

Zeitschrift: Mitteilungen der aargauischen Naturforschenden Gesellschaft
Herausgeber: Aargauische Naturforschende Gesellschaft
Band: 17 (1925)

Artikel: Bodenbildung, Besiedelung und Sukzession der Pflanzengesellschaften auf den Aareterrassen
Autor: Gessner, Hermann / Siegrist, Rudolf
Kapitel: II: Die einzelnen Talstufen
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-172036>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 09.12.2025

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

sionen der Pflanzengesellschaften, Auenwaldsukzessionen, beobachtet und studiert werden können. Wir werden unten zu zeigen haben, wieweit sich die Einflüsse dieser Verhältnisse auf die weitere Bodenbildung geltend machen.

II. Die einzelnen Talstufen.

A. Die Hochwasserrinne.

Als unterste Talstufe sei das Gebiet des eigentlichen Flußbettes und die Hochwasserrinne, d. h. der Boden, der bei mittlerem Hochwasser noch überflutet wird, zunächst besprochen. Es ist klar, daß sich dieses Gebiet in bezug auf seine Vegetation und vor allem auch in seinen Bodeneigenschaften wesentlich von dem der übrigen Stufen unterscheidet.

Es ist das Gebiet, in welchem die eigentliche Neulandbildung vor sich geht. Die Erscheinungen, die sich hier abspielen führen zur Bildung des terrassenförmigen Tales, das wir eingangs geschildert haben. Dabei ist das Wesentliche, das gleich hier zu Anfang festgelegt werden soll, daß bei der Stufen- und Terrassenbildung nicht ausschließlich die Erosion eine Rolle spielt, und daß die Terrassen nicht einfach die übriggebliebenen Reste der einstigen Schotterauauffüllung sind, wie sie etwa entstehen würden, wenn man künstlich mit Baggern in eine Schotterablagerung derartige Terrassen formen würde. Nur die Steilborde der Terrassen sind ausschließlich durch Erosion entstanden, die großen Flächen sind die Wirkung eines immer zu beobachtenden Alluvions-(Anschwemmungs-)vorgangs, welcher der Erosion folgt. Der Vorgang und die Bedeutung dieser Tatsachen für die Besiedelung durch die Vegetation und für die Bodenbildung sollen das Thema dieses ersten Abschnittes sein.

1. Ablagerung und Besiedelung.

a) Die Ablagerung.

Schon Mühlberg (l. c.) hat sehr genau beschrieben, wie unterhalb von Erosionsstellen im Flußufer durch Ablagerung des weggerissenen Materials konvexe Ufer mit vorgelagerten, flachen Kiesbänken entstehen, die zur Neulandbildung geeignet sind. Der ungehemmte Verlauf dieser Vorgänge (Erosion und Ablagerung) führt zu Serpentinien, Gießen, toten Flußarmen, wie sie in ihrer Mannigfaltigkeit auf jeder Karte eines unkorri-

gierten Flußlaufes zu sehen sind. Durch die Korrektion, die an der Aare in großem Maßstabe durchgeführt wird, verschwindet mehr und mehr die Gelegenheit, solche Neubildungen zu beobachten, doch lassen sie sich heute noch deutlich in ihrem Wesen erkennen.

Unser Hauptaugenmerk richtete sich auf die Art der abgelagerten Kiesbänke und auf ihre weitere Entwicklung.

Erosion und Ablagerung spielen sich umso rascher und energischer ab, je stärker die Strömung des Wassers ist, die Haupttätigkeit des Flusses findet demzufolge bei Hochwasser statt.¹ Wesentlich für das weitere Schicksal einer frisch abgelagerten Kiesbank ist die Höhe inbezug auf den mittleren Sommerwasserstand, (S.-W.).¹

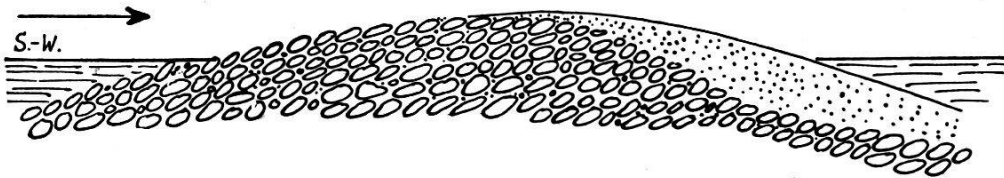


Fig. 2.

Erstes Stadium einer Schotterbankablagerung (mehrfach überhöht).

Für unsere Untersuchungen kommen fast ausschließlich die Kiesbankablagerungen in Betracht, deren höchster Teil bei H.-W. überflutet wird.

Es ist dies der häufigste Fall, für den eine Anzahl sehr hübsche Beispiele beobachtet werden konnte, auch mag er früher, vor der Aarekorrektion inbezug auf seine Fläche in unseren Gebieten vorgeherrscht haben. Je nach der Form des Flußlaufes kann es sich dabei um eine Insel oder um eine mit dem Ufer zusammenhängende Kiesbank handeln, der weitere Verlauf der Besiedelung und der weiteren Aufschüttung ist der gleiche. Schematisch ist ein Längsschnitt durch eine solche Ablagerung in Fig. 2 dargestellt.

Die Kiesbank besteht in ihrer stromaufwärts gerichteten Seite aus grobem Material, d.h. aus den charakteristischen, mehr oder weniger linsenförmig abgeschliffenen Steinen, Kies und Grottsand. Auf der Oberfläche fehlt der Grottsand (Teilchen von 2—0,2 mm Durchmesser) und meist auch der feinere Kies (2—20 mm Durchmesser), die durch die Strömung

¹ Da die folgenden Ausdrücke in der Folge häufig gebraucht werden, kürzen wir ab: Hochwasser: H.-W., mittlerer Sommerwasserstand: S.-W., Niederwasser: N.-W.

herausgespült worden sind, während Kies und Sand im Schotter in wesentlichen Anteilen vertreten sind.¹

Die dachziegelartig übereinandergehende Lagerung der Steine ist schon oft beschrieben worden,² sie ist je nach dem, ob die Strömung sehr gleichmäßig oder rasch wechselnd war, an den höhern Stellen der Bank mehr oder weniger deutlich, ebenso ist die Gleichmäßigkeit der Korngrößen des abgelagerten Geschiebes stark abhängig von der Gleichmäßigkeit der Strömung bei H.-W. Hinter großen Steinen, d.h. in der Lee sammelt sich oft feinerer Kies an.

Am untern Ende der Schotterbank, wo die Strömung sehr langsam war (Widerwasser) wurde während und nach dem H.-W. Sand abgelagert. Die Sandablagerung am untern Ende ist für diese Bänke sehr charakteristisch, sie fehlt selten; oft ist sie mehrere dm mächtig und läuft nach oben gegen die höchste Erhebung der Bank in eine dünne Sanddecke aus.

So kann man schematisch, wie Fig. 2 zeigt, an einer solchen Bank deutlich drei Zonen unterscheiden, 1. die stromaufwärts gerichtete Schotterfläche ohne Sand, 2. die tiefe Sandablagerung am untern Teil der Insel und 3. mehr oder weniger deutlich der mit Sand bedeckte Schotter oberhalb (stromaufwärts) der tiefen Sandablagerung. (Vgl. auch Fig. 6, Taf. II.)

Für die Besiedelung dieses neuen Bodens durch Pflanzen sind die folgenden physikalischen und chemischen Eigenschaften ausschlaggebend.

1. Die Lage in bezug auf den Wasserstand, insbesondere auf den mittleren Sommerwasserstand und die dadurch bedingte Bodenfeuchtigkeit.

2. Über die Korngrößen der «Bodenteilchen» wurde bereits kurz orientiert, und die Insel wurde diesbezüglich in drei Zonen eingeteilt. Nun ist ohne weiteres zu erwarten, daß sich die Vegetation je nach der Art an der ihr günstigsten Stelle ansiedeln wird. Es wird dies unten noch eingehender zu besprechen sein; man kann in der Tat in den spätern Stadien solcher Bänke verschiedene mehr oder weniger ausgeprägte Assoziationen sich auf den drei Zonen entwickeln sehen. (Vgl.

¹ Beim Absieben einer typischen groben Schotterablagerung erhielten wir beispielsweise: 30 % grobe Steine (größer als 10 cm ϕ), 35 % Steine und Kies (10—0,2 cm ϕ) und 35 % feiner als 0,2 cm ϕ (Feinerde).

² Mühlberg, l. c., vgl. auch R a m a n n, Bodenkunde S. 116,

die folgenden Figuren.) Aus der Schlämmanalyse des Sandes aus dem untern Teil einer solchen Insel ersieht man, daß man es mit einem ausgesprochenen Grobsand zu tun hat, in welchem die Korngrößen zwischen 2 und 0,2 mm Durchmesser vorherrschen. (Tab. III, Probe 3 u. 9.)

3. Die chemische Beschaffenheit des Bodens spielt für die im allgemeinen anspruchslosen und anpassungsfähigen Arten der ersten Besiedler sicher eine kleine Rolle. Immerhin muß auf den hohen Kalkgehalt der frischangeschwemmten Böden hingewiesen werden (durchschnittlich 25 % CaCO_3).

Wie unten zu zeigen sein wird, spielt für die weitere Entwicklung der Vegetation zum Auenwald die Fruchtbarkeit dieser Sande eine sehr wichtige Rolle. Genauere Analysen wurden vor allem nur von den Sanden durchgeführt, sie sind in Tabelle II zusammengestellt. Tabelle I gibt eine Anzahl Übersichtsanalysen. Auffallend an diesen Böden ist ihre Gleichmäßigkeit in bezug auf ihren Kalk- und Humusgehalt. Mit nur ganz kleinen Schwankungen ($\pm 2\%$) betrug der Kalkgehalt der frisch angeschwemmten Sande 25 % CaCO_3 und der Humusgehalt $4 \pm 0,5\%$.¹

Wir nehmen nicht an, daß der Humusgehalt für die ersten Besiedler eine wesentliche Rolle spielt, dagegen ist er für die Eigenschaften der Böden in späteren Stadien und für den weiteren Verlauf der Bodenbildung von ganz wesentlicher Bedeutung, wie das noch zu besprechen sein wird.

In Sanden, die im Oberlauf von Flüssen angeschwemmt werden, ist eine derartige Humusbildung noch nicht vorhanden, dies konnte z.B. für die mächtigen Sandablagerungen im Tessin gezeigt werden.² Im Unterlauf der Flüsse, wo nicht mehr Sand, sondern feineres Material, Ton, sogen. «Flußtrübe», abgelagert wird, ist ein noch höherer Humusgehalt zu erwarten. Die vollständige Analyse eines solchen frisch abgelagerten Sandes (vgl. Tab. II. Prob. 9) gibt das Bild eines fruchtbaren Bodens.

Wenn bei der Besprechung der Bodeneigenschaften in erster Linie von den Sanden die Rede war, so hatte das seinen

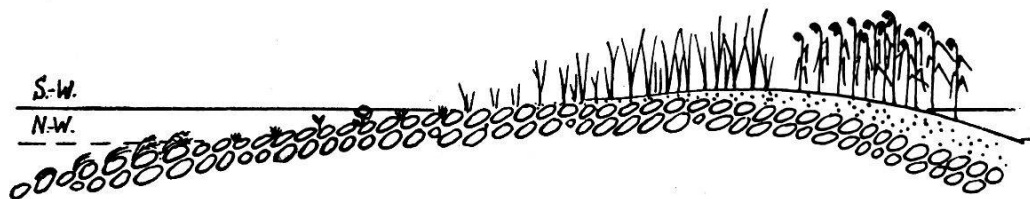
¹ Unter Humus werden die durch Zersetzung pflanzlicher und tierischer Leichen entstandenen organischen Verbindungen verstanden. Vgl. Ramann, Bodenkunde pag. 135—231.

² R. Siegrist und H. Geßner, Die Auen des Tessinflusses, Schröter-Festschrift, Zürich 1925. (In frischangeschwemmten Sanden war kein Humus festzustellen).

Grund darin, daß die Sanddecke auf dem Kies in der Folge ausgedehnter und mächtiger wird, sodaß schließlich der größere Teil des gesamten gebildeten Neulandes aus einer Sandschicht auf Schotter besteht. Beim Studium der weiteren Vorgänge der Bodenbildung sind es zunächst hauptsächlich die Sande, die durch Verwitterung auffallen und interessieren, erst auf den höhern Terrassen, wo die Verwitterung in den Schotter hinunter reicht, muß man bei deren Studium sowohl im Felde, wie auch theoretisch tiefer schürfen.

b. Der Besiedelungsvorgang.

Die Besiedelung ist der nächste Schritt in der Entwicklung der geschilderten Schotterbänke. Die Sandbank oder Insel bleibt nicht lange kahl. Vornehmlich durch Winde wird sie mit einer Menge von Arten besamt, von denen sich einige in kurzer Zeit zur charakteristischen Besiedelungsassoziation



Cladophoretum | Agrostidetum | Salicetum | Phalaridetum und Phragmitetum

Fig. 3. Die Anfänge der hauptsächlichsten Assoziationen.

entwickeln, während die andern, zufälligen Besiedler wieder verschwinden. Einen Überblick über das erste Stadium der Besiedelung gibt Figur 3.

Bei der Beschreibung der verschiedenen Uferstufen und ihrer typischen Pflanzengesellschaften beschränken wir uns auf die Charakterisierung ihrer Lage zu den drei Wassermarken: N.-W., S.-W., H.-W., deren jede als Mittelwert aufzufassen ist, und von denen insbesondere die S.-W.-Marke in der Besiedelung des Ufers sich ziemlich scharf abhebt. Eine weitergehende, durch Maße ausgedrückte Uferstufengliederung, wie sie für die Beschreibung der Seeufervegetation üblich ist,¹ kann für ein Flußgebiet mit stark variierendem Querprofil nicht in Betracht kommen.

¹ C. Schröter und G. Kirchner, Die Vegetation des Bodensee, Lindau 1896, J. Früh und C. Schröter, Die Moore der Schweiz, Bern 1901, E. Baumann, Die Vegetation des Untersees, Stuttgart 1911.

α. Die junge Weidenau (*Salicetum purpureae*, *S. mixtum*). Über dem S.-W. entwickelt sich auf dem kahlen Schotter und auf der den Schotter bedeckenden Sandfläche die Weidenau. Nach unsern letzten Beobachtungen herrscht im Gebiete zwischen Aarau und Brugg *Salix purpurea* vor, während weiter unten (Döttingen-Koblenz) *S. alba* fast ebenso häufig wird. Auf der reinen Schotterfläche ohne Sanddecke sind die Weidenkeimlinge spärlicher vertreten und weniger gut entwickelt, als an den Stellen, wo Sand zwischen und auf den Steinen liegt. Hier trifft man auf jeden qdm einige junge Weiden, sodaß schon im zehnjährigen Bestand kaum noch das tausendste der ursprünglich anwesenden Individuen sein Dasein behauptet, während die andern infolge Lichtmangels zu Grunde gingen. Dadurch sind diese Bestände, zusammen mit den Unmengen der noch stehengebliebenen, aber abgestorbenen Weiden außerordentlich dicht, lichtarm, sodaß die ursprünglich zufällig anwesenden Besiedler (z. B. *Nasturtium*, *Taraxacum*, *Tussilago*, *Cirsium*, *Gnaphalium*) in kurzer Zeit verschwinden und auf viele Jahre hinaus weder Unterholz noch Niederwuchs sich einstellen kann. Andererseits führt die starke natürliche Bereinigung des Bestandes bereits im Anfangsstadium des Auenwaldes zu starker Humusbildung. Vgl. Probe 11 a und 11 b in Tab. I.

