

Warum gibt es Überschwemmungen? (1)

Die Ursachen von Hochwasser und Überschwemmungen verstehen (Sek I/II)

Sibylle Reinfried und Peter M. Kienzler

Hochwasser und Überschwemmungen sind fast schon ein Dauerbrenner in den Medien. Kaum jemand kann sich dem Thema entziehen. Meist werden jedoch nur die Auswirkungen von Hochwasser thematisiert, selten jedoch seine konkreten Ursachen. Dementsprechend naiv sind die Schülervorstellungen darüber, wie Hochwasser entsteht.

Kann man aber die mit Hochwasser verbundenen Risiken beurteilen, ohne seine Ursachen zu verstehen? Der Beitrag zeigt auf, wie man Schülervorstellungen über die Ursachen von Hochwasser mittels einer konstruktivistischen Unterrichtsstrategie verändern und erweitern kann.

1. Bedeutung des Themas Hochwasser und Überschwemmungen

Allein zwischen Mai 2010 und Januar 2011 wurde in den Medien über fünf große Hochwasser berichtet. Im Mai 2010 kam es in Teilen Österreichs, in Polen, Serbien, der Slowakei, Tschechien und Ungarn zu einem großem Hochwasser, das insgesamt 37 Tote forderte und Schäden in Höhe von über einer Mrd. Euro verursachte¹. Im Juli 2010 wurden in China 70 Millionen Hektar Ackerland überschwemmt, 113 Mio. Menschen waren direkt betroffen und mehr als 700 Personen kamen ums Leben². Ende Juli/Anfang August 2010 wurde der Nordosten Pakistans von Überschwemmungen heimgesucht. Diese bedeuteten für 14 Millionen Menschen ein Desaster, 1700 Personen verloren ihr Leben³. Ende August/Anfang September 2010 forderten Überschwemmungen in Mexiko 22 Tote und tängierten 130000 Menschen⁴. Anfang Januar 2011 lag in Queensland, Australien, eine Fläche größer als Deutschland und Frankreich zusammen, unter Wasser. Hab und Gut von rund 200 000 Menschen wurde beschädigt⁵. Die Schäden werden auf über 20 Mrd. Euro geschätzt (Wälterlin, 2011). Ein großes Problem stellt, wie immer bei großflächigen Überschwemmungen,

die Trinkwasserversorgung dar, weil das verschmutzte Oberflächenwasser ins Grundwasser einsickert und dieses ebenfalls verunreinigt. Die durch das Hochwasser verursachten Schäden an den Weizenkulturen und Zuckerrohrplantagen und die infolge der Überschwemmungen reduzierte Kohleproduktion werden 2011 nicht nur zu einem Rückgang des Bruttoinlandsproduktes Australiens führen, sondern auch den Weltmarkt in Form von Preissteigerungen bei diesen Rohstoffen tangieren (Hofmann, 2011).

Angesichts der enormen Auswirkungen von Hochwasserereignissen auf den Menschen, die Wirtschaft und die Umwelt gehört das Thema zweifellos in den Geographieunterricht. In den Lehrplänen findet es sich meist unter der Rubrik *Naturkatastrophen*. In den Bildungsstandards (DGFG, 2007) taucht das Thema mehrmals auf, entweder unter dem Überbegriff *Naturkatastrophen* oder explizit mit den Begriffen *Hochwasser* oder *Überflutung*:

- 1) Im Kompetenzbereich *Fachwissen* erscheint es unter F4 „Fähigkeit, Mensch-Umweltbeziehungen in Räumen unterschiedlicher Art und Größe zu analysieren“ und wird dort unter dem Standard S18 „Auswirkungen der Nutzung und Gestaltung von Räumen erläutern können“ explizit genannt (Naturkatastrophen).
- 2) Des Weiteren figuriert es im Kompetenzbereich *Beurteilung/Bewertung* unter B1 „Fähigkeit, ausgewählte Situationen/Sachverhalte im Raum unter Anwendung geographischer/geowissenschaftlicher Kenntnisse zu beurteilen



GEOGRAPHICUS

Nichts ist mehr so wie früher

Ich weiß nicht, ob Sie nicht auch den Eindruck haben, dass der Wandel ständig an Tempo gewinnt. Nehmen Sie mal das Klima: mal Erwärmung – mal wieder nicht. Es ändert sich ständig, nichts ist mehr so wie früher. Sogar die Szenarien ändern sich. Oder diese ständigen Erdbeben. Fukushima haben wir noch nicht vergessen, auch da ist alles ganz anders geworden. Auch anders als man es den Beteiligten so mitteilte. Oder Neuseeland. Da waren die Erdbeben in Christchurch ziemlich heftig. Und kurz vor Weihnachten ging das schon wieder los. Dann habe ich das mit El Hierro gelesen. Die westlichste Kanarische Insel. Auch dort Erdbeben, Gefahr eines Vulkanausbruchs. Das geht nun gar nicht. El Hierro ist schließlich das alte „Ferro“, das ständig auf den Karten des 17. und 18. Jahrhunderts auftaucht, selbst wenn es nicht dort abgebildet ist. Sogar noch im 19. Jahrhundert richtete sich alles nach Ferro. Über Jahrhunderte. Bis 1884. Und seitdem gibt es ein neues System, das hält im Moment noch. Mit El Hierro wackelt unser Weltverständnis. Etwas, was so lange Orientierung gab, scheint sich zu ändern. Unwichtig, dass das neue System nichts mehr mit Ferro zu tun hat. Es geht ums Prinzip. Eigentlich, eigentlich konnte das ja nicht gut gehen. Diese Konferenz 1884, ausgerechnet in Washington fand die statt. Dabei waren es doch die Engländer und die Franzosen, die sich am meisten ins Zeug legten, das System von Ferro auf sich selbst zu beziehen. Wer hat gewonnen? Ausgerechnet die Engländer. Jetzt also nicht mehr Ferro, sondern Greenwich. Nicht mehr der westlichste Rand der Alten Welt, sondern das Zentrum des englischen Imperiums. Wir müssen uns bis heute nach Greenwich richten. Seit 128 Jahren! Und Greenwich? Fehlt nur noch, dass dort auch die Erde zu wackeln beginnt, ein Vulkan ausbricht. Greenwich ist allerdings in England. Wo man sich ja auch auf gar nichts mehr verlassen kann. Wenn die demnächst aus der EU austreten, was passiert dann mit Greenwich? Obwohl, die Kontinuität im Wandel ist ja eigentlich eine Spezialität der Engländer. Die meinen ja auch heute noch, sie lebten im Weltreich und brauchen Europa nicht. Wenigstens dort ist alles beim Alten.

len“ und dort unter S2 „Geographisch relevante Kenntnisse und die oben genannten Kriterien anwenden können, um ausgewählte Sachverhalte, Ereignisse, Probleme und Risiken zu beurteilen“ (Hochwasser).

- 3) Im Kompetenzbereich *Handlung* taucht das Thema zweimal auf: einmal unter H2 „Motivation und Interesse für geographische/geowissenschaftliche Handlungsfelder“ und dort unter S5 „Sich für geographisch relevante Probleme auf lokaler, regionaler, nationaler und globaler Maßstabsebene interessieren“ (Hochwasser). Zum anderen unter H3 „Bereitschaft zum konkreten Handeln in geographisch/geowissenschaftlich relevanten Situationen“ und dort unter S7 „Bereitschaft dazu, andere Personen fachlich fundiert über relevante Handlungsfelder zu informieren“ (z. B. die Notwendigkeit von Überflutungsflächen).

Im Hinblick auf die Häufigkeit und Schwere von Hochwasserereignissen im regionalen, nationalen und globalen Kontext sind Kompetenzen wie *Auswirkungen von Hochwasser erläutern*, die damit verbundenen *Risiken beurteilen* und *sich für den Aufgabenkomplex zu interessieren* und andere

darüber zu informieren unbestritten wichtige Bildungsziele. In wie fern ist jedoch das *Verstehen* der Ursachen der Hochwasserproblematik für das Interesse und das Erläutern und Beurteilen können von Bedeutung? Welche Rolle spielt es für viele weitere Kompetenzen, wie beispielsweise die Analyse des funktionalen und systemischen Zusammenwirkens von natürlichen und anthropogenen Faktoren bei Hochwasser? Oder die Kompetenz, andere fachlich fundiert darüber zu informieren, was gegen Überschwemmungen getan werden kann?

Dieser Frage sind wir in einer kleinen Studie nachgegangen. Wir haben uns gefragt: Was stellen sich Lernende vor, wenn sie die Begriffe *Hochwasser* und *Überschwemmungen* hören? Wie erklären sie sich die Entstehung von Überschwemmungen? Haben ihre vorunterrichtlichen Vorstellungen irgendwelche Konsequenzen für das Verständnis der Hochwasserproblematik? Aus den Ergebnissen dieser Erhebung haben wir auf der Basis einer konstruktivistischen Unterrichtsstrategie einen Unterrichtsvorschlag entwickelt, dessen Ziel es ist, die Ursachen der Hochwasserentstehung handelnd nachzuvollziehen und dabei die Alltagsvorstellungen der Lernenden zu verändern. Das neue Wissen

wird anschließend auf das konkrete Beispiel des Elbehochwassers von 2002 angewendet. ■

Hinweis

Der Beitrag wird in einer der folgenden Ausgaben fortgesetzt.

Anmerkungen

¹ http://de.wikipedia.org/wiki/Hochwasser_in_Mitteuropa_im_Fr%C3%BChjahr_2010; 05.01.2011

² <http://german.cri.cn/1565/2010/07/21/1s141139.htm>; 05.01.2011

³ http://de.wikipedia.org/wiki/%C3%9Cberschwemmungskatastrophe_in_Pakistan_2010; 05.01.2011

⁴ <http://latina-press.com/news/44392-mexiko-5-000-menschen-nach-starken-regenfaellen-evakuiert/>; 05.01.2011

⁵ www.news.ch; 05.01.2011

Anschriften der Verfasser

Prof. Dr. Sibylle Reinfried, Pädagogische Hochschule Zentralschweiz (PHZ) Luzern, Geographie und Geographiedidaktik, Frohburgstr. 3, CH-6002 Luzern

Dr. Peter M. Kienzler, Scherrer AG Hydrologie und Hochwasserschutz, Schönmatstr. 8, CH-4153 Reinach

GEOGRAPHIE IM NETZ

[www.lehrer-online.de/
indianer-netbooks.php](http://www.lehrer-online.de/indianer-netbooks.php)

Bedrohte Indianer im Amazonasgebiet

Die von Florian Thierfeldt entworfene Unterrichtssequenz ist für den Einsatz im Unterricht der 8. Jahrgangsstufe vorgesehen. Unter anderem soll der Gebrauch des Netbooks (siehe unten) geübt werden.

Sachstruktureller Hintergrund

Insbesondere in den Regenwäldern der Erde ist immer wieder vom Konflikt zwischen dem Recht auf einen eigenen, unverletzten Lebensraum einerseits und andererseits von einer althergebrachten Lebensweise sowie dem Ressourcenverbrauch mit moderner Lebensweise die Rede.

Anhand dieses Beispiels sollen die Lernenden im Internet recherchierte Fakten mithilfe eines Diagrammeditors grafisch aufbereiten und die Bezüge darstellen. Auf diese Weise wird das komplexe Wirkungsgefüge für die Schülerinnen und Schüler nachvollziehbarer.

Kompetenzen

Kognitive Kompetenzen

Die Schülerinnen und Schüler sollen

- Wanderfeldbau als traditionelles und nachhaltiges Wirtschaftssystem nennen können.
- die Ursachen der Bedrohung indigener Völker und deren Lebensweise (hier Yanomami) erkennen können.
- den Konflikt zwischen Raumnutzung und Ressourcen hunger der modernen Welt und der traditionellen Lebensweise der indigenen Bevölkerung darstellen können.

Methodenkompetenz

Die Schülerinnen und Schüler sollen

- gezielt Informationen aus Internetseiten entnehmen können.
- eine Concept-Map mit dem Diagrammeditor yED erstellen können.

Affektive Lernziele

Die Schülerinnen und Schüler sollen

- einen kritischen Umgang mit der medialen Berichterstattung üben.

Als technische Voraussetzungen werden ein Internetzugang, yEd Graph Editor zum

Zeichnen von Netzwerken, Graphen, Diagrammen (kostenlos erhältlich) genannt.

Didaktisch-methodischer Kommentar

Die Bedrohung der traditionellen Lebensweise der Yanomami-Indianer im Grenzgebiet von Brasilien und Peru bietet sich hier im Besonderen als Unterrichtsgegenstand an, da hier nicht nur die Exemplarik gegeben ist, sondern weil sich das Thema auch gut durch die neuen Medien inhaltlich erfassen und bearbeiten lässt.

