

Alpine und arktische Flora und Vegetation : über die Auen des Tessinflusses : Studie über die Zusammenhänge der Bodenbildung und der Sukzession der Pflanzengesellschaften

Autor(en): **Siegrist, Rudolf / Gessner, Hermann**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes Rübel in Zürich**

Band (Jahr): **3 (1925)**

PDF erstellt am: **15.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-306768>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

VII.

Ueber die Auen des Tessinflusses

Studie über die Zusammenhänge der Bodenbildung und der Sukzession der Pflanzengesellschaften

Von RUDOLF SIEGRIST, Aarau, und HERMANN GESSNER, Buchs bei Aarau

Mit acht Textabbildungen

Eingegangen 2. März 1925

Einleitung

In einer Arbeit über die Auenwälder der Aare¹ wurde festgelegt, dass einerseits die physikalische Beschaffenheit der Auenböden, andererseits ihre verschiedenen Höhenstufen, bezogen auf den mittleren Sommerwasserstand, für Besiedelung und Art der Sukzession weitaus in erster Linie massgebend sind. Es war in der Folge naheliegend, die Bodenuntersuchungen wesentlich auszudehnen.

Ueber die Bedeutung eines eingehenden Studiums des Bodens und der Bodenverhältnisse bei derartigen botanischen Untersuchungen herrscht wohl nirgends ein Zweifel.² Unseres Erachtens kommt es dabei darauf an, Boden und Vegetation, Bodenbildung und Sukzession der Pflanzengesellschaften als biologisch zusammengehörig aufzufassen.³

Wir haben in der vorliegenden Arbeit versucht, durch die chemischen und physikalischen Untersuchungen ein Bild von den Bodenverhältnissen der Auen des schweizerischen Anteils des Tessin-Flusses zu erhalten. Dazu musste natürlich wesentlich über die Vorschläge von RÜBEL⁴ (Schlamm-analyse, Feuchtigkeitsbestimmung, Kochsalz- und Kalkbestimmung) hinausgegangen werden. Neben den in erster Linie durchgeführten Kalk-

¹ R. SIEGRIST, Diss. E. T. H. 1913 u. Mitt. d. Aarg. Nat. Ges. 1913.

² BROCKMANN-JEROSCH H., Die Vegetation der Schweiz, 1. Lief. Beitr. zur Geobot. Landesaufn. Heft 12, Zürich 1925.

³ E. RAMANN, spricht in «Bodenbildung und Bodeneinteilung», Berlin 1918, davon, dass es sich «in übertragenem Sinne um Symbiosen zwischen der organisierten und unorganisierten Welt handelt».

⁴ E. RÜBEL, Geobotanische Untersuchungsmethoden, Berlin 1922.

und Humusbestimmungen und Schlämmanalysen wurden einige Totalanalysen ausgeführt, ferner wurden die Pufferwirkungen (erweiterte pH-Bestimmungen) und schon im Felde die Feuchtigkeits- und Volumverhältnisse verschiedener Proben bestimmt. Die Bedeutung der verschiedenen Untersuchungen im besondern wird noch zu besprechen sein, im ganzen sollten sie, wie schon ausgeführt, dazu beitragen, das Bild der Biologie der Flussauen zu vervollständigen. Es konnte dies natürlich nur durch das innige Zusammenarbeiten von Botaniker und Bodenkundler erreicht werden.

Als Hauptproblem der Bodenuntersuchungen ergab sich folgendes: Genau wie das Studium der Vegetation nicht eine Monographie, sondern eine Sukzessionsstudie sein soll, konnte es sich bei den Bodenuntersuchungen nicht darum handeln, den heute bestehenden Zustand der Bodenverhältnisse gleichsam als unveränderlich möglichst genau festzustellen, sondern das Interessanteste und Wesentliche schien uns die Bodenbildung, die Entwicklung der angeschwemmten Mineraltrümmer, die vom Standpunkte des Bodenkundlers aus noch kaum als Böden bezeichnet werden können, zu den fruchtbaren Auenwäldböden und weiter zu den typischen schokoladenbraunen Kulturböden der Tessinterrassen. Es soll dabei auf die gegenseitigen Beziehungen hingewiesen werden, einmal auf den Einfluss der Pflanzendecke auf die Bodenbildung und umgekehrt auf den Anteil, den der Bodenzustand (Verwitterungsgrad) auf die Entwicklung der Pflanzengesellschaften ausübt. Die praktische Seite des Problems, die Beurteilung der Auenböden auf ihre Eignung als Kulturböden ergab sich aus diesen Untersuchungen sozusagen von selber.

Die Talsohle des Tessins wurde gewählt, um einen Einblick in einen allfälligen klimatischen Einfluss auf die Bestandesbildung der Auenwälder und ihrer benachbarten Pflanzengesellschaften im Vergleich zu den Auen der Aare zu erhalten.

Die vorliegende Mitteilung muss sich raumeshalber damit begnügen, sowohl in geographischer, wie in ökologischer Hinsicht nur die auffallendsten Bestände zu charakterisieren.

I. Allgemeine Uebersicht

Die Beobachtungen erstrecken sich auf das Flussgebiet von Airolo bis zum Lago Maggiore.

Während im obern Teil, im Gebiete vorherrschender Erosion (Stalvedro, Ambri-Sotto, Chiggiogna-Lavorgo, Giornico) noch verhältnismässig kleine Alluvionen von etwa 200 m Breite mit Auenwäldern auftreten, nehmen die flachen Inundations-ebenen im mittleren Flussgebiet, wo sich Erosion und Alluvion ungefähr Gleichgewicht halten, und namentlich nach der Einmündung des Brenno unterhalb Biasca, in einem Gebiete mit vorherrschender Alluvion, grössere Dimensionen an: Biasca-Iragna-Osogna-Lodrino 6 km lang, bis 800 m breit, die Boscone von Cresciano 3,5 km lang, 700 m breit, Piano di Magadino, soweit die Ebene mit Auenwäldern und Gebüschern bedeckt ist, 10 km lang, bis 800 m breit.

II. Die Bodenverhältnisse

Aus den unten noch genauer zu besprechenden Analysen geht hervor, dass die untersuchten Tessinauenböden zu den Braunerden zu zählen sind. Auch die ältesten der untersuchten Verwitterungsstufen müssen noch als solche bezeichnet werden, die Analysen weisen aber deutlich darauf hin, dass die weitere Verwitterung zu einem Podsolboden führen muss, was ja bei den herrschenden klimatischen Bedingungen¹ zu erwarten ist.

¹ Einige Zahlen aus MAURER, BILLWILER und HESS «Das Klima der Schweiz», 1909, mögen einen Ueberblick über die klimatischen Verhältnisse des Tessins geben.

Ort	Airolo	Faido	Biasca	Bellinzona	Locarno
Höhe ü. M. (in m) . . .	1141	758	298	235	237
Jahresniederschlag (mm)	1566	1388	1477	1693	1910
Temp. (Jahresmittel) (°C)	5,9	—	11,3	12,0	11,8
Rel. Luftfeuchtigkeit (%)	69	—	—	70	—
Wärmster Monat (°C) . .	15,8	18,9	21,9	22,3	21,9
Kältester Monat (°C) . .	-3,2	-0,3	+0,9	+1,6	+1,8
Temp. Maxima (°C) . .	27,2	—	—	31,7	29,6
Temp. Minima (°C) . .	-13,3	—	—	-6,9	-4,9

Die Braunerden zeichnen sich vor den meisten andern klimatischen Bodentypen¹ dadurch aus, dass sie auch bei fortgeschrittener Verwitterung verhältnismässig stark von ihrem Muttergestein abhängig sind. Es bot somit schon rein bodenkundlich ein besonderes Interesse, die verschiedenen Verwitterungsstadien des in der mineralischen Zusammensetzung im wesentlichen immer gleichbleibenden rezenten Flußsandess zu studieren und dabei den Einfluss der Verwitterung und den Einfluss der ursprünglichen Eigenschaften (chemische Zusammensetzung, Korngrösse usw.) auf die Bodeneigenschaften miteinander zu vergleichen.

Als Muttergestein der Tessinauenböden haben wir die bei jedem grösseren der sehr häufigen Hochwasser in ungeheurer Menge frischangeschwemmten Sande aufzufassen. Die groben Kiesmassen, die ebenfalls heruntergeschwemmt werden, werden bei späteren Hochwassern, wenn der Flusslauf seine Lage verändert hat, meistens wieder mit mehr oder weniger feinem Sand überdeckt, sodass schliesslich der grössere Teil der Talsohle links und rechts des Flusses mit Sand überlagert ist, dessen Mächtigkeit von einigen Centimetern bis zu einem Meter und mehr werden kann. Das Material in diesen Sanden stammt aus den anstehenden Schichten des Einzugsgebietes, die eine ausserordentliche Mannigfaltigkeit zeigen.

Das Einzugsgebiet fällt ziemlich genau mit den politischen Grenzen des Kantons Tessin (ohne Verzasca-, Maggiatal und

¹ Die Böden werden heute wohl allgemein in die zuerst von den russischen Bodenkundlern (DOKUJATSCHJEFF, GLINKA) vorgeschlagenen klimatischen Bodentypen eingeteilt. Die Verwitterung, auch der verschiedensten Gesteinsarten, ist in erster Linie von den klimatischen Einflüssen (Niederschlag, Temperatur, Verdunstungsmöglichkeit u. a.) abhängig und führt zu ganz bestimmten, charakteristischen chemischen Gemengen, die als Bodentypen auffallen (Laterit der Tropen, Podsol, d. h. Bleicherden der nördlichen Gebiete usw.). Lit. über Bodeneinteilung vgl.

K. GLINKA, Die Typen der Bodenbildung, Berlin 1914.

E. RAMANN, Bodenkunde, III. Aufl., Berlin 1911.

derselbe, Bodenbildung und Bodeneinteilung, Berlin 1918.

G. WIEGNER, Boden und Bodenbildung, Dresden 1918.

R. LANG, Verwitterung und Bodenbildung, Stuttgart 1920.

Die Arbeiten von DOKUJATSCHJEFF sind leider meist nur russisch geschrieben.

das Sotto Cenere) zusammen, für den untersten Teil des Tessinlaufes (Piano di Magadino) kommt das graubündnerische Misox hinzu. In grossen Zügen sind in Ost-West laufenden Streifen die folgenden geologischen Schichten anstehend (von Norden her): das Gotthard-Zentralmassiv mit Gneis und Granit, Schiefer der Tremola-Serie, Trias und Bündnerschiefer, Glimmerschiefer und penninische Gneise (Südrandzone der penninischen Decke)¹. Von Faido an fliesst der Tessin ausschliesslich in der Schuttfüllung des Tales, ohne den anstehenden Fels der Talsohle wieder zu berühren (HEIM, l. c., S. 525).

Die an verschiedenen Stellen längs des ganzen Flusslaufes entnommenen Proben des frischangeschwemmten Sandes erwiesen sich als ziemlich genau von der gleichen mineralischen Zusammensetzung.² Die mikroskopischen Untersuchungen auf die mineralische Zusammensetzung der Böden ergaben, dass die Hauptbestandteile der Flußsande und auch noch deutlich der schon angewitterten Böden aus Feldspäten (20—50 %), Glimmer (20—70 %), Quarz (10 bis 40 %) und Calcit (bis 10 %) bestehen; die Zahlen sind nur ganz grobe Schätzung.

Wir können also annehmen, dass für alle, auch für die mehr oder minder verwitterten Böden der Tessinterrassen, derselbe Sand als Muttergestein vorlag. Die Verwitterung dieser Sande lässt sich makroskopisch schon sehr deutlich feststellen. Aeltere Sandanschwemmungen zeigen infolge der eingetretenen Humusbildung eine dunklere (dunkelgraue) Färbung, während die Farbe der frischangeschwemmten Sande hellgrau ist. Mit Zunahme der Verwitterung tritt dann allmählich die rote Farbe des Eisens hervor, die Böden beginnen braun zu werden und die ältesten Terrassen zeigen eine ausgesprochene schokoladebraune Färbung. Beim Glühen dieser braunen Böden wird die Farbe dunkelindischrot (Farbe des Laterit), wie

¹ A. HEIM, Geologie der Schweiz, II. Bd. S. 69 ff, S. 512 ff.

² Herrn A. STRECKEISEN, der im mineralogischen Institut der Eidg. Techn. Hochsch. (Prof. NIGGLI) diese Untersuchung aufs sorgfältigste durchführte, sei auch an dieser Stelle für seine Mitarbeit herzlich gedankt.

sie auch beim Glühen der eisenführenden Schichten der Podsolböden auftritt.

