Beiheft zu [Band] 24 : die Flussschotter der Eiszeit im Aargau und ihre natürliche pflanzliche Besiedelungsmöglichkeit : eine geologisch-klimatologisch-botanische Studie

Autor(en): **Siegrist, Rudolf**

Objekttyp: **Appendix**

Zeitschrift: **Mitteilungen der aargauischen Naturforschenden Gesellschaft**

Band (Jahr): **24 (1953)**

PDF erstellt am: **15.05.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

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

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Heft XXIV der Mitteilungen der Aargauischen
Naturforschenden Gesellschaft

BEIHEFT

Die Flußschotter der Eiszeit im Aargau und ihre natürliche pflanzliche Besiedelungsmöglichkeit

Eine geologisch-klimatologisch-botanische Studie von

Rudolf Siegrist
Aarau

Verlag H. R. Sauerländer & Co. Aarau 1953

HEFT XXIV DER MITTEILUNGEN DER AARGAUISCHEN
NATURFORSCHENDEN GESELLSCHAFT

BEIHEFT

Die Flußschotter der Eiszeit im Aargau und ihre natürliche pflanzliche Besiedelungsmöglichkeit

Eine geologisch-klimatologisch-botanische Studie von

RUDOLF SIEGRIST
Aarau

Verlag H. R. Sauerländer & Co. Aarau 1953

Printed in Switzerland

Buchdruckerei H. R. Sauerländer & Co. Aarau

INHALTSVERZEICHNIS

I. *Einführung* 5
1. Zweck dieser Studie 5
2. Standortscharakteristik des Auenwaldes 6

II. *Geographisch-geologischer Teil* 7
1. Die klassische Terrassenlandschaft bei Aarau 7
2. Die Flußschottergebilde der Glazial- und Interglazialzeiten des Diluviums 8
a) Allgemeines 8
b) Die Deckenschotterzeit 11
c) Die Hochterrassenzeit 12
d) Die Niederterrassenzeit 15
3. Fortschreitende Flußerosionen in postglazialer Zeit und ihre Folgen 16
a) Erosion und Einschränkung des Überschwemmungsgebietes . 16
b) Zur Frage der Erosionsintensität der Aare in historischer Zeit . 18
4. Gründe für den Rückgang der Auenwälder in postglazialer Zeit . 21

III. *Verhältnis von Klima und Vergletscherung* 25

IV. *Die Pflanzenwelt der diluvialen Schotter* 29
1. Die flußbegleitende Vegetation im weiteren und engeren Sinne 29
2. Methoden zur Erforschung der vorhistorischen Vegetation . . . 29
3. Das Tertiär als Ausgangslage für die Pflanzenwelt des Diluviums 30
4. Verschwinden und Entstehen von Pflanzenarten im Diluvium . . 31
5. Die Flora zu Zeiten großer Vergletscherungen 32
6. Die Pflanzenwelt der zwischeneiszeitlichen Flußschotter 34

Literatur 38

I. EINFÜHRUNG

1. Zweck dieser Studie

Es wird der Versuch gemacht, gestützt auf das Vorkommen von Schotterterrassen und -decken einen Einblick in die Flußlandschaften vergangener Zeiten zu gewinnen.

Die abwechselnde Aufschüttung und Abtragung von Schotter war eine Folge der Vergletscherung und ihrer Zwischenzeiten. Deshalb beschränkt sich die Untersuchung auf das Eiszeitalter (Diluvium). Für die Zeit vor Beginn des Diluviums kennt man in der Schweiz (im Mittelland und bei Chiasso) nur die verfestigten Schotter der tertiären Nagelfluh sowie unverfestigten Schotter und Sande des Pliocäns im nördlichen Berner Jura.

Als erste Grundlage der Studie dienen die *geologischen* Forschungen. Dazu kommen *klimatologische* Untersuchungen, die mit ihren mathematisch-astronomischen Theorien über die Klimaschwankungen für die Eiszeit besonders aufschlußreich sind. Schließlich stütze ich mich auf die gegenwärtigen Kenntnisse der *Floren- und Vegetationsverhältnisse* der Eiszeit. Das gesteckte Ziel wird aber nur zu einem Teil erreicht werden können, da die paläontologische Vegetationsforschung hinter den geologischen Erkenntnissen und hinter den Ergebnissen der mathematischen Klimatologie zurückgeblieben ist. Wohl kennen wir die Pflanzenwelt älterer Zeitepochen zum Teil sehr gut; für das Diluvium dagegen sind wir zur Hauptsache auf systematische, mühsame *pollenanalytische* Untersuchungen angewiesen, die heute erst in einem bescheidenen Maße zur Rekonstruktion der inter- und postglazialen Pflanzendecke von Flußlandschaften dienen können. Trotz dieser Unzulänglichkeit der für eine biologische Studie über einstige Flußauen notwendigen Voraussetzungen liegt ein Reiz darin, darzutun, welche Lücken die wissenschaftliche Forschung auf diesem Gebiete noch zu schließen haben wird.

2. *Standortscharakteristik des Auenwaldes*

Als Anhaltspunkt dafür, welche Voraussetzungen sowohl für die Flußschotterböden früherer als auch gegenwärtiger Zeiten vorhanden sein müssen, damit den Flüssen entlang Pflanzen sich ansiedeln, Gesellschaften und eventuell Auenwälder sich bilden konnten, schicke ich hier die Standortscharakteristik voraus. Sie hat bis heute ihre Gültigkeit behalten (SIEGRIST 1913): *Der Auenwald befindet sich auf flachen Flußufern, die nicht dauernd naß sind, aber durch Hochwasser jährlich während längerer Zeit durchtränkt werden und während des Niederwassers nicht unter anhaltender Trockenheit zu leiden haben. (Die gleichen Standortsbedingungen können auch außerhalb des Überschwemmungsbereichs durch zeitweise hochstreichendes Grundwasser hervorgerufen werden.)*[1]

[1] Seit dem Erscheinen der Arbeit über die Auenwälder der Aare von SIEGRIST (1913) ist leider in der Schweiz den Pflanzengesellschaften der Flußufer nicht mehr die Aufmerksamkeit geschenkt worden, die sie verdient hätten. Das ist um so bedauerlicher, als im Hinblick auf die Erstellung von Flußkraftwerken die für die natürliche Uferlandschaft charakteristische Dynamik verschwindet. Es ist daher beachtenswert, daß neuestens die Eidgenössische Technische Hochschule – unter tatkräftiger und finanzieller Mithilfe der Flußkraftwerke – an die wissenschaftliche Erforschung der Vegetationsverhältnisse der schweizerischen Flußauen, insbesondere der Auenwälder, herangetreten ist.

Auch für das Ausland sind pflanzensoziologische Untersuchungen der Flußauenvegetation nur vereinzelt zu verzeichnen. Besonders erwähnenswert sind die *Etudes écologiques et phytosociologiques sur les forêts riveraines du Bas-Languedoc* von TCHOU YEN-TCHENG (1948). Einen interessanten Beitrag zur Landschaftsentwicklung hat kürzlich MARKUS RINGIER (1951) für die Umgebung von Schönenwerd geliefert. Ich werde darauf zurückkommen.

II. GEOGRAPHISCH-GEOLOGISCHER TEIL

1. Die klassische Terrassenlandschaft bei Aarau

Die Aarelandschaft weist an verschiedenen Stellen ausgeprägte Schotterterrassen auf. Ihre typische Form und Ausbreitung finden wir zwischen Olten und Brugg[2]. Sie werden geologisch als *Niederterrassen* (Ni) bezeichnet. Unterhalb von Aarau können wir südwärts der Aare auf einer Distanz von 3–4 km auf nicht weniger als sieben Terrassen hinansteigen, wobei die oberste ca. 35 m über dem heutigen Flußbett liegt.

Weiter südwärts treffen wir in höherer Lage, vielfach an den Hängen der Molassehügel, abermals mächtige Schotterablagerungen, die älter sind als die Niederterrassen. Es ist der *Hochterrassenschotter* (H).

Schließlich begegnen wir weiter oben Höhenzügen des Hügellandes von noch älteren Kiesmassen, dem *Deckenschotter* (D), überlagert. Es unterscheiden sich zwei solcher Ablagerungen deutlich voneinander: der ältere Deckenschotter (D_1) in höherer und der jüngere (D_2) in tieferer Lage.

Verbinden wir die vielen gleichaltrigen Schotterdecken vom südlichen Jurahang bis über oder an die Molassehügel miteinander, so ergeben sich die Oberflächen von Kies-, Sand- oder Schlammablagerungen, die einst das Aaretal auf einer im Vergleich zum heutigen Zustand fast unvorstellbar großen Fläche ausgefüllt haben. Es ist aber zu beachten, daß zur Zeit der Aufschüttung der alten Schottermassen das Aaretal nicht so stark erodiert war, wie es heute ist. Ähnlich wie im Aaretal liegen die Verhältnisse im aargauischen Rhein-, Reuß- und Limmattal.

Es sei somit vorerst festgehalten, wie die Flüsse im Aargau während der Zwischeneiszeiten über ausgedehnte, mit Schotter überschüttete Talböden verfügten. Hier konnten sie ihren Lauf kilometerweit hin und her verlegen, Verzweigungen, Flußarme, Tümpel und Inseln bilden. Im Verlaufe von Jahrtausenden und -hunderttausenden vermochten ihre Fluten abwechselnd, je nach den Umständen,

[2] Bild über die Terrassen s. GESSNER und SIEGRIST (1925).

aufzuschütten (akkumulieren) oder abzutragen (erodieren). Das Dynamische war und ist das Charakteristische der Flußlandschaft, und im Zusammenhang damit steht der *dauernde Wechsel ihrer Vegetation.*

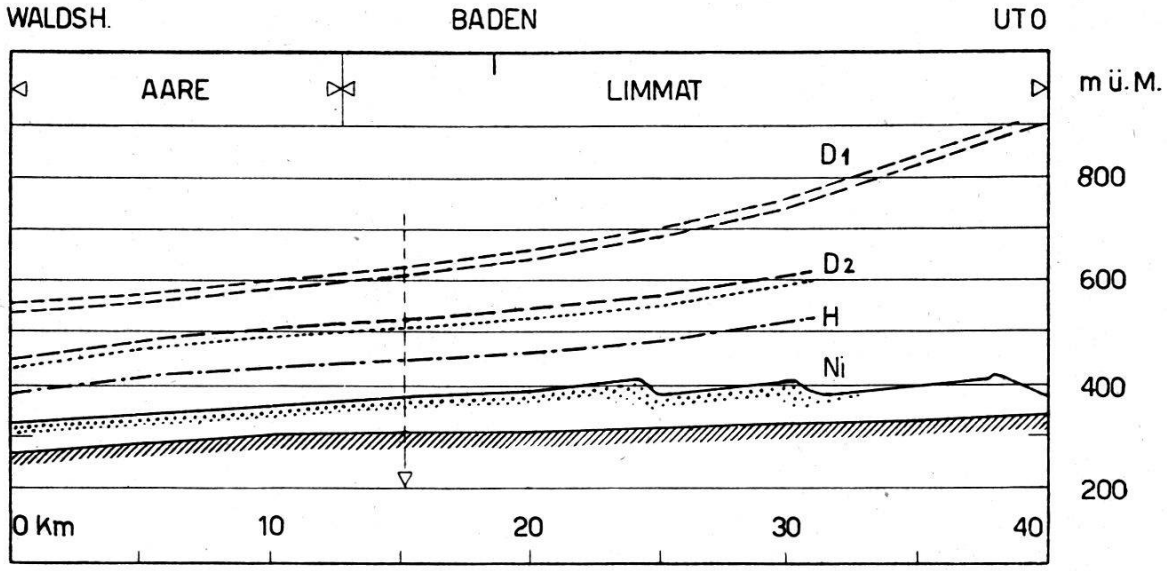


Abb. 1. Höhen und Gefälle im Diluvium. Zustand nach der Alpensenkung bis zur Gegenwart (Talweg Zürichsee–Rhein). Nach HEIM (1919), Tafel XIII a. Unser Querschnitt durch das Aaretal (Tafel I, S. 13) entspricht ungefähr den Verhältnissen des Limmatabschnittes unterhalb Baden, der oben durch den Pfeil bezeichnet ist.

Als Reste der mannigfaltigen topographischen Veränderungen während einer unvorstellbar langen Zeit verblieben die heutigen Schotterterrassen und -decken.

2. Die Flußschottergebilde der Glazial- und Interglazialzeiten des Diluviums

a) Allgemeines

Vor Beginn der Eiszeit war die Molasse unseres Mittellandes bis «zur Fastebene hoch über den heutigen Talböden abgetragen und von untiefen Tälern durchzogen. Rheintal, Limmattal über Siggenberg, Quertal der Aare vorhanden» (HEIM 1919). Die von den Alpen gegen den Jura hin geneigte Oberfläche lag auf 1200–600 m ü. M.

Mit dem Auftreten der Eiszeit änderte sich das Antlitz unseres Landes. In dem Raume, wo die Wasser des Rheins, der Aare, Reuß und Limmat sich vereinigen, stießen zu Zeiten der großen Vergletscherungen (erste bis dritte) die Eismassen der letzteren drei Flußgebiete und dazu noch der mächtige Rhonegletscher über dem ganzen Aargau oder mindestens südlich des Juras aneinander. Dabei rückten sie sich gegenseitig ihre Grenzen stark hin und her, wofür der *Bruggerberg mit seinen Limmat-, Reuß- und Rhoneblöcken* ein sprechender Zeuge ist. Im südwestlichen Winkel des Aare-Rhein-Zusammenflusses gab es zur Zeit der größten (zweitletzten) Vergletscherung sogar Überdeckungen der Rhein-, Limmat-, Reuß- und Rhonegletschergebiete (FREI 1912). Der Rhonegletscher reichte über den Jura bis in den Schwarzwald hinaus.

