

Zeitschrift:	Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes Rübel in Zürich
Herausgeber:	Geobotanisches Institut Rübel (Zürich)
Band:	11 (1935)
Artikel:	Das Grosse Moos im westschweizerischen Seelande und die Geschichte seiner Entstehung
Autor:	Lüdi, Werner
Kapitel:	XI: Die säkularen Schwankungen der Seespiegel
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-307158

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: 22.01.2026

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

XI. KAPITEL

Die säkularen Schwankungen der Seespiegel.

Wie erkennt man Seespiegelschwankungen? Wir haben immer wieder gesehen, dass uns der Aufbau des Grossen Mooses nur verständlich wird durch die Annahme, es seien im Laufe der Zeiten langdauernde Schwankungen in der Höhenlage des Spiegels des Neuenburgersees eingetreten. Solche Seespiegelschwankungen, für die im allgemeinen die zeitliche Uebereinstimmung mit denen des Grossen Mooses ausser Frage steht, konnten wir auch in den alten See-Ebenen von Avenches, Yverdon und Biel nachweisen. Wir wollen im nachstehenden versuchen, diese säkularen Seespiegelschwankungen übersichtlich zusammenzustellen. Die Aufgabe ist nicht leicht und mit grossen Fehlerquellen behaftet, und die vielen Widersprüche, die sich in der Literatur zu diesem Thema finden, sind nur allzugut begreiflich. Manche Veränderungen in der Stratigraphie eines Aufschlusses, die auf den ersten Blick vielversprechend erscheinen, bieten bei näherer Ueberlegung keine Anhaltspunkte für Seespiegelschwankungen oder doch nur unter Voraussetzungen, die in der Regel nicht erfüllt erscheinen. Wir müssen überhaupt in der Sukzession der Ablagerungen das Ergebnis eines recht komplizierten Spieles der Kräfte erblicken, das in vielfacher Weise verändert werden kann und dessen Gesetzmässigkeiten uns erst zum Teil bekannt sind.

Seespiegelschwankungen werden durch den Vergleich eines früheren Seestandes mit einem späteren festgestellt. Je genauer wir die Seestände kennen, um so sicherer sind auch die Schlüsse auf die Niveauschwankungen. Aber gewöhnlich kennen wir die absoluten Werte der Seestände nicht genau, sondern können nur das Höher oder Tiefer als relative Werte angeben. Des weiteren beziehen sich nur ein Teil der Kennzeichen für den Seestand oder für dessen Schwankungen direkt auf die Verhältnisse am See selber; ein nicht unbedeutender Teil stammt aus Vorgängen, die sich

nicht am See abspielen und mit der Seespiegelhöhe nur indirekt in Beziehung stehen. Das indirekte Schliessen ergibt aber naturgemäß weniger sichere Ergebnisse. Wir bringen im folgenden einen kritischen Ueberblick über die uns im Gebiete unserer Seen zur Verfügung stehenden Möglichkeiten, den Stand und die Veränderungen der Seespiegel in vergangenen Zeiten zu rekonstruieren. Dabei fassen wir den Rahmen etwas weit, um auch die Grundlage zu schaffen für die später erfolgende Vergleichung der Verhältnisse an den Juraseen mit denen im weiteren Gebiete des Molasselandes, vom Genfersee bis zum Bodensee.

Als Zeichen des steigenden Seespiegels können wir in erster Linie die Ueberschwemmungshorizonte nennen. Die offene Wasserfläche muss in der Nähe der Seeufer in direkter Fortsetzung des Seespiegels landeinwärts gereicht haben, und die Höhe, bis zu der die vom Wasser abgelagerten Sinkstoffe gehen, gibt ein Mass für den Stand des Seespiegels in der betreffenden Zeit. Unter den Begriff der Ueberschwemmungshorizonte fallen aber allgemein alle Änderungen in der Stratifikation des Bodens, die den normalen Veränderungsvorgängen entgegengesetzt verlaufen. So wenn Wälder in der Gegend des Seeufers ertrinken und von Sand, Schlamm oder Torf bedeckt werden, wenn sich Seekreide, Mergel, Lehm oder Sand über Torf oder schwarzen Lehm, Sande in einer abgeschlossenen Lagune über Seekreide oder Mergel oder am Seeufer Mergel über Sande häufen. Eine Mergelschicht, im Sand eingeschlossen, weist in Ufernähe auf einen Seehochstand hin.

Kies- und zum Teil auch Sandschichten in den Ablagerungen an Seeufern sind keine eindeutigen Erscheinungen (s. z. B. Biel, S. 216), namentlich weil der Kies sowohl über als auch unter Wasser abgelagert wird. Sie können erzeugt werden durch das normale Vorwärtsrücken des Deltas bei gleichbleibendem Seestand, oder durch rasches Vorschieben während Zeiten tiefen Seestandes, gelegentlich aber auch infolge aussergewöhnlich grosser Geröllführung des Flusses, der normalerweise auch die Erhöhung des Seespiegels parallel geht. Wird der Kies von einer Ablagerung des offenen Wassers, zum Beispiel Seemergel überlagert, so kann die Ursache in der Erhöhung des Seespiegels liegen; aber auch die blosse Verlagerung der Hauptmündung des Flusses wird unter Umständen die gleiche Erscheinung hervorrufen. Genaue stratigraphische Untersuchungen werden diese Schwierigkeiten im allgemeinen überwinden können.

Des weiteren ist bis in weite Entfernung vom Wasserspiegel ein Zeichen für höheren Seestand in der Neubelebung der Torfbildung auf einer zerstörten, schwarzen Torfoberfläche gegeben, die bei mehrmaliger Wiederholung deutlich geschiedene, übereinanderliegende Stockwerke im Torf schafft. Hand in Hand damit kann ein Wechsel der Torfart eintreten. Im Grossen Moose, wo Sphagnumtorf fehlt, wird in diesem Falle die Ueberschwemmungsschicht angedeutet durch Hypnumtorf oder Phragmitestorf auf der verwitterten Oberfläche von Radizellentorf. Ist die Vernässung mit Einlagerung grösserer Mengen von mineralischen Sinkstoffen verbunden, so entsteht der bereits genannte Lehmhorizont. Es ist aber schwer,

aus der Neubelebung der Torfbildung auf das Ausmass des Ansteigens des Seespiegels zu schliessen. Die Torfbildung geschieht ja nicht direkt am Ufer des Sees, und in den verlandenden Lagunen in Seenähe tritt im Augenblick, wo die Verlandung den Boden so weit aufgehöht hat, dass der Zusammenhang der offenen Wasserfläche aufhört, der Vorgang der Bildung des Grundwasserhorizontes ein. Infolge der kapillaren Aufsaugung und des Reibungswiderstandes beim Abfliessen des Wassers zum Seeniveau kann das Wasser im Boden über das Niveau des Seespiegels ansteigen, und dies um so mehr, je grösser die innere Oberfläche eines Bodens ist. In Torfböden ist das Wasserhaltungsvermögen besonders gross, und in dem Masse, wie der Torf wächst, steigt das Grundwasser an und steht schliesslich hoch über dem Niveau der Abflussbasis. Gewöhnlich sind in den flachen Torfebenen die abführenden Wasserläufe nur schwach entwickelt, und infolgedessen steigt der Grundwasserspiegel ziemlich regelmässig mit der Entfernung vom Seeufer oder von einem grösseren Gewässer an. Heute sind im Grossen Moose durch die vielen Kanäle, Gräben und Drainage-Röhren die Abflussverhältnisse sehr verbessert worden. Trotzdem reicht im allgemeinen das Grundwasser, abgesehen von den Teilen, die den Kanälen direkt benachbart sind, im Boden bis in $\frac{1}{2}$ —1 m unter die Oberfläche. Bei den natürlichen, an die Verlandung anknüpfenden Vorgängen geht die Torfbildung so lange vor sich, bis der Boden so stark aufgehöht ist, dass das Grundwasser in normalen Zeiten genügend Gefälle zum Abflusse findet. Dann tritt die Stabilisierung der Oberfläche ein. Der nur noch bei Hochwasser nassliegende Boden bekleidet sich mit einer anderen Vegetation (Bewaldung; Molinetum), und der Neubildung von torfiger Substanz hält die Zerstörung in den Trockenzeiten die Waage. Diese Oberflächen der ruhenden Torfbildung lassen sich in einem Torfprofil der oben geschilderten Art erkennen.

Tritt eine allgemeine Hebung des Wasserstandes ein, so erreicht das Ansteigen des Grundwassers keineswegs den Gesamtbetrag, um den der Seespiegel steigt, sondern wird infolge der Erleichterung des Abflusses dahinter zurückbleiben. Rückt bei gleichbleibendem Wasserspiegel durch die Aufschwemmung neuer Uferstrecken das Ufer vor, so verschlechtert sich dadurch der Abfluss, und die Torfbildung wird neu belebt. Die austrocknende Wirkung der Tieferlegung des Wasserspiegels kann dadurch für die entfernteren Teile des Mooses zum Teil kompensiert werden. Geht das Seeniveau zurück, bevor die neue Torfbildung den Zustand der Austrocknung erreicht hat, so bleibt natürlich die Torfbildung auf einem niedrigeren Niveau stehen. Wir werden dieser komplexen Vorgänge eingedenk sein müssen, wenn wir die Torfbildungsvorgänge für die Seespiegelschwankungen auswerten wollen. Zum Glück helfen uns die Lehmeinschwemmungshorizonte hier über manche Schwierigkeiten hinweg.

Als Zeichen des sinkenden Seespiegels nennen wir in erster Linie die Freilegung von Uferstrecken, die vorher überflutet waren. Sie äussert sich in der Bewaldung des Ufers, in der Bildung von Torf in Ufernähe oder in einer abnormalen Sedimentationsfolge mit Ueberspringen einzelner Stadien der normalen Verlandung, zum Beispiel bei der direkten Ueberlagerung von Torf auf Seekreide oder Mergel ohne Zwischenlagerung einer vermittelnden Gyttja-Schicht. Diese Vorgänge können getrübt werden, wenn der Boden des Seeufers sich durch rasche

Sedimentation bei gleichbleibendem Wasserspiegel erhöht. In grösserer Entfernung vom Ufer deutet die Austrocknung vorher überschwemmter Flächen, die weitgehende Zersetzung der oberen Torfschichten und die Bewaldung früheren Sumpflandes durch mesophile Gehölze auf sinkenden Seespiegel. Doch müssen wir alles das, was wir soeben über die Rolle des Grundwassers bei steigendem Wasserspiegel gesagt haben, sinngemäss, das heisst mit verkehrtem Vorzeichen, auch für den sinkenden Wasserspiegel anführen. Die Bewaldung lässt je nach dem Waldtyp, der sich ansiedelt, ganz verschiedene Bewertung zu. Der Wald von hygrophilen Gehölzen (Weiden, Erlen, Birken) kann sich auf den verlandenden Torf- oder Mineralböden ohne weiteres ansiedeln, mesophile Gehölze nur, wenn der Grundwasserspiegel wesentlich gesunken ist, was auf Torf wohl nur durch Erniedrigung der Abflussbasis möglich ist. Mit den Austrocknungsvorgängen und der Zersetzung der Torfe ist eine dauernde Erniedrigung der Landoberfläche der Torfgebiete verbunden, die jeweilen zu berücksichtigen ist. Wir haben gesehen, dass sie seit der Korrektion der Jura-gewässer Werte bis zu einem Meter erreichen kann (s. S. 36).