Tabelle I

Analysen von vier Böden in verschiedenen Verwitterungsstadien

Probe Nr.	7	8	9	10
	Frisch angeschwemmter Sand	Aeltere Sandan-schwemmung	Verwitterter Sandboden	Stark verwitterter Wiesenboden
Farbe	hellgrau	dunkelgrau	hell-graubraun	schokolade-braun
Vegetation	Keine	Hippoph.	Hippoph. und Salices	Kulturwiese
1. In HCl Unlösliches . . .	85,50	77,60	72,85	72,65
2. Si O ₂ (HCl-lösl. Silikate) .	1,01	0,4(?)	1,08	1,53
3. Al ₂ O ₃	4,41	5,80	5,72	4,79
4. Fe ₂ O ₃	3,26	3,43	4,04	3,73
5. Ca O	1,74	2,97	3,12	0,72
6. Mg O	1,67	2,72	2,53	1,56
7. K ₂ O	0,69	0,60	0,64	0,20
8. P ₂ O ₅	0,12	0,17	0,23	0,15
9. CO ₂	1,10	1,32	2,02	0,00
10. Humus	0,00	1,75	4,27	9,74
11. H ₂ O (Feuchtigkeit der luft-trockenen Pr.)	0,30	0,82	2,10	3,76
Summe	99,80	97,58	98,60	98,83
Diff. = Na und nicht be- stimmte Stoffe	0,20	2,42	1,40	1,17
Reaktion der Böden	Neutral	Neutral	Neutral	Schwach sauer
pH	7,0	7,0	7,0	6,2
Säuregrad nach BAUMANN- GULLY	Nicht best. klein	Nicht best. klein	4,0	40,2
Pufferwirkung der Böden: 10 g Boden zeigen noch deutliche Pufferung gegen 50 cm ³ Säure in einer Kon- zentration von	$\frac{n}{10}$	$\frac{n}{100}$	$\frac{n}{100}$	$\frac{n}{75}$
gegen Basen	$\frac{n}{10}$	$\frac{n}{10}$	$\frac{n}{10}$	$\frac{n}{7,5}$

Anmerkungen zu Tab. I. Die Zahlen der Analysen (Zeilen 1—11) be-
deuten Prozente der lufttrockenen Bodenprobe.

In Zeile 1—6 sind die im Salzsäureaufschluss bestimmten Werte, Zeile
7 und 8 (K₂O und P₂O₅) sind die nach den konventionellen Methoden bei der

Nährstoffbestimmung in den Böden gewonnenen Resultate. Die Humusbestimmung wurde durch nasse Oxydation (mit Bichromat) durchgeführt.

Das pH wurde vermitteltst der Indikatorenreihe des Schweiz. Serum-institutes bestimmt, ebenso die Pufferwirkung. Die Pufferwirkung bezieht sich auf 10 gr Boden gegen 50 ccm Säure (resp. Lauge).¹

Der Säuregehalt nach BAUMANN-GULLY gibt an, wie viel Säure aus dem Boden durch Basenaustausch frei wird, wenn man ihn mit einer Neutralsalzlösung versetzt, die Zahlen sind ccm n/10 Säure, die aus 100 Gramm Boden in einer normalen Natriumacetatlösung frei werden.

In Tabelle I sind die Analysen von vier Bodenproben in verschiedenen Verwitterungsstadien, die bei B o d i o in nächster Nähe voneinander entnommen werden konnten, zusammengestellt. Probe Nr. 7 ist ein frischgeschwemmter Sand, der 14 Tage, bevor er an Ort und Stelle entnommen wurde, von einem starken Hochwasser abgelagert worden war (Juli 1922). Probe Nr. 8 stammt aus einer etwas älteren Anschwemmung aus einem *Hippophaë*-Bestand. Der noch stärker verwitterte Sandboden Nr. 9 aus einer ältern Ablagerung, die ebenfalls mit *Hippophaë* bestanden ist, zeigt schon deutlich braune Färbung. Als ältestes Glied der Bodenbildung wurde die Probe 10 aus der Wiese auf der ältesten Tessinterrasse genommen. (Es musste selbstverständlich darauf Rücksicht genommen werden, dass noch höhere Terrassen näher den Talhängen stark mit Gehängeschutt untermischt sein konnten, solche Proben durften nicht berücksichtigt werden).

Das Charakteristische am Verwitterungsverlauf ist die starke H u m u s a n r e i c h e r u n g, die deutliche K a l k- und schwächere M a g n e s i u m a u s w a s c h u n g im Endstadium des Verwitterungsprozesses. (Vgl. auch Tabelle II, wo die Kalkauswaschung noch deutlicher zum Ausdruck kommt). Die P u f f e r w i r k u n g der Böden² wird mit z u n e h m e n d e m H u-

¹ Herrn HANS JENNY, Assistent im Agrikulturchem. Laboratorium der Eidg. Techn. Hochsch., der die Pufferwirkung dieser Böden genauer studiert hat und mir in liebenswürdiger Weise sein Material zur Verfügung stellte, sei auch an dieser Stelle herzlich gedankt.

² Unter Pufferwirkung eines Bodens versteht man seine Fähigkeit, auf Säure oder Basenzusatz bis zu einer bestimmten Grenze dieselben zu neutralisieren. Setzt man z. B. zu einem kalziumkarbonathaltigen Boden eine Säure zu, so entsteht Kohlensäure, die sich mit dem noch vorhandenen Kalziumkarbonat in Kalziumbikarbonat umsetzt; solange also überschüssiges

mus- und Tongehalt gegen Basen grösser, mit abnehmendem Karbonatgehalt gegen Säuren kleiner. Boden Nr. 10 zeigt bereits eine schwach saure Reaktion, eine Folge des völligen Fehlens von Kalk (resp. Karbonaten). Aus diesem Grunde ist eine Eisenauswaschung zwischen den Böden 9 und 10 zu erwarten und auch zu konstatieren.³ Mit der weiteren Verwitterung dieser Böden wird die Eisenauswaschung immer deutlicher werden, sodass diese typischen Braunerden mit der Zeit in Podsolböden übergehen werden, d. h. in Böden, die in den oberen Schichten kein Eisen mehr enthalten. Das Eisen wird als kolloides Eisenhydroxyd durch Schutzkolloidwirkung der Humus-Substanzen in die unteren Schichten transportiert, ein Vorgang, der nur in schwach saurer Lösung vor sich gehen kann. Er tritt deshalb erst ein, wenn kein Kalk mehr vorhanden ist und das pH des Bodens unter 7 gesunken ist. In den unteren, noch kalkhaltigen Schichten wird das Eisen alsdann ausgefällt. Es bilden sich dort die für Podsol charakteristischen

Kalziumkarbonat in einem Boden anwesend ist, wird auch bei Säurezusatz immer nur die Wasserstoffionenkonzentration vorhanden sein, die einer Kalziumbikarbonatlösung eigen ist. Die Wasserstoffionenkonzentration (H-konz.), die ja die «Stärke» der freien vorhandenen Säure angibt, drückt man in pH aus, das sind die negativen Logarithmen der vorhandenen Gramm Wasserstoffionen im Liter. In reinem Wasser sind 10^{-7} gr H-Ionen im Liter, reines Wasser hat also ein pH von 7, saure Lösungen haben ein pH < 7 , alkalische Lösungen ein pH > 7 . Ausser Kalk erteilen Humus und Tone den Böden Pufferwirkung, der Humus vornehmlich gegen Basen, der Ton gegen Säuren und Basen, indem die Adsorptions- und Basenaustauschfähigkeit dieser Stoffe die Neutralisation übernehmen.

Literatur über Boden-Azidität und Pufferwirkung:

- J. HISSINK, Comptes rendus de la III. conférence internationale agropédologique à Prague 1922. Prag 1924, S. 225.
 W. BRENNER, Mémoires sur la nomenclature et la classification des sols, Internat. Bodenkundliches Komitee, Helsingfors 1924.
 S. T. JENSEN, Internat. Mitteilungen für Bodenkunde 14. 112, 1924, vgl. daselbst die weitere, sehr umfangreiche Literatur.
 H. JENNY, Landwirtschaftliches Jahrb. der Schweiz 1925, Bern 1925.

Lit. über Basenaustausch und Adsorption:

- G. WIEGNER, R. GALLAY und H. GESSNER, Kolloidzeitschrift 35, 313, 1924.

³ Ueber Azidität und Pufferung von Podsolböden vgl. BRENNER, l. c.

eisenschüssigen Schichten.¹ (Vgl. auch BRENNER l. c.) Bei unseren Auenstudien wurde nirgends eine Podsolierung mit Bestimmtheit festgestellt, obwohl die Möglichkeit ihres Vorkommens durchaus vorhanden ist. Das Hauptaugenmerk war auf die noch kalkreichen jüngern Terrassen gerichtet; die schokoladebraunen Böden liegen heute schon meist als Kulturland wesentlich abseits der Auen.

Wir haben mit den vier durchgeführten Analysen vier Verwitterungsstadien herausgegriffen. Nr. 7 als Anfangsstadium (frischangeschwemmter Sand) und Nr. 10 als Endglied (Kulturwieslandboden) waren gegeben. Die Proben 8 und 9 als Zwischenglieder müssen natürlich als willkürlich herausgegriffene, zufällig erreichte Stadien angesehen werden. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Stufen sind sehr deutlich, sodass wir leicht die meisten der übrigen untersuchten Böden nach ihrem Verwitterungsgrad in eine der vier Gruppen einteilen können. Wir betonen aber dabei ausdrücklich, dass durchaus keine Grenzen vorhanden sind, sondern dass eben ein vollständiger *U e b e r g a n g* von frischangeschwemmtem Sand zum alten, verwitterten Kulturboden vorhanden ist. Die Einteilung erscheint uns nur zweckmässig, um weiter unten bei der Besprechung der einzelnen Beispiele die vorliegenden Böden durch Einordnung in eine der vier Gruppen leichter zu charakterisieren und auf das hier Gesagte verweisen zu können. Als Hauptmerkmal für die vier Gruppen kommt der makroskopisch deutlich sichtbare Verwitterungszustand (Farbe) und das Verhältnis von Kalk zu Humus in Betracht.

In Tabelle II sind einige der untersuchten Böden nach dieser Einteilung zusammengestellt. Als *G r u p p e I* bezeichnen wir die frisch angeschwemmten Sande, sie enthalten ausser etwa mitabgelagerten Holz- und Wurzelstücken, die noch nicht als

¹ Vollständige Podsolprofile, die eine oberste, eisenfreie Schicht aufweisen, wovon sie den Namen Bleicherden tragen, sind in der Schweiz selten. RAMANN, «Bodenbildung und Bodeneinteilung» Berlin 1918, gibt Stellen am Gotthardpass und auf der Furka an, auch dort sind sie nur sehr schwach und zerstreut. Wir finden zwar ziemlich häufig im schweizerischen Mittellande in Moränen und auf älteren Terrassen deutliche Eiseneinschwemmungen in die untern Schichten, ohne dass aber die oberste Schicht eisenfrei wäre.

Tabelle II

Uebersicht über den Kalk (CaCO_3)— und Humusgehalt einiger untersuchter Tessinauenböden

No.	Ort	Charakterisierung	Tiefe in cm	CaCO_3 %	Humus %	Weitere Beobachtungen
Gruppe I						
Rezente Sandanschwemmung, einige Wochen alt, ohne Vegetation						
7. Bodio		Sandanschwemmung	0—3	2,5	0,0	Reaktion: Neutral
16. Piano di Magadino		„	0—5	6,0	0,0	
Gruppe II						
Noch wenig verwitterte Sandböden aus Assoziationen natürlicher Sukzessionen						
Reaktion: Neutral						
1. Quinto		Schöner Erlenbestand				
a)		Humusschicht	0—2	10,5	8,0	Bodenfeuchtig- keit 4,5 % H_2O
b)		Sandschicht	20—30	12,6	1,8	
c)		Alte Humusschicht	50—55	8,5	2,5	
d)		Sandschicht	70	10,0	1,5	
8. Bodio		Hippophaëtum	2—8	3,0	1,8	Vgl. Analyse Tab. I
11. Biasca		Hipp. Viehweide				
a)		Humusschicht	2—4	5,5	Humus nicht bestimmt	
b)		Sandschicht	30—40	8,7	„	„
c)		Verlehmte Schicht	70—85	4,3	„	„
15. Piano di Magadino		Erlenbest. m. Phragmites				
a)		Sand	30	6,4	„	„
b)		Sand, verlehmt	165	5,8	„	„
c)		Sand	185	5,8	„	„
Gruppe III						
Deutlich verwitterte Sandböden, teils Viehweide, teils Kulturen						
Reaktion: Neutral						
22. Stalvedro		Altes Hippophaëtum	0—8	14,9	5,5	Vgl. Analyse Tab. I
9. Bodio		Hippoph. mit Gras	0—8	4,6	4,3	
19. Piano di Magadino		Wiese (Kultur)	2—7	5,2	2,6	
Gruppe IV						
Stark verwitterte Sandböden, meist Kulturland						
Reaktion:						
23. Stalvedro		Wiese				beginnt sauer zu werden
a)		Humusschicht	0—2	0,15	14,9	Vgl. Analyse Tab. I
b)		Verwitterter Sand	5—30	0,70	8,2	
10. Bodio		Wiese	2—8	0,00	9,74	
14. Prosito		Maisfeld	0—5	1,1	7,4	

Humus zu bezeichnen sind, keine organische Substanz, der Humusgehalt ist gleich Null. Der Kalkgehalt (CaCO_3) ist hier naturgemäss am höchsten, er muss mit der Zeit abnehmen. Zufälligerweise ist der Kalkgehalt in Probe Nr. 7 ausserordentlich gering (2,5 % CaCO_3), in den übrigen frisch angeschwemmten Sanden und auch in älteren, noch wenig verwitterten Sandböden beträgt er wesentlich mehr, und zwar 6 bis 12 %.