Die Gletscher haben ungeheure Mengen von Material in die Ebene hinuntergetragen. *Der Aargau, die einstige große Gletscherlandschaft, wurde zum Land der Moränen sowie der großen Flüsse und ihrer Schotterterrassen.*

Über die Entstehung der verschiedenen Ablagerungen (D_1, D_2 und Ni, mit Ausnahme des H!) und über ihre Abtragung geben uns die Anschlüsse des Niederterrassenschotters an den äußersten Moränengürtel der letzten Vergletscherung Aufschluß. Vergegenwärtigen wir uns von wie vielen Eiszungen aus – im Gegensatz zu heute – Schottertransporte und Ablagerungen auf breiter Front haben stattfinden können! Dazu kommt, daß außer der Flächenausdehnung die Zeitdauer in Rechnung gestellt werden muß. Wenn wir mit vier Hauptvergletscherungen rechnen, so kann für jede eine Dauer von 50000 bis 100000 Jahren angenommen werden, je nachdem nur der Hauptvorstoß oder die verschiedenen Vorstöße während einer Vergletscherung berücksichtigt werden (vgl. Abb. 6 und 7, S. 27/28).

Wie erfolgte hernach die Durchtalung und Abtragung der betreffenden Schotter? Auch hierüber geben die Verhältnisse der letzten Vergletscherung interessante Aufschlüsse. Mit dem Gletscherrückzug konzentrierten sich einerseits die Schmelzwässer; sodann füllten sich die Gletscherbecken mit Schmelzwasser. Sie läuterten sich hier. Damit hörte der Schutttransport der Gletscherflüsse in das Gebiet unterhalb der Endmoränen bzw. der Becken auf. Die Flüsse gingen vorwiegend in ein Erosionsstadium über, das sich ebenfalls über eine sehr lange Zeitdauer erstreckte. *Das Schmelzen der Glet-*

scher erforderte ein Mehrfaches ihrer Entstehungszeit; «die Gletscher ragten sozusagen in die Zeiten mit höheren Sommertemperaturen hinein» (BÄCHLER 1949). Seit dem Durchschneiden der Endmoränen der letzten Vergletscherung und der zugehörigen Niederterrassen mögen rund 100000 Jahre verflossen sein (vgl. Abb. 7, S. 28). Eine Sonderstellung nimmt der Rhonegletscher insofern ein, als beim Rückzug über die Schwelle Jorat–La Sarraz seine Schmelzwässer aus dem Léman-Gebiet dem Aaretal verloren gingen. Die Erosion erlitt dadurch eine namhafte Einbuße.

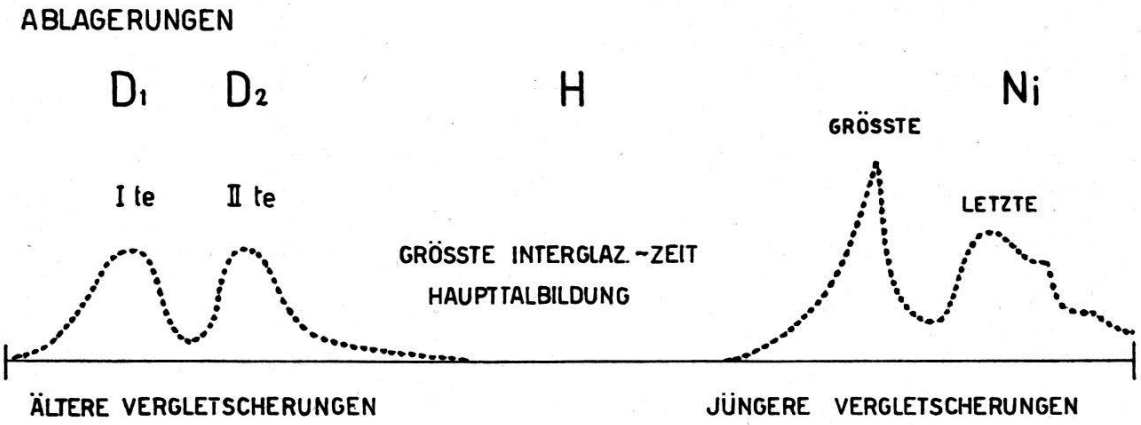


Abb. 2. Beziehungen der Flußschotter zu den Eiszeiten (HEIM 1919).

Es sei hier schon darauf hingewiesen, daß die Geologie keine Anhaltspunkte dafür gibt, wonach in historischer Zeit die Erosion der Aare intensiver geworden wäre (vgl. demgegenüber GESSNER 1899 und RINGIER 1951). Auch die Annahme von 20–25000 Jahren für die Zeitdauer der vorwiegenden Erosionstätigkeit der Aare in ihrem mittleren und unteren Lauf kann nicht bestätigt werden. Die Erosion und damit das Einschneiden der Aare in die Niederterrasse hat, wie wir oben dargetan haben, viel früher begonnen. Die Aare ist nicht erst mit dem Rückzug hinter die Alpenrandseen in ihr Erosionsstadium eingetreten.

Zu obiger Abbildung sowie den folgenden Ausführungen ist ausdrücklich zu vermerken, daß die «Revision des Quartärs» auch nach den neuesten Untersuchungen der mit diesem Zeitalter besonders vertrauten Geologen, wie BECK, noch nicht abgeschlossen ist. Für die nordalpinen Vergletscherungen sind die Verhältnisse viel komplizierter, als wie sie durch die Abb. 2 oder die Tafel I dargestellt

werden. Während *diese* im wesentlichen auf *die ausgeprägten und auffälligsten Flußschotterbildungen* abstellt, wird man bei einer genauen Untersuchung der Eiszeitverhältnisse mehr als vier Eiszeiten bzw. Eisvorstöße oder Stadien annehmen müssen. BECK (1937) meint hiezu: «Zusammenfassend möchte ich noch einmal darauf hinweisen, daß die Anwendung der vier Eiszeiten im Umkreis der Alpen durchaus nicht so einfach und überzeugend ist, wie man es sich im Interesse der Quartärgliederung wünschen möchte und wie etwa aus den Publikationen und kartographischen Darstellungen geschlossen wird» (s. Abb. 6 und 7 [S. 27/28] sowie BECK [1937], Tafel XI).

b) Die Deckenschotterzeit

Die Deckenschotter gehören der Zeit der ersten und zweiten Vergletscherung an, und zwar ist der ältere D_1 das Ergebnis der fluvioglazialen Ablagerungen der ersten Vergletscherung (Günz), D_2 dasjenige der zweiten (Mindel). Über die Ausdehnung dieser beiden Vergletscherungen liegen wenige Anhaltspunkte vor:

Erste Vergletscherung (Günz): Rheingletscher bis Stein am Rhein, der vereinigte Rhein-Limmat-Gletscher bis zum Siggenberg und der Reußgletscher bis Kulm. Dieser Vergletscherung entsprechen die fluvioglazialen *D_1-Reste* auf Egg 765–791[3] und Horn westlich des Hallwilersees, am Stierenberg, auf Höhen zwischen Wynen- und Suhrental, Siggenberg 545–610, bei Reckingen 515–550, Achenberg Zurzach, Rheinfelden 410–425, westlich Basel. Die Verbindung aller D_1-Reste veranschaulicht die älteste Deckenschotterfläche.

Dieser Vergletscherung folgte die *erste Interglazialzeit (Günz-Mindel)*. Die mittelschweizerische Hochebene erfuhr eine Eintiefung von 80–100 m. Damit wurde auch die ausgedehnte Deckenschottermasse D_1 größtenteils weggespült.

Die *zweite Vergletscherung (Mindel)* mit einer ähnlichen Ausdehnung wie die erste, hatte eine Aufschüttung von 20–30 m zur Folge. Es entstand der *jüngere Deckenschotter* D_2. Überreste finden sich: Hohliebe, Fornegg 560–615 und Gulmhöhe westlich vom Wynental, in der Gegend von Baden, am Gebenstorfer Horn, Bruggerberg 430–520, im untern Fricktal, Rheinfelderberg 335–380,

[3] m ü. M. RPN 376,86 m.

südlich und westlich Basel. (Westlich über das Suhrental hinaus ist kein D_2 zu finden.)

c) Die Hochterrassenzeit. Aufschüttung des Hochterrassenschotters (H) während der größten Interglazialzeit (Mindel-Riß)[4]

Mit dem Rückzug der Mindel-Gletscher, der möglicherweise vorübergehend zu ihrem völligen Verschwinden geführt hat, beginnt die *zweite Interglazialzeit von sehr langer Dauer (Mindel-Riß)*. Das schweizerische Mittelland erhielt seine markanteste Modellierung durch die *größten Talerosionen von 100–600 m*. Hierauf folgte – diesmal ohne Dazwischentreten einer neuen Vergletscherung! – eine *Aufschüttung von Hochterrassenschotter in einer Mächtigkeit von 100–200 m*. Das war nur möglich, wenn inzwischen eine starke Gefällsabnahme stattgefunden hatte. Da die *Alpensenkung* von ca. 300 m in die Zeit des Beginns der nächsten Vergletscherung fällt, ist möglicherweise ihr Anfang schon in dieser Interglazialzeit vorhanden. Immerhin ist auffallend, daß wieder eine *Erosionsepoche* in der Hochterrasse eingesetzt hat, wobei 30–100 m abgetragen worden sind.

Als oberes Niveau des H kommt für den Aargau in Betracht:

Rhein. Hörnlibuck Rietheim 390–400, Reuenthal 390, Möhlinerfeld 340, südlich Augst 335, Basel 320.

Reuß. Rohrdorf 485, Dättwil 445.

Aare. Obergösgen 450, Hunzenschwil 410, Habsburg 460, Bruggerberg 440, Remigen 470, nördlich Böttstein 420.

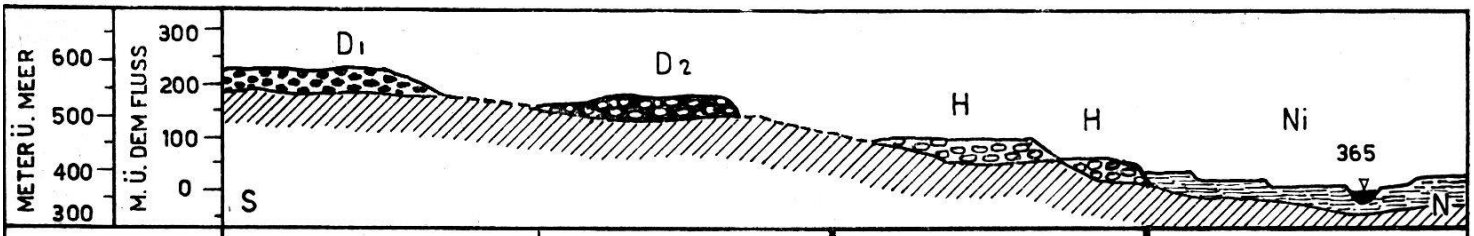
Das Gefälle des H ist nahezu gleich wie dasjenige des D.

Die Haupttäler bestanden schon vor der Ablagerung des H. Sie waren meistens bedeutend tiefer als heute.

Im Unterschied zu allen übrigen hier aufgeführten Schottern ist der H als die mächtigste aller diluvialen Schotterbildungen *nicht* das Ergebnis einer Vergletscherung. «Im äußeren Vergletscherungsgebiete zeigt sich vielfach auch die *Altmoräne eingelagert in tiefe*

[4] Es sei mit besonderem Nachdruck darauf hingewiesen, daß die schweizerische «Hochterrasse», von der hier die Rede ist, nicht mit der Hochterrasse PENCKS verwechselt werden darf, da diese ihrer Entstehung nach eine Bildung der Riß-Eiszeit ist. Sie schließt an deren Moränen an und überlagert z.B. bei Laufenburg die schweizerische «Hochterrasse» (BECK 1937).

Tafel I. Die Schotter des Diluviums in schematischem Querschnitt vom Deckenschotter auf den Höhen westlich von Kulm bis zur Niederterrasse unterhalb von Aarau[1]



SCHOTTER	ÄLTERER DECKENSCHOTTER (D_1)	JÜNG. DECKENSCHOTTER (D_2)	HOCHTERRASSENSCHOTTER (H) 2	NIEDERTERRASSENSCHOTTER (Ni)
SCHOTTEROBERFL. m ü. M. MITTLERE MAXIMA	CA. 600	CA. 550	CA. 450	CA. 400
URSPR. MÄCHTIGKEIT	30 m	20 – 30 m	BIS CA. 100 m	N_1 u. N_2 TOTAL CA. 65 m
BEZEICHNUNG MIT BEZUG A. D. SCHOTTER	DECKENSCHOTTERZEIT (EOPLEISTOCÄN)		HOCHTERRASSENZEIT (MESOPLEISTOCÄN)	NIEDERTERRASSENZEIT (NEOPLEISTOCÄN)
BEZEICH. M. BEZUG A. D. VERGLETSCHERUNG	ERSTE VERGLETSCHERUNG (GÜNZ)	ZWEITE VERGLETSCHERUNG (MINDEL) 3	GRÖSSTE VORLETZTE VERGLETSCH. (RISS) 4	LETZTE VERGLETSCHERUNG 5 (WÜRM)
ENDRESULTAT VON AKKUMULATION U. EROSION	AKKUMULATION CA. 30 m	AKKUM. 20 – 30 m	BEIM VORSTOSS EROS. IM H	AKKUMULATION
GLETSCHERRAND	RHEIN-LIMMATGL. BIS SIGGENBERG REUSSGLETSCHER BIS KULM (AG)	ÄHNLICH WIE GÜNZ	RHEIN-LIMMAT-REUSS-RHONEGL. BIS ÜBER DEN RHEIN IN DEN SCHWARZWALD	KILLWANGEN-MELLINGEN-OTHMARSINGEN-SEON-STAFFELBACH-WALLISWIL 6
INTERGLAZIALE	PRÄGLAZIAL	ERSTE INTERGLAZIALZEIT GÜNZ-MINDEL	GROSSE OD. 2. INTERGLAZIALZEIT MINDEL-RISS	LETZTE INTERGLAZIALZEIT RISS-WÜRM	POSTGLAZIAL
GLETSCHERRÜCKZUG	UNBEKANNT	UNBEKANNT	UNBEKANNT 7	ALPEN	ALPEN
ENDRESULTAT VON AKKUMULATION U. EROSION	FAST EBENES MOLASSE-MITTELLAND. QUERTAL D. AARE VORHAN.	EROSION 80 – 100 m DER MITTELSCHWEIZERISCHEN HOCHEBENE	GRÖSSTE TALEROSION 100-600 m. NACHHER AUFSCHÜTTUNG VON H 100-200 m 8 DANN EROS. DES H 30-100 m	EROSION GERING	WECHSEL V. EROS. U. AKKUM. RESULTAT: DURCHSCHN. 30-40 m EROS.