β. Der Rohrglanzgras- und Schilfbestand. (*Phalaridetum* und *Phragmitetum*).

Der tiefgründige Sand am untern Teil der Bänke und Inseln kann oft lange Zeit vegetationslos bleiben, oft aber siedeln sich dort bald *Phalaris arundinacea* und *Phragmites communis* an, die sich rasch zu ausgedehnten Beständen entwickeln.

Wem bei Niederwasser, etwa im Winter, auffällt, daß viele Sandbänke unbesiedelt, andere dagegen von obigen Beständen dicht bedeckt sind, der wird sich fragen, woher diese Unterschiede kommen. Nach unsern Beobachtungen ist allein der Umstand ausschlaggebend, ob zur Zeit der Samenausbreitung der bestandbildenden Arten eine Sandbank sich wenig über den Wasserstand erhebt, sodaß die angewehten Samen im feuchten Sand hängen bleiben. Erhebt sich die Oberfläche aber als trockener Sand, der selber durch den Wind verweht wird, zurzeit der Samenausbreitung über die Wasserfläche empor, dann erfolgt kein bleibender Anflug; ebenso ist eine Besamung ausgeschlossen, wenn zu dieser Zeit die Bänke unter Wasser stehen.

Diese Wahrnehmungen treffen auch ganz besonders für die *Salix*-bestände zu. Alle bestandbildenden Erstansiedler der Aarufer (*Agrostis*, *Phragmites*, *Phalaris*, *Salices*) werden in den weitaus meisten Fällen durch den Wind angeweht. Nur selten gelangen die im Anschwemmungsgürtel einer Flußbank durch das Wasser abgelagerten Samen durch Keimung zu dauerndem Dasein. Die Ursache dafür liegt zur Hauptsache in den jahreszeitlichen Schwankungen des Wasserstandes, auf die an dieser Stelle nicht näher eingetreten wird.¹

γ. Der Windhalmbestand (*Agrostidetum albae*).

Auf den der Strömung ausgesetzten Schotterflächen siedelt sich in der Zone zwischen S.-W. und N.-W., zur Zeit, da der Schotter emportaucht, am häufigsten *Agrostis alba* an. Unter vielen andern Erstansiedlern dieser Stufe entwickelt *Agrostis* allein sich zu großen, für das Uferbild charakteristischen Beständen, die sowohl für die Bodenbildung, wie für die späteren Sukzessionen des Auenwaldes wichtig sind. Als Erstansiedler im jungen *Agrostidetum* müßte man eine große, nichtssagende Liste der meisten Arten, einschließlich der Feld- und Gartenpflanzen aufführen. Diese Uferstufe beherbergte in früheren Jahrzehnten namentlich vor der Ableitung der Kander in den Thunersee und vor der Juragewässerkorrektion eine Auslese heruntergeschwemmter Alpenpflanzen.² Das bunte Gemisch der zahlreichen Arten verschwindet aber in kurzer Zeit wieder und nur etwa folgende Arten können auf dieser Uferstufe längere Zeit ihr Dasein fristen.³

Equisetum variegatum, *Phalaris arundinacea*, *Calamagrostis Pseudophragmites*, *Carex flava*, *Rumex aquaticus*, *R. obtusifolius*, *R. Acetosa*, *Melandrium dioecum*, *Ranunculus Flammula* ssp. *reptans*, *R. repens*, *Roripa islandica*, *Nasturtium officinale*, *Cardamine pratensis*, *Sanguisorba officinalis*, *Myricaria germanica* (im Aargau viel seltener als früher!), *Epilobium Dodonaei*, ssp. *rosmarinifolium*, *Ajuga reptans*, *Veronica Tournefortii*, *Gnaphalium uliginosum*, *Petasites hybridus*. Im Unterlauf der Aare (Döttingen-Klingnau) tritt *Roripa silvestris* häufig und bestandbildend auf.

¹ R. Siegrist, l. c. S. 24 ff, S. 48, S. 129 ff.

² F. Mühlberg, Die Flora des Aargaus, Aarau 1880.

H. Lüscher, Flora des Kantons Aargau. Aarau 1918.

R. Siegrist, l. c. S. 128.

³ Nomenklatur nach Schinz und Keller, Flora der Schweiz, Zürich 1923.

Während diese Arten im *Agrostidetum* nur vereinzelt und zerstreut auftreten, und mit Ausnahme von *Phalaris* (früher auch *Myricaria*) für die weitere Ausbildung des Bestandes belanglos sind, breiten sich namentlich die *Agrostisvarietäten genuina* (Schur) Aschers. u. Gr. und *prorepens* Aschers. sehr stark aus und sind gegen die anprallenden Fluten des S.-W. und H.-W. außerordentlich widerstandsfähig. Immer wieder wachsen sie durch die zwischen ihren Halmen und Blättern aufgefangenen Sandschichten empor, verankern ihre Kriechtriebe in und auf der neuen Bodenoberfläche und binden damit den Sandboden. Auf diese Weise entstehen die dünenartig geformten, typischen Agrostissandbänke, die in großer Zahl, als mehrere Meter lange Hügel bis zu einem Meter Mächtigkeit (gegenüber Schinznach-Bad) die obere Inselzunge oder den Rand der konvexen Ufer bedecken.

δ. Die Sandhügel des flutenden Hahnenfuß' (*Ranunculetum fluitantis*).

Die starke S.-W. und H.-W.-Strömung ist im allgemeinen einer Ansiedelung durch *phanerogame Hydrophyten* auf dem Niveau der N.-W.-Marke und unterhalb derselben hinderlich. Wir haben in dieser Stufe einzig *Ranunculus fluitans* festgestellt, am schönsten auf der oberen Inselzunge und am untergetauchten, dem Fluß zugekehrten Rand einer Insel am linken Ufer unterhalb des Aarhofes gegenüber des Villnachern Schachens. Dieser *Ranunculus* wirkt sehr stark sandfangend. Ähnlich wie *Agrostis* bewirkt er die Bildung mehrerer Meter langer und bis 50 cm hoher Sandbänke. Durch neuangeschwemmte Sandschichten seines Standortes emporwachsend, befestigt er stets wieder durch zahlreiche Adventivwurzeln der Stengel seinen Boden. Die Sandhügel erhalten die typische Form von unter fließendem Wasser abgelagerten Sandbänken, mit einer flachen, der Strömung zugekehrten Luvseite und einer mehr oder weniger steilen Leeseite. (Fig. 4 und Fig. 5, Taf. II.)

Von Bestandsbildenden Kryptogamen im offenen Fluß seien nur die folgenden hervorgehoben:

ε. Grünalgenassoziation. (*Cladophoretum glomeratae*).

Noch tiefer als die genannten *Ranunculus*bänke, also wesentlich unter dem N.-W. entwickeln sich in Zeiten langanhaltenden N.-W., gewöhnlich über den Winter, insbesondere auf

den konvexen Uferpartien die saftig-hellgrünen Schwaden von *Cladophora glomerata*. Sie waren besonders im Winter 1924/25 im ganzen Flußlauf sehr verbreitet und bildeten dichtgeschlossene Bestände bis zu 20 m Breite. Bei steigendem Wasserstand im Frühling werden die Schwaden losgerissen und treiben in Massen flußabwärts, das Wasser eigentümlich grün färbend und durch die mitgerissenen und aufgewirbelten Sand- und Schlammteilchen stark beschmutzend.

So konnten wir von der Brücke Koblenz-Felsenau Mitte April dieses Jahres, als das Wasser den S.-W.-Stand noch nicht

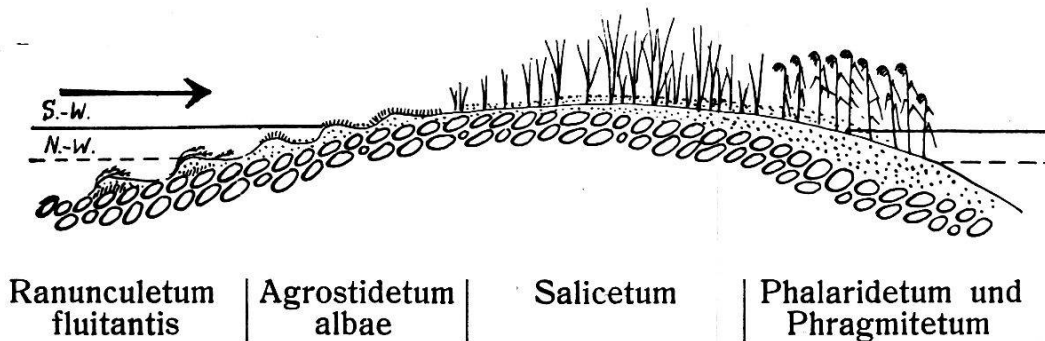


Fig. 4. Fortgeschrittene Assoziations- und Bodenbildung.

erreicht hatte, aber immerhin gegenüber den vorhergehenden Tagen beträchtlich gestiegen war, feststellen, wie durchschnittlich auf etwa 10 qm ein solches Algenbüschel dahergeschwommen kam. Diese losgelösten Algen sind natürlich für die Besiedelung des unteren Flußlaufes und für den Humusgehalt der Ablagerungen im Unterlauf von Bedeutung.

ζ. Die Kalkalgenassoziation (*Rivularietum*).

Von den Agrostisbänken bis in die *Cladophora*schwaden hinein findet man die oberflächlichen Gerölle mit kalkablagern-den Algen überzogen. Es sind hauptsächlich *Rivularia*arten. Diese Spaltalgen überziehen die Steine als welliges bis kugeliges, bräunliches bis dunkelgrünes Polster. Bei der Assimilation scheidet sich Kalziumkarbonat an ihrer Oberfläche ab. Zur Zeit der N.-W. umgeben diese vegetabilischen Kalktuffbildungen als Kruste von kaum einigen Millimetern Dicke die Gerölle. Beim raschen Eintrocknen, vielleicht auch durch Frost, werden sie oft zersprengt und fallen als dünne muschelschalenähnliche Schichten ab.

Die Analyse dieser Krusten ergab einen Kalkgehalt von 53,0 % CaCO_3 und einen Humusgehalt von 3,8 %. Aus der Kalkzahl geht hervor, daß neben der Kalkabsonderung eine

Anlagerung feiner Schlammteilchen des Flußwassers stattfindet, die mit Kalk zusammenkitten.

Auf eine andere Assoziation von Spaltalgen, die wir erst neulich beobachten konnten und deren Arten, Lebensweise und Bedeutung wir noch nicht zu bestimmen Gelegenheit hatten, sei hier noch kurz hingedeutet.

Bei der Insel gegenüber dem Wissenbachgrien (oberhalb Biberstein), auf dem rechten Aareufer konnte gelegentlich eines sehr tiefen Wasserstandes beobachtet werden, daß sich Spaltalgen in bestimmten Zügen, und zwar in den Linien der schwächeren Strömung angesetzt hatten. Es fiel auf, daß der feine Sand oberhalb der Insel an den erhöhten Stellen feucht, an den tieferen Stellen dagegen trocken war. Es konnte sich also nicht um eine kapillare Wirkung des Sandes handeln, sondern an den Stellen, wo sich Algen angesiedelt hatten, war der Sand feucht geblieben, an den tieferen Stellen mit rascherer Strömung, wo keine Algen waren, trocknete er aus. Gegen die S.-W.-Höhe gingen die «Algenstraßen» in Agrostisbänke über.

7. Die Moosassoziationen (*Fontinalidetum antipyreticae*).

In großen Mengen bestandbildend tritt vornehmlich *Fontinalis antipyretica* L. auf (*fo. tenuis*, *fo. vulgaris*, seltener *var. gracilis*). Dieses Wassermoos überzieht namentlich die Steinbauten der Ufer mit dichten Rasen. Außerdem haftet es auch vereinzelt an Geröllen vom S.-W. bis unter das N.-W. Als Ansatzstellen auf dem Flußgeschiebe dienen vornehmlich die durch *Rivularia* gebildeten Kalkkrusten.

c. Bodenbildung durch die Flußvegetation.

Die geschilderte Vegetation sämtlicher Stufen wirkt bodenbildend. Die Spaltalgen kalkabsondernd und schlammfangend, die Grünalgen schlamm-, sandfangend und humusbildend, die Phanerogamen stark sandfangend und humusbildend, indem bei H.-W. und auch beim S.-W. die Strömung durch die Vegetationsdecke, soweit sie unter Wasser ist, derart verlangsamt wird, daß das im Wasser aufgeschlammte Material (Sand und Schlamm) sedimentiert. Bei H.-W. werden ferner Pflanzenreste, wie Laub, Gräserhalme, Zweige, Wurzelstücke und so weiter angeschwemmt, bleiben dann besonders in den Weidenbeständen hängen und deuten noch lange Zeit den Stand des vorangegangenen H.-W. an. Diese groben Anschwemmungen

gen wirken weiter sandfangend und bodenbefestigend, wenn sie durch mehrere H.-W. mit Sand zugeschüttet sind.

Auf dem Schotter ist in den Weidenbeständen älterer Inseln und Bänke deshalb fast durchwegs eine gleichmäßige Sanddecke, die bis einige dm mächtig werden kann, festzustellen. Vgl. auch Fig. 4, S. 101.

Aus Tab. I, wo die Übersichtsanalysen einer Anzahl von Sanden aus diesen Überschwemmungsgebieten zusammengestellt sind, ersehen wir, daß die zwischen den Pflanzen abgelagerten Sande und Schlammsande unwesentlich von den Sanden abweichen, die im freien Wasser abgelagert worden sind. Der Kalkgehalt beträgt durchwegs $25 (\pm 2) \%$ mit Ausnahme der Krusten auf den Steinen, wo durch die kalkausscheidende Tätigkeit der Algen der Kalkgehalt spontan auf 53,0 % steigt.