In der Gruppe II sind die noch wenig verwitterten Sandböden zusammengefasst. Sie zeigen bereits deutlich dunklere Färbung als die jüngsten Sande, dies entspricht ihrem Humusgehalt, der im Mittel 2 % beträgt, in Erlenbeständen (Wald) steigt der Humusgehalt in den obersten Schichten schon ganz beträchtlich (Probe 1a z. B. enthält 8,0 % Humus). Der Kalkgehalt dieser Böden ist meist noch ungefähr der ursprüngliche, Andeutung von Kalkverarmung zeigen nur die obersten humusreichen Schichten. Es ist dies der Boden, worauf sich, wenn die Sandschicht eine Mächtigkeit von einigen dm hat, der Auenwald (Erle) entwickelt. In wenig tiefen Sanden finden wir *Hippophaë* und *Salix*. Allgemein lässt sich sagen, dass in *Alnus*-Beständen eine stärkere Humusbildung stattfindet als in *Hippophaë*- oder *Salix*-Beständen. Durch die stärkere Humusbildung findet ein rascherer Verwitterungsprozess statt, die Erlenauen werden also rascher zu einem «älteren» d. h. verwitterten Boden gelangen als Sanddorn- oder Weidenau. Diese «älteren» Böden sind in

Gruppe III zusammengefasst. Sie unterscheiden sich makroskopisch durch deutliche Braunfärbung von den Böden der Gruppe II. Die Farbe wird durch die Eisenverbindungen hervorgerufen, es ist also eine Verwitterung der eisenhaltigen Mineralbestandteile eingetreten, das Eisen wird durch den immer noch vorhandenen Kalk an der Oberfläche ausgefällt. Der Humusgehalt dieser Böden ist schon recht beträchtlich, er beträgt 3 bis 5 Prozent. Meistens ist auch schon deutliche Kalkauswaschung festzustellen. Der Boden wird teilweise bereits als Kulturland benutzt, alte *Hippophaë*-Bestände als Viehweide. In Erlenbeständen zeigen oft die obersten Bodenschichten (einige

cm) den Verwitterungsgrad dieser Böden, die tiefen Sandschichten zeigen erst eine Verwitterung wie Gruppe II.

Als Endglied des beobachteten Verwitterungsverlaufes notieren wir in

Gruppe IV den stark verwitterten, schokoladebraunen Sandboden, der meist wesentlich (bis einige m) über dem Grundwasser, resp. S.-W.¹ liegt und als Kulturland benutzt wird. Die Böden sind humusreich bis überreich, der Kalkgehalt ist minim, er beträgt selten mehr als 0,5 %. Die Böden reagieren bereits schwach sauer (pH 6,5—6), sodass eine Eisenauswaschung beginnt, die zu einem weiteren, nicht beobachteten Bodentypus, dem Podsol, führen muss.²

Es sei zunächst noch eine Erscheinung besprochen, die in der Bodenbildung und in der Auenbiologie des Tessins eine ganz wesentliche Rolle spielt. Die von Zeit zu Zeit, d. h. bei starken Regengüssen namentlich im Sommer und Herbst auftretenden Hochwasser bringen eine ungeheure Menge Material aus dem Gebirge herunter und lagern es in der Talsohle ab. Dabei tritt eine ziemliche Auslese nach der Grösse ein, indem das grobe Material (Steine und Kies) in der rasch fliessenden Strömung, also meist in und am Rande des Flussbettes abgelagert wird, während das feinere Material, der Sand, in die überschwemmten Auen links und rechts des Flusses eingeschwemmt und abgelagert wird, wo das Wasser nur noch eine geringe Strömungsgeschwindigkeit hat. Die feinsten Ablagerungen von Schlamm und Rohton finden wir dann in zurückgebliebenen Tümpeln nach der Ueberschwemmung und in langsam-

¹ In der Folge bedeutet: S.-W. = mittlerer Sommerwasserstand, N.-W. = Niederwasserstand, H.-W. = Hochwasser.

² GLINKA, Die Typen der Bodenbildung, S. 96, reiht die Braunerden prinzipiell in die Gruppe der podsoligen Böden ein, RAMANN nimmt dagegen in «Bodenbildung und Bodeneinteilung», pag. 79, Stellung. Wir glauben mit RAMANN auch nicht, dass Braunerden ohne weiteres mit dem B-Horizont der Podsolböden verglichen werden dürfen, da keine Einschwemmungen an Eisen stattfinden. Dagegen zeigen die vorliegenden Analysen, dass Braunerden in Podsole übergehen können. In Böden mit weniger intensiver Humusbildung und weniger Niederschlägen ist doch die Möglichkeit da, dass die typische Braunerde (Auswaschung der leichter löslichen Salze, keine Eisenauswaschung) als Endprodukt der Verwitterung entsteht.

fließenden Giessen. Die Sandanschwemmungen sind oft bei einem einzigen Hochwasser ganz enorm, so konnten Ende Juli und anfangs August 1922 an verschiedenen Stellen in älteren Beständen mehrere Centimeter, in jüngern bis einige Dezimeter mächtige, frische Sandanschwemmungen beobachtet werden, die vom Hochwasser Mitte Juli 1922 herrührten.

Tabelle III
Zusammenstellung einiger Schlämmanalysen

No.	Bezeichnung Durchm. in mm	Grobsand 2,0—0,2	Feinsand 0,2—0,1	Staubsand 0,1—0,05	Staub 0,05—0,02	Rohton feiner 0,02
1. b)	Sandschicht aus 20—30 cm Tiefe, Ouinto . . .	71,8	14,7	6,3	4,7	2,5
4.	Anschwemmung in einem Giessen, Ver- landung b. Quinto	5,8	4,9	28,4	38,1	21,0
7.	Frische Sandan- schwemmung, Bodio	86,3	7,0	1,8	1,5	2,0
10.	Alte Tessinterrasse, Bodio	33,1	10,4	20,2	25,5	10,1
15.	Durchschnittsprobe (aus ca. 2 m tiefem Profil) Piano di Magadino . .	27,8	23,5	26,0	13,5	8,2
16.	Frisch ange- schwemmter Sand Piano di Maga- dino	46,7	17,7	22,5	4,3	7,5

Die Zahlen sind Prozente.

Die Böden sind mit dem WIEGNERschen Schlämmapparat geschlämmt (mit photographischer Registrierung). Ueber die Verbesserung der Apparatur und über die Auswertung der Fallkurven vgl. H. GESSNER, Mitt. aus d. Gebiete der Lebensmittelchemie und Hygiene, Bern. 13, 238 (1922) und Comptes rendus de la III^e conférence internationale agropédologique à Prague 1922, Prag 1924, S. 57.

In T a b e l l e III sind die Schlämmanalysen einiger Böden zusammengestellt. Wir sehen daraus, wie die Sande jüngerer und jüngster Böden (1b, 7, 16) zum grössten Teil aus Grobsand

bestehen (mit 2—0,2 mm Durchmesser), von den feineren Fraktionen (Feinsand, 0,2—0,1 mm, Staubsand, 0,1—0,05, Staub, 0,05 bis 0,02 und Rohton feiner als 0,02 mm Durchmesser) sind mit zunehmender Feinheit immer kleinere Anteile vorhanden. Die drei angeführten Böden müssen nach der Schlämmanalyse als Sandböden oder Grobsandböden bezeichnet werden.

Eine Anschwemmung aus einem ruhig fliessenden Giessen besteht dagegen zu 38 % aus Staub (Schlamm) von 0,05—0,02 mm Durchmesser, und 21 % Rohton und 28 % Staubsand, der abgelagerte Boden ist also wesentlich feiner als die oben besprochenen Sande und wird in seinen Eigenschaften die Verhältnisse eines (kalkhaltigen) Lehmboedens zeigen.

In einer Durchschnittsprobe aus einem ca 2 m tiefen Profil aus Piano di Magadino zeigen sich die Korngrössen schon mehr verteilt, ein Zeichen dafür, dass die Ablagerungen in verschiedenen Zeiten am gleichen Ort verschieden sein können. Ebenso verteilt sind die Korngrössen in dem alten verwitterten Boden Nr. 10, hier sind einmal durch Verwitterung feinere Teilchen entstanden und dann hat natürlich im Laufe der Zeit eine gewisse Durchmischung stattgefunden.

In heute nicht mehr überschwemmten, tieferen Sandböden konnten immer im Bodenprofil alte Humusschichten festgestellt werden. Diese Schichten sind oft deutlich kalkärmer (vgl. Tab. II, Probe 1c) als der darüber- und darunterliegende Sand. Durch die ständige Neubedeckung bestehender Humusschichten mit Sand, gefolgt von der Bildung einer neuen Humusschicht, zeigen diese tiefgründigen Sandböden auch in der Tiefe einen ordentlichen Humusgehalt. Dieser Humusgehalt bis in die unteren Schichten ist für die physikalischen Bodeneigenschaften äusserst günstig. Ohne Humus wären diese oft über 1 m tiefen Sandböden ausserordentlich lockere, warme Böden, die allzuleicht austrocknen würden. Ein Humusgehalt von 1—2 Prozent, wie er beobachtet wurde, macht diese Böden bindiger, d. h. er verleiht ihnen eine gewisse Festigkeit; die Humus-Sandmischung ist befähigt, Wasser zurückzuhalten, die Durchlässigkeit für Wasser wird geringer als bei reinen Sandböden; kurz, der ganze Wasserhaushalt ist auf diese Weise viel ausgeglichener und für die Vegetation günstiger. (Vgl. auch in Tab. I den Wassergehalt

der lufttrockenen Proben [d. h. des bei Zimmertemperatur getrockneten Bodens] der vier analysierten Böden, mit zunehmendem Humusgehalt steigt auch der Feuchtigkeitsgehalt ganz beträchtlich.) In den alten, wieder mit Sand bedeckten Humusschichten ist eine Kalkverarmung festzustellen. Diese Tatsache weist darauf hin, dass durch den Humus ein chemischer Aufschluss (Verwitterung) stattfindet, der zunächst eine Bereicherung der für die Pflanzen direkt verfügbaren Nährstoffe darstellt. Allerdings wird nur ein Teil dieser Nährstoffe von den Pflanzen aufgenommen, der grössere Teil wird ausgewaschen werden. Durch diesen Vorgang findet der Verwitterungsprozess, d. h. die Auswaschung an löslichen Salzen rascher in grössere Tiefen hinein statt, als dies bei Böden der Fall ist, die nur oben eine humushaltige Schicht haben.

Der Bodenbildungsprozess scheint in diesen Gebieten sehr rasch zu verlaufen. Einmal sind es die grossen Niederschläge (140—200 cm im Jahre), die eine rasche Auswaschung der löslichen Salze zur Folge haben, dann sind es aber auch die wesentlich höheren Jahrestemperaturen als z. B. im schweizerischen Mittellande, die in Verbindung mit den stärkeren Niederschlägen eine intensivere Humusbildung hervorrufen. Ein genauer Vergleich dieser Verhältnisse mit anderen Auengebieten wird die Aufgabe weiterer Untersuchungen sein.

III. Beobachtungen aus einzelnen Auengebieten

1. S t a l v e d r o - I n S o r d o (ca. 1200 m lang, 250 m breit, 1080—1050 m ü. M.).

Terrassenbildung der Auenböden, Besiedelung und Pflanzenassoziationen unterscheiden sich unwesentlich von denjenigen der Nordschweiz.

Hippophaëtum und *Salicetum* sind überall unterbrochen und in ihrer natürlichen Sukzession stark gehemmt durch Kleinvieh-Magerweiden, die jedoch hier oben, im Gegensatz zu den südlicheren Tessingebieten, ohne Eingriff des Menschen entstehen. Die Florenliste des Gebietes ist ausserordentlich reich. Sie weist eine Menge zufällig anwesender Arten auf, unter denen die *Xerophyten* stark vertreten sind. Es kann auf HAGER 1916,

rungstyp an. Die Wiese liegt ca 1,5 m über dem S.-W., der Sand hat eine Mächtigkeit von 1 m. Die eigentliche, 5 cm mächtige Humusschicht hebt sich mit ihrer dunkleren Farbe deutlich vom Untergrund ab, der in seiner ganzen Mächtigkeit den gleichen Verwitterungsgrad zeigt. Probe 23a stammt aus der Humus-

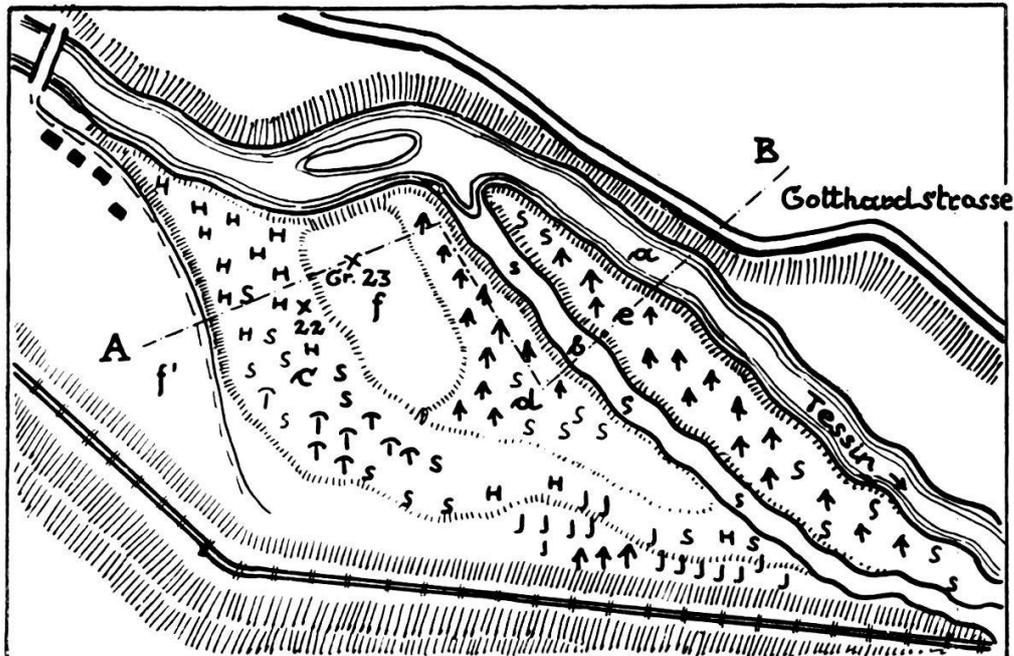


Fig. 1 a

Höhe über Sommer-Wasserstand:

1,5 m 0,5–0,8 m 1,5 m 1,0–1,2 m 0,2–0,3 m

B



Fig. 1 b

Fig. 1 a und b. Uebersichtsskizze der Auen Stalvedro—In Sordo.
Maßstab 1:10,000, Profil 25 mal überhöht.