[1] Der Tabelle sind vorwiegend die *Zeitalter der verschiedenen Schotterablagerungen* zugrunde gelegt. Sie beschränkt sich im großen ganzen auf die Endresultate und stützt sich auf MÜHLBERG (1896), HEIM (1919) und BECK (1937). Dem mannigfaltigen Wechsel von Akkumulation und Erosion kann in diesem Rahmen ebensowenig Rechnung getragen werden wie der zurzeit noch herrschenden Meinungsverschiedenheit über die Zahl der Gletschervorstöße (s. auch S. 10 f. und BECK [1937], Tafel XI). [2] Entsprechend den schweizerischen Verhältnissen, abweichend von PENCK (s. S. 12). [3] Ende Mindel: Hebung des Mittellandes um einige 100 m. [4] Zu Beginn der größten Vergletscherung: Alpensenkung ca. 300 m; Entstehung der Alpenrandseen, die ursprünglich weit über den Alpenrand hinausreichten. [5] Mit verschiedenen Rückzugsetappen: Bühl, Gschnitz, Daun, mit je ca. 300 m Höhenunterschied der Schneegrenze. [6] Äußerste Moränenwälle. [7] Eventuell innerhalb der Alpen, wenn analog zu Hötting bei Innsbruck. [8] Gefällsabnahme (beginnende Rücksenkung?).

Erosionsrinnen des H (Beznau, Laufenburg usw.)» (HEIM 1919). Es ergibt sich daraus, daß die *Hochterrasse viel älter ist als die größte, die Riß-Vergletscherung*[5]. Sie ist in der großen, zweiten Interglazialzeit aufgeschüttet worden. Im Gegensatz zur Niederterrasse ist ihre Oberfläche nicht eben, und zwar infolge von Erosion, Auflagerung von Löß, Alt- und Jungmoränen, Gehängeschutt, Schieferkohle und Niederterrassenschotter.

Des Zusammenhanges wegen und zum besseren Verständnis der nachher folgenden Niederterrassenzeit werfen wir noch einen Blick auf die *größte, vorletzte Vergletscherung (Riß)*, die der großen Interglazialzeit (Mindel-Riß) folgte und den ganzen Aargau bedeckte.

Diese Vergletscherung ging nordwärts über den Rhein hinaus. Ihre Oberfläche erreichte große Höhen, wie aus den folgenden erratischen Blöcken geschlossen werden kann:

Rheingletscher. Westliche Blöcke bis Rietheim; nördlich Rümikon 590.

Limmatgletscher. Nördliche Grenze unbestimmt. Lägern 830, nördlich Säckingen 450.

Reußgletscher. Die NO-Grenze wird durch den Limmatgletscher bis westlich der Reuß gedrängt, stößt vor bis Waldshut und westlich über Aarau hinaus bis gegen Olten. Hier trifft er mit dem Rhonegletscher zusammen. Einige Blockfunde: Schiltwald (869)[6], Stierenberg (874), Homberg Seetal (791), Lindenberg (890). N-Grenze unbestimmt.

Aaregletscher. Seine Abgrenzung ist schwierig zu bestimmen. Er traf schon unterhalb Thun mit dem Rhonegletscher zusammen und wich gegen Luzern und den Aargau hin aus. Napf östlich ca. 1000 (Gletscherende).

Rhonegletscher. Oensingen 1010, Bölchen gegen 1000, Napf 950, Wasserfluh ca. 850, Densbürer Strichen ca. 800, Schynberg und Tiersteinberg Frick ca. 650, nördlich Laufenburg 550 (Gletscherzunge 500), Lägern 830. Die Stauung des Gletschers am Jurarand war derart, daß die höheren Juraberge nur noch wenig über den Rhonegletscher hinausreichten, z.B. Geißfluh ca. 100 m, Wasserfluh ca. 20 m.

[5] Schon MÜHLBERG ist zu diesem Schlusse gekommen.

[6] Die Klammern deuten an, daß diese Zahlen nicht dem höchsten Gletscherniveau entsprechen.

d) Die Niederterrassenzeit

Nach einer Periode geringer Erosion während der letzten Interglazialzeit (Riß-Würm) setzte die letzte Vergletscherung (Würm) ein.

Der *Rheingletscher* reichte bis ins Glattal und stieß dort mit dem Limmatgletscher zusammen.

Der *Limmatgletscher* hatte sein Ende bei Killwangen 400, Hasenberg 630.

Reußgletscher. Hasenberg (Mutscheller) 630, Schiltwald 760, Stierenberg 800, Homberg 700?, Lindenberg südlich 850, Lindenberg nördlich 650, Oberrohrdorf 500^{z}, südlich Mülligen, nördlich Mellingen 400^{z}, Seengen 600, nördlich Seon 445^{z}, Othmarsingen 430^{z}, Zetzwil 510^{z}, Staffelbach 500^{z}, (Vorstoß bis Mellingen–Othmarsingen–Seon–Zetzwil–Staffelbach und weiter östlich gegen die Wigger).

Der *Aaregletscher* erreichte mit seiner rechten Flanke die Talwasserscheiden gegen das Emmental und bildete unterhalb Bern über Burgdorf hinaus den rechten Saum des Rhonegletschers.

Rhonegletscher. Ende nordwestlich Wangen an der Aare 473^{z}, Wiedlisbach 540, westlich Langenthal 480^{z}.

Der Niederterrassenschotter liegt außerhalb der Wallmoränen dieser letzten Vergletscherung. Er ist die fluvioglaziale Ablagerung dieser Zeit. Die vorhandene Erosionsrinne wurde im Aaretal auf einer Breite von 400–1200 m mit Niederterrassenschotter aufgefüllt. Dabei handelt es sich um zwei deutlich voneinander getrennte Niederterrassen, eine obere, ältere Ni_1 und eine tieferliegende, jüngere, Ni_2. Ihre Zusammenhänge mit den Moränen hier darzulegen, würde zu weit führen. Die obersten Terrassen liegen ca. 35 m über dem heutigen mittleren Aarewasserstand. Die Mächtigkeit dürfte 60–65 m betragen[7]. Durch die nachherige Erosion und Alluvion – mit resultierender Erosion – entstanden die vielen, bereits erwähnten typischen Uferterrassen.

Diese Ausführungen zeigen, daß der Aargau, das Land der Ströme und ehemaligen Gletscher, auch in bezug auf die Akkumulation der

z = Gletscherzunge.

[7] Beim Bau des Kraftwerkes Rupperswil-Auenstein stieß man 30 m unter der Oberfläche der untersten Terrasse, bei 330 m (RPN 376.86 m) auf Molasse. Sondierungen beim Brückenbau Aarau ergaben 15 m unter dem Flußbett immer noch Kies.

Schotter verschiedensten Alters (D_1, D_2, H, N_1, N_2) die markanteste Landschaft der Schweiz darstellt.

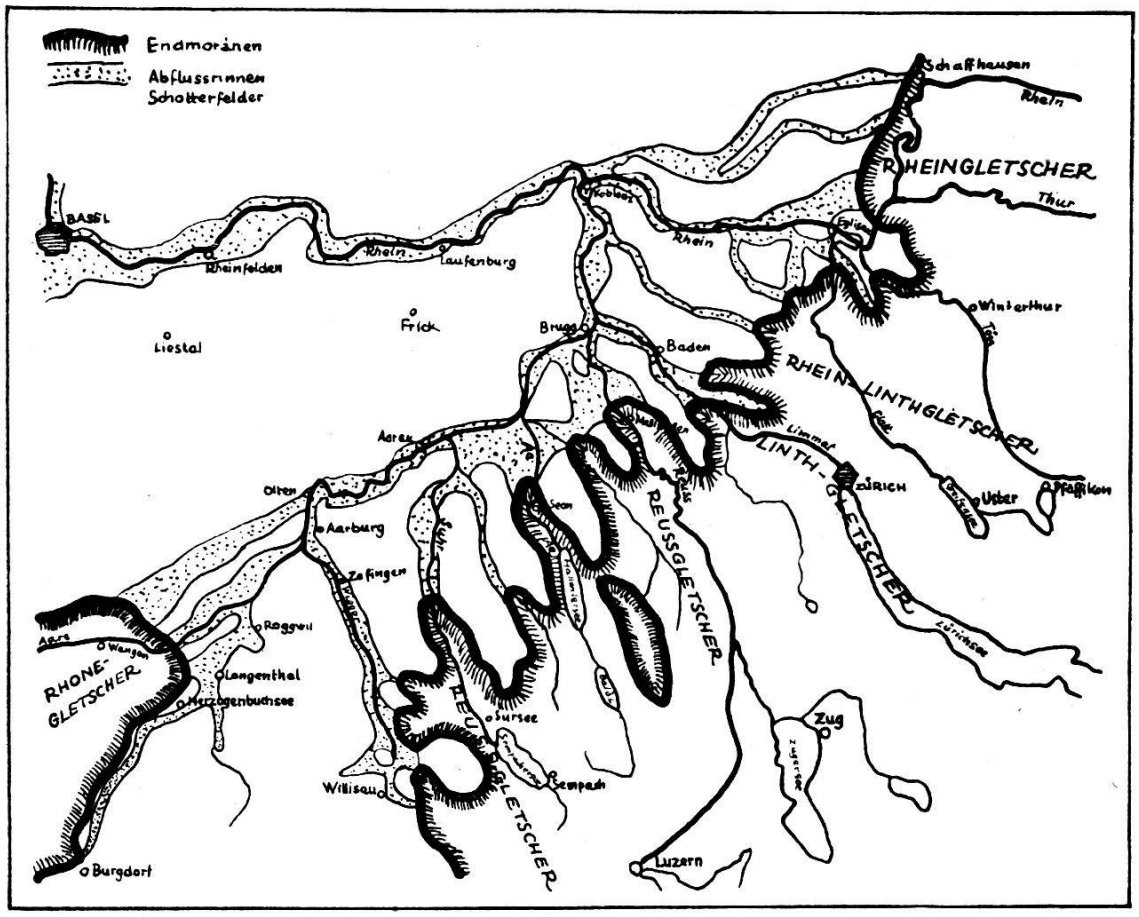


Abb. 3. Endmoränen der letzten Eiszeit in ihrer größten Ausdehnung mit den zugehörigen Abflußrinnen und dem Niederterrassenschotter (DÄNIKER 1950).

3. Fortschreitende Flußerosion in postglazialer Zeit und ihre Folgen

a) Erosion und Einschränkung des Überschwemmungsgebietes

Wir sahen, wie die höheren, d.h. die älteren Terrassen, eine große Talfläche bis zu mehreren Kilometern Breite eingenommen haben, während die jüngeren (unteren) eine geringere Ausdehnung aufweisen. Sowohl die Fläche der jährlichen als auch der sporadischen Überschwemmungen wurde kleiner, was einen *ständigen Rückgang des Auenwaldareals* zur Folge hatte. Diese Erscheinung ist nach Ablauf der Akkumulationsperiode für alle zwischeneiszeitlichen Erosionsperioden charakteristisch.