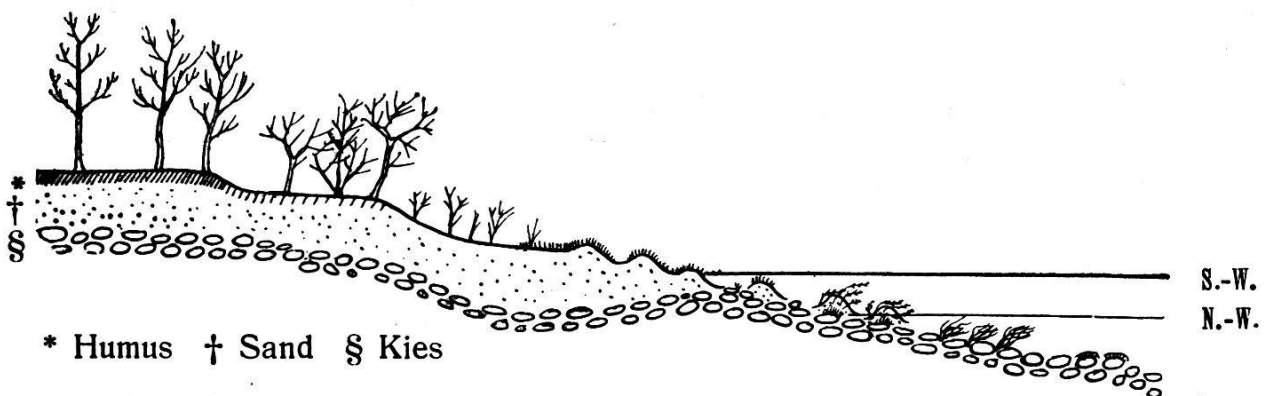
Auch der Humusgehalt ist ziemlich konstant, er beträgt sowohl bei frei angeschwemmten Sanden wie auch bei den in der Vegetation angelagerten Sanden $4 \pm 0,4 \%$. Die Humusbildung in den Agrostisrasen ist also sehr gering. Erst in den späteren Entwicklungsstadien, wenn die Böden vom Auenwald, der Weide, und dann vor allem von der Erle besiedelt werden, tritt eine kräftige Humusbildung ein. Darauf wird unten noch eingehend zurückzukommen sein. Auch in den Sandschichten, die sich unter den Agrostisbänken oder auch unter den Ranunculus fluit.-hügeln durch ihre dunklere Färbung deutlich als alte Vegetationsschichten kennzeichnen, ist eine kaum merkliche Anreicherung an Humus festzustellen. Offenbar wird die schwarze Färbung durch sehr wasserreiche abgestorbene Pflanzenbestandteile hervorgerufen, deren Kohlenstoffgehalt doch recht gering ist.

2. Die Entwicklung zum Auenwald.

Die geschilderten Ablagerungen erfahren, soweit sie vom H.-W. überflutet werden, nicht nur eine Erhöhung durch die Sandaufschüttung, sondern auch eine wesentliche Ausdehnung in der Fläche. Die dem Ufer vorgelagerten Bänke, teilweise auch Inseln, werden dadurch mit dem Ufer und oft auch untereinander verbunden. Längs des ganzen Aareufers kann man, soweit es sich nicht um Steilborde handelt, wo Erosion Land wegreißt, die Zone der intensiven Sandaufschüttung feststellen. Senkrecht zum Ufer sind oft ganz ähnliche Übergänge der Ve-

getation zu beobachten, wie sie auf den frisch angeschwemmten Inseln stromaufwärts, S. 97 ff. geschildert und in Fig. 4 dargestellt worden sind. Fig. 7 zeigt ein Querprofil durch den Fluß. Auf dem flachen Ufer sind von oben nach unten folgende Vegetationszonen festzustellen:

1. Auenwald: a. *Alnetum incanae*, b. *Salicetum mixtum*,
2. *Agrostidetum albae*,
3. *Ranunculetum fluitantis* (selten),
4. *Cladophoretum glomeratae*,
5. auf Geschiebe vom *Agrostidetum* bis in das *Cladophoretum Fontinalis* und Kalkalgen.



<i>Alnetum</i> <i>incanae</i>	<i>Salicetum</i> <i>mixtum</i>	<i>Agrostidetum</i> <i>albae</i>	<i>Ranunculetum</i> <i>fl.</i>	<i>Cladophoretum</i> und <i>Rivularietum</i>
----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	---

Fig. 7. Querprofil des konvexen Flußufers mit den typischen Boden- und Vegetationsverhältnissen.

Diese Assoziationen sind nicht bleibend. Je nach den Verhältnissen treten folgende Veränderungen ein:

a. Bei Tieferlegen des Flußbettes gehen die Assoziationen der unteren Uferstufen allmählich in diejenigen der oberen über, was folgende Sukzessionsreihe ergibt:

Cladophoretum → *Ranunculetum* (nur stellenweise) → *Agrostidetum* → *Salicetum* → *Alnetum*.

b. Bei erneuten Sandaufschüttungen werden die Depressionen zwischen ehemaligen Inseln und Bänken meist rasch aufgefüllt. Auf diesem Neuland entwickeln sich die der Höhe der Stufe über S.-W. entsprechenden Assoziationen, deren Sukzession ebenfalls in der soeben angeführten Reihe verläuft.

c. Wo keine oder nur geringe Sandaufschüttung in den alten Flußarmen und Tümpeln stattfindet, setzt eine langsame Verlandung ein, die ganz anders verläuft, als die rasche,

eigentliche Flußverlandung. Sie wurde von uns hier nicht berücksichtigt, da sie der Seenverlandung entspricht.¹

Wir begnügen uns hier, darauf hinzuweisen, daß infolge des Tiefer einschneidens des Flußbettes und der damit korrespondierenden Absenkung des Grundwassers eine Verlandung im Flußgebiet sehr rasch vor sich geht. (Fehlen der Torfmoore.)

Überdies ist infolge der Flußkorrektur die Bildung von Serpentinien mit ihren ausgedehnten Verlandungsmöglichkeiten ausgeschlossen. Vom Standpunkt des Naturschutzes aus ist der Verlust jener alten Flußromantik zu bedauern. Es kehrt das Eldorado der klaren Altwässer mit den gelben *Utricularia*-, den lila *Hottoniablüten* und den vereinzelt Seerosen, umsäumt von unabsehbaren Schilfbeständen, aus denen die dunkeln Kolben von *Typha* und das leuchtende Gelb der *Iris* blickten, nicht wieder. Die machtvolle, und doch so elegante Silberweide, die Jahrzehnte im stillen Wasser sich spiegelte, ist eines Tages rings von Festland umgeben; sie fällt unter dem Beil und macht den nützlicheren Fichten und Buchen Platz.

In neuerer Zeit gibt die Art der Flußkorrektur für die Verlandung den Ausschlag. Wird durch Kolmatierungen (Querdämme, senkrecht zum Flußuferdamm) das H.-W. derart ausgenutzt, daß es Sand in den Kolmatierungsfeldern ablagern kann, so ist die im Aaregebiete natürliche, und für die Landgewinnung äußerst günstige Alluvionsart der Aare gut ausgenutzt, etwa so, wie es heute im Gebiet des Umikerschachens zu sehen ist. Werden dagegen nur starke und hohe Flußdämme gebaut, die ein Übertreten des H.-W. auf das Nebengelände verunmöglichen, so wird bei H.-W. das Nebengelände nur durch Wasser überschwemmt, das durch die Dämme durchsickert, den Boden dichtscllämmt und keine wertvollen Sande anschwemmt. Solche Gebiete nehmen dann ganz den Charakter verlandender Seenpartien an; an eine Kultivierung des Geländes ist in der nächsten Zeit nicht zu denken und wird in späteren Stadien viel mehr Mühe verursachen und einen unbedingt schlechteren Boden liefern, als die Sande in den Kolmatierungsfeldern. Derartige Flußverbauungen sind im Gebiete Döttingen-Koblenz an einigen Stellen zu beobachten. Die Interessen der Fischer haben dort einem vernünftigen Ausbau der Korrektur gegenüber den Ausschlag gegeben.

¹ Schröter und Kirchner, Früh und Schröter, Baumann, l.c.

a. Die Vegetation des Auenwaldes.

1. Der Aufbau der Weidenau.

a. Wir haben oben beschrieben, wie das junge *Salicetum* namentlich auf den Schotterbänken mit einer mehr als 1 dm mächtigen Sandschicht infolge seiner Dichtigkeit mehrere Jahre lang ohne Unterholz und Niederwuchs bleibt. Nur langsam stellen sich im bereinigten Weidenbestand, wenn die Sträucher nahezu Baumform angenommen haben (*Salix purpurea*, *S. alba*) ganz vereinzelt die Vorposten des späteren Unterholzes und Niederwuchses ein. Das ursprünglich einschichtige Gesträuch oder Gehölz erfährt den Anfang einer Unterteilung in mindestens drei Schichten, (Oberholz, Unterholz, Niederwuchs).

Über diesen Werdegang können keine Regeln aufgestellt werden, denn er ist sehr mannigfaltig, wie aus der untenstehenden Übersicht hervorgeht.

b. Eine andere Entstehungsweise des *Salicetum mixtum* geht auf dem *Agrostidetum albae* vor sich. Auch hier entwickelt sich, sobald sich dieser Bestand infolge Tieferereinschneidens des Flusses dauernd über den S.-W. erhebt, ein *Salicetum purpureae-albae*. Im Unterschied zu den oben geschilderten Weidenauen sind diese Bestände aber sehr locker und sehen mit dem saftiggrünen Agrostisrasen, der stellenweise durch *Phalaris arundinacea*, *Calamagrostis Epigeios* und an tieferen Stellen durch *Phragmites communis*-Bestände abgelöst wird, parkähnlich aus. Auch diese Assoziation entwickelt sich unter natürlichen Bedingungen zum geschlossenen *Salicetum* und nachher zum *Alnetum incanae*. *Primula elatior*, *Ranunculus aconitifolius*, *Anemone nemorosa*, *A. ranunculoides*, *Brachypodium silvaticum*, *Dactylus glomerata*, *Festuca gigantea*, *Pulmonaria officinalis* und *Listera ovata* (diese Arten sind nach ihrer Häufigkeit geordnet!) stellen sich nach und nach ein, das ursprüngliche *Agrostidetum* gedeiht im Schatten schlechter und geht allmählich zurück. Genauer ist dieser Entwicklungsverlauf in unserem Gebiet schwer zu verfolgen, da durch Mähen des Rasens und die dadurch erfolgende Vernichtung der dort aufkommenden jungen Weiden, Erlen und Eschen die natürliche Sukzession gestört und gehemmt wird.¹

¹ Vgl. damit auch die ähnlichen Verhältnisse des *Alnetum alluviale typicum pratense* in P.K. Hager, Verbreitung der wildwachs. Holzarten im Vorderrheintal, Bern 1916.

Die Entwicklung einiger Weidenauen.

Ort	Oberholz	Unterholz	Niederwuchs
Recht. Ufer gegenüber Wissenbachgrien Biberstein	Salix purp. ca. 5jährig	O	Solidago serotina als geschlossener Bestand, Ranunculus Ficaria, vereinzelt. Vom Rand aus Anemone nemorosa u. A. ranunculoides eindring.
Insel gegenüb. Wissenbachgrien	Salix purp. ca. 5jährig	O	Überreste von Agrostis alba, einige Rumex acetosa u. R. obtusifol.
Umiker-Insel	Salix purp. ca. 5jährig	O	Ranunculus reptans, Urtica dioeca, Agrostis alba; alle drei in ganz wenigen Exemplaren
Umiker-Schachen	Salix purp. vorherrschend, S. alba, zerstr., ca. 8jährig	O	Keine Phanerogamen, nur ein Moos: Amblystegium varium (Hedw.) Lindb.
Villnachern Schachen	Salix purp. 10jährig	1 Prunus Padus, 1 Evonymus europ.	1 Urtica, 3 Angelica silvestris. Eindringende Solidago serot.
Koblenz rechtes Ufer	Salix alba, S. purp., einige Alnus incana 12jährig	Stark entwickelt. Prunus Padus, Rubus caesius, Evonymus europ., Frangula Alnus, Cornus sang., Viburnum Lant., V. Opulus, Lonicera Xylost.	Geschlossener Bestand von Equisetum hiemale.
Recht. Ufer gegenüber Kirchberg	Salicetum mixtum, einige Alnus inc. 15jähr. fast das ganze Oberholz dürr!	Dichter Bestand von Clematis Vit., der das Oberholz „erdrückt“.	Vereinzelt Carex elata, Pulmonaria officinalis, Arum macul., Polygonatum multifl., Anemone nem., A. ranunc.
Recht. Ufer gegenüber Biberstein	Salix purp. S. alba, S. incana, 1 Populus nigra, einige Betula pendula u. Alnus inc. ca. 20jährig	Stark entwickelt. Prunus Padus dominierend; im weiteren alle obigen Sträucher, ferner Crataegus, Prunus spinosa. Humulus Lupulus.	Zerstreut: Festuca gigantea, Daschampsia cesp., Listera ovata, Arum mac., Polygonatum multifl., Paris Quadrifol., Anemone nem., A. ranunc., Ranunculus Fic., R. auricomus, R. aconitifol., Geum urb., Filipendula Ulm., Viola Riviniana, Angelica silvestris, Glechoma hederatia, Solidago serotina.

c. Ähnliche Verhältnisse liegen im Übergang vom *Magno-caricetum* und stellenweise direkt vom *Phragmitetum* der Verlandungsbestände der alten Flußarme und Gießen zum *Salicetum* vor. Auch hier lohnt es sich der intensiven Streuenutzung wegen nicht und ist auch infolge der verhältnismäßig kleinen Parzellen kaum möglich, die Phasen einer Sukzession zum Auenwald näher zu verfolgen.

2. Übergang der Weidenau zur Erlenau.

(Sukzession *Salicetum mixtum* \rightarrow *Alnetum incanae*.)

Während der Ausbildung zur Weidenau gesellen sich zum *Salicetum* vereinzelt Weißerlen. Diese beanspruchen durch ihre Kronen einen größeren Raum und hindern durch Lichtraub die benachbarten, mehr strauchförmigen Weiden am weiteren Aufkommen. Deutlicher aber setzt dieser allmähliche Übergang zur Erlenau erst nach mehrmaligem Kahlschlag ein. Dann bleiben die Weiden im Schatten der Erlen immer mehr zurück und umsäumen schließlich nur noch den Rand der Erlenau, wo beispielsweise die Silberweiden (*S. alba*) zu prächtigen Bäumen sich entwickeln und wo auch der bevorzugte Standort von *Salix nigricans* zu sein scheint.

Die Erlenau tritt in unserem Gebiet ähnlich wie die Weidenau in verschiedenen Varianten auf:

Einmal mit üppigem Unterholz und spärlichem, aber mannigfaltigem Niederwuchs, dann wieder mit geringem Unterholz und einem Niederwuchs, der in seinen Übergängen vom reinen *Equisetum hiemale*- oder *Solidago serotina*-Bestand zum normalen Auenwald-Niederwuchs eine Unmenge verschiedener Bilder bietet. Wir glauben, daß, abgesehen von verschieden-altrigen Entwicklungsstadien, die kaum genau charakterisiert werden können, der forstliche Niederwaldbetrieb als Ursache für die verschiedenen Varianten stark ins Gewicht fällt.

