

Zeitschrift: Mitteilungen der aargauischen Naturforschenden Gesellschaft

Herausgeber: Aargauische Naturforschende Gesellschaft

Band: 13 (1913)

Artikel: Die Auenwälder der Aare, mit besonderer Berücksichtigung ihres genetischen Zusammenhangs mit anderen flussbegleiteten Pflanzengesellschaften

Autor: Siegrist, Rudolf

Kapitel: II: Die natürlichen Entstehungsbedingungen der Auenwälder an der Aare im allgemeinen

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-171763>

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: 27.12.2025

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

II. Die natürlichen Entstehungsbedingungen der Auenwälder an der Aare im allgemeinen.

A. Die Natur ihrer Unterlage.

1. Die Verbreitung der Auenwälder im Zusammenhang mit der Gestaltung des Talbodens.

a) Die Aare und ihr Tal im allgemeinen.

Im Kern des schweizerischen Urgebirges entspringen im Berneroberland zwei Quellbäche der Aare¹ dem gleichnamigen Gletscher. Nach ihrer Vereinigung strömt das wilde Bergwasser bis zur Aufnahme der Grimsel und der Gadmeraare auf Urgestein, bildet zwischen Grimselhospitz und Guttannen den imposanten Handeckfall, um sich dann in die „finstere Aareschlucht“ zu stürzen, wo sie sich in wildromantischem Cannon durch einen Talriegel aus hartem Kalk der mittleren Juraformation Bahn bricht. Nach Verlassen dieses Engpasses fließt die Aare in künstlichem Bett durch eine ebene Talfläche in den Brienzersee.

Die nunmehr geschiebefreie Aare wendet sich in 5 km langem Lauf über das sog. Bödeli hinweg dem Thunersee zu, zunächst dem Schuttkegel der Lütschine, die ehemals hier direkt in die Aare floß, dann demjenigen des Lombachs ausweichend.

Mit dem Thunersee treten wir hinaus in das schweizerische Mittelland, indem das untere Seebecken die Ketten der nörd-

¹ Der Name Aare ist keltischen Ursprungs und bedeutet, wie eine Menge ähnlich lautender Ausdrücke, nichts anderes als Wasser. So begegnen wir ihm auch in fremder Sprache, wie im Süden Frankreichs in dem Flußnamen Hérault (keltisch Arra) wieder. Noch deutlicher ist er in „Arre-et-Bez“, der Bezeichnung einer Ortschaft jener Gegend, sichtbar. Viele schweizerische Flüßchen und Bäche heißen Aa, und auch im Niederdeutschen und Holländischen finden wir diesen Namen wieder. Oberdeutsch heißt es Ach, in Oldenburg, Hannover und Schleswig-Holstein Aue und Au.

lichen Kalkalpen als Quertal durchbricht. Die Aare hat ihren Wildbachcharakter eingebüßt. Wir treffen immer häufiger weite, muldenförmige Talpartien, in deren Sohle die Aare fließt. Die Hänge der Mulden weisen meist deutliche Terrassierung im Kiesuntergrunde auf. Diese Gegenden hauptsächlich sind es, die im folgenden einer eingehenden pflanzengeographischen Betrachtung unterzogen werden sollen. Die untersten Terrassen sind die flachen, meist bewaldeten Ufer und bilden innerhalb des Inundationsgebietes oder daran anschließend den Standort für die Auenwaldungen.² Solche Gegenden, in denen das Aaretal eine weite, ebene oder terrassierte Kiesfläche darstellt (Fig. 2), treffen wir mehrmals auf der Strecke von Thun bis zur Einmündung in den Rhein bei Koblenz.

Jura Insel Schachen Unteres Feld Aesch Surhard

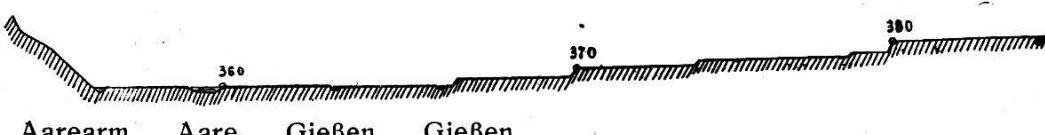


Fig. 2. NW-SO-Profil des Aaretals bei Biberstein (unterhalb Aarau).
(Maßstab zirka 1 : 30000; Überhöhung 5×).

b) Der Abschnitt Thun-Koblenz.

Nach seiner Gestaltung und der dadurch bedingten An- oder Abwesenheit von Auenwäldern können wir das Aaretal von Thun bis zur Einmündung in den Rhein in mehrere, scharf von einander abgegrenzte Regionen teilen.³

a) Übersicht über die Gliederung dieses Abschnittes.

I. Die Aare im schweizerischen Mittelland.

1. Die flache, kiesige Talsohle zwischen Thun und Bern. Aare korrigiert. Schmaler Streifen Auenwälder.

2. Das tiefe, oft schluchtartige Aarebett in Molassefelsen zwischen Bern und Aarberg :

a) Bern-Saanemündung ; ohne Auenwälder.

b) Saanemündung - Aarberg ; kleine Auenwälder.

² Vergl. Definition S. 1.

³ Siehe auch Zellers Aufsatz über die Aare im geogr. Lexikon der Schweiz. Neuenburg 1902. S. 8.

3. Die Aare im Seeland, d. h. in der Sohle der ausgedehnten Mulde am Südrand des Juras, die das Gebiet des Neuenburger- Murten- und Bielersees umfaßt und bis zur Einmündung der Emme reicht:

- a) Das wald- und gebüschrige Gebiet des alten Aarlaufes von Aarberg bis Meienried (ob Büren).
- b) Die in vielen Bogen langsam durchflossene, waldarme Talsiederung zwischen Meienried und der Emme- mündung unterhalb Solothurn.

4. Das regelmäßiger gestaltete, tiefer in den Talboden eingegrabene Flußbett, mit stärkerem Gefälle zwischen Emme- mündung und Aarburg.

II. Die Aare im Jura. Eintritt in die südlichste Kette bei Aarburg und Durchquerung derselben bis Olten.

1. Der teilweise stark verwilderte, z. T. auch korrigierte Lauf hart am Südfuß der Juraketten entlang von Olten bis Willegg.

2. Die Durchquerung der Juraketten in gewundenem, trägem Lauf bis zur Einmündung in den Rhein. Beide reich an Auenwäldern.

β) *Charakterisierung der in obiger Übersicht unterschiedenen Tallandschaften der Aare.*

I. Auf der sanften Abdachung des großen Tertiärbeckens zwischen Alpen und Jura wendet sich die Aare nordwärts dem Jura zu.

1. Beim Verlassen des Thunersees betritt sie zwischen *Thun* und *Bern* auf eine Länge von zirka 25 km eine flache, offene Tallandschaft mit einer Sohle bestehend aus einer mehr als 1 km breiten Kiesfläche. 1714 leitete man die Kander, die einst unterhalb Thun linksseitig in die Aare mündete und ungeheure Massen Geschiebe mit sich führte, in den See ab. Ihr Schuttkegel mit den alten Rinnen enthält jetzt noch interessante Auenwaldungen. Große Gebiete zwischen dem See und Bern wurden 1871—92 vollständig korrigiert.

Durch Nebenflüsse wie die Zulg, die Rotachen, den Kiesenbach und die Gürbe erhält die Aare der Nagelfluh ent- stammende Gerölle, Jurakalkgeschiebe, überdies viel Sand

und Schlamm zugeführt; immerhin ist die Geschiebeführung mangels größerer Zuflüsse oberhalb Bern nicht bedeutend. Das Durchschnittsgefälle auf dieser Strecke beträgt zirka 2% (Aare unterhalb Thun 556 m ü. M., unterhalb Muri b. Bern 508 m ü. M.).

Die Eindämmung der Aare auf dieser Strecke war von großem Einfluß auf die anstossende Gegend. Talfächen, die jährlich einige Zeit unter Wasser standen, werden heute selbst bei starkem Hochwasser nicht mehr überschwemmt, obwohl an vielen Stellen der Normalwasserstand höher liegt als das anliegende Gelände. Auch an diesen Stellen konnte das Land trocken gelegt werden, indem man längs des Aarebettes tiefer gelegene Entwässerungskanäle von geringerem Gefälle entlangführte, die man an günstigen Stellen weiter unten in die Aare einmündete („Kanal“, Fig. 3).

Wenn dennoch Auenwälder und -Gebüsche sich bis zu 1 km Breite ausdehnen können, wie dies bei Uttigen unterhalb Thun und an der Hunzikenbrücke unterhalb Rubigen der Fall ist, so hat das seinen Grund in der Bewässerung durch die erwähnten Abzugskanäle und durch die zahlreichen alten Aarläufe oder sogenannte Gießen (Fig. 3).

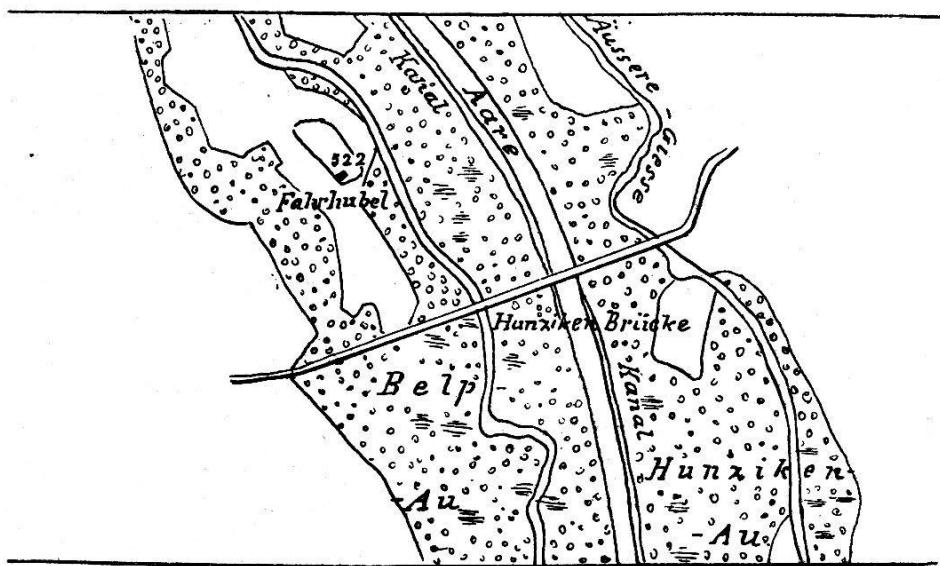


Fig. 3. Charakteristische Partie an der Hunzikenbrücke mit korrigierter Aare, Gießen, Kanälen und Auenwäldern.

1 : 25000. (Nach Siegfried-Bl. 336, 1871.)

Wenn wir dieses Gebiet nochmals überblicken, so sehen wir, wie zwischen hohen, künstlichen Dämmen teilweise auf

höherem Niveau als das Ufergelände die Aare fließt, wie aber trotz dieser Korrektion, dank der beständig Wasser führenden Gießen und Gießenkanäle beidseitig Auenwälder, in Relikten wenigstens, weiterbestehen.

