

Synopsis : Wasser aus dem Wasserschloss Europas

Autor(en): [s.n.]

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Berichte der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft**

Band (Jahr): - (2005)

PDF erstellt am: **21.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-832655>

Nutzungsbedingungen

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

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

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

Haftungsausschluss

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

1 Natürliche Grundlagen

Synopsis: Wasser aus dem Wasserschloss Europas

Die Herausgeber

Der Rhein (rom. Rein, franz. Rhin, niederl. Rijn) ist einer der grössten Ströme Europas. Er verbindet sechs Staaten sowie die Nordsee mit den Alpen. Seine Länge beträgt ungefähr 1320 km, sein gesamtes Einzugsgebiet ist mit 252 000 km² rund sechs Mal grösser als die gesamte Schweiz. Davon entfallen auf die Fläche des Einzugsgebiets bis Basel lediglich 21%, diese trägt aber im Jahresmittel 47% zum Gesamtabfluss des Rheins bei. Der Lauf wird in folgende Abschnitte unterteilt: Vorder- und Hinterrhein, Alpenrhein, Seerhein (Bodensee), Hochrhein, Oberrhein, Mittelrhein, Niederrhein, Rheindelta/Mündung.

Der Name Rhein (beziehungsweise Rhen) ist vermutlich keltischen Ursprungs und bedeutet in etwa *fliessen* (vgl. auch altgriechisch *rhein* = fliessen, spanisch *Río* = Fluss). Die Römer nannten den Fluss *Rhenus*. Sie nutzten den Rhein als Handelsroute und Transportweg für ihre Legionen. Der Rhein bildete auch die Grenze zu den germanischen Völkern, und aus zahlreichen römischen Kastellen entwickelten sich Städte. Noch heute verweisen Ortsnamen auf die römische Besiedlung entlang des Rheines und Bodensees: *Ad Rhenum* (am Rhein) = Rheineck, *Basilia* (die Kaiserliche) = Basel, *Ad Fines* (An der Grenze) = Pfyn, *Curia* (Rathaus) = Chur usw.

Die Wiege des Rheins liegt in den Bündner Alpen. Aus dem winzigen Tomasee nahe dem Oberalppass im Gotthardmassiv fliesst ein Bach, welcher den Namen Vorderrhein trägt. Er ist der längste Quellfluss des Rheins, jedoch nicht der einzige. Beinahe ebenso gross ist der Hinterrhein, der dem Paradiesgletscher am Rheinwaldhorn in der Nähe des San Bernardino-Passes entspringt. Fast jedes Tal steuert noch

seinen eigenen kleinen Rhein zum späteren Strom bei: zum Beispiel der Averser Rhein, Jufer Rhein, Madriser Rhein, Medelser Rhein oder Somvixer Rhein. Bei Reichenau vereinigen sich Vorder- und Hinterrhein zum Alpenrhein, der bereits ein recht stattlicher Fluss ist. Er mündet mit zwei Armen in den Bodensee – und schleppt dabei eine erhebliche Menge Schotter aus den Alpen mit. Schätzungsweise in 12 000 Jahren dürfte der Rhein den Bodensee zugeschüttet haben. Neben der Geröllfracht (Sand, Kies, Blöcke) – sie wird am Boden gerollt, gesprungen, geschoben, und vor allem während Hochwasser transportiert – gibt es zudem die Schwebfracht (kleine Feststoffe, vor allem Tone und Schluff) aus Spüldenudationsprozessen sowie die Lösungsfracht aus der chemischen Verwitterung und dem biologischen Abbau (Details zur Hydrologie bei VISCHER).

Überhaupt ist die Lebewelt wesentlich am Aufbau der Erdkruste beteiligt. Ganze Gebirge bestehen aus Kalkstein, der fast ausschliesslich das Werk von Organismen ist. Zerriebene Muschel- und Schneckenschalen sowie die Reste von winzigen Algen sind der Ursprung der meist marinen Ablagerungen und damit der mächtigen Kalkbänke. Diese organische Kalkproduktion ist beinahe so alt wie das Leben selbst. Die frühesten Algenmatten sind rund 3,5 Milliarden Jahre alt und werden als Stromatolithe bezeichnet. Wenig bekannt ist, dass solche Prozesse noch heute und auch im Süsswasser ablaufen, und zwar auch vor unserer Haustür im Rhein und am Untersee. Damals wie heute spielen die Cyanobakterien (Blualgen) und andere Bakterien eine wesentliche Rolle. Solche Bakterienrasen wachsen vor allem im Flachwasserbereich. Dabei werden Schneckenschalen oder Steinkörnchen mit un-

regelmässigen Kalklagen überzogen. Im Bereich des Untersees oder der Insel Werd heissen diese Gebilde «Schneggliande» (hierzu der Beitrag von SCHLÄFLI).