Ist einmal die Erlenau in ihrem Reifestadium, dann weist sie die charakteristische Zusammensetzung auf, wie sie in der früheren Arbeit geschildert worden ist, und wie sie den neueren pflanzengeographischen Werken entnommen werden kann.¹ Wir verzichten daher hier auf eine Wiederholung der Aufzählung und begnügen uns mit der Angabe vom bestausgebildetsten *Alnetum incanae*, das uns aus dem Aargau vom

¹ Z. B. E. Furrer, Kleine Pflanzengeographie der Schweiz, Zürich 1923, S. 109 ff.

rechten Flußufer unterhalb Klingnau bekannt ist. Der Kiesboden ist mit 50 cm Sand bedeckt, die Bodenoberfläche 1,3 m ü. S.-W.

Oberholz: *Alnus incana* dominierend, *Fraxinus excelsior* und *Salix alba* vereinzelt.

Unterholz: *Salix cinerea*, *S. nigricans*, *Prunus Padus*, *Rubus caesius*, *Evonymus europaeus*, *Cornus sanguinea*, *Viburnum Lantana*, *V. Opulus*, *Lonicera Xylosteum*, *Sambucus nigra*; am Rand: *Crataegus* und *Prunus spinosa*; Lianen: *Humulus Lupulus* und *Clematis Vitalba* zerstreut.

Niederwuchs: Stellenweise wird das Bild beherrscht durch gleichmäßiges, gruppenweises Auftreten von *Anemone nemorosa* und *A. ranunculoides*, stellenweise durch *Solidago serotina*. Dazwischen sind eingestreut: *Festuca gigantea*, *Brachypodium silvaticum*, *Carex alba*, *Arum maculatum* (in kleinen Gruppen), *Allium ursinum* (in Gruppen), *A. schoenoprasum*, 1 *Lilium Martagon*, *Ornithogalum umbellatum*, *Polygonatum multiflorum*, *Paris quadrifolius*, *Platanthera bifolia*, *Colchicum autumnale*, *Stellaria graminea*, *Ranunculus Ficaria*, *Thalictrum aquilegifolium*, *Nasturtium officinale*, *Geum urbanum*, *Filipendula Ulmaria*, *Euphorbia dulcis*, *Viola odorata*, *Angelica silvestris*, *Aegopodium Podagraria*, *Primula elatior*, einige *Lamium maculatum*, *L. Galeobdolon*, *Pulmonaria officinalis*, *Glechoma hederacea*, *Galium Aparine*, *Adoxa Moschatellina*.

Unterhalb Klingnau, sowie bei Gippingen und gegenüber der Beznau ist *Allium scordoprasum* sodann und *A. vineale* am Rand der Erlenau nicht selten.

Ähnliche, schön ausgebildete Erlenauen sind selten: Gippingergrien, Auenstein. Noch vor 15 Jahren fanden sie sich in ähnlicher Ausbildung zwischen Aarau und Biberstein (jedoch ohne *Adoxa!*), während heute diese Bestände, künstlich beeinflusst, stark den Übergang zum mesophytischen Mischwald aufweisen.

b) Die Bodenverhältnisse beim Übergang der frischangeschwemmten Sande zum Auenwald.

Aus verschiedenen Stadien der Auen aus dem ganzen Gebiete des Aargaus wurden eine Anzahl Bodenproben genommen und untersucht. Es sollte sich daraus das Bild ergeben, wie weit sich der Boden schon im Auenwaldstadium verändert.

Der frischangeschwemmte Sand, über den bereits kurz orientiert wurde und dessen Analyse in den Tabellen I und II (Probe 9) angeführt sind, muß als Muttergestein sämtlicher Böden späterer Auenstadien angesehen werden. Es ist ein Grobsand, von welchem rund 73 % in Salzsäure unlöslich sind; der salzsäureunlösliche Anteil besteht aus Quarz und Feldspäten und natürlich einer Masse zufällig in kleineren Mengen vorhandenen Mineralien; der Kalkgehalt (rund 25 % CaCO_3) besteht zum Teil aus Calzittrümmern, zum Teil aus amorphen Kalkgesteinen und Kalkausscheidungen von Mikroorganismen. Der Humusgehalt beträgt schon von Anfang an, d. h. schon bei der Ablagerung der Sande im Gebiete des Aargaus durchschnittlich 4 %.

Bevor noch eine Einwirkung der Vegetation durch Humusbildung auf den Boden eintritt, hat der jungfräuliche Boden das schon erwähnte Normalprofil: Oben eine Schicht von einigen Dezimetern des charakterisierten Sandes, unten die mehr oder weniger grobe Schotterablagerung. Seine Eigenschaften sind bereits Seite 95 erörtert worden (Lage über dem Grundwasser, etc.). Seine Entstehung und seine Lage stempeln ihn zum ausgesprochenen Ortsboden d. h. zu einem Boden, dessen Eigenschaften nur von seinen örtlichen Verhältnissen abhängig sind und dessen Zustand noch gar keine Spuren einer durch die klimatischen Verhältnisse bedingten Verwitterung trägt.¹

Sobald der Boden mit Auenwald bestanden ist, erfährt seine oberste Schicht eine beträchtliche Humusanreicherung und gleichzeitig durch die in diesem Stadium immer noch regelmäßigen Überflutungen weitere Sandaufschüttungen. Es bildet sich dadurch die für den Auenwaldboden charakteristische ziemlich mächtige (20—30 cm) Sand-Humusschicht.

Je höher sich der Boden über den S.-W. erhebt, umso geringer wird die Strömung des ihn überflutenden H.-W. und

¹ R a m a n n, Bodenbildung und Bodeneinteilung, Berlin 1918, S. 32.

umso feiner sind die Teilchen, die hertransportiert und abgelagert werden. So zeigen die Schlämmanalysen (Tab. III), daß die obersten Sandschichten viel feinkörniger sind, als die darunter liegenden Sande. Der Sanduntergrund des Auenwaldes im Umikerschachen aus 30—45 cm Tiefe (Probe 15 c) besteht aus 94,5 % Teilchen von 2—0,1 mm Durchmesser (d.i. Grobsand + Feinsand), der feinere Sand aus 15—25 cm Tiefe enthält nur noch 23 % Grobsand + Feinsand und in der obersten Humusschicht sind nur noch 12,7 % dieser groben Anteile festzustellen.

Der Humusgehalt stieg in der Sand-Humusschicht bis auf rund 8 %. Im Bodenprofil sind alsdann in der Sandschicht über dem Schotter deutlich zwei Horizonte zu erkennen: die obere Humusschicht, die sich durch ihre dunkelgraue bis schwarze Färbung und die fühlbare Feinkörnigkeit (im Vergleich zum Darunterliegenden!) auszeichnet — und der darunterliegende, helle, grobe Sanduntergrund.

Der hohe Humusgehalt ist für die Bodeneigenschaften und für den weiteren Verlauf der Bodenbildung ausschlaggebend!

Für die physikalischen Eigenschaften des Bodens ist er wichtig für den Wasserhaushalt. Im Auenwaldstadium, wo der Boden infolge seiner geringen Erhebung über den Grundwasserspiegel ständig genügend Wasser zur Verfügung hat, kommt der günstige Einfluß noch nicht voll zur Geltung. In späteren Stadien, wenn der Fluß durch Erosion seinen Wasserspiegel und damit den Grundwasserspiegel unter dem Auenwald wesentlich tiefer gelegt hat, wirkt der Humus als Regulator in der Wasserführung des Bodens. Der vorliegende Sandboden wäre ohne Humus außerordentlich leicht, er hätte eine geringe Wasserkapazität¹ und würde bei trockener Witterung in kurzer Zeit völlig austrocknen. Durch Humusgehalt wird der Sandboden bindiger, er erhält eine wesentlich größere

¹ Unter der Wasserkapazität eines Bodens versteht man seine Fähigkeit, Wasser kapillar zurückzubehalten; Burger «Physik. Eigenschaften von Wald und Freilandböden», Diss. 1922, in Mitt. der Schweiz. Zentralanstalt für forstliches Versuchswesen 13. Heft 1 (1922) bestimmt die Wasserkapazität, indem er ein bestimmtes Volum eines Bodens in seiner natürlichen Struktur mit Wasser tränkt, abtropfen läßt und das kapillar zurückgehaltene Wasser bestimmt, dies gibt ihm in Volumprozenten die Wasserkapazität des untersuchten Bodens.

Wasserkapazität, d. h. er ist imstande, auch bei trockener Witterung längere Zeit einen Wasservorrat zurückzubehalten.

Die chemische Rolle des Humus bei der Verwitterung ist die einer schwachen Säure. Bei der vollständigen Zersetzung der organischen Substanzen (abgestorbene Pflanzenteile) entsteht Kohlensäure und Wasser. Die Kohlensäure verstärkt natürlich sofort die lösende Wirkung des Niederschlagswassers und trägt in erster Linie dazu bei, die Kalkauswaschung zu verstärken, indem sich das lösliche Kalziumbikarbonat bildet. Beim nicht vollständigen Abbau der organischen Stoffe entsteht der eigentliche Humus, das sind organische Komplexe in kolloider Struktur, deren Oberflächen sich wie Säurereste verhalten und die in dem kalkreichen Boden sofort Kalziumionen an ihrer Oberfläche binden werden. Dadurch wird einerseits wiederum Kohlensäure frei, die weiteren Kalk in Lösung bringt, andererseits ist der Humus gesättigt worden; es ist der für karbonathaltige Böden charakteristische gesättigte Humus entstanden.¹ Es sei hier mit allem Nachdruck bemerkt, daß kalkreiche Böden niemals sauer werden können, solange Kalziumkarbonat vorhanden ist. Bildet sich bei der Humuszersetzung freie Säure, so wird diese sofort durch das Karbonat neutralisiert, d. h. der Boden zeigt Pufferung gegen Säuren. Die Wasserstoffionenkonzentration in einem solchen Boden ist die einer Kalziumbikarbonatlösung, deren $\text{pH} = 7,0$ beträgt, die Reaktion ist vollkommen neutral.

Aus den Tab. I und II sehen wir, daß tatsächlich schon im Auenwaldstadium eine Kalkauswaschung wenigstens in der Humusschicht stattfindet. Ferner zeigt sich, daß in der Probe 12a aus dem 8—10jährigen Erlenbestand der salzsäurelösliche Teil an SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 gegenüber Probe 9 (frischangeschwemmter Sand) deutlich zugenommen hat. Dies rührt von der zersetzenden Wirkung des Humus, resp. dessen Abbauprodukten auf Eisen und Aluminiumsilikate, also Feldspäte her. Die Verwitterung der Silikate setzt somit ungefähr mit der Karbonatauswaschung ein.

¹ Kolloidchemisch betrachtet ist der Vorgang ein Basenaustausch zwischen den H-Ionen an der Oberfläche der Humusteilchen und den Ca-Ionen der Bodenlösung. Für den sauren Humus schreiben wir in dieser Betrachtungsweise die Formel $\boxed{\text{Humus}} \begin{matrix} \text{COO} \cdot \text{H} \\ \text{COO} \cdot \text{H} \end{matrix}$ für den gesättigten $\boxed{\text{Humus}} \begin{matrix} \text{COO} \cdot \text{Ca} \\ \text{COO} \cdot \text{Ca} \end{matrix}$. Rein chemisch handelt es sich einfach um die Ca-Salzbildung einer Säure mit einem sehr großen Molekül, dessen Konstitution nicht aufgeklärt ist.

Diese beobachteten Veränderungen sind durch das herrschende humide Klima bedingt.¹ Als Hauptfaktoren in der Bodenbildung sind ganz allgemein das Verhältnis von Niederschlag und Verdunstung, das durch die Niederschlagsmenge, die Temperatur und die Windverhältnisse gegeben ist, und die (davon nicht unabhängige!) Menge des abgebauten Humus ausschlaggebend. Im Auenwaldboden ist bereits eine schwache Kalkauswaschung und eine kräftige Humusanreicherung festzustellen. Im Gegensatz zu den jungfräulichen Auenböden ist dieses Stadium nicht mehr ein reiner Ortsboden, sondern der Einfluß durch die klimatisch bedingte Verwitterung ist bereits deutlich.

Im übrigen zeigt die Totalanalyse (Tab. II, Probe 9 und 12a), daß die Böden in diesem Stadium fruchtbar sind, die Pflanzennährstoffe [Ca, Mg, P₂O₅ und Humus (N)] sind reichlich bis überreichlich vorhanden und auch die Verhältnisse der einzelnen Nährstoffe zueinander sind gut, dagegen sind die Böden ziemlich arm an Kali (eine Eigenschaft vieler schweizerischer Böden!). Die physikalischen Eigenschaften der Böden sind für die Vegetation sehr günstig, über den Einfluß des Humusgehaltes auf die Wasserführung und Festigkeit des Sandbodens wurde bereits diskutiert.

Die gute Fruchtbarkeit dieser Böden ist allgemein bekannt und kommt im üppigen Wachstum der Auenwälder deutlich zum Ausdruck.

¹ Die klimatischen Faktoren des Gebietes sind in der frühern Arbeit von Siegrist (l. c.) eingehend zusammengestellt und diskutiert, S. 33—36. Für den ortsfremden Leser mögen die Jahresmittel angeführt sein. Mittlere Jahrestemp. in Aarau 8,2° C, mittlerer Niederschlag 1051 mm, Ortshöhe der Regenmeßstation 406 m ü. M., in Bezug auf Ortshöhe und Niederschlag vgl. Brockmann, Regenkarte der Schweiz, in Vegetation der Schweiz, geobot. Ld.-Aufn. Zürich, 1925.

Die Klimaverhältnisse werden in der Bodenkunde nach dem Verhältnis von Niederschlag zur Verdunstung eingeteilt, humides Klima herrscht dort, wo die Niederschlagsmenge größer ist, als die Menge des verdunstenden Wassers, wo also der Boden vornehmlich eine Wasserführung von oben nach unten aufweist; arides Klima herrscht dort, wo mehr Wasser verdunsten könnte, als Niederschläge herbeibringen, wo also im Boden eine durch die Verdunstung bedingte Wasserführung von unten nach oben stattfindet. Die Übergänge werden als semiarid und semihumid bezeichnet. In den extremen Klimata entstehen Böden, deren Zusammensetzung vom Muttergestein mehr oder weniger unabhängig ist, (Salzböden, Wüsten der ariden Gebiete, Podsol = Bleicherden, Laterit der humiden Gebiete).

3. Anhang. — *Besondere Ablagerungsformen.*

a. Schotterablagerungen, die vom H.-W. nicht mehr überflutet werden.¹

Wird bei einem H.-W. eine Schotterbank abgelagert, die soweit über den S.-W. heraufragt, daß sie bei späteren H.-W. nicht mehr überflutet wird, d.h. keine Sandaufschüttung mehr erfährt, so gestalten sich Besiedelung und Sukzessionen wesentlich anders als auf den oben geschilderten Schotter-Sandbänken, und auch die Bodenbildung weicht wenigstens graduell beträchtlich ab.