Download

Arbeitsmaterialien – indianer_netbooks_ab.pdf: Hier kann der Lehrer das Arbeitsblatt mit den Arbeitsaufträgen für die Klasse herunterladen (Dateigröße: 18 KB).

Lösungsvorschlag – indianer_musterloesung.zip: Damit Schülerinnen und Schüler die Lösungen auch tatsächlich selbst erarbeiten, wird der Lösungsvorschlag nur im geschlossenen Bereich „Mein LO“ zur Verfügung gestellt.

Internetadressen

- *Homepage von yWorks*: yWorks ist auf die Entwicklung professioneller Software

Arbeitsblatt 1

Zeitbedarf: Die Aufgaben (Teil 1 + 2) können in einer Unterrichtsstunde von ca. 45 Minuten gelöst und diskutiert werden.

Sozialform/Material:
Einzel- und Partnerarbeit

Hinweis für die Lehrperson: Die vier Ganglinien in der ersten Zeile von Tabelle 1 sollten für das Lösen der Aufgabe 5 für jeden Schüler noch ein zweites Mal kopiert bereit liegen.

Teil 1

Hochwasser!

„... Elbe, Dresden, 543, gestiegen 2, ...“ Bei einem Flusshochwasser werden im Radio und im Fernsehen regelmäßig die Pegelstände vorgelesen. Damit ist nichts anderes als der Wasserstand, die Höhe des Wassers an einer Messlatte gemeint. In unserem Beispiel steht also das Wasser der Elbe in Dresden 5,43 m hoch, zwei Zentimeter höher als noch vor einer Stunde. An einem Flusspegel werden diese Wasserstände dauernd aufgezeichnet. Der zeitliche Verlauf der Wasserstände wird Wasserstandsganglinie genannt. Die Abbildung 1 zeigt solch eine typische Ganglinie eines Flusshochwassers. Der Wasserstand

ist umso höher, je mehr Wasser flussabwärts fließt, oder wie der Experte sagt „je höher der Abfluss ist“. Deshalb zeigt die Ganglinie manchmal auch den Abfluss in Liter oder Kubikmeter pro Sekunde. Nach Regen oder Schneeschmelze steigt der Pegel an bis zum höchsten Wasserstand, dem Hochwasserscheitel, danach sinkt der Pegel wieder ab. Das Hochwasser beginnt meistens mit einer gewissen Verzögerung und kann auch noch ansteigen, nachdem der Regen schon vorbei ist. Die Zeit zwischen dem Höhepunkt des Niederschlags und dem Hochwasserscheitel nennt man Anlaufzeit.

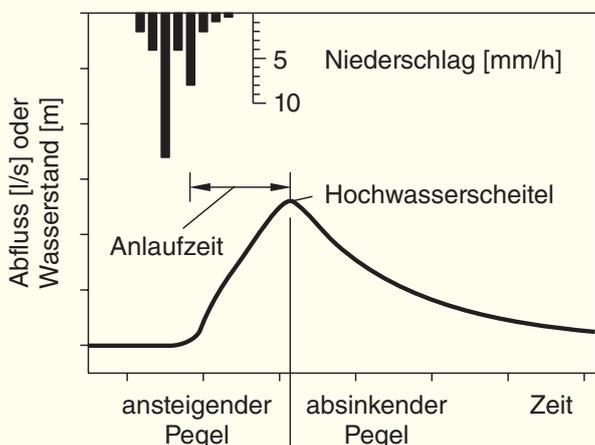


Abb. 1: Typische Ganglinie eines Flusshochwassers

Aufgaben

Die Tabelle 1 zeigt vier Wasserstandsganglinien von vier verschiedenen Gebieten, wie sie bei einem kurzen Gewitter entstehen können. Die Niederschlagsmenge ist in allen Gebieten dieselbe. Trotzdem sehen die vier Ganglinien sehr unterschiedlich aus.

1. Lies den Text „Hochwasser!“ und mache dir die Abbildung 1 klar.
2. Vergleiche die vier Abflussganglinien in der Tabelle 1 miteinander.
 - a) Worin unterscheiden sie sich? Halte die typischen Merkmale jeder Ganglinien der Tabelle schriftlich fest.
 - b) Stelle Vermutungen an, warum der Verlauf der Ganglinien in den vier Gebieten so unterschiedlich ist, obwohl die gefallene Regenmenge überall dieselbe ist.

Typische Merkmale	Typische Merkmale	Typische Merkmale	Typische Merkmale
Vermutete Gründe für den Verlauf			

Tab. 1: Vier verschiedene Abflussganglinien nach Scherrer, S./Naef, F., 2003

Arbeitsblatt 1 (Fortsetzung)

Teil 2

Wie gelangt das Regenwasser in einen Fluss?

Angesichts der riesigen Wassermassen bei einer Überschwemmung fragt man sich unwillkürlich: Woher kommt eigentlich das viele Wasser? Die Antwort auf diese Frage ist ganz einfach: Hochwasser entsteht nicht erst im Fluss, sondern im gesamten **Einzugsgebiet** des Flusses. Das ist die Fläche, von der aller Regen in den Fluss läuft. Im Fall der Elbe sind das zum Beispiel 148 268 km². Das entspricht der Fläche von 20 Millionen Fußballfeldern. Wenn ein Regentropfen in diesem Einzugsgebiet auf den Boden fällt, kann er verschiedenste Wege einschlagen. Über ein ganzes Jahr betrachtet, regnet es in Deutschland durchschnittlich 780 Liter auf jeden Quadratmeter; man sagt auch: es fallen 780 mm Niederschlag. Davon verdunsten ungefähr zwei Drittel und ein Drittel fließt über das Grund-

wasser und die Flüsse ab. Während eines Flusshochwassers spielt die Verdunstung keine Rolle, dafür hat die kurzfristige Speicherung im Boden und im Grundwasser eine große Bedeutung. Je mehr Wasser im Boden oder Grundwasser zurückgehalten wird, desto geringer ist das Risiko von Überschwemmungen. Deshalb ist es für die Größe eines Hochwassers ganz entscheidend, welche Böden und Gesteine in einem Flusseinzugsgebiet vorkommen. Die Reaktion eines Flusses auf Starkregen kann stark und unmittelbar sein oder schwach und verzögert, je nachdem, wie viel Wasser an der Erdoberfläche abfließt und welche Fließwege das versickerte Wasser im Untergrund nimmt. Diese Abflussreaktion bestimmt den Zeitpunkt und die Höhe des Hochwasserscheitels im Fluss.

Man unterscheidet vier wichtige Wege des Wassers in den Fluss:

Hortonischer Abfluss: Auf Felsflächen und künstlich versiegelten Straßenflächen fließt der Regen direkt und ohne Verzögerung ab, die Abflussreaktion von solchen Flächen ist entsprechend stark und unmittelbar.

Gesättigter Oberflächenabfluss: Auf Feuchtsflächen oder flachgründigen Böden über wenig durchlässigem Gestein entsteht etwas verzögerter Abfluss, da sich der Boden zuerst sättigt, bevor das Wasser nicht mehr in den gesättigten Boden eindringen kann und dann an der Oberfläche abfließt. Die Abflussreaktion von solchen Böden ist stark, aber schon etwas verzögert.

Abfluss im Boden: Auch unterirdische Abflüsse können verzögert zum Hochwasser beitragen, wenn das Wasser an Berghängen durch Regenwurmgänge oder große Poren im Boden abfließt. Die Abflussreaktion von solchen Flächen ist gemäßigt und stark verzögert.

Versickerung ins Grundwasser: Bei durchlässigen Böden und durchlässigem Gestein versickert ein großer Teil des Regens und nur ein kleiner Teil trägt zum Hochwasser bei. Entsprechend ist die Abflussreaktion von solchen Flächen nur schwach und sehr stark verzögert.

Die Menschen beeinflussen die Größe eines Hochwassers durch die Art der Landnutzung. Wenn große Flächen in einem Flusseinzugsgebiet durch Straßen oder Parkplätze versiegelt werden, dann wird das Hochwasser größer. Bei großen Flüssen, wie zum Beispiel der Elbe oder dem Rhein, spielt das keine große Rolle, aber für kleinere Bäche innerhalb von Städten können

die Auswirkungen dramatisch sein. Umgekehrt kann man versuchen, das Wasserrückhaltevermögen eines Flusseinzugsgebiets zu vergrößern, indem zum Beispiel mehr Wald angepflanzt wird. Der Effekt von solchen Maßnahmen ist aber meist nur gering. Auch wenn überall Wald angepflanzt würde, kann es trotzdem noch Überschwemmungen geben.

Der Abflussfußabdruck

Er ist ein Maß für die Wassermenge, die aus einem bestimmten Flusseinzugsgebiet über einen bestimmten Zeitraum im Verhältnis zum gefallenem Niederschlag abfließt (Abflussfußabdruck (%) = $\frac{\text{Abfluss}}{\text{Niederschlag}} \times 100$). In der Fachsprache heißt er *Abflusskoeffizient*. Er hängt vor allem von den Böden und Gesteinen ab, die im Flusseinzugsgebiet vorkommen, kann aber durch menschliche Tätigkeiten verändert werden.

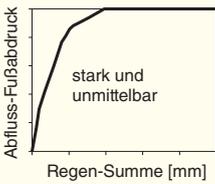
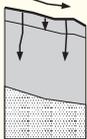
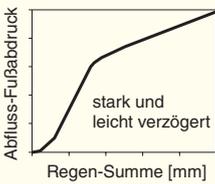
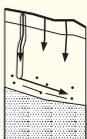
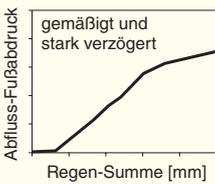
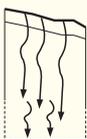
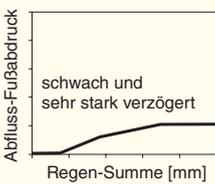
Das ausdrückliche Ziel jeder menschlicher Tätigkeit im Einzugsgebiet eines Gewässers sollte es sein, den Abflussfußabdruck nicht zu erhöhen. Dies kann dadurch geschehen, dass zum Ausgleich für versiegelte Flächen neue Flächen geschaffen werden, auf denen Niederschlagswasser gut versickern kann, zum Beispiel Dachbegrünungen, begrünte Streifen, Mulden und Gräben, Aufforstungen, durchlässige Beläge für (Park-) Plätze und Wege.

Arbeitsblatt 1 (Fortsetzung)

Aufgaben

Die Tabelle 2 zeigt die vier wichtigsten Wege des Niederschlagswassers in einen Fluss und den jeweiligen Abflussfußabdruck. Wie du bei Aufgabe 2a feststellen konntest, wird der Hochwasserscheitel bei unterschiedlicher Abflussbildung unterschiedlich groß und tritt zu unterschiedlichen Zeitpunkten auf.

- Lies den Text „Wie gelangt das Regenwasser in einen Fluss?“ und markiere mit einem Leuchtstift alles, was neu für dich ist.
- Mach dir die Abflussprozesse und Abbildungen klar, in dem du sie mit den im Text beschriebenen vier unterschiedlichen Wegen des Wassers (siehe Kasten) verknüpfst.
- Schneide die vier Abflussganglinien, die du schon in Aufgabe 2 (Tab. 1) kennengelernt hast, aus der neuen Vorlage, die du von deinem Lehrer/deiner Lehrerin erhältst, aus und ordne sie der richtigen Stelle in der Tabelle 2 zu.
- Bildet Zweiergruppen und erklärt euch in eigenen Worten den Zusammenhang zwischen den Abflussprozessen, den Abflussreaktion und den Abflussganglinien. Wenn ihr euch sicher seid, dass eure Interpretationen stimmen, klebt die Ganglinien ein.
- Vergleicht eure Lösung mit euren Vermutungen aus Aufgabe 2a. Habt ihr richtig vermutet?
- Berechnet den Abflussfußabdruck in Dresden beim katastrophalen Hochwasser vom August 2002. Dazu benötigt ihr die folgenden Informationen: Das Einzugsgebiet der Elbe bis Dresden umfasst eine Fläche von 53 096 km². Vom 1. bis 13. August 2002 fielen im Mittel 157 mm Regen auf diese Fläche. Die Menge des abgeflossenen Wassers in der Elbe bis Ende August konnte mit den Wasserstandsmessungen auf 2,5 km³ geschätzt werden. (1 mm Regen bedeutet 1 Liter pro Quadratmeter, 1 Quadratkilometer sind 1 000 000 Quadratmeter, 1 Kubikkilometer sind 1 000 000 000 000 (eine Billion) Liter).