RINGIER (1951) weist in zehn zeitlichen Querschnitten zur Landschaftsentwicklung bei Schönenwerd nach, wie die Anteile der Überschwemmungsfläche und des Auenwaldes am Gesamtbodenareal zurückgegangen sind. Seiner interessanten Darstellung wegen werden in der Abb. 4 die verschiedenen Diagramme schematisch zusammengefaßt, wobei jedoch für die RINGIERschen Daten folgende Vorbehalte anzubringen sind: Der Beginn der Erosion der Aare im Niederterrassenschotter muß, wie bereits oben gezeigt wurde, eher gegen 100000 als nur 20000 Jahre zurückdatiert werden[8]. Sodann ist seine für die letzten 3000 Jahre angenommene Erosionsintensität zu hoch in Rechnung gestellt worden, was bei einer neuerlichen Überprüfung des mutmaßlichen Alters der einzelnen Uferterrassen stark abweichende Ergebnisse zur Folge haben wird. Trotz dieser

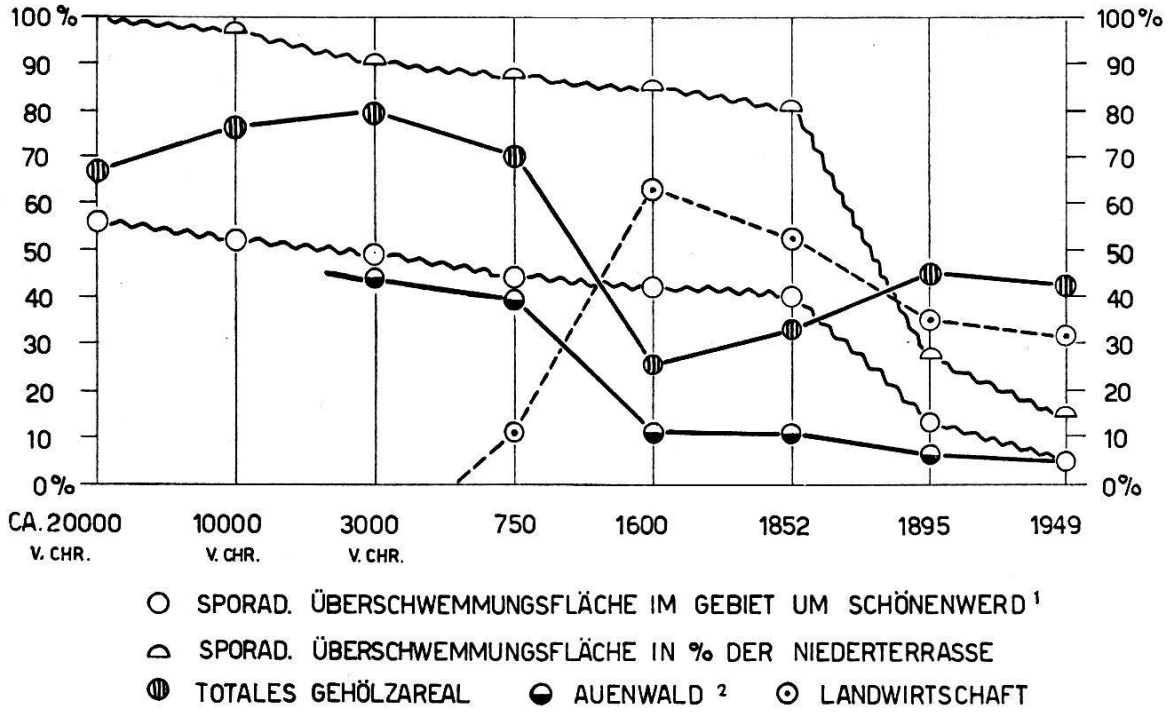


Abb. 4. Zeit-Flächenprozent-Diagramm (nach RINGIER 1951)[3]

[1] Annahme einer Hochwasseramplitude von + 5 m (bis zum Jahre 1877). [2] Unter Zugrundelegung der Standortscharakteristik für den Auenwald (S. 6) und einer Amplitude von rund 1 m für den jährlichen Hochwasseranstieg über den mittleren Hochwasserstand der Aare. [3] Die Abszisse gibt keinen Maßstab für die zwischen den Ordinaten liegenden Zeitabschnitte, weil sonst die Darstellung der Neuzeit bis zur Unübersichtlichkeit hätte zusammengedrängt werden müssen. Siehe die Vorbehalte im Begleittext!

[8] Die Jahreszahl 20000 v. Chr. in Abb. 4 wäre demgemäß zu korrigieren.

notwendigen Vorbehalte vermittelt das abgebildete Zeit-Flächenprozent-Diagramm einen Begriff des *Rückganges des Überschwemmungs- und Auenwaldareals eines für das Aaretal charakteristischen Abschnittes.*

b) Zur Frage der Erosionsintensität der Aare in historischer Zeit

Nachdem wir bereits auf die Verschiedenheit der Ansichten über die Eintiefungsgeschwindigkeit der Aare hingewiesen haben, und weil seit 1899 (GESSNER) bis 1951 (RINGIER) unrichtige Schlußfolgerungen gezogen worden sind, sollen die folgenden Tatsachen und Überlegungen zur Klärung beitragen.

Die Römerstraße bei Rohr. Ein Fragment der Straße Vindonissa-Salodurum läuft ostwärts auf ein etwa 9 m tief abfallendes Steilbord zu. GESSNER (1899) nahm an, daß an dieser Stelle wahrscheinlich ein Flußübergang gewesen sei, was s.E. fast nur erklärlich wäre, wenn die Aare zur Römerzeit nahezu auf der Höhe der genannten Terrasse geflossen wäre[9]. Daraus wurde auf eine entsprechende Tiefenerosion seit der Römerzeit geschlossen. Diese Annahme ist unhaltbar; denn seit der Benützung der Straße hatte die Aare jederzeit die Möglichkeit, die Terrasse seitwärts anzuschneiden und große Uferpartien wegzuspülen. Sicher ist nur, daß ein großes Stück der Römerstraßenterrasse seit der Römerzeit weggespült worden ist. Zu welcher nachrömischen Zeit und auf welchem Niveau ü. M. das geschehen ist, können wir nicht feststellen. *Wir dürfen es nicht wagen, an dieser Stelle des Aaretals, gestützt auf den Fund aus der Römerzeit, über die Intensität der Erosion Berechnungen anzustellen.* Deshalb ist das bei Rohr-Rupperswil wiederholt angenommene Zeitmaß für die Flußerosion (5 bzw. 9 m seit der Römerzeit!) nicht begründet[10].

[9] U.E. konnte sich die Römerstraße ebenso gut auf der heute verschwundenen Terrasse weiter ostwärts, rechtsufrig, Richtung Vindonissa hingezogen haben, ohne daß wir zur höchst unwahrscheinlichen Annahme eines Aareüberganges an dieser dazu völlig ungeeigneten, nahezu 1 km breiten, in ständiger Veränderung sich befindenden Flußstelle greifen müssen.

[10] RINGIER (1951, S. 82): «Auf Grund eigener Kartierungen kam ich mit F. MÜHLBERG und A. GESSNER (1899) auf das Ergebnis, daß sich die Aare seit etwa 200 (Römerzeit) bei Rupperswil um mindestens 5 m, sehr wahrscheinlich aber um volle 9 m eingetieft hat.»

Die alemannische Siedelung in der Telli bei Aarau. Zur Beurteilung der Vertiefung des Aarebettes sind die im Jahre 1934 auf der untersten Niederterrassenstufe des rechten Aareufers, 650 m unterhalb der Aarebrücke bei Aarau entdeckten Reihengräber und Bautenreste aus spätalemannischer Zeit von Bedeutung (AMMANN 1935, STEINMANN 1935).

In einer Tiefe von rund 1 m kamen 26 Skelette zum Vorschein. Es wurde eine geordnete Reihenbestattung vorgefunden. Die Toten lagen, mit dem «Blick gegen Sonnenaufgang», auf dem Kiesboden. Außerdem waren Fundamente einstiger größerer Gebäude sowie Reste kleinerer Anlagen vorhanden. Es ist hier nicht der Ort, die Funde archäologisch auszuwerten, darum sei auf die Angabe weiterer Einzelheiten verzichtet. Diese Stelle läßt aber *interessante Schlüsse auf die seit der alemannischen Zeit mögliche Flußbettvertiefung in der Gegend von Aarau zu.* Für die Anlage kommt die Zeit von 700 bis 1100 in Frage. Es soll daher im folgenden mit einem seitherigen Zeitablauf von rund tausend Jahren gerechnet werden.

Aus der Beschaffenheit des Terrassenbodens kann geschlossen werden, daß der Friedhof und die allfällige Siedelung auf einer großen Aareinsel erstellt worden ist. Am südlichen Rand war sie durch einen ansehnlichen Aarearm, der längst verlandet ist, von der höheren Terrasse getrennt. Für die Beurteilung der Erosion der Aare ist zu berücksichtigen, daß die alemannische Anlage durchschnittlich 370 m ü. M. liegt. Diese Höhe ist unverändert geblieben. Für das mittlere Aareniveau am Rande der erwähnten Stelle ist für die Gegenwart, bzw. die Zeit vor der Erstellung des Stauwehrs des Rüchlig-Kraftwerkes, die Höhe von 366,16 m anzusetzen. Wenn wir nun voraussetzen, daß die Alemannen ihre mit Steinmauern fundierten Bauten sowie die Gräber weder ins Wasser noch in den Bereich der jährlichen Überschwemmungen gestellt haben – eine Annahme, die sicher richtig ist –, dann konnte zur damaligen Zeit die Aare nur rund 1 bis 1,5 m höher als heute gestanden haben. Es ergibt sich somit, daß *im Verlauf der letzten tausend Jahre die Aare bei Aarau sich höchstens um 1 bis 1,5 m in ihr Kiesbett eingefressen hat.* Diese Feststellung widerlegt die Annahme einer Vertiefung von ca. 4,5 m in tausend Jahren (GESSNER 1899, RINGIER 1951). Auch die Geologie gibt uns für ein solches Maß der Erosion keinerlei An-

haltspunkte[11]. Es steht nur fest, daß sich die Aare seit der letzten Vergletscherung auf einer Strecke von mehreren Kilometern ober- und unterhalb von Aarau etwa 35 m tief in die Niederterrasse eingefressen hat. Wie aber die einzelnen Epochen der Flußtätigkeit im Verlaufe dieser langen Zeit ausgesehen haben, kann heute nicht einmal mit einiger Wahrscheinlichkeit festgestellt werden. Es soll unten noch auf die Mannigfaltigkeit der postglazialen Verhältnisse hingewiesen werden.

Neolitische Flußrandsiedelungen zwischen Olten und Schönenwerd sind von SCHWEIZER (1940, 1946) zum Teil für die unterste Uferterrasse einwandfrei festgestellt worden (Aufeld «Steinfeld» nördlich von Däniken, Aareknie «Hard» zwischen Däniken und Dulliken, «Großfeld» unterhalb Olten sowie das gegenüberliegende Ufer). Anderseits kommt RINGIER (1951) für die Zeit um 3000 v. Chr. (Ende Mittel- bis Anfang Jungsteinzeit) durch Interpolation zur Annahme, daß mindestens eine der Fundstellen «auf einem wahrscheinlichen Irrtum» beruhe, da nach seiner Rechnung «dieser Punkt noch um 900–1300 von der Aare überspült gewesen» sei. Mit seiner Schlußfolgerung, daß zur neolithischen Zeit die Fundstelle noch rund 6 m unter dem Aareniveau gelegen habe, stellt er sich auch hinsichtlich der andern Fundstellen in Gegensatz zu nachgewiesenen Tatsachen. Das von ihm angenommene Maß der Tiefenerosion trifft auch für die Gegend Olten–Schönenwerd nicht zu[12]. Dagegen liegen ähnliche Verhältnisse vor, wie wir sie für die spätalemannische Zeit von Aarau beschrieben haben.

Reste einer Römerstraße, ein römisches Kastell zu Altreu sowie römisches Gemäuer bei Schwadernau sind durch die Aare mit Kies und Sand überschüttet worden (SCHNEIDER 1881). Wäre aber das Aarebett zur Römerzeit in der Gegend von Olten–Wildegg entsprechend früherer Annahmen rund 9 m höher gelegen als heute, dann müßten damals diejenigen Stellen unter Wasser gestanden

[11] Es wäre verlockend, gerade für diese *Stätte der ältesten Aarauer Siedler* in der «obern Auw» – um 1300 noch «Owe» genannt – durch Interpolation Wasserstände für vergangene Jahrtausende und damit die früheste Siedelungsmöglichkeit zu ermitteln. Auf Grund der heute vorliegenden geologischen und historischen Kenntnisse darf aber dieser Versuch nicht gewagt werden.

[12] Die neolithischen Funde sind für die Beurteilung grundlegend. Rund 10,5 m Tiefenerosion seit 3000 v. Chr. ist weit überschätzt.

haben, die sich durch römische Einrichtungen auszeichnen. Mit andern Worten: diese Gegend wäre dann höchst wahrscheinlich überflutet und eine Besiedelung unmöglich gewesen.

Das gleiche gilt für das *Neolithikum und die Römerzeit des bernischen Seelandes*, wo in der Jungsteinzeit die Ufer der Juraseen dicht besiedelt waren und eine 1 m hoch mit Erde bedeckte Römerstraße quer durch das Große Moos verläuft.

Diese Feststellungen weisen klar darauf hin, daß für die Erosionsintensität der Aare in historischer Zeit (jedoch *vor* den flußverbauenden Eingriffen des Menschen) bei weitem nicht mit Größen operiert werden darf, wie das noch in jüngster Zeit geschehen ist[13]. Sodann wird meistens übersehen, daß selbst in historischer Zeit Erosion mit Akkumulation abgewechselt hat, wie die zuletzt aufgeführten historischen Stätten deutlich dartun. Das wird übrigens in einer gründlichen Untersuchung des Großen Mooses im westschweizerischen Seeland durch WERNER LÜDI (1935) bestätigt, indem er für die letzten 12000 Jahre auffallende Seespiegelschwankungen nachweist. Es ist selbstverständlich, daß solche Wasserspiegeländerungen auch mit der Wasserführung der Flüsse und ihrer erodierenden oder akkumulierenden Tätigkeit im Zusammenhang standen. Auch M. WELTEN (RYTZ 1949) stellt für eine Zeit von rund 10000 Jahren als Ergebnis pollenanalytischer Forschungen eine Abwechslung von trockenen und niederschlagsreichen Perioden fest, wobei diese «oft torrentiell» waren.

4. Gründe für den Rückgang der Auenwälder in postglazialer Zeit

Wir haben bereits festgestellt, wie durch die vorwiegende *Flußerosion* und die entsprechende Absenkung des Flußwasserspiegels das Überschwemmungs- und Auenwaldareal ständig kleiner geworden ist. Auch der Grundwasserspiegel erfuhr eine kontinuierliche Absenkung. Die Flußverbauungen dirigierten die Hochwasser in einer

[13] Wenn MÜHLBERG (1885) angibt, daß z. B. in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts stellenweise eine starke Vertiefung des Aarebettes (z. B. 50 cm in zwölf Jahren oder noch mehr, je nach Flußstelle) stattgefunden habe, dann ist die Ursache zweifellos den durchgreifenden Flußverbauungen zuzuschreiben.

Art und Weise, daß kaum mehr Neuland, d.h. neue unterste Uferterrassen, gebildet werden konnten. Und schließlich sind die großen Überschwemmungen selten geworden, die zeitweise die Schachenlandschaften so verwandelten, daß «die Aare von einem Berg zum andern wie ein See stand und kein Hag ob dem Wasser hervorging, sondern nur Bäume» (November 1651, nach der Chronik von Aarau).