Der Rheinverlauf ist eine Folge der erdgeschichtlichen Entwicklung und letztlich der Plattentektonik. Der heutige Flusslauf ist eher ein junges Gebilde und mit der Alpenbildung im Tertiär stark verknüpft. Nicht immer floss der Rhein wie heute aus den Alpen in die Nordsee. Während der Frühphase der Alpenbildung im Oligozän vereinigten sich die aus dem jungen Gebirge austretenden Flüsse zu einem gewaltigen Strom, der weit im Osten ins Meer mündete. Dabei wurden mächtige Schuttfächer aufgeschüttet. Und gegen Ende des Mittelmiozäns sehen wir träge Flüsse die Wassermassen der Alpen nach Westen zum Mittelmeer führen. Eine Entwässerung über den Oberrheingraben in Richtung Norden wurde damals durch eine Schwelle im Gebiet des heutigen Kaiserstuhl-Vulkans unterbunden. Nördlich dieser Wasserscheide entwickelte sich jedoch ein Flusssystem, welches bereits zu jenem Zeitpunkt die Wässer zur Nordsee leitete. Im ausklingenden Tertiär entstand aufgrund der Jurafaltung und grossräumigen Hebungen eine noch heute bestehende Wasserscheide im westlichen schweizerischen Mittelland. Die Entwässerung folgte nun als Ur-Aare entlang dem entstehenden Faltenjura und verband sich mit einer Ur-Donau, die nach wie vor gegen Westen dem Mittelmeer zufloss. Der alpine Rhein mündete zu jener Zeit weit nördlich bei Ehingen-Blaubeuren in die Ur-Aare-Donau. Erst am Ende des Pliozäns gelang es dem Fluss, die Kaiserstuhl-Wasserscheide zu überwinden und fortan über den Oberrheingraben in die Nordsee zu fliessen (Näheres im Beitrag von BITTERLI).

Doch die orogenen und eustatischen Kräfte des Tertiärs sind nicht allein für den heutigen Rheinverlauf verantwortlich. Vielmehr liegen die Ursprünge im Erdaltertum (Paläozoikum) und somit tief im Erdinnern verborgen. Gegen Ende des Unterkarbons wurde nämlich das gesamte Gebiet des heutigen Mitteleuropa als Folge von Kontinentalverschiebungen durch

ein ausgedehntes System von etwa E-W verlaufenden Grabenbrüchen zerrissen. Diese Brüche pausten sich durch die mesozoischen und tertiären Sedimente und gaben so dem späteren Bodensee und Rhein tektonisch den Verlauf vor. Die tektonischen Kräfte des frühen Tertiärs wiederum waren für die N-S streichenden rheinischen Störungen zuständig, welche zum Oberrheingrabenbruch und zu weiteren Brüchen führten. Auch die Hegau-Vulkane, die im späten Tertiär aktiv waren, sitzen auf Rheingrabenparallelen «rheinischen» Störungszonen (vgl. Artikel von BITTERLI).

Das Rheintal wirft ebenfalls geologische Fragen auf. Eigentlich sollte der Rhein in Anbetracht der geologischen Basis durch das Seeztal gegen den Walen- und Zürichsee fliessen. Es ist aber bis heute noch nicht geklärt, ob das Rheintal eine Depression oder ein Erosionserzeugnis darstellt. Vielleicht basiert es auch auf Bruchspalten, die mit den frühen tertiären Störungen zusammenhängen könnten (BITTERLI/HANTKE).

