzer, Naturforscher und Arzt. Neujahrsblatt Naturf. Gesellsch. Zürich auf das Jahr 1973. 175. Stück. 168 S.
- Fleischer, F. von (1868): Geschichtliches über die land- und forstwirtschaftliche Akademie Hohenheim. In: Festschrift zum fünfzigjährigen Jubiläum der K. land- und forstwirtschaftlichen Akademie Hohenheim, I: 3 – 108.
- Flury, Ph. (1920): Prof. Dr. Anton Bühler. Nekrolog. Schweiz. Zeitschr. Forstw. 71: 87 – 91.
- Franks, S., R. Trümpy und J. Auf der Mauer (2000): Aus der Frühzeit der alpinen Geologie: Johann Gottfried Ebels Versuch einer Synthese (1808). Neujahrsblatt der Naturforsch. Gesellsch. Zürich auf das Jahr 2001. 68 pp.
- Fry, P. (2000): Bäuerliche und naturwissenschaftliche Wahrnehmung von Bodenfruchtbarkeit im Vergleich – Kommunikationshilfen für den Vollzug im Bodenschutz. Diss. ETHZ Nr. 13707.
- Grete, A. (1898): Die schweizerische agrikulturchemische Untersuchungsstation Zürich, ihre Entwicklung und Thätigkeit. Jahresbericht von 1878 bis 1897. Landw. Jahrb. Schweiz. 12: 1 – 134.
- Jaag, O. (1956): Prof. Dr. W. Koch. Nekrolog. Schweiz. Zeitschr. Forstw. 107: 515 – 519.
- Knuchel, H. (1924): Aus der Geschichte der Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen. Schweiz. Zeitschr. Forstw. 75: 190 – 204.
- Knuchel, H. (1943): A. Engler als Forscher. Schweiz. Zeitschr. Forstw., Beihefte 21: 9 – 19.
- Landolt, E. (1857): Nachrichten über die schweizerische Forstschule in Zürich. Schweiz. Forst-Journal 8: 217 – 231.
- Landolt, E. (1865): Über forst- und landwirtschaftliche Bildung und Bildungsanstalten. Schweiz. Zeitschr. Forstw. 15: 109 – 125; 153 – 165.
- Landolt, E. (1872): Nachrichten über die schweizerische Forstschule das Schuljahr 1871/72 betreffend. Schweiz. Zeitschr. Forstw. 23: 138 – 142.
- Landolt, E. (1889): Prof. Dr. J. Kopp. Nekrolog. Schweiz. Zeitschr. Forstw. 40: 53 – 56.