Zur Feststellung ehemaliger Seehöhen bieten sich an den Ufern der Seen noch weitere Möglichkeiten. Desor (1870) erwähnt die Löcher und gewundenen Kanäle (lapiaz), die von den Wellen der Brandung in den Fels gegraben werden und nur etwa 1 m über den mittleren Wasserstand reichen. Wenn wir solche in beträchtlich höherer oder tieferer Lage finden, so zeugt das für Seehöhen, die von den heutigen abwischen. Auch die Basisfläche eines Kliffs oder Reste alter Uferterrassen lassen sich in gleicher Weise auswerten. In den Ablagerungen alter Ufergebiete sind oft die alten Uferlinien zu erkennen und können auch zeitlich eingeordnet werden. Die Uferlinie liegt in der Regel da, wo sich an die Sand- oder Schlick(Mergel)-Alluvionen die anmoorigen Uferbestände anschliessen. Anmoorige Sande, gleich wie sie heute am Strande über der Mittelwasserlinie sich bilden, haben wir in den Tiefen der Grossmoos-Böden immer wieder gefunden, ebenso die Uebergänge vom Mergel zum Torf. Furchensteine, die von Algenüberzügen erzeugt werden, finden sich in der Höhe der Mittelwasserlinie und etwas darüber hinaus. Die Schalen der Wassermollusken und der Diatomeen gehen im allgemeinen am Ufer so hoch wie das Hochwasser, sind also Zeugen für den See, während die Landmollusken, die leicht eingeschwemmt werden, nicht auf das Vorhandensein von festem Lande hinweisen. Diese Schalen von Wasserbewohnern erlauben aber nicht, eine scharfe Grenze zu ziehen, sondern nur, nach oben einen Gürtel abzugrenzen, der etwa 1—1½ m über das Mittelwasser reicht. Gleich verhalten sich die Ufergerölle, die heute nach Beobachtungen an verschiedenen Stellen des Nordufers des Neuenburgersees von den Wellen rund 1,5 m über den mittleren Seespiegel gehoben werden. Anderseits können sich reine Mergel und reine Seekreden nur unter der stetigen und nicht zu geringen Wasserbedeckung bilden, in einer Tiefe, wo die Ueberreste der Vegetation sich noch nicht wesentlich häufen. Die obere Grenze von 50 cm mittlerer Wassertiefe (Rytz in Tschumi 1928) dürfte nicht zu hoch gegriffen sein. Auf den offenen Strand deuten auch humose Lagen und Bändchen im Sande, die aufgeschwemmten und eingeschlossenen Massen abgestorbener Pflanzen entsprechen (vor allem Teichbinsen und Schilf). Blaue

S a n d e wurden unter Wasser abgelagert oder haben doch nicht lange frei über Wasser gelegen; Bräunung der Sande zeigt die Wirkung der Atmosphärilien. Ferner eignen sich zur zahlenmässigen Feststellung der Seestände unter den vorhin angegebenen Einschränkungen auch Austrocknungs- und Ueberschwemmungshorizonte, soweit ihre Grenzwerte bekannt sind.

Alle diese vielgestaltigen Möglichkeiten erhalten erst dann grösseren Wert, wenn es gelingt, die V o r g ä n g e u n d Z u s t ä n d e z e i t l i c h f e s t z u l e g e n. Dazu dient uns vor allem der stratigraphische Vergleich mittels der Pollenanalyse, der auch die Einordnung der Horizonte in die allgemeine Chronologie möglich macht. Direkte Schlüsse auf den Seestand in einer bestimmten Zeit ergeben sich bei der Untersuchung datierbarer Ueberreste der menschlichen Tätigkeit, namentlich von Bauwerken, die im Ufergebiet gestanden haben. Annäherungswerte gibt bereits die Höhenlage der Uferdörfer der verschiedenen Zeitperioden. Genauer sind die Reste von Hafenanlagen, Brücken, von am Ufer gelegenen Häusern, von alten Ufer-Steinbrüchen. Weitaus am häufigsten sind die Pfahlbauten-Reste zur Feststellung von alten Seeständen verwendet worden. Doch sind sie auch am bestrittensten, seit Hans Reinerth (vgl. 1926) die Theorie aufgestellt hat, die Pfahlbauten seien sämtlich Landsiedelungen gewesen. Mit überzeugenden Gründen haben sich Otto Tschumi, Walter Rytz und Jules Favre (1928) von verschiedenen Gesichtspunkten her dafür eingesetzt, dass wenigstens ein Teil der Pfahlbauten über Wasser standen. Tschumi weist darauf hin, dass viele Pfahlbauten auf Inselchen oder Untiefen angelegt wurden, dass sie Grundschwellen besitzen, durch Wellenbrecher geschützt, mit dem Ufer durch Brücken verbunden sind. Rytz legt besonderes Gewicht darauf, dass die Kulturschicht der Pfahlbauten meist auf Seekreide aufruhe, die sich nur in beträchtlicher Wassertiefe bilden kann, und dass die Kulturschicht auf dem trockenen Lande nicht hätte entstehen können, da sich die Abfälle vollständig zersetzt hätten. Favre untersucht die Zusammensetzung der Molluskenfauna der Kulturschichten und der zwischen ihnen liegenden sterilen Schichten in verschiedenen Stationen des Neuenburgersees und stellt fest, dass sie beinahe ausnahmslos aus Wasserformen besteht. Im gleichen Jahre legte auch Th. Ischer (1928 I) dar, dass aller Wahrscheinlichkeit nach ein guter Teil unserer Pfahlbauten über Wasser standen hat.

Im Einzelfalle ist es allerdings meist schwer, über die wirkliche Lage einer Siedlung zu entscheiden, da gar manche Erscheinung eine doppelte Deutung zulässt. Verhältnismässig eindeutig erscheint die Frage bei den Moorsiedelungen, die nicht auf hohen Pfählen standen. Sie setzen eine ausgetrocknete Mooroberfläche voraus, und zwar eine relativ tiefe Lage des Grundwassers, da sie sonst bei jedem vorübergehenden Wasseranstieg nass geworden wären. Dieser Zustand der Bodenoberfläche muss sich in der Stratigraphie des Bodens, namentlich ausserhalb der Siedlung, erkennen lassen. Unbestreitbar standen die meisten Pfahlbau-Siedlungen an unsrern Seen nicht auf dem trockenen Lande im eigentlichen Sinne des Wortes, sondern am Strande, der bei hohem Wasserstande überschwemmt wurde, oder im offenen Wasser, oft in kleiner Lagune hinter einem natürlichen Strandwall. Angesichts der bedeutenden jährlichen Schwankungen des Wasserstandes der Seen, waren Pfahlbauten sogar am

Strände notwendig, Brücken und Wellenbrecher vorteilhaft, wobei die letzteren auch als Umzäunung dienen konnten. Hinter dem Wellenbrecher und unter dem Pfahlrost häuften sich die Ueberreste des menschlichen Haushaltes im Laufe der Zeiten auch auf einem Boden, der vorwiegend trocken war, zur Kulturschicht, die ja in der Regel alle Zeichen einer intensiven Zersetzung zeigt. Spätere Bedeckung mit Sand oder Lehm schützte sie vor der Verschwemmung oder der völligen Auflösung. Wassermollusken wurden zur Zeit des hohen Wasserstandes eingeschwemmt. Es ist bemerkenswert, dass gerade die Siedelungen, die heute am weitesten ins Wasser vorgeschoben sind, die der Bronzezeit, im allgemeinen keine organische Kulturschicht besitzen. Wir lassen hier die Frage offen, ob diese Siedelungen wirklich im tiefen Wasser gestanden haben und die Kulturschicht überhaupt nie vorhanden war, indem die ins Wasser fallenden organischen Reste rasch und völlig verschwemmt und zersetzt wurden, so wie auch die grossen Pflanzenmengen der Röhrichte sozusagen spurlos verschwinden, oder ob infolge sehr starker Absenkung der Seespiegel zur Bronzezeit die Siedelungen am trockenen Ufer lagen, die Ueberreste sich auf dem festen Lande zersetzen und das noch übrig Gebliebene beim Ansteigen des Wasserspiegels, das vielleicht erst lange nach dem Verlassen der Wohnstätten erfolgte, durch die Wellen verschwemmt wurde.

Ueberall da, wo die Kulturschicht auf der Seekreide direkt aufruht, muss entweder die Siedlung im offenen Wasser von einiger Tiefe gestanden haben, oder es muss durch rasches Absinken des Wasserspiegels die Seekreide plötzlich an die Oberfläche gebracht und ausgetrocknet worden sein, wie es Speck für den bronzezeitlichen Pfahlbau Sumpf am Zugensee wahrscheinlich gemacht hat. Bei der Untersuchung solcher Fälle kann nicht sorgfältig genug vorgegangen werden, und namentlich muss man die Untersuchung unbedingt über den eigentlichen Pfahlbau hinaus ausdehnen, um dort die ungestörte Schichtfolge zu studieren. Eine Trockenlegung des Seekreideuntergrundes zum Beispiel wird ausserhalb des Pfahlbaues als Trockenhorizont in Erscheinung treten, während bei der Lage des Pfahlbaus im tieferen Wasser in der Zeit der Besiedelung die Ablagerung von Seekreide sich fortgesetzt haben muss. Wichtig wäre es, wenn durch genaue Beobachtung oder durch das Experiment die in der Gegenwart bei verschiedener Wassertiefe und bei Variation der übrigen einwirkenden Faktoren vor sich gehende «Kulturschicht»-Bildung genau verfolgt und dadurch die Grundlage für die sichere Beurteilung der subfossilen Kulturschichten geschaffen würde.

Trotz dieser verschiedenen Unstimmigkeiten und Unsicherheiten, die zu ihrer Abklärung namentlich noch eingehendere Mitarbeit der ökologisch arbeitenden Botaniker oder der Bodenkundler bedürfen, lassen sich doch die Pfahlbauten innerhalb gewisser Grenzen zur Feststellung der Seespiegelhöhen verwenden. Erstens durch die Höhen der Pfähle. Es gibt Siedlungen, deren Pfahlenden noch Brandspuren zeigen. Falls die Station im Wasser stand, so brannten die Pfähle zur Zeit der Zerstörung bis zum Wasserspiegel ab, wobei die Kulturschicht nicht erreicht wurde. Stand der Pfahlbau auf dem festen Lande, so brannte er bis auf den Boden ab. In diesem Fall müsste aber die trockene Kulturschicht auch mitverbrannt oder doch durch den Brand schwer geschädigt sein. Zeigt also die Kulturschicht sich als wohlerhalten und ragen die Pfähle über sie hinaus, so können wir mit grosser Wahrscheinlichkeit den Schluss ziehen,

der Pfahlbau sei im Augenblick, da er abbrannte, bis zu den verkohlten Pfahlspitzen im Wasser gestanden.

Viel unsicherer ist natürlich der Schluss bei den abgefaulten Pfahlspitzen. Soweit die Pfähle an die Luft grenzten, faulten sie im Laufe der Zeit ab. Soweit sie im Boden eingeschlossen waren, blieben sie erhalten. Dem Anscheine nach blieben auch die im Wasser untergetauchten Pfahlteile vor dem Verfaulen bewahrt, wobei als Grenze, bis zu der das Abfaulen erfolgte, wohl das normale Niederwasser zu betrachten ist. Nach einer freundlichen Mitteilung von Herrn Prof. Dr. E. Gäumann in Zürich, der sich mit den Fragen der Holzzerstörung besonders befasst hat, bleibt das dauernd von Wasser bedeckte Holz in seiner Beschaffenheit im wesentlichen unverändert und unvermorsch, weil sich die holzzerstörenden Pilze nicht entwickeln können. Höchstens kommt die Auswaschung der Zucker und Pektine und die Auflösung der Protopektine durch anaerobe Bakterien in Betracht. In dieser Beziehung verhalten sich Weichholz und Hartholz ganz gleich. Eine gewisse Zerstörung wird aber trotzdem eintreten infolge mechanischer Beschädigung, vor allem durch im Wasser lebende Würmer. Es ist auch zu berücksichtigen, dass die Hölzer unter Wasser sich oft mit Kalk inkrustieren (vgl. Forel, 1892—1904), was ihre Erhaltung fördert.

Wir finden steinzeitliche Pfahlreste meist ganz in der Erde eingeschlossen. Wenn sie über dem Boden erscheinen, wie in vielen Stationen der Jurarandseen, so dürfen wir annehmen, dass sie früher eingehüllt waren und durch die Brandung, hier vor allem nach der Absenkung der Seespiegel bei der Juragewässerkorrektion, wieder entblösst wurden. Im allgemeinen wird infolge der zunehmenden Aufschüttung der Seeufer und Vertorfung der flachen Becken eine Einhüllung nicht rückgängig gemacht werden. Die bronzezeitlichen Pfähle dagegen ragen oft in regelmässiger Weise mehr oder weniger aus dem Boden heraus, wie es in unserem Untersuchungsgebiet in Auvernier und Witzwil beobachtet werden kann, und wie Forel (1892—1904, III, S. 487) es vom Genfersee beschreibt und liegen dabei so tief unter Wasser, dass sie der Wellenbewegung entzogen sind und Ausspülung in rezenter Zeit nicht anzunehmen ist, sondern Erhaltung der Holzreste im freien Wasser. Zu diesen im freien Wasser erhaltenen Holzresten gehören auch die Baumstämme, die Büttler im Zugersee aufgefunden hat (s. S. 295), und die von Razowsky erwähnten Stämme im Neuenburgersee (s. S. 47). So kann uns die Höhenlage der in der Tiefe des Wassers aus dem Boden hervorragenden Pfahlenden einen Maßstab liefern für den tiefsten länger andauernden Stand des Seeniveaus seit der Zeit der Zerstörung des Pfahlbaues. Hier fehlt die Datierung.