Die Änderungen der für das Bestehen von Auenwäldern notwendigen ökologischen Bedingung, nämlich des charakteristischen Wasserhaushaltes der Auenböden, vermochten die ausgedehnten, typischen Auenwälder früherer Zeiten auf den Aussterbeetat zu setzen. Der edaphisch bedingte Auenwald verwandelt sich in einen für unser Klima charakteristischen Mischwald. Meistens wird diese Sukzession durch den Menschen noch gefördert: schöne Exemplare von Eschen, Eichen, Hainbuchen, Birken, Pappeln, Linden, Ulmen und Fichten werden in die rund zwanzigjährige Umtriebszeit des Auenniederwaldes nicht einbezogen. Sie dominieren allmählich, und die charakteristischen Auengehölze, wie die Weißerle und namentlich die lichthungerigen Weiden, bleiben zurück. Außerdem werden die guten Holzarten durch Einpflanzungen ergänzt. Diese forstlichen Eingriffe drängen sich überall auf, wo gute, nur selten oder überhaupt nicht mehr überschwemmte Waldböden für Übergangsformationen zum *mesophytischen Mischwald* geeignet sind. Selbst Rotbuchen *(Fagus silvatica)* können auf solchen Uferpartien sehr schöne Bestände bilden (Schinznach-Bad). Wo aber die Buche die für sie erforderlichen Existenzbedingungen findet, ist das Schicksal des Auenwaldes besiegelt; denn für seine Zusammensetzung ist die Abwesenheit der Buche stets ein typisches Merkmal.

Gewiß bieten die da und dort vorhandenen Uferwildnisse mit ihrem üppigen Niederwuchs und den geradezu tropisch anmutenden Schlinggewächsen, wie Hopfen und Waldreben, reizende Bilder in der Romantik der Ufervegetation. Dem nicht eingeweihten Beobachter täuschen sie schützenswerte Auenwaldpartien vor, während der Kenner mit Sicherheit weiß, daß bereits ein Übergang vom Auenwald zum klimatisch bedingten Mischwald vorliegt, wobei früher oder später entweder eine rationelle Aufforstung oder dann eine landwirtschaftliche Nutzung eingreifen wird. Es kommt nicht selten vor und war in früheren Zeiten die Regel, daß für das eben geschilderte Übergangsstadium des Auenwaldes nicht nur der Forstmann,

sondern auch der Landwirt sich lebhaft interessierte; denn dieser Boden eignet sich ausgezeichnet für den Ackerbau. Der Uferwald verschwand vielfach zugunsten von Wies- und Ackerland, das an manchen Stellen bis an den Flußlauf heranrückt (Abb. 5, S. 24).

Es ist ebenso auffallend wie bedauerlich, wie nur im Verlauf der letzten fünfzig Jahre die Aspekte der die Aare begleitenden Pflanzengesellschaften sich geändert haben und wie Hunderte von Beständen seltener Wasser- und Sumpfpflanzen mit einer Pracht, die geradezu an exotische Bilder erinnerte, verschwunden sind. Dieser Prozeß dauert an den meisten Stellen dem Flusse entlang noch fort. Es würde ein leichtes sein, an Hand der botanischen Arbeiten von MÜHLBERG (1880), LÜSCHER (1918) und SIEGRIST (1913, 1928) zahlenmäßig zu belegen, wie auf Tausenden von früheren Standorten seltene, interessante und schützenswerte Blütenpflanzen des Auenwaldes und seiner stillen Wasser nicht mehr zu finden sind.

Von allem Anfang an war unseren herrlichen Auenwäldern ihr Schicksal bestimmt: Es begann mit der natürlichen Tiefenerosion und der Absenkung des Grundwassers, und überdies griff der Mensch unbarmherzig ein. Entweder mußten sich die Uferbewohner gegen die überbordenden Fluten durch Dämme und Uferverbauungen schützen, oder sie verbesserten die Nutzung fruchtbaren Bodens durch forstliche oder landwirtschaftliche Eingriffe. Schließlich ging der Mensch zur Nutzung des Flußgefälles über, angefangen beim primitiven Mühlekanal, weiterentwickelt in Gewerbe- und Fabrikkanälen bis zu den modernen Flußkraftwerkanlagen.

So weit war der Untergang schönster Auenpartien infolge der andauernden Absenkung des Wasserstandes bereits gediehen, als die Flußkraftwerke auf den Plan rückten. Es ist daher nicht ohne Bedeutung festzustellen, daß diese zwar volkswirtschaftlich unentbehrlichen, nach der Anschauung vieler Menschen jedoch die Natur und Landschaft störenden *Unternehmungen, in dem Zeitpunkt in Erscheinung treten, als ein Großteil der Auenwälder bereits infolge der Wandlung der natürlichen Existenzbedingungen sowie der forstlichen und landwirtschaftlichen Eingriffe dem Untergang entgegenging* (Abb. 5).

Allmählich wird die einst so dynamische Flußlandschaft mit ihrer sukzessionsfreudigen Vegetation infolge der zur Stabilität neigenden Bodenverhältnisse in ein Gleichgewichtsstadium übergehen. Dann erst kann mit Sicherheit beurteilt werden, welche Uferpar-

tien schützenswert sind und was der Nachwelt an Wundern früherer Naturschönheit überliefert werden soll.

Ich hoffe aber zuversichtlich, daß auch kommende Generationen leidenschaftlicher Freunde der Natur noch hin und wieder das Glück haben werden, Schönheiten, wie sie früher geschildert worden sind, in sich aufzunehmen (SIEGRIST 1929): «Unter überhangenden Silberweiden gleitet das Boot dem Schilf entlang inmitten zartblühender Wasserpflanzen; Girlanden üppiger Lianen streifen Kopf und Ruder. Behutsam, um nichts zu stören, fahren wir am rauschenden Schilfrohr, an blühenden Schwertlilien, roten Weiderichen und Weidenröschen vorbei. Fremdartige Froschlöffel und Igelkolben vervollständigen die Seltsamkeit. Rohrsänger rufen erstaunt, kleine Taucher hüpfen seitwärts in ihr Versteck, schnellende Wasserläufer gruppieren sich in stiller Bucht zum großen Tanze, graziös hüpfend und spielend uns auszuweichen, schillernde Libellen ziehen im Gleitflug über uns hin und lassen ohne Scheu sich auf das weiße Deck hernieder. Zwischen Baumkronen spiegelt die Sonne sich im klaren Wasser, und Scharen kleiner Fische tummeln wärmesuchend an der Oberfläche.»

Abb. 5. Aarelandschaft oberhalb Brugg (Umiker Schachen) mit Auenwaldpartien in verschiedenen Entwicklungsstadien. Links: Vordringen der landwirtschaftlichen Nutzung auf fruchtbarem, gerodetem Waldboden (DÄNIKER 1950).

III. VERHÄLTNIS VON KLIMA UND VERGLETSCHERUNG

Die verschiedenen Theorien und Mutmaßungen über das Klima der Eiszeit haben in den zwanziger Jahren von astronomischer Seite eine Abklärung gefunden. MILANKOWITCH (KÖPPEN und WEGENER 1924) hat in mehrjähriger Arbeit die infolge verschiedener periodischer Veränderungen der Bewegung der Erde bestehenden *Schwankungen der von der Sonne auf die Erde gestrahlten Wärmemenge* berechnet. Diese Schwankungen der sogenannten Solarkonstanten sind nach dem neuesten Stand der Himmelsmechanik auf drei Ursachen zurückzuführen:

1. Die Ekliptikschiefe – sie ist die Hauptursache für die Entstehung der Jahreszeitenunterschiede – schwankt von 22,1° bis 24,2° innert 40400 Jahren.
2. Die Exzentrizität der Erdbahn schwankt innert Perioden von 91800 Jahren.
3. Der Frühlingspunkt wandert in 20700 Jahren einmal um die ganze Erdbahn herum.

Das Zusammenwirken dieser mathematischen Größen hat zur Folge, daß die Sommermonate abwechselnd mit der größten oder der kleinsten Entfernung von der Sonne zusammentreffen. Für die letzten rund 600000 Jahre ergeben sich in unregelmäßigen Abständen Perioden von Tausenden von Jahren, die relativ kalte Sommer aufweisen (im Vergleich zu heute). Dabei folgen in der Regel je zwei dieser Perioden verhältnismäßig eng aufeinander, wodurch vier Gruppen von Kaltsommerperioden entstehen, die durch große Zwischenräume mit warmen Sommern unterbrochen werden.

Die Untersuchung dieser mathematisch-astronomischen Berechnungen durch den Klimatologen KÖPPEN (1924) brachte die Erkenntnis, daß die Kaltsommerperioden mit den von den Geologen schon früher festgestellten Vergletscherungen (PENCK 1909) grundsätzlich im Einklang stehen. Für die Übereinstimmung besonders sprechend ist die lange Periode warmer Sommer in der Mitte der genannten Zeitspanne. Sie war in der Geologie seit langem bekannt

als die zweite, große Interglazialzeit (Mindel-Riß). Die ermittelte Strahlungskurve (lange Periode warmer Sommer) brachte sie unserem Verständnis näher. Während heute noch diese Zusammenhänge meistens als «die Lösung des Eiszeitproblems» betrachtet werden, wollen wir nicht übersehen, daß von anderer Seite weitere Vorgänge als mitbestimmend angenommen werden, so z. B. radioaktive Vorgänge im Erdinnern (WAGNER 1940).

Die Grundtheorie MILANKOWITCH / KÖPPEN erfuhr durch P. BECK (1937/38) eine wichtige Ergänzung. Aus einer Menge für die Alpen angestellter Berechnungen kommt er zum Schlusse, daß die Verminderung der Sommertemperaturen allein nicht genügt habe, um die Vergletscherungen herbeizuführen. Er weist nach, daß auch die Wintertemperaturen zu berücksichtigen seien, die nach den Strahlungsberechnungen während der Kaltsommerperioden höher gewesen sind als heute. Die Winter waren annähernd um so viel wärmer, als die Sommer kühler waren. Während der milden Winter fielen in den höheren Lagen größere Schneemengen. Dort war in den Zeiten mit kühlen Sommern die Zahl der *Frostmonate* größer als heute.

Die Strahlungstabelle (Abb. 6, S. 27) ergibt für die seit den Vergletscherungen verflossenen Zeiten folgende runde Zahlen: Günz I 590000 Jahre, Günz II 550000, Mindel I 475000, Mindel II 435000, Riß I 230000, Riß II 190000, Würm I 115000, Würm II 70000. (Der letzte Vorstoß vor 20000 Jahren, Würm III, war wenig ausgeprägt und ohne Einfluß auf den Aargau.) Weil das Schmelzen der Gletscher beim Rückzug ein Mehrfaches ihrer Entstehungszeit beansprucht, kann aus obigen Zahlen nicht ohne weiteres die Dauer der eisfreien Perioden abgeleitet werden.

Nach BECK (1938) *weist das Quartärklima einen Wechsel auf von Perioden mit ozeanischem (ausgeglichenem) Klima (milde Winter, kalte Sommer, vermehrte Frostmonate), in denen die Gletscher wuchsen, und Perioden mit kontinentalem (extremem) Klima (kalte Winter, heiße Sommer), die den Interglazialzeiten entsprechen.*

Beachten wir die außerordentlich lange Interglazialzeit Mindel-Riß, mit einem Beginn vor mehr als 400000 Jahren und einer Dauer von nahezu 200000 Jahren, so können wir ermessen, welche Möglichkeiten der Vegetationsentwicklung sich dargeboten haben. Leider vermag heute die Pflanzenforschung für diese vergangenen

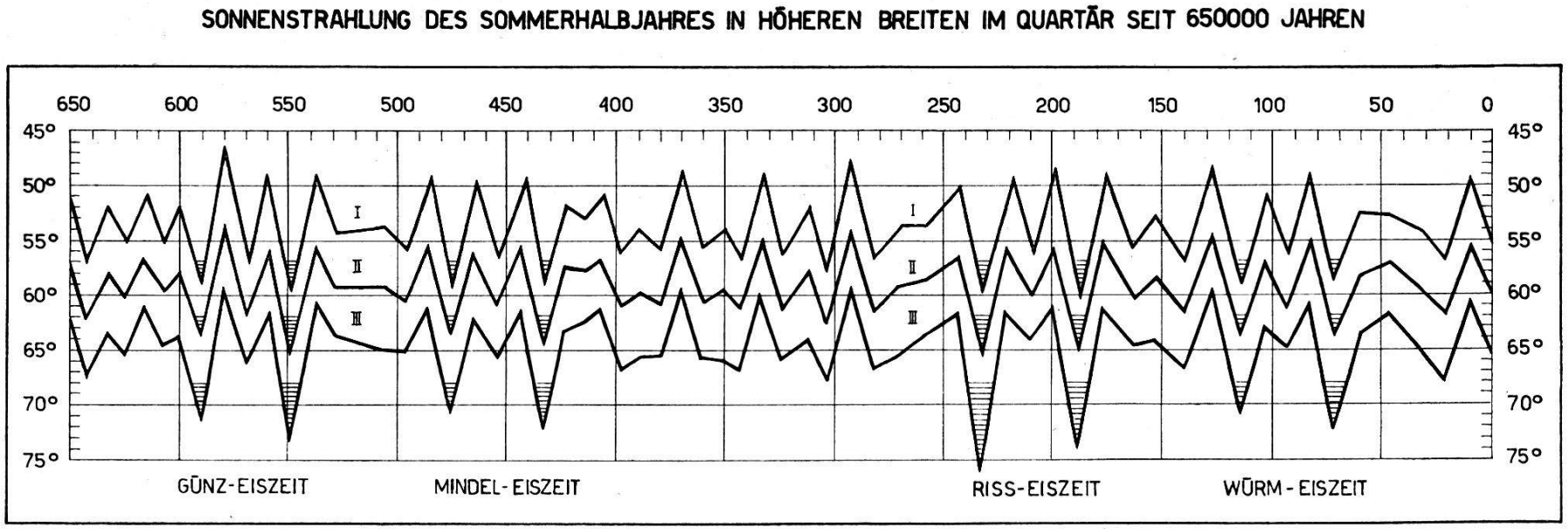


Abb. 6. MILANKOWITCH-Kurve. Sonnenstrahlung des Sommerhalbjahres für die Orte auf dem 55., 60. und 65. Breitengrade im Diluvium in den letzten 650000 Jahren, ausgedrückt in fiktiven Änderungen der Breitenlage. Die Wärmezu- und -abnahme des betreffenden Breitengrades ist in einer entsprechenden Verschiebung der geographischen Breite ausgedrückt. Die Kurve kann sinngemäß für die Höhenverhältnisse der Alpen gelten. Nach RYTZ (1949), in TSCHUMI (1949).