- Mückenhausen, E. (1992): Die Entwicklung der Bodenkunde im ehemaligen Deutschen Reich und in der Bundesrepublik Deutschland. Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft, Oldenburg. 65 pp.
- Mückenhausen, E. (1997): Developments in Soil Science in Germany in the 19th Century. In: Yaalon, D.H. and S. Berkowicz (eds.): History of Soil Science. *Advances in GeoEcology* 29: 261 – 275.
- Neukom, H. (1962): Prof. Dr. Hans Deuel. *Chimia* 16: 47.
- Neukom, H. (1962): Prof. H. Deuel. *Nature* 193: 927.
- Pallmann, H. (1936a): G. Wiegner. *Kolloid-Zeitschr.* 77: 2 – 11.
- Pallmann, H. (1936b): Georg Wiegner. *Neue Zürcher Zeitung* 156: Nr. 729
- Pallmann, H. (1936c): Prof. Dr. G. Wiegner. *Nekrolog. Schweiz. Zeitschr. Forstw.* 87: 159 – 161.
- Schiltknecht, J., H.P. Tschudi, H. Leibundgut und A. von Muralt (1965): Gedenkfeier anlässlich der Bestattung von Professor Dr. Hans Pallmann, Samstag, den 16. Oktober 1965 im Fraumünster in Zürich. Privatdruck.
- Schmid, A. (1925): Die schweizerischen landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsanstalten. *Schweiz. Landw. Monatsh.* 3: 215 – 217.
- Schweizer Lexikon 91 (Hrsg. W. Ziehr, 1991 – 1993). 6 Bände, Verlag Schweizer Lexikon, Mengis und Ziehr, Luzern.
- Stähli, H. (1925): Die schweizerische Ausstellung für Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Gartenbau in Bern. 12. – 27. September 1925. *Schweiz. Landw. Monatsh.* 3: 181 – 187.
- Strahlmann, B. (1999): Analytische Chemie in der Schweiz vom 16. bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts. *Schweiz. Gesellschaft für Lebensmittel- und Umweltchemie.*
- Stuart, K. (1984): My Friend, the Soil. A Conversation with Hans Jenny. *J. Soil and Water Conserv.* 39: 158 – 161.
- Volkart, A. (1947): Die Abteilung für Landwirtschaft der Eidgenössischen Technischen Hochschule und die schweizerische Landwirtschaft. *Schweiz. Landw. Monatsh.* 25: 1 – 23.
- Wahlen, F.T. (1963): Ein Wort des Dankes. *Schweiz. Landw. Forschung* 2: 101 – 102 (Sondernummer zum 60. Geburtstag von Prof. Dr. Dr. h.c. Hans Pallmann).
- Walter, E.J. (1969): Abriss der Geschichte der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich. *Vierteljahresschr. Natf. Ges. Zürich* 114: 485 – 500.
- Weber, Th. (1923): Prof. Dr. A. Engler. *Nachruf. Schweiz. Zeitschr. Forstw.* 74: 221 – 227.
- Widmer, P. (2000): Charles Pictet de Rochemont und die Großmächte. Erinnerung an den großen Diplomaten. *Neue Zürcher Zeitung* 221: Nr. 54, Seite 84 (4./5. März).
- Wiegner, G. (1926b): Prof. Dr. E. Ramann. *Nekrolog. Schweiz. Zeitschr. Forstw.* 77: 58 – 60.
- Wiegner, G. (1927b): Paul Liechti zum Gedächtnis. *Schweiz. Landw. Monatsh.* 5: 113 – 121.
- Winiwarter, V. (1999): Böden in Agrargesellschaften. Wahrnehmung, Behandlung und Theorie von Cato bis Palladius. In: R.P. Siefertle & H. Breuninger (Hrsg.): *Natur-Bilder: Wahrnehmungen von Natur und Umwelt in der Geschichte.* – Frankfurt/Main und New York: 181 – 221.

Publikationen der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz

Bestellungen, Versand: Landw. Lehrmittelzentrale LMZ
Länggasse 79
3052 Zollikofen
Tel. 031 911 06 68
Fax 031 911 49 25
E-Mail lmz@pop.agri.ch
Internet <http://combi.agri.ch/lmz>

BGS-Bulletins Preis: Fr. 15.- (ab No. 24 Fr. 25.-) pro Stück **ohne** Porto und Verpackung

Nummer	Jahr	Bestellnummer	Nummer	Jahr	Bestellnummer
3	1979	970 801	17	1993	970 814
5	1981	970 802	18	1994	970 815
6	1982	970 803	19	1995	970 816
8	1984	970 805	20	1996	970 817
11	1987	970 808	21	1997	970 818
12	1988	970 809	22	1998	970 819
14	1990	970 811	23	1999	970 870
15	1991	970 812	24	2000	970 871
16	1992	970 813	25	2001	970 872

No. 1, 2, 4, 7, 9, 10 und 13 vergriffen

BGS-Dokumente Preis: Fr. 15.- (ab No. 9 Fr. 25.-) pro Stück **ohne** Porto und Verpackung

Nummer	Jahr	Thema	Bestellnummer
1 f	1984	Exploitation du gravier et agriculture	970 840
2 f	1985	Estimation et protection des sols	970 841
3 d	1986	Bodenschädigung durch den Menschen	970 822
4 d	1989	Lysimeterdaten von schweizerischen Messstationen	970 823
5 d	1994	Aktuelle Bodenforschung in der Schweiz	970 824
6 d	1995	Aktuelle Bodenforschung in der Schweiz II	970 825
7 d	1995	Aktuelle Bodenforschung in der Schweiz III	970 826
8 d	1996	Aktuelle Bodenforschung in der Schweiz IV	970 827
9 d	1999	Physikalischer Bodenschutz	970 828
9 f	1999	Protection des sols contre les atteintes physiques	970 842
10 d	2000	Umfrage Bodenkartierung	970 829
11 d	2001	Bodenkunde und Bodenkundler in der Schweiz 1855 – 1962	970 830

No. 1 und 2 deutsch vergriffen

Weitere Publikationen

Exkursionsführer ISSS 1986 (Alpentransversale)	Bestellnummer	970 860
Gefährdete organische Böden der Schweiz (1982)		970 861