Unter gewissen Voraussetzungen ermöglicht die Lage der Pfahlenden aber das Festlegen der Zeit, in der sie bis auf den Wasserspiegel abfaulten. Sind sie in Torf oder in eine andere Ablagerung eingehüllt, die sich erst nach der Zerstörung des Pfahlbaues bildete (zum Erkennen dieser Tatsache wird vor allem das Herausragen der Pfahlenden aus der unverletzten Kulturschicht dienen), so gibt uns ihre Lage das Mass für den Stand der Wasserhöhe zur Zeit der Zerstörung des Pfahlbaues oder besser zur Zeit, die auf die Zerstörung des Pfahlbaues folgte, und das Pollenspektrum des umhüllenden Sediments die dazugehörige Zeitperiode (vgl. z. B. S. 172). Eine teilweise Abtragung der Kulturschicht ist meist un-

schwer zu erkennen, namentlich durch die Häufung von Steinen und schweren Gegenständen an der Oberfläche (vgl. Ischer, 1928, II). Falls die Pfähle bis auf den ursprünglichen Boden oder in die Kulturschicht abgefault sind, so hat der Pfahlbau entweder auf dem festen Lande gestanden, oder seit seiner Zerstörung hat sich der Seespiegel für längere Zeit so stark gesenkt, dass die Pfähle bis auf den Boden trocken lagen. Beim Einschluss in den Boden scheinen die Hölzer auch langdauernde Austrocknungen zu ertragen, wobei wir berücksichtigen müssen, dass die in Frage kommenden Böden mit Ausnahme der allerobersten Schichten immer feucht bleiben, auch wenn sie sich über das Grundwasser erheben. Am besten erhalten sich diese Hölzer, namentlich das Eichenholz, im Torf. Sonst vermorschen sie stark, so dass sie an der Luft in kurzer Zeit gänzlich zerfallen.

So erklärt sich die tiefe Lage der Pfahlenden in den Siedlungen der Bronzezeit durch den niedrigen Seestand nach dem Verlassen dieser Pfahlbauten oder zur Zeit ihrer Zerstörung. Und da die steinzeitlichen Siedlungen höher lagen als die bronzezeitlichen, so mussten auch alle noch frei vorragenden Pfahlenden der Steinzeit in der Bronzezeit bis auf den Boden abfaulen (von Forel z. B. auch für den Genfersee ausdrücklich hervorgehoben) und die in dem Boden eingeschlossenen Hölzer vermorschen. Deshalb und nicht in erster Linie infolge des höhern Alters, wie Forel meint, sind die bronzezeitlichen Pfähle ausserordentlich viel härter als die steinzeitlichen.

Ferner gestattet in manchen Fällen die Lage und Beschaffenheit der Kulturschicht einen Schluss auf die Lage des Seespiegels zur Zeit ihrer Aufschüttung. In den neolithischen Pfahlbauten von Auvernier geht die Sandaufschüttung mit Diatomeen und Wassermollusken durch die Kulturschicht durch und beweist, dass diese Siedlungen am Strande gelegen haben, vielleicht innerhalb des Gürtels vom Mittelwasserstand zu einem halben bis einem Meter darunter. Anodonta-Lagen in der Kulturschicht, wie sie Ischer (1928 I) angibt, sprechen für Siedlung im Wasser innerhalb der Niederwassergrenze.

Häufig wird bei neolithischen Pfahlbauten unter der Kulturschicht Seekreide, über der Kulturschicht Torf angegeben. Hier fehlt also das Zwischenglied zwischen Seekreide und Torf, die Gyttja. Dies sagt nichts aus über Seespiegelschwankungen: Die Gyttja-Stufe kann in der Kulturschicht stecken. Die Kulturschicht bedeutet in diesen Fällen eine so starke Hebung des Bodens, dass über ihr die Torfstufe einsetzt. Anderseits ist das Vorhandensein von mehreren Kulturschichten mit Zwischenschichten kein Beweis für Sedimentationsänderung. Sie geben an, dass am gleichen Ort zwei oder mehrere Siedlungen zu verschiedenen Zeiten bestanden haben. Aber vielleicht ging die Sedimentation gleichmäßig weiter (Auvernier) und wurde nur durch Kulturschichten (rasche und veränderte Einlagerung) verdeckt. Im Einzelfall sollte also einwandfrei festgestellt werden, ob zwischen Kulturschicht und Zwischenschicht eine Änderung der natürlichen Sedimentation eintritt.

Die vernünftige Ueberlegung wird auch eine Grenze ziehen für die maximale Tiefe des Wassers unter den Pfahlbauten. Es ist nicht anzunehmen, der Pfahlbauer habe aus lauter Vergnügen am Pfähle einrammen seine Hütte in tieferes Wasser gestellt, als für seine Zwecke unbedingt notwendig war. Und man mag diese Zwecke, die wir ja nur mutmassen

können, betrachten wie man will, unter dem Gesichtspunkte des freien Verkehrs, der Reinlichkeit, der Freilassung des zur Kultur geeigneten Uferlandes, des Schutzes gegen Ueberfälle, so genügte eine mittlere Wassertiefe von 1,5 bis höchstens 2 m vollkommen, und die Verlegung des Pfahlbaus in noch tieferes Wasser (am Genfersee gibt es bronzezeitliche Pfahlbauten bis 7 m unter dem heutigen Wasserspiegel) ist unwahrscheinlich, auch wenn es den Pfahlbauern mit ihren technischen Mitteln möglich gewesen wäre, Pfähle von dieser Länge einzurammen oder einzudrehen *).

Wir haben versucht, die Stärke und die Schwäche der einzelnen Beweisgründe, die für die Fixierung der Seespiegelhöhe der vergangenen Zeitperioden ins Feld geführt werden können, aufzudecken. Der Forscher wird stets anstreben müssen, die Argumente vielseitig zu zusammenzutragen und gegeneinander abzuwägen, um aus dem Widerstreit der Möglichkeiten das Wahrscheinlichste herauszufinden. Dabei wird im einen Fall ein einziger Beweisgrund durch seinen innern Wert den Ausschlag geben, in anderen Fällen eine Summe von Wahrscheinlichkeiten. In manchen Fällen wird sich eine klare Entscheidung nicht ergeben, und namentlich über die maximalen Beträge der Hebungen und Senkungen der Seespiegel ist es gewöhnlich nicht möglich, Sicherheit zu gewinnen.

Die Schwankungen des Seespiegels der Jurarandseen. Föhrenzeit. Die Verhältnisse in der Birkenzeit sind uns nicht bekannt. Die Absenkung des Jurasees erfolgte bereits in der Birkenzeit, und es ist nicht unwahrscheinlich, dass bereits in dieser Zeit Aufstauungen stattfanden, die mit Wechsel der Sedimentation und der Aufschüttung der ersten Dünen in Zusammenhang zu bringen sind. Zu Beginn der Föhrenzeit stand der Seespiegel tief. Den Beweis dafür erblicken wir in der Bildung des Torfes, die an den Moosrändern bei Ins in einer Meereshöhe von 429 m einsetzte und noch bei Kerzers bis in 431 m hinabreicht. Ferner wird der Nachweis geleistet durch den föhrenzeitlichen Föhrenstamm im Grosshubelmoos (S. 139).

Die Bodenoberfläche liegt an dieser Stelle in etwa 431,5 m Höhe, und der Stock ist mit seiner Basis 1,7 m unter dem Boden. Er stockt

*) Zur Berechnung der benötigten Pfahllänge gibt Forel (1892—1904, III. Bd. S. 451) für den Genfersee folgende Masse an: 0,50 m im Boden; 2—2,5 m für die jährlichen Schwankungen des Seespiegels; 1,5 m Platz für die Wellen der Stürme: Das würde für eine Wassertiefe von 1,5 m also bereits Pfähle von der Länge von 5,5—6 m benötigen.

also im Niveau von 429,8 m. Da er nahe dem damaligen Seeufer stand, so ergibt sich, dass der mittlere Seespiegel nicht über 428,5 gestanden haben kann.

Der tiefe Torfhorizont der frühen Föhrenzeit findet sich auch in Yverdon (ca. 430 m), und der Seestand ist vielleicht bei Biel im Bohrpunkt 6 durch die Schicht von Schüsskies angedeutet (425,9—428,5 m) und durch die äusseren Teile der untern Deltakiesschichten überhaupt.

Der Spiegel der Jurarandseen lag also in der frühen Föhrenzeit tief, unterhalb 429 m.

Auf diese Zeit des Tiefstandes erfolgte eine ausgeprägte Hebung des Wasserspiegels, die dazu führte, dass der frühföhrenzeitliche Torf, noch bevor die Torfbildung abgeschlossen war, im Grossen Moos (abgesehen von den Randgebieten) und ebenso bei Yverdon von Sand, Mergel oder Seekreide zudeckt wurde. Das Wasser stieg dem Anscheine nach rasch und behielt dauernd eine gegenüber früher höhere Lage bei; denn jetzt wurde in zusammenhängender Weise und bis in die Haselzeit hinein im östlichen Teile des Mooses ein Hauptteil des Torfes gebildet. Die Torfoberfläche erreichte in der Nähe von Kerzers das Niveau von 433,5 m. Der Seespiegel dürfte mindestens in 431 m Höhe gestanden haben.

H a s e l z e i t . In grossen Teilen des Mooses scheint die Torfbildung schon früh in der Haselzeit zu einem lange dauernden Stillstande gekommen zu sein. Eine Senkung des Seespiegels war wahrscheinlich damit verbunden, und zur Feststellung des Ausmaßes besitzen wir verschiedene Anhaltspunkte.

Das Torflager am Strand des Neuenburgersees bei St-Blaise (S. 144), das von der Föhrenzeit bis in die Haselzeit hinein gebildet wurde, lässt den Seestand zur Zeit, da die Torfbildung aufhörte, also den frühhaselzeitlichen Hochstand des Sees, abschätzen, und durch das Föhrenwäldchen, das in der folgenden Austrocknungszeit auf dem Torfe wuchs, wird ein Höchstwert des Seespiegels für diesen Seetiefstand gegeben. Die Torfe liegen im Garten, nahe dem Strand in 429,8 m Höhe, im benachbarten Obstgarten in 430,4—430,8 m, im Pflanzland jenseits der Strasse in 431—431,7 m, jenseits der Bahnlinie in 430,4—431,7 m Höhe. An den beiden letztgenannten Oertlichkeiten umfassen sie auch jüngere Bildungen. Wenn wir die Torfe des Gartens, die deutliche Zeichen der Störung aufweisen und vielleicht verschwemmte Reste der Torfbank sind, ausscheiden und annehmen, dass keine wesentliche Abtragung stattgefunden habe, so gelangen wir für die Zeit, da diese Torfe am Strand in einer Lagune gebildet worden sind, zu einem Seespiegelstand zwischen 430,5 und 431 m über Meer. Damit sich auf diesem Torfe ein Föhrenwäldchen bilden

konnte, ist angesichts der starken jährlichen Schwankungen des Wasserstandes ein mittlerer Seespiegel von nicht mehr als 429,5 m anzunehmen. Einen weiteren Anhaltspunkt für die Zeit des Seetiefstandes gibt die Verlandung in der Islerenmulde (Bohrpunkt 60). Hier erfolgte in der älteren Haselzeit, ohne dass eine auffallende Störung der Sedimentation vorhanden ist, der Uebergang von der Seekreidebildung zur Ablagerung von Gyttja in einem Niveau von etwa 429,5 m. Das spricht für einen Seespiegelstand, der nicht weit von diesem Wert entfernt lag. Ferner besteht die Möglichkeit, dass der Föhrenstrunk im Torfe des Grosshubelmooses erst in dieser Zeit entstanden sei. Das würde einen Seespiegel von höchstens 428,5 m voraussetzen.

Wir nehmen für die frühe Haselzeit einen Seestand von 430,5 — 431 m an und in der späteren Haselzeit, vor dem Eintritt der Ueberschwemmung, einen Tiefstand, der nicht über 429,5 m lag.

Am Ende der Haselzeit stieg der Seespiegel an, und es kam zu der Ueberschwemmung, die sich von allen grossen Ueberschwemmungen des Gebietes am wenigsten fassen lässt. Ihre mineralischen Ablagerungen wurden nur in einigen dem Aarelauf benachbarten Bohrpunkten gefunden (s. S. 117). Die höchste dieser Ueberschwemmungsschichten liegt in rund 432 m Meereshöhe. Der nach dem unbekannten Höchststande andauernde Wasserspiegel muss höher gewesen sein als vor der Ueberschwemmung, da er zur Neu-belebung der Torfbildung in der frühen Eichenmischwaldzeit führte, aber nicht wesentlich höher als in der späteren Föhrenzeit, da auf den hochliegenden Torfen bei Kerzers nur wenig Torf aufgelagert wurde. Wir setzen den Seestand bei ungefähr 431 m ein.

Eichenmischwaldzeit. In der mittleren Eichenmischwaldzeit kommt die Torfbildung wieder zum Stillstande, und die obersten Torfschichten zersetzen sich. Wir finden im Torf einen ausgeprägten Austrocknungshorizont, der beinahe die ganze damalige Moosfläche, soweit sie Torf bildete, umfasst. Die Oberfläche des Torfes dieser Zeit liegt in den damals seenahen Gebieten zwischen der Nusshofdüne und der Rondidüne in ungefähr 431 m Meereshöhe, ebenso in den seenahen Teilen der Profile IV und V. Gegen Ins und teilweise gegen den Murtensee hin steigt sie auf 432 m an, und gegen Kerzers hin bis gegen 434 m. In Avenches geht der eichenmischwaldzeitliche Torf bis in rund 432,5 m, in Yverdon bis 431,5 m. Für das Gebiet von Biel können wir keine genauen Werte angeben.