Die ersten Besiedler solcher trockener Schotterbänke sind meist eine Menge xerophytischer Arten. Da kein Humus vorhanden ist und diese ersten Besiedler nur eine geringe Menge neuen Humus bilden, so bleibt der Boden lange Zeit eine grobe Schotterschicht mit einer nur ganz geringen Humusdecke, von höchstens einigen Zentimetern Mächtigkeit. Die Verwitterung der groben Gerölle verläuft prinzipiell natürlich genau gleich wie die der feinen Sande, da ja dieselben mineralischen Bestandteile vorliegen und die gleichen klimatischen Verhältnisse herrschen. Allein, da infolge der grobkörnigen Ablagerung eine kleine (innere) Oberfläche, von der aus die chemische Zersetzung (Verwitterung) vor sich gehen kann, vorhanden ist, so verläuft die Bodenbildung äußerst langsam.

Anstatt eines tiefgründigen Sandbodens mit günstigem Dispersitätsgrad (Verhältnisse der Korngrößen) und guter Wasserführung infolge der beträchtlichen Humusmengen, herrscht grober, trockener Boden vor, mit geringer Humusdecke und äußerst langsamer Verwitterung. Die Besiedelung kann also nur durch anspruchslose Arten erfolgen, und auch die späteren Sukzessionen verlaufen sehr langsam in einer Reihe anspruchsloser Arten.

¹ P. K. Hager, l.c. S. 218 «Die alten Schotterbänke, bezw. Flußkiesareale».

M. Jäggli, Il Delta della Maggia e la sua Vegetazione. Beitr. Geobot. Ld.-Aufn. 10, Zürich 1922, S. 33 «La Vegetazione dei greti e le sue fasi di sviluppo.»

H. Gams, La grande Gouille de la Sarvaz et les environs. Sion 1916. S. 16 ff. La Végétation xérophyte des garides. (Ungefähr entsprechend dem Ausdruck Trift von Diels und Adamowicz oder Trockene Sand-Kies- und Schottervegetation von Warming.

Siegrist, l.c. S. 113, Trockene Schotterbänke ohne Sanddecke. S. 150 ff. finden sich die Sukzessionen dieser Uferstufe über dem H.-W. beschrieben.

Infolge der Aarekorrektur und der Ablagerung der Hauptgeschiebmassen im Bielersee sind derartige Schotteraufschüttungen heute im Gebiete des Aargaus kaum mehr rezent zu beobachten, sodaß bezüglich der Anfangsstadien dieser Alluvionen auf die Bänke des alten Aarelaufes zwischen Aarberg und Büren, sowie auf das Kandergrien¹ verwiesen werden muß.

Dagegen sind die späteren Stadien der Sukzessionsreihe auf diesen Schotterbänken in verschiedenen Altern bei uns anzutreffen.

Ökologie, Besiedelung und Sukzession der Pflanzengesellschaften dieser durch ihre extreme Trockenheit ausgezeichneten und dadurch im auffälligen Gegensatz zu den übrigen Auen stehenden Schotter-Triften sind höchst interessant, aber für unser Gebiet nicht leicht zu erfassen und zu beurteilen. Das geht besonders auch aus der Studie von Jäggli l. c. hervor, dessen von Gola² übernommene Theorie über die physikalisch-chemischen Eigenschaften solcher Böden nicht vollauf zu befriedigen vermag. Und doch müssen die Verhältnisse, namentlich die Qualität der Böden gelegentlich näher untersucht werden, sowohl mit Rücksicht auf die allgemeine wissenschaftliche Bedeutung, als auch auf die praktische Seite des Problems; denn wir haben die Überzeugung, daß selbst diese wüsten Schotterflächen durch zweckmäßiges Vorgehen viel rascher in Kulturlächen (namentlich Föhrenwald) übergeführt werden könnten, als das durch die äußerst langsam verlaufende, natürliche Sukzession der Fall ist. Wir müssen es uns aber versagen, an dieser Stelle näher auf die weitläufigen Fragen und die bereits durchgeführten Untersuchungen einzutreten und verweisen lediglich auf die oben zitierte Literatur und die am Schluß beigefügte Sukzessionstabelle.

Zum näheren Verständnis der auf dieser Uferstufe verlaufenden Sukzessionen sei hier beigefügt, daß ein Übergang von der Xerophytenvegetation zum Hippophaëtum im Aargau äußerst selten geworden ist. Sehr schön verläuft er einzig noch auf dem linken Ufer unterhalb Döttingen, wo an mehreren Stellen eine kräftige, gesunde Sanddornvegetation auf die fast kahlen, alten Schotterablagerungen eindringt. Auf den andern

¹ J. A. Steiner, Verlandungen im Gebiete der Elfenau bei Bern. Mitt. Nat. Ges. Bern 1914.

² M. Jäggli, l. c. S. 36.

zwei Standorten an der Aare (linkes Aareufer, gegenüber dem Villnachern Schachen und Wissenbachgrien, Biberstein) steht *Hippophaë* im geschlossenen *Pinetum* und bildet dort als ausgesprochene Schattenform¹ das Relikt des dem *Pinetum* vorangegangenen *Hippophaëtum*.

b) Kleine Wanderdünen.

Mit Rücksicht auf die Bedeutung der Flugstaubwirkung, die unten zu besprechen ist, sei hier auf einen hübschen Fall von Dünenbildung hingewiesen, der in der Zone zwischen S.-W. und N.-W. beobachtet wurde.

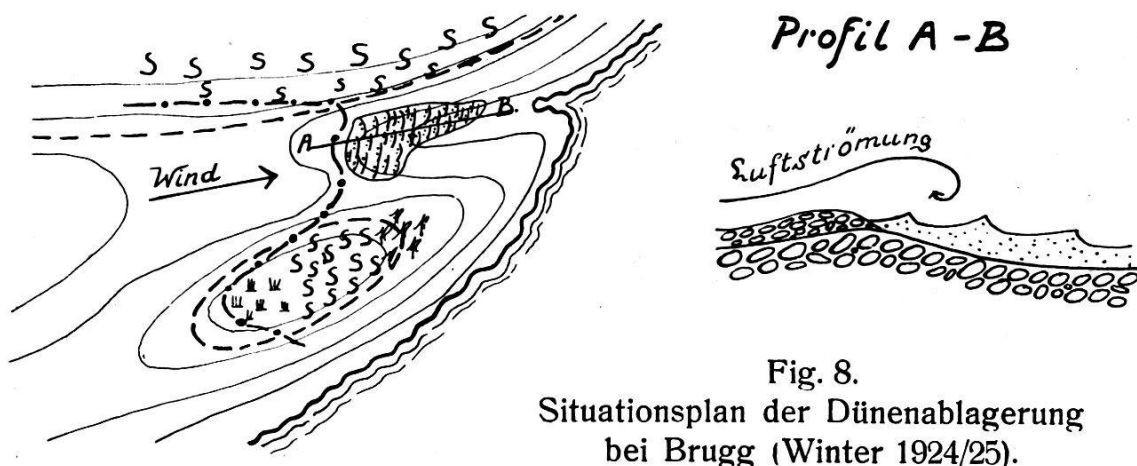


Fig. 8.
Situationsplan der Dünenablagerung
bei Brugg (Winter 1924/25).

Legende:

- Höhenkurven (Aequidistanz 0,5 m)
- S.-W.-Linie
- ~~~~~ Wasserlinie (bei N.-W.)
- · - · - Rand der frischen Kiesbank
- ⌋ ⌋ ⌋ Dünen
- ⌋ ⌋ Agrostis
- S S Salix
- p p Phragmites und Phalaris

Das war natürlich nur möglich in einem Winter wie 1924/25, wo der Wasserstand andauernd wesentlich unter dem S.-W. war. Am linken Aareufer außerhalb des Umikerschachens oberhalb Brugg, (auf dem zu jener Zeit trockenen Aarearm

¹ Nähere Beschreibung in Siegrist, l. c. S. 177, und Lüscher l. c. S. 131.

zwischen der kleinen Insel 200 m nördl. Punkt 351 auf der Bahnlinie Wildegg-Brugg: Karte 1 : 25 000) hatte eines der letzten H.-W. über die alte Kiesablagerung eine neue Kies-schicht von 10—20 cm Mächtigkeit abgelagert. Die Strömung hatte aber nicht mehr vermocht, den untern Teil der alten Kiesbank mit dem neuen Schotter zu bedecken, es blieb zwischen der Kiesbank um die Insel und dem Ufer ein U-förmiges Tälchen im Flußbett bestehen, wie dies in der Skizze (Fig. 8) dargestellt ist. Die ganze Kiesablagerung liegt etwas unter S.-W. und ist in der Winterperiode, während der sie beim N.-W. trocken lag, nicht besiedelt worden. Der dort vorherrschende Südwestwind, parallel zum Tal, hat in der kahlen Schotterfläche die feinen Bestandteile ausgeblasen und sie hinter der Kiesablagerung im Windschatten (vgl. Fig. 8) abgelagert. Auf diese Weise hat sich in dem Schottertälchen eine etwa 50 m lange und 10—20 m breite Sandablagerung von 30—70 cm Mächtigkeit gebildet. Sie zeigt die Formen der typischen Windablagerungen, Dünen, von 1—5 m Länge und 5—20 cm Höhe, auf der Oberfläche mit einer Riffelung. Abb. 9, Taf. III zeigt eine Aufnahme dieser Dünen am 8. März 1925. Die Dünenformen sind deutlich erkennbar, die feine Riffelung ist auf der Reproduktion nicht mehr zu erkennen, während sie auf der Originalaufnahme noch deutlich sichtbar ist.

Die Schlämmanalyse dieser äolischen Sandablagerung (Tab. III, Probe 17) zeigt im Vergleich zu den Schlämmanalysen der durch Wasser abgelagerten Sande, daß sie noch viel gleichmäßiger in der Zusammensetzung ihrer Korngrößen ist: 82,1 % der Ablagerung bestehen aus Feinsand, d. h. aus Teilchen von 0,2—0,1 mm Durchmesser, die feineren Teilchen sind aus dem Sand ausgeblasen worden, d. h. sie sind nicht mit dem Feinsand abgelagert, sondern durch den Wind weiter verfrachtet worden. Auf die Bedeutung dieser feinen Flugstaubablagerung außerhalb der Schächen kommen wir bei der Besprechung jener Gebiete zurück.

Aus der chemischen Übersichtsanalyse ersehen wir (Tab. I, Probe 17), daß der Kalkgehalt auf 20 % und der Humusgehalt auf 3,1 % gesunken ist, gegenüber 25 % und 4,0 % der durchschnittlichen Zusammensetzung der durch Wasser abgelagerten Sande.

Im Bodenbildungsprozeß der Aareterrassen halten wir den Einfluß solcher äolischer Ablagerungen im Vergleich zu den Einflüssen der Wassertätigkeit für unwesentlich. Im vorliegen-

den Fall ist zu erwarten, daß die Sandablagerung, sobald sie beim nächsten H.-W. überflutet wird, in kurzer Zeit vollständig wegerodiert sein wird, da ihre Lage im Flußbett gerade so ist, daß sie in die Hauptströmung des Aarearmes zwischen dem linken Ufer und der Insel zu liegen kommt.

B. Die Niederterrasse.

Es wurde schon eingangs erwähnt, daß eine Abgrenzung zwischen alluvialen Terrassenstufen und diluvialer Niederterrasse immer nur willkürlich sein kann. Wenn hier eine Grenze durch die H.-W.-Linie gezogen wird, indem das heute noch von Zeit zu Zeit überflutete Gebiet für sich besonders besprochen wurde, so geschah das, weil der Bodenbildungsvorgang ausgesprochen von dem der nicht mehr überfluteten Gebiete abweicht. In dem unter A besprochenen Gebiet der H.-W.-Rinne hatte man die typischen Aueböden, deren Hauptmerkmal die immer sich wiederholende Überflutung mit der Sandablagerung ist. In den oberen Stufen, wo das nicht mehr der Fall ist, läßt sich die klimatisch bedingte Verwitterung sofort viel intensiver feststellen. Es sind deutlich verschiedene Phasen des Verwitterungsvorganges zu beobachten, zwischen denen aber keine Grenzen gezogen werden können und auch nicht dürften, da es sich eben um die zufällig erreichten Stadien ein und desselben langsam verlaufenden Vorganges handelt, in welchem es Grenzen gar nicht gibt.

Die untersten Stufen des Niederterrassengebietes erheben sich oft deutlich, oft als nur einhalb bis ein Meter hohe Terrassen über die Auenwaldgebiete. Das Zustandekommen solcher Terrassen ist nur möglich, wenn die Erosionswirkung des Flusses dauernd etwas größer ist als die Alluvion. Ihr früherer Zustand und ihre Entstehung sind genau dieselben, wie sie für das Auengebiet (Hochwasserrinne) im vorigen Kapitel geschildert worden sind.

Die mit der Erosion fortschreitende Tieferlegung des Grundwasserspiegels ist die Ursache für das Auftreten neuer Pflanzenbestände. Schon in der Auenwaldstufe sind heute infolge der Flußkorrektur, die ein Tieferlegen des S.-W. und damit auch des Gr.-W.¹ begünstigen und Überschwemmungen seltener machen z. T. nicht mehr charakteristische Auenwälder, sondern andere Holzarten teils natürlich eingedrungen

¹ Gr.-W. = Grundwasser, entsprechend S.-W. etc.

(z.B. *Picea*), teils künstlich angepflanzt. Hier schon beginnen die Übergänge zum mesophytischen Mischwald. So wurde die Buche mit sehr schönem Erfolg auf dem rechten Aareufer bei der Suhremündung und gegenüber Biberstein, angepflanzt, ein prächtiger, etwa 80jähriger Buchenbestand steht etwas unterhalb Schinznach-Bad. Es zeigen sich somit schon in der tiefsten Talsohle natürliche und künstliche Sukzessionen, die im unkorrigierten Gebiete erst auf den etwas höheren Terrassen zu beobachten wären. Dadurch werden die schönsten Gebiete der urwaldähnlichen Auendickichte in forstwirtschaftlich systematisch betriebene Mischwälder, Buchen- oder Rottannenwälder übergeführt.

1. Die Pflanzengesellschaften der Niederterrasse

Der natürliche Waldbestand der Ni. ist der mesophytische Mischwald. Sämtlichen, in der H.-W.-Rinne gebildeten Assoziationen, vom nassen Verlandungsbestand bis zur Vegetation der trockenen Schotterbänke stand seit der Modellierung der Ni. genügend Zeit zur Verfügung, um ihre Entwicklung im Mischwald abzuschließen. Die früheren Stadien der zu diesem Endstadium führenden Sukzessionsreihen sind sämtliche verschwunden oder mindestens stark verwischt. Was von früheren Assoziationen am längsten noch dem geübten Auge wahrnehmbar bleibt, das ist die Herkunft des Mesophytenwaldes aus den Föhrenbeständen der trockenen Schotterflächen ohne Sanddecke. Zwar lassen diese Böden auf der Ni. nirgends mehr den nackten Schotter zu Tage treten. er ist mit einer meist weniger als ein Dezimeter mächtigen, lockeren Humusschicht bedeckt (z.B. Probe 8a, Stelle im Suhrhard bei der Römerstraße), sodaß stellenweise der darüber schreitende Fuß noch deutlich die Gerölle unter dem Humus verspürt.

Der Wald dieser Plätze, die sich oft noch als einige Dezimeter hohe Rücken («Raine») über die zugehörigen Terrassenstufen erheben, unterscheidet sich vom angrenzenden Mesophytenwald durch etwas lockerere Bestandesbildung und häufiges Auftreten der Föhre und Eiche (*Pinus silvestris*, *Quercus Robur*). Unterholz und Niederwuchs zeigen aber keine vom mesophytischen Mischwald wesentliche und so allgemein gültige Abweichung ihrer Zusammensetzung, daß wir uns für berechtigt hielten, besondere Subtypen des mehr

oder weniger natürlichen Mesophytenwaldes zu unterscheiden. Deutlich werden die Abweichungen nur dort, wo mit Erfolg aufgeforstet worden ist und damit künstlich scharf differenzierte Waldtypen geschaffen wurden, wie z. B. der Fichtenwald, der neben Acker und Wiesland weitaus die größten Flächen der Ni. bedeckt. Wir befassen uns hier nicht mit der Vegetation der künstlichen Waldformen und verzichten auch auf die Wiedergabe der Übergangserscheinungen im allgemeinen zum Mischwald, indem diese in der früheren Arbeit¹ zu finden sind. Wir begnügen uns lediglich mit dem Hinweis auf die Zusammensetzung eines Mischwaldes im Eiholz östlich Rohr, der, obwohl nur 1,5—2 m über der Talsohle gelegen, den Auenwaldcharakter eingebüßt hat und bereits ein ausgesprochener Mesophytenwald ist. Der Boden ist an dieser Stelle vollkommen kalkfrei und zeigt bereits schwach saure Reaktion (Vgl. Tab. I u. II, Proben 7 a u. 7 b).

Oberholz: Am häufigsten: *Carpinus Betulus*, zerstreut: *Picea excelsa*, *Fagus silvatica*, *Quercus Robur*, *Ulmus scabra*, *Acer Pseudoplatanus*, *A. platanoides*, *Tilia platyphyllos*, vereinzelt: *Betula pendula*, *Prunus avium*.

Unterholz: Zerstreut: Die Sträucher des Auenwaldes, wobei *Prunus Padus* stark zurücktritt; ferner: *Corylus Avellana* und Nachwuchs des Oberholzes.

Niederwuchs: Die gemeineren Arten des Auenwaldes, wobei *Allium ursinum*, *Arum maculatum* u. *Anemone ranunculoides* im Vergleich zu ihrem Vorkommen in den benachbarten Auen- oder Übergangsböden zum Mesophytenwald auffällig stark zurücktreten. *Anemone nemorosa* dominiert, und neu gesellen sich hinzu: *Luzula pilosa*, *Scilla bifolia*, *Asarum europaeum*, *Lathyrus vernus*, *Oxalis acetosella*, *Euphorbia amygdaloides*, *Hypericum perforatum*, *Viola silvatica*, *V. Riviniana*, *Hedera Helix*, *Ajuga reptans*, *Asperula odorata*, *Phyteuma spicatum*.

Bemerkenswert ist, daß *Asarum*, das im erwähnten Eiholzmischwald ziemlich häufig ist, im untersuchten Auenwald ebensowenig wie in den Mischwäldern der älteren, höheren Terrassen gefunden wurde, während es im Aargauer Jura ziem-

¹ Siegrist, l. c. S. 109 ff.

lich häufig ist. Analog verhält es sich mit dem Vorkommen von *Helleborus foetidus*, der häufiger als *Asarum* in lichtoffenen Übergangsassoziationen zum Mesophytenwald auftritt, während er in den Assoziationen der tiefer und höher gelegenen Uferstufen fehlt.

2. Der Boden der Niederterrasse.

Trotzdem die Einwirkung des Menschen auf die Vegetation dieser Gebiete so einschneidend war, so kann die Bodenbildung im Walde als vollkommen natürlich angesehen werden. Ein merkbarer Einfluß auf eine gewisse Zeit hinaus müßte sich bei Kahlschlägen geltend machen,¹ indem dadurch die Auswaschung des Bodens bei starken Niederschlägen und bei der Schneeschmelze außerordentlich gesteigert wird und ein sogenanntes Dichtschrämmen der Oberkrume stattfindet.

Kaum von Einfluß auf den Boden dürfte das parzellenweise Anpflanzen junger Bäumchen und die damit verbundene Grabarbeit sein. Die Folge dieser Operationen ist eine Durchmischung in der obersten Schicht, die im natürlichen Zustand des Bodens von Maulwurf und Regenwurm sicherlich ebenso gründlich geleistet wird.

Die Analysen einer Anzahl aus den verschiedenen Terrassenstufen, die mit zunehmender Höhe immer einem höhern Alter des Bodens entsprechen, zeigen deutlich den Verwitterungsverlauf des Bodens im humiden Klima, d.h. fortschreitende Auswaschung der wasserlöslichen und durch die Humusstoffe löslich gemachten Bestandteile.

Bei den Böden des Auenwaldstadiums konnte gezeigt werden, daß durch die Humusbildung und Humuszersetzung eine schwache Kalkauswaschung festzustellen ist, der parallel bereits ein chemischer Aufschluß der Aluminium-Eisensilikate bereits einhergeht. (Vgl. Seite 112.) Aus den beiden Tabellen I und II, ersieht man, daß der Boden, sobald er nicht mehr in der Hochwasserzone liegt, sozusagen plötzlich keinen Kalk mehr aufweist. Im Felde ist der Übergang von kalkhaltigem Auenwaldboden zum kalklosen Boden der nächsten Stufe oft erstaunlich scharf. Wenn ein kaum einhalbmeter hohes Bord

¹ Über den Einfluß des Kahlschlages auf den Waldboden vgl. Burger, l. c.

die ältere Stufe andeutet, so kann der Übergang von einem Schritt auf den andern festgestellt werden. Der Boden der untern Stufe braust mit Salzsäure stark auf, und ein bis zwei Meter weiter zeigt der etwas höher gelegene Boden nicht mehr die geringste Spur einer Reaktion.

a. Die Reaktion der Böden.

Mit dem Moment, wo sämtlicher Kalk aus den Böden ausgewaschen ist, ist die Möglichkeit vorhanden, daß die Reaktion sauer wird. Aus Tab. I, wo die Reaktionen in pH¹ eingetragen sind, ersieht man, wie das pH auf der ersten Stufe über dem Auenstadium (Probe 6) aus dem Eiacker im Rohrschachen auf 6,9, in der nächsten Stufe (Probe 7), aus dem Eiholz, etwas höher im Rohrschachen, auf 6,3 (resp. 6,5 in der Oberfläche, vgl. unten) und auf der Stufe der Römerstraße auf 5,8 sinkt.

Die Böden werden also mit zunehmendem Alter deutlich saurer. Die Reaktion der älteren Stufen der Ni. beträgt etwas unter der Oberfläche etwa pH=6. Es kann vorweggenommen werden, daß auf der Hochterrasse ein pH von etwa 5 festgestellt wurde.

b. Das Bodenprofil auf der Niederterrasse.

Auf der Niederterrasse kommt es zur Ausbildung eines deutlichen, charakteristischen Bodenprofils. Durch die Verwitterung entstehen in den verschiedenen Tiefen ganz bestimmte chemische Differenzierungen.

Der Geologe begnügt sich im allgemeinen festzustellen, wieweit hinunter der Boden, resp. das Anstehende «verwittert» ist, während es dem Bodenkundler darauf ankommt, das Charakteristische an der Verwitterung in ihren einzelnen Phasen festzustellen und die Böden nach ihren Profilen (Verlauf der Verwitterungserscheinungen von oben nach unten) zu charakterisieren. Die normalerweise horizontal verlaufenden Schich-

¹ Die Reaktion der Böden ist in den Tabellen als pH angegeben, es ist dies der negative Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration ausgedrückt in Gramm Wasserstoffionen im Liter. Reines Wasser enthält 10^{-7} gr H-ionen i.l., das pH beträgt also 7, Säuren enthalten mehr H-ionen, 10^{-6} , 10^{-5} etc., pH von 6 und 5 und weniger zeigen also saure Reaktion an; umgekehrt bedeutet pH > 7 alkalische Reaktion. Vgl. H. J e n n y, Reaktionstudien an Schweizerischen Böden, Landwirtschaftliches Jahrbuch der Schweiz, 1925, Bern 1925.