2. Ganz anders ist das Aaretal auf der Strecke *Bern-Aarberg* gestaltet.

a) Abschnitt *Bern-Saanemündung*. Zur Eiszeit wurde der Aarelauf, der sich durch eine Furche gegen Solothurn zog, in eine von Bern aus nach Westen sich ziehende abgelenkt, in deren Sandsteinohle sich der Fluß in engem, gewundenem Bett tief eingrub. Es ist klar, daß ein solches Erosionstal der Entstehung von Auen am wenigsten Möglichkeit bietet, da die Alluvion auf die niedersten Partien der konvexen Ufer beschränkt ist. An solchen Stellen aber finden wir zuweilen die schönsten und lehrreichsten Bilder der Ufergestaltung: diesseits ein steiles, mehr als 100 m hohes, konkaves Erosionsufer, von dem aus man über die Flußbiegung hinweg auf das jenseitige konvexe, charakteristisch terrassierte Ufer blickt, dessen Stufen ihrer Feuchtigkeit entsprechend mit Kies, Auenwäldchen (auch nur Ufergebüsch), Wiesen, Getreidefeldern und Kartoffeläckern bedeckt sind (Fig. 4, Tafel II).

b) Abschnitt *Saanemündung-Aarberg*. An der Stelle, wo die Aare in scharfem Bogen nordwärts dem Seeland sich zuwendet nimmt sie die Saane auf, die ihr gewaltige Mengen Geschiebe zuführt. Mit vereinter Stoßkraft werden die Schuttmassen in das Seeland⁴ hinausbefördert. Dieser Teil ist etwas reicher an Auengebüsch als der vorige, jedoch finden sich solche auch hier nur auf den konvexen Ufern; die ausgedehntesten am linken Ufer unterhalb der Saanemündung.

3. Das ganze *Seeland* liegt in der Molasseformation und wird in nord-östlicher Richtung von mehreren Molassehügeln, die mit erratischen Blöcken und Gletscherschutt aus dem Rhonetal bedeckt sind, durchzogen. Unter und neben diesen erratischen Bildungen finden sich mächtige, meist terrassenförmige Lager von Kies, Sand und auch Lehm.⁵

⁴ Seeland im weiteren Sinn, nach Schneider, J. Rud. — Das Seeland der Westschweiz und die Korrektion seiner Gewässer. Bern 1881.

⁵ Eingehende Beschreibung siehe in Schneider l. c. S. 61.

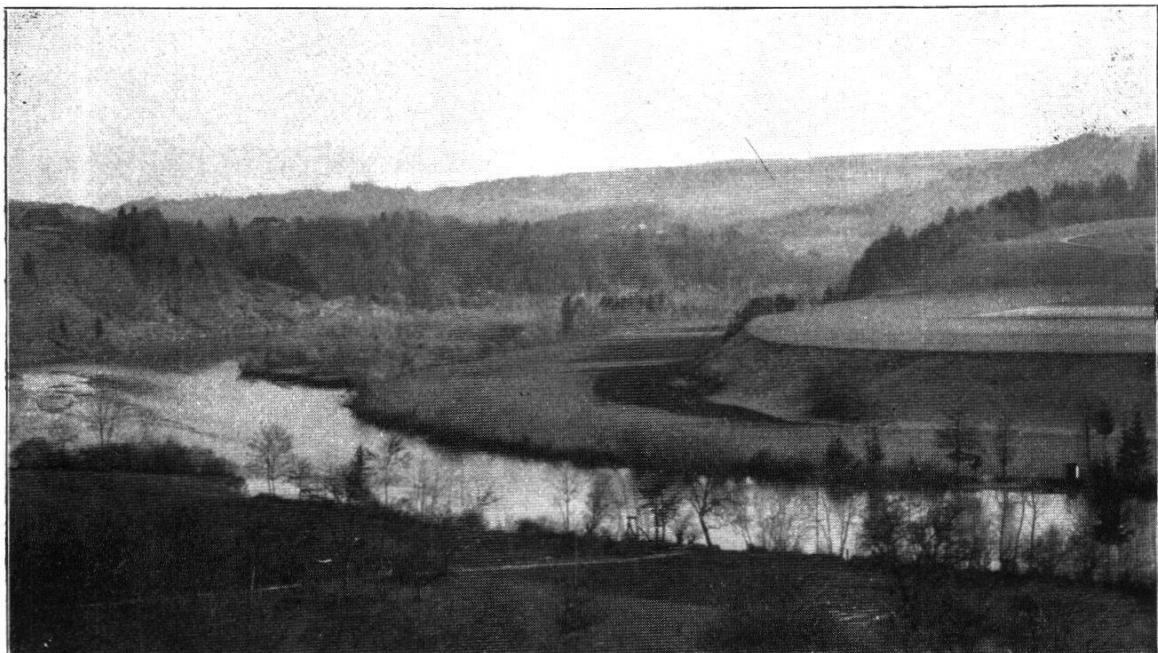


Fig. 4. Die Verteilung von Auenwald, Wiesen und Feldern auf die verschiedenen Uferterrassen an der Aare bei der Saanemündung (Ostermaningen).

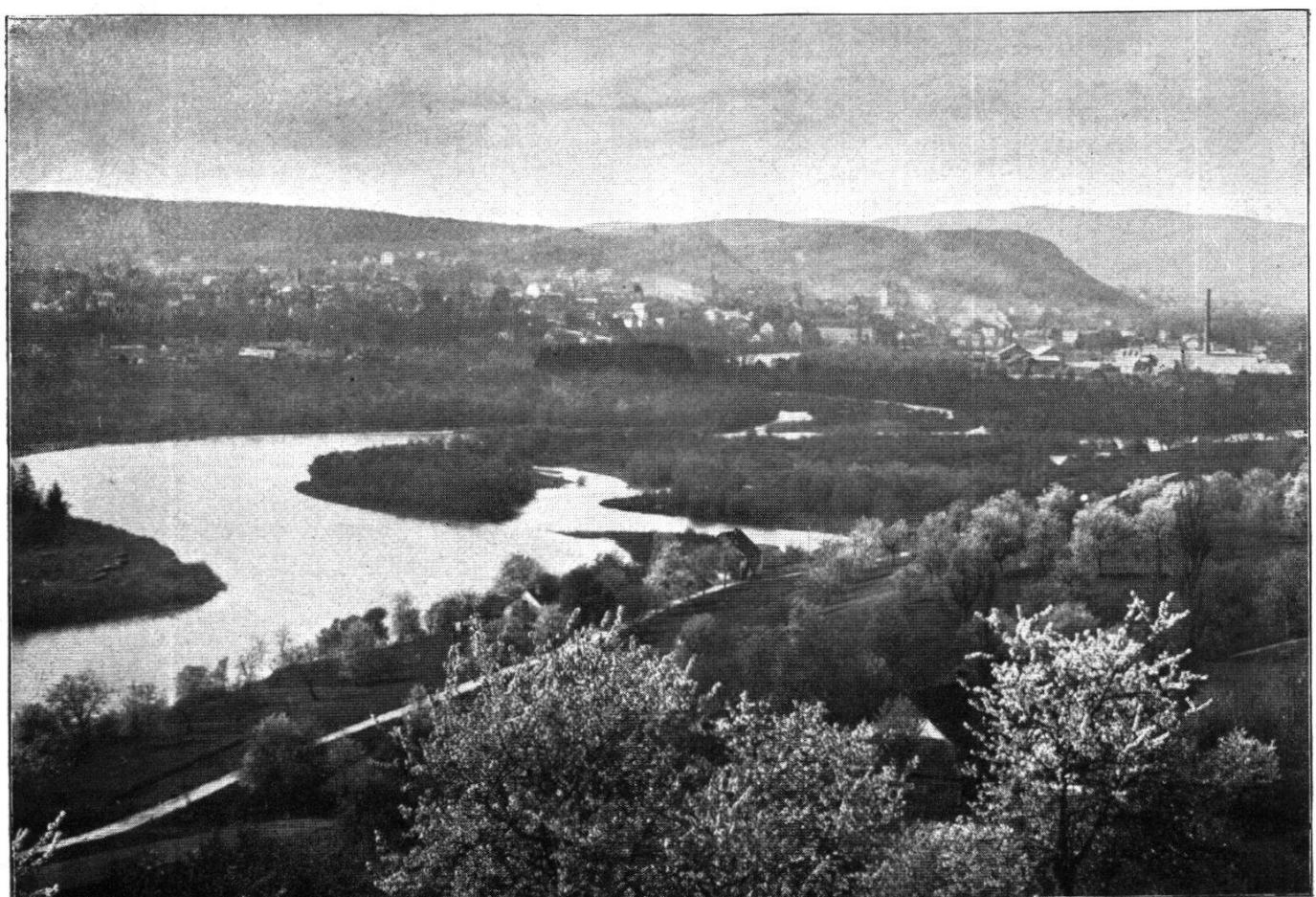


Fig. 6. Ausgedehnte Auenwaldungen an der Aare unterhalb Aarau.
Phot. Dr. Jäger.

a) Westlich von Aarberg zieht sich bis nach Bühl ein Aareschuttkegel, von dessen Scheitel aus die Aare in östlicher Richtung dahinzog. Diese Gegend bot das typische Bild eines „verwilderten Flusses“. „Wenn ein Fluß ein sehr großes Gewicht an grobem Schutt fortzuschaffen hat, so hat seine Flußebene selbst im Ausgleichungszustand ein relativ steiles Gefäll. Dann weicht der Fluß aber von seinem geraden Lauf durch die Aue nur wenig ab; er zersplittert seine Wassermenge in viele einzelne Arme, zwischen denen beständig sich verändernde Sandbänke und Inselchen liegen (Fig. 5). Er lagert also immerfort ab.“⁶ Sobald der Schutt abgelagert ist, beginnt die Ausbildung der Mäander (Meienried - Solothurn!).

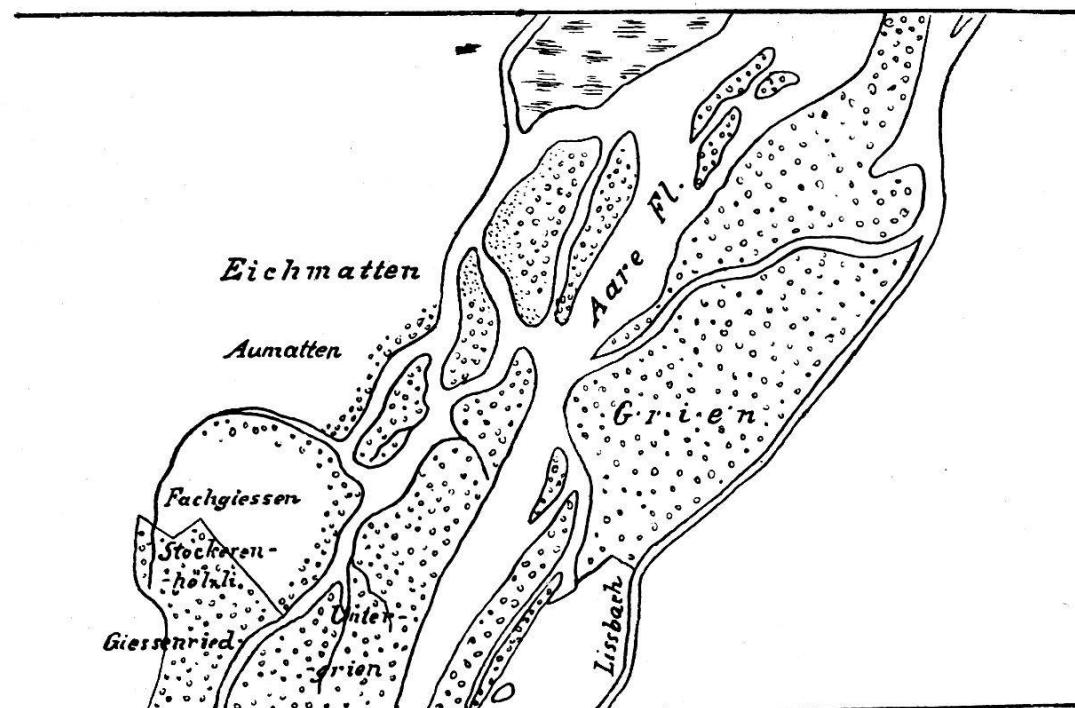


Fig. 5. Auenwälder zwischen Bußwyl und Lyß.
1 : 25000. (Nach Siegfried - Bl. 138. 1876.)