Diesen Verhältnissen dürfte der Seestand von 431 m in der frühen Eichenmischwaldzeit entsprechen, den wir für das Ende der Haselzeit festgestellt haben. Die Aufhöhung gegenüber der Föhrenzeit mit ähnlichem Seestand kann ihre Ursache in dem Steigen des Grundwassers infolge der Zunahme der Ebene gegen den See hin haben.

Für den Seestand in der Austrocknungszeit fehlt uns ein sicherer Anhaltspunkt. Vielleicht stand in diesem Zeitpunkte noch das Föhrenwäldchen von St-Blaise (s. S. 234), und in diesem Falle würde sich der oben gefundene Wert von 429,5 m ergeben haben. Diesem gegenüber heute etwa 50 cm höheren Seestand, bei etwa 80 cm geringerer Bodenhöhe, würde wohl auch die Art der damaligen Bewaldung des Moosgebietes entsprechen.

Das maximale Ausmass der spät-eichenmischwaldzeitlichen Ueberschwemmung ist schwer festzulegen. Die Lehmschicht ist wenig mächtig, und auch der anschliessende späteichenmischwaldzeitliche-frühabieszeitliche Torf besitzt nur geringe Dicke, die im allgemeinen unter einem halben Meter bleibt. Die Höhengrenze des Torfes kann dem Höchststande der Ueberschwemmung in keiner Weise entsprechen.

Das beste Merkzeichen für den Maximalstand der Ueberschwemmungen gibt im Grossen Moose die Höhe der Ueberschwemmungsschichten an den Dünenwällen.

Die Rondidüne und ihre Fortsetzung, die Birkenhofdüne, sind vollständig kultiviert. Sie zeigen heute den offenen Sand, soweit ihre Höhe 432 m überschreitet (Birkenhof max. 432,9 m, Rondi 432,7 m), sind aber von einer starken Lehm- oder Mergelschicht bedeckt, sobald sie unter diese Quote sinken. Ebenso verhalten sich die äussersten Ausläufer gegen den Schwarzgrabenwald und die Erlenhofdüne, wo ebenfalls die beiden Sandrücken sich über 432 m erheben. Von der Nusshofdüne eignen sich nur die östlichen, von der Strasse entfernten Teile zum Vergleiche. Auch hier beobachten wir das Auftreten des Lehmes, wenn ihre Höhe unter 432 m sinkt. Nun ist mit dieser Feststellung nicht gesagt, dass die Dünen nicht ursprünglich eine leichte Lehmdecke getragen hätten. Sie kann durch die langjährige Kultivierung infolge der Vermischung mit dem Sande verloren gegangen oder schon früher durch Ausschwemmung verschwunden sein. Die bedeutende Dicke, welche die Lehmdecke auf den untertauchenden Sanden gleich annimmt, macht es wahrscheinlich, dass der Lehm ursprünglich höher reichte. Einen Anhaltspunkt in dieser Hinsicht bietet die nicht kultivierte Dählisandhubeldüne. Ihre höheren Teile sind zweifellos frei von irgendwelchen Spuren der Ueberschwemmung. Aber an vielen Stellen, namentlich im Islerenhölzli, ist in den unteren Teilen der Düne noch ein Mantel von anmoorigem, oft geradezu torfigem

Sande erhalten geblieben, der bis in 433,5—434 m Höhe hinaufreicht. Ebenso hoch gehen torfige Böden am östlichen Rande der Düne gegen das Ziegelmoos. Richtige Lehme fehlen in diesem Gebiete.

Wir können also einen maximalen Ueberschwemmungsstand in etwa 434 m Höhe annehmen. Damit wissen wir aber noch nicht, in welcher Ueberschwemmungszeit dieser eintrat. Der Lehm kann bereits in der Föhrenzeit oder auch erst bei den letzten Ueberschwemmungszeiten abgelagert worden sein. Die Pollenanalyse lässt im Stiche; die schwarzen Lehme sind sozusagen pollenfrei. An der Witzwilerdüne, die erst in der Eichenmischwaldzeit gebildet wurde, habe ich keine hochgelegenen Mergel oder Lehme gefunden. Sie müssten aber infolge der spätzeitlichen Wanderung dieser Düne verschwunden sein.

In Avenches und Yverdon (vor allem Profil von Uttins) stellen wir eine beträchtliche spät-eichenmischwaldzeitliche und früh-abieszeitliche Torfbildung fest, die bis ins Niveau von 433 m oder etwas höher hinauf reicht; doch sind die Bohrpunkte mehrere Kilometer vom See entfernt gelegen. In Biel, das uns für diese Zeit die ersten genauen Vergleichsmöglichkeiten gibt, liegt in der Baugrube der Oberrand des eichenmischwaldzeitlichen Seebodens in 430,8 m Höhe, in den beiden Bohrpunkten am Aarekanal in ca. 428,5 m, der Oberrand des anschliessenden, zum grösseren Teil bereits früh-abieszeitlichen Torfes in der Baugrube in 431,2 m, am Aarekanal in 429,5 m. Die Seeböden wie die Torfe liegen also sehr tief (siehe unten).

Das starke Ausmass der eichenmischwaldzeitlichen Ueberschwemmung legt es nahe, für ihren Hochstand die höheren möglichen Werte anzunehmen.

Tannenzeit. In der älteren Tannenzeit hörte die nach der eichenmischwaldzeitlichen Ueberschwemmung neugelebte Torfbildung in einem Niveau auf, das im allgemeinen um einen halben Meter höher liegt als vor der Ueberschwemmung. Da in der Zwischenzeit gegen den See hin eine ganz beträchtliche Landbildung stattfand, was eine Erschwerung des Abflusses bedingte, so stand wahrscheinlich der Seespiegel in der Zeit, als die Torfbildung aussetzte, gar nicht oder nur wenig höher als beim Aufhören der Torfbildung in der frühen Eichenmischwaldzeit, also in etwa 431—431,5 m. Aber dieser hohe Stand blieb nicht erhalten. Vor dem

Eintreten der abieszeitlichen Üeberschwemmung muss das Niveau des Sees beträchtlich gesunken sein, wahrscheinlich unter den Stand vor der eichenmischwaldzeitlichen Ueberschwemmung, da sich höher gelegene Teile des Mooses mit mesophilen Gehölzen bewaldeten, wobei sogar die Weisstanne nachgewiesen wurde. Auch die dieser Zeit entstammende Station des ältesten Neolithikums, die wir in Auvernier studiert haben (s. S. 173), zeugt für einen tiefen Seesland. Ihre Lage lässt sich allerdings nur annähernd fixieren. Die Kulturschicht liegt im allgemeinen 100—150 cm unter dem heutigen mittleren Wasserspiegel des Sees und wird von blauem Sand, zum Teil etwas mergeliger Art, über- und unterlagert und von Sand durchsetzt. Wahrscheinlich dürfen wir daraus schliessen, dass die Kulturschicht unter Wasser abgelagert worden ist, aber nicht in beträchtlicher Wassertiefe, vielleicht unter 50—100 cm Wasser. Wir erhalten somit für diese Zeit einen Seespiegel, der etwa 50 cm tiefer lag als gegenwärtig.

Die alt-abieszeitlichen Torfe liegen nach den auf Seite 237 angegebenen Zahlwerten bei Biel, verglichen mit dem Grossen Moose, auffallend tief. Unter Berücksichtigung, dass die Bohrpunkte am Aarekanal in unmittelbarer Nähe des Seeausflusses liegen, die untersuchte Baugrube aber in wesentlicher Entfernung vom See auf dem Delta, ist anzunehmen, dass die Bildung der Torfe bei einem Seestande von 429—429,5 m vor sich ging. Das würde im Neuenburgersee der Zeit entsprechen, da die Ueberschwemmung vorbei war und der See wieder ein tiefes Niveau angenommen hatte, und lässt sich leicht durch die Annahme erklären, an den untersuchten Stellen bei Biel sei während des Hochstandes der Ueberschwemmung offener See gewesen, in dem Mergel zur Ablagerung kam, und erst bei dem Sinken des Wasserspiegels hätten sich die Bedingungen zur Torfbildung eingestellt. Höher gelegene Torfbildungen aus der Ueberschwemmungszeit wären somit in den vom See entfernten Gebieten zu suchen. Vielleicht wurde im Bielersee die Torfbildung auf höherem Niveau auch dadurch gehemmt, dass sein Spiegel, nachdem die Ursache der Ueberschwemmungskatastrophe aussetzte, rasch wieder absank, während der Neuenburgersee durch Schultmassen, die bei Zihlbrück in den Ausfluss der Zihl eingeschwemmt wurden und diesen erhöhten, noch längere Zeit aufgestaut blieb. Eine völlige Uebereinstimmung der Seestände von Bie-

ler- und Neuenburgersee ist von dem Augenblick an, da die beiden Seen durch ein Stück Flusslauf verbunden wurden (und das geschah unterhalb Zihlbrück wahrscheinlich schon früh), nicht zu erwarten.

Die Ueberschwemmung in der mittleren Abieszeit, die mit Einlagerung der neuen Lehm- (resp. Mergel-) Schicht ihren Höhepunkt fand, muss eine ähnliche Erhöhung des Seespiegels mit sich gebracht haben, wie die der Eichenmischwaldzeit. Der abieszeitliche Lehm liegt rund einen halben Meter über dem der Eichenmischwaldzeit. Er erreicht in dem offenen Gebiete zwischen dem See und Ins und südlich von Bellechasse annähernd 432 m. Bei der Verwertung der Lehme an den Sanddünen ergeben sich die gleichen Schwierigkeiten, die bereits für den Ueberschwemmungshorizont der Eichenmischwaldzeit erwähnt wurden (s. S. 236). Doch lassen die Grossmoos-Alluvionen auf einen Seestand von mindestens 432,5 bis 433 m schliessen. Dieser muss längere Zeit angehalten haben, da stellenweise eine beträchtliche Torfbildung oder am See (z. B. Zihlbrück-La Tène) Mergelhäufung stattfand; dagegen scheint der Ausbruch der Aare nach den in den fluss- und seefernernen Gebieten ganz geringen oder aussetzenden Lehmeinlagerungen schwächer gewesen zu sein als bei der früheren Ueberschwemmung. In den Pfahlbauten von Auvernier ist dieser See-hochstand charakterisiert durch einen Mergelhorizont, der sich zwischen dem alten und dem mittleren Neolithikum einschiebt. Er liegt etwa 50—100 cm unter dem heutigen Mittelwasserspiegel und könnte auch bei einem Seestande, der wenig höher ist als gegenwärtig, zur Ablagerung gekommen sein.

Im Profil von Uttins bei Yverdon liegt der vermutlich hierher zu stellende Horizont in etwa 433,5 m Höhe, ebenso bei Avenches. Da er im Torfe steckt, so entspricht er einem tieferen Seestand.

In der Baugrube in Biel befindet sich der korrespondierende schwarze Lehm in 432—432,4 m Meereshöhe. Der mit wenigstens 433 m anzusetzende Hochwasser-Seespiegel stimmt also mit den Werten des Neuenburgersees überein. In dem Profil an der Schlachthofstrasse ist dem Anscheine nach diese Zeit nur durch eine Neubelebung der Torfbildung gekennzeichnet. Vielleicht gelangte der torfige Lehm im Bohrpunkt 6 (429,6—430,1 m), der über dem obersten Torfe liegt, in dieser Zeit zur Ablagerung.

Der Seespiegelstand in der Zeit nach dem Höhepunkt der tannezeitlichen Ueberschwemmung ist nicht eindeutig sicherzustellen. Anhaltspunkte geben uns vor allem die jüngeren neolithischen Siedlungen. Die Kulturschichten der drei jüngeren neolithischen Horizonte von Auvernier, die sich von 50—100 cm Tiefe bis zur heutigen Mittelwasserlinie verteilen und vermutlich bei langsamem und mehr oder weniger kontinuierlicher Sandauffüllung des Seeufers abgelagert worden sind, lassen ein Seeniveau annehmen, das dem heutigen ähnlich war, vielleicht etwas höher. Die Verhältnisse im Pfahlbau Zihlbrück dagegen geben für das mittlere Neolithikum während der Zeit des Pfahlbaues und vor allem nach dessen Zerstörung einen wesentlich höheren Wasserstand (430,4 m, s. S. 172). Dieser Niveauunterschied kann sekundär entstanden sein, hervorgerufen durch einen allgemeinen Ufereinbruch am Neuenburgersee zur Zeit eines tiefen Seestandes in der späteren Zeit. Ist er primärer Art, so scheint die Annahme am besten begründet, die hochgelegene Siedlung Zihlbrück falle noch in die spätere Zeit der Ueberschwemmungsperiode, die mittelneolithische Siedlung Auvernier in die Zeit unmittelbar nachher. Verhältnismässig bald nach der Zerstörung der Station Zihlbrück müsste somit auch die Mergelauffüllung zwischen Zihlbrück und La Tène, die ein Niveau gleich dem des Pfahlbaues Zihlbrück beansprucht, zu Ende gekommen sein.