Hauptbestände: *a* Der Tessinfluss, reissende Strömung, Bergbachcharakter. *b* Steiniges H.-W.-Flussbett mit vereinzelt jungen *Salix incana* und *Epilobium Dodonaei*. *c* Altes, breites, steiniges Flussbett, das nur bei grossen H.-W. untertaucht, teils mit vereinzelt *Hippophaë Rhamnoides*, *Epilobium Dodonaei*, teils mit geschlossenen Beständen zu $\frac{3}{4}$ *Salicetum mixtum* (*S. incana* vorherrschend, *S. purpurea*, *S. daphnoides*), $\frac{1}{4}$ *Hippophaë*, dazu langsam aufstrebendes *Pinetum silvestris*. *d* 1–1,2 m ü. S.-W.: Uebergang des *Salicetum mixtum* in das *Picetum excelsae*. *e* *Picetum excelsae*. *f* ungefähr 1,5 m ü. S.-W.: Kulturwiese. × = Gruben zur Entnahme von Bodenproben.

schicht, 23b aus dem Untergrund aus ca 30 cm Tiefe. Die Analysen der Proben ergaben die folgenden Zahlen:

Probe	Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅	Kalk(CaCO ₃)	Humus	p H.	Säuregr. B.-G.
22	—	—	—	—	—	14,9	5,5	7-7,2	gering
23a	—	—	—	—	—	0,15	14,9	6,3	37,2
23b	7,56	0,75	2,48	0,17	0,19	0,70	8,2	6,4	28,2

Die Zahlen sind gleichbedeutend wie in Tab. I.

Trotzdem in den Proben 23 a und 23 b noch ein geringerer Kalkgehalt vorhanden ist, zeigt der Boden schon deutlich eine saure Reaktion. Der Kaligehalt ist schon beträchtlich reduziert, bei jungen Sandanschwemmungen beträgt er durchschnittlich 0,65 %. Ueber das ungünstige Verhältnis von CaO : MgO wird weiter unten ausführlich zu berichten sein.

Der starke Humusgehalt der obersten Schicht und auch des darunterliegenden Bodens weisen darauf hin, dass die Wiese aus einem Waldboden entstanden ist, dass also die Sukzession: Alluvion → *Hippophaëtum* → *Salicetum - Piceetum* (ev. in dem tiefgründigen Sand ersetzt durch *Alnetum*) → *Kulturwiese* vor sich gegangen ist, und nicht nach dem Schema *Hippophaëtum* → *Magerweide* → *Kulturwiese*. Beim Fehlen von unmittelbaren Uebergängen kann also unter Umständen, wie im vorliegenden Fall, an Hand einer einfachen Humusbestimmung mit grosser Wahrscheinlichkeit der Verlauf einer Sukzession festgelegt werden.

2. Ambri-Sotto (975 m ü. M.).

Während die Gebüsche in der Gegend der Station Ambri-Piotta fast ganz verschwunden sind, bietet ein kleines Flussgebiet von etwa 300 m Länge und 100 m Breite, zwischen einem Giessen und dem Tessin, ca. 500 m unterhalb Ambri-Sotto, interessante Bilder. Starke Querdämme teilen das Ueberschwemmungsgebiet in Kolmatierungsfelder, die in den niederen Lagen mit *Alnus incana* (Niederwaldbetrieb), in den höheren mit sehr schönem Erfolg mit *Pinus silvestris* und *Salix incana* bepflanzt sind. Das *Alnetum* zeichnet sich aus durch fast vollständiges Fehlen des Unterholzes. Der aus vorwiegend Gräsern, viel *Brachypodium silvaticum* (wenig *Brach. pinnatum*), *Agrostis alba*, *Dactylis glomerata* und *Carex alba* bestehende, dichte

Niederwuchs wird gemäht, wobei jeweils die vielen Erlenkeimlinge mit abgeschnitten werden. Dieses *Alnetum* steht 0,8—1 m über S.-W. und weist einen auffällig tiefen Sandboden auf. Fig. 2 zeigt das Bodenprofil. Bis 90 cm Tiefe geht ein Sandboden, in welchem zwei alte Humusschichten festzustellen waren,

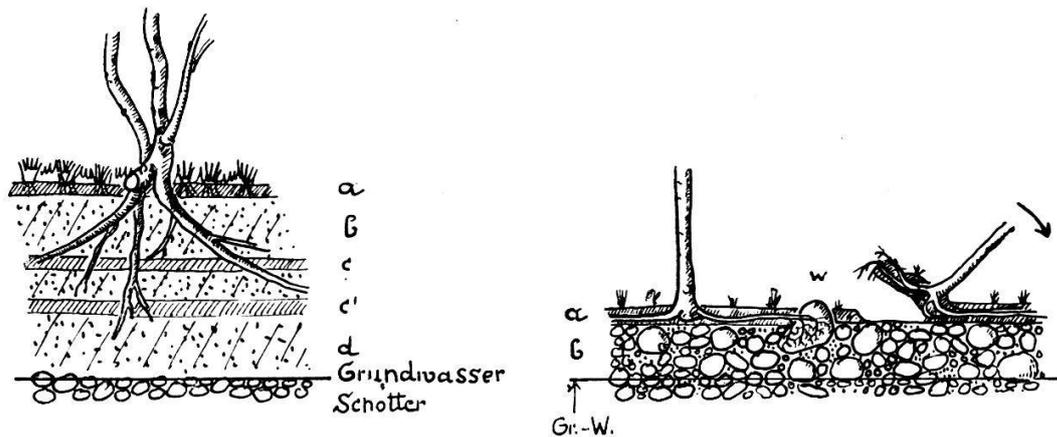


Fig. 2.

Links: Erle mit tiefgehenden Wurzeln in tiefgründigem Sandboden, *a* Humusschicht, Oberfläche 90 cm ü. S.-W.; *b* und *d* Sandschichten; *c* und *c'* alte Humusschichten.

Rechts: Erlen mit flach in der Humusschicht verlaufenden Wurzeln, lassen sich leicht umreißen (vgl. Baum rechts!); *a* Humusschicht, 30 cm über S.-W.; *b* Schotter, Kies und Grobsand; *Gr.-W.* Grundwasserspiegel; *w* Wurzelgeflecht an grossem, an die Oberfläche ragendem Stein in die Schotterschicht hinuntergehend.

Allgem.: Schräge Schraffur ///// deutet den Humusgehalt an.

darunter liegt der grundwasserführende Schotter. Der relative Lichtgenuss im natürlichen und z. T. künstlich bereinigten Bestand betrug für den Niederwuchs etwa 1/140.

Ein zweites, kleineres *Alnetum* befindet sich bloss 0,3 m über S.-W. direkt auf Kiesboden, mit dem ganzen Wurzelstock in einer nur 3—5 cm mächtigen Humusschicht verlaufend. (Vgl. Fig. 2, rechts.) Die bruchartige Beschaffenheit der Lokalität äussert sich nicht allein in der Oekologie der Erlen, sondern auch im offenen Niederwuchs, der von dem geschlossenen Rasen der benachbarten Erlenau auf Sandboden grundverschieden ist. Lichtgenuss 1/180. Es treten vereinzelt auf:

Equisetum hiemale, *Equisetum variegatum*, *Brachypodium silvaticum*, *Listera ovata*, *Urtica dioeca*, *Aegopodium Podagraria*,

Silene vulgaris, *Stellaria nemorum*, *Caltha palustris*, *Thalictrum aquilegifolium*, *Rubus caesius*, *Fragaria vesca*, *Geum urbanum*, *Angelica silvestris*, *Galeopsis Tetrahit*, *Cicerbita muralis*, *Solanum Dulcamara* wird hier zur prächtigen, windenden Liane (Fig. 8.) und *Humulus Lupulus* entwickelt Schattenblätter bis zu 30 cm Breite.

Die Böden der beiden beschriebenen Erlenbestände wurden genauer untersucht. Der tiefgründige Sandboden des Auenwaldes erscheint äusserst gleichmässig, in 35 und in 50 cm Tiefe zeigt er deutlich zwei alte Humushorizonte (leicht kenntlich an ihrer dunkleren Farbe, etwas verlehmt, mit häufigen Pflanzenresten). Steine, d. h. Körner mit einem Durchmesser grösser als 2 mm fehlen. Die Schlämmanalyse der Probe 1 b (Sand aus 20—30 cm Tiefe) ergab 71,8 % Grobsand (vgl. Tab. III). Wie wir schon früher ausgeführt haben, würde ein humusarmer Sandboden in dieser groben Zerteilung für das Pflanzenleben einen äusserst ungünstigen Wasserhaushalt aufweisen, indem er nicht befähigt wäre, das nötige Wasser zurückzubehalten und zu rasch ausgetrocknet würde. Die Humusbestimmungen (Tab. II) zeigen einen Humusgehalt von 1,5—1,8 % in den Sandschichten und 2,5 % in der (unteren) alten Humusschicht. Das sind Humusmengen, die auf einen Sandboden physikalisch äusserst günstig wirken, eine Versäuerung des Bodens wird erst eintreten, wenn sämtlicher Kalk ausgewaschen ist.

Dieser eben beschriebene Bodentypus wurde noch häufig in den Tessinauen angetroffen. Er sei charakterisiert als tiefgründiger, grober bis sehr grober Sand auf grundwasserführendem Schotter; das Profil weist öfters einige alte Humushorizonte auf, der Sand ist in der ganzen Mächtigkeit humushaltig, der Kalkgehalt ist gleichmässig, nur in den Humusschichten etwas geringer und nimmt mit zunehmendem Alter der Böden ab. Es ist dies der ideale Standort zur Entwicklung der Erlenau.

Ganz verschieden von dem eben beschriebenen Boden ist der unmittelbar danebenliegende Grund des bruchartigen Erlenbestandes. Eine dünne Humusschicht (3—5 cm mächtig) liegt 30 cm über dem S.-W. auf einem groben Kiesuntergrund. Im Kies wurden 20—30 Volumprozent grobe Steine (Durchmesser grösser als 10 cm) geschätzt. Die entnommene Probe (Nr. 2 b)



Fig. 8.

Windende *Solanum Dulcamara*-Liane
in einer
Erlenau von Ambri-Sotto.

Phot. Juli 1922

Während *Solanum Dulcamara* meistens liegend oder kletternd auftritt, wird diese Art in der schattigen Erlenau zur rechts und links windenden, gelegentlich mehr als 2 Meter hohen Liane.

aus dieser Kiesschicht enthielt ein Bodenskelett (d. s. Steine von mehr als 2 mm Durchmesser), von 63 Gewichtsprozenten, die Feinerde (unter 2 mm Durchmesser) besteht mindestens zu 90 % aus Grobsand, und zwar erscheinen die Körner meist grösser als 1 mm Durchmesser.¹

Als Hauptursache für das Nichteindringen der Wurzeln (vgl. Fig. 2) in den Kiesuntergrund kommt erstens die äusserst grobe Zerteilung des Bodens in Betracht; sodann ist der Schotter, der sich ja im Maximum 30 cm über den Grundwasserspiegel erhebt, trotz seiner grobkörnigen Beschaffenheit äusserst d i c h t, er wird also ständig sehr viel Wasser führen und relativ wenig Luft enthalten. An einigen Stellen ragen grosse Steine durch die Humusschicht hindurch an die freie Oberfläche. Diesen Steinen nach geht ein ziemlich dichtes Geflecht von Erlenwurzeln unter die Humusdecke in die Kiesschicht hinunter. Eng der Oberfläche dieser Steine angeschmiegt, der entlang natürlich eine schwache Luft- und auch Wasserzirkulation kapillar erfolgen kann, sind dies die einzigen lebenden Wurzeln in dieser Kiesschicht (vgl. Fig. 2 w.).