Heute ergießt sich in dieses Bett nur noch ein kleines Wässerchen; die Hauptwassermassen werden durch den Hagnekkanal in den Bielersee abgeleitet. Die Niederung bis nach Meienried hinunter, die einst oft von gewaltigen Überschwemmungen heimgesucht wurde, ist seit 1878 infolge der Juragewässerkorrektion vollständig gesichert. Infolge des Sinkens des Grundwasserspiegels sind die Auenwälder zurück-

⁶ M. Davis und G. Braun. — Grundzüge der Physiogeographie. Leipzig und Berlin 1911. S. 201.

gegangen und heute noch teilweise im Verschwinden begriffen. Andere flußbegleitende Pflanzengesellschaften dagegen — besonders Sanddorn, -Föhrenbestände und Kiesplätze mit offener Kräuter- und Staudenvegetation — sind dort bis zu einer Breite von 2 Kilometer in ihrer schönsten Ausbildung zu treffen und weisen treffliche Beispiele von Sukzessionen der Pflanzengesellschaften auf.

Eine Bewässerung der untersten Uferstufen findet noch heute dadurch statt, daß in das alte Aarebett, in die zahlreichen Flußarme und die Gießen eine Anzahl kleiner Bäche münden, die ihr Wasser dem ansehnlichen Sammelgebiet von 150 km² entnehmen. Diese Wasser fließen in dem flachen Gelände träge durch das breite Bett dahin und münden zwischen Meienried und Büren in den vom Bielersee herkommenden Nidau-Büren-Kanal.

So verstehen wir wohl, daß durch die Juragewässerkorrektion einerseits die Kulturen dieser Gegend vor Überschwemmungen verschont bleiben, auch dann selbst, wenn bei Hochwasser ein Teil der Aare sich bei Aarberg in das alte Bett ergießt, daß aber andererseits in der Flußniederung die großen Erlen- und Weidenbestände sich des prächtigsten Gediehens erfreuen. Hier geht die Versumpfung sogar so weit, daß ein kleiner Erlenbruch sich bilden konnte, ein Wald, „der sich durch das höchste Maß von Bodennässe auszeichnet, das Laubbäume zu ertragen vermögen“.⁷ Am oberen Teil des alten Aarelaufes dagegen, direkt unterhalb Aarberg, in einem Gebiet, da das Bett wenig Wasser führt, zeigt sich das Fehlen desselben im raschen Zurückgehen von Weiden-, Erlen- und Eschenbeständen⁸; zudem beträgt von hier bis Dotzigen das Gefälle 1,25 %, während es von Dotzigen bis Meienried bloß 0,07 % ausmacht.⁹

b) Unterhalb Meienried umfließt die alte Aare in weitem Bogen mit 0,04 % Gefälle das sogenannte Häftli. Der Aare-Zihlkanal schneidet diesen Bogen ab und führt die Hauptwassermassen in geradem Lauf gegen Büren.

Die große Ebene oberhalb Solothurn, die in vielen Windungen durchflossen und bei Hochwasser gelegentlich in einen

⁷ Drude, O. 1896. I. c. S. 308. — ⁸ Vergl. Abschnitt V.

⁹ Schneider I. c. S. 84.

See verwandelt wird, besteht aus einer mehr als 4 Meter mächtigen Schicht Sand und feinem Kies, die stellenweise von einer Schicht grauem oder blauem Lehm bis zu 3,5 Meter Mächtigkeit überlagert wird. Eine oberflächliche, 30 cm bis mehr als 1 m mächtige, fruchtbare Dammerde trägt Wiesen und Äcker, schönen Klee und Esparsette, in günstigen Jahren schöne Kornfelder. Auenbäume — und Sträucher finden sich nur am Uferrand und treten nirgends in größeren Beständen auf.

4. Unterhalb Solothurn nimmt die Aare die Emme auf, und damit beginnt für den Flußlauf eine neue Phase. Die Emme schiebt ihren mächtigen Schuttkegel immer weiter vor, wirft große Mengen Geschiebemassen, meist der Nagelfluh entstammendes Quarzgestein und thonige Sinkstoffe in die Aare. Dieser Schuttkegel staut die Aare, drängt sie nördlich gegen den Brestenberg hin und zwingt sie gleichsam, hier in den Felsen ein neues Bett zu graben. Infolge dieser Stauung findet hier ein schroffer Gefällswechsel statt. Von Solothurn bis zur Einmündung der Emme ist das Gefälle $0,12\%$, unterhalb derselben beträgt es $1,6\%$ und sinkt nur allmählig auf 1% . Auf ihrem Laufe dem Fuße des Jura entlang weist die Aare sprungweise noch größeres Gefälle auf, so bei Attisholz, Wangen, Wynau, Ruppoldingen oberhalb Aarburg. An letzteren drei Stellen wurde das Gefälle durch die Anlage von Elektrizitätswerken ausgenützt. Längs des Flußlaufes finden wir meist nur Ufergebüsche, die selten sich zu Auenwaldparzellen erweitern.

II. Bei Aarburg tritt die Aare in die äußerste Kette des Jura ein, durchströmt diese in einem Quertal und wendet sich bei Olten nach Nord-Osten, um von dort aus:

1. bis nach Wildegg dem Südfuß des Jura entlang zu fließen. Während der Flußlauf von Aarwangen bis Olten sehr regelmäßig gestaltet ist, zeigt er unterhalb Olten ein äußerst verwildertes Aussehen. Seine Breite variiert zwischen 65 und 140 m, das Gefälle beträgt 1% bis $2,5\%$. Mehrere Inseln und Halbinseln verändern häufig und rasch ihre Gestalt und Lage und wirken dadurch umgestaltend auf den Flußlauf ein. Wo die Aare nicht direkt dem Jura entlang fließt, wird sie auf der untersten Terrasse jenes Ufers von

Auenwäldern begleitet.¹⁰ Namentlich schön entwickelt finden sich letztere aber auf dem rechten — oder Südufer, da der Fluß dort auf der flachen, mit Niederterrassenschotter bedeckten Abdachung des mittelschweizerischen Hügellandes beliebig weit ausgreifen kann. An verschiedenen Stellen mußten Grundwehren in die Aare gebaut werden, um der stark vertikal erodierenden Tätigkeit des Wassers an jenen Stellen entgegenzutreten. So geschah es bei Schönenwerd, Aarau und Rupperswil.

Von Aarau bis Wildegg ist die Aare großenteils korrigiert; die Breite beträgt fast durchwegs 100 m. Aber gerade diese Grundwehren, die ein tieferes Einschneiden des Flusses verhindern, bewirken, daß der frühere Grundwasserstand des Ufergeländes erhalten bleibt und mit ihm auch, sogar in einem Gebiet starker Vertikalerosion wie im Aargau,¹¹ die vielen Weiden- und Erlenbestände oder Schächen, wie sie dort fast durchwegs bezeichnet werden.

2. Von Wildegg an, wo die Aare in den Jura einzutreten beginnt, wird sie außerordentlich inselreich und erlangt durch diese Zerfaserung stellenweise eine Breite von 180 m. Die

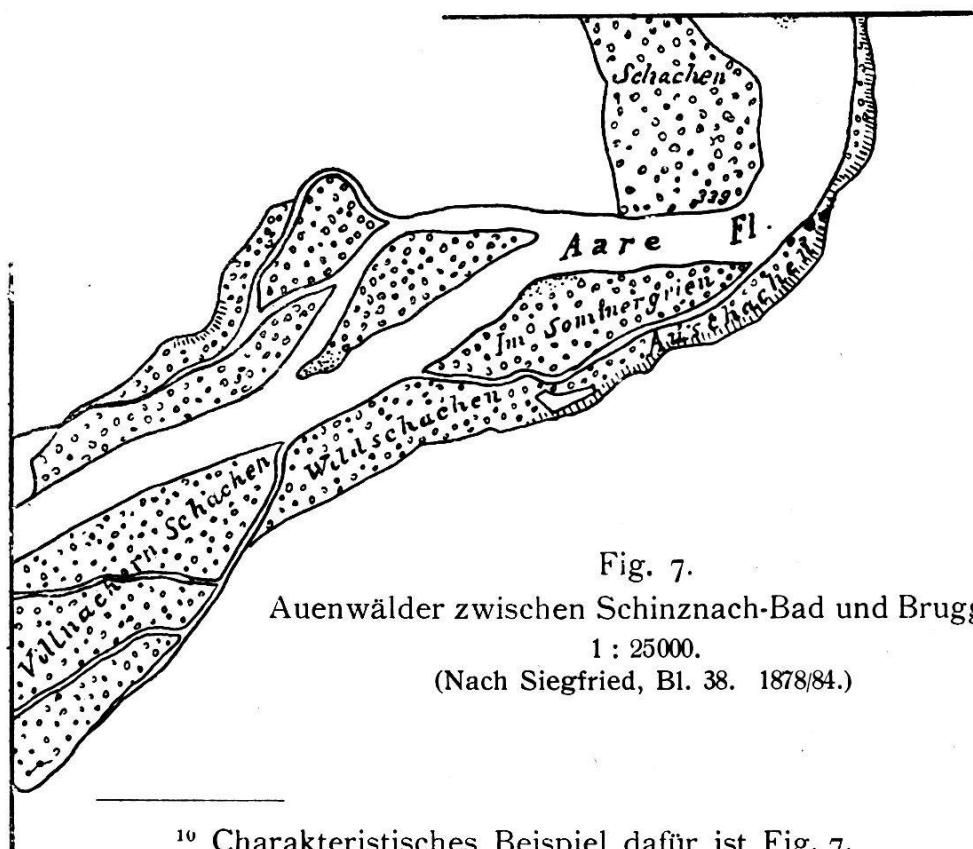


Fig. 7.
Auenwälder zwischen Schinznach-Bad und Brugg.
1 : 25000.
(Nach Siegfried, Bl. 38. 1878/84.)

¹⁰ Charakteristisches Beispiel dafür ist Fig. 7.

¹¹ Siehe S. 21.

Gestaltung der Ufer zeigt hier große Ähnlichkeit mit den Ufern der alten Aare im Seeland (vergl. Fig. 5. u. 7).

Bei Brugg dagegen, wo sie sich zwischen Jurafelsen hindurchzwängt, verengt sich das Bett auf 75 m, um sich weiter unten bei Windisch wieder zu erweitern, wo sie zwei bedeutende Nebenflüsse, die Reuß und die Limmat aufnimmt. Unterhalb der Einmündung letzterer fließt sie in breitem Bett, teilweise schon seit 1888 korrigiert dahin und weist auf der Strecke bis zur Einmündung in den Rhein große Gebiete mit Auenwäldern und -Gebüschen auf.

2. Der Boden der Auenwälder und seine Abhängigkeit von der Tätigkeit des Flusses.

— Erosion und Alluvion. —

Aus der Beschreibung der verschiedenen Tallandschaften geht hervor, daß es sich beim Boden dieser Auenwälder überall um lockeren Grund handelt, um Kies, Sand und Schlamm, der infolge der Flussströmung sehr leicht Veränderungen erleidet.

Das Flussgebiet Thun - Koblenz weist außer geringer Vertikalerosion vorwiegend Horizontalabtragung — und Anschwemmung auf, die nebeneinander stattfinden.

a) Die Ufer.

Die wichtigsten Erosions- und Alluvionsvorgänge.

Diese Erscheinungen sind ziemlich allgemein bekannt¹² und sollen hier nur soweit erläutert werden, als sie für die nächsten Abschnitte grundlegend sind und ich dort auf sie verweisen muß.

Bei einem Anprall der Strömung an eine Konkavität des aus lockerem Material aufgebauten Ufers beladet sich der Fluss mit Geschiebe. Im weiteren Verlauf der Krümmung wird dieses infolge größeren spez. Gewichtes unterhalb der Umbiegungsstelle nahezu tangential zu den Stromfäden abgeschleudert, währenddem diese umbiegen und direkt auf die

¹² Siehe darüber z. B. Davis, W. M. — Die erklärende Beschreibung der Landformen. Deutsch v. Dr. A. Rühl. Leipzig und Berlin 1912. S. 37, 45 ff., 53 ff.; ferner Davis und Braun l. c.

nächstfolgende Konkavität des gegenüberliegenden Ufers zu laufen. Dadurch gerät das Transportmaterial in den viel langsamer fließenden konkaven Teil des Flusses, der es infolge seiner geringeren lebendigen Kraft nicht mehr schwebend erhalten kann, sondern unterhalb der konvexen Krümmung des Flusses in Form einer Kies- oder Sandbank abgelagert.¹³

Solche zunächst schmale Streifen von „Flußebenen“ oder „Flußauen“ treten abwechselnd auf beiden Seiten des Stromes auf.