Da wir für die Möglichkeit des Absinkens von Teilen des Seeufers keine Anhaltspunkte haben, so nehmen wir für die jüngeren Perioden des Neolithikums als Norm das Niveau von Auvernier, 429 bis 429,5 m. Mehrmalige Schwankung des Seestandes ist für diese Zeit nicht sicher auszuschliessen.

Buchenzeit. In der Buchenzeit lässt sich mit Sicherheit ein ausgeprägter Tiefstand der Seen nachweisen. Als ausreichender Beweisgrund dienen uns die Torfe am Seeufer. Sie gehen an der tiefsten untersuchten Steile bis auf 427,2 m hinunter (Bohrpunkt 70), und darunter liegt noch etwas Gyttja. Diese Torfbildungen dürften einem mittleren Seespiegel von 427,5 m entsprechen. Die Torfbildung hob sich im Laufe der Zeit über den Seespiegel hinaus; das reichliche Vorhandensein von Sphagnum-Blättern und -Sporen gerade in diesen Torfen beweist den guten Abschluss vom Seewasser, der im Sandboden nur bei tiefem Grundwasserstände

möglich ist. In den übrigen Teilen des Grossen Mooses, wie auch bei Yverdon und Biel, ist diese Zeitperiode durch Trockenbildungen (schwarze Lehme, zersetzte Torfoberflächen) charakterisiert und sodann namentlich durch die ausgedehnte Bewaldung des Mooses mit mesophilen Arten, die weitgehende Absenkung des Grundwasserstandes zur Voraussetzung hat. Wir haben aber bereits früher auseinandergesetzt, dass die Absenkung auf das heutige Niveau zur Erklärung dieser Erscheinung genügen würde.

Mehrfa ch wurden hochgelegene, lehmige Ablagerungen mit buchenzeitlichem Pollengehalt gefunden (vgl. Zihlbrück, Biel). Doch liegt kein Grund vor, einen buchenzeitlichen Hochwasserstand anzunehmen, da sich diese Lehme zwanglos als Einschwemmungen von den benachbarten Hängen her oder als umgearbeitete, abieszeitliche Ablagerungen erklären lassen. Auch die Argumentation, die bronzezeitlichen Pfahlbauten seien durch eine Hochflut zerstört worden, gefolgt von dauernd hohem Wasserstande, welcher die Bronzeleute gehindert habe, die kostbaren Bronzegegenstände zu bergen (s. S. 254), scheint mir nicht beweiskräftig zu sein. Falls eine solche Hochflut erfolgte, so war sie jedenfalls nicht von langer Dauer, und der Seestand blieb noch für lange Zeit relativ niedrig. Das geht aus den Verhältnissen der spätbronzezeitlich-hallstattzeitlichen Station Witzwil hervor, nach deren Zerstörung ein Seestand von nicht mehr als 428,3 m geherrscht haben muss (s. S. 179). Uebri gens reichen auch die Pfahlenden in der bronzezeitlichen Siedlung von Auvernier (S. 178), soweit ich diese in Begleitung von Vouga kennen gelernt habe, bis genau in das gleiche Niveau, und es unterliegt keinem Zweifel, dass in einer langen Zeit nach der Zerstörung dieser Pfahlbauten, während der die Pfähle bis auf das heutige Niveau abfaulten, die Bergung der im Wasser liegenden Gegenstände sehr wohl möglich gewesen wäre.

Es ist nun nicht gesagt, dass der See in der frühen Bronzezeit zu seinem tiefsten Stande, der auch unterhalb 427,5 m liegen konnte, absank und dann gleichmässig und langsam bis in die Hallstattzeit anstieg. Spätere Tiefstände, zum Beispiel nach der Ablagerung des Torfes, können eingetreten sein, und unsere Befunde schliessen auch vorübergehende Hochstände nicht aus. Vielleicht kann die dünne, lehmige Schicht, die in einzelnen Teilen der Torfe von Witzwil vorhanden ist, als Spur eines solchen Hochstandes betrachtet werden.

F r ü h e F i c h t e n z e i t (H a l l s t a t t - L a t t è n e). In der Hallstattzeit stieg der Seespiegel wieder an, zuerst, wie wir soeben

gesehen haben, um etwa einen Meter. Die darauffolgende Ueberschwemmungskatastrophe mit dauerndem Seehochstand können wir nicht genau datieren. Sie lag vor der Römerzeit und wahrscheinlich nach der Zerstörung der Station La Tène, vielleicht im Zusammenhang mit dem Untergange dieser Siedlung. Anscheinend fällt sie zusammen mit der starken Ausbreitung der Fichte, die zur Dominanz im Pollenspektrum führte. In den Spektren der Ueberschwemmungsschichten herrscht bereits die Fichte, in den Kulturschichten von La Tène dagegen noch nicht, erst in den sie deckenden jüngsten Bildungen. Der Zihlarm von La Tène, in dem die Funde gemacht worden sind, hat nach den Profilen von P. Vouga (1923) ein altes Ufer in 430 m Meereshöhe und die im Flussbett gefundenen Objekte sind bis in Tiefen von 427,5—428 m eingezeichnet. Sollte der Zihlarm als Fluss wirken, so musste er doch mindestens 1 m Wasser führen, und wir schliessen daraus, dass das Seeniveau in der Zeit, da die Siedlung La Tène bewohnt war, gegen 429 m lag. Somit würde vom Tiefstand der Bronzezeit an ein Ansteigen um 1,5 m stattgefunden haben, das wir auch im Aarelauf-Diagramm aus den wechselnden Baumprozenten erschlossen. Mit dieser Seespiegelhöhe stimmt auch die Höhenlage der früh-fichtenzzeitlichen Torfbildungen in der Seenähe bei La Tène und bei Gampelen (Profil I) überein. In der späten La Tène-Zeit stieg der Seespiegel katastrophenartig an, und dieser Wasserhochstand gibt denen der früheren Zeiten in nichts nach. Der in dieser Zeit erwachsene piceazeitliche Torf ist zwar wenig mächtig, aber im ganzen Moosgebiet verbreitet. Durch die Austrocknung und die Kultivierung des Mooses ist seine Masse verkleinert worden. Er steigt in den seenahen Gebieten bis auf 431—432 m, bei Ins an den Rändern des grossen Mooses auf etwa 433 m und bei Müntschemier und Kerzers gegen die Moosränder bis gegen 434,5 m an. Bei Avenches und Yverdon finden wir ihn in 434 m Höhe. Nur in Biel haben wir keinen Torf dieser Zeit angetroffen.

Diese Torfbildung lässt einen Seespiegel erwarten, der über 432 m Meereshöhe lag. Die Lehme der Dünen im Grossen Moose gestatten keine sichere Höhendatierung (s. S. 236); die Lehmbändchen über den Eichenstämmen in Kanalsteilen (s. S. 134), die allerdings bereits in der Nähe des Aarelaufes liegen (Entfernung ca. 500 m), aber doch auf offenes Wasser hindeuten, sind in 432,5—

432,7 m Höhe. Das Wasser wird also bis auf mindestens 433 m hinaufgereicht haben.

In Biel gelangte damals der oberste Seeboden zur Ablagerung, der in der Baugrube, je nachdem wir die Dammerde mitrechnen, bis in 433,3—433,6 m reicht. Andere Aufschlüsse des Bielerbodens scheinen nicht zurückzubleiben (Neugass-Schulhaus nach Antenen in litt., 433,5 m). In Bohrpunkt 6 am Aarekanal gelangen wir auf 431 m, was darauf hindeutet, dass in diesem von der Schüss entfernten Gebiete die Aufschlickung sehr gering war, so dass offenbar hier zur Zeit der höchsten Aufstauung tiefes Wasser lag. Der Spiegel des Bielersees muss demnach bis gegen 434 m gestiegen sein, und da er den Abfluss des Neuenburgersees aufnahm, konnte dieser nicht zurückbleiben.

Römerzeit. Die Römerzeit bildet nur einen Abschnitt der Picea-Zeit, und unsere bisher angewandten Methoden versagen bei dem Versuch, diese Zeit zu gliedern. Da aber die Feststellung des Seestandes für die Römerzeit besonderes Interesse beansprucht, wollen wir das, was sich darüber nach unseren Forschungen sagen lässt, hier zusammenfassen. Wir haben bereits gesehen, dass die meisten Forscher für die Römerzeit einen besonders tiefen Seestand annehmen, und die kritische Durchgehung ihrer Argumente hat uns gezeigt, dass nicht viel davon standhalten kann (S. 49). Manche Angabe ist direkt unrichtig, und das, was einen Kern von Wahrheit in sich trägt, deutet auf keinen besonders niedrigen Wasserstand.

Die römischen Funde an Zihl und Aare zwischen Bielersee und Solothurn geben Auhaltpunkte dafür, dass der Seestand zur Römerzeit niedriger war als vor der Korrektion der Juragewässer. Nach der Lage des römischen Kornmagazins von Altreu (S. 52) schliesst Kocher für jene Zeit auf einen 240 cm tieferen Stand des Aarespiegels. Wenn die angegebenen Masse und Beobachtungen richtig sind, so scheint dieser Betrag keineswegs zu hochgegriffen. Aber der Bielersee braucht nicht in gleichem Masse gestiegen zu sein. Ein grosser Teil der Stauung kann sich auf die 22 km lange Strecke von Altreu zum Bielersee, die heute ein Gefälle von ca. 4 m aufweist, verteilt haben. Die Lage der römischen Strassenstücke bei Studen und Port (S. 51) scheint mir zu

wenig gesichert, um daraus einen sicheren Zahlenwert für den Seespiegel entnehmen zu können.

Der römische Stollen durch den Seerücken bei Hagneck (S. 98) macht wahrscheinlich, dass bereits in dieser Zeit durch die Hochwasser der Aare Ueberschwemmungen hervorgerufen wurden, deren Folgen von der Römerstrasse abgewendet werden sollte. Darum auch die erhöhte Lage des «Römertanzbodens» (S. 97). Der Fund der Ueberschwemmungsschicht in Petinesca (S. 96) ist Zeuge für ein solches Hochwasser.

Für das eigentliche Seegebiet sind mir die nachfolgenden Anhaltspunkte zur Festlegung des Seespiegels in der Römerzeit bekannt:

Die erhöhte Lage der Römerstrasse durch das Moos bei La Sauge (S. 190) spricht entschieden für einen höhern Wasserstand als in der Gegenwart, aber auch für einen niedrigeren als vor der Korrektion der Juragewässer.

R. Forrer (1886) gibt uns unter Beziehung von Mitteilungen des A. Dardel-Thorens Bericht über einen kleinen, römischem Hafen, der bei der Absenkung des Sees in St-Blaise zum Vorscheine gekommen sei. Er lag auf der neu aufgetauchten Strandfläche und bestand aus einer Hafenmauer, an die innen und aussen Pfahlreste zum Anbinden der Schiffe anschlossen. Dazu kamen zahlreiche römische Funde. Ein zweiter ähnlicher Hafen fand sich noch weiter landeinwärts, anlehnend an das jetzige Strassenbord. Der innere Hafen habe anscheinend dem äusseren Material zu seinem Bau abgeben müssen. Nun ist gewiss der Schluss, der seewärts gelegene römische Hafen sei in Zeiten niedrigeren Wasserstandes, als er vor der Korrektion herrschte, gebaut worden, richtig; aber gerade die Tatsache, dass er nach der Absenkung des Seespiegels auf das Trockene kam, zeigt, dass der Seestand in der Römerzeit ganz bedeutend höher gelegen haben muss, als in der Gegenwart.

Möglicherweise kann auch die Plattform der kleinen Insel des Bielersees (s. S. 50) zur Festlegung des Seestandes in der Römerzeit beigezogen werden. Bei einer eingehenden Durchstreifung der Umgebung der kleinen Insel, die allerdings heute infolge des dichten Auenwaldes sehr unübersichtlich geworden ist, fand ich nur Sand- oder Kies- (Moränen) Boden, der sich

nach beiden Seiten annähernd gleichmässig zum Seespiegel absenkte. Dagegen ist eine plattformähnliche Molassebank unmittelbar am westlichen Fusse des Insselfelsens vorhanden. Sie liegt heute weit vom Wasser entfernt und ragt am höchsten Punkte rund 4 m über den mittleren Wasserspiegel. Die Nordseite fällt 1,5—1,8 m steil ab, die Südseite ziemlich gleichmässig. Wahrscheinlich ist dies die von den alten Autoren gemeinte Plattform. Auch die Tatsache, dass die Funde vor der Seeabsenkung gemacht wurden, deutet auf eine erhöhte Lage. Sollte die Plattform einst als Landungsplatz gedient haben, so setzt das einen gegenüber heute weit höheren Seespiegel voraus. Auch wenn wir eine in der nachrömischen Zeit durch die Wellen erfolgte Gesteinsauffüllung an ihrem Fusse annehmen, so muss der Seespiegel, um aus ihr einen Landungsplatz zu machen, mindestens 1,5—2 m höher gewesen sein als gegenwärtig.