Die Humusbildung in der Oberschicht ist ausserordentlich kräftig. In Probe 2 a aus der Humusschicht bestimmten wir 28,2 % Humus, in der Kiesschicht beträgt der Humusgehalt 1,6 %. Sauer reagiert der Humus nicht, da er noch beträchtlich Kalk enthält (Probe 2 a hat 2,8 % CaCO_3) und die Kiesschicht ist mit 10,0 % Kalk als kalkreich anzusprechen.

Die in den Giessen übergehenden Ränder beider Erlenauen bieten folgendes, schön ausgeprägtes Verlandungsschema:

- a) 2 m breite Stufe tiefsandig-schlammigen Bodens im S.-W. ohne Vegetation.
- b) 1 m breite Stufe mit gleichem Boden, 0—20 cm ü. S.-W. *Veronica Beccabunga* als Rand einer
- c) 2 m breiten Stufe mit gleichem Boden, 0—20 cm ü. S.-W. mit *Agrostidetum albae*, grossen *Juncus articulatus*-Bülten, *Juncus effusus*, vereinzelt: *Poa palustris*, *Glyceria plicata*, *Carex elata*, *C. flava*, *Caltha palustris*, *Ranunculus repens*,

¹ Eine Schlämmanalyse eines derartig groben Bodens hat keinen Wert mehr.

viele junge *Salix incana*, wenig *S. purpurea*-Keimlinge. Das *Salicetum* «stellt sich in das *Agrostidetum* hinein».

- d) 1—4 m breite Stufe, Kiesboden mit 6 cm dicker Schlammdecke, ca. 20 cm ü. S.-W.:
sehr wenig *Agrostis alba*, fast reine Bestände von *Equisetum variegatum*. Auch dieser Bestand wird namentlich von *Salix incana* besiedelt.
- e) Rand des Alnetum: Uebergang des *Salicetum* in das *Alneto-Salicetum* (3 : 1) mit spärlichem Niederwuchs: vereinzelt *Carex flava*, *Ranunculus repens*, *Saxifraga aizoides*, *Parnassia palustris*, *Prunella vulgaris*, *Mentha aquatica*, *Tussilago Farfara*.
- f) 0,3—1 m ü. S.-W. auf Kiesboden mit Humusdecke oder auf Sandboden die sub. 2 oben beschriebenen Erlenauen.

Im allgemeinen zeigt sich auch hier die Bedeutung der S.-W.-Marke für die Möglichkeit oder Verhinderung einer Samenschwemmung mit nachfolgender Keimung. Häufig findet sich im Stau älterer Besiedler auf S.-W.-Höhe eine Menge junger Erlenpflänzchen, die aus angeschwemmten Samen keimten, während die Rinnsale zwischen den *Salix*-Pionieren noch lange Zeit unbesiedelt bleiben. Durch die ersten Besiedler, namentlich die *Salices*, werden die Erlensamen festgehalten, in ihrem Schutze keimen sie und wachsen munter empor, um nachher ihren ersten Beschützer zu überflügeln und ihn in ihrem Schatten verderben zu lassen.

In diesem Verlandungsbestand fehlt *Phragmites* vollständig, während er auf dem gegenüberliegenden Ufer unterhalb *Quinto* zerstreut auftritt und in die Aecker eindringt.

Aus dem Verlandungskomplex wurden zwei Bodenproben genommen, Probe Nr. 4 aus dem *Agrostidetum* (Zone c des Verlandungsschemas) und Probe Nr. 5 aus der 5—6 cm mächtigen Schlammdecke mit *Equisetum variegatum* (Zone d).

Die Dispersität dieses in dem ruhig fließenden Wasser des Giessens abgelagerten Bodens ist natürlich erheblich grösser (d. h. der Boden besteht aus viel mehr feineren Teilchen) als die der Sandablagerungen. Eine Schlammanalyse der Probe 4 ergab (Tab. III) die folgende Zusammensetzung nach den Korn-

durch Abbrennen und Roden ansehnliche Magerwiesen und Kulturflächen abgerungen worden. Eine schematische Uebersicht gibt Fig. 3.

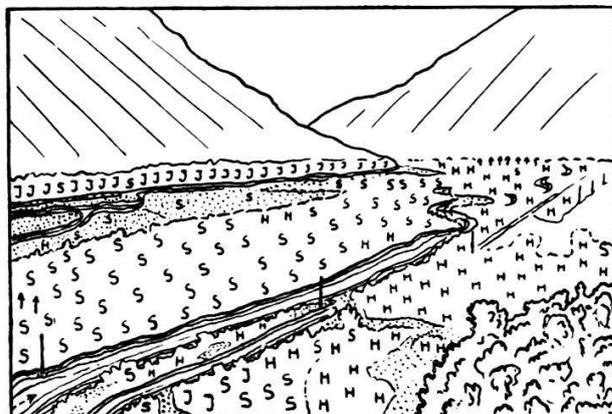


Fig. 3. Vegetation der Uferlandschaft Chiggiogna-Lavorgo

(Ansicht vom rechten Talhang, Blick flussabwärts. Juli 1922). Die Assoziationen der Tessinauen auf einem 2,5 km langen, 250 m breiten Ueberschwemmungsgebiet. HH *Hippophaëtum Rhamnoidis*. JJ *Alnetum incanae*.

SS *Salicetum mixtum* ↑↑ *Piceetum excelsae*.

a) Das künstliche *Salicetum mixtum* der Inseln bietet wenig Interesse.

b) Das *Alnetum incanae* im obern Teil des rechten Ufers weist ein Bild auf, so sonderbar, wie es selten zu treffen ist. (Fig. 4 und Fig. 7): Im obern Ende eines Flussarmes steht eine

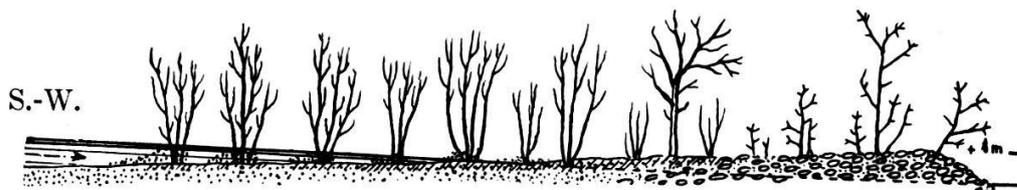


Fig. 4. Charakteristische Uferbank auf dem rechten Ufer zwischen Chiggiogna und Lavorgo im Längsschnitt.

Das *Alnetum incanae* als Wellenbrecher und Sandfänger im S.-W. stehend; in der Mitte typische *Erlenau*; auf Kies *Hippophaëtum Rhamnoidis*.

angepflanzte Erlenau mitten im S.-W. untergetaucht, nicht bloss das Hochwasser, sondern auch das Sommerwasser fließt beständig zwischen den Stämmchen der Erlen durch und schüttet im «Luv» bis zu 50 cm hohe Sandhügel, Zweige und Laub an. Der Boden wird dadurch stellenweise wesentlich erhöht, die Erlen

bilden «ein Stockwerk höher» neue Wurzeln aus. Das Bild hat aber keine Aehnlichkeit mit dem Erlenbruch. Es kommt bei dem lufthaltenden, raschfliessenden Wasser nicht zur Versumpfung und daher auch nicht zur Stelzenwurzelbildung, sondern nur zur massenhaften Bildung von Adventivwurzeln. Weiter unten sammelt sich das Wasser in zahlreichen Rinnen, die



Fig. 7.

Alnetum incanae als Wellenbrecher und Sandfänger im mittleren Sommerwasserstand auf dem rechten Ufer unterhalb Chiggiogna.

Phot. Sommer 1922

das etwa 50 cm höher gelegene *Alnetum* in hübschen Bächlein durchfliessen, um nachher giessenartig wieder in den Hauptfluss zu münden. Daneben geht flussabwärts die giessenbegleitende Sandbank in eine erhöhte Schotterbank über, bedeckt vom *Hippophaëtum* (Fig. 4).

Die ganze Anlage ist vorzüglich geeignet zur H.-W.-Regulierung und jedenfalls auch forstwirtschaftlich klug angelegt.

Der beschriebene charakteristische Typus einer Uferpartie mit Verlandung des Flussarmes an seinem oberen Ende, also die Verwandlung des Flussarmes in einen Giessen ist in Fig. 4 sche-

matisch erläutert. An dieser Verlandung nimmt hier *Phragmites* nicht teil.

Das *Hippophaëtum* und der spärliche Graswuchs der Kiesbank werden von Klein- und Grossvieh geweidet, wobei von den Ziegen auch die *Salix*zweige, besonders *Salix incana*, und selbst der Sanddorn massenhaft oben abgefressen werden. Wenn die Bestände von *Hippophaë* sich geschlossen haben, entsteht in dieser Gegend auf den höher, jedoch noch im Ueberschwemmungsgebiet gelegenen Flusskiesbänken mit Sanddecke folgendes Bild:

100 qm *Hippophaëtum* auf dem rechten Ufer oberhalb L a v o r g o, ca. 1,2 m ü. S.-W. Untergrund Schotter mit 20—50 cm Sanddecke:

108 Exemplare *Hippophaë Rhamnoides*, Rasen aus *Agrostis alba*, zahlreich: *Calamagrostis Epigeios*, *Brachypodium silvaticum*, spärlich: *Holcus lanatus*, *Lolium perenne*, *Sedum album*, *S. mite*, *Rubus sulcatus*, *R. caesius*, *Potentilla verna*, *Rosa rubrifolia*, *Trifolium pratensis*, *T. montanum*, *T. procumbens*, *Lotus corniculatus*, *Euphorbia Cyparissias*, *Helianthemum nummularium*, *Vincetoxicum officinale*, *Thymus Serpyllum*, *Solanum Dulcamara*, *Veronica spicata*, *Gallium Mollugo*, *Erigeron arvensis*, *Achillea Millefolium*, *Tussilago Farfara*, *Centaurea Scabiosa*, *Hieracium florentinum*.

4. Insel bei der alten Station Giornico (etwa 415 m ü. M., 250 m lang, 100 m breit).

Es handelt sich um eine Hochwasseraufschüttung, die in ihrem obern Ende Gerölle bis 50 cm, sogar bis 1 m Durchmesser aufweist! Dazwischen liegt viel Sand. Diese Schotterbank taucht bei S.-W. in einer Länge von etwa 25 m aus dem Wasser empor und erhebt sich in ihrem flussabwärts gelegenen Teil 1,5 m ü. das S.-W. Ihr oberstes Ende ist vegetationslos. Wo aber der Anprall des H.-W. infolge der Erhebung der Schotterbank über das S.-W. nicht mehr vernichtend wirkt, etwa 1 m über S.-W., beobachten wir: *Agrostis alba*, *Brachypodium silvaticum*, *Salix incana*, *Epilobium Dodonaei*, *Tussilago Farfara*, diese 5 Arten in je einigen Exemplaren, als Pioniere in der Stufe zwischen S.-W. und H.-W. Ungefähr 1,5 m über dem S.-W. treten die Arten zahlreicher auf; insbesondere bindet *Agrostis* den Sandboden zwischen den Geröllen. Dazu gesellt sich *Equisetum*

hiemale, *Calamagrostis Epigeios*, *Rumex Acetosella*, *Saponaria officinalis*, *Clematis Vitalba*, *Berberis vulgaris*, *Rubus caesius*, *Trifolium pratense*, *T. montanum*, *T. procumbens*, *Lotus corniculatus*, *Euphorbia Cyparissias*, *Thymus Serpyllum*, *Campanula persicifolia*, *Erigeron annuus*, *Artemisia vulgaris*, *Taraxacum officinale*.

Der flussabwärts an diese Schotterbank grenzende Wald weist einigermaßen Mittelwaldbetrieb auf mit schönen O b e r s t ä n d e r n aus: *Salix alba*, *Alnus incana*, einigen *Prunus Cerasus*, *Castanea sativa*, *Pinus silvestris*, *Fraxinus excelsa*, *Betula pendula*, *Robinia Pseudacacia*, *Juglans regia* und *Populus tremula*. Diese Bäume befestigen besonders den Rand der Insel. Im Innern sind grosse Flächen baumlos und bedeckt von Dickichten aus *Rubus caesius*, *Clematis Vitalba* in sehr üppiger Form, *Calamagrostis Epigeios*, *Salix incana*, *Berberis vulgaris*, *Rosa canina*, *Hippophaë Rhamnoides*, *Ligustrum vulgare*, *Galium verum*. Während die kleinen Erlenbestände im Innern der Insel vorwiegend *Rubus caesius* im Niederwuchs haben, tritt diese an dem auf S.-W. gesenkten Rand der Insel zurück und wird ersetzt durch meist sterile *Agrostis alba* - Bestände.

5. B o d i o (ca. 310 m ü. M., unterhalb der Brücke Bodio- Personico. Ueberschwemmungstreifen von 100—200 m Breite, bis zur Einmündung des Ambra-Baches 1,5 km lang).