ten gleicher Zusammensetzung nennt man in der Bodenkunde «Horizonte».¹

Je höher unsere Untersuchungen uns auf die Terrassen hinaufführten, umso tiefer mußte jeweils gegraben werden, um das ganze Bodenprofil von der Oberfläche bis zum unverwitterten Untergrund (Schotter) bloßzulegen, auf den höhern Terrassestufen war man froh, in Kiesgruben etc. die vorhandenen Aufschlüsse benutzen zu können.

Wenn oben die pH-Zahlen von verschiedenen «Böden» angegeben worden sind, so war dies nicht streng wissenschaftlich; denn jeder Boden hat in jeder Tiefe ein ganz bestimmtes pH, sofern es sich nicht um einen in seiner ganzen Mächtigkeit homogenen Boden handelt, wie etwa bei den frischen Sandaufschüttungen. Tab. I zeigt, wie das pH der Ni.-Böden in den verschiedenen Tiefen verschieden ist. Die Oberfläche hat immer ein deutlich höheres pH als die darunterliegende Schicht, d.h. sie ist etwas weniger sauer als der Boden unmittelbar darunter. In dem vollständigen Profil aus der Ni. (Probe 13 von Ruppertswil) zeigt sich deutlich, daß das pH-Minimum etwas unter der Oberflächenschicht liegt, nach unten nimmt es dann wieder zu und erreicht in der kalkhaltigen Zone die neutrale Reaktion mit 7,2.

Es liegt scheinbar ein Anomalie vor, da doch anzunehmen wäre, daß die Verwitterung von oben nach unten geht, und da in der Oberfläche die stärkste Humusbildung und damit der stärkste Humusabbau vorhanden sein muß, sollte diese Schicht am sauersten reagieren. Aus diesem Grunde muß

a. die Oberflächenschicht

etwas eingehender und für sich besprochen werden.

Der Grund dieses scheinbar abnormalen Verhaltens der Oberflächenschicht liegt in der Düngung durch Flugstaub. In dem Maß, wie sie hier beobachtet wird, ist sie nur möglich durch den gewaltigen Eingriff des Menschen in die natürliche Vegetation, den Wald, wie er zu unsrer Zeit eben stattgefunden hat. Aus einem Waldgebiet heraus ist keine Flugstaubbildung zu erwarten. In beschränktem Maße besteht sie aus den offenen Schotterbänken und den nur mit offenem Rasen bewachsenen Stellen der Auensandböden, also aus der tiefsten

¹ Von den russischen Forschern eingeführter Begriff, heute allgemein in der Bodenkunde.

Talsole herauf. Dies haben die oben besprochenen Verhältnisse der Dünenablagerung bei Brugg gezeigt.¹ In dem Dünen-sand fehlen die feinsten Partikel, die sonst mit dem Aaresand abgelagert werden, wie aus der Schlämmanalyse Tab. III zu ersehen ist, sie sind vom Wind weiter transportiert worden. Die Bodenproben, an welchen die starke Flugstaubdüngung festgestellt worden ist, liegen aber 1 bis 4,5 km vom Flusse abseits und nicht in der vorherrschenden Windrichtung. Die Flugstaubablagerung an diesen Stellen muß eine Folge der menschlichen Tätigkeit, des Ackerbaus und des modernen staubentwickelnden Verkehrs sein.

Aus einem frischgepflügten Acker können natürlich bei trockener Witterung ungeheure Mengen von Staub herausgeblasen werden. Noch stärker scheint uns aber die Wirkung des durch den Verkehr erzeugten Staubes zu sein. Sie mag schon vor 2000 Jahren begonnen haben, als die römischen Legionen in schwerem Reisemarsch auf ihrer gutbeschotterten Heerstraße durch den Suhrhard dahinzogen und hat natürlich erst viel später mit der Entwicklung der Eisenbahn und in neuester Zeit mit der Ablösung des Pferdefuhrwerkes durch das Lastauto sich ganz gewaltig gesteigert.

Tatsächlich kann an den vorliegenden untersuchten Proben die stärkste Düngwirkung durch Flugstaub an der Probe 13 a festgestellt werden, die aus der Kiesgrube bei Rupperswil stammt, welche unmittelbar neben der starkbefahrenen Schnellzugslinie Zürich-Olten liegt.

Dort ist der Kalk bis auf eine Tiefe von 150 cm ausgewaschen, nur die oberste Schicht zeigt einen Karbonatgehalt von 0,4 % und ein entsprechendes pH von 7,2, während die untern Schichten sauer reagieren.

Die Bedeutung dieser Düngung für die Bäume ist sehr schwer zu beurteilen; die tiefgehenden Wurzeln können wohl Nährstoffe genug aus den tiefern, noch kalkhaltigen Schichten heraufholen, dagegen muß für die jungen Pflänzchen die Dünge-

¹ Starke Flugstaubbildung ist natürlicherweise eine Eigenschaft der ariden Gebiete (Wüsten und Steppen). Aus Flußanschwemmungen heraus spielt sie eine lebenswichtige Rolle in der Tundrenzzone. Längs der Flüsse bestehen soweit die Wirkung der Flugstaubablagerung reicht, Wälder bis tief nach Norden in die Tundrenzzone hinein. Nach: P. Treitz, Comptes rend. de la III. Conférence internationale agropédologique à Prague 1922, Prag 1924, daselbst weitere Angaben über die Flugstaubwirkungen in anderen Gebieten.

wirkung schon merkbar sein, sind doch die unter der Oberfläche liegenden Schichten sehr nährstoffarm (Vgl. Tab. II und die folgenden Abschnitte.). Auch für die Kulturen ist diese ständige Düngung wertvoll. Da wir aber nicht auf die Bodenverhältnisse der Kulturen (Wiesen und Äcker) eingehen, weil sie beträchtlich von denen der Waldböden abweichen, kann diese Frage auch nur angedeutet werden. Eine eingehende Prüfung des Problems verlangte nicht nur Untersuchungen im Laboratorium, sondern auch Versuche im Felde.

Unter dieser mit Flugstaub untermischten Oberflächenschicht ist der Boden am stärksten verwittert. Wir nennen diesen Horizont

β. Die Zone der stärksten Verwitterung.¹

In Tab. II sind die chemischen Analysen folgender Böden zusammengestellt:

- No. 9, Ein frisch angeschwemmter Sand.
- No. 12 a, Humusschicht aus einem Erlenbestand (typisches Auenwaldstadium).
- No. 6, Verwitterte Schicht des Bodens eines wenig höher als die Auenwaldstufe gelegenen Mischwaldes.
- No. 7 b, Verwitterte Schicht wenig älteren Bodens als Probe 6.
- No. 13 b, Stärkste Verwitterungsschicht der höheren Stufe der Ni.
- No. 18 b, Stärkste Verwitterungsschicht aus der Ho.

Die Tabelle gibt das Bild des Verwitterungsverlaufes den der frisch angeschwemmte Sand der Jahrhunderte durchmacht. Die hauptsächlichsten Verwitterungsvorgänge sind oben schon besprochen worden, das Zunehmen der sauren Reaktion und die Kalkauswaschung. Durch das Sinken des pH (Sauer-

¹ Die einzelnen Bodenproben wurden immer mit der Nummer der Grube, und von oben nach unten mit a, b, c, usw. numeriert, deshalb sind in Tabelle II. die b-Proben als die stärkstverwitterten Schichten der älteren Böden angeführt. Die russischen Forscher teilen allgemein jeden Boden in drei Horizonte, A, B, und C ein, und verstehen unter A den «Eluvial»-horizont, d. i. die oberste, ausgewaschene Schicht, unter B den Illuvialhorizont, die Schicht, in welche die oben gelösten Stoffe eingeschwemmt und z. T. abgelagert werden, und unter C den unverwitterten Untergrund. Für unsere Verhältnisse wäre diese einfache Dreiteilung unmöglich und die Unterteilung in A₁, A₂, B₁, B₂ etc. -Horizonte schiene uns das Ganze nur zu komplizieren. Vgl. auch R a m a n n, Bodenbildung und Bodeneinteilung, Seite 52.

werden) wird zunächst ein weiterer chemischer Aufschluß der Silikatgesteine bewirkt.

In der Analyse kommt dies darin zum Ausdruck, daß die verwitterten Silikatbestandteile im Salzsäureauszug gelöst werden, während die unverwitterten Silikate unlöslich zurückbleiben. Aus der Tabelle ersieht man denn auch in der Tat, daß die Menge der Kieselsäure salzsäurelöslicher Silikate in der Probe 7b ein Maximum erreicht, ebenso die Tonerde, während das Eisenoxyd schon im Boden 6 den höchsten Anteil erreicht und auf der Stufe zwischen Probe 6 und 7b eine schwache Abnahme festzustellen ist. Die höheren Stufen der Ni., d. h. die Probe 13b zeigt, daß die salzsäurelöslichen Anteile an Kieselsäure, Tonerde und Eisenoxyd abgenommen haben. Tonerde und Eisenoxyd sind in dem saurer gewordenen Boden unter der Mitwirkung der Humusstoffe ausgewaschen worden. Über das Schicksal der Kieselsäure kann mit Bestimmtheit nichts ausgesagt werden, sie kann entweder mit dem Eisen und Aluminium in die untern Schichten transportiert worden sein, oder aber, sie hat sich in den oberen Schichten in eine unlösliche Form umgelagert.

Alle diese Vorgänge sind nur kolloidchemisch zu verstehen. Sie sind aber durchaus noch nicht vollständig abgeklärt. Bei der Verwitterung der Silikate entstehen amorphe Tonerdesilikate,¹ die kleinsten Teilchen dieser Verbindungen lagern sich zu größeren Aggregaten zusammen, die sehr viel Wasser kapillar festhalten, sie können dann eine gelartige d. h. schleimige Beschaffenheit annehmen oder — je nach den Bedingungen — als etwas trockenere Koagulate vorliegen. Ähnlich verhält sich das Eisenoxyd, das sich als kolloides hydratisiertes Eisenoxyd ausscheidet. Der saure Humus wirkt nun als Schutzkolloid, d. h. er verhindert, daß die kolloiden Stoffe, vor allem das Eisenoxyd durch die vorhandenen Ionen ausgeflockt werden und als grobe Koagulate in den oberen Schichten liegen bleiben. Durch die Wirkung des Humus wird also das Auswaschen dieser Stoffe ermöglicht.

Die übrigen bei der Silikatzersetzung freiwerdenden Basen, das Kalzium und das Magnesium, gehen in der sauren Schicht

¹ Allgemein werden diese Stoffe als amorph bezeichnet, makroskopisch und auch mikroskopisch läßt sich keine Kristallstruktur feststellen, es ist indes sehr wohl möglich, daß die feinsten Teilchen trotzdem als Kristalle vorliegen, bei sehr vielen Kolloiden ist dies der Falle.

mit der vorhandenen Kohlensäure in Bikarbonat über, und werden ebenfalls stark ausgewaschen. Ebenso verarmt der Boden an Kalium. Im Gegensatz zu den Basen reichert sich die Phosphorsäure beträchtlich an.

Dieser geschilderte Vorgang in der Zone stärkster Verwitterung, d.h. des unter der flugstaubgedüngten Humusschicht liegenden Horizontes, muß zur Bildung des ausgesprochenen Bleicherdehorizontes führen. Schon nach den vorliegenden Zahlen kann man die Böden als podsolige Böden bezeichnen.¹

Es sei zunächst noch auf

die Verhältnisse in den untern Schichten hingewiesen. Totalanalysen aus den tiefern Schichten der Ni.-Böden wurden keine ausgeführt.² Die Zahlen aus Tab. I (vgl. vor allem Profile 13 und auch 18) und die makroskopische Beobachtung im Felde ergeben für die Ni. folgendes:

Der Kalk (Karbonat) ist bis in eine Tiefe von 100—150 cm vollständig ausgewaschen. Die kalkfreie Zone, die, wie die Analysen zeigen, weniger Humus enthält als die obern und die darunter liegenden Schichten, ist rotbraun gefärbt. Durch den geringeren Humusgehalt kommt die rote Farbe des Eisens voll zur Geltung. Beim Glühen von Proben dieser Schichten wird die organische Substanz, also der Humus entfernt und die Farbe wird leuchtend ziegelrot, während die ausgewaschenen, obern Schichten nach dem Glühen schwach gelbrot sind. Es muß demnach hier eine Anreicherung des in den oberen Schichten ausgewaschenen Eisenoxys stattgefunden haben. Diese Eisenanreicherung wurde analytisch belegt: Im (konventionellen) Salzsäureauszug (zur Bestimmung der Nährstoffe) der Proben 13b, 13c und 13e wurde die Summe der Sesquioxyde, ($\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$), also die Summe von Tonerde und Eisenoxyd bestimmt und die folgenden Zahlen erhal-

¹ Podsol ist eine russische Bezeichnung und bedeutet Ascheboden. Der Name rührt von der aschgrauen bis fast vollständig weißen Farbe des ausgebleichten Horizontes her, der für die Böden humider, kalter Gebiete eigen ist. Der Ausdruck Podsol ist heute in der Bodenkunde allgemein gebräuchlich für Böden, die eine Eisenauswaschung in den obern Schichten zeigen. Ist die Auswaschung nur schwach und nicht ohne weiteres zu erkennen, so kann man von podsoligen Böden sprechen.

² Da derartige Analysen sehr zeitraubend sind, mußte eine abschließende Bearbeitung des ganzen Problems, die noch sehr viel Analysen erfordern wird, auf spätere Zeit hinausgeschoben werden.

ten: Schicht 13b (schwach ausgebleicht) enthielt noch 4,72 % R_2O_3 ¹; Probe 13c aus der rotbraunen verwitterten Schicht aus 55—65 cm Tiefe 6,37 % R_2O_3 und die schwach angewitterte, noch 0,05 % Kalk enthaltende Schicht 13e aus 150—160 cm Tiefe enthielt nur 2,89 % R_2O_3 , die Verwitterung der eisen- und aluminium-haltigen Silikate war hier in der untersten Schicht noch wenig weit fortgeschritten.

Die Ausscheidung des Eisens und Aluminiums scheint allmählich zu verlaufen, es lassen sich keine scharfen Grenzen feststellen, sondern es sind Übergänge in der roten Färbung gegen oben und gegen unten vorhanden. Nur an den Stellen, wo das eisen- und humusführende Wasser bis in den kalkhaltigen Untergrund hinunter gelangt, bevor das Eisen abgeschieden wurde, treten scharfe Grenzen auf, indem die kolloiden Eisenhumusstoffe in dem neutralen, kalkhaltigen Gebiet sofort scharf ausgefällt werden. Dieser Vorgang führt zu den in den Aufschlüssen der Ni. häufig zu beobachtenden rostroten Taschen, die in den unverwitterten Untergrund hinabreichen.

Soweit der Kalk ausgewaschen ist, sind die Steine stark angewittert, sie unterliegen hier dem ähnlichen Verwitterungsprozeß, wie die Gesteine der Oberfläche, jedoch ist zu bedenken, daß weniger Humus vorhanden ist. Die saure Reaktion nimmt gegen unten hin ab und wird sofort neutral, sobald noch etwas Kalk vorhanden ist. Der Übergang von der kalklosen, angewitterten Zone zum kalkhaltigen, unverwitterten Untergrund ist meist sehr scharf. Er kennzeichnet sich deutlich in der Farbe. Soweit der Boden verwittert ist, zeigt er braunrote bis rostrote Farbe, darunter ist die graue, schwach grünstichige Färbung des Untergrundes.