Zeiten noch nicht Schritt zu halten mit den mathematisch-astronomischen, den klimatologischen und geologischen Erkenntnissen.

Trotzdem sei der Versuch gewagt, in bescheidenem Umfange auch über die Vegetation der Eiszeit Betrachtungen anzustellen mit besonderer Berücksichtigung der großen Flußalluvionen des Aargaus.

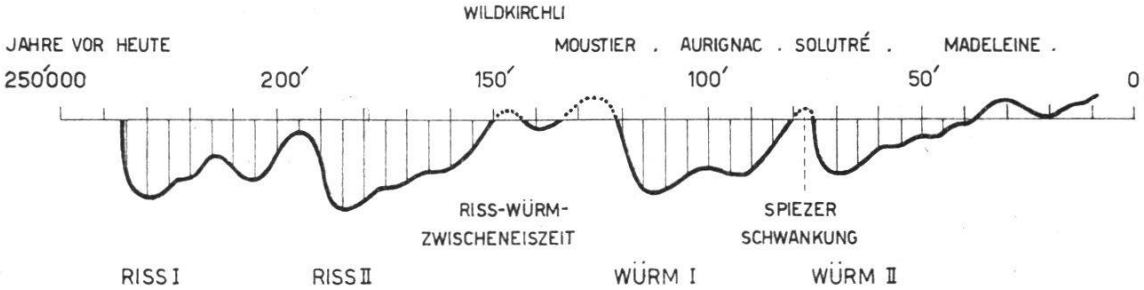


Abb. 7. Vergletscherungskurve des Aaregletschers für die letzten 250000 Jahre, bezogen auf den Alpenrand bei Thun, und Stellung der menschlichen Kulturstufen. Nach BECK (1938), aus TSCHUMI (1949).

IV. DIE PFLANZENWELT DER DILUVIALEN SCHOTTER

1. Die flußbegleitende Vegetation im weiteren und engeren Sinne

Die flußbegleitende Vegetation umfaßt sowohl die Flora im Wasser, auf dem nassen und feuchten oder regelmäßig überschwemmten Ufer als auch die Flora der trockenen, flußbegleitenden Schotterflächen sowie aller dazwischenliegenden Uferstufen. Da aber die Vegetation trockener Uferpartien in ihrem Aufbau und den Sukzessionen sich kaum von der Vegetation anderweitiger, trockener Schotterböden unterscheidet, wird sie in die vorliegende Studie nicht einbezogen. Es sind das namentlich die *Pineta-*, *Hippophaë-*, *Salix-incana-*, *S. purpurea*-Bestände und Übergänge zum Klimax-Wald, wie sie allgemein auf Geröll-, Schutt- und Schotterflächen zu treffen sind.

Mit Rücksicht hierauf beziehen sich unsere Untersuchungen nur auf die durch die *Bodenfeuchtigkeit bedingten, flußbegleitenden Pflanzengesellschaften, d.h. solche, die dem Wasser selbst angehören oder die regelmäßigen Überschwemmungen bzw. einem hohen Grundwasserstand ausgesetzt sind. Diese flußbegleitende Flora im engeren Sinne* – und lediglich sie soll in der Folge mit dem Ausdruck «flußbegleitend» gemeint sein – *war dem klimatisch bedingten Wechsel der Klimax-Wälder des Quartärs nicht unterworfen.*

2. Methoden zur Erforschung der vorhistorischen Vegetation

Dem Thema gemäß beschränke ich mich auf das Diluvium und seine Ausgangszeit im Spättertiär (Pliocän).

Fossile Hölzer und Früchte in Schieferkohlelagern, Mooren, Moränen, aber auch in Flußalluvionen usw. ermöglichten einen ersten Einblick in die diluviale Pflanzenwelt. Die Forschung beschränkte sich aber nicht auf diese groben Überreste; kleinere Funde, wie Moose, Flechten, Samen, Fasern, überhaupt kleinere Pflanzen-

fragmente, Kohlenstücke usw., dann aber insbesondere mikroskopisch kleine Objekte, die sich über Zehntausende von Jahren erhalten haben, Algen, Kleinpilze, *Blütenpollen und Sporen*, waren für die Rekonstruktion der Vegetationsbilder prähistorischer Zeiten ausschlaggebend.

Die *Pollenanalyse* ermöglicht, die im Zusammenhang mit Klimaschwankungen sich verändernde Vegetation in großen Zügen vor unserem Auge auferstehen zu lassen. Sie reicht aber nicht aus, um die Pflanzenwelt der ausgedehnten diluvialen Schotter voll zu erfassen. Einigermaßen sichere Erkenntnisse über Besiedelung und Sukzessionen können nur unter Anwendung aller genannten Forschungsmethoden, durch makro- und mikroskopische Untersuchungen der vorhandenen Pflanzen- und Tierreste erzielt werden. Für die flußbegleitende Vegetation ist nachteilig, daß die Pollen der *Eschen*, *Pappeln*, *Ahorne* und *Rosaceen* sich nicht erhalten haben und daß die *Weißbirken-* und *Zwergbirkenpollen* nicht voneinander zu unterscheiden sind. Man weiß aber, daß z. B. die *Esche* zu den hauptsächlichsten Laubbäumen des Prähistorikums gehörte. LÜDI (1935) hatte bei seinen Untersuchungen den Eindruck, der *Weidenpollen* sei unvollständig erhalten. Die Pollenanalyse vermag deshalb über die Verbreitung der Weiden keine genügenden Anhaltspunkte zu geben. Auch der *Lärchenpollen* ist wenig haltbar. Dazu kommt, daß – im Gegensatz zu den Moorprofilen – die großen *Lehm- und Mergelmassen in der Nähe des Aarelaufes im Seeland auffallend pollenarm* sind. In den Dryastonen *(Dryas octopetala*, Silberwurz) wurden häufig Reste von Weiden und Birken, nie aber deren Pollen gefunden (NEUWEILER 1925). Anderseits ist von Bedeutung, daß durch die Pollenanalyse auch krautige Pflanzen nachgewiesen werden konnten.

3. Das Tertiär als Ausgangslage für die Pflanzenwelt des Diluviums

Welche Mannigfaltigkeit tritt uns damals im Vergleich zur gegenwärtigen Pflanzenarmut entgegen! Ob wir jene Pflanzenbestände am Wasser in der Gegend vom heutigen Lausanne oder in nordschweizerischen Gebieten untersuchen, immer überrascht uns ein Bild exotischer Eigenart, wie wir es heute vergleichsweise erst 15 Grade

weiter südlich, etwa im Süden der USA, noch vorfinden (Abb. 8, S. 32). Selbst eine gedrängte Aufzählung der damaligen Wasser-, Sumpf- und Landpflanzen würde den hier zur Verfügung stehenden Rahmen sprengen. Deshalb verweise ich auf die klassische Darstellung von OSWALD HEER (1865, neue Ausgabe: Bern 1948).

Zwei Tatsachen sind für den *Übergang der tertiären zur quartären Vegetation* beachtenswert. Ein Reichtum an Gattungen und Arten, wie er später nie mehr auftritt; sodann das Vorhandensein der meisten Gattungen und Arten, die namentlich in Interglazialzeiten immer wieder vorkommen und im Wassser, aber auch auf nassen Böden führend werden. So sind für das *Jungtertiär* des untern Rhonetales flußbegleitende Pflanzengesellschaften aus *Erlen*, *Weiden*, *Pappeln (Populus alba, P. nigra)*, *Schilf*, *Nerium* usw. festgestellt worden (DE PAPE 1923, s. BRAUN 1951). Auch andere Standorte wiesen im Pliocän im und am Wasser eine reiche Gliederung von Pflanzengesellschaften auf: mehrere Assoziationen des *Potamion*-Verbandes (Laichkraut), Schilf und Großseggenverbände *(Phragmition* und *Magnocaricion)*, letztere mit *Carex rostrata*, *C. pseudocyperus*, *Cicuta virosa*, *Oenanthe aquatica* usw.

4. Verschwinden und Entstehen von Pflanzenarten im Diluvium

Wenn einerseits viele Gattungen und Arten der Tertiärzeit ausstarben, spielte anderseits das *Wasser die wichtige Rolle eines Refugiums* für seine Bewohner. Es machte Klimaänderungen nur in bezug auf die Temperatur mit. Seine Flora blieb aber – im Unterschied zu den Landpflanzen – von einem für diese vielfach entscheidenden Faktor, der Trockenheit, unbeeinflußt. Auch wenn die Standortsbedingungen der Wasserpflanzen ungünstiger oder gar unhaltbar wurden, gab es für sie immer noch Refugien; sie konnten sich hier halten und später wieder verhältnismäßig rasch an neue, für sie günstige Stellen vorrücken[14]. Das gilt insbesondere für Algen

[14] DÄNIKER (1950) weist darauf hin, daß viele Pflanzen der Auen durch starke und rasche Vermehrung, erstaunlich hohes vegetatives Regenerationsvermögen oder Anspruchslosigkeit sich auszeichnen. Deshalb sind größere Flußlandschaften «als ganz besondere Erhaltungsgebiete zu bewerten».

und Moose, die für Quellbäche mit wenig veränderlicher Temperatur charakteristisch sind. Den Wasserpflanzen folgten die flußbegleitenden Besiedler der nassen und feuchten Ufer, wo ziemlich rasch typische Assoziationen sich bildeten.

Wenn wir davon ausgehen, daß am Ende der Tertiärzeit das Klima ähnlich wie heute, die Flora jedoch viel artenreicher gewesen ist[15], dann muß man nach den Ursachen ihrer seitherigen Verarmung fragen.

Einerseits ist zu allen geologischen Zeiten, die Lebewesen aufwiesen, ein natürliches Aussterben vieler Gattungen und Arten festzustellen. Dazu kam der dezimierende Einfluß der durch die wiederholten Vergletscherungen bedingten Pflanzenwanderungen der Diluvialzeit. Der Alpen und Karpaten wegen war ein Ausweichen nur nach Südwest- oder Südosteuropa möglich. Pflanzen bzw. Arten, die ihr Refugium während der Eiszeit nicht erreichen konnten, starben aus. Andere kehrten im Interglaziale nicht mehr zurück. Dieser ständige Zwang zur Wanderung trug zur Verarmung der diluvialen Flora Mitteleuropas bei.

Demgegenüber ist festzustellen, daß sich seit dem Tertiär *neue Arten gebildet* haben, z. B. *Weiden*, *Pappeln*, *Eichen* und *Ahorne*. Es ist besonders interessant, daß gerade die *Flußlandschaften nicht nur Erhaltungsgebiete, sondern in ausgesprochenem Maße auch Bildungsstätten neuer Pflanzenarten* sind. Wir verweisen auf die Weiden, die zu einer fast unbegrenzten Bastardierung neigen, wobei schließlich Typen entstehen, die zufolge ihrer Eigenschaften kaum mehr als Bastarde, sondern eher als neue Arten angesprochen werden können. A. U. DÄNIKER (1950) schreibt darüber: «Ohne Zweifel liegt hier ein Spezialfall der rezenten Artbildung vor, indem solche Typen, wenn einmal stabilisiert, sich im Laufe der Zeiten weiterverbreiten, sofern sie sich als lebenskräftig und fortpflanzungsfähig erweisen.»

5. Die Flora zu Zeiten großer Vergletscherungen

Es ist zu beachten, daß jede Vereisung durch das Klima bedingt war und daß die Voraussetzungen zur Bildung von Pflanzengesellschaften sich jedesmal im großen ganzen wiederholt haben. Deshalb

[15] Ungefähr wie heute im Süden der Vereinigten Staaten und in Ostasien.