Es zeigen sich hier Einflüsse des insubrischen Klimas in den Ueberschwemmungsgebieten darin, dass die Vegetation «früher ist» als weiter nördlich; in Lavorgo, 9 km nördlich und 300 m höher, sind die Früchte des Sanddorns grün oder kaum schwach rötlich, hier sind sie voll gerötet (26. VII. 22.). An den Wegrändern der Auen blüht *Anchusa officinalis*, am Rande der Gebüsche *Cucubalus baccifer*, die weiter nördlich nicht beobachtet wurden. Die Zusammensetzung der einzelnen Auenassoziationen ist jedoch wenig verändert: Im *Alnetum incanae*, das besonders am linken Ufer vertreten ist, tritt *Populus nigra* und im Niederwuchs *Saponaria officinalis* häufiger auf. Sonst aber bleibt die Zusammensetzung des Auenwaldes, auch bei veränderten klimatischen Einflüssen, bis zum Lago Maggiore hinunter im wesentlichen unverändert: Die e d a p h i s c h e n

Faktoren geben den klimatischen gegenüber den Ausschlag.¹

Auf den Schotterbänken ist *Myricaria germanica* nicht nur häufiger als weiter nördlich, sondern bildet ganze Bestände. Hier sowohl, wie im *Hippophaëtum* findet sich massenhaft der feine Rasen von *Festuca ovina* ssp. *capillata* und *Hieracium florentinum* wird häufiger.

Der Fluss scheint hier in einem Zustande zu sein, wo sich Erosion und Alluvion ungefähr das Gleichgewicht halten. Verschiedene Schotterbänke sind vom letzten H.-W. teilweise abgetragen, dafür neue angeschwemmt worden. Die Vegetationsbilder der Gegend zeigen aufs deutlichste den Kampf der Pflanzenbestände der untern Uferstufe gegen die gewaltigen Ueberschwemmungen und Ueberschotterungen bei grossen H.-W. Verschiedene Vegetationsbilder sind überhaupt kaum zu deuten, wenn man sich nicht eine Vorstellung von den gewaltigen Veränderungen des Flusslaufes machen kann. So bietet z. B. der «Inselrandbart» von *Myricaria germanica* (Abb. 6) ein Bild, das nur bei unmittelbarer Beobachtung der Alluvionvorgänge richtig begriffen werden kann. Das *Myricarietum* ist hier fast stets auf den wenig über S.-W. gelegenen Schotterbänken zu finden. So hatte es eine junge Alluvion etwa 40 cm über S.-W. besiedelt und, nach den Ueberresten zu schliessen, mit folgenden Arten zusammen einen geschlossenen Bestand gebildet: *Populus nigra*, *Salix incana* (nur vereinzelt), *Agrostis alba*, *Calamagrostis Epigeios*, *Festuca ovina*, *F. arundinacea*, *Brachypodium silvaticum*, *Urtica dioeca*, *Rumex Acetosella*, *Gypsophila repens*, *Saponaria officinalis*, *Rubus caesius*, *Epilobium Dodonaei*, *Trifolium arvense*, *Thymus Serpyllum*, *Solanum Dulcamara*, *Linaria alpina*, *Erigeron annuus*, *Artemisia vulgaris*, *Tussilago Farfara*. Anlässlich eines grossen H.-W. wurde fast der ganze Bestand von Schotter bis 50 cm tief überschüttet und vernichtet, nur am Rande der Schotterbank, wo infolge der Böschung kein Kies abgelagert wurde, ist als Rest des früheren Bestandes der *Myricaria* - «Randbart» übriggeblieben. Die stehengebliebenen Exemplare erweisen sich dabei als vorzügliche Sandfänger.

¹ Siehe auch: FURRER ERNST, Kleine Pflanzengeographie der Schweiz. Zürich 1923. S. 259 und die daselbst angegebene Literatur.

Um sie herum bleibt der Sand bis zu 30 cm mächtig liegen, der, wie an älteren Analogien beobachtet werden konnte, den Samen von *Salix incana* sehr geeignete Keimstätten bietet. Dadurch wird das *Myricarietum*, das dem verheerenden H.-W. trotzte und durch Sandfang den Boden verbesserte, in kurzer Zeit dem *Salicetum incanae* zum Opfer fallen, falls nicht ein noch mächtigeres H.-W. diesem Ringen ein plötzliches Ende macht und durch frische Aufschüttung den Boden zu neuem Kampfe schafft.

Die älteren und höheren Uferstufen und Schotterbänke, etwa 1 m über S.-W., bedeckt ein *Hippophaëto-Salicetum mixtum* (*S. incana*, *S. purpurea*). Diese Bestände reichten bei dem starken H.-W., das die *Myricarieta* vernichtete, über das H.-W. empor. Mit Ausnahme des neu hinzutretenden *Festuca ovina*-Rasens weicht die Zusammensetzung des Niederwuchses kaum von derjenigen des *Hippophaëtum* von L a v o r g o ab. Sie ist aber auch kaum verschieden von denjenigen südwärts gelegener Bestände. Von der «Associazione dei cespuli»¹ weicht sie im wesentlichen ab durch das völlige Fehlen von *Sarothamnus scoparius*, der im M a g g i a d e l t a charakteristisch und mit *Hippophaë* und *Salix incana* bestandbildend auftritt. Am Tessin haben wir ihn auf den Dämmen in P i a n o d i M a g a d i n o, nicht aber auf dem Schotter des *Hippophaëtum* getroffen.

Im noch älteren, etwas höher gelegenen *Hippophaëtum* ist der Rasen geschlossen. Es wird nicht mehr bloss geweidet, sondern die Entwicklung und Ausbreitung des Sanddorns wird durch Abbrennen (Schwenden) gehemmt und der Boden, wenn er einige Dezimeter Sanddecke besitzt, als reif zur Urbarisierung erachtet. Er wird in Weiden, Kulturwiesen und Aecker umgewandelt.

Aus diesen Beständen stammen die Bodenproben Nr. 7, 8, 9 und 10, deren Analysen (Salzsäureaufschluss usw.) zu Anfang der Arbeit als Beispiele für 4 Stadien des allgemeinen Verwitterungsverlaufes der Alluvionböden angeführt wurden (Tab. I). An dieser Stelle sei das in der allgemeinen Uebersicht und an einigen früheren Beispielen entwickelte Schema des Boden-

¹ H. JÄGGLI, loc. cit. S. 48.

bildungsprozesses und dessen Bedeutung für die Auenbiologie nicht wiederholt; dagegen sei das Problem der Gewinnung des Auenbodens als Kulturland kurz betrachtet. Der tiefgründige Sandboden, der meist bald vom *Alnetum* besiedelt wird, oder wenn dieses fehlt, künstlich mit Wald bepflanzt werden kann, besitzt schon nach kurzer Zeit einen Humusgehalt, dass der Bo-

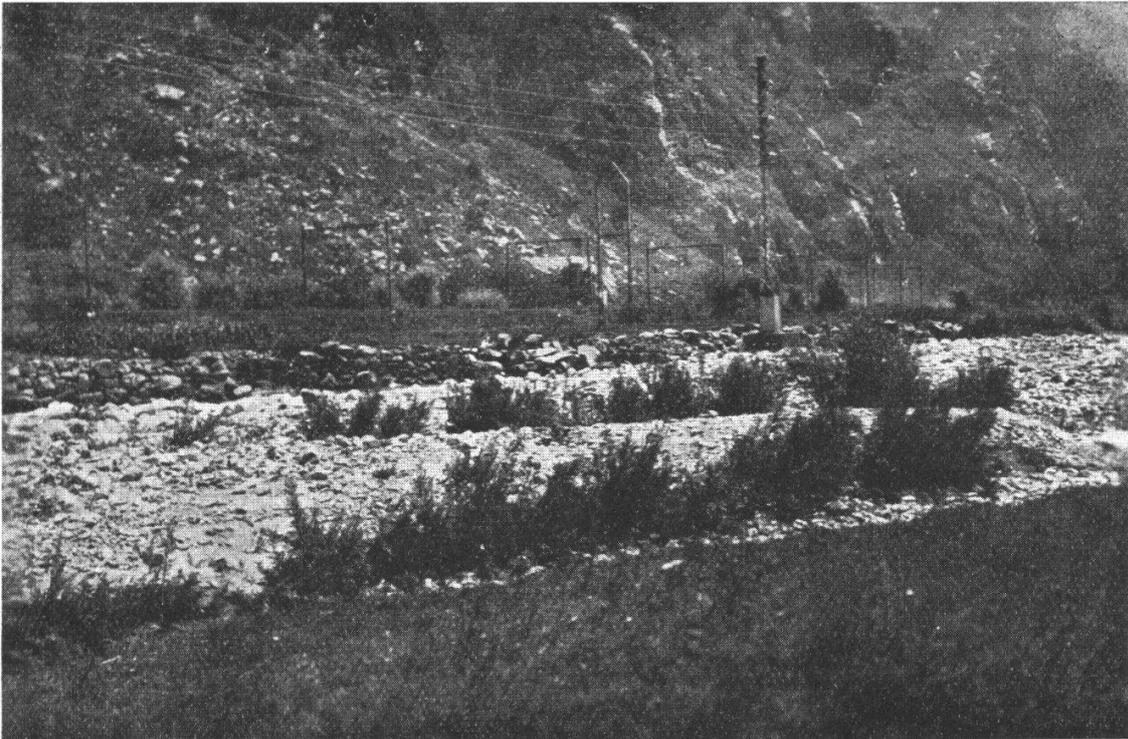


Fig. 6.

Tamarisken-«Randbart» auf einer Schotterbank bei Bodio, als Rest eines wellenbrechenden und kiesfangenden *Myricarietum germanicae* nach der Ueberschwemmung vom Juli 1922.

Phot. Sommer 1922

den als Kulturland sich ohne weiteres eignen würde, wenn die Gefahr häufiger Ueberschwemmungen nicht mehr bestünde. Diese Sandböden werden vom Hochwasser abgelagert. Der Wald wirkt bodenfestigend, im grossen durch die Wurzeln, im kleinen durch die Humusbildung, und sandfangend. Er muss also so lange bestehen bleiben, als die Ueberschwemmungsgefahr vorhanden ist. In dieser Zeit setzt aber bereits die Kalkauswaschung ein, der parallel ein Verlust auch an andern Pflanzennährstoffen (Kali!) einhergeht; je weiter die Kalkauswaschung fortschreitet, um so mehr rückt der Punkt in die Nähe, wo

der Boden sauer zu werden beginnt, und damit für die meisten Kulturen schon wesentlich schlechter wird. Von diesem Standpunkte aus sollten die Böden so früh wie möglich in Kultur genommen werden. Durch die verminderte Humusbildung in Kulturen, durch die Düngung und Beackerung wird die Kalkauswaschung gegenüber den Auenwaldböden langsamer verlaufen.

Die alten Terrassen im oberen Tessin (etwa nördlich Bodio), die bereits vom Mensch als Kulturland in Besitz genommen sind, liegen so weit über dem Flussbett, dass sie nicht mehr vom Hochwasser erreicht werden können. Sie müssen in Zeiten abgelagert worden sein, in welchen das Flussbett wesentlich höher lag. Für diese Böden besteht nicht die Gefahr der Ueberschwemmung, sondern der Erosion, wenn der Fluss seinen Lauf gegen sie hin verlegt, sofern er nicht durch Korrektion daran gehindert ist. In den untern Teilen des Tessintales, wo wir vorwiegend Alluvion beobachten, wird durch die ständige Sandanlagerung das Flussbett höher gelegt, wodurch eine stete Gefahr der Ueberschwemmung bestehen bleiben wird, wenn der Fluss nicht durch Hochwasserdämme (wie in Piano di Magadino) korrigiert ist.

Die Inkulturnahme der Auenböden muss also auf alle Fälle mit einer Flusskorrektion verbunden sein, wie das in sehr grossen Gebieten des Tessin bereits der Fall ist. Der Boden eignet sich sehr bald als Kulturland, dies zeigen die ausgeführten Analysen deutlich (vgl. Tab. I und unten). Die Analysenzahlen zeigen auch, dass nicht nur der Kalk, sondern auch das in den jungen Böden sehr reichlich vorhandene Kalium mit zunehmender Verwitterung ausgewaschen wird, im Gegensatz dazu nimmt die salzsäurelösliche Phosphorsäure mit zunehmender Verwitterung etwas zu. Das Verhältnis von Phosphorsäure zu Aluminium- und Eisenoxyd ist meist günstig, dagegen muss auf einen ungünstigen Faktor in der Bodenbeschaffenheit aufmerksam gemacht werden, es ist dies der grosse Magnesiumreichtum der Böden. Nach LOEW¹ sollte das Verhältnis von Kalk zu Magnesium (CaO : MgO) nicht kleiner als 1 : 1 sein; für Roggen, Wei-

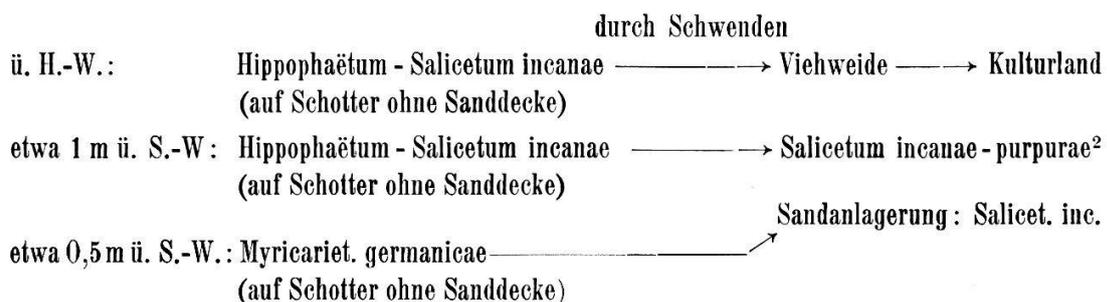
¹ O. LOEW, Lehre vom Kalkfaktor. Verlag P. PAREY, 1914.

zen und Reis genügt dieses Verhältnis, Mais verlangt 2 : 1 und Hafer 3 : 1, Leguminosen und vor allem Tabak verlangen noch mehr Kalk. Nun ist das Verhältnis in sämtlichen untersuchten älteren Tessinböden kleiner als 1, sogar in einem prächtigen Maisfeld (vgl. unten, Probe 14) betrug das Verhältnis $\text{CaO} : \text{MgO} = 1 : 1,3!$ ¹ In den jungen Böden mit viel Kalk ist das Verhältnis wesentlich besser, wiederum ein Grund mehr, die Kultivierung der Auenböden so früh als möglich in die Hand zu nehmen.