Ob die Ablagerungen aus grobem Kies oder aus Sand und Schlamm bestehen ist für die darauf Platz ergreifende Vegetation sehr wichtig. Seien aber diese Bänke, wie bei Kiesunterlage, mit Gräsern und Sträuchern bewachsen, oder tragen sie als Schlammaufschüttungen Schilf als Hauptverlander (Fig. 8, 10, 12), so lässt sich in beiden Fällen sehr oft aus der Art und Weise der Besiedelung durch die Pflanzen und deren verschiedenem Alter auf Gesetzmäßigkeiten in der Ufergestaltung und, was für Studien der Sukzessionen der Pflanzengesellschaften besonders wichtig ist, auf früher stattgefundene *Uferveränderungen* hinweisen.

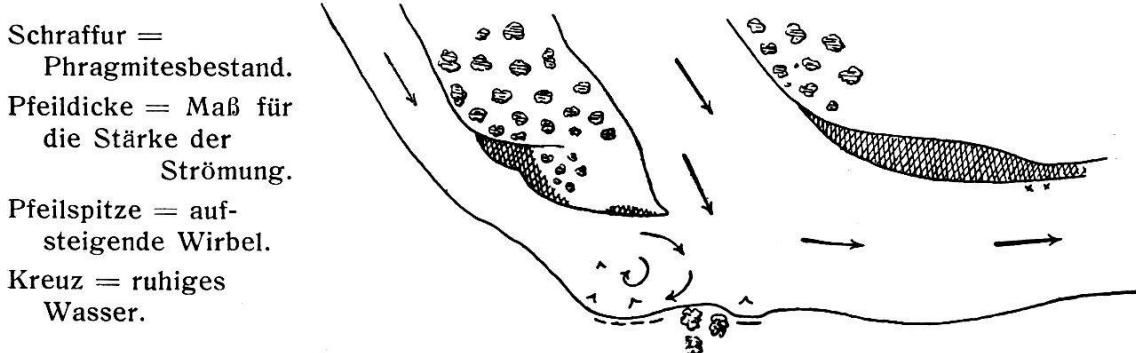


Fig. 8. *Erosionsufer* von zirka 10 m Höhe an der Aare oberhalb Dulliken (Kompensation) 12. VII 09.

Insel und konvexes Flußufer mit Eschen, Weiden und Erlen bewachsen.

b) Die Kiesbänke im offenen Fluß.

a) Untergetauchte Bänke.

Stehen wir an klaren, fließenden Wassern, die auf dem Grunde Sand mit sich führen, so können wir diesen auf dem Boden in feinen Rippelmarken angeordnet sehen. Flußauf-

¹³ Vergl. auch Mühlberg, F. — Die heutigen und früheren Verhältnisse der Aare bei Aarau. Aarau 1885.

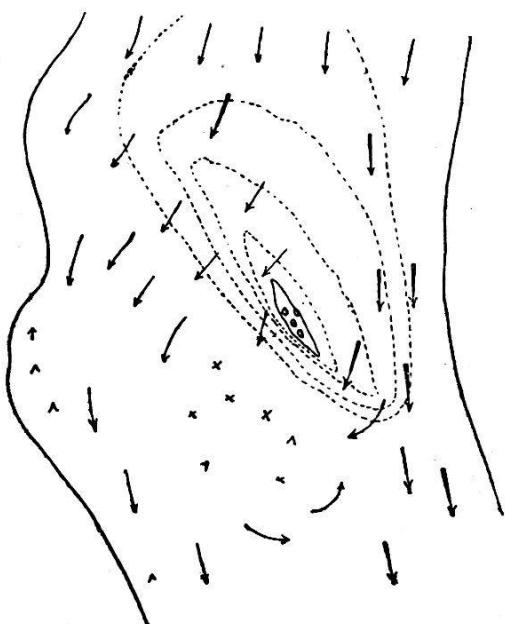
wärts sind sie flach, fast wagrecht, an ihrem unteren Ende dagegen weisen sie in plötzlichem Abfall eine sehr steile Böschung auf. Die Richtung ihres Wanderns ist ausgesprochen flußabwärts. Das mit Geschiebe beladene Wasser entspricht hier dem stauberfüllten Wind in Dünengebieten. Auch Dünen zeigen auf der Luvseite geringe, auf der Leeseite steile Böschung und wandern ganz analog diesen Flußbänken im Sinn der Richtung der auf sie einwirkenden Kraft. Daß man auch hier wirklich von einer Leeseite sprechen darf beweisen mir zahlreiche Beispiele in der Aare. So zeigten sich diese Strömungsverhältnisse namentlich klar an einer Insel unterhalb Wildegg, die bei mittlerem Wasserstand in einer Länge von etwa 8 m aus dem Wasser hervorragte. Zu beiden Seiten der Insel weisen die Flußarme starke Strömung auf, während unterhalb der Kiesbank viele m² fast ruhigen, tiefen Wassers sich finden. Der Boden an dieser Stelle besteht, soweit man mit dem Ruder einringen kann, aus Sand und Schlamm, während die Flußarme faustgroße Gerölle führen.

Ein anderes Beispiel für die Strömungsverhältnisse an Kiesbänken, die auch bei Niederwasser nur mit einzelnen Steinen aus der Wasseroberfläche emporragen, ist in Fig. 9 dargestellt.

Fig. 9.

Kiesbank in der Aare unterhalb Aarau,
bei Niederwasser (8. XII 08)

(Zeichen wie oben.)



Wirbel, wie sie diese Figur am unteren Inselende zeigt, sind von ganz anderem Charakter als die in Fig. 8 dargestellten. Während jene durch Energiezufuhr infolge seitlicher

Einwirkung einer Nachbarströmung entstehen, gehen diese hervor aus dem freiwilligen Abfließen seitlicher Strömungen nach einem von diesen unbestrichenen Raum. Daher ist es erklärlich, daß wir in diesem Fall, im Gegensatz zu Beispiel Fig. 8, fast immer Sandanschwemmung treffen. Im Anschluß daran sei hier schon erwähnt, daß die so oft anzutreffenden Schilfbestände an unteren Inselenden obiger Anschwemmungsweise ihre Entstehung verdanken.

β) *Die Inseln.*

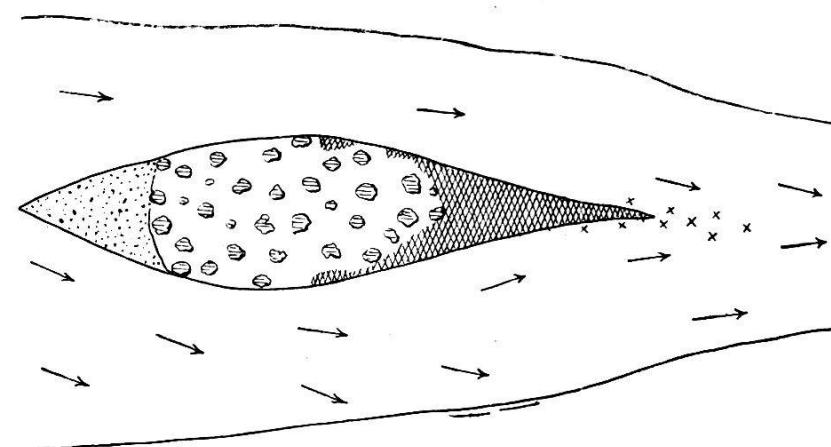


Fig. 10.

Aarinsel oberhalb Lüßlingen (Solothurn), zirka 100 Meter lang. 26. VI 09.

Von oben nach unten: Schotter, Auenwäldchen, Schilf.
Zeichen wie oben.

Fig. 10 stellt eine Insel dar, aus deren Besiedelung man schließen kann, daß sie aus einer Kiesbank hervorgegangen ist, wie sie in Fig. 9 abgebildet ist. Auch die analogen Strömungsverhältnisse lassen auf dieselbe Entstehungsart schließen.

Der Übergang von Stadium Fig. 9 zu 10 geht meist wie folgt vor sich:

Flußbänke, die bei Hochwasser angeschwemmt werden, ragen bei Niederwasser oft über den Wasserspiegel empor und präsentieren sich während des größten Teils des Jahres als Inseln. Ist das darauffolgende Hochwasser so groß, daß solche Inseln unter Wasser gesetzt werden und die über die oberflächlichen Schichten streichende Strömung stark genug den Kies in Bewegung zu setzen, so lagert er sich direkt am flußabwärts gerichteten Rand der Bänke ab. In diesem Fall

wandert die Kiesbank flußabwärts. Dieser Zustand kann selbst dann noch eintreten, wenn die Inseln schon durch einen Pflanzenwuchs fixiert sind. Wir konstatieren hier somit noch dieselben Verhältnisse, wie bei den untergetauchten Bänken.



Fig. 11. Aufschüttung von Kiesmassen am oberen Ende einer Insel bei Birrenlauf durch das Hochwasser vom 14. Juni 1912. Blick flußaufwärts. Im Vordergrund der alte, grobe Kies; darauf lagert eine 35 cm mächtige Schicht neuen Kieses. Phot. R. Siegrist, Dezember 1912.

Eine stärkere Fixierung der Insel tritt dagegen bei höherem Pflanzenwuchs ein; besonders *Salix*-Bestände verleihen einer jungen Insel große Widerstandsfähigkeit. Es kommt vor, daß nach Hochwasser der ganze Weidenbestand vollständig entrindet dasteht. Aber dennoch hat dabei die Pflanze im harten Daseinskampf gesiegt, indem sie nicht bloß den Standort festgehalten hat, sondern auch sich zu regenerieren vermag, da die Basen der Zweige und die Wurzeln trotz der gewaltig zerstörenden Wirkung von Geröll und Wellen am Leben geblieben sind. Inseln in diesem Entwicklungsstadium erhalten an ihrem flußaufwärtsgerichteten Ende beständig neuen Kies aufgeschüttet. Ob am gegen-

überliegenden Ende Alluvion im Sinne der Abbildung 10 stattfindet oder ob Erosion dort vorkommt, ist von den Uferverhältnissen, namentlich von der Geschwindigkeit des Fortschreitens der Erosion am konkaven Ufer abhängig. Von den gegenwärtigen Aarinseln ist die Zahl derer, die am unteren Ende sichtbare Erosionsspuren aufweisen, nicht groß. (Ver einzelte, hübsche Beispiele dafür finden sich bei Aarau, Wildegg und Brugg.) Man beachte demgegenüber die überwiegende Menge der Inseln, die unten große Schilfbestände aufweisen! (Fig. 8, 10.)

Wer keine Gelegenheit hat, während einer Reihe von Jahren die Veränderungen einer Insel zu beobachten, der kann gelegentlich aus der Art und Weise ihrer pflanzlichen Besiedelung sicher auf die Genesis ihrer Unterlage schließen. Weist eine Kiesbank z. B. an ihrem unteren Ende schönen Baumwuchs von Weiden und Erlen auf, der inselaufwärts immer niedriger erscheint und schließlich in Gebüschformation übergeht, wobei die Sträucher immer spärlicher werden und Gräser im obersten feuchten Teil Platz ergreifen, so ist klar, daß bei ungestörter, kontinuierlich fortdauernder Besiedelung der Insel jener unterste Teil als die älteste, der oberste dagegen als die jüngste Region der Kiesbank angesehen werden muß. Wir finden im ganzen Aarelauf zerstreut dafür typische Beispiele.

c) Inselbildung infolge von Anschwemmung losgerissener Vegetationskomplexe.¹⁴

Eine große Rolle bei der Bildung neuer Inseln spielen die bei Hochwasser gelegentlich fortgeschwemmten Vegetationskomplexe. Mächtige, oft mehrere Kubikmeter große Landmassen mit Gebüsch stürzen infolge Uferunterspülung in die reißende Strömung, die sie meistens an den oberen Rändern der Alluvionen wieder „auffährt“, gelegentlich aber auch an seichten Stellen absetzt, wo sie den Stock neuer Inseln zu bilden vermögen. Dem Absetzen des Gebüsches folgt dann kontinuierliche Alluvion ganz analog den besprochenen Ver-

¹⁴ Siehe auch S. 131.

hältnissen anderer Inseln, vom Gebüsch aus flußauf- oder abwärts. Meistens finden wir unterhalb des Gebüsches eine Sandzunge angespült — auf Grund der S. 16 besprochenen Ursachen — die gelegentlich sogar im Fluß-Nebenarm eine Länge von acht Metern per Jahr erreichen kann. (Oberhalb Brugg.)