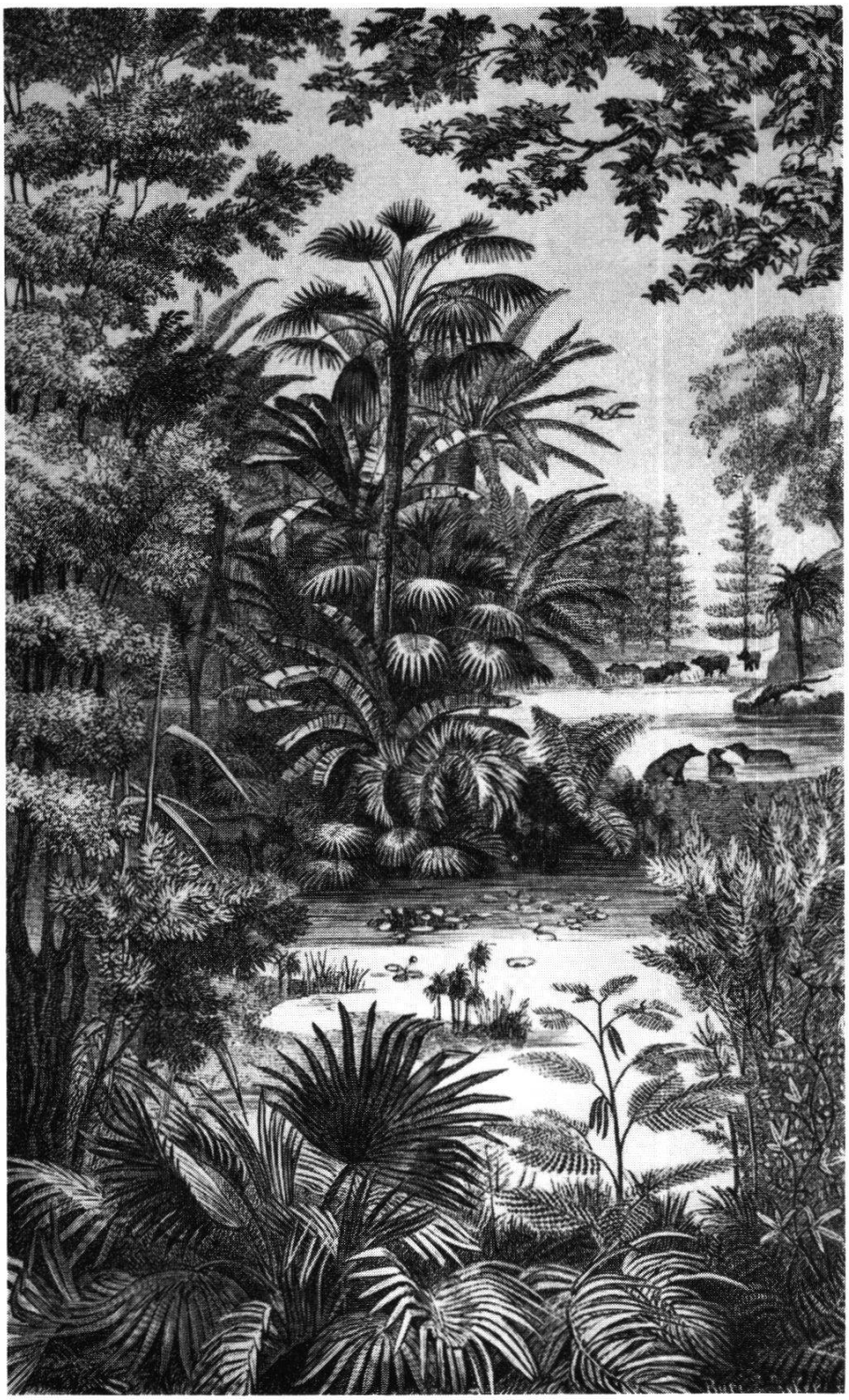


Abb. 8. Lausanne zur miocänen Zeit (HEER 1865).

darf aus den Vegetationsverhältnissen der letzten Vergletscherung (Würm) weitgehend auf Analogien für die vorausgegangenen Zeiten der Gletschervorstöße geschlossen werden[16].

Im Gegensatz zu früheren Auffassungen besteht heute weitgehend Einigkeit darüber, daß im *Gletschervorland der letzten Eiszeit der Wald fehlte*. Baumwuchs war zum größten Teil verschwunden. Die Pollenanalyse bestätigt das durchwegs. Die Landschaft außerhalb der Gletscher sah den sogenannten *alpinen Tundren* ähnlich. Je nach den Bodenverhältnissen herrschten *Zwergstrauchgebüsche von Bergföhren*, *Zwergbirken* und *Kriechweiden* vor (*Pinus montana*, *Betula nana*, *Salix polaris*, *S. reticulata*, *S. hastata* usw.). Als charakteristische Art ist *Dryas octopetala* zu verzeichnen. Daneben gab es *Moos-* und *Flechtenheiden*, Bestände von niedrigen und höheren *Kräutern*, *Fels-* und *Schuttfluren*. Die diluviale Tundra war ziemlich arten- und individuenreich (RYTZ 1949)[17].

Für die *Flußschotter zu Zeiten der Vergletscherung* ist die obige Flora anzunehmen. Es boten sich von den nassen bis zu den trockensten Standorten die mannigfaltigsten Bedingungen. Aus verschiedenen Funden kann auf eine *Wasser- und Sumpfflora* geschlossen werden, die namentlich aus *Laichkräutern* bzw. *Schilf* bestand (*Potamogeton natans*, *P. filiformis*, *Myriophyllum*, *Phragmites communis* usw.). Wenn wir dazu die vielen Pflanzenarten berücksichtigen, die außerdem festgestellt sind und die heute mit andern Arten an Flüssen zu Assoziationen zusammentreten (*Caltha*, *Melandrium*, *Stellaria*, *Rubus*, *Viola*, *Anthyllis* usw.), so darf daraus nicht geschlossen werden, daß sie in Glazialzeiten ebenfalls den heutigen ähnliche Pflanzengesellschaften gebildet hätten. *Von Andeutungen zu einem Auenwald ist keine Spur vorhanden.*

Die eiszeitliche Tundra hat wohl die ganze mitteleuropäische Landschaft zwischen der alpinen und der nordischen Vereisung beherrscht. Sie ist aus zahlreichen Gebieten ziemlich übereinstimmend nachgewiesen. Im Einklang damit stehen auch die tierischen Funde (Mammut, Rentier, Eisfuchs, Vielfraß, Murmel, Moschusochse usw.).

[16] Es ist noch nicht immer möglich, die Funde von Pflanzenresten aus Zeiten maximaler Gletscherausdehnung auf die einzelnen dieser Eiszeiten zu verteilen (RYTZ 1949). Das trifft um so mehr zu, als die Schweiz arm an eiszeitlichen Fundstellen ist.

[17] Liste der Arten s. WALTHER (1927).

6. Die Pflanzenwelt der zwischeneiszeitlichen Flußschotter

Die Pflanzenwelt der Zwischeneiszeiten (wie auch die Tierwelt) weicht von derjenigen der Eiszeiten begreiflicherweise stark ab. Es kann aber als festgestellt gelten, daß zwischen den Florenwandlungen der Interglazialzeiten und der Postglazialzeit Analogien bestehen. WALTHER (1927), BÄCHLER (1949) und zahlreiche Paläobotaniker weisen darauf hin, daß «in den stets eisfreien Gebieten Europas *nicht der früher zu erwartende Wechsel von kälte- und wärmebedürftigen Pflanzengesellschaften stattgefunden hatte, sondern nur eine Veränderung geringen Ausmaßes*». Wenn schon diese Beobachtung für die ganze mitteleuropäische Quartärflora zutrifft, dann *gilt sie*, wie noch gezeigt werden soll, *ganz besonders für die flußbegleitenden Pflanzengesellschaften.*

a) Für die erste Interglazialzeit (Günz-Mindel) sind wir auf ausländische Feststellungen angewiesen. Im Mainzer Becken ist ein interglaziales Waldgebiet nachgewiesen worden, das dem Bild der heutigen großen Waldregionen des kühleren Nordamerika oder Japans entspricht. Der Laubmischwald wies einen großen Artenreichtum auf, worunter sich noch Vertreter aus dem Tertiär befanden. *Die flußbegleitende Vegetation mit ihren Sukzessionsmöglichkeiten und der Bildung von Auenwäldern dürfte der heutigen ähnlich gewesen sein.* Aber wir müssen vorläufig die Frage offen lassen, wie weit die ausländischen Funde aus der ersten Zwischeneiszeit auf die Schweiz übertragen werden dürfen. Jedenfalls ist für die Bildung von Pflanzenbeständen der Ufer großer Flüsse unseres Landes zu berücksichtigen, daß während dieser Zeit eine starke Erosion – im Betrage von 80–100 m – vorherrschte, die nicht nur einen Teil des älteren Deckenschotters abtrug, sondern stellenweise die Molasse der mittelschweizerischen Hochebene entsprechend vertiefte.

b) In der zweiten Interglazialzeit (Mindel-Riß)[18] sind nur noch verschwindende Reste aus dem Tertiär vorhanden, so daß *die Flora der Nordschweiz schon damals der heutigen sehr ähnlich war.*

Während der sehr langen Zeit (Abb. 6, S. 27), da die Gletscher sich weit in die Alpen zurückgezogen hatten oder ganz verschwunden waren, setzte eine vorherrschende Talerosion ein, worauf eine

[18] In diese Zeit fällt das erste Auftreten des Menschen. Die schweizerischen Funde dagegen gehören einer jüngeren Zeit an.

100–200 m mächtige Aufschüttung von Hochterrassenschotter folgte, der hernach wieder stark erodiert wurde (vgl. Tafel I, S. 13). Wir sehen daraus, daß *die Hochterrassenzeit zeitlich und räumlich hervorragende Gelegenheiten bot, um Besiedelungen und Sukzessionen der Ufervegetation auf ausgedehnten Flächen sich entfalten zu lassen.*

Sodann zeigt die Vegetationsentwicklung, die im Ausland für das Mindel-Riß-Interglaziale festgestellt worden ist, daß für die Übergangsassoziationen von der «Tundra» bis zum Eichenmischwald beim erneuten Gletschervorstoß (Riß) eine rückläufige Folge bis zur Dryasflora stattgefunden hat.

Besonders aufschlußreich für unser Land sind die zahlreichen *Schieferkohlenfunde* (Uznach, Dürnten, Wetzikon, Mörschwil, Wangen, Gondiswil-Zell usw.). Die danach benannte «Schieferkohlenzeit» ist höchst wahrscheinlich in das zweite Interglaziale zu verlegen. «Der ganze kohlenführende Komplex (Gondiswil-Zell) wird überlagert von Schottermaterial, das in direkter Beziehung steht zur Moränenzeit der größten Vergletscherung» (RYTZ 1925)[19].

Die Liste der gefundenen Pflanzen[20] weist neben bloß drei pliocänen die heutigen mitteleuropäischen Arten auf. Die Vertreter der flußbegleitenden Pflanzengesellschaften, darunter namentlich auch die Auenwaldarten, sind so reichlich vorhanden, daß für jene Zeit auch *für die Flußufer auf Assoziationen geschlossen werden kann, die mit den heutigen völlig übereinstimmen.*

c) Für die dritte *Interglazialzeit* (Riß-Würm) ist die Ausbeute gering. Es sind wenige Pflanzenfundstellen bekannt. Unterschiede von Bedeutung gegenüber von Mindel-Riß sind nicht festzustellen. Wenn wir mit BECK (1938) für Teile dieser Interglazialzeit, der extremen Temperaturen und unregelmäßigen Niederschläge wegen, in *trockenen Lagen* die Auflockerung des Waldes in eine Parklandschaft mit steppenartigen Partien annehmen, so stehen demgegenüber die sich gleichbleibenden Vegetationsbedingungen den Wasserläufen entlang.

d) Die Postglazialzeit. Wir sind damit bei den Fluß- und Vegetationsverhältnissen angelangt, wie sie weiter oben erwähnt wurden. Die gegenwärtigen, flußbegleitenden Assoziationen und ihre Suk-

[19] HEIM (1919) dagegen verlegt das Alter fast aller Schieferkohlen in die letzte Interglazialzeit.

[20] Vollständige Listen s. namentlich RYTZ (1923, 1925, 1949).

zessionen an der Aare sind bekannt (SIEGRIST 1913). Es bleibt noch zu untersuchen, wie sich diese Pflanzengesellschaften im Verlaufe der klimatisch bedingten Änderung der Zusammensetzung der Wälder seit der letzten Vergletscherung verhalten haben.

Die vielen, auf diese Zeitspanne sich beziehenden Pollendiagramme weisen übereinstimmend auf eine klimatisch bedingte Waldfolge hin, die im Verlaufe von Zehntausenden von Jahren von der *Dryas-Weidenflora* meist über eine *Birkenwaldperiode* zur lange dauernden *Föhrenzeit*, hierauf zu *Haselbeständen*, dann zum *Eichenmischwald* (mit Linden, Ulmen, Ahornen) und schließlich zum *Buchen-* und *Buchenmischwald* geführt hat. Die Reihenfolge ist (ohne die Buchenphase) dieselbe, wie sie in weniger genauer Form für *Interglazial*ablagerungen festgestellt werden konnte.

So wenig aber wie in früheren Interglazialzeiten sind Auenwald- und ähnliche Assoziationen von diesem Wechsel der Zusammensetzung der Wälder beeinflußt worden. Dagegen war der Wasserhaushalt der Seen und Flüsse weitgehend vom Klima abhängig. So ist für das Seeland und bis in die Gegend von Solothurn ein Wechsel von Perioden hoher und niedriger Wasserstände nachgewiesen (ANTENEN 1931, LÜDI 1935), was auch für die Aare unserer Gegend zu einem Wechsel von Erosion und Akkumulation geführt hat. Das schließliche Ergebnis für die Nacheiszeit ist für den Aarelauf zwischen Olten und Wildegg eine Vertiefung von 30–40 m.

Für die Flußufer der Postglazialzeit fehlen zurzeit noch schlüssige Pollendiagramme[21]. Was aber an solchen vorhanden ist, zeigt die Übereinstimmung mit den Beobachtungen an den heutigen, flußbegleitenden Wäldern. Ein Diagramm vom Aarelauf im Seeland zeichnet sich z. B. durch das *Vorherrschen der Erle* aus, das nach LÜDI (1935) «sogar zu einem ausgesprochenen Erlengipfel führt». Wiederholt sind durch die Pollenanalyse *Erlenbestände mit Eichen* (auch Fichten und Tannen) oder ausgesprochene *Eichenmischwälder mit viel Erlen* festgestellt worden. *Solche Bestände sind als Übergangsassoziationen vom Auenwald zum Eichenmischwald*[22], dem damaligen

[21] Für deutsche Moore wurde vielfach auf dem Schilftorf ein Auenwaldtorf festgestellt (WALTHER 1927).

[22] Die Zeit des Eichenmischwaldes liegt ungefähr 6000–7000 Jahre zurück und fällt mit der mittleren und dem Ende der Steinzeit zusammen (s. die Zeittabelle nach WELTEN in RYTZ (1949).