Anhaltspunkte für den Seestand zur Römerzeit glaube ich ferner in den römischen Steinbrüchen am Neuenburgerssee gefunden zu haben. Herr Prof. Dr. F. de Quervain machte mich aufmerksam auf die römischen Steinbrüche bei La Lance, die von V. H. Bourgeois (1910) und H. Schardt (1911) beschrieben worden sind. Diese Steinbrüche liegen in Wald und Gebüsch zwischen der Eisenbahnlinie und der hoch über dem See gelegenen Strasse, ca. 480 m über Meer. Der Augenschein zeigte mir neben diesen, neuerdings zum grossen Teil wieder aufgedeckten Steinbrüchen eine andere, für unsere Problemstellung wichtige Erscheinung, das sind Steinbrüche unmittelbar am Steilufer des Sees, die sich mit einer kurzen Unterbrechung bei La Raisse von La Lance bis Vau-marcus hinziehen, auf eine Strecke von etwas über 2 km. Das Ufer steigt hier mit einem Steilhang von 30—40° vom See gegen die Bahnlinie an. Diese alte Erosionsfläche besteht aus dickbankigem Urgonkalk, dessen Schichten landeinwärts ansteigen und zeigt in ihrem unteren Teile eine eigentümliche Modellierung, die auf der Tätigkeit des Menschen beruhen muss (vgl. Abb. 40, 41, 42, Taf. 8). Ueber und unter der Mittewasserlinie liegt ein schmaler, langsam ansteigender Strand mit Sand oder Geröll, der mit grossen Blöcken übersät ist und aus dem da und dort noch der anstehende Fels mit aufgerissenen Platten hervorragt. Dann kommt ein steiler Felsanstieg von 1,5 m, meist unregelmässig gestaltet, oft in zwei Absätzen,

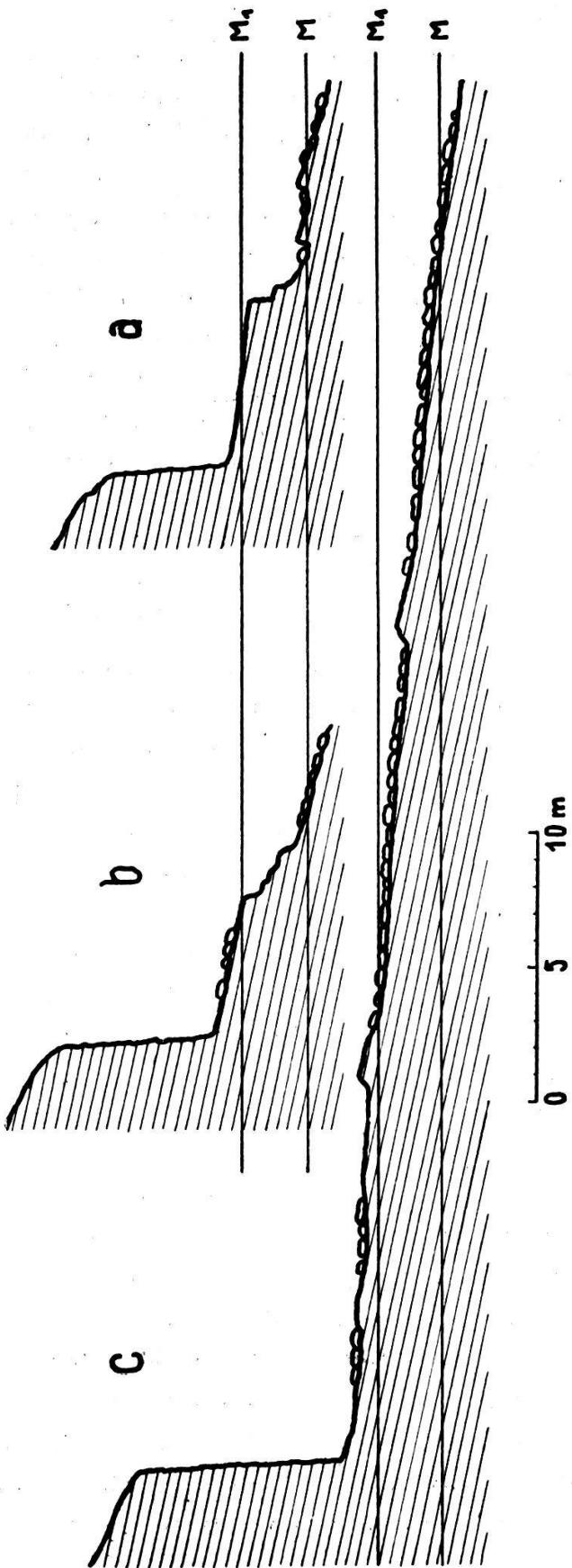


Abb. 40.
Profile durch die Strandterrassen im den römischen Steinbrüchen am Nord-
ufer des Neuenburgersees zwischen Vaumarcus und La Lance. M = heu-
tiger Mittelwasserspiegel; M₁ = Mittelwasserspiegel vor der Juragewässer-
korrektion. Gerölle auf dem Kalkfels, dessen Schichten gegen das Ufer
hin abfallen.

selten beinahe senkrecht. Darauf liegt, 2—2,5 m über dem mittleren Seestand, ein flacher Boden von wechselnder Breite, gewöhnlich zwischen 3—10 m, der durch einen senkrechten Hang von etwa 3—8 m Höhe abgeschlossen wird. Darüber folgt der unveränderte, mit dünner Erdschicht bedeckte und mit Eichengebüsch bestandene.

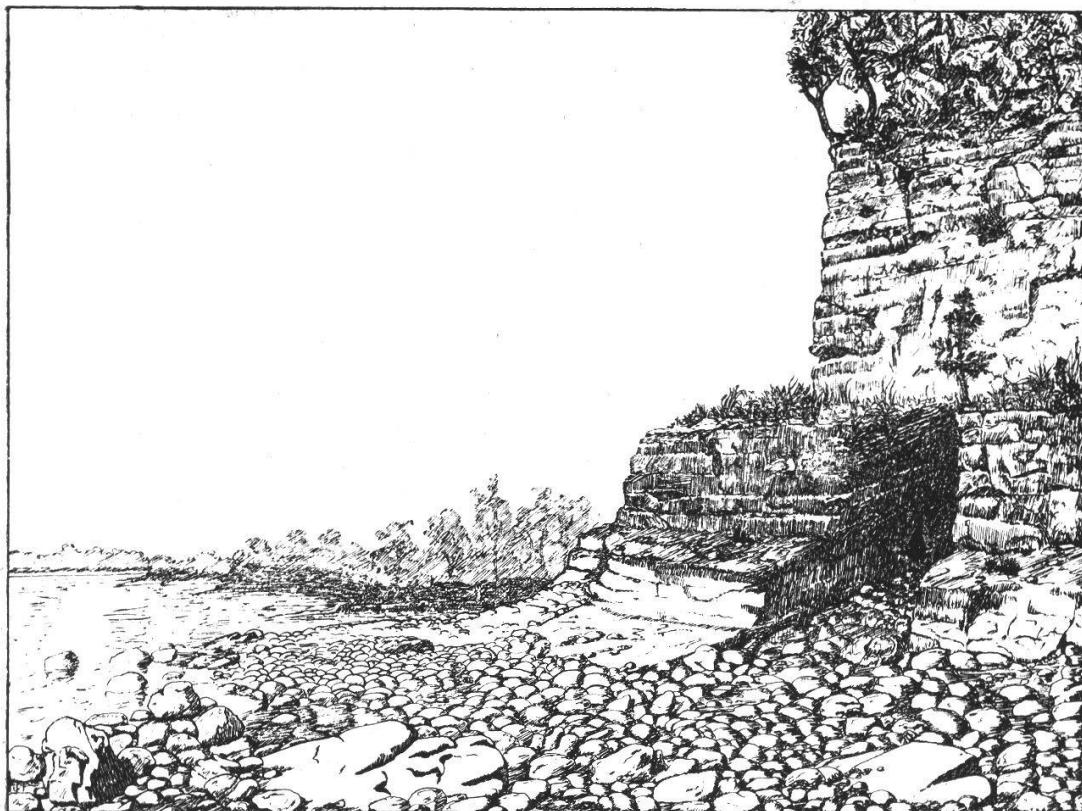


Abb. 41.

Schematische Zeichnung des Strandes in den römischen Steinbrüchen bei Vaumarcus.

steile und felsige Berghang. Auf der 2 m-Terrasse, namentlich da, wo sie niedrig ist, liegt oft noch eine Schicht von altem Geröll. Gelegentlich fehlt der untere Steilhang oder ist nur undeutlich ausgebildet. Dann steigt der Fels vom Ufer weg langsam und etwas unregelmässig, etwa mit der Neigung der natürlichen Böschung, oft mit Geröll und Blöcken überführt, zur 2 m-Terrasse an. Das hintere Ende der 2 m-Terrasse, die stellenweise sehr verbreitert ist (s. Abb. 40, c), liegt 3—4 m über dem mittleren Wasserspiegel. Die Terrasse ist in etwas unregelmässigen Abständen durch Einschnitte unterteilt, die bis auf die Strandfläche hinuntergehen, am Vorderrande der Terrasse etwa 1½ m breit sind und nach hinten rasch

auskeilen. Die Einschnitte setzen zum Teil an vorhandene Klüfte an, zum Teil auch nicht.

Diese Strandbildung ist am Nordufer des Neuenburgersees auch anderswo vorhanden, sobald das aus Kalkfels bestehende Felsufer an die Küste tritt, also namentlich in der Gegend von Neuenburg. Die Saars zwischen Neuenburg und Monruz sind vollständig übereinstimmend gebaut, wenn auch weniger mächtig entwickelt. Doch geht der senkrechte obere Hang dort an mehreren Stellen sehr hoch, bis gegen die Strasse hinauf (444 m). In den Saars finden sich auch Höhlungen, die im Hintergrunde der Terrasse unter den oberen Steilhang greifen. Da, wo der Molassefels das Ufer des Neuenburgersees erreicht, fehlen diese Bildungen. Nur bei Font habe ich wenigstens Andeutungen von ähnlichen Terrassen gefunden.

Meines Wissens sind diese Strandbildungen, die sich ohne weiteres als Steinbrüche qualifizieren, nie beschrieben worden. Bei Bourgeois und Schardt sind sie nicht erwähnt. Die Geographen und Geologen scheinen sie stillschweigend in die natürlichen Uferbildungen einzubeziehen; auch Bärtschi (1913) und Früh (1930) beschäftigen sich nicht mit ihnen. Dagegen finden wir im schweizerischen topographischen Atlas 1 : 25,000 gegen Vaumarcus hin die Bezeichnung «carrières» eingefügt. Die Einschnitte in die Terrasse fallen wahrscheinlich unter den Begriff der «lapiaz», die nach Desor durch die Brandung entstehen sollen (s. S. 228). Ritter (1889) nimmt an, die Urgon-Steilwände seien vor der Gletscherzeit entstanden und führt als Beweismittel Spuren der Gletschertätigkeit an den Wänden und auf den Terrassen an (Politur oder Streifung, Couloirs, Gletschertöpfe, Tropflöcher). Es fällt ihm auch auf, dass nach der Absenkung des Sees am Fusse der Steilwände ganze Bänke eckiger Urgonsteine, bis zur Grösse von mehreren dm³ zum Vorscheine kamen oder angespült wurden. Er glaubt, dies seien ausgeschwemmte Moränen und betrachtet die Steine als Beweis dafür, dass der See seit der Eiszeit noch nie so tief gestanden sei, sonst wären sie der Abrundung verfallen. Guillaume hat 1876 am Fusse der Steilwand der Saars' und 60—90 cm von der Wand entfernt, also auf der Terrasse, in einer Reihe stehende Löcher gefunden und in jedem Loche einen «galet perforateur». Er lässt die Frage offen, ob Gletschertopf oder Wellenwirkung. Tribollet (1879) stellt fest, dass solche Löcher am felsigen Seeufer sehr verbreitet sind und fasst sie als Wellenwirkung auf.