Bereits fürs Oligozän sind klimatische Kühlzeiten nachgewiesen. Die jungen Berge des Engadins und Mittelbündens erreichten damals bedeutende Höhen, zum Beispiel das Bergeller Massiv über 5000 m. Die mächtigen Vereisungen des Bergells, des Bernina-Gebietes und Engadins müssen auch nach Norden über die Pässe nach Mittelbünden geflossen sein. Dies ist durch Kristallingerölle aus dem Bernina in der Nagelfluh des Höhrnonen belegt (siehe Artikel von HANTKE). Im ausgehenden Tertiär fand eine drastische klimatische Abkühlung statt, und danach stiessen die Alpengletscher mehrfach bis ins Mittelland vor. Nach bisherigen Erkenntnissen scheinen die Eiszeiten in einem Rhythmus von rund 100 000 Jahren verlaufen zu sein. Dabei folgten die Gletscher den Flusstälern, deren Verlauf zumindest teilweise tektonisch vorgezeichnet war. Die Zeugen der verschiedenen Vorstossphasen sind nach KELLER jedoch spärlich, wurden doch die Relikte früherer Eiszeiten durch die späteren Vergletscherungen meist zerstört und umgepflügt. Selbst innerhalb der letzten Eiszeit gilt dieser Mechanismus. Im Detail sind daher vor allem die Rückschmelz-

phasen der jüngsten Vereisung bekannt. Über die Ursachen der Vereisungen besteht noch Uneinigkeit. Neuere Thesen sprechen von Veränderungen im globalen Strahlungshaushalt und von Wechselwirkungen zwischen der ozeanischen (z. B. Golfstrom) und atmosphärischen Zirkulation sowie von der Wirkung der Treibhausgase.

Die aus den Gebirgen vorstossenden Gletscher und die nacheiszeitlichen Flusssysteme sind für die Modellierung der heutigen Landschaft verantwortlich. Doch auch das Makro-, Meso- und Mikroklima der Nord- und Ostschweiz hängen direkt mit der Gebirgsbildung (Schwarzwald, Alpen, Jura) sowie den Tal- und Gewässersystemen zusammen (vgl. Beitrag von BURNAND). Dies wird deutlich, wenn etwa beim Bodensee sich ein Land-/Seewind einstellt, wenn der Föhn als wärmerer Fallwind entlang des Rheintales streicht oder wenn sich in Schaffhausen ein Lееffekt (Regenschatten) des Schwarzwaldes und im Rheintal des Alpstein-Massivs zeigt. An den Alpennordflanken, wo die von Westen und Nordwesten herangeführten feuchten Luftmassen ausregnen, sind die Niederschlagsmengen am höchsten. Das hydrologische Geschehen wird somit massgebend durch die Alpen geprägt: In der Schweiz fallen im Vergleich zum übrigen Europa mehr als das Doppelte an Niederschlägen an! Davon verdunstet etwa ein Drittel, die restlichen zwei Drittel verlassen die Schweiz über das Flussnetz, zu rund 65% über den Rhein.

Dank den Alpen sind wir reich mit Wasser gesegnet und können in vielfältiger Weise von dieser natürlichen Ressource profitieren. Dem Bodensee fliessen rund 370 m³ pro Sekunde zu. Mit seiner mittleren Wassermenge von etwa 50 km³ ist der Bodensee ein bedeutender Trinkwasserspeicher für die Bodenseeregion bis zum Ballungsraum Stuttgart und ins Maingebiet (VISCHER). Insgesamt nutzen mehr als 4,5 Millionen Menschen das Bodenseewasser. Auch die Grundwasserleiter werden zur Trinkwasserversorgung herangezogen. Der natürliche Grundwasserhaushalt hängt von der Niederschlagsversickerung, aber auch von unterirdischen Hangzuflüssen und von In- und Exfiltrationen

aus den Fließgewässern und Seen ab. Allein der Grundwasserträger des Alpenrheintales erstreckt sich von Reichenau bis zum Bodensee und bedeckt eine Fläche von rund 450 km² (hierzu der Beitrag von TRÖSCH).