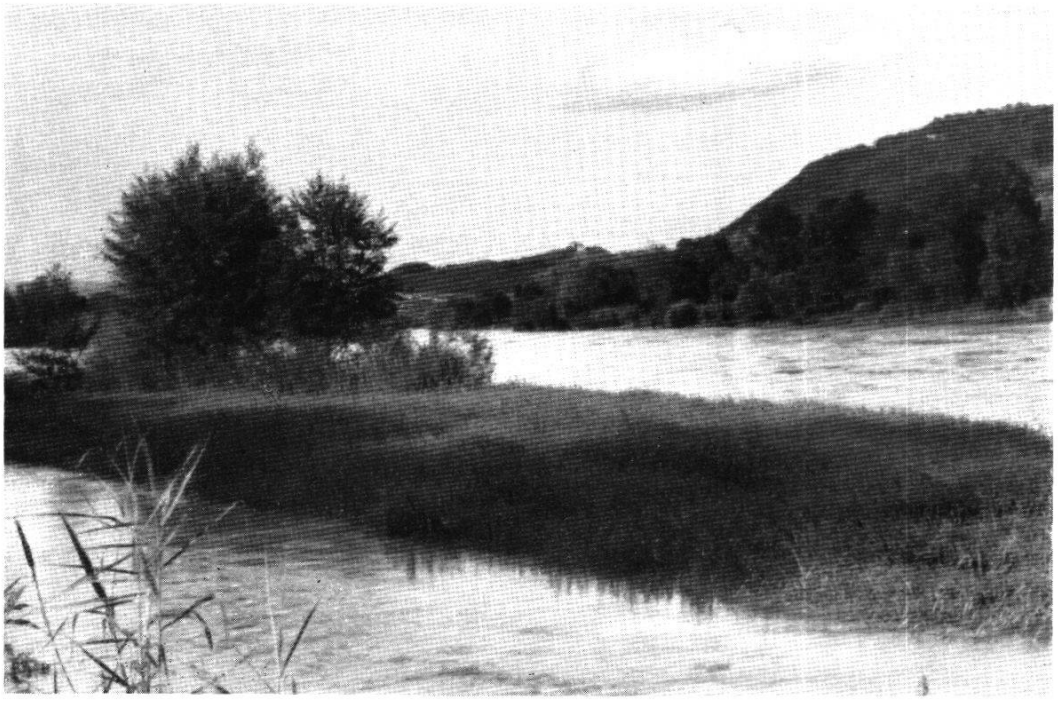


Abb. 9. Insel oberhalb Brugg mit typischer Besiedelung durch Weiden und Erlen (unten) und *Phalaris* (am oberen Ende)

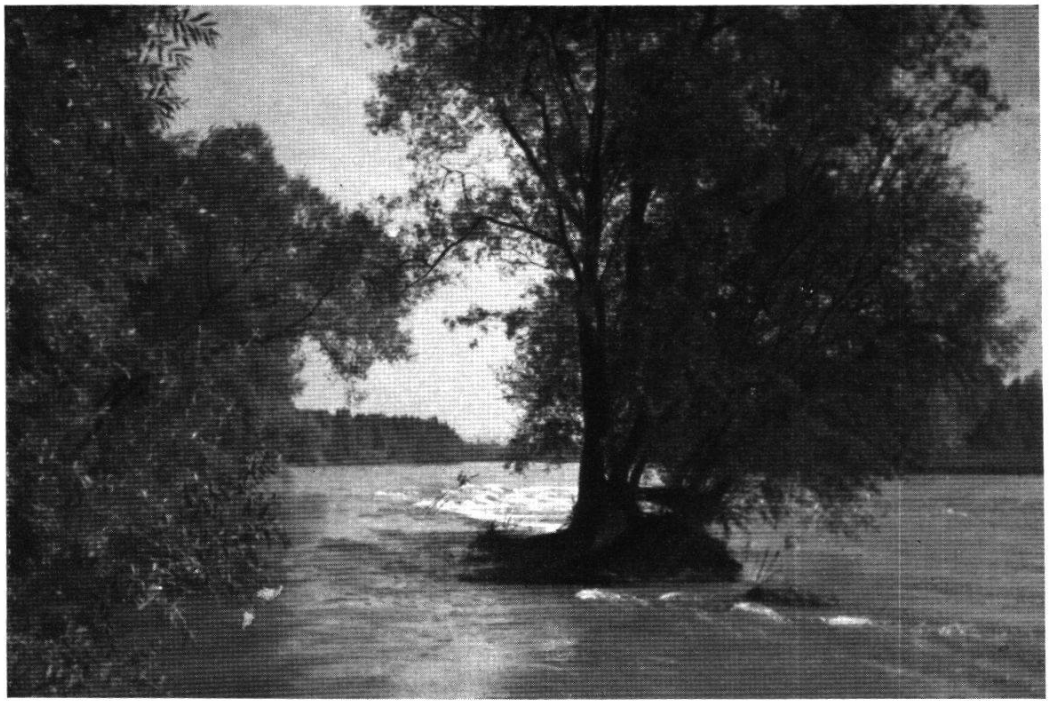


Abb. 10. Durch Hochwasser zerrissene Weidenaupartie an der Aare

Klimax-Wald, anzusehen[23]. Die Übergänge konnten sich erst bei fallendem Wasserstand entwickeln, wurden aber später vielfach wieder von Kies und Sand überschüttet. Fossile Eichenstämme sind an der Aare (auch bei Aarau) öfters gefunden worden. In Brügg-Meienried sind sie unter Sand und Schotter in lehmig-tonigem Grund fest verwurzelt und dürfen als autochthon taxiert werden. Da und dort können sie auch angeschwemmt sein. Da das Vorkommen von Eichen auf Auenböden gelegentlich zu unrichtigen Vorstellungen über die Zusammensetzung der Auenwälder früherer Zeitepochen Anlaß gegeben hat, war eine Abklärung notwendig.

Als *Schlußfolgerung* ergibt sich, daß auch für den ganzen Zeitraum der *postglazialen Auenwälder* für ihre Entstehung, ihren Aufbau und die Sukzessionen die Forschungsergebnisse über die heutigen, flußbegleitenden Pflanzengesellschaften Geltung haben.

[23] Wenn daneben WALTHER (1927) für den Eichenmischwald eine offene Parklandschaft annimmt, die den Charakter des Steppenwaldes bewahrt, so kann diese Feststellung nur für trockene Böden außerhalb des See- und Flußbereiches Gültigkeit haben. Von jeher und heute noch sind solche Verhältnisse auf den trockenen Flußschotterbänken zu finden (Eichen mit *Pinus silvestris*, *Salix incana*, *S. purpurea*, *Hippophaë Rhamnoides*, *Populus nigra* usw.).

WICHTIGSTE LITERATUR

A. Geologie

H. BÄCHLER, *Die Erdgeschichte.* Einführung in die Geologie des Eiszeitalters mit besonderer Berücksichtigung der Schweiz. In *Urgeschichte der Schweiz* von O. TSCHUMI, S. 1–14. Frauenfeld 1949.

P. BECK, *Vorläufige Mitteilung über eine Revision des alpinen Quartärs.* Ecl. geol. Helv. *30,* 75–85 (1937).

R. FREI, *Karte der diluvialen Gletscher der Schweizeralpen.* In Lieferung XLI, Neue Folge der Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, Spezialkarte 74 (1912).

A. HEIM, *Geologie der Schweiz.* Band 1. Leipzig 1919.

F. MÜHLBERG, *Die heutigen und früheren Verhältnisse der Aare bei Aarau.* Programm der Aargauischen Kantonsschule für das Jahr 1885.

– *Der Boden von Aarau.* Festschrift zur Eröffnung des neuen Kantonsschulgebäudes in Aarau. Aarau 1896.

– *Über den diluvialen See von Solothurn.* Ecl. geol. Helv. *XI,* Nr. 6 (1910).

A. PENCK und E. BRÜCKNER, *Die Alpen im Eiszeitalter.* Leipzig 1901–1909.

B. Klima

P. BECK, *Studien über das Quartärklima im Lichte astronomischer Berechnungen.* Ecl. geol. Helv. *30,* 241–262 (1937), *31,* 137–172 (1938).

R. BILLWILER, *Temperatur und Niederschlag im schweizerischen Alpengebiet während des letzten Gletschervorstoßes und einige Rückschlüsse auf die eiszeitlichen Verhältnisse.* Annalen der schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt *67* (1930).

W. KÖPPEN und A. WEGENER, *Die Klimate der geologischen Vorzeit.* Berlin 1924.

W. KÖPPEN und R. GEIGER, *Handbuch der Klimatologie.* Berlin 1930.

M. MILANKOWITCH, *Mathematische Klimalehre und astronomische Theorie der Klimaschwankungen.* In *Handbuch der Klimatologie* von W. KÖPPEN und R. GEIGER, I, Teil A. Berlin 1930.

– *Astronomische Mittel zur Erforschung der erdgeschichtlichen Klimate.* In *Handbuch der Geophysik,* Band 9. Berlin 1938.

ARTUR WAGNER, *Klimaänderungen und Klimaschwankungen.* Braunschweig 1940.

C. Geographie und Urgeschichte

P. AMMANN, *Der frühzeitliche Friedhof in der obern Telli.* Aargauer Tagblatt vom 17. Dezember 1935.

A. GESSNER, *Die Römerstraße bei Rohr.* Anzeiger für schweizerische Altertumskunde, Neue Folge *I,* 122–125 (1899).

M. RINGIER, *Die Entwicklung der Landwirtschaft um Schönenwerd.* Diss. ETH Zürich 1951.

J. R. SCHNEIDER, *Das Seeland der Westschweiz und die Korrektion seiner Gewässer.* Bern 1881.

T. SCHWEIZER, *Urgeschichtliche Funde in Olten und Umgebung.* Olten 1940.

– *Die Gräberfunde von Däniken (Solothurn).* Urschweiz *10* (1946).

P. STEINMANN, *Eine uralte Siedelung in der oberen Telli.* Aarauer Neujahrsblätter 1935, S. 13–19.

D. Botanik

F. ANTENEN, *Die Alluvionen des Seelandes.* Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern *1930*, 55–76 (1931).

K. BERTSCH, *Klima, Pflanzendecke und Besiedelung Mitteleuropas.* Jahresbericht der Schweizerischen Gesellschaft für Urgeschichte *20* (1928).

J. BRAUN-BLANQUET, *Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde.* Wien 1951.

A. U. DÄNIKER, *Die Aareschachen ob Brugg.* Eine heimatliche Studie. Brugger Neujahrsblätter 1950, S. 13–40.

E. FURRER, *Pollenanalytische Studien in der Schweiz.* Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich *72*, Beiheft Nr. 14 (1927).

H. GESSNER und R. SIEGRIST, *Bodenbildung, Besiedelung und Sukzessionen der Pflanzengesellschaften auf den Aareterrassen.* Mitteilungen der Aargauischen Naturforschenden Gesellschaft, *XVII*, 87–140 (1925).

OSWALD HEER, *Die Urwelt der Schweiz.* Zürich 1865, Bern 1948.

P. KELLER, *Pollenanalytische Untersuchungen an Schweizer Mooren und ihre florengeschichtliche Deutung.* Veröffentlichungen des Geobotanischen Instituts Rübel Zürich, Heft 5 (1928).

W. LÜDI, *Das Große Moos im westschweizerischen Seelande und die Geschichte seiner Entstehung.* Veröffentlichungen des Geobotanischen Instituts Rübel Zürich, Heft 11 (1935).

H. LÜSCHER, *Flora des Kantons Aargau.* Aarau 1918.

F. MÜHLBERG, *Die Standorte und Trivialnamen der Gefäßpflanzen des Aargaus.* Aarau 1880.

A. G. NATHORST, *Die erste Entdeckung der fossilen Dryasflora in der Schweiz.* Geol. Fören. i Stockholm Förhandl. *41*, 454–456 (1919).

E. NEUWEILER, *Die prähistorischen Pflanzenreste Mitteleuropas mit besonderer Berücksichtigung der schweizerischen Funde.* Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich *50* (1905).

– *Über Hölzer in prähistorischen Fundstellen.* Veröffentlichungen des Geobotanischen Instituts Rübel Zürich, Heft 3, 1925 (SCHRÖTER-Festschrift, S. 509–519).

– *Liste der Pflanzenreste aus dem Kälberhügel Vindonissa.* Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich *72*, 326–331 (1927).

W. RYTZ, *Die Pflanzenwelt der Schieferkohlen von Gondiswil-Zell.* Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, VIII. Lieferung, S. 79–101 (1923).

W. RYTZ, *Über Interglazialfloren und Interglazialklimate mit besonderer Berücksichtigung der Pflanzenreste von Gondiswil-Zell und Pianico-Sellere.* Veröffentlichungen des Geobotanischen Instituts Rübel Zürich, Heft 3, 1925 (SCHRÖTER-Festschrift, S. 540–553).

– *Die Pflanzenwelt. Urgeschichte der Schweiz von* O. TSCHUMI. Frauenfeld 1949.

C. SCHRÖTER, *Die Flora der Eiszeit.* Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich für das Jahr 1883.

RUDOLF SIEGRIST, *Die Auenwälder der Aare.* Aarau 1913.

– *Die letzten Sanddornbestände an der unteren Aare (Hippophaë Rhamnoides).* Mitteilungen der Aargauischen Naturforschenden Gesellschaft *XVIII.* Aarau 1928.

– *Auenwaldfahrten.* Aarauer Neujahrsblätter 1929.

TCHOU YEN-TCHENG, *Etudes écologiques et phytosociologiques sur les forêts riveraines du Bas-Languedoc.* Vegetatio Acta Geobotanica, Vol. I, Fasc. 1–5. Den Haag 1948.

HCH. WALTHER, *Einführung in die allgemeine Pflanzengeographie Deutschlands.* Jena 1927.

MAX WELTEN, *Pollenanalytische, stratigraphische und geochronologische Untersuchungen aus dem Faulenseemoos bei Spiez.* Veröffentlichungen des Geobotanischen Instituts Rübel Zürich, Heft 21 (1944).