Gegen die Deutung dieser Strandformen als natürliche Bildung lässt sich verschiedenes einwenden. So erklärt sie nicht das Vorhandensein von zahlreichen Kalkblöcken mehr oder weniger prismatischer Form am Strandie. Die Wellenwirkung kann nur einen Teil der Erscheinung erklären. Bei dem heutigen Seestande ist sie bis rund 150 cm über den mittleren Seespiegel festzustellen durch die Anhäufung von Geröllen und durch den hellen Schliff der Felsen. Darüber ist eine ältere Schliffgrenze und ältere Häufung von Geröllen. Diese geht auf der Terrasse und der an sie anschliessenden Steilwand bis 350—380 cm über den heutigen mittleren

TAFEL 8.

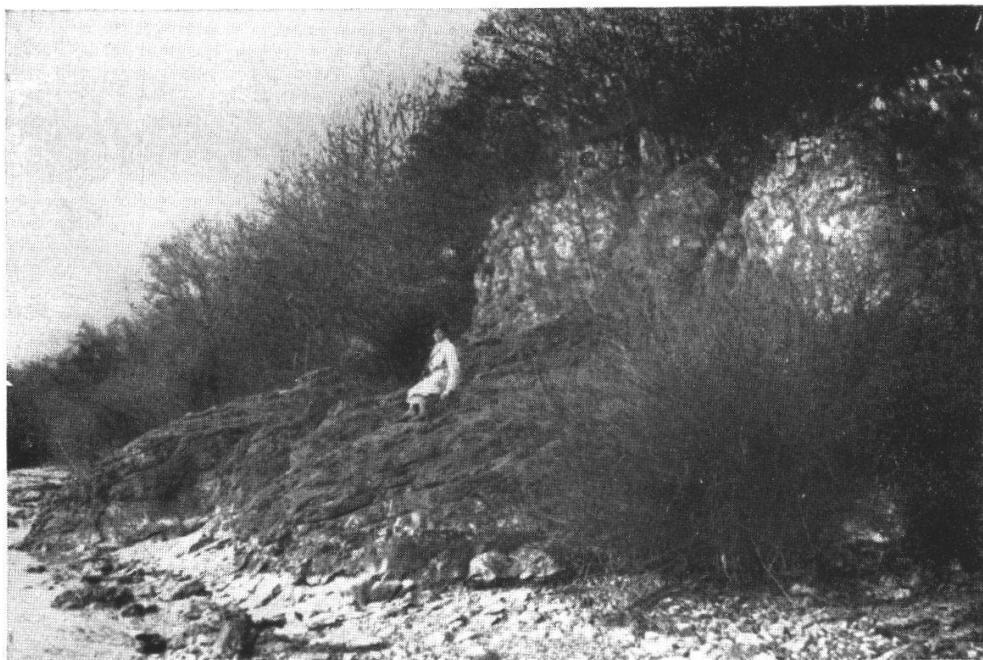


Abb. 42.

In den römischen Steinbrüchen am Strande des Neuenburgersees bei Vau-marcus. Links der heutige Strand, in der Mitte die Abbauterrasse, rechts die senkrechte Abbauwand.
phot. Lüdi.

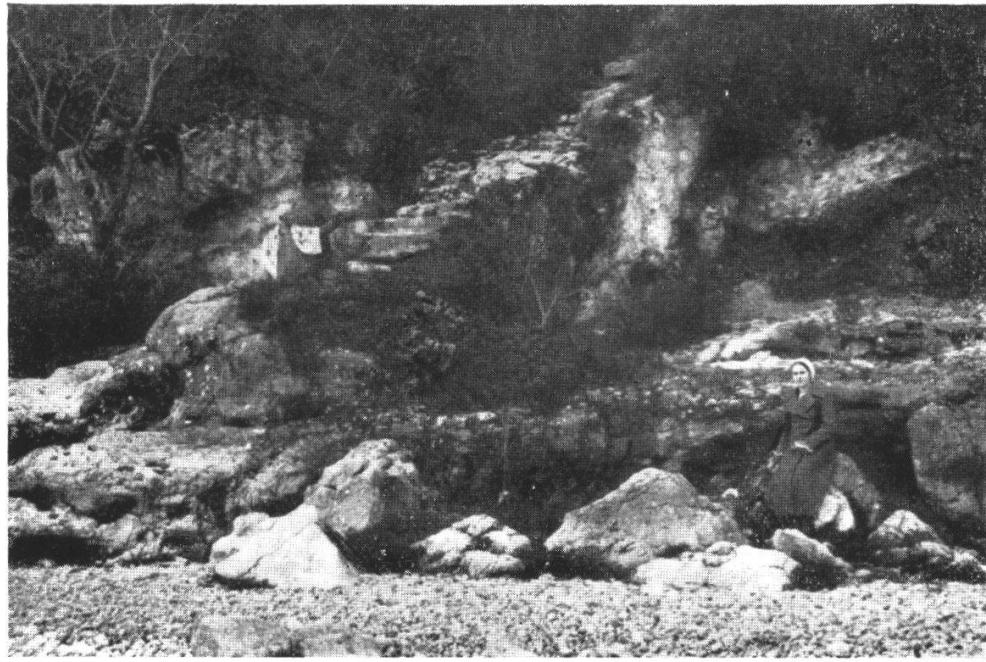


Abb. 43.

In den alten Steinbrüchen am Strande von Neuenburg (Saars). Links und rechts hinten die Abbauwand; in der Mitte eine stehengelassene Felsen-rippe mit Treppe.
phot. Lüdi.

Seestand. Bis in etwa 220 cm Höhe gehen an und auf der Terrasse der Saars auch die Furchensteine (s. S. 228). Der senkrechte obere Steilhang dagegen, mit Ausnahme seines Fusses, ist von den Wellen nicht bearbeitet und zeigt eckige, scharfe Kanten, wie sie nur beim Herausbrechen ganzer Blöcke entstehen können. Im allgemeinen ist der Bruch noch bemerkenswert frisch. In den gelegentlich auftretenden Klüften treten aber wieder die gerundeten Formen des Wasserschliffes auf, und zwar bis mindestens 5 m über den heutigen Seespiegel. Noch in 4,4 m Höhe fanden wir in La Lance einen gerundeten Stein in eine Spalte eingeklemmt. Besonders beweisend für die künstliche Oberflächengestaltung sind stehengelassene Felsrippen. In den Saars findet sich eine solche, über die eine in den Feisen gehauene schmale Treppe hinunterführt (Abb. 43). Links und rechts von der Rippe ist ein senkrechter Einschnitt bis zu der Wand im Hintergrunde. Diese Felsenrippen geben die ursprüngliche Neigung des Hanges, die in der Fortsetzung des oberen bewaldeten Hangteiles mit einiger Zunahme des Gefälles zum Vorderrande der Terrasse fällt. In der Nähe von La Lance sind auf der Terrasse einzelne glattgeschnittene Pfeiler, die noch Spuren der Bearbeitung zeigen, stehengeblieben.

Nach all dem kann gar kein Zweifel herrschen, dass wir hier alte Steinbrüche vor uns haben. Die 2 m-Terrasse bildet die Basis der Abtragung, die an der Hinterwand landeinwärts vorwärtsschritt. Das Wasser des Sees reichte bei normalem Wasserstande bis an den Rand der Terrasse. Auch vor der Terrasse erfolgte ein geringer Abbau, zum Teil bei Niedrigwasser, zum Teil unter Wasser. Dabei wurden einzelne Platten losgerissen oder es erfolgte vom Terrassenrande aus ein unregelmässiger Abbau, der eine gewisse Stufung erzeugte und nur selten zu einem senkrecht abfallenden Wändchen führte (an einer Stelle gegen Vau-marcus hin). Die Lager eckiger Steine, die bei der Absenkung des Sees zum Vorscheine kamen (Ritter), sind Abfälle des Steinbruches und liegengebliebene oder im Wasser versunkene Blöcke. Die schmalen Einschnitte in die Terrasse wurden, teilweise unter Benutzung vorhandener Klüfte, angelegt, um mit den Schiffen, welche die Steine fortführen sollten, in die Terrasse hineinfahren zu können, was bessere Verankerung und leichteren Verlad ermöglichte.

Diese Steinbrüche müssen alt sein. Vor der Korrektion der Juragewässer, die den Neuenburgersee um 240 cm absenkte, war die Abbauterrasse unter Wasser. Auch neuerdings ist kein Abbau vorgenommen worden. Ein Grenzstein liegt am Ufer bei La Lance und trägt das Waadtländerwappen und die Jahreszahl 1881. Er wurde aus einem am Ufer liegenden Block herausgearbeitet, of-

fenbar aus einem alten Baublock. Möglicherweise wurden bei der im frühen Mittelalter erfolgenden Gründung von Neuenburg, resp. dem Wiederaufbau von Yverdon, Steine am See gebrochen; doch war dieser Bedarf an Bruchsteinen sicher bald gedeckt, vor allem für Yverdon, das mitten in den Ruinen der römischen Stadt entstand, und die riesige Ausdehnung der Steinbrüche erlaubt keine andere Zuteilung ihrer Entstehung als in die Römerzeit.

Ebodusnum und namentlich Aventicum hatten einen gewaltigen Bedarf an Bausteinen, der nicht nur für die grossen Quader, sondern auch für die kleineren Bausteine zum Hauptteil aus dem Jura gedeckt wurde. Der Urgon-Kalk ist am Neuenburgersee meistens dünnbankig, infolgedessen leicht zu gewinnen, und liefert einen vorzüglichen Stein zum Bau von Mauern. Bedeutende Teile der heute noch bestehenden Stadtmauern von Aventicum lassen den gleichen Stein erkennen, wie er an der Nordküste des Neuenburgersees ansteht. Und wo wäre er leichter zu gewinnen, verladen und transportieren gewesen als hier am Strand und von hier aus über den See und durch die Broye und den Murtensee! Bausteine erster Qualität, die in grossen Blöcken losgetrennt werden konnten, lieferte der von Bourgeois und Schardt beschriebene Steinbruch am höheren Hang. Hier ist nach Schardt der einzige bekannte Punkt am See, wo der Urgon-Kalk, der wegen seiner hellen Farbe besonders geschätzt wurde, massig ausgebildet ist. Die Römer transportierten ihn nach den Angaben von Schardt bis zum Genfersee und bis St-Maurice im Wallis.

Die Entstehung der Steinbrüche in der Römerzeit erlaubt uns Schlüsse auf den Stand des Seespiegels zu dieser Zeit. Die Abbauterrasse wurde sicher so niedrig wie möglich angelegt, wahrscheinlich etwas über dem Mittelwasserspiegel, so dass der Abbau nur in den wenigen Monaten dauernden Zeiten hohen Wasserstandes gehemmt war. Da nun diese Terrasse etwa 2 m über dem heutigen Wasserspiegel beginnt und nach hinten etwas ansteigt, so muss sie einem höheren Seestand entsprechen, als ihn die Gegenwart aufweist. Noch bei einem um 2 m höheren Wasserspiegel wäre der Abbau möglich gewesen, namentlich wenn wir berücksichtigen, dass der Vorderrand der Terrasse im Laufe der Zeit durch die Wellen etwas abgeschliffen wurde. Nehmen wir einen gegenüber der Gegenwart um 1,5 m höheren Seestand an, so konnte der Abbau während des grössten Teiles des Jahres ungestört vor sich gehen. Bei noch tieferem Stande würden die Einschnitte im Fels nicht mehr genug Wasser für die Kähne geboten haben. Ein Wasserstand wie heute kommt gar nicht in Frage. Der Abbau würde sonst am heu-