Schon im Tertiär dürften Felsstürze oder Murgänge aus ausgebrochenen alpinen Seen vorgekommen sein. Dabei wurden während Jahrmillionen die Molassefächer des Mittellandes aufgeschüttet (BITTERLI/HANTKE). Heute sind die meisten Voralpenseen wasserstandsreguliert. Denn die Pegelstände der Flüsse und Seen unterliegen als Folge der stark strukturierten Topographie beträchtlichen Schwankungen. Unter den Voralpenseen bildet der Bodensee mit seinen jahreszeitlichen Schwankungen des Wasserstandes eine Ausnahme. Auch zukünftig – mit oder ohne Klimaänderung – sind Extremereignisse wie Starkniederschläge, Rutschungen und Murgänge, Hochwasser oder Trockenperioden zu erwarten. Und «Wasser» ist an den meisten Extremereignissen beteiligt. Zuverlässige Wasserstands- und Abflussvorhersagen sind daher ein wichtiges Instrument des Hochwasserschutzes. Als Beispiel dient das Hochwasserereignis von 1999, wo der 536 km² grosse Bodensee innerhalb von 14 Tagen um rund 1,8 Meter ansteigen konnte. Dies hatte drei Ursachen:

- Ein überdurchschnittlicher feuchter April, welcher die Böden mit Wasser sättigte.
- Ein schneereicher Winter, wo im alpinen Einzugsgebiet oberhalb von 1500 Metern noch viel Schnee lag und der Alpenrhein grosse Mengen an Schmelzwasser führte.
- Grossflächige Starkniederschläge in der Zeit von Auffahrt und Pfingsten.

Kommt hinzu, dass die Niederschläge infolge der Bodenversiegelung direkter und schneller in den Vorfluter gelangen und so zu den Abflussspitzen beitragen. Die bereits im Vorfeld überdurchschnittlich hohen Pegelstände kletterten deshalb vielerorts über die kritischen Hochwassermarken. Am Untersee stand das Wasser während 53 Tagen über der Schadensgrenze. Derzeit laufen grenzüberschreitende Projekte für die Einzugsgebiete des Bodensees und des Rheins von der Quelle bis zur Mündung. Das Hauptziel

besteht darin, die Vorlaufzeit für Schutzmassnahmen entscheidend zu verlängern.

Unter dem Einfluss des Klimas, des Wassers und der vorhandenen Lebewelt verwittern die Gesteine und fluvioglazialen Sedimente zu einer wenig mächtigen Schicht, welche als Boden bezeichnet wird. Die Bodenbildung und die Verbreitung der Bodentypen beschreibt der Beitrag von LÜSCHER. Ohne Boden wäre auf dem Festland kein höheres Leben denkbar. Der Vorgang der Bodenbildung dauert seit dem Rückzug der Gletscher an. Auch im Erdaltertum und Erdmittelalter sowie während den Warmzeiten zwischen den Vereisungen (Interglaziale, Interstadiale) entstanden Böden. Davon ist aber wenig übrig geblieben. Auf dem verwitterten Gestein siedeln Pflanzen, deren tote organische Substanz durch Pilze, Bakterien und Bodentiere zu Humus umgewandelt und mit dem mineralischen Boden vermischt wird. Unter dieser Humusschicht bildet sich eine rostbraune Schicht, wo als Folge der Verwitterung vermehrt Eisenoxide und Tonminerale entstehen. Gelöste Nährstoffe und Bodenbestandteile werden durch das

perkolierende Wasser in tieferen Bodenschichten verlagert. Auf diese Weise erfolgt eine Art Zonierung des Bodens (Bodenhorizonte), die stark vom Wassereinfluss und Ausgangssubstrat abhängt. Ein aus saurem Gestein hervorgegangener Boden wird folglich chemisch und physikalisch anders erscheinen als ein Boden unter dem Einfluss von Kalk oder Grundwasser. Und je nach Boden siedelt eine andere Pflanzengesellschaft oder ist das Wasserspeichungsvermögen unterschiedlich. Für frühere menschliche Generationen war ein schonender Umgang mit dem Boden selbstverständlich. Das Alte Testament nennt den fruchtbaren Ackerboden «Adamah», der Mensch «Adam» ist aus Adamah geschaffen. Sinnbildlich bedeutet das: Der Boden ist die Quelle des terrestrischen Lebens, von Pflanzen, Tieren und Menschen.

So widerspiegeln das heutige Flusssystem, die Landschaft und die Böden die tektonischen und klimatischen Prozesse sowohl der Vergangenheit als auch der Gegenwart. In der gesamten Nord- und Ostschweiz lässt sich dies auf engstem Raum entdecken und verfolgen.