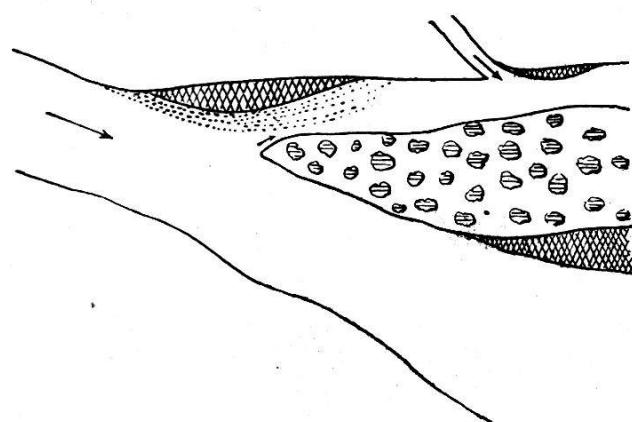
Als besonders geeignet zu dieser Neubildung von Inseln fand ich die Weiden, die dank ihres starken Regenerationsvermögens auch nach weitem Transport wieder zu ergrünen imstande sind. Weit weniger widerstandsfähig in dieser Hinsicht sind die Erlen.

d) Die Entstehung der Gießen.

Bei Kiesbänken, die sich als langgestreckte Inseln mehr auf der Seite des konvexen Ufers abgelagert finden, kommt es bei starker Aufschüttung manchmal vor, daß am oberen Inselende der kleinere Flußarm vollständig verstopft wird, wodurch dieser von der Strömung abgeschnitten wird.¹⁵ Das gleiche in mannigfaltigen Variationen findet man überall da, wo der Fluß in mehrere Arme sich teilt. Auf diese Weise entstehen die stillen Arme. Mündet in einen solchen ein Bach oder eine Quelle, welch letzteres häufig stattfindet durch Überfall-Quellen¹⁶ am Fuße der Ränder höherer Terrassen, so entsteht aus dem stillen Arm ein Gießen (Fig. 12), der die

Fig. 12.

Entstehung eines Gießens oberhalb Dulliken (Abschnitt Olten-Aarau), 12. VII 09.



Eigenschaft hat, an seinem unteren Ende mit dem Flußhauptbett dauernd in offener Verbindung zu stehen. Sie zeich-

¹⁵ Mühlberg. — Die heutigen und früheren Verhältnisse der Aare bei Aarau. Progr. der Aarg. Kantonsschule 1885. Aarau 1885. S. 10.

¹⁶ Grundwasserquellen! Siehe auch S. 36 ff.

nen sich fast durchwegs durch große Tiefe und Breite aus, was auf ihre Entstehung aus ehemaligen Flußarmen zurückzuführen ist.

Meistens findet man die Gießen am Fuße einer höhergelegenen Terrasse entlang sich ziehen und dadurch die äußere Grenze der unteren Terrassen bilden (vergl. Fig. 2, 3, 14). So hat man in den meisten Fällen beim Eintritt seitwärts in die typischen Auenwäldchen nicht bloß ein Bord hinunter zu steigen, sondern gleich darauf noch einen Gießen zu traversieren.

Bei Hochwasser werden die Gießen und stillen Arme von unten herauf gestaut und mit Sand und Schlamm teilweise, letztere oft ganz ausgefüllt. (Terrain für Verlandung!)

e) Zeitdauer der Veränderungen des Flußlaufes.

Für uns ist nicht allein die Art und Weise der Veränderungen maßgebend, sondern auch die *Zeitdauer*, die für solche Umgestaltungen nötig ist.

Während für die Schwankung des Wasserstandes schon seit einem halben Jahrhundert zuverlässige Aufzeichnungen bestehen, besitzen wir in den Notizen von Chroniken nur sehr bescheidene Mittel zur Rekonstruktion früherer Zustände der Talsohle mit ihren Flußbetten. Karten stehen zur Verfügung! Ich habe die zahlreichen „Kantonskarten vor und nach 1800“ studiert und andere, die mir von Wert zu sein schienen, wie die topographische Karte der Bern-Zürich-Straße von 1787. Da findet man allerdings Umgestaltungen im Flußlauf; es wäre aber nicht möglich Schlüsse auf den wirklichen Verlauf zu ziehen, da man bald sieht, daß auf die Aufzeichnung der hydrographischen Verhältnisse wenig Wert gelegt wurde. Gut ist die Michaeliskarte, die den Aargau wiedergibt.¹⁷ Auch auf die neuen Siegfriedkarten läßt sich für diese Untersuchungen meist nicht abstellen, da bei solchen Karten größeren Maßstabes (1 : 25 000) notwendig wäre anzugeben, bei welchen Wasserverhältnissen die Aufnahme erfolgte, da

¹⁷ Michaelis, E. H. -- Topographische Karte des Eidgenössischen Kantons Aargau. Aufgenommen 1837/43.

Siehe auch Mühlberg 1885 l. c., die Beschreibung der Flußverhältnisse nach dem Gemälde „Abryß der Stadt Aarow“, ferner „Karte der Flußterrassen“.

jene das Bild der Aare wesentlich beeinträchtigen und oft ausschlaggebend sind für das Untergetaucht- oder Sichtbarsein von Kiesbänken, ebenso aus gleichem Grunde die Intensität der aus dem Wasser hervorragenden Uferkrümmung variieren lassen.

Wohl könnte ich eine Unmenge von Aussagen älterer Leute anführen: daß da und dort der Hauptarm der Aare um 100 Meter vom jetzigen entfernt durchgeflossen sei, daß der Fluß in den vierziger Jahren an der Einmündung der Suhr unterhalb Aarau $5\frac{1}{2}$ ha Holz- und Weideland wegspülte, in welchen Jahren Aarberg noch eine Insel und Meienried oberhalb Büren eine gefährdete Halbinsel war, u. s. w. Allein diese Angaben aus dem Volksmunde sind am wenigsten zuverlässig.

Wertvoller sind vereinzelte Kulturdenkmäler, die sich am Aarebett vorfinden: So die Römerstraße auf der Rohrterrassse unterhalb Aarau, aus deren Verlauf geschlossen werden kann, daß die Aare noch in historischer Zeit bis 1,5 km vom heutigen Lauf entfernt am Rande jener Terrasse floß¹⁸ und seither die Talsohle gegen 9 Meter tief ausarbeitete. Im Gegensatz dazu zeugen Reste einer solchen Straße und ein römischer Kornbehälter im Kastell zu Altreu oberhalb Solothurn, sowie römisches Gemäuer bei Schwadernau von Kies- und Sandaufschüttung durch die Aare in jenem Gelände.¹⁹ Als Grundlage für Studien über die Besiedelung durch Pflanzen liegen diese Daten jedoch zu weit zurück.

Für die Vertikalerosion sind die Stromverhältnisse derart, daß infolge der Läuterung im Brienzer- und Thunersee und sodann im Bielersee die erodierende Wirkung verhältnismäßig bedeutend ist. Wie rasch und eingreifend diese z. B. im Aargau vor sich geht, zeigen Beobachtungen aus der Umgegend von Aarau Ende letzten Jahrhunderts: Die Vertiefung des Flußbettes innerhalb 25 Jahren betrug stellenweise mehr als 1 Meter. Aus industriellen Gründen mußte diesem Einschneiden Einhalt getan werden durch Anlage von Grundwehren, deren Einfluß auf die Erhaltung der Auenwälder S. 12 und 162 dargelegt ist.

¹⁸ Mühlberg 1885 I. c. S. 23. — ¹⁹ Schneider I. c. S. 28, 29.

3. Die Bewässerung des Auenwaldbodens.

a) Die Schwankungen des Flußniveaus.

a) *Aufzeichnungen über abnorme Wasserstände bis Mitte des 16. Jahrhunderts.*

Die besten Aufzeichnungen über die Schwankungen des Wasserstandes finden wir aus jenem Gebiet, das vom Hochwasser am meisten heimgesucht wurde, nämlich dem Seeland.

Häufigere bedeutende Überschwemmungen werden erst bekannt, nachdem die Emme ihre störende Einwirkung auf den Abfluß der Aare unterhalb Solothurn geltend machte. Es gab eine Zeit, da sich immer mehr Nichtgrundbesitzer des Emmentals auf dem Alluvialboden niederließen, ihn bebauten, die Ufer gegen Überschwemmungen nach Kräften schützten, so daß die Emme ihren Schuttkegel mit erhöhter Stoßkraft einem Riegel gleich in das Äarebett vorschob. Ungünstig werden die Wasserverhältnisse namentlich von 1570 an.²⁰ Lokalüberschwemmungen oberhalb Solothurn werden häufiger als früher. Wiesen oberhalb dieser Stadt, die noch 1666 von Chronikschreiber Hafner als „schöne, gute Matten“ beschrieben werden, versumpfen nachher völlig. Mühlen mußten am Aarlauf zu wiederholten Malen weiter flußaufwärts versetzt werden, da die Strömung zu gering geworden war.

Ähnliche Zustände wie an der Emme bewirkten auch an der Aare oberhalb Aarberg und an der Saane bedeutende Niveauschwankungen des Wasserstandes.

Nachdem um die Mitte des 16. Jahrhunderts die Aare zurückstauend gegen den See zu wirken begann und die Moos- und Sumpfgebiete hauptsächlich unter hohen Wasserständen zu leiden hatten, beklagten sich 1574 die Rebenbesitzer von Neuenstadt. 1651 war die Ebene ob Solothurn samt dem Bielersee 3 Tage lang eine einzige Wasserfläche. Am 1. Dezember des gleichen Jahres lief die Aare drei Fuß über die Brücke von Solothurn, war also dort höher als der Neuenburgersee! Das Wasser reichte bis an „die Füße unserer

²⁰ Vergl. Schneider l. c., die Angaben über die vielen Hochwasserjahre von 1570—1855.

lieben Frau der Kapelle vor und an der Spitalkirche“.²¹ Oberhalb der Stadt Aarau stand damals die Aare laut Chronik „von einem Berg zum andern wie ein See, daß kein Hag ob dem Wasser hervorging, sondern nur Bäume“.²² 1733 floß die Aare in den Bielersee zurück und bildete oberhalb Aarau von einem Rand der Talebene bis zum andern eine Fläche.

Die Gewässer im Seeland stiegen jeweils mit außerordentlicher Geschwindigkeit, bis 0,6 Meter in der Stunde, und die Differenz zwischen den höchsten und niederen Wasserständen betrug 6,6 Meter. Anhaltende Hochwasser verursachten das Absterben von Tausenden von Fruchtbäumen einer Gegend, die einst durch Steinobst wohl renommiert war. An ihre Stelle traten Kartoffeläcker.