Als Untergrund liegt der unverwitterte Niederterrassenschotter vor, dessen geologische Entstehung schon eingangs beschrieben worden ist. Aus einer Sandschicht in etwa 8 m Tiefe unter der Oberfläche bei der Kiesgrube in Rapperswil wurde eine Probe genommen (13f) und deren Kalk- und Humusgehalt bestimmt. Die Zahlen, 23,0 % $CaCO_3$ und 4,1 % Humus zeigen deutlich, daß bei der Ablagerung des Schotters genau die gleichen Verhältnisse geherrscht haben müssen, wie sie heute bei der Geschiebeablagerung vorliegen. Sie sind genau die Durchschnittswerte des Kalk- und Humusgehaltes der rezenten Aarealluvionen.

¹ R_2O_3 = Abkürzung für $(Al_2O_3 + Fe_2O_3)$.

Es sei an dieser Stelle eine kurze

Zusammenfassung

über das Bodenprofil der höhern Stufen der Niederterrasse gegeben.

Im Schema S. 130 sind die hauptsächlichsten Merkmale und die wichtigsten chemischen Daten des Bodenprofils der obern Niederterrassenstufen zusammengestellt.

Im Felde läßt sich der podsolige Charakter dieser Terrasseböden schwer erkennen.¹ Der hohe Humusgehalt überdeckt die von den Eisenverbindungen hervorgerufene Färbung stark, sodaß die obersten, eisenarmen Schichten oft ebenso dunkel oder noch dunkler erscheinen, als die darunterliegenden, von Eisenoxyd und wenig Humus dunkelrotbraun gefärbten Schichten.

Für die Schichten, die wir als Verwitterungshorizont bezeichnet haben, ist charakteristisch, daß Einschwemmung und Verwitterung nebeneinander hergehen. Während also von oben Eisen- und Aluminiumoxyd eingeschwemmt werden, werden die leichter löslichen Stoffe (vgl. die CaCO_3 -Zahlen) ausgewaschen. Ferner ist eine starke Humusabnahme festzustellen.

Ausschlaggebend für die Verhältnisse dieser Böden ist das junge geologische Alter des Muttergesteins (diluvialer Niederterrassenschotter), der außerordentlich hohe Humusgehalt, der schon in der ganzen Mächtigkeit des Muttergesteins vorliegt, und die starke Durchlässigkeit des Untergrundes des Schotters. Durch den Humusgehalt wird das Bodenprofil gewissermaßen in die Tiefe gezogen, d. h. die Vorgänge, die sich in einem Boden mit humuslosem Untergrund durch die Wirkung des Humus abspielen, der erst von oben nach unten transportiert werden muß, können hier schon in größeren Tiefen vor sich gehen. Dabei spielen die Bedingungen für die humuszersetzenden Bakterien (Luft etc.) in den

¹ B. Aarnio, (Helsingfors) hat jedenfalls als erster das Vorkommen von Podsol in unsern Gebieten auf Grund der klimatischen Verhältnisse vermutet. Bei einem Besuche in unserer Gegend 1922 suchten wir vergeblich in der Ni. (Kiesgrube bei Buchs) nach einem deutlich erkennbaren Podsolprofil, in der Ho. fanden wir damals keinen guten Aufschluß. Analysen lagen noch keine vor. In den finnländischen Böden sind die verschiedenen Horizonte viel auffallender in ihrer Farbe voneinander unterschieden.

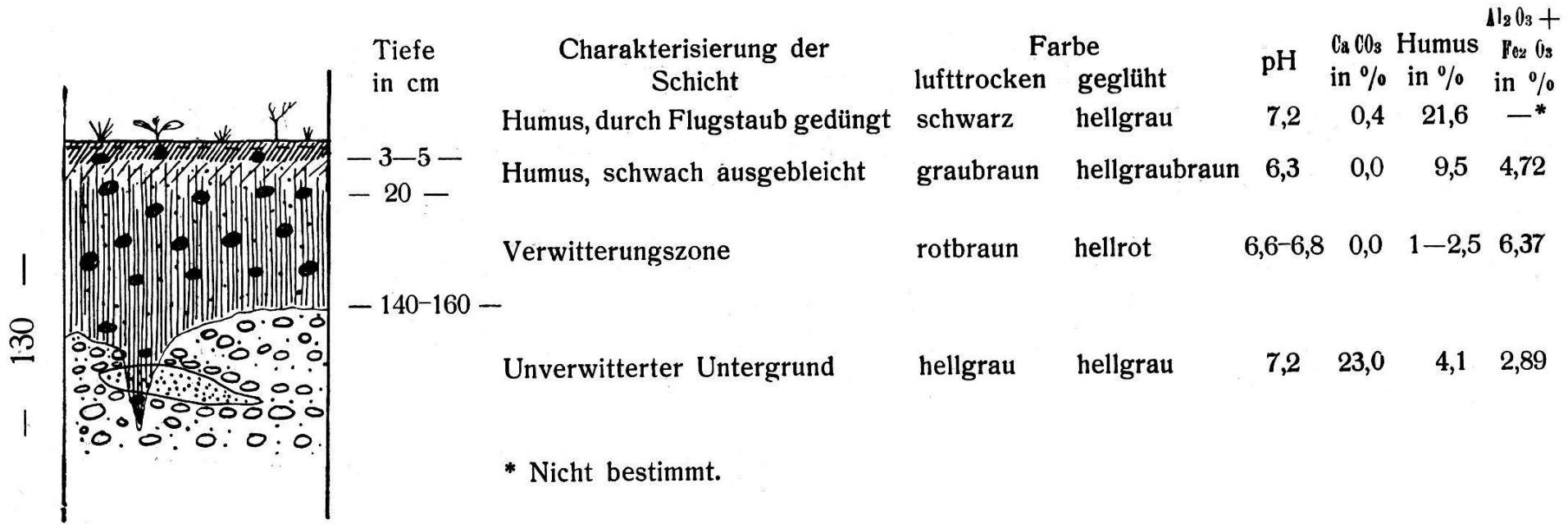


Fig. 10. Schema des Bodenprofils auf der Niederterrasse.

verschiedenen Tiefen eine ausschlaggebende Rolle. Auf diese Probleme konnte indes nicht eingegangen werden. Die große Durchlässigkeit der Böden für das Niederschlagswasser bedingen ein rasches Abfließen und damit eine relativ geringe Verdunstung; der Wasserstrom von oben nach unten ist also größer, als in einem Boden mit gleichen klimatischen Bedingungen, der aber weniger durchlässig ist. Dadurch werden für den Boden die Verwitterungsbedingungen gleichsam humider, trotzdem die Böden selber sehr trocken sind.

Eine Einreihung des vorliegenden Bodens in einen bekannten Bodentypus begegnet Schwierigkeiten. Es sind Ähnlichkeiten mit verschiedenen, genau untersuchten Böden vorhanden (podsolige Böden Rußlands, braune Waldböden, wie sie in Ungarn und Finnland beschrieben worden sind u. a.), völlige Übereinstimmung liegt aber nirgends vor. Wahrscheinlich muß der Boden, als eigener Typus, noch genauer charakterisiert, in die Gruppe der podsoligen Böden eingereiht werden.

Als Hauptresultat der Untersuchungen sei nochmals kurz folgendes zusammengefaßt:

Waldböden der oberen Niederterrassenstufen sind podsolige Böden. Als solche zeigen sie eine vollständige Kalkauswaschung in einer Mächtigkeit von 1,2—1,8 Meter, eine deutliche Auswaschung an Sesquioxiden aus den oberen (20—30 cm mächtigen) Schichten, (Eluvialhorizont), und eine Anreicherung dieser Stoffe (und zwar sowohl an Eisenoxyd und Aluminiumoxyd) in den untern, bereits kalklosen Schichten (Illuvialhorizont).

Im Einschwemmungshorizont ist die Eisenanreicherung an der rotbraunen Farbe mehr oder weniger deutlich zu erkennen.

C. Die Hochterrasse.

Unsere Studie wäre unvollständig, wenn nicht als Abschluß ein Bild der Verhältnisse auf der Hochterrasse kurz gezeichnet würde. Vornehmlich im Bodenprofil ist das wesentlich höhere Alter zu erkennen und ein Stadium erreicht, welches zu den Beobachtungen auf der Niederterrasse eine wertvolle Ergänzung bildet.

Die Ausdehnung der Ho. am Talrande zwischen Ni. und Molasse und ihre Entstehung sind im «Allgemeinen Überblick» geschildert worden.

1. Die Vegetation der Hochterrasse.

Während auf der Ni. stellenweise noch Überreste natürlicher Mischwälder vorhanden sind, finden wir solche auf der Ho. höchstens noch dort, wo es sich um Schotterbänke handelt, deren Oberfläche keine Sanddecke trägt.

Da ein Großteil der Ho.-Oberfläche mit Lehm oder Löß bedeckt ist, stehen große Waldbestände nicht auf dem Terrassenschotter und seiner ursprünglichen Sanddecke. Jene dürfen deshalb, weil einem ganz andern Boden angehörend, nicht in den Rahmen der von uns ins Auge gefaßten Sukzessionen einbezogen werden, zumal auch diese Bestände nirgends mehr natürlich sind.

Die von uns genauer untersuchte Partie der Ho. Rinthalwand bei Gränichen darf als das älteste in unserer Gegend vorhandene Glied der Sukzessionsreihe auf den «nackten Schotterbänken ohne Sanddecke» betrachtet werden. Leider ist dieser Bestand nur über mehrere Aren ausgedehnt, sodaß über seine Ausbildung wenig Charakteristisches angeführt werden kann. Der lockerere Aufbau des Bestandes, sowie das häufige Auftreten von *Quercus Robur* lassen aber deutlich den Zusammenhang mit der erwähnten Sukzession auf den Schotterbänken erkennen, trotzdem an dieser Stelle das für viele Ni.-Schotterflächen und namentlich für die rezenten Schotterbänke ohne Sanddecke charakteristische *Pinetum* vollständig durch ein *Abietum-Quercetum* abgelöst ist. Die Zusammensetzung dieser Ho.-Schotterfläche ohne Sanddecke mit 10—15 cm Humus ist folgende:

Oberholz: *Abies alba* dominiert, *Quercus Robur*, *Carpinus Betulus*, *Fagus silvatica* sind zerstreut.

Unterholz: *Abies alba* als natürliche Verjüngung bildet stellenweise äußerst dichte Bestände, *Fagus silvatica* zerstreut, *Ligustrum vulgare*, zerstreut und mit Legesproßen, ähnlich wie sie früher für die rezenten Schotterbänke beschrieben worden sind,¹ *Ilex Aquifolium* zerstreut.

Niederwuchs: Fast alle Arten spärlich und zerstreut; *Carex montana*, *C. umbrosa*, *C. diversicolor*, *Luzula pilosa*, *L. silvatica* stellenweise zahlreich, *Polygonatum multiflorum*, *Neottia Nidus avis*, *Anemone nemorosa*, *Potentilla sterilis*, *Lactyrus vernus*,

¹ Siegrist l. c. S. 125.

Oxalis Acetosella, Viola Riviniana, Hedera Helix, Asperula odorata, Phyteuma spicatum, Hieracium Pilosella.

Wenn einerseits diese Florenliste nicht hinreichend ist, um über den Zusammenhang der Pflanzenarten und der Beschaffenheit, namentlich die Acidität des Bodens etwas aussagen zu können, so geht andererseits aus dem Aufbau des Bestandes deutlich der Übergang des Eichwaldes in den Weißtannenwald hervor. Wir können die früher für die nackten Schotterbänke beschriebene Sukzession wie folgt ergänzen:

Pinetum silvestris ➡ *Quercetum* ➡ *Abietum albae*.

Mit dieser Feststellung müssen wir uns vorläufig begnügen. Wie stark die fortgeschrittene Verwitterung dieser Ho.-Böden, stärkere saure Reaktion, sehr starke Auswaschung von Kalk, Magnesium und Kali, ihren Einfluß auf die Ausbildung der Pflanzengesellschaften geltend macht, kann erst nach dem Studium einer größeren Anzahl analoger Beispiele gesagt werden, weshalb wir hier von jeder Verallgemeinerung unserer Beobachtungen absehen.

2. Die Bodenverhältnisse.

Leider sind recht wenig schöne Aufschlüsse in der Ho. vorhanden, welche ein charakteristisches Bodenprofil zeigen. In den Kiesgruben in der Ni., wo der Ho.-Schotter angeschnitten ist, zeigt sich meist nur der unverwitterte Schotter, dessen obere Lagen gelegentlich etwas angewittert sind, aber natürlich kein richtiges Profil zeigen. Der Schotter selber weicht unwesentlich vom Ni.-Schotter ab, sehr oft ist er durch Kalk mehr oder weniger verkittet und an manchen Stellen dadurch zur eigentlichen Nagelfluh geworden. (Vgl. auch Mühlberg, l. c.)

Die Kiesgrube in der Ho. an der «Bachstraße» Aarau-Suhr (200 Meter westl. Punkt 396 auf der Landstraße Aarau-Suhr, Karte 1:25 000) liegt am Abhang der Ho., auf dessen Oberfläche Gehängeschutt (eingeschwemmter Moränelehm etc.) liegt, der nicht als Boden der Ho. gelten kann. Ein weiterer Aufschluß in der Kiesgrube bei der Brestenegg (350 Meter nordöstl. des Armenhauses Suhr) zeigt ein Bodenprofil, das ebenfalls nicht befriedigen kann. Dagegen fanden wir einen sehr wertvollen Aufschluß im Ho.-Boden mitten im Walde westlich (unterhalb) der Rinthalwand (nördl. Gränichen), der einen guten Einblick

in die Bodenverhältnisse der Ho. ergab und deshalb an dieser Stelle etwas ausführlicher besprochen werden soll.

Der Aufschluß in der Ho. an der Rinthalwand (Gränichen).

Der hier wenig mächtige Ho.-Schotter (3—4 m) ist durch eine neue, kleine Kiesgrube angeschnitten. Unter der Ho. sind einige qm Erosionsoberfläche der untern Süßwassermolasse bloßgelegt. Fig. 11 gibt die Lage der Kiesgrube.

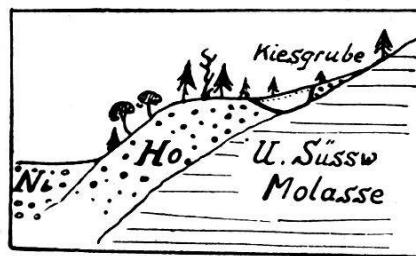


Fig. 11.

Das Bodenprofil.

Grundsätzlich ist genau dasselbe Profil festzustellen, wie in den Ni.-Böden, der Verwitterungsprozeß ist aber weiter fortgeschritten, das Podsolprofil läßt sich hier deutlich erkennen.

Die eisenarme, ausgewaschene Schicht unter der 10—15 cm mächtigen Humusschicht hebt sich in einer Mächtigkeit von 20—30 cm in ihrer hellbraunen Färbung vom rotbraunen Untergrund ab.

Die Resultate der Beobachtungen und Untersuchungen ergeben im Schema das folgende Bild des Profils. (Fig. 12, S. 135.)

Die Reaktionen sind stärker sauer, als in den gleichen Tiefen in den Ni.-Böden. Trotzdem die Analyse der ausgebleichten Schicht (18b, Tab. II.) einen höhern Gehalt an HCl-löslichem Eisenoxyd ergibt, ist die Ausbleichung am Profil selber deutlich festzustellen. Der etwas geringere Humusgehalt läßt die Verhältnisse an den Farben besser hervortreten. Besonders bei sonniger Beleuchtung und trockenem Boden fällt der Farbenunterschied stark auf. In Abb. 13, Taf. III sind die verschiedenen Zonen deutlich zu erkennen.

Aus der Totalanalyse der Probe 18b (Tab. II) ersieht man auch die fortgeschrittenere Auswaschung an sämtlichen HCl-löslichen Stoffen (mit Ausnahme des erwähnten Eisenoxydes)

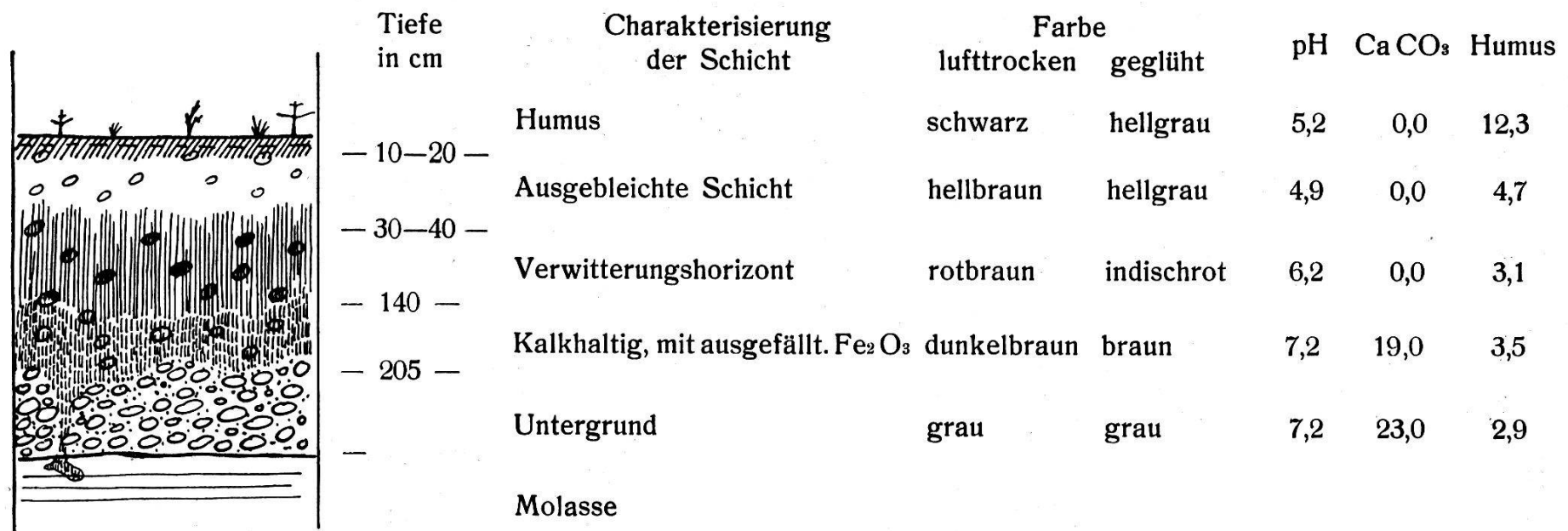


Fig. 12. Bodenprofil in der Hochterrasse (Rinthalwand, Gränichen)

gegenüber der Auswaschungsschicht der Ni.-Böden (Probe 13b). Den höheren Eisengehalt dieser Schicht führen wir auf die stärkere Zersetzung der eisenhaltigen Silikate zurück, deren freigewordenes Eisenoxyd noch der Auswaschung harrt. Die noch vorhandenen groben Steine dieser Schicht bestehen fast nur noch aus Quarzgeröll.

Die Gerölle der kalkfreien Verwitterungszone sind stark angewittert. Die Oberflächen, besonders der basischen Steine sind oft mit einer rotbraunen, feinen Schicht überzogen. In diesen lackartigen Überzügen erkennt man das Produkt des kolloiden, humusgeschützten Eisenoxydes, das hier langsam eingetrocknet ist.

Unter diesem kalkfreien Verwitterungshorizont liegt eine dunkelbraune, kalkhaltige Schicht, deren Mächtigkeit stark schwankt. In Abb. 13 ist sie heller als die rote, darüberliegende Schicht, in der Natur dagegen macht die Schicht dem Auge den viel dunkleren Eindruck. Der Kalkgehalt beträgt durchschnittlich 19 % CaCO_3 . Die groben Steine dieser Schicht sind noch wenig verwittert. Die braune Farbe rührt von ausgefälltem Eisenoxyd her, das hier in einer andern Form ausgeschieden wird, als in der kalkfreien, sauren Zone. Hier handelt es sich um eine energische Koagulation des kolloiden Eisenoxydes durch den Kalk, das Eisenoxyd fällt rel. grob dispers, d. h. in groben Aggregaten aus. In der oberen, sauren Zone ist das durch Humus geschützte Eisenoxyd fein dispers, d. h. es liegt in sehr feinen Teilchen vor und kann wieder in den Solzustand übergehen, also bei Niederschlägen mit dem Wasser in die Tiefe fließen. Beim Eintrocknen entstehen dann die geschilderten lackartigen Überzüge über die Steine, die dem ganzen Horizont die leuchtende, rotbraune Farbe verleihen.

Der unverwitterte Untergrund, in welchem noch keine Eiseneinschwemmung festzustellen ist, ist nur an einigen tiefsten Stellen in der Grube, wenig mächtig, über der Molasse sichtbar.

In der bloßgelegten Molasse sind ebenfalls noch Einschwemmungstaschen festzustellen. Rötliche Adern und Taschen im Sandstein erwiesen sich als bedeutend kalkhaltiger als der Sandstein der «unbefleckten» Molasse. Der Kalkgehalt der rotgefärbten Molasse betrug 23,5 % CaCO_3 , gegen 12,5 % CaCO_3 des normalen Sandsteins. Die rote Farbe deutet ferner auf einen schwachen Eisengehalt.