



**University of
Zurich**^{UZH}

**Zurich Open Repository and
Archive**

University of Zurich
University Library
Strickhofstrasse 39
CH-8057 Zurich
www.zora.uzh.ch

Year: 2007

**Wasserschloss in einer durstigen Welt: Bedeutung der Gebirge für den
Wasserhaushalt**

Weingartner, Rolf ; Viviroli, Daniel

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich

ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-112010>

Journal Article

Published Version

Originally published at:

Weingartner, Rolf; Viviroli, Daniel (2007). Wasserschloss in einer durstigen Welt: Bedeutung der Gebirge für den Wasserhaushalt. *Die Alpen*, 2:34-37.

Bedeutung der Gebirge für den Wasserhaushalt

Wasserschloss in einer durstigen Welt

Die Gebirgsregionen umfassen rund einen Viertel der Landoberfläche der Erde. Da sie aber weit mehr zum gesamten auf der Erde erzeugten Abfluss beitragen, als aufgrund dieses Flächenanteils zu erwarten wäre, werden sie zu Recht als «Wasserschlösser» bezeichnet.

Besonders markant zeigt sich die hydrologische Bedeutung der Berge, wenn man die Regionen ausserhalb der feuchten Tropen betrachtet: Bei einem Flächenanteil von 24% stammen hier 46% des Abflusses aus den Gebirgen. Je trockener das Unterland ist, desto wichtiger werden die benachbarten Gebirge. In Trocken-zonen, also in ariden bis semiariden Gebieten, sind die Gebirge sogar oftmals die einzigen Wasserlieferanten. Ihr Wasserüberschuss wird über die Ströme in die trockenen Vorländer transportiert und dort hauptsächlich zur Bewässerung und somit zur Nahrungsmittelproduktion genutzt. So befindet sich das weltgrösste Bewässerungssystem in Pakistan am Unterlauf des Indus. Dieser hat seine Wurzeln im wasserreichen Himalaya. Ein weiteres bekanntes Beispiel ist der Nil, der im afrikanischen Hochland entspringt. Er bringt Ägypten genügend Wasser, um eine nahezu stabile Nahrungsmittelproduktion zu gewährleisten.

Viel Regen in der Schweiz

Doch selbst in humiden Regionen, also in Gebieten mit grossem Niederschlagsdargebot¹, wird das Abflussverhalten der

¹ Die in der Natur zur Verfügung stehende Wassermenge wird als Dargebot bezeichnet.



Foto: Daniel Wivroff

Der Unteraargletscher am Ende des Grimselsees, im Quellgebiet der Aare: Der Ursprung der

meisten grösseren Alpenflüsse liegt in Gletscherregionen.

grossen Flusssysteme massgeblich von den hydrologischen Verhältnissen im Gebirge beeinflusst. Dies veranschaulicht das Beispiel der europäischen Alpen. Sie bilden für die häufig von Nordwesten oder Südwesten anströmenden Luftmassen ein markantes Hindernis. Es kommt zur Hebung und Abkühlung der Luft und somit zur Bildung von Niederschlag. Im Gebirgsland Schweiz sind deshalb die Niederschläge mit einem Mittelwert von rund 1500 mm/Jahr fast doppelt so hoch wie im restlichen Europa. Etwa ein Drittel des Niederschlages in der Schweiz verdunstet. Die übrigen zwei Drittel