Aus langen Pegelbeobachtungen berechnete man vor der Juragewässerkorrektion folgende Abflußmengen pro Sekunde:²³

Aarberg :	Bei starkem Hochwasser zirka	800 m ³ .
	Bei Niederwasser	118 m ³ .
	Bei niedrigstem Wasserstand beträgt er kaum die Hälfte.	
	Sammelgebiet	5396 km ² .
Büren :	Bei höchsten Anschwellungen	1317 m ³ .
	Bei Niederwasser	213 m ³ .
	Sammelgebiet	8620 km ² .
Solothurn :	Hochwasser	1347 m ³ .
	Sammelgebiet	8778 km ² .

Um einen Begriff zu geben von dem Flächeninhalt des vor der Korrektion im Überschwemmungsperimeter liegenden Landes gebe ich folgende Angaben:²⁴

a) kultiviertes Land:

Aarberg-Büren 785,5 ha.

Büren-Solothurn 1472 ha (inbegriffen sind hier die sog. Wydenen oberhalb Solothurn).

²¹ Mitteilung von Staatsschreiber Amiet im „Bund“ vom Jahre 1852, Nr. 263, zit. in Schneider l. c.

²² Mühlberg — Der Boden von Aarau. Aarau 1896.

²³ Schneider l. c. S. 63 u. 64. Weitere Angaben über Wasserstände und Abflußmengen siehe Mühlberg — Bericht über die Erstellung einer Quellenkarte des Kantons Aargau. Aarau 1901. S. 62.

²⁴ Schneider S. 89.

b) verlassene Flußbetten:

Die Reisgründe von Aarberg - Meienried	1150 ha.
Büren - Solothurn	112 ha.

Solche Zahlen sind für sich schon sprechend genug und allgemein verlangte man Abhülfe der bestehenden Zustände. Endlich, am 22. Dezember 1863, wurde das großartige Projekt von La Nicca, Ableitung der Aare bei Aarberg durch einen Kanal in den Bielersee und Erstellung eines Kanals Nidau-Büren durch die Bundesversammlung angenommen.

Ich verzichte, hier die wichtigsten Daten in der Ausführung einzelner Stücke des Unternehmens mitzuteilen, da sie aus der Tabelle 1 ersichtlich sind.

β) Die Schwankungen des Wasserstandes bei Aarau von 1859 an.

Während man die Aufzeichnungen über abnorme Wasserstände bis Mitte des 16. Jahrhunderts nur in Chroniken findet, wird die Notierung von 1859 an für Aarau insbesondere eine ganz exakte.

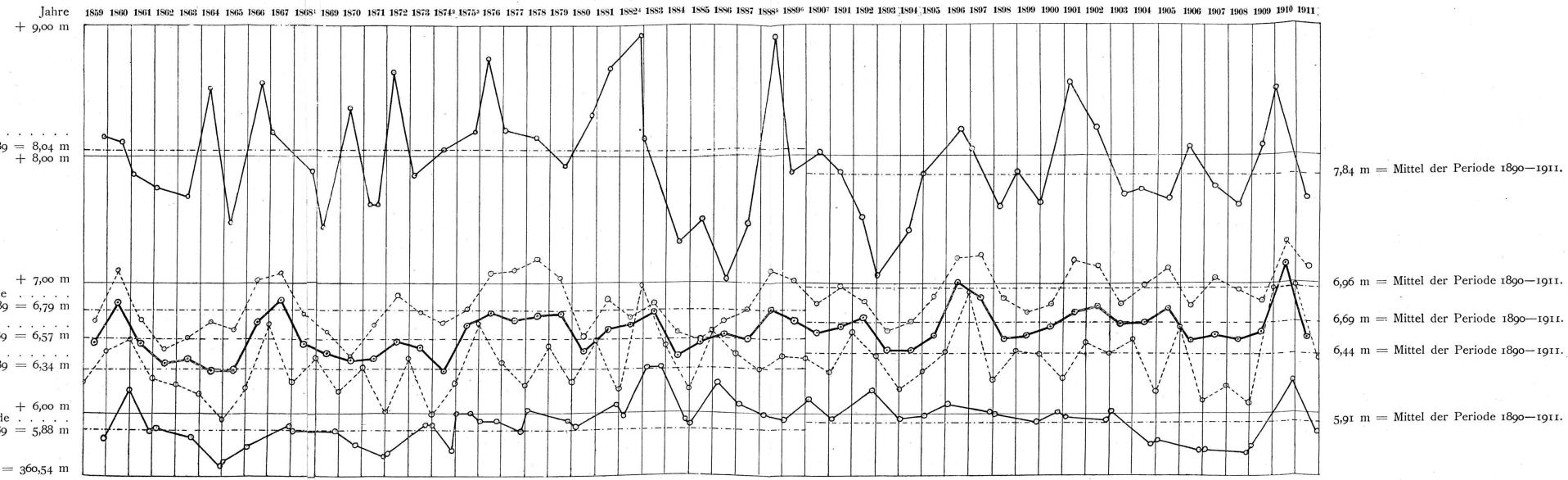
Aus den wichtigsten Pegelständen dieser Periode ergibt sich die beiliegende graphische Darstellung²⁵ Tab. 1:

Zur Berechnung von Mittelwerten habe ich die Pegelstand-Aufzeichnungen in die zwei Perioden 1859—1889 und 1890—1911 geteilt. Dabei waren mir folgende Gesichtspunkte maßgebend: Würde man die Grenze Ende 1874 durchziehen,²⁶ in einer Zeit, da die Arbeiten an der Juragewässerkorrektion bedeutend fortgeschritten waren, so wäre schon ein merklicher Einfluß auf die Wasserstände unterhalb des Bielersees wahrzunehmen. Die volle Wirkung der Korrektion machte sich jedoch erst von dem Zeitpunkt an geltend, da die Aare, abgesehen von ganz außergewöhnlichen Hochwassern vollständig durch den Hagnekkanal in den Bielersee abgeleitet worden ist. Die Abschwemmungsoperationen begannen in diesem Kanal 1878, waren jedoch erst gegen Ende des Jahres 1889 ziemlich beendet. Um die gleiche Zeit, Ende 1888,

²⁵ Nach einer Zusammenstellung von Ing. Ghezzi, Eidgen. hydrogr. Bureau.

²⁶ Siehe Originaldarstellung v. Ghezzi.

Graphische Darstellung der mittleren, höchsten und niedrigsten Wasserstände der Aare in Aarau von 1859—1911.

¹ Beginn der Arbeiten am Nidau-Büren-Kanal.² Beginn der Arbeiten am Hagneck-Kanal und an der unteren Broye.³ Beginn der Arbeiten an der oberen Zihl.⁴ Ende der Arbeiten an der unteren Broye.⁵ Ende der Arbeiten an der oberen Zihl.⁶ Beginn des Schleusendienstes in Nidau.⁷ Ende der Arbeiten am Hagneck-Kanal.⁷ Ende der Arbeiten am Nidau-Büren-Kanal.

begann der Betrieb der Schleuse im Nidau-Büren-Kanal. Dadurch wurde die Aare unterhalb des Bielersees, namentlich die Größe der Niederwasserstände neuerdings beeinflußt, was in der Kurve der niedrigsten Jahreswasserstände weniger in einer Änderung der Höhenlage als in einem gleichmäßigeren Verlauf jener Kurve erkenntlich ist. Diese Tatsachen bewogen mich, den Beginn der zweiten Periode in das Jahr 1890 zu verlegen. Man erkennt hauptsächlich in der Darstellung der Linien für die Mittelwerte der Periode 1890—1911 ein engeres Zusammentreten als bei denjenigen der Periode 1859—1889, eine Konzentration, die durch die geringeren Amplitüden der Wasserstände begründet ist; denn einerseits ist der Bielersee ein natürliches Reservoir, andererseits wirkt die Schleuse im Abfluß desselben ebenfalls in ausgleichendem Sinne.

Sollte einmal die Juragewässer-Korrektion noch vervollkommenet werden, so würde bei der Ausführung irgend eines Projektes eine Änderung der Wasserverhältnisse im Prinzip darin bestehen, daß bei Hochwasser die Wassermengen aus dem Seeland, eventuell aus dem Bielersee rascher abfließen müßten, was im Aarunterlauf notwendig eine Erhöhung des heutigen Mittelwertes der Hochwasserstände zur Folge haben müßte. Diese wieder würden durch häufigere Überschwemmungen der unteren Stufen des Aarestrandes, der Flußbauen, ihren Einfluß eher zu Gunsten einer Ausdehnung der Auenbestände geltend machen.

Aus der Tab. I ist deutlich ersichtlich, daß das Mittel der höchsten Jahreswasserstände der Periode 1890—1911 gesunken, dagegen dasjenige der mittleren Sommerwasserstände um zirka 0,17 m gestiegen ist, ebenso ist auch, wie vorauszusehen war, das Niveau der mittleren Jahreswasserstände gestiegen (zirka 0,12 m). Die Tatsache, daß das Wasserniveau im Gebiet unterhalb des Bielersees während der Vegetationsperiode um 17 cm höher ist als früher, kann selbstverständlich nur eine größere Ausbreitung der Auenwälder, niemals aber eine Reduktion derselben bewirken. Wenn im übrigen das Mittel der höchsten Jahreswasserstände nach 1889 zirka 0,18 m niedriger ist, als in der Periode vor 1889, so sind die Überschwemmungen immer noch hoch genug um weite Uferstufen gelegentlich unter Wasser zu setzen. Tatsächlich kamen in den

11 Jahren 1901—1911 bei Aarau 23-mal²⁷ Wasserhöhen vor, die das Mittel der höchsten Jahreswasserstände der Periode 1890—1911 erreichten oder überschritten, was jedesmal eine Überflutung der unteren Uferstufen zur Folge hatte.

Es ist daher nicht anzunehmen, daß das Aussehen des Aarestrandes bei *natürlichem Fortgang der Entwicklung* der Auenbestände in der nächsten Zeit sich ändern wird.²⁸

Dagegen wird durch die Eindämmung des Flusses dem Mäandern desselben Einhalt getan. Es werden daher viel geringere Veränderungen des Ufergeländes stattfinden, Alluvionen seltener werden, und die Neubildung großer Auenwälder wird kaum mehr zu beobachten sein.

Eine interessante Übersicht über die Häufigkeit der eingetretenen Wasserstände gibt die Tab. 2.²⁹

Wir entnehmen daraus, daß einmal während der Jahre 1901—1911 im *Januar* ein starkes Hochwasser eintrat. Sonst aber verteilen sie sich vorzüglich auf die Monate April bis August. Gerade diese hohen Wasserstände zur Zeit des stärksten Wachstums in den Auenwäldern sind von großer Wichtigkeit für das Bestehen derselben und namentlich von Bedeutung für die natürliche Auslese der geeigneten Auenholzarten. Bemerkenswert ist das rasche Anwachsen des Flußniveaus im Frühjahr, so daß im *März* die Wasserstände am häufigsten bei einem Niveau auftreten, das 60 cm höher liegt als im Februar. Im Mai und Juni sind die häufigsten Wasserstände sogar 1 m höher als im Januar und Februar oder November und Dezember.

Da sich diese Tabelle an und für sich schon fast wie eine Kurve liest, so erachte ich es nicht für notwendig ihre Werte in graphischer Darstellung noch besonders wiederzugeben. Es lassen sich unter anderem hieraus schon mit großer Sicherheit Schlüsse ziehen auf den Verlauf einer Kurve der mittleren Monatswasserstände (Vergl. die eingerahmten Felder. Ihre Lage entspricht der untersten Kurve der Tab. 4.)

²⁷ Siehe Tabelle 2.

²⁸ Abgesehen vom Gebiet der *alten Aare* Aarberg bis Meienried.

²⁹ Das Aarg. Wasserbauamt hat mir in zuvorkommender Weise die Wasserstandsbeobachtungen am Pegel Aarau zur Verfügung gestellt.

Tabelle 2.

Übersicht über die Häufigkeit der in den Jahren 1901—1911 bei Aarau eingetretenen Wasserstände.

Zusammengestellt aus 3962 Wasserständen,³⁰ abgelesen mittags 12 Uhr.

Cote 0-Punkt des Pegels: 360,54 unten.

Wasserstand	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Total
8,40—8,59	1	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	3
8,20—8,39	1	1	—	1	—	1	2	—	—	—	—	—	5
8,00—8,19	—	—	—	5	3	2	5	—	—	—	—	—	15
7,80—7,99	1	1	—	4	1	3	20	—	1	—	—	—	31
7,60—7,79	2	1	—	4	8	13	11	13	1	—	1	1	55
7,40—7,59	3	8	2	28	40	50	11	14	5	8	3	3	175
7,20—7,39	4	12	6	45	87	89	36	29	34	13	4	13	372
7,00—7,19	8	23	14	53	106	107	114	71	29	19	9	15	568
6,80—6,99	21	9	66	85	71	51	129	117	69	48	27	19	712
6,60—6,79	45	23	105	55	24	14	13	69	64	49	32	49	542
6,40—6,59	46	30	76	42	1	—	—	22	63	66	31	48	425
6,20—6,39	63	72	29	6	—	—	—	6	45	71	77	63	432
6,00—6,19	117	93	25	—	—	—	—	—	14	46	96	119	511
5,80—5,99	10	38	18	—	—	—	—	—	5	20	20	5	116

In den eingerahmten Feldern liegen die Durchschnittswerte der Monatsmittel der Periode 1901—1911. Fett gedruckt sind die häufigsten Wasserstände.

Deutlicher jedoch als aus obiger Tabelle — denn diese soll ja eigentlich nur die Häufigkeit der verschiedenen Wasserstände dartun — geht der jährliche Verlauf der mittleren Wasserstände aus den folgenden Darstellungen, Tab. 3 und 4, hervor.

In Übereinstimmung mit der Tabelle über die Häufigkeit der Wasserstände konstatieren wir in den Kurven der mittleren

³⁰ Es fehlen: 1.—30. Nov. u. 1.—5. Dez. 1904; 1.—13. Jan. 1905; 12. Oktober 1906; 24.—27. Jan. 1907; 18. Dez. 1908; 13. Jan. 1909.

Tabelle 3.

Mittlere Monatswasserstände der Aare bei Aarau von 1901—1911.

Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
1901	6,17	6,08	6,41	7,61	7,09	7,20	7,04	7,01	7,05	6,89	6,27	6,28
1902	6,46	6,46	6,83	7,39	7,40	7,26	7,06	6,99	6,77	6,66	6,24	6,37
1903	6,51	6,35	6,52	6,48	6,88	6,94	7,04	7,09	6,65	6,57	6,64	6,50
1904	6,25	6,87	6,62	7,21	7,21	7,35	7,00	6,69	6,55	6,37	—	6,15
1905	6,08	5,99	6,38	7,11	7,17	7,09	6,94	7,24	7,18	7,14	6,75	6,54
1906	6,48	6,35	6,85	6,74	7,15	7,25	7,07	6,68	6,25	6,00	6,04	6,12
1907	6,10	6,08	6,57	6,94	7,31	7,44	7,21	6,90	6,50	6,15	6,11	6,34
1908	6,12	6,35	6,54	6,75	7,35	7,07	7,00	6,78	6,88	6,31	6,05	6,09
1909	6,19	6,02	6,16	6,88	6,81	6,85	7,31	6,95	6,53	6,74	6,34	6,80
1910	7,16	7,28	6,99	6,94	7,19	7,58	7,89	7,44	7,16	6,58	7,01	7,07
1911	6,60	6,42	6,67	6,73	6,99	7,20	6,86	6,66	6,39	6,34	6,23	6,21

Monatsmittel der Periode 1901—1911.

1901—1911	6,37	6,39	6,59	6,98	7,14	7,20	7,13	6,95	6,72	6,52	6,37	6,32
-----------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

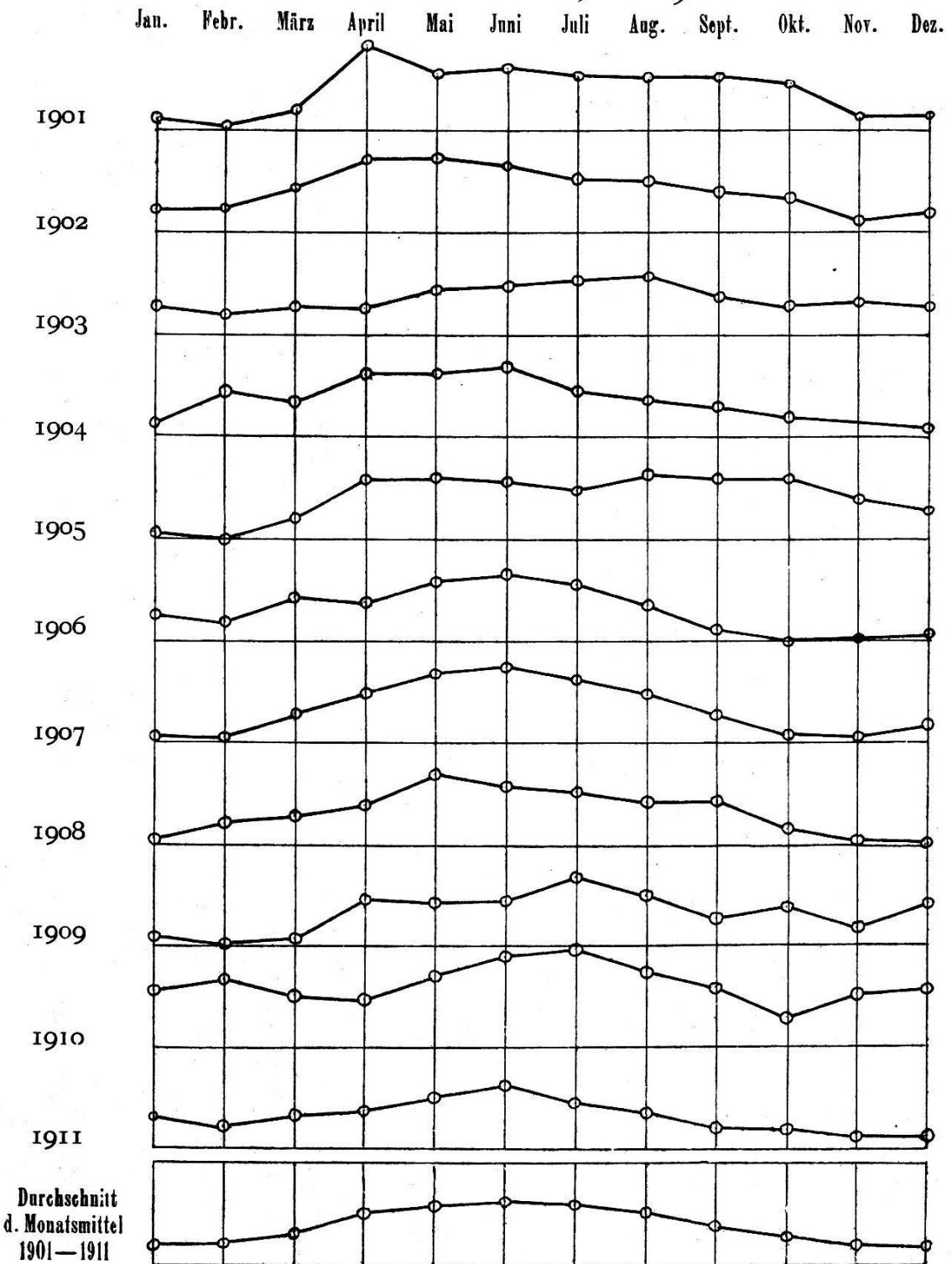
Monatswasserstände fast durchwegs ein rasches Ansteigen des Flußniveaus im April (Schneeschmelze!), was, wie schon oben erwähnt, für die Bewässerung des Ufergeländes zur Zeit des intensiven Wachstums sehr wichtig ist. Von diesem Zeitpunkt an steigt das Wasser durchschnittlich immer höher, bis es im Juni den höchsten mittleren Monatswasserstand aufweist. Mit dieser Wahrnehmung stimmt auch die Tatsache überein, daß die hohen Wasserstände am häufigsten in diesem Monat auftreten. Gegen den Herbst beginnt das Wasser ziemlich rasch zu sinken, um im November und Dezember ungefähr wieder dieselben Tiefstände aufzuweisen wie im Januar und Februar.

Aus sämtlichen Tabellen geht für diese Periode unzweideutig hervor, daß von anhaltenden Hochwassern im Herbst nicht die Rede sein kann. Die hohen Wasserstände, aus denen sich die für die Auenwälder der Aare charakteristischen Überschwemmungen und die hohen Grundwasserspiegel ergeben, gehören fast nur den Monaten April bis August an.

Für frühere Zeiten, bis ins Jahr 1859 zurück, kann mit Hilfe der Tab. I aus der Lage der Punkte der höchsten Jahreswasserstände ungefähr auf den Monat jenes Hochwassers geschlossen werden.

Tabelle 4.

Graphische Darstellung der mittleren Monatswasserstände der Aare bei Aarau von 1901—1911.



b) Das Grundwasser.

Von ebenso großer Bedeutung wie die Überschwemmungen, für die Erhaltung der Auenwälder, ist das Grundwasser. Man versteht darunter jenes Wasser, welches in geringer Tiefe in den jüngsten geologischen Ablagerungen mit nahezu horizontaler, weit ausgebreiteter Oberfläche — mit freiem Spiegel — auftritt.³¹

Aus den jüngsten Beobachtungen des Grundwasserstromes des Aaretales³² wissen wir, daß das Grundwasser in dem durchlässigen Kies und Sand der Kiesflächen des Aaretales sich langsam wie ein Strom talabwärts bewegt. Dieser Strom folgt der Hauptrichtung des Talbodens, unbekümmert um die Richtungsänderung der Aare bei ihren Windungen.

Für die Umgebung von Schönenwerd (oberhalb Aarau) hat Hug ein Gefälle von $1,52\%$ berechnet, was auf eine Strömungsgeschwindigkeit von zirka 10 m per Tag schließen läßt.³²

Das in den offenen Fluß sich ergießende Grundwasser besteht aus beträchtlichen Mengen. Besonders schön sind diese Quellen bei sinkendem Flußwasserstand und bei Niederrwasser an zahlreichen Stellen des Flußufers zu beobachten. Auch in den ehemaligen Flußbetten treten sie als Überfallquellen häufig sehr ergiebig auf, und speisen dadurch die zahlreichen Gießen. Solche Quellbäche zeichnen sich durch ihr völlig klares Wasser aus, das den typischen Stich ins Blaue zeigt, der dem Quellwasser eigen ist. O. Zschokke³³ gibt für die Minimalwassermengen solcher Gießen unterhalb Aarau folgende Angaben:

Sengelbach $0,70\text{ m}^3$ per Sekunde.

Quellbäche im Rohrschachen $1,35\text{ m}^3$ per Sekunde.

Für einige Quellen bei Rohr, am Fuße der Rohrer Ter-

³¹ Höser H. v. Heimholt. — Grundwasser u. Quellen. Braunschweig 1912.

³² Dr. Hug. — Geologisches Gutachten über die Erweiterung der Wasser-versorgung Schönenwerd. Manuscript a. d. Gemeindekanzlei Schönenwerd.

³³ Mühlberg F. — Bericht über die Erstellung einer Quellenkarte des Kantons Aargau. Aarau 1901. S. 58 ff.

rasse und etwas außerhalb davon berechnet Mühlberg einen Gesamterguß von 46 600 Min. 1 (Mai 1903).³⁴

Über die jährlichen Schwankungen des Grundwasserstandes besitze ich keine vollständigen Aufzeichnungen. Beobachtungen in Schächen bei Aarau ergaben an einzelnen Stellen der Auenwälder Grundwasserstände die in ihren Extremen 1,5 m auseinanderliegen. Daraus geht deutlich hervor, daß für das Auftreten bestimmter Pflanzenarten an der Aare nicht *ein* bestimmter Grundwasserstand maßgebend sein kann, wie dies z. B. Feilberg³⁵ für Jütland nachgewiesen hat.

Grund-, Nieder- und Hochwasserstände korrespondieren in der untersten Talsohle mit den Flußwasserständen: Im Winter der tiefste Stand, bei Hochwasser allmähliches Ansteigen des Grundwassers und Auftreten stagnierenden Wassers in den seichten Rinnen der ehemaligen stillen Arme und Gießen. Am raschesten und intensivsten zeigt sich der Einfluß ganz in der Nähe des offenen Flußlaufes und der von unten herauf gestauten Arme und Gießen, während mit der seitlichen Entfernung von diesen eine Verspätung des Maximums des Grundwasserstandes gegenüber demjenigen des offenen Flusses eintritt, die bei einer Entfernung von 1 km schon zwei Tage betragen kann.³⁶ Wir begegnen dadurch der Erscheinung, daß hier das Hochwasser erst eintritt, wenn das Aarehochwasser zu sinken begonnen hat. Auch die Abwässer bei der Herbst-, namentlich aber Frühjahrsbewässerung der Wiesen sind stellenweise von Bedeutung, indem sie in die Auenwälder abfließen und dort ein Stauen des Grundwassers bewirken, das in Vertiefungen und Mulden sichtbar zutage tritt.

Bei Überschwemmungen, die für die Ökologie der den Auenwald zusammensetzenden Arten von größter Bedeutung sind, findet selbstverständlich eine Infiltration des Ufergeländes durch Flußwasser statt. Dagegen wird meistens angenommen,

³⁴ Nach Einsicht in Manuskripte für die Erstellung der aarg. Quellenkarte, die mir von Herrn Prof. Dr. Mühlberg gütigst zur Verfügung gestellt wurden.

³⁵ Warming, E. — Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. Berlin 1896. S. 48.

³⁶ Mühlberg F. 1898 I. c. S. 4.

daß das Flußbett infolge des im Laufe der Zeit darin abgesetzten Schlammes ausgedichtet sei. Diese Frage kann, nachdem von Hug und Höfer v. Heimhalt³⁷ beobachtet wurde, daß der Grundwasserstrom stellenweise Beimischungen von Flußwasser erkennen läßt (Rhein bei Rheinau!) nicht beantwortet werden, ohne daß darüber von Fall zu Fall Untersuchungen gemacht werden.

Diese Frage kann am einfachsten durch die Bestimmung der Karbonathärte, den Gehalt an Kalk und Magnesia des Wassers beantwortet werden: Das Flußwasser zeigt meist 11—24 Härtegrade (1 Hg. = 0,01 gr kohls. Kalk per Liter Wasser), während das Grundwasser des schweizerischen Mittellandes nahezu die doppelte oder noch größere Härte aufweist. Durch Messung der Härte des Flußwassers und des normalen Grundwassers läßt sich für Stellen mit Flußwasserinfiltration das Mischungsverhältnis der beiden Wässer bestimmen.

Diese Frage ist jedoch für unsere synökologische Studie nicht von wesentlicher Bedeutung und soll daher nicht weiter verfolgt werden.

Für uns ist wichtig, daß die Niveauschwankungen der Grundwasser so sind, daß, wenn auch *anhaltende* Überschwemmungen dank der vielen Korrekturen heute selten sind, die Baumwurzeln doch während längerer Zeit des Jahres naß stehen, wodurch der wichtigste ökologische Faktor³⁸ für die Anwesenheit von Auenwäldern erhalten bleibt.

Aus diesen Tatsachen geht hervor, daß das Vorkommen von Auenwäldern sich nicht bloß auf die untersten Stufen der Ufer beschränken wird, sondern daß solche auch auf höher gelegenen Stufen auftreten werden, sobald Gießen oder flachstreichende Grundwasser dem Boden den notwendigen Wasser gehalt und die Wasserschwankungen verleihen.

³⁷ Höfer v. Heimhalt l. c. S. 55 u. 57.

³⁸ Vergl. die Definitionen S. 1.

B. Die klimatischen Faktoren.

Das Klima des schweizerischen Mittellandes nimmt unter denen der drei Regionen der Schweiz die günstigste Stellung ein. Besonders bevorzugt ist das Gebiet dem Südrand des Jura entlang bis hinunter nach Brugg, das auf eine Länge von ungefähr 90 km durch das Aaretal gebildet wird.³⁹ Auf einem Streifen zwischen dem unteren Genfersee nordwärts bis an den unteren Bodensee betragen die Jahresmittel aller Talstationen 8—9° C und die Niederschlagshöhen betragen fast durchwegs weniger als 1000 mm. Während auf dem Plateau die Höhenzunahme gegen die Alpen sich rasch, hauptsächlich durch kühlere Sommer, geltend macht, ist das in die Alpen eintrtende Aaretal, gleich wie alle die großen, aus den Alpen kommenden Täler begünstigt, indem der Föhn eine Erhöhung der Temperatur und eine Verminderung der sonst am Alpenrand auf 1200—1600 mm steigenden Niederschläge bewirkt.

Die Bedeutung der klimatischen Faktoren in der Pflanzengeographie ist bekannt, es erübrigt mir daher in folgenden Tabellen die wichtigsten ökologischen Faktoren, nämlich Temperatur und Feuchtigkeit einer Anzahl Stationen des Aaretals zu berücksichtigen.⁴⁰

1. Temperatur.

Monats- und Jahresmittel der Temperatur für 5 Stationen des Aaretals (Beobachtungsdauer 1864—1900).

Stationen	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahresmittel	Jahres-Schwankung
Aarau	—1,5	0,5	3,6	8,5	12,4	16,0	17,7	16,5	13,5	8,0	3,6	—0,5	8,2	19,2
Olten	—1,2	0,8	4,0	8,8	12,9	16,6	18,4	17,3	14,1	8,5	4,0	—0,2	8,7	19,6
Solothurn	—1,4	0,6	3,6	8,5	12,6	16,3	18,3	17,3	14,0	8,3	3,9	—0,3	8,5	19,7
Bern	—2,3	0,1	3,2	8,2	12,0	15,5	17,6	16,6	13,4	7,6	2,7	—1,7	7,8	19,9
Thun	—2,2	0,2	3,4	8,3	12,3	16,0	18,0	16,8	13,9	8,0	3,3	—1,8	8,1	20,2

³⁹ Siehe auch Christ, H. — Das Pflanzenleben der Schweiz. Zürich 1879. S. 115.

⁴⁰ Die Tabellenwerte stammen aus Maurer, Billwiller und Heß. — Klima der Schweiz. 1910.

Reduzieren wir die Jahresmittel auf das Niveau von 500 m, so ergibt sich für: Aarau 7,7; Olten 8,2; Bern 8,1; Thun 8,3.

In dem großen Gebiet zwischen der Berner-Aare und der Limmat variiert die mittlere Jahrestemperatur nur wenig, zwischen 8,1° und 8,3°.

Das Gebiet der Aare unterhalb Brugg dagegen, samt der unteren Reuß und Limmat, bis an den Zürich- und Bodensee gehört einer rauheren Zone an mit weniger als 8° mittlerer Jahrestemperatur.

Wichtig für die Charakterisierung des Klimas einer Gegend und oft ausschlaggebend für die Möglichkeit der Existenz bestimmter Arten sind die Temperatur-Maxima und Minima:

Mittlere Monats- und Jahrextreme der Temperatur.

(Periode 1881—1900.)

Stationen	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr	
Aarau	Min.	-10,0	-9,7	-6,7	-0,4	4,0	8,8	10,9	9,1	5,1	-0,2	-3,3	-9,7	-14,3
	Max.	6,9	8,8	14,5	19,1	23,6	26,0	27,3	25,9	22,7	17,6	12,4	8,0	28,0
Olten	Min.	-10,2	-9,0	-6,5	0,1	4,5	9,3	11,6	9,9	5,6	0,5	-2,6	-8,8	-13,4
	Max.	6,8	9,5	15,4	20,2	25,1	27,6	29,5	27,9	24,7	18,8	12,9	8,2	30,1
Bern	Min.	-11,6	-9,1	-7,2	-0,3	3,8	8,8	10,9	9,3	4,7	-0,4	-3,6	-10,3	-14,3
	Max.	7,0	8,9	13,8	18,1	22,8	25,1	27,2	26,3	23,2	17,6	12,5	8,2	27,9
Thun	Min.	-13,2	-9,9	-8,2	-0,4	3,7	8,7	10,7	8,8	4,2	-1,2	-4,2	-11,4	-15,4
	Max.	7,0	9,7	15,5	19,6	24,4	27,0	28,6	27,5	24,4	18,8	13,4	8,8	29,2

Mittlere Jahressummen der Frosttage und mittlere Daten des ersten und letzten Reifs für die Periode 1881—1900.⁴¹

Stationen	Anzahl der Frosttage	Mittlere Frostgrenzen		Mittlere Daten des Reifs	
		erster Frost	letzter Frost	erster Reif	letzter Reif
Aarau	78,7	4. Nov.	2. April	24. Okt.	22. April
Bern	86,2	30. Okt.	1. April	31. Okt.	2. April
Thun	96,4	24. Okt.	4. April	16. Okt.	1. Mai

⁴¹ Unter Frosttagen verstehen wir nach Maurer diejenigen Tage, an welchen die Temperatur mindestens an einem der drei Termine (7 h. a. m., 1 h. p. m., 9 h. p. m.) unter Null gesunken ist.

Mit den Temperatur-Minima in engem Zusammenhang stehen Frost und Reif. Ihre Häufigkeit ist für die Vegetation kaum so wichtig, wie die Daten des Auftretens des ersten und letzten Reifs.

2. Feuchtigkeit.

Über diese besteht eine lange Serie von Beobachtungen aus den Jahren 1846—1900, mit Ausnahme von Aarau, wo wir die Mittel bloß aus der Periode 1881—1900 berechnen.

Mittlere relative Feuchtigkeit 1864—1900.

Stationen	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahres- mittel
Aarau	87	83	77	72	72	75	76	80	85	86	88	89	81
Olten	95	91	85	78	78	78	79	81	85	89	91	94	85
Bern	85	81	76	72	71	70	71	75	78	82	86	86	78
Thun	86	82	75	72	73	73	74	75	79	83	86	86	79

Mittlere jährliche Niederschlagshöhe in mm.

Stationen	Höhe ü. M.	Beobachtungsjahre	Mittel
Grimsel	1874	1864—1882	2000
Meiringen	605	1889—1903	1298
Thun	565	1876—1903	992
Bern	572	1864—1903	927
Aarberg	465	1899—1903	936
Olten	395	1864—1903	1005
Aarau	406	1864—1903	1051
Brugg	334	1883—1897	935

Mittlere Nebelhäufigkeit.

Das Aaretal ist besonders im Winterhalbjahr, da im Süden von Mitteleuropa oft längere Zeit hoher Luftdruck lastet, mit dichtem Nebel erfüllt, und die häufige Bewölkung ist ein Zeichen für die hohe relative Feuchtigkeit. Die größte Nebelhäufigkeit, im Durchschnitt mehr als 50 Nebeltage per Jahr,

hat ein 20—30 km breiter Streifen zu verzeichnen, der nordöstlich der Linie Bern - Neuenburg dem Fuße der Juraketten sich entlang zieht und bis an den Rhein hinunter reicht. Auch im Sommerhalbjahr, also während der Vegetationszeit, ist es dasselbe Gebiet, das das Maximum der Tiefnebel zu verzeichnen hat. Einzelne Stationen weisen in dieser Zone mehr als 100 Nebeltage per Jahr auf. Bern und Sursee 119! Sonst aber steigt auch hier die Nebelhäufigkeit (mit Ausnahme von Olten und Dießenhofen) nirgends erheblich über 60. Das Aaretal unterhalb Aarau besitzt zwischen 50 und 60 Nebeltagen.⁴²

⁴² Vergl. die Karte über die jährliche Anzahl der Nebeltage nach G. Streun in Maurer I. c..