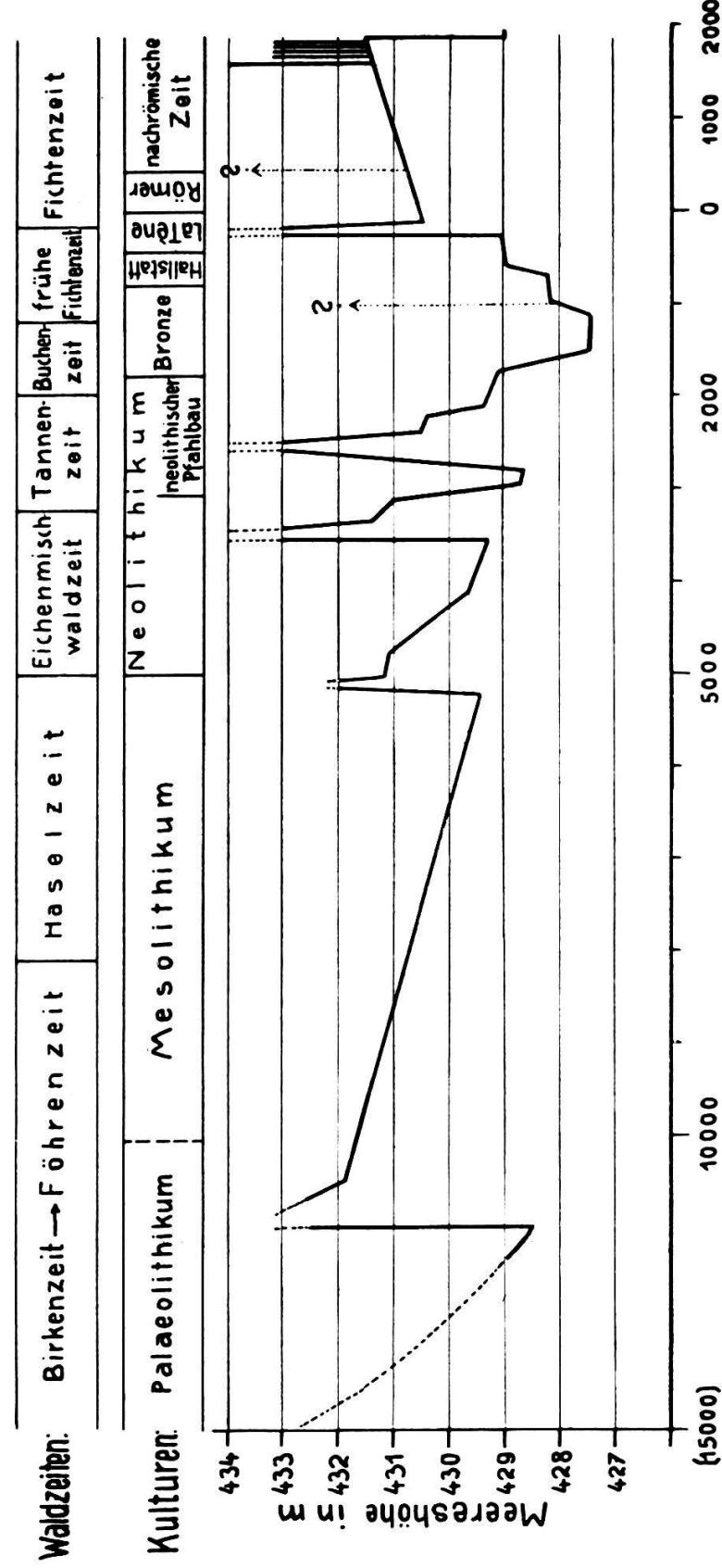
tigen Strände und nicht 2 m höher stattgefunden haben, und die Steine, die als Abfall zurückblieben, wären von den Wellen gerundet.

Die Annahme, der Seestand sei zur Römerzeit um 1,5 m höher gewesen als heute, also nur 1 m tiefer als vor der Korrektion, verträgt sich mit den allgemein für das Seegebiet festgestellten Tatsachen und steht vor allem in Uebereinstimmung mit der Höhenlage des am Strande von St-Blaise nach der Absenkung des Seespiegels aufgefundenen römischen Hafens.

Nachrömische Zeit. In der nachrömischen Zeit bis etwa ums Jahr 900 sind die Ereignisse in unserem Gebiete kaum besser belegt als in der vorgeschichtlichen Zeit, und in bezug auf Seespiegelschwankungen sind wir auf Vermutungen angewiesen. Wahrscheinlich hat der Seespiegel nicht mehr langdauernde Schwankungen von beträchtlichem Ausmaße durchgemacht, sondern ist, vielleicht mit Unterbrechungen oder kleinen Rückschlägen, im Laufe der Zeit noch um 1 m gestiegen, auf den Stand, den er vor der Korrektion innehatte.

Der nach der Chronik von Monmollin vom Jahre 300—600 wieder erstandene grosse Jurasee (s. S. 52) hat sicher nicht bestanden, sonst müssten sich neue Seekreide- und Schlamm-Horizonte und neue Torflager gebildet haben. Wir finden aber in den Oberflächenschichten des Grossen Mooses kein Zeichen davon, und die seit der Römerzeit entstandenen Torfschichten sind höchst unbedeutend, da die Römerstrassen obenauf liegen. Wahrscheinlich traten periodische Ueberschwemmungen auf, die sich im Laufe der Zeit infolge des Ansteigens des mittleren Wasserspiegels und der besseren Bebauung des Bodens immer unangenehmer fühlbar machten, aber lange nicht das Ausmass der grossen, vorgeschichtlichen Ueberschwemmungen erreichten. Eine besonders ausgedehnte Verwilderung der Gewässer zur Alemannenzeit mag sich in der Ueberlieferung als während Jahrhunderten andauernder Ueberschwemmungssee erhalten haben. Vielleicht ist es aber auch die Erinnerung an die letzte grosse Ueberschwemmungszeit in der La Tène-Periode. Die Besiedler dieser Zeit waren die keltischen Helvetier, deren Nachkommen in die spätere Zeit ausdauerten und sich mit den germanischen Einwanderern vermischten.

In der Abbildung 44 haben wir versucht, die im Vorstehenden vertretenen Anschauungen über Seespiegelschwankungen im Laufe der Nacheiszeit übersichtlich zusammenzufassen. Die Darstellung ist ganz schematisch gehalten, wobei die Wahrscheinlichkeit für die Richtigkeit im Einzelnen naturgemäß in den jüngeren Zeiten grösser wird.



Schwankungen des Seespiegels des Neuenburgersees seit dem Beginn der postglazialen Föhrenzeit. Schematisch gehalten, mit Linzzeichnung der Dauer der einzelnen Zeiten. Unsichere Hochstände punktiert,

So musste die föhrenzeitliche Ueberschwemmung noch ganz willkürlich eingesetzt werden. Die Höchststände der Seen, die durch punktierte Linien angedeutet sind, sowie die Tiefstände vor den Ueberschwemmungen, haben wir so genau als möglich festzustellen versucht. Dagegen kann die Dauer der verschiedenen Torfbildungsperioden und der auf sie folgenden Zeiten der Austrocknung der Moorfläche, also in unserem Schema der Kurvenabfall nach dem Hochstande der Ueberschwemmung nur roh geschätzt werden. Es ist auch keineswegs sicher, ob der Abfall des Seespiegels jeweilen stufenweise vor sich ging, das heisst durch eine Folge von Zeiten mit langsamerer und schnellerer Absenkung und eventuell zwischengeschalteten neuen Aufstauungen, oder ob der Rückgang kontinuierlich erfolgte. Wir haben, gestützt auf gewisse Anhaltspunkte, angenommen, er sei von dem unbekannten Höchstpunkt zuerst rasch auf ein mittleres Ueberschwemmungsniveau zurückgegangen, auf dem er sich längere Zeit erhielt, um dann rascher auf das Niveau der Trockenzeit abzufallen. Dieser Vorgang wurde schematisch in das Kurvenbild eingetragen. Auf jeden Fall geben unsere Untersuchungen nur die Hauptzüge der Seespiegelschwankungen. Kurzdauernde Seespiegelschwankungen, die keine sichtbaren Spuren hinterliessen, konnten wir, mit Ausnahme der historischen Zeit, gar nicht erfassen, und auch länger dauernde Tiefstände können sich leicht der Beobachtung entziehen.

Einige Gesetzmässigkeiten der Seespiegelschwankungen heben sich aber doch deutlich heraus. Wir können 6 gut unterschiedene Zeiten feststellen: a) Die Frühzeit bis zur föhrenzeitlichen Ueberschwemmung: sie endigt mit einem ausgesprochenen Tiefstand des Seespiegels. b) Von der föhrenzeitlichen bis zur haselzeitlichen Ueberschwemmung: ein hoher Seestand, der sich allmählich erniedrigt. c) Von der haselzeitlichen bis zum Ende der tannenzeitlichen Ueberschwemmung: die langsame Absenkung des Seespiegels wird von gewaltigen und lange dauernden Ueberschwemmungen unterbrochen, nach denen aber wieder ein Seestand erreicht wurde, der etwas tiefer war als vor dem Beginn der Ueberschwemmung. d) Bronzezeit: ausserordentlicher Tiefstand des Sees. e) Von der Hallstattzeit bis zur Korrektion der Juragewässer: umfasst noch eine letzte, gewaltige Ueberflutung und ist charakterisiert durch langsames, stetiges Ansteigen des Seespiegels in Verbindung mit zahlreichen, kurze Zeit andauernden Ueberschwemmungen. f) Die Zeit seit der Korrektion der Juragewässer: der Seespiegel erreicht wieder annähernd den Stand, den er in den Trockenzeiten vor der Bronzezeit erreicht hat.

Wir wollen zum Abschluss noch einige neuere Anschauungen anderer Forscher über die Seespiegelschwankungen der Jurarandseen mit unseren Ergebnissen vergleichen. Für die ältere Literatur verweisen wir auf Kapitel III. Gams und Nordhagen

(1923) ordnen die Juraseen in ihr System der durch die postglazialen Klimaänderungen hervorgerufenen Seespiegelschwankungen ein. Sie nehmen, gestützt auf die älteren Autoren, in der frühen Postglazialzeit einen hohen Wasserstand an, im Neolithikum und in der Bronzezeit einen Tiefstand, einen Hochstand in der Eisenzeit, Tiefstand in der Römerzeit und neues Ansteigen in der nachrömischen Zeit. Genauere Werte geben sie nicht.

Dagegen hat Paul Vouga mehrfach seine beim eingehenden Studium der vorgeschichtlichen Fundstätten am Neuenburgersee erworbenen Anschauungen mitgeteilt (vor allem 1923, mit Ergänzungen und Präzisierungen 1929, 1934 und Vortrag vor der Naturf. Ges. Bern in Ins im Sommer 1933). Er gibt die folgende Darstellung: Für das alte Neolithikum kommt er zu einem mittleren Seestand von 427,5—428 m (1934), indem er annimmt, der Pfahlbau sei in 50 cm Wasser gestanden. Diese ersten Siedlungen wurden durch ein gewaltiges Hochwasser zerstört, das Sand und Mergel ablagerte. Der See stieg um mindestens 1 m. Dann erfolgte wieder leichter Rückgang des Sees. Die Siedlung des mittleren Neolithikums wurde auf dem festen Lande angelegt, eventuell hinter einem Strandwall auf Boden, der nicht regelmässig überschwemmt wurde, sonst wäre der Abfall, der bis 1 m mächtig wird, weggeschwemmt worden. Auch wären die Steine durch den weichen Schlick bis auf den Grund durchgesunken (trifft m. E. nur bedingt zu). Die Siedlung des mittleren Neolithikums wurde zum Teil durch Brand zerstört, zum Teil durch neues Ansteigen des Sees, worauf die sterile Sand-Zwischenschicht abgelagert wurde. Auf das wiederholte Absinken des Sees folgte die Siedlung des jüngeren Neolithikums, die abbrannte, worauf im Eneolithikum die jüngste Siedlung, vielleicht auf Sumpfboden, als Strandbau angelegt wurde. Von dieser Zeit an sank der Seespiegel andauernd ab und erreichte in der mittleren Bronzezeit mit 427 m den niedrigsten Stand. Die Bronzezeit-Pfahlbauten waren auf dem offenen, aber untiefen Wasser errichtet, weshalb wir keine Kulturschicht finden. Am Ende der Bronzezeit erfolgte ein grosses Hochwasser und ein dauernd höherer Stand des Sees. Alle Bronzegegenstände blieben liegen; sie waren wegen der Tiefe des Wassers nicht zugänglich. In der frühen Eisenzeit stand das Wasser in 432—433 m Höhe, wie aus der Lage der Dörfer am Seeufer zu schliessen ist (Vortrag). In der La Tène-Zeit war der Wasserstand wieder tief; aber die Station La Tène wurde wahrscheinlich durch eine Hochflut zerstört.

Diese Gliederung Vouga's, die auch von Spinnér übernommen wurde (1932), stimmt im wesentlichen mit unseren Ergebnissen überein, zum grossen Teil sogar in den Zahlenwerten, und lässt jedenfalls die abieszeitliche und die piceazeitliche Hochflut sowie den Tiefstand in der Bronzezeit und die kleineren Tiefstände im alten Neolithikum und in der La Tène-Zeit klar hervortreten. Das Ansteigen des Seespiegels nach dem mittleren Neolithikum betrachte ich als möglich (der Pfahlbau Zihlbrück könnte hier eingeschoben werden), die bronzezeitliche Hochwasserkatastrophe als nicht genügend belegt. Die fichtenzeitliche Hochflut scheint mir bei der Abwägung aller Argumente wahrscheinlicher der Zeit des Unterganges der Station La Tène anzugehören als der frühen Eisenzeit.

Ferner möchte ich hier nochmals auf die Arbeit von A n t e n e n hinweisen, dessen drei Seeböden mit unseren drei jüngeren Ueberschwemmungen übereinstimmen. In der Datierung allerdings weichen wir beim Vergleich mit der Arbeit von 1931 (S. 73), die auch den dritten Seeboden noch nicht enthält, etwas voneinander ab, indem ich das ältere Neolithikum über den älteren Seeboden einsetze und den obersten Seeboden in die La Tène-Zeit. Die älteren Seeschwankungen fehlen bei A n - t e n e n. Zahlenwerte für die Beträge der Schwankungen des Seespiegels gibt er nicht.