Abflussprozess	Abflussreaktion	Abflussganglinie
Hortonischer Oberflächenabfluss 	 <p>stark und unmittelbar</p>	
gesättigter Oberflächenabfluss 	 <p>stark und leicht verzögert</p>	
Abfluss im Boden 	 <p>gemäßigt und stark verzögert</p>	
Versickerung ins Grundwasser 	 <p>schwach und sehr stark verzögert</p>	

Tab. 2: Zusammenhang zwischen Abflussprozess, Abflussreaktion und Abflussganglinie

nach Scherrer S., Naef F., (2003): A decision scheme to indicate dominant flow processes on temperate grassland. In: Hydrological Processes, 17, 391–401

Lernkontrolle

- Was passiert mit dem Regenwasser, wenn eine Fläche zu 100 % geteert oder betoniert ist?
- Was passiert mit dem Regenwasser in Feuchtgebieten oder Mooren, wo nur der oberste Bereich trocken ist, der ganze Boden aber sonst fast bis zur Oberfläche gesättigt ist?
- Was passiert mit dem Regenwasser, wenn der Untergrund aus Sand besteht?
- Was passiert mit dem Regenwasser, wenn der Untergrund aus kompaktem Fels, wie z.B. Granit, besteht?
- Wenn du die Fragen 1 bis 3 für Schnee anstatt für Regen untersuchst, wären deine Antworten dann anders?
- Welche Bedingungen beziehungsweise Kombinationen von Bedingungen aus Frage 1 bis 5 erhöhen das Risiko von Überschwemmungen?
- Zähle drei Möglichkeiten auf, mit denen der Abflussfußabdruck klein gehalten werden kann.

Warum gibt es Überschwemmungen? (2)

Die Ursachen von Hochwasser und Überschwemmungen verstehen (Sek I/II)

Sibylle Reinfried und Peter M. Kienzler

Hochwasser und Überschwemmungen sind fast schon ein Dauerbrenner in den Medien. Kaum jemand kann sich dem Thema entziehen. Meist werden jedoch nur die Auswirkungen von Hochwasser thematisiert, selten jedoch seine konkreten Ursachen. Dementsprechend naiv sind die Schülervorstellungen darüber, wie Hochwasser entsteht.

2. Warum der Zugang über die Schülervorstellungen so wichtig ist

Plant eine Lehrperson Unterricht zu einem bestimmten Thema, ohne die Vorstellungen ihrer Schülerinnen und Schüler zu der in Rede stehenden Sache zu kennen, so läuft sie Gefahr, dass die beabsichtigten Lernprozesse weit hinter den Erwartungen zurück bleiben, auch wenn sie sinnvolle Lernziele formuliert, geeignete Methoden und Medien und motivationale Aspekte berücksichtigt hat. Wenn die von der Lehrperson vorgegebene Sachstruktur die Funktionen und Beschränkungen der Schülerperspektiven nicht mit berücksichtigt, wenn der Lernweg von den vorunterrichtlichen Vorstellungen zu den wissenschaftlichen Begriffen und Prinzipien nicht effektiv zu beschreiten ist,

kann keine Vorstellungsänderung erfolgen (Reinfried, Rottermann, Aeschbacher und Huber, 2010 a, 2010 b). Ein Ansatz, der die Schülervorstellung bei der Konstruktion bedeutsamer Lernumgebungen berücksichtigt, ist das Modell der didaktischen Rekonstruktion, der auch hier als theoretischer Rahmen gewählt wurde. Im Modell der didaktischen Rekonstruktion werden Schülervorstellungen und fachlich geklärte Vorstellungen systematisch aufeinander bezogen um Unterricht zu planen (Kattmann, Duit, Gropengießer und Komorek, 1997; Reinfried, Mathis und Kattmann, 2010). Die Schülervorstellungen und die wissenschaftlichen Vorstellungen werden im Modell der didaktischen Rekonstruktion so in Beziehung gesetzt, dass die wissenschaftlich geklär-

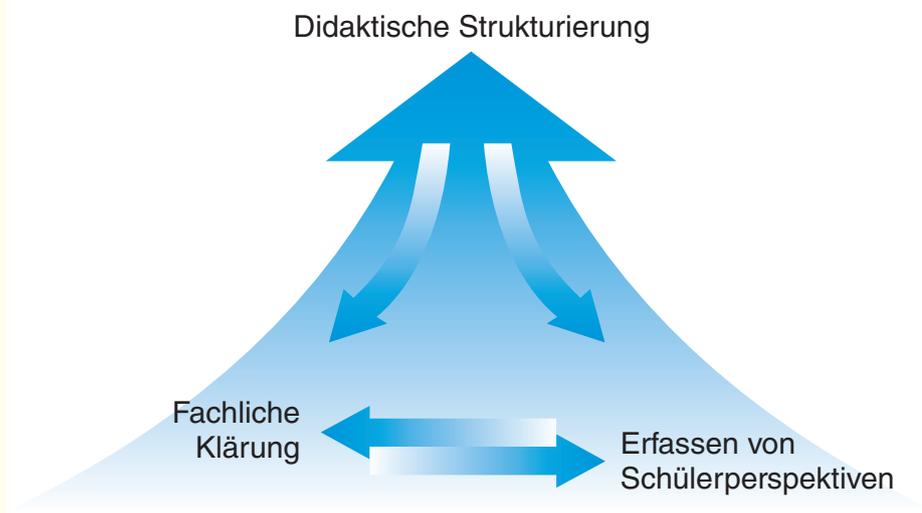


Abb. 1: Das Beziehungsgefüge der drei Teilaufgaben im Modell der Didaktischen Rekonstruktion

Quelle: nach Kattmann, Duit, Gropengießer und Komorek, 1997



GEOGRAPHICUS

Der neue Warenkorb

Waren Sie in der letzten Zeit einkaufen? Und haben Sie bemerkt, dass Ihr Warenkorb ganz anders gefüllt war als sonst?

Sesambrötchen, Rinderhackfleisch, Schmelzkäse, Salat, Gewürzgurken, Zwiebeln, Sauce. Das ist der neue Warenkorb. Nicht nur in Amerika, nein auch bei uns, fast weltweit. In über 140 Ländern der Welt. In Indien ist es Hühnerfleisch statt Rinderhack, aber ansonsten ist alles gleich.

Eigentlich ist im Warenkorb nur ein Gut. In dem alle diese Zutaten zusammen kommen. Gemeinhin Big Mac genannt, in Indien, wegen des Hühnerfleischs und der örtlichen Besonderheiten: Maharja Mac.

Sie haben es natürlich schon gemerkt.

Früher war im Warenkorb ein ganzer Mix aus Gütern, heute braucht man nur noch den Big Mac. Macht alles einfacher, nicht nur den Einkauf. Und ist obendrein noch schülerfreundlicher.

Der neue Indikator für die Kaufkraft einer Währung ist nicht mehr der alte Warenkorb, sondern der Big-Mac-Index. Den Big Mac gibt es fast überall in der gleichen Ausprägung, standardisiert in Größe, Gewicht, Zusammensetzung und sogenannter Qualität. Ein sogenanntes „homogenes“ Gut, das es weltweit gibt. The Economist fand diesen neuen Index als Preisvergleich bereits 1986 heraus. Dass ich das jetzt erst mitbekommen habe liegt wohl daran, dass ich immer Cheeseburger esse. Kosten nur einen Euro. Überall? Muss ich mich jetzt wirklich mal fragen. Irgendwie kann ich das aber sowieso nicht ganz akzeptieren, natürlich als Geograph. Zwar rennen alle Amerikaner in diese Läden und kaufen den Big Mac, egal wo sie sind. Aber kann man wirklich annehmen, dass die Wertschätzung dieses Brötchens überall gleich ist? Wertschätzung, Kaufkraft etc. hängen doch zusammen. Und kosten die wirklich überall gleich? Am Flughafen und an der Autobahn und neben der Currywurstbude? Irgendwie fände ich es besser, wenn wir beim alten Warenkorb blieben. Ich bin vielleicht aber nicht jung genug.

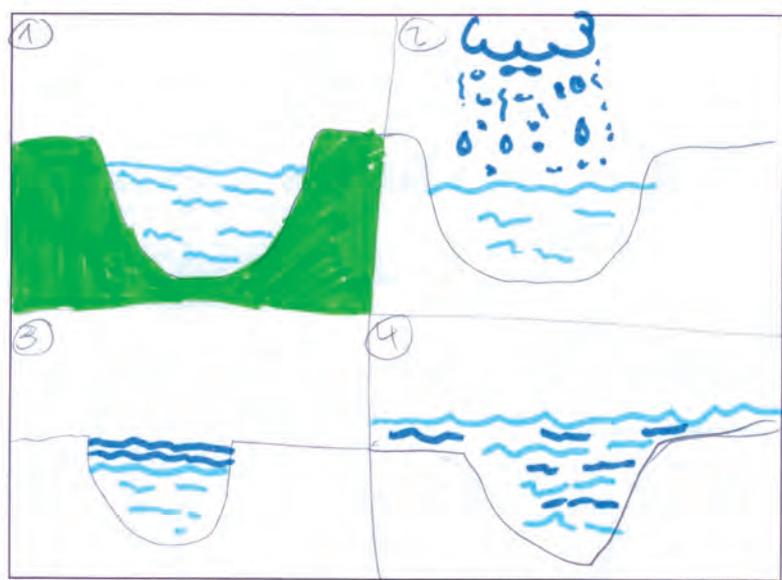
Fragen zum Überschwemmungen

1. Was stellst du dir unter einer Überschwemmung vor?

Eine Überschwemmung ist, wenn in zum Beispiel, einem See zu viel Wasser ist "läuft es über".

2. Wie entsteht deiner Meinung nach eine Überschwemmung?

Fertige eine einfache Skizze an und beschrifte sie. Du kannst sowohl in deine Skizze hineinschreiben oder eine Legende erstellen oder auch beides machen. Anschliessend sollst du deine Zeichnung noch beschreiben (auf der nächsten Seite).



Legende:

① See in normal Zustand ② Regen! ③ Wasserspiegel steigt ④ Überschwemmung!

Abb. 2: Vorstellungen einer 14-jährigen Schülerin über die Ursachen von Überschwemmungen

ten Vorstellungen lern- und lehrbar werden (vgl. Abb. 1).

3. Analyse der Schülervorstellungen

Im Sommer 2010 befragten wir 43 Schülerinnen und Schüler des 7. Schuljahres (im Durchschnitt 13 Jahre alt) an einem Zürcher Gymnasium. Das Thema war vorher im Unterricht nicht behandelt worden. Die Probanden bearbeiteten zuerst schriftlich die beiden folgenden Aufgaben:

- 1) „Was stellst du dir unter einer Überschwemmung vor?“
- 2) „Wie entstehen deiner Meinung nach Überschwemmungen? Fertige eine einfache Skizze an und beschrifte sie.“

Anschließend beantworteten die Lernenden 22 Wissensfragen auf einer fünfteiligen Likertskala mit „stimme zu, „stimme

nicht zu“, „teils/teils“, „weiß nicht“ oder „keine Antwort“. Die Fragen entstammten sechs Kategorien, sogenannten Konstrukten, die wir aus Comon-Sense-Aussagen zum Thema (Gespräche mit Laien und schriftlichen Quellen) bilden konnten. Diese Konstrukte beinhalten die Überzeugungen von Personen verschiedenen Alters zu Überschwemmungen. Sie umfassen die folgenden Themenkreise: (1) Klima und Wetter, (2) Wälder, (3) Gesteine, Böden, Relief, (4) Versiegelung, Verbauung, Landschaftswandel und andere menschliche Eingriffe, (5) menschliches Versagen und (6) Höhere Gewalt, Gott, Fatalismus.

Die Auswertung der Fragebögen ergab, dass eine Mehrheit der Lernenden über die folgenden korrekten Vorstellungen verfügt:

- Die Klimaerwärmung ist kein Grund für Überschwemmungen⁶ (Zustimmung von 51 % der Befragten).
- Die Abholzung der tropischen Regenwälder führt nicht zu mehr Regen (was mehr Überschwemmungen zur Folge hätte; Zustimmung von 42 %).
- Überschwemmungen sind in den Bergen nicht häufiger (weil es dort sehr starke Gewitter gibt; Zustimmung von 58 %).
- Überschwemmungen können bei Stürmen/Wirbelstürmen entstehen (Zustimmung von 49 %).
- Überschwemmungen sind keine Strafe Gottes/der Natur/von übersinnlichen Kräften für die Menschheit (Zustimmung von 56 %).

Immerhin ca. ein Drittel der Lernenden weiß,

- dass nur ein kleiner Teil des Regens direkt an der Erdoberfläche abfließt, auch wenn es nach starken Regenfällen zu einem katastrophalen Hochwasser kommt (30 %).
- dass die Wirkung von Starkregen bei unterschiedlichen Flüssen/Bächen ganz verschieden ist: Manche reagieren sehr stark, andere kaum, wieder andere erst ab einer bestimmten Regenmenge (28 %).
- dass Überschwemmungen in Siedlungsgebieten heute deshalb häufiger sind, weil die Menschen heute immer mehr Land besiedeln (z. B. in Flussniederungen, an der Küste), das schon immer bei Hochwasser überflutet wurde (35 %).

Dass 7. Klässler bereits so viel Grundlagenwissen aus der Primarschule⁷ mitbringen ist erfreulich. Welches sind jedoch die häufigsten fehlerhaften Vorstellungen? Ins Gewicht fallen:

- Im Wald gibt es nie Hochwasser. Hochwasser könnte vermieden werden, wenn man überall Wald anpflanzen würde (42 %).
- Durch starken Regen werden alle Böden wie ein Schwamm mit Wasser gesättigt und können kein Wasser mehr aufnehmen. Dies führt zu Überschwemmungen (56 %).
- Eine Überschwemmung entsteht nur dann, wenn sich eine plötzliche Flutwelle, zum Beispiel nach einem Dammbruch, bildet (40 %).
- Es gibt immer mehr Überschwemmungen, weil immer mehr Flächen zubetoniert werden (für Straßen, Plätze, mit Häusern) und das Regenwasser nicht mehr versickern kann (30 %).
- Die Hochwasser und Überschwemmungen werden immer schlimmer, früher war es nicht so extrem (30 %).

Dem Einfluss des Menschen auf Überschwemmungen zum Beispiel durch unzureichende Schutzmaßnahmen oder bauliche Vernachlässigung von Schutzbauten wurde wenig Bedeutung beigegeben. Gar nicht bekannt war den meisten Schülerinnen und Schülern, dass die Böden und Gesteine eines Einzugsgebiets die Reaktion der Flüsse in großem Maße bestimmen.

Die Auswertung der schriftlich geäußerten Vorstellungen und der Schülerzeichnungen ergab interessante Einblicke in die Schülervorstellungen. Viele Lernende unterscheiden nicht zwischen fließ- und stehenden Oberflächengewässern. Sie stellen das Gewässer, ganz gleich ob See, Bach oder Fluss, als ein geschlossenes Gefäß dar, in das es hineinregnet. Dadurch erhöht sich der Wasserspiegel, bis es zum Überlaufen des Gefäßes kommt. In Abbildung 2 drückt die Schülerin diesen Prozess zusätzlich dadurch aus, dass sie das dem See zugeführte Regenwasser farblich hervorhebt. Es liegt als Schicht auf dem schon vorhandenen Wasserkörper. Erst in Zuge des Übertritts des Wassers über die Ufer vermischen sich die Wassermassen.

Wir haben diese Schülervorstellungen, die von ca. einem Drittel der Lernenden geäußert wurden, als *Badewannentheorie* bezeichnet, und sie in Abbildung 3 generalisiert dargestellt.

Der Laie nimmt ein Gewässer also nicht als dynamisches System war, das durch sein Volumen, den Zufluss, den Abfluss, die Verdunstung und die geogenen, klimatischen, vegetations- und anthropogen bedingten Faktoren im Einzugsgebiet bestimmt wird und in dem die Tendenz besteht, ein Fließgleichgewicht herzustellen. Ohne differenziertere Kenntnisse der Ursachen von Hochwasser kann man sich nicht erklären,

- warum Überschwemmungen in bestimmten Gebieten häufig vorkommen und in anderen selten sind.
- warum Gebiete unter Überschwemmungen leiden, ohne dass dort ein Tropfen Regen gefallen ist.
- warum Gewässerausbau und Flächenversiegelung an manchen Flüssen die Hochwassersituation dramatisch verschärfen und an anderen nur eine kleine Rolle spielen.
- Man kann auch nicht beurteilen, welche Schutzmaßnahmen sinnvoll sind.

Genau dies soll jedoch gemäß den in Kapitel 1 aufgelisteten Bildungsstandards im Geographieunterricht erreicht werden.

4. Fachwissenschaftliche Analyse

4.1. Abflussbildung

Die Reaktion eines Flusses auf Starkregen kann stark und unmittelbar sein oder zunächst gemäßigt und verzögert ansteigend, je nachdem, wie viel Wasser an der Erdoberfläche abfließt und welche Fließwege das infiltrierte Wasser im Untergrund nimmt. Ein Schwerpunkt der aktuellen hydrologischen Forschung ist es deshalb, die Abflussbildungsprozesse, also die Wege des Wassers vom Regentropfen bis in den Fluss, besser zu verstehen.

Für die Größe eines Hochwassers ist es ganz entscheidend, welche Böden und Gesteine in einem Flusseinzugsgebiet vorkommen. Je mehr Wasser im Boden oder Grundwasser zurückgehalten wird, desto geringer ist das Risiko von Überschwemmungen. Eine für viele überraschende hydrologische Erkenntnis ist, dass in den meisten Flussgebieten auch bei großen katastrophalen Hochwassern ein Großteil der Flusseinzugsgebietsfläche nicht gesättigt ist. Entsprechend fließt auch nur ein kleiner Bruchteil des gefallenen Regens während eines Hochwassers im Fluss ab. Der Rest des Niederschlags wird in tiefgründigen Böden gespeichert oder versickert langsam ins Grundwasser.

Im Vergleich zu solchen tiefgründigen Flächen sind die Flächen, die Hochwasser verursachen, meist relativ klein: Direkter und rascher Abfluss entsteht auf Flächen mit geringem Infiltrationsvermögen (z. B. Felsflächen oder versiegelte Straßenflächen). Von diesem sogenannten *Hortonischen Abfluss* unterscheiden die Hydrologen den etwas verzögerten *gesättigten Oberflächenabfluss*, der auf Flächen entsteht, die sich zunächst sättigen, bevor das Wasser nicht mehr in den gesättigten Boden eindringen kann und dann an der Oberfläche abfließt.

Auch unterirdische Abflüsse können verzögert zum Hochwasser beitragen, wenn das Wasser durch größere Poren im Boden abfließt. Diese Fließwege, die zum Beispiel durch Regenwürmer, abgestorbene Wurzeln oder durch Auswaschung entstehen können, ermöglichen eine schnelle und effektive Drainage von Böden. Eine besonders große Rolle spielt dieser Effekt bei längeren Regenereignissen, wenn der Hochwasserabfluss durch die Versickerung des Niederschlags im Boden zunächst gedämpft wird und erst mit Verzögerung, nämlich dann wenn der unterirdische Abfluss zum Hochwasser beiträgt, stark ansteigt.

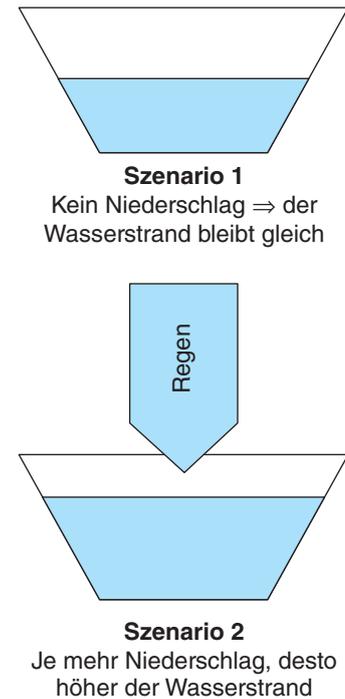


Abb. 3: Die *Badewannentheorie* als laienhafte Erklärung für die Ursache von Überschwemmungen

4.2. Abflusskapazität

Sobald das Wasser durch die verschiedenen Abflussbildungsprozesse in den Fluss gelangt, entscheidet die Abflusskapazität des Flusses über den weiteren Hochwasserablauf. Die Abflusskapazität ist die Wassermenge, die maximal an einem bestimmten Punkt, zum Beispiel an einer Brücke, noch durchfließen kann. Die Abflusskapazität wird bestimmt von der zur Verfügung stehenden Querschnittsfläche und der Fließgeschwindigkeit, die wiederum vom Gefälle und der Rauigkeit des Flussbetts abhängt. Der Fluss tritt über die Ufer und verursacht Überschwemmungen, sobald die Abflusskapazität überschritten wird. Um das zu verhindern, ist es wichtig zu wissen, wie groß der höchste Abfluss während eines Hochwassers ist und wann diese Hochwasserspitze auftritt. Dieser *Hochwasserscheitel* ist meist nicht identisch mit dem Zeitpunkt des meisten Niederschlags – oft steigt der Wasserstand sogar dann noch, wenn es schon aufgehört hat zu regnen. Entlang von langen Flüssen wandert der Hochwasserscheitel ähnlich einer Welle flussabwärts – man spricht darum von einer Hochwasserwelle.

4.3 Hochwasserschutzmaßnahmen

Mit Maßnahmen zum Hochwasserschutz versucht man entweder, die Abflusskapazität des Flusses zu vergrößern oder das Wasser zurückzuhalten damit es

gleichmäßiger abfließt. Um die Abflusskapazität zu erhöhen, wird der Flusslauf verändert, entweder in dem das Gefälle vergrößert (Begradigung), die Rauigkeit verkleinert (Wiese oder Beton anstatt Bäume) oder der Querschnitt vergrößert wird (Dämme). Dabei wird jedoch das Problem teilweise einfach flussabwärts verlagert, da dort dann größere Abflüsse ankommen. Wasserrückhalt zur Verkleinerung von Hochwasserspitzen kann mit Rückhaltebecken oder großen Überflutungs- beziehungsweise Retentionsflächen entlang der Flüsse erreicht werden. Diese sind allerdings oft umstritten, da hohe Kosten anfallen und der Nutzen meist ziemlich eingeschränkt ist. Ein Rückhaltebecken nützt vor allem in kleinen Einzugsgebieten der Bäche und Kleinflüsse etwas, wo Gewitter kurze und heftige Hochwasserspitzen verursachen. Bei längeren Hochwasserereignissen kann es vorkommen, dass die Becken und Rück-

halteflächen schon voll sind, bevor der Hochwasserscheitel überhaupt ankommt. An großen Flüssen, wie zum Beispiel dem Rhein, werden sehr große Retentionsflächen benötigt, um eine spürbare Verringerung der Hochwasserspitzen zu erreichen.

4.4 Zunahme von Hochwasserereignissen

Bei der Frage nach den Ursachen eines Hochwassers werden in den Medien oft anthropogen verursachte Gründe genannt, zum Beispiel die Klimaveränderung, Flächenversiegelungen oder die Begradigung von Flüssen. Sicher tragen diese Faktoren lokal zu einer Verschärfung der Situation bei, doch wird dabei meist ausser Acht gelassen, dass große Hochwasser auch in der Vergangenheit immer wieder auftraten. Nur ist die Wiederkehrperiode von großen Hochwassern sehr lang – meist sogar länger als ein Menschenleben, sodass keine persön-

lichen Erfahrungen mit einer ähnlichen Katastrophe vorhanden sind. Lediglich historische Wassermarken an alten Brückenbauwerken weisen manchmal darauf hin, dass regelmäßig Überschwemmungen auftraten. Bei der Frage der menschlichen Verschärfung des Hochwasserproblems können solche Wassermarken Auskunft geben über die Wiederkehrperiode eines bestimmten Hochwasserabflusses, beziehungsweise über die Größe eines 100-jährlichen Hochwassers. Mit einem 100-jährlichen Hochwassers bezeichnet man in der Hydrologie ein Hochwasser, das statistisch gesehen einmal in 100 Jahren vorkommt. Bei der Analyse solcher historischer Wassermarken und durch Messungen haben Hydrologen festgestellt, dass tatsächlich in den letzten Jahren eine Häufung von großen Hochwassern zu beobachten ist – wenn man aber sehr lange, über mehrere Jahrhunderte zurückblickt, bemerkt man, dass es solche Häufungen schon mehrmals gegeben hat. Man kann also aus der aktuellen Situation noch keine Rückschlüsse ziehen, ob die momentane Hochwasserhäufung auf Klimaveränderung oder andere anthropogene Veränderungen zurückgeht oder ob sie ein Ausdruck der natürlichen Schwankung ist. Sicher ist, dass die Schäden durch Überschwemmungen zugenommen haben. Dies ist jedoch meist durch verfehlte Siedlungspolitik verursacht, indem neue Stadtteile und Industriegebiete in ehemaligen Überflutungsbereichen angesiedelt wurden.

5. Vorstellungsänderung durch didaktische Strukturierung von Schülervorstellungen und wissenschaftlichem Sachverhalt

Die Änderung der Schülervorstellungen erfolgt dadurch, dass die *Badewannentheorie* in Frage gestellt wird. Damit die elementaren Kernkonzepte, um die es bei dem Thema geht, verstanden werden können, müssen die subjektiven Theorien der Lernenden berücksichtigt werden. Einzubeziehende subjektive Theorien betreffen, wie wir in Kapitel 3 gesehen haben, **die Abflussbildung und die Beschaffenheit des Einzugsgebietes, die Bodenversiegelung und die Frage der subjektiven Wahrnehmung zunehmender Bedrohlichkeit von Überschwemmungen**. Konkret muss verstanden werden, (vgl. Abb. 4),

1. dass ein Gewässer meist ein offenes System darstellt, das einen Zufluss und einen Abfluss hat.
2. welchen Einfluss Zufluss und Abfluss auf Überschwemmungen haben.

Die Strategie der mentalen Modellbildung

Vorphase Orientierung	Vorbereitung: etwas über die Alltagsvorstellungen (mentale Modelle) der Lernenden herausfinden <ul style="list-style-type: none"> • zum Beispiel durch einen Fragebogen
Phase I Aktivierung	Austausch und Klärung der mentalen Modelle der Lernenden <ul style="list-style-type: none"> • Zeichnen des eigenen mentalen Modells von Überschwemmungen • Aufhängen der Zeichnungen im Schulzimmer; die Lernenden erklären ihre Vorstellungen. • Ordnen der Zeichnungen in Bezug auf ähnliche konzeptionelle Vorstellungen
Phase II Restrukturierung und Bewertung	Unterschiede zwischen den mentalen Modelle der Lernenden und dem wissenschaftlichen Modell bewusst machen; Erweiterung und Bewertung der mentalen Modelle der Lernenden <ul style="list-style-type: none"> • Erklären des Aufbaus des wissenschaftlichen Überschwemmungsmodells • Vorführen seiner Funktionsweise durch Verwendung der verschiedenen Einsätze (versiegelte Landschaft, Landschaft mit Feuchtgebiet) • Diskutieren, welche Eigenschaften die mentalen Modelle der Lernenden und das wissenschaftliche Modell gemeinsam haben, worin sie sich unterscheiden und welche eigenen Besonderheiten beide Modellzugänge aufweisen • Diskutieren, ob man alle in der Klasse vorkommenden mentalen Modellvorstellungen mit dem wissenschaftlichen Modell erklären kann.
Phase III Anwendung	Vertiefen der neu gebildeten oder erweiterten mentalen Modelle und ihre Anwendung, um Probleme zu lösen <ul style="list-style-type: none"> • Erwerb grundlegender hydrologischer Begriffe und Konzepte (s. Arbeitsblatt 1) • Durchführung der Abflussmessungen mit dem Überschwemmungsmodell (s. Arbeitsblätter 2 und 3) • Anwendung des neu Gelesenen auf weiterführende Fragestellungen (s. Arbeitsblätter 4 und 5)
Phase IV Validierung/Reflektion	Präsentation der Lösungen, Rückblick und zusammenfassende Bewertung des Vorstellungsänderungsprozesses <ul style="list-style-type: none"> • Vorstellen und Diskussion der Lösungen • Diskussion auf der Metaebene, worin sich die eigenen Anfangs- und Schlussvorstellungen von Überschwemmungen unterscheiden, was man sich noch nicht so gut vorstellen kann, wo man noch Zweifel am wissenschaftlichen Modell hat, wo die Grenzen des wissenschaftlichen Modells liegen, welcher weiteren Vorstellungshilfen man bedarf, um sein mentales Modell weiter zu verbessern, usw.

Tab. 1: Eine konstruktivistische Unterrichtsstrategie, die Schülervorstellungen verändert

Quelle: nach Reinfried 2006, S. 41

3. was getan werden kann, um Überschwemmungen zu verhindern, beziehungsweise zumindest einzudämmen.

Zufluss, Abfluss und das Gewässer selbst sind also die Schlüsselstellen. Wenn der Zufluss größer als der Abfluss ist, steigt der Wasserspiegel und es kann zu Überschwemmungen kommen. Das System kann an drei Stellen beeinflusst werden, wobei den Lernenden bewusst gemacht werden muss, dass auch dadurch Überschwemmungen nicht gänzlich verhindert werden können (vgl. Abb. 4):

- bei 1, in dem man den Zufluss vermindert, zum Beispiel durch aktive Rückhalteflächen (Retentionsteiche);
- bei 2, in dem man das Volumen des Gerinnes und sein Vorland vergrößert, zum Beispiel durch passive Retentionsflächen (Überschwemmungsflächen);
- bei 3, in dem man die Abflusskapazität vergrößert, zum Beispiel durch die Verbreiterung des Bachs oder einen Entlastungsstollen, durch den das Hochwasser abgeleitet werden kann.

5.1 Methodisches Vorgehen

Der Weg der Vorstellungsänderung führt über die Klärung und Weiterentwicklung der subjektiven Vorstellungen (auch mentale Modelle genannt), auch wenn diese ganz oder teilweise fehlerhaft sind. Bloße Wissensvermittlung ist dazu nachgewiesenermaßen ungeeignet, weil Wissen nicht vom Kopf des Lehrers in den Kopf der Lernenden transportiert werden kann (Duit, 2008; Reinfried, 2008). In Anlehnung an den pädagogischen Konstruktivismus wird Lernen nicht als Ersetzen von vorunterrichtlichen Vorstellungen durch wissenschaftliche Vorstellungen verstanden, sondern als Rekonstruktionsprozess im Sinne von Modifizierung, Bereicherung und Differenzierung der vorunterrichtlichen Vorstellungen, bei deren Veränderung die Lernenden eine aktive Rolle spielen (Kattmann, 2005). Lernende müssen hierfür die Fähigkeit erwerben, die Eigenschaften, die ihr mentales Modell von einem bestimmten Sachverhalt im Vergleich zur wissenschaftlichen Vorstellung (also dem wissenschaftlichen Modell) hat, zu erkennen. Der Lerner wird also in die Lage des Forschers versetzt, der eine Auffassung, Deutung oder einen Wissensbestand klären will. Wenn dies nicht nur kognitiv geschieht, sondern auch die affektive Dimension einbezogen wird, wie dies mit der in Tabelle 1 vorgestellten 4-Phasen-Strategie beabsichtigt ist, lassen sich subjektive Theorien signifikant

stärker in Richtung auf wissenschaftlicher Vorstellungen verändern, als dies bei lehrerzentriertem Unterricht der Fall ist (Reinfried, 2006).

Im Rahmen der 4-Phasen-Strategie werden zu Beginn der Unterrichtseinheit zuerst die Alltagsvorstellungen der Schüler ergründet. Sie dürfen nicht als defizitär oder falsch hingestellt werden, um dann durch Unterricht vermeintlich überwunden zu werden, sondern sind Ausdruck des bisherigen Verständnisses von Hochwasser und Überschwemmungen. Sie sollten öffentlich gemacht werden, zum Beispiel durch Aufhängen der von den Lernenden angefertigten Zeichnungen im Schulzimmer, die dann nach Gemeinsamkeiten geordnet werden können (Tab. 1). Um den Lernenden die Bildung von wissenschaftlichen Vorstellungen zu erleichtern hat sich der Einsatz von physischen Modellen im Unterricht bewährt (Reinfried 2006; 2007; Reinfried, Schuler, Aeschbacher und Huber, 2008). Am Beispiel eines Flussmodells, das die hydrologischen Verhältnisse im Mittellauf eines Flusses zeigt, und viele, mit Überschwemmungen in Zusammenhang stehende Prozesse zu simulieren erlaubt, vergleichen die Schülerinnen und Schüler anschließend die Eigenschaften ihrer mentalen Modelle mit denen des physischen Modells auf Konvergenz oder Divergenz. Durch diese Gegenüberstellung kann ein kognitiver Konflikt oder Aha-Erlebnis ausgelöst werden, das eine wichtige Begleiterscheinung im Vorstellungsänderungsprozess ist. Da subjektive Theorien durch reine Anschauung jedoch kaum zu verändern sind, werden im nächsten Schritt mit dem Modell Versuche durchgeführt. Dadurch werden verschiedene Erfahrungen mit der Hochwasser- und Überschwemmungsproblematik gewonnen. An einem Fallbeispiel werden die neuen Erkenntnisse anschließend auf ein reales Hochwasserereignis übertragen und die dortigen Zusammenhänge analysiert. Die abschließende Evaluationsphase kann so gestaltet werden, dass die Schülerarbeitsgruppen ihre Ergebnisse und ihre Erkenntnisse in der Klasse zur Diskussion stellen. Zum Schluss wird nochmals ein Blick zurück auf den Erkenntnisprozess geworfen mit dem Ziel, sich des abgelaufenen Vorstellungsänderungsprozesses bewusst zu werden.

6. Das Hochwasser- und Überschwemmungsmodell

Das Modell (<http://wardsci.com/product.asp?pn=IG0046234>) repräsentiert die Verhältnisse eines Tieflandflusses, wie er

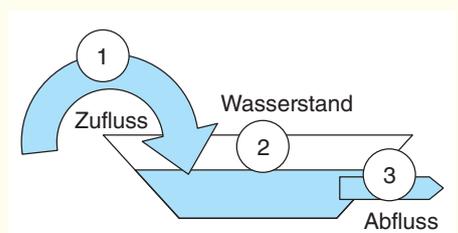


Abb. 4: Drei konkrete Einflussmöglichkeiten, um Hochwasser und Überschwemmungen zu reduzieren



Abb. 5: Das Hochwassermodell beim Einsatz von WARD'S
Foto: S. Reinfried

zum Beispiel in den USA durch den Mississippi oder in Deutschland durch die Elbe gegeben ist. Es erlaubt die Simulation von Hochwasser und dessen Auswirkungen auf Siedlungen auf Schwemmebenen.

Das Modell besteht aus einem Acrylglascontainer mit den Maßen ca. 119 cm x 42 cm x 23 cm, in den eine Landschaft aus Kunstharz eingelassen ist (Abb. 5). Die Kunstharzeinlage stellt eine Flusslandschaft mit der Flussniederung, der Nieder- und Mittelterrasse und deren Hochufern dar. Zwischen den Hochufern der Niederung mäandriert ein Fluss, der zwei Schwemmebenen gebildet hat. Im Einzugsgebiet des Flusses können fünf verschiedene Einsätze angebracht werden, mit denen unterschiedliche Bedingungen simuliert werden können und mit denen gezeigt werden kann, wie sich unterschiedliche Bedingungen im Einzugsgebiet auf Hochwasser auswirken. Zwei Einsätze dienen dazu, unterschiedlich intensiven Regen zu produzieren; die weiteren Einsätze repräsentieren ein Feuchtgebiet, ein Rückhaltebecken und eine versiegelte Parkplatzfläche. Das Mo-

dell wird mit viel Zubehör geliefert, mit dem man verschiedene Aktivitäten durchführen kann. Bestellungen sind über die Homepage von WARD'S (<http://wardsci.com/>) möglich. Das Modell wird auch ins Ausland geliefert.

Auf der Homepage von WARD'S (<http://wardsci.com/product.asp?pn=IG0046234>) findet sich ein Video, in dem das Modell und seine Funktionen vorgestellt werden. Falls der interessierte Leser keine finanziellen Möglichkeiten an seiner Schule hat, um das Modell zu bestellen, kann anstelle des realen Modells auch das Video (vorzugsweise ohne Ton) verwendet werden, um die Schülerinnen und Schüler mit dem Modell zu konfrontieren (Phase II in Tab. 1).

7. Mit der Lernumgebung angestrebte Kompetenzbereiche und Ziele

Kognitiv

Die Schülerinnen und Schüler ...

- werden sich ihrer Alltagsvorstellungen über Hochwasser bewusst.
- lernen die Ursachen von Flusshochwassern kennen.
- erwerben ein hydrologisches Begriffsvokabular.
- werden sich darüber klar, wie Veränderungen im Einzugsgebiet den Hochwasserscheitel, den Abfluss und das Risiko für Überschwemmungen beeinflussen.
- lernen Möglichkeiten kennen, wie Gebäude und Siedlungen an Flüssen vor Hochwasser geschützt werden können und beurteilen deren Wirksamkeit.
- verknüpfen theoretisches Wissen mit einem realen Ereignis.

Instrumentell

Die Schüler und Schülerinnen ...

- simulieren einige Ursachen von Flusshochwassern.
- bestimmen den Zeitpunkt und die Höhe von Hochwasserscheiteln, Abflussmengen, verschiedene Überschwemmungsstadien und den Abfluss-Fußabdruck unter verschiedenen Bedingungen.
- stellen Daten, die aus den Versuchen gewonnen werden, grafisch dar und analysieren sie.
- üben das Lesen und interpretieren von Grafiken und Karten.
- kommunizieren ihre Alltagsvorstellungen, ihren Lernzuwachs und ihre Arbeitsergebnisse ihren Mitschülern.

Affektiv

Die Schülerinnen und Schüler ...

- sammeln Erfahrungen in Bezug auf die Faktoren, die ein Hochwasser auslösen.

- erleben Zusammenhänge, die sie bisher so nicht gekannt haben und noch nie mit eigenen Augen so sehen konnten.
- erleben den Prozess der Wissens(re)konstruktion bewusst.

Aufgabenformate der Arbeitsblätter

Zielgruppe: ab Klasse 9

Arbeitsblatt 1: die unterschiedlichen Voraussetzungen für die Abflussbildung analysieren, Abflussganglinien interpretieren, Abflussganglinien den Abflussprozessen und Abflussreaktionen zuordnen; das Konzept des Abfluss-Fußabdrucks auf ein Hochwasser anwenden

Arbeitsblatt 2 (mit Datenerfassungsblättern): den Einfluss von Feuchtgebieten und versiegelten Flächen im Einzugsgebiet eines Flusses auf die Hochwasserbildung mittels des Hochwasser- und Überschwemmungsmodells simulieren

Arbeitsblatt 3 (mit Datenerfassungsblättern; s. Online-Ergänzung): Maßnahmen zur Verhinderung von Überschwemmungen mittels des Modells ausprobieren und ihre Wirkung testen

Arbeitsblatt 4 (s. Online-Ergänzung): die Ursachen und den Verlauf des Elbehochwassers von 2002 anhand von Grafiken und Karten rekonstruieren

Arbeitsblatt 5 (s. Online-Ergänzung): anhand einer Grafik überprüfen, ob die Aussage stimmt, dass Hochwasser immer schlimmer werden

Dank

Wir danken dem Geographielehrer Martin Müller und der Kantonsschule Hohe Promenade in Zürich für die Zurverfügungstellung von zwei Klassen für die Erhebung der Schülervorstellungen.

Anmerkungen

⁶ Bis jetzt ist ein solcher Zusammenhang noch nicht sicher wissenschaftlich nachgewiesen.

⁷ Der Übertritt von der Primarschule ins Gymnasium erfolgt im Kanton Zürich nach dem 6. Schuljahr.

Literatur

Duit, R. (2008): Zur Rolle von Schülervorstellungen im Unterricht. *geographie heute*, 265/266, S. 2–6.

DGfG Deutsche Gesellschaft für Geographie (2007): Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss – mit Aufgabenbeispielen. <http://compute.ku-eichstaett.de/hgd/>

Hofmann, A. (2011): Überschwemmungen in Australien mit globalen Folgen. *Neue Zürcher Zeitung*, 6. Januar 2011, Zürich.

Kattmann, U. (2005): Lernen mit anthropomorphen Vorstellungen? – Ergebnisse von Untersuchungen zur Didaktischen Rekonstruktion in der Biologie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg. 2005, 165–174.

Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. und Komorek, M. (1997): Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3/3, S. 3–18.

Reinfried, S. (2006): Alltagsvorstellungen – und wie man sie verändern kann. Das Beispiel Grundwasser. *geographie heute*, 243/244; S. 38–43.

Reinfried, S. (2007): Welche Unterrichtsstrategien verändern geographische Alltagsvorstellungen nachweislich? Eine empirische Studie zum Conceptual Change am Beispiel subjektiver Theorien über Grundwasser. *Geographie und ihre Didaktik*, 35/1, 20–40.

Reinfried, S. (2008): Schülervorstellungen und Lernen von Geographie. *geographie heute*, 265/266, S. 8–12.

Reinfried, S., Mathis, C. und Kattmann, U. (2009): Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – eine innovative Methode zur fachdidaktischen Erforschung und Entwicklung von Unterricht. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 27/3, S. 404–414.

Reinfried, S., Schuler, S., Aeschbacher, U. und Huber, E. (2008): Der Treibhauseffekt – Folge eines Lochs in der Atmosphäre? Wie Schüler sich ihre Alltagsvorstellungen bewusst machen und sie verändern können. *geographie heute*, 265/266, S. 24–33.

Reinfried, S., Rottermann, B., Aeschbacher U. und Huber, E. (2010a): Alltagsvorstellungen über den Treibhauseffekt und die globale Erwärmung verändern – eine Voraussetzung für Bildung für nachhaltige Entwicklung. *Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften*, 32/2, S. 251–271.

Reinfried, S., Rottermann, B., Aeschbacher U. und Huber, E. (2010b): Wirksamkeit einer lernpsychologisch optimierten Lernumgebung auf die Veränderungen von Schülervorstellungen über den Treibhauseffekt und die globale Erwärmung – eine Pilotstudie. *Geographie und ihre Didaktik*, 38/4, S. 218–239.

Wälterlin, U. (2011): Australien sucht Schuldige. *Tagesanzeiger*, 25. Januar 2011, Zürich.

Anschriften der Verfasser

Prof. Dr. Sibylle Reinfried, Pädagogische Hochschule Zentralschweiz (PHZ) Luzern, Geographie und Geographiedidaktik, Frohburgstr. 3, CH-6002 Luzern

Dr. Peter M. Kienzler, Scherrer AG Hydrologie und Hochwasserschutz, Schönmattdstr. 8, CH-4153 Reinach

Arbeitsblatt 2

Erforschung von Hochwasserrisikofaktoren an Flüssen mit dem WARD'S-Hochwasser- und Überschwemmungsmodell

Zeitbedarf: Für jeden Versuch werden ca. 10 Minuten benötigt. In einer Unterrichtsstunde von 45 bis 50 Minuten sollten vier Experimente durchführbar sein (Teil 1 + 2).

Sozialform: Gruppenarbeit

Die Klasse bildet Gruppen von 6 bis 8 Lernenden. Jedem Schüler wird eine Aufgabe zugeteilt: Regenmacher, Flussableser, Stoppuhrbediener, Datenerfasser 1 mit Papierdatenerfassungsblatt (Excel-Tabelle), Datenerfasser 2 mit Excel-Tabelle auf PC (falls kein Computer zur Verfügung steht, kann man auch zwei Lernende mit der Datenaufzeichnung auf Papier beauftragen), Abflussmesser nach dem Auslass, 1 bis 2 Datenauswerter.

Jede Gruppe führt einen Versuch durch, sodass jede Gruppe einmal die Möglichkeit hat, aktiv Erfahrungen am Modell zu sammeln.

Material

- WARD'S-Überschwemmungsmodell mit Zubehör
- Knet- oder eine andere Modelliermasse
- Stoppuhr
- Datenerfassungsblätter 1 und 2
- Excel-Tabellen¹ zur grafischen Darstellung der Daten
- PC und Beamer

Vorgehen

Teil 1: Versuch mit Feuchtgebieten

1. Zur Vorbereitung des ersten Versuchs wird der Feuchtgebieteinsatz mit leicht angefeuchteten Schwämmen und Vegetation (Spielzeughäuschen, Rentierflechten, o.ä.) so hergerichtet, dass die Assoziation an ein Moor oder Feuchtgebiet geweckt wird. Entlang des Flusses, z.B. auf der Überschwemmungsebene und auf den Terrassen werden Spielzeughäuschen platziert. Eine Gruppe erhält den Auftrag, den ersten Versuch durchzuführen während die anderen Gruppen beobachten.
2. Im ersten Versuch geht es darum, die Bedingungen in einem naturnahen, durch bauliche Eingriffe nicht beeinträchtigten Einzugsgebiet zu erforschen. Dazu werden der Feuchtgebieteinsatz und der Einsatz, mit dem Starkniederschläge produziert werden können, in das Modell eingesetzt.
3. Der Regenmacher füllt in den Messbecher 2800 ml (2,8 l) Wasser aus dem Hahnen oder einem Wassereimer.
4. Bevor es losgeht, liebt der Flussableser den Wasserstand im Fluss an der Messstelle ab und zeichnet diesen Wert für die Zeit „0“ im Datenerfassungsblatt (Excel-Tabelle 1) „Feuchtgebiete“ auf.
5. Die Schüler in den beobachtenden Gruppen haben den Auftrag das Gesamtgeschehen im Einzugsgebiet und am Fluss zu beobachten, da die Schüler, welche die Messungen machen oder auf-

zeichnen sich auf einen kleinen Ausschnitt des Flusssystems konzentrieren müssen und nicht alle Veränderungen mitbekommen.

6. Die Zeitmessung beginnt, wenn der Regenmacher das Wasser in den Starkniederschlagseinsatz gießt. Der Stoppuhrbediener hat die Aufgabe, dem Flussableser alle 5 Sekunden ein Signal zum Ablesen des Wasserstandes im Fluss an der Messstelle zu geben. Der Flussableser gibt den Wert laut bekannt. Es dauert einige Ableseperioden, bis der Abfluss den Fluss erreicht.
7. Die Datenerfasser notieren die Messwerte sofort. Da die Angaben des Wasserstandes sehr schnell aufeinander folgen, ist es hilfreich, wenn zwei Personen die Messwerte mit unterschiedlichen Hilfsmitteln (auf Papier in Excel-Tabelle 1 und mit PC in die Excel-Tabelle 2 „Ganglinien“) notieren. Falls kein Computer zur Verfügung steht, kann man auch zwei Schüler mit der Datenaufzeichnung auf Papier beauftragen. Der Flussableser ruft alle 5 Sekunden den abgelesenen Wert aus. In der Regel werden die Messwerte 2 Minuten lang aufgezeichnet oder zumindest so lange, bis der Fluss zu fließen aufhört.
8. Sobald der Fluss zu fließen aufhört, gießt der Abflussmesser das aus dem Modellablauf abgeflossene und gesammelte Wasser in den Messbecher. Die gemessene Wassermenge wird auf dem Datenerfassungsblatt festgehalten.
9. Danach diskutiert die Klasse ihre Beobachtungen, die ebenfalls auf dem Datenerfassungsblatt festgehalten werden.
10. Die Datenauswerter bestimmen (evtl. mit Hilfe der Lehrperson) den Zeitpunkt des Hochwasserscheitels, die Höhe des Hochwasserscheitels und den „Abflussfußabdruck“ und tragen die Werte auf dem Datenerfassungsblatt ein.

Teil 2: Versuch mit Parkplatz

1. Im zweiten Versuch geht es darum, die Bedingungen in einem überbauten Einzugsgebiet zu erforschen. Der Feuchtgebieteinsatz wird durch den Parkplatzersatz ersetzt. Die zweite Schülergruppe tritt nun in Aktion gemäß dem in Teil 1 beschriebenen Vorgehen. Sie halten ihre Daten im Datenerfassungsblatt „Parkplatz“ fest.
2. Nach der Durchführung der beiden Versuche werden die Daten besprochen und diskutiert.

Anmerkung

¹ Die für diesen Versuch benötigten Excel-Tabellen stehen unter www.aulis.de als Online-Ergänzung zur Verfügung.

Arbeitsblatt 2

Erforschung von Hochwasserrisikofaktoren an Flüssen mit dem WARD'S-Hochwasser- und Überschwemmungsmodell

Zeitbedarf: Für jeden Versuch werden ca. 10 Minuten benötigt. In einer Unterrichtsstunde von 45 bis 50 Minuten sollten vier Experimente durchführbar sein (Teil 1 + 2).

Sozialform: Gruppenarbeit

Die Klasse bildet Gruppen von 6 bis 8 Lernenden. Jedem Schüler wird eine Aufgabe zugeteilt: Regenmacher, Flussableser, Stoppuhrbediener, Datenerfasser 1 mit Papierdatenerfassungsblatt (Excel-Tabelle), Datenerfasser 2 mit Excel-Tabelle auf PC (falls kein Computer zur Verfügung steht, kann man auch zwei Lernende mit der Datenaufzeichnung auf Papier beauftragen), Abflussmesser nach dem Auslass, 1 bis 2 Datenauswerter.

Jede Gruppe führt einen Versuch durch, sodass jede Gruppe einmal die Möglichkeit hat, aktiv Erfahrungen am Modell zu sammeln.

Material

- WARD'S-Überschwemmungsmodell mit Zubehör
- Knet- oder eine andere Modelliermasse
- Stoppuhr
- Datenerfassungsblätter 1 und 2
- Excel-Tabellen¹ zur grafischen Darstellung der Daten
- PC und Beamer

Vorgehen

Teil 1: Versuch mit Feuchtgebieten

1. Zur Vorbereitung des ersten Versuchs wird der Feuchtgebieteinsatz mit leicht angefeuchteten Schwämmen und Vegetation (Spielzeughäuschen, Rentierflechten, o.ä.) so hergerichtet, dass die Assoziation an ein Moor oder Feuchtgebiet geweckt wird. Entlang des Flusses, z.B. auf der Überschwemmungsebene und auf den Terrassen werden Spielzeughäuschen platziert. Eine Gruppe erhält den Auftrag, den ersten Versuch durchzuführen während die anderen Gruppen beobachten.
2. Im ersten Versuch geht es darum, die Bedingungen in einem naturnahen, durch bauliche Eingriffe nicht beeinträchtigten Einzugsgebiet zu erforschen. Dazu werden der Feuchtgebieteinsatz und der Einsatz, mit dem Starkniederschläge produziert werden können, in das Modell eingesetzt.
3. Der Regenmacher füllt in den Messbecher 2800 ml (2,8 l) Wasser aus dem Hahnen oder einem Wassereimer.
4. Bevor es losgeht, liest der Flussableser den Wasserstand im Fluss an der Messstelle ab und zeichnet diesen Wert für die Zeit „0“ im Datenerfassungsblatt (Excel-Tabelle 1) „Feuchtgebiete“ auf.
5. Die Schüler in den beobachtenden Gruppen haben den Auftrag das Gesamtgeschehen im Einzugsgebiet und am Fluss zu beobachten, da die Schüler, welche die Messungen machen oder auf-

zeichnen sich auf einen kleinen Ausschnitt des Flusssystemes konzentrieren müssen und nicht alle Veränderungen mitbekommen.

6. Die Zeitmessung beginnt, wenn der Regenmacher das Wasser in den Starkniederschlagseinsatz gießt. Der Stoppuhrbediener hat die Aufgabe, dem Flussableser alle 5 Sekunden ein Signal zum Ablesen des Wasserstandes im Fluss an der Messstelle zu geben. Der Flussableser gibt den Wert laut bekannt. Es dauert einige Ableseperioden, bis der Abfluss den Fluss erreicht.
7. Die Datenerfasser notieren die Messwerte sofort. Da die Angaben des Wasserstandes sehr schnell aufeinander folgen, ist es hilfreich, wenn zwei Personen die Messwerte mit unterschiedlichen Hilfsmitteln (auf Papier in Excel-Tabelle 1 und mit PC in die Excel-Tabelle 2 „Ganglinien“) notieren. Falls kein Computer zur Verfügung steht, kann man auch zwei Schüler mit der Datenaufzeichnung auf Papier beauftragen. Der Flussableser ruft alle 5 Sekunden den abgelesenen Wert aus. In der Regel werden die Messwerte 2 Minuten lang aufgezeichnet oder zumindest so lange, bis der Fluss zu fließen aufhört.
8. Sobald der Fluss zu fließen aufhört, gießt der Abflussmesser das aus dem Modellablauf abgeflossene und gesammelte Wasser in den Messbecher. Die gemessene Wassermenge wird auf dem Datenerfassungsblatt festgehalten.
9. Danach diskutiert die Klasse ihre Beobachtungen, die ebenfalls auf dem Datenerfassungsblatt festgehalten werden.
10. Die Datenauswerter bestimmen (evtl. mit Hilfe der Lehrperson) den Zeitpunkt des Hochwasserscheitels, die Höhe des Hochwasserscheitels und den „Abflussfußabdruck“ und tragen die Werte auf dem Datenerfassungsblatt ein.

Teil 2: Versuch mit Parkplatz

1. Im zweiten Versuch geht es darum, die Bedingungen in einem überbauten Einzugsgebiet zu erforschen. Der Feuchtgebieteinsatz wird durch den Parkplatzseinsatz ersetzt. Die zweite Schülergruppe tritt nun in Aktion gemäß dem in Teil 1 beschriebenen Vorgehen. Sie halten ihre Daten im Datenerfassungsblatt „Parkplatz“ fest.
2. Nach der Durchführung der beiden Versuche werden die Daten besprochen und diskutiert.

Anmerkung

¹ Die für diesen Versuch benötigten Excel-Tabellen stehen unter www.aulis.de als Online-Ergänzung zur Verfügung.

Arbeitsblatt 3

Erforschung von Maßnahmen zur Verminderung von Flusshochwasser mit dem WARD²S-Hochwasser- und Überschwemmungsmodell

Zeitbedarf: Für jeden Versuch werden ca. 10 Minuten benötigt. In einer Unterrichtsstunde von 45 bis 50 Minuten sollten vier Experimente durchführbar sein (Teil 1 + 2).

Sozialform/Material

Gruppenarbeit (wie bei Arbeitsblatt 2)

Vorgehen

Teil 1: Versuch mit Parkplatz und Damm

1. Was kann man tun, um Leben und Eigentum vor Flusshochwasser zu schützen? Fertigt eine Liste an der Tafel an. Diskutiert die besten Möglichkeiten in der Klasse.
2. Für den ersten Versuch, der bei diesem Arbeitsauftrag durchzuführen ist, werden der Parkplatz- und der Starkniederschlagseinsatz in das Modell eingesetzt. Das Datenerfassungsblatt „Parkplatz und Damm“ wird bereitgestellt. Um einen Damm zu bauen, der die Häuser auf der Schwemmebene schützt, wird die Knetmasse verwendet.
3. Diskutiert in der Klasse, welche Dammkonstruktion am geeignetsten sein könnte und wo sie platziert sein müsste, um die Häuser am besten zu schützen.
4. Eine Dammbauergruppe (2 Schüler aus den Beobachtergruppen) erhält den Auftrag, den Damm zu bauen.
5. Die dritte Schülergruppe tritt nun in Aktion. Wie beim Arbeitsauftrag 1 liebt der Flussableser als erstes den Wasserstand im Fluss an der Messstelle ab und zeichnet diesen Wert für die Zeit „0“ im Datenerfassungsblatt „Feuchtgebiete“ auf.
6. Der Regenmacher füllt in den Messbecher 2800 ml (2,8 l) Wasser aus dem Hahnen oder einem Wassereimer.
7. Die Zeitmessung und Datensammlung beginnt, wenn der Regenmacher das Wasser in den Starkniederschlagseinsatz gießt. Das Wasser sollte gleichmäßig eingegossen werden, sodass der Einsatz nicht überläuft. Der Stoppuhrbediener hat die Aufgabe, dem Flussableser alle 5 Sekunden ein Signal zum Ablesen des Wasserstandes im Fluss an der Messstelle zu geben. Der Flussableser gibt den Wert laut bekannt. Es dauert einige Ableseperioden, bis der Abfluss die Messstelle erreicht.
8. Die Datenerfasser notieren die Messwerte sofort. Da die Angaben des Wasserstandes sehr schnell aufeinander folgen, ist es hilfreich, wenn zwei Personen die Messwerte mit unterschiedlichen Hilfsmitteln (auf Papier und PC) notieren. Falls kein Computer zur Verfügung steht, kann man auch zwei Lernende mit der Datenaufzeichnung auf Papier beauftragen. Der Flussableser ruft alle 5 Sekunden den abgelesenen Wert aus. In der Regel werden die Messwerte 2 Minuten lang aufgezeich-

net oder zumindest so lange, bis der Fluss zu fließen aufhört.

9. Sobald der Fluss zu fließen aufhört, gießt der Abflussmesser das aus dem Modellablauf abgeflossene und gesammelte Wasser in den Messbecher. Die gemessene Wassermenge wird auf dem Datenerfassungsblatt festgehalten.
10. Danach diskutiert die Klasse ihre Beobachtungen, die ebenfalls auf dem Datenerfassungsblatt festgehalten werden.
11. Die Datenauswerter bestimmen (evtl. mit Hilfe der Lehrperson) den Zeitpunkt Hochwasserscheitel, die Höhe des Hochwasserscheitels und den „Abflussfußabdruck“ und tragen die Werte auf dem Datenerfassungsblatt ein.

Teil 2: Versuch mit Rückhaltebecken

1. Ersetze für diesen Versuch den Parkplatzseinsatz durch den Rückhaltebeckeneinsatz. Platziere dann den Parkplatzseinsatz und anschließend den Starkniederschlagseinsatz darüber. Jetzt tritt die vierte Schülergruppe gemäß dem in Teil 1 beschriebenen Vorgehen in Aktion. Sie hält ihre Daten im Datenerfassungsblatt „Rückhaltebecken“ fest.
2. Nach der Durchführung der beiden Versuche werden die Daten besprochen und diskutiert.

Arbeitsblatt 3 (Fortsetzung)

Hintergrundinformation für die Schülerinnen und Schüler – Verhinderung von Überschwemmungen

Dämme und Deiche

Um eine Überschwemmung zu verhindern, versucht man meist, den Fluss zu vergrößern, damit mehr Wasser abfließen kann. Oft stehen Häuser oder Brücken direkt am Fluss, sodass man den Querschnitt nicht verbreitern kann, deshalb baut man Dämme oder Deiche um die Ufer zu erhöhen. Damit vergrößert man den Flussquerschnitt nicht in die Breite, aber in die Höhe. Während einem Hochwasser werden manchmal auch Dämme aus Sandsäcken gelegt, um Überschwemmungen zu verhindern.



Abb. 1: Rheindamm

Quelle: Fotograf: Andrew Bossi. CC-by-SA-2.5. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:3123_-_Schaan-Vaduz_-_Rheindamm.JPG

Wasserrückhalt und Retention

Mit Rückhaltebecken oder großen Überflutungsflächen (Fachwort: Retentionsflächen) entlang von Flüssen kann das Wasser zurückgehalten werden, damit es gleichmäßiger abfließt. So kann eine Verkleinerung und Verzögerung des Hochwasserscheitels erreicht werden. Dieser Wasserrückhalt ist allerdings oft umstritten, da große Flächen benötigt werden und hohe Kosten anfallen. Ein Rückhaltebecken nützt vor allem in kleinen Einzugsgebieten der Bäche und Kleinflüsse etwas, wo Gewitter kurze und heftige Hochwasserspitzen verursachen. Bei längeren Hochwasserereignissen kann es vorkommen, dass die Becken schon voll sind, bevor der Hochwasserscheitel überhaupt ankommt. An großen Flüssen wie dem Rhein werden sehr große Retentionsflächen benötigt, um eine spürbare Verringerung der Hochwasserspitzen zu erreichen.



Abb. 2: Rückhaltebecken

Quelle: Kanton Solothurn, Amt für Umwelt

Lernkontrolle für die Arbeitsaufträge auf den beiden Arbeitsblättern 2 und 3

1. Hat der Damm Überschwemmungen verhindert? Erkläre deine Antwort.
2. Welchen Einfluss hatte der Damm auf die zweite Überflutungsebene flussabwärts?
3. Beschreibe, wie das Rückhaltebecken Überschwemmungen verhindert hat.
4. Beschreibe die Bedingungen im Einzugsgebiet des Flusses, die im Modell zu Überschwemmungen führten.
5. Welche Bedingungen im Einzugsgebiet des Flusses haben den Verlauf von Überschwemmungen günstig beeinflusst?
6. Zähle andere reale Beispiele von überbauten und nicht überbauten Landoberflächen auf, die ähnlich sind, wie jene, die durch die drei Einsätze im Einzugsgebiet repräsentiert werden.
7. Zähle zwei Hauptauswirkungen auf ein Flusssystem auf, die durch den Verlust von Überschwemmungsebenen, Feuchtgebieten und anderen natürlichen Wasserrückhaltegebiete entstehen.
8. Fertige eine Tabelle mit zwei Spalten mit je einem Tabellenkopf an. Der Titel der Tabelle lautet „Faktoren, welche die Gefahr von Überschwemmungen beeinflussen“. In den Tabellenkopf der einen Spalte schreibst du „Faktoren, welche die Gefahr steigern“ und in die andere Spalte schreibst du „Faktoren, welche die Gefahr vermindern“. Liste nun mindestens zwei Faktoren in jeder Spalte auf.

Arbeitsblatt 4

Zeitbedarf: Die Aufgaben (Teil 1 + 2) können in einer Unterrichtsstunde von ca. 45 Minuten gelöst und diskutiert werden.

Sozialform/Material:
Einzel- und Partnerarbeit

Hinweis für die Lehrperson: Für Aufgabe 6 kariertes Transparentpapier bereitstellen. Für ein genaueres Ergebnis kann die Karte in Abbildung 4 vergrößert werden.

Teil 1

Hochwasser, obwohl es gar nicht regnet?

Im Unterlauf eines langen Flusses kann Hochwasser auftreten, ohne dass überhaupt ein Tropfen Regen gefallen ist – dann nämlich, wenn es im Oberlauf des Flusses Hochwasser gab. Durch das Abfließen der Wassermassen bewegt sich auch der Hochwasserscheitel langsam flussabwärts, wie eine riesige Welle. Dementsprechend spricht man auch von der „Hochwasserwelle“. Die Ab-

bildung 1 zeigt den Verlauf der Elbe mit den drei Städten Dresden, Magdeburg und Neu-Darchau. In diesen Städten gibt es jeweils eine Pegelstation an welcher der Wasserstand (= Pegelstand) gemessen und dauernd aufgezeichnet wird. In der Abbildung 2 sind die Wasserstandsganglinien dieser drei Elbepegel während des Hochwassers im August 2002 dargestellt.

Aufgaben

1. Lies zuerst den Text „Hochwasser, obwohl es gar nicht regnet?“.
2. Warum gab es in Neu-Darchau (Abb. 1 und 2) Hochwasser, obwohl es dort nur wenig regnete?
3. Beobachte und beschreibe anhand der Abbildung 2, wie der Hochwasserscheitel flussabwärts wanderte und sich dabei veränderte. Wie hoch ist der jeweilige Hochwasserscheitel in den drei Städten? Wann trat der Hochwasserscheitel jeweils auf?
4. Der Abstand zwischen den drei Städten entlang der Elbe ist je ungefähr 220 km. Mit welcher Geschwindigkeit wanderte die Hochwasserwelle flussabwärts?



Abb. 1: Karte der Elbe

nach Autor: Tzzpff. CC-by-SA-3.0.
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lauf_der_Elbe.png?uselang=de

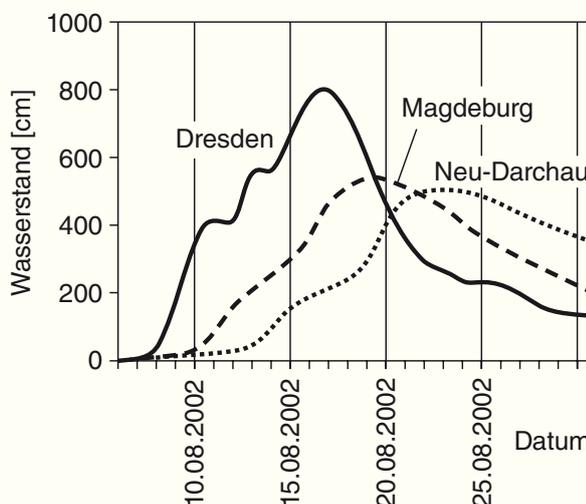


Abb. 2: Hochwasserwelle der Elbe im August 2002

Quelle: nach Bundesanstalt für Gewässerkunde BfG (2002):
Das Augusthochwasser 2002 im Elbegebiet. Bericht, S. 49

Arbeitsblatt 4 (Fortsetzung)

Teil 2

Dämpfung von Hochwasser durch natürliche Rückhalteflächen

Durch die Bebauung und Besiedlung der Überschwemmungsebenen der Flüsse, der sogenannten Auen, ging ein Großteil der natürlichen Rückhalteflächen verloren. Diese sogenannten Auen waren ökologisch wertvolle Lebensbereiche und bewirkten ursprünglich als natürliche Wasserrückhalteflächen eine Dämpfung der Hochwasserscheitel. Heute wird das Wasser durch hohe Dämme im Fluss gehalten. Der Lebensraum Aue ist weitgehend zerstört und ihr hochwasserdämpfender Effekt verloren gegangen. Bei sehr großen Hochwassern mit Damnbrüchen werden diese Bereiche allerdings unfreiwillig geflutet und

es kommt zu katastrophalen Schäden an Häusern und Industrieanlagen.

Die Abbildung 3 zeigt auf einer Karte der Elbe, wie stark der ehemalige Überflutungsraum der Elbe (gepunktete Flächen) im Vergleich zu heute (schraffierte Flächen) zusammengeschrumpft ist. Grau markiert sind die Flächen, die beim katastrophalen Hochwasser im August 2002 unfreiwillig durch Damnbrüche überflutet wurden. Berechnungen nach dem Hochwasser zeigten, dass diese unfreiwilligen Überflutungen den Hochwasserscheitel in Wittenberg um fast einen halben Meter dämpften und dadurch noch größere Schäden verhinderten.

Aufgaben

5. Informiere dich auch jetzt zuerst wieder über die Fakten mittel des Textes „Dämpfung von Hochwasser durch natürliche Rückhalteflächen“.
6. Lege ein kariertes Transparentpapier (wird von der Lehrperson ausgeteilt) auf die Abbildung 3. Pause die Umriss des ehemaligen Überflutungsraums (gepunktet) und die des heutigen Überflutungsraums (schraffiert) mit zwei verschiedenen Farbstiften durch und färbe die Flächen an. Fertige eine Legende an.
7. Zähle die Vierecke aus, die von den beiden verschiedenfarbigen Flächen überdeckt werden. Zähle viertel und halbe Vierecke zusammen. Bedenke, dass der heutige Überflutungsraum im ehemaligen Überflutungsraum enthalten war und bei der Auszählung des ehemaligen Überflutungsraums mitgezählt werden muss.
8. Setze die Anzahl Vierecke zueinander ins Verhältnis. Um wie viel Prozent ist die Überschwemmungsfläche ungefähr zurückgegangen? (Der so errechnete Wert ist nur eine grobe Schätzung.)
9. Vergleiche dein Ergebnis mit dem eines Mitschülers.

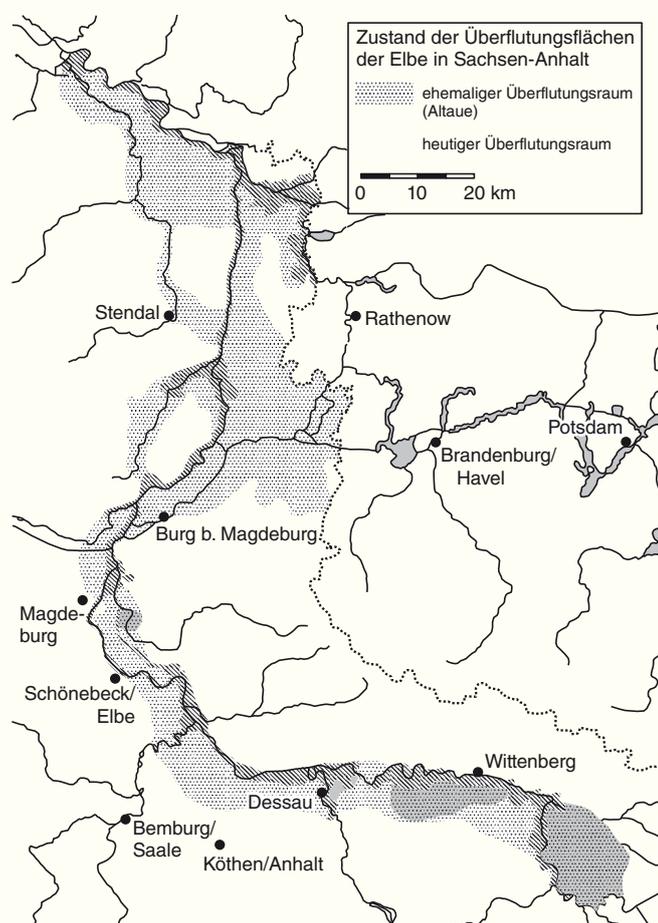


Abb. 3: Karte der Elbaue einst und heute

Quelle: nach Bundesanstalt für Gewässerkunde BfG (2002): Das Augusthochwasser 2002 im Elbegebiet. Bericht, S. 49

Arbeitsblatt 5

Zeitbedarf: Die Aufgaben können in einer halben Unterrichtsstunde (von ca. 45 Minuten) gelöst und diskutiert werden.

Sozialform/Material:
Einzel- und Partnerarbeit

Hochwasser: Katastrophe oder Naturereignis?

Bei der Frage nach den Ursachen eines Hochwassers werden in den Medien oft die Klimaveränderung, die Flächenversiegelung oder die Begründung von Flüssen genannt. Sicher können diese Faktoren lokal zu einer Verschärfung der Situation beitragen, doch wird dabei meist außer Acht gelassen, dass große Hochwasser auch in der Vergangenheit immer wieder auftraten. Nur ist die Wiederkehrperiode von großen Hochwassern sehr lang – meist sogar länger als ein Menschenleben, sodass keine persönlichen Erfahrungen mit einer ähnlichen Katastrophe vorhanden sind. Lediglich historische Wassermarken an alten Brückenbauwerken weisen manchmal darauf hin, dass regelmäßig Überschwemmungen auftraten.

Solche Wassermarken geben Auskunft darüber, ob sich das Hochwasserproblem verschärft hat. Sie zeigen die Wiederkehrperioden von Hochwasser in einem Fluss und die Größe von sogenannten 100-jährlichen Hochwasserereignissen. Damit bezeichnet man ein Hochwasser, das – statistisch gesehen – nur einmal in 100 Jahren vorkommt. Bei der Analyse solcher historischer Wassermarken und durch Messungen haben Fachleute festgestellt, dass tatsächlich in den letzten Jahren eine Häufung von großen Hochwassern zu beobachten ist – wenn man aber sehr lange, über mehrere Jahrhunderte zurückblickt, bemerkt man, dass es

solche Häufungen schon mehrmals gegeben hat. Man kann also aus der aktuellen Situation noch keine Rückschlüsse ziehen, ob die momentane Hochwasserhäufung auf Klimaveränderung oder andere vom Menschen verursachte Veränderungen zurückgeht oder ob es ein Ausdruck der natürlichen Schwankung ist. Sicher ist, dass die Schäden durch Überschwemmungen zugenommen haben. Dies hat jedoch damit zu tun, dass in den überschwemmungsgefährdeten Gebieten immer mehr und teurere Bauten und Verkehrsanlagen stehen.

Hochwasser sind also Naturereignisse, die zwar selten und unverhofft, aber regelmäßig immer wieder auftreten. Zur Katastrophe können diese Extremereignisse für uns Menschen werden, wenn wir uns nicht entsprechend vorbereiten oder verhalten. Beispielsweise unterschätzen immer wieder Menschen die Gewalt von strömendem Wasser und die Gefahren, die von einem Hochwasser ausgehen können. Die meisten Unglücksfälle, die bei Hochwasser auftreten, könnten vermieden werden, wenn einfache Sicherheitsregeln und Anweisungen von Feuerwehr und Polizei beachtet werden. Trauriges Beispiel ist der tragische Tod eines Mannes in Freiburg, der mit seinem Fahrrad über einen überfluteten und deshalb gesperrten Radweg über die Dreisam fuhr, in den Fluss stürzte und ertrank.

Aufgaben

1. Lies den Text. Markiere im Text die Stellen, die zur Überprüfung der Schlagzeile „Hochwasser werden immer schlimmer!“ hilfreich sind.
2. Besuche im Internet die Seite <http://real-planet.eu/hochwasser.htm>. Gehe auf dieser Seite zu Elbe, Region um Dresden > Hochwassermarken Pillnitz und klicke diese an. Lies auf dem Foto anhand der Hochwassermarken ab, wann die Elbe schon einmal so hoch stand wie 2002.
3. Die Abbildung 1 zeigt die Hochwasserhäufigkeit an Elbe, Rhein und Weser. Beschreibe den Kurvenverlauf, die Häufigkeit und Intensität der Hochwasser. Kannst man bestimmte Regelmäßigkeiten erkennen?
4. Stimmt die Aussage „Hochwasser werden immer schlimmer!“? Was antwortest du jemandem, der das behauptet?

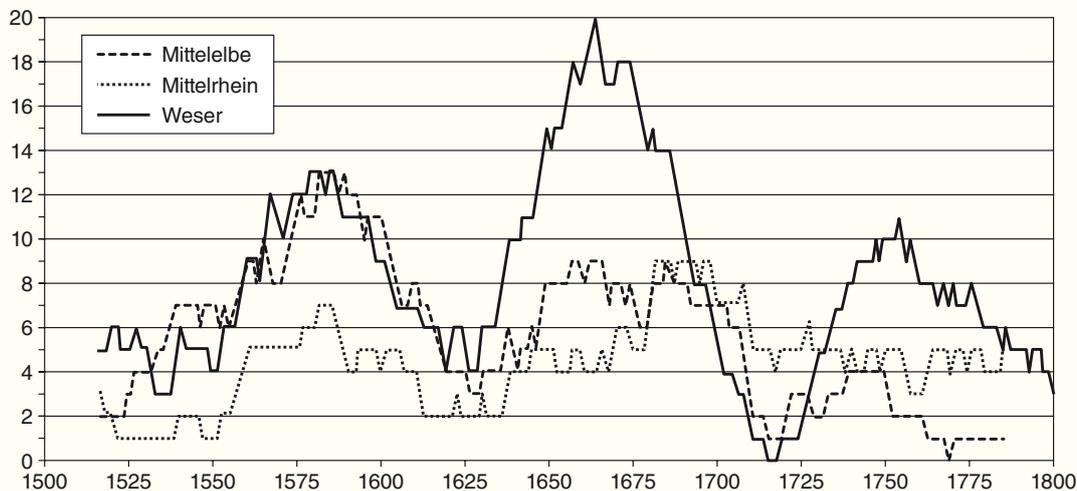


Abb. 1: Die Hochwasserhäufigkeit von Elbe, Rhein und Weser von 1500 bis 1800. Die neueren Angaben fehlen, weil darüber noch keine gesicherten Daten vorliegen.

Quelle: nach Glaser, R. 2001, Klimageschichte Mitteleuropas. 1000 Jahre Wetter, Klima, Katastrophen. Wiss. Buchgesellschaft, Darmstadt