Die wenig tiefen Sandschichten auf grobem Kies eignen sich natürlich nicht in dem Masse zur Kultivierung wie die tiefgründigen Sandböden. Da der Sukzessionsverlauf auf ihnen normalerweise zum *Salicetum* führt, ist auch die Humusbildung geringer als in Erlenbeständen und die Gefahr, einen für Kulturen zu trockenen Boden zu erhalten, ist vorhanden. Häufig, und gerade in den besprochenen Gebieten von B o d i o sehr schön zu beobachten, wirkt das *Salicetum* und vorher das *Hippophaëtum* als Sandfänger, sodass dann die Sanddecke einen gut geeigneten Weideboden ergibt, der später als Kulturland gewonnen werden kann.

Bei geringer Sanddecke dürfte Aufforstung mit *Pinus silvestris* wie dies z. B. in A m b r i - S o t t o durchgeführt wird, die beste Ausnützung des Bodens darstellen.

Schema der typischen Sukzessionen bei B o d i o.



¹ Zu einer eingehenden Beurteilung dieser Fragen müssten natürlich noch mehr Bodenanalysen vorliegen, immerhin zeigen die vorhandenen Zahlen eine gute Konstanz, die Veränderungen entsprechen durchaus dem Verwitterungsverlauf. Ferner ist zu bemerken, dass in der Praxis Abweichungen von der LOEWSCHEN Regel beobachtet worden sind. Endgültig könnte die Frage, ob die aus den Auenböden gewonnenen Kulturen auf die Dauer voll ertragreich seien, nur gelöst werden durch längere Erfahrung auf Versuchsfeldern.

Fussnote 2 siehe folgende Seite.

Ohne Eingriff von Mensch und Vieh würde die oberste Sukzessionsreihe wie folgt verlaufen:

Hippophaëtum-Salicetum incanae → Silicetum mixtum → Alnetum incanae.

Flussabwärts, bis Polleggio, sind in den schmalen Kolmatierungsfeldern saftige Auenwäldchen im Mittelwaldbetrieb vorhanden mit *Picea excelsa*, *Robinia Pseudacacia*, *Tilia cordata*, *Fraxinus excelsa* als Oberständer. Diese meist kultivierten Bestände haben auch eine künstlich bewirkte Sukzession: Sobald die Kolmatierungsgebiete durch Sand und Schlamm der H.-W. genügend erhöht sind, werden sie in Wiesland oder andere Kulturen umgewandelt:

durch Kolmatieren: Wiesland, Kulturland
H.-W. —
Auenwald ↗

6. B i a s c a - O s o g n a (ca. 285—265 m ü. M., 5 km lang, bis 800 m breit).

Unterhalb der Einmündung des Brenno in den Tessin bei B i a s c a warfen die vereinigten Wassermassen bei H.-W. die ungeheuren Gerölmengen mit vereinter Stosskraft in die Talebene hinaus. Heute ist der Fluss durch grosse Dämme eingengt, sodass das Geschiebe die Ufer nicht mehr überschüttet. Wohl aber findet bei grossem H.-W. eine Ueberflutung des Talgeländes statt, Sand und Schlamm ablagernd und da und dort in den alten Schotterbänken partiell erodierend und neue Alluvionen bildend. Die alten Flussarme sind zu Giessen geworden, die auf dem linken Ufer bis zu drei und vier an der Zahl nebeneinanderlaufen. Dazwischen dehnen sich besonders am obern Ende der Alluvion nackte Geröllwüsten bis zu mehreren Hektaren aus, während die weiten Uferterrassen auf etwa 1—1,5 m über S.-W. mit unabsehbaren *Hippophaëta* bedeckt sind, die, wie das oben schon erwähnt wurde, als Viehweiden dienen (Karte 1:50,000 «Piano dei Bosconi» z. B. bei M o n d a s c i a). Auch hier werden sie zu gegebener Zeit und namentlich dort, wo der Boden eine ansehnliche Sandschicht und etwas

² Wo gelegentlich *Salix incana* als erste den Kies besiedelt, treibt sie schon als 1 m hohes Pflänzchen stark verzweigte, oberflächlich verlaufende Wurzeln, die bis 6 m lang werden, und trägt dadurch in hohem Masse zur Bodenbefestigung bei. (A m b r a - D e l t a unterh. P e r s o n i c o.)

Humus aufweist, geschwendet. Dadurch wird dem Vieh ein besserer Zugang zu dem geschlossenen Rasen unter dem Sanddorngestrüpp ermöglicht. Der Rasen besteht in der Hauptsache aus *Agrostis alba*, *Brachypodium pinnatum*, *Festuca ovina* und *Setaria viridis*. Die übrige Florenliste des *Hippophaëtum* ist so ausserordentlich artenreich, dass sie an dieser Stelle nicht wiedergegeben werden kann. Wir verweisen diesbezüglich auf das Artenverzeichnis JÄGGLIS in der Arbeit über das Maggiadelta und fügen nur bei, dass ausser den dort angeführten Bewohnern der «Cespugli» und «Greti» im *Hippophaëtum* B i a s c a O s o g n a noch notiert wurden: *Polygonum Convolvulus* (unter *Hippophaë*-Sträuchern), *Sedum Telephium*, *Geranium Columbinum*, *Euphorbia stricta*, *Scabiosa gramuntia*, *Centaureum pulchellum*, *Anchusa officinalis*, *Lithospermum officinale*, *Satureia vulgaris*, *Thymus Serpyllum*, ssp. *euserpyllum*, *Linaria alpina*, *Campanula rotundifolia*, *C. Rapunculus*, *Erigeron acer*. ssp. *droebachensis*. Dagegen fehlt hier *Sarothamnus scoparius*.

Die Depressionen der durch gewaltige Querdämme abgegrenzten Kolmatierungsfelder weisen auf jüngeren Böden, etwa 0—0,7 m über S.-W. das *Myricarietum* auf, das nach unten manchmal abgelöst wird durch hübsche, voneinander ziemlich scharf getrennte kleine Verlandungsgürtel (von oben nach unten): a) *Agrostis alba*-Bülten, b) *Juncus conglomeratus*, *J. inflexus*, *J. articulatus*, c) *Eleocharis palustris* und *Alisma Plantago*, d) *Erucastrum obtusangulum* und stellenweise *Equisetum palustre*. In das noch offene *Agrostidetum* rückt das *Myricarietum* ein, während besonders die Gürtel b und c Anfänge zu einem *Salicetum mixtum* aufweisen, Keimlinge namentlich von *S. alba* und *S. purpurea* gedeihen prächtig. An andern Stellen, z. B. auf dem rechten Ufer unterhalb der Brücke bei B i a s c a zeigt sich die Fortsetzung der Verlandung in klaren Uebergängen der Sukzessionsreihe: Obige V e r l a n d u n g s a s s o z i a t i o n e n → *Salicetum mixtum* → *Alneto - Populetum nigrae*.

Die älteren Böden der Depressionen tragen das *Alnetum incanae*, das sich in der Zusammensetzung der ganzen Assoziation in der Hauptsache nur durch vermehrtes Vorhandensein von *Populus nigra* und *Robinia Pseudacacia* von andern Erlenauen unterscheidet. Die Bestände sind vielfach angepflanzt.

Gelegentlich wechselt das natürlich sich verjüngende *Alnetum incanae* bandartig ab mit *Hippophaë*- und *Myricaria*-Streifen, welche letztere beide dem *Alnetum* erliegen. Während *Myricaria* an eine gewisse Feuchtigkeit gebunden ist und daher normalerweise auf tieferliegenden Schotterbänken zu treffen ist als *Hippophaë*, gedeihen die *Erlenkeimlinge* sowohl im feuchten Sand, wo sie manchmal infolge der Samenanschwemmung

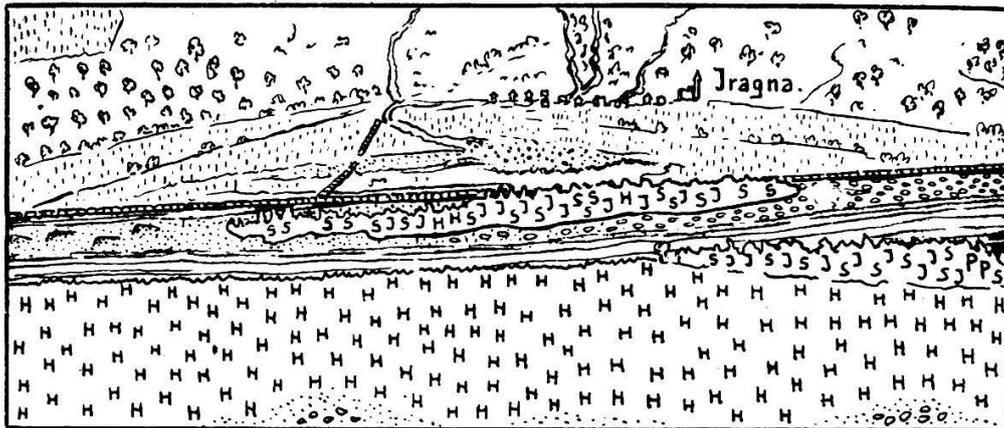


Fig. 5. Die Insel bei Iragna.

Im Vordergrund links Ufer mit *Hippophaëtum*, nach hinten: Tessin-Fluss, Insel, Iragna-Schuttkegel, Berghang. Nach einer Phot. Juli 1922.

in schmalzonigen Beständen aufwachsen, wie auf trockenen Kiesflächen, z. B. neben *Epilobium Dodonaei*, gut, sodass das *Alnetum* auf den unteren Stufen das *Myricarietum*, auf den oberen das *Hippophaëtum* verdrängt und schliesslich auch ein dort allfällig entstandenes *Salicetum mixtum* «ersticken» lässt.

Zusammenfassend ergeben die unterhalb Biasca beobachteten Sukzessionen folgendes Bild:

H.-W. — Hippophaëtum, Alnetum, Myricarietum oder Salicet. mixt.,	} auf Schotter mit oder ohne Sanddecke	→ Alnetum incanae → ev. Populetum nigrae
S.-W. — Offene Verlandungsassoz. auf Sand und Schlamm (s. oben a—d)		

Die Insel beim Iragna-Delta bietet in ihrer Vegetation nichts Neues (Abb. 5). Ihr *Salix alba*-*Alnus incana*-Bestand ist in der Hauptsache angepflanzt worden. Der Nieder-

wuchs ist spärlich an Arten, dagegen infolge üppigen Wuchses von *Rubus caesius* stellenweise undurchdringlich. Zahlreiche Uebergänge vom *Hippophaëtum* zum *Saliceto - Alnetum* sind zu beobachten. Die obere Inselzunge (a. d. Bild rechts) besteht aus grobem Geschiebe, die untere aus Sand, der zur Zeit des S.-W. und N.-W. durch den Bergwind in steter Bewegung ist und einige Dezimeter hohe Dünen bildet. Seine Anwesenheit trägt einerseits zur leichteren Besiedelung der Schotterbänke bei, indem er sich im Lee der Gerölle sammelt, andererseits aber verschütten die kleinen Wanderdünen oft ganze Bestände junger *Tamarisken*, die auch hier die untere Stufe, 0,2—0,3 m über S.-W., besiedelt haben, während die Kiesbank bei mehr als 0,5 m über S.-W. eine offene Vegetation von *Epilobium Dodonaei* und viel *Rumex Acetosella* trägt.

Im grossen Verlandungsgebiet des Iragna-Deltas fällt das Fehlen von *Phragmites* auf, während er 1 km weiter unten bei Rodaglia ausgedehnte Bestände bildet.

Das linke Ufer gegenüber Rodaglia ist Mittelwald mit *Populus nigra*, *P. pyramidalis* und *Fraxinus excelsior* als Oberständler und *Alnus incana*, *Salix alba* und *Robinia Pseudacacia* darunter.

7. Der «Urwald» bei Proposito (254 m ü. M.).

Die Ränder der rechtsufrigen Waldbestände dieser Gegend lassen von der unübertroffenen Ueppigkeit, die in ihrem Innern herrscht, nichts ahnen. Nicht auf die ausgedehnten Randpartien, in denen angebaut und durchforstet der *Fichten*-, *Föhren*- und stellenweise auch der *Weisserlenwald* vertreten sind, bezieht sich der Ausdruck Urwald, sondern auf die innern, natürlichen Bestände mehrerer Meter hoher *Hippophaë Rhamnoides*, des *Salicetum albae, incanae* und *Alnetum incanae*. Das *Hippophaëtum* steht hier ca. 1,5 m über S.-W. auf einem guten, feuchten Sandboden. Auch hier mag es einst den Schotter besiedelt haben. Fast jährlich erhält der Boden aber bei den H.-W. neue Sand- und Schlammaufschüttungen, auf denen sich *Hippophaë* prächtig entwickelt. Der Hauptgrund aber, dass *Hippophaë* hier baumförmig wird, liegt darin, dass sich die *Hipp.*-Individuen gegenseitig infolge Lichthungers in die Höhe treiben. Diese Wäldchen,

die parzellenweise mehrere Aren bedecken, sind ohne Beil absolut undurchdringlich. Vielfach sind sie überwuchert und erdrückt durch gewaltige Bestände von *Clematis Vitalba*, *Humulus Lupulus* und *Solanum Dulcamara*. Der Niederwuchs besteht aus wenigen Arten: *Rubus caesius*, *Brachypodium silvaticum*, *Agrostis repens*.

Die Sanddecke, sowie die Durchfeuchtung und periodische Ueberflutung dieser Uferstufe schafft andererseits dem Auenwald vorzügliche Existenzbedingungen und so befindet sich das *Alneto - Salicetum mixt.* (*S. alba*, *S. inc.*) in voller Entwicklung und zeigt beim Eindringen ins *Hippophaëtum* Kampfzonen in allen Arten der Entwicklung. Dabei ist am auffallendsten, dass der Angriff auf das *Hippophaëtum* durch das Vordringen und Ueberhandnehmen der Auenwaldlianen *Clematis*, *Humulus* und *Solanum* erfolgt. Dieser Kampftruppe folgt nachher die *Erlen-Weidenau* und schliesslich herrscht die *Erlenau* allein.

Es ergibt sich hier folgende S u k z e s s i o n s v a r i a n t e:

Hippophaëtum → { Clematideto-
auf gutem Sand- Humuleto-
boden mit period. Solanetum } → Alneto-Salicetum → Alnetum incanae
H.-W. Sandalluvion

Lücken obiger Vegetation werden durch das *Molinietum coeruleae*, das nördlich nicht beobachtet wurde, ausgefüllt.

An der Verlandung der Giessen nimmt *Phragmites communis* in grossen Beständen Anteil.

Eine Bodenprobe (Nr. 14) aus dem K u l t u r l a n d (Maisfeld) bei P r o s i t o, 1,8—2 m über S.-W., wurde analysiert und ergab die folgenden Zahlen (Prozente der lufttrockenen Bodenprobe):

(Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃)	CaO	MgO	K ₂ O	CO ₂	P ₂ O ₅	Humus
7,56	1,39	1,81	0,32	0,48	0,20	7,4%

Der CO₂-Gehalt von 0,48 entspricht 1,1 % Kalk (CaCO₃)!

Aus den Zahlen, hauptsächlich für Kalk und Kalium, geht hervor, dass der Boden einem wesentlich früheren Verwitterungsstadium angehört, als z. B. die Kulturböden 23 und 10 von Stalvedro und Bodio, er wurde also erheblich früher kultiviert. Seine chemische Zusammensetzung ist ausserordentlich günstig,

das schlechte Verhältnis von CaO : MgO, das hier 1 : 1,3 beträgt, für Mais aber «theoretisch» 2 : 1 betragen sollte, scheint hier, dem prächtigen Aussehen des Maisbestandes nach, nicht viel zu schaden.

8. P i a n o d i M a g a d i n o (212—200 m ü. M., 10 km lang, 800 m breit).

Das grosse Gebiet zwischen den Ufer- und Querdämmen, durchzogen von unzähligen Abwässern, Giessen und Tümpeln mit Verlandungsbeständen reich an *Phragmites*, ist ein typisches Auenwaldgebiet. Bei einem Grossteil der Wäldchen handelt es sich um angepflanzte *Alnus inc.*, bisweilen auch *A. glutinosa*, mit *Salix alba*, *Populus nigra*, *P. alba*, *Robinia Pseudacacia*. Diese Auenwaldparzellen stehen meistens auf tiefgründigem Sandboden 1—2 m über S.-W., werden aber bei H.-W. überflutet und mit grossen Mengen Sand, pflanzlichen Detritus und an einigen Stellen sogar mit Kies überlagert. Während der Auenwald hier als Ganzes betrachtet weder in seiner Artenliste des Unterholzes, noch des Niederwuchses etwas Neues zu bieten vermag, müssen doch mit Rücksicht auf die offenbar ökologisch bedingten Verschiedenheiten des Niederwuchses verschiedene Varianten des *Alneto-Saliceto-Populetum* unterschieden werden, die eines eingehenden Studiums würdig wären. Wir beschränken uns hier, auf die drei Haupttypen PATER HAGERS¹ zu verweisen:

1. *Alnetum incanae alluviale lacustre* (*Phragmitetum*-Bruchwald).

2. *Alnetum incanae alluviale palustre* (Seggenbruchwald).

3. *Alnetum incanae alluviale typicum pratense* (mit *Agrostis*- oder *Brachypodium*-Rasen), die sämtliche am Tessinunterlauf in der bei HAGER geschilderten Form auftreten. Bemerkenswert ist auch stellenweise eine Assoziation von *Hypnum stellatum*, *Impatiens Noli tangere*, *Geum urbanum* im Niederwuchs des *Alnetum incanae* 0,7 m über S.-W. auf Sand mit etwa 5—8 cm humoser Erdschicht, während daneben 1,2 m über S.-W. das *Alnetum incanae* ein geschlossenes *Brachypodietum silvestris* ebenfalls auf Sandboden mit etwa 12 cm Humus aufweist.

¹ HAGER, l. c. S. 221 ff.

Der Niederwuchs ist vielfach locker und arm, da er bei H.-W. durch die Sandaufschüttungen oft zerstört wird. Demgegenüber weist *Phragmites* ein erstaunliches Anpassungsvermögen auf; ehemalige Ausläufer, Kriechtriebe, die heute auf dem Grundwasserspiegel stehen, wachsen durch die Sandauflagerungen von 2,2 m Mächtigkeit hindurch an die neue Oberfläche empor, von unten bis oben gesund bleibend (Durchlüftung des Bodens!).

Wenn gelegentlich *Dianthus Seguieri*, *D. Carthusianorum*, *Phytolacca decandra*, *Linaria repens*, *Jasione montana*, *Centaurea dubia*, *Cucubalus baccifer* am Rand des Auenwaldes getroffen werden, so sind diese Arten namentlich von den hohen Dämmen her eingedrungen.

Zusammenfassung

Trotzdem ein scheinbar ökologisch einheitliches Gebiet, wie die Flussauen, studiert wurden, ergab sich die völlige Unzulänglichkeit einer Untersuchung auf rein ökologischer Grundlage. Es führt auch dann, wenn der Oekologie das Hauptaugenmerk geschenkt wird, wie das in der vorliegenden Studie geschah, nur ein Vorgehen auf floristischer Basis zum Ziel.

«Nur die Einteilung auf floristischer Grundlage gestattet, den Grossteil der Probleme, die den Inhalt des exakten Gesellschaftsstudiums bilden, zu stellen und zu beantworten.» (BRAUN-BLANQUET.¹)

Der Umstand sodann, dass etwa mit Ausnahme des alten *Hippophaëtum* alle den Tessinfluss begleitenden Pflanzenassoziationen arm an Charakterarten sind oder solche überhaupt nicht aufweisen, weil die Ufer eines ausgesprochenen Gebirgsflusses einer raschen Veränderung der ökologischen Verhältnisse unterworfen sind, legte es nahe, den Sukzessionen der Pflanzengesellschaften die grösste Beachtung zu schenken. Der Einblick aber in die Ursachen dieser Sukzessionen war nur möglich

¹ Prinzipien einer Systematik der Pflanzengesellschaften auf floristischer Grundlage. Jahrbuch der St. Gallischen Naturw. Gesellschaft, 1921, S. 310.

durch genaues Studium der Pflanzenformationsbiologie im weitesten Sinne des Wortes. Da es sich um ausgesprochen edaphisch bedingte Formationen handelte, musste das Hauptgewicht der Untersuchungen auf die Zusammenhänge zwischen Bodenbildung und Vegetationsentwicklung gelegt werden.

Als Hauptresultate ergaben sich:

I. Die Auenwald-Uferstufe des Tessin

1. Es findet eine rasche Sukzession der Pflanzengesellschaften statt, sodass diese nicht die Zeit besitzen, um durch Charakterarten ein Gepräge zu erhalten.

Die nähere Ursache liegt

- a) in der Erosion des Flusses im oberen Tessin, was zur Folge hat:

- α) (selbstverständlich) topographische Sukzessionen,
- β) Sukzession infolge Absenkens des S.-W. und damit des Grundwassers;

- b) in der Alluvion des Flusses im südlichen Tessintal (südl. Bodio), damit Aufschüttung des Bodens in den Kolmatierungsfeldern des korrigierten Flusses.

2. Soweit Sandböden in dieser Stufe vorliegen, sind sie für Besiedelung durch den Auenwald durchwegs gut geeignet. Die Vegetation bildet reichlich Humus.

Dieser begünstigt:

- a) die Vermehrung des Unterwuchses an Arten wie Individuen,
- b) den Wasserhaushalt des Bodens.

3. Folgt wiederholte Sandauflagerung bei H.-W., so entstehen die Humushorizonte im Bodenprofil, wodurch eine wesentliche Verbesserung des Auenwaldbodens erfolgt.

Diese ist begründet durch:

- a) Mächtigerwerden der Sandschicht,
- b) chemischen Aufschluss durch Humus in grössere Bodentiefen als bei normalen Mineralböden,
- c) Verfestigung der Böden durch die Humushorizonte, vermehrte Wasserkapazität, was für die Vegetation auf Sandboden von 1 Meter und mehr über dem Grundwasser (oder S.-W.) von ausschlaggebender Bedeutung ist.

In diesem Zustand ist der Boden sowohl in physikalischer, wie in chemischer Hinsicht als ausserordentlich guter Boden anzusprechen und stellt in der Entwicklung des Auenbodens das Optimum seiner Fruchtbarkeit dar. Das kommt im üppigen Wachstum der Auenwaldvegetation auffällig zum Ausdruck.

II. Der weitere Verlauf der Bodenbildung

Wenn der S.-W. so weit abgesenkt ist, dass Ueberschwemmungen ausbleiben oder nur vorübergehend auftreten, so ist der sub 3 oben beschriebene Boden für den Uebergang der Vegetation zum *Piceetum*, zum mesophyt. *Mischwald* oder gar zum *Buchenwald* geeignet (je nach dem Gebiet). Ebenfalls dient dieser Boden als vorzüglicher Kulturboden.

Die weitere Verwitterung ist charakterisiert durch intensive Auswaschungen Alkali- und Erdalkalien, bedingt durch die klimatischen Verhältnisse und deren Humusgehalt. Sobald der Kalk ausgewaschen ist, beginnt der Boden sauer zu reagieren und hat damit einen für die Vegetation ungünstigen Zustand erreicht (Nährstoffarmut und saure Reaktion). Dieser Boden wurde festgestellt für Kulturen auf ältern Terrassen im obern Tessintal (Stalvedro-Bodio). Wald wurde auf dieser Stufe nicht beobachtet.

Weiter fortschreitende Verwitterung muss zum Podsolboden führen (Eisenauswaschung), der nicht beobachtet wurde.

III. Die Schotterbänke über dem H.-W.

Es findet eine langsam verlaufende Entwicklung statt, die vom offenen zum schliesslich geschlossenen *Hippophaëto - Salicetum incanae* führt. Eine charakteristische Assoziation wird aber durch die Einwirkung von Mensch und Vieh verunmöglicht. Der Grund für den langsamen Verlauf der Sukzession liegt in den auf die Dauer fast gleichbleibenden ökologischen Bedingungen:

- a) Lage über dem H.-W.,
- b) Schottergrund mit dünner Humusschicht (einige cm),
- c) langsame Humusbildung.

IV. Zwischenglieder

Zwischen den unter I. und III. angeführten Extremen liegen die zahlreichen Bodenvarianten, welche aus Schotter mit darüberliegender Sandschicht von einigen Centimetern bis einigen Dezimetern Mächtigkeit bestehen. Der Verwitterungsverlauf ist prinzipiell bei sämtlichen Böden derselbe, die Verschiedenheit der physikalischen Eigenschaften aber (Höhe über Gr.-W., Dispersität, Mächtigkeit der Sandschicht) bildet die Ursache der äusserst mannigfaltigen Sukzessionsvarianten, die auf dieser Uferstufe zwischen S.-W. und H.-W. zu beobachten sind.

Aarau, Februar 1925.

VIII.

Vent et Neige

Notes écologiques par CH. FLAHAULT, Montpellier

Eingegangen 2. März 1925

Certains faits écologiques se prêtent à des études de tous les jours. L'eau atmosphérique sous ses formes multiples habituelles, la lumière, la température, ont pris une telle place dans les études météorologiques qu'on en recueille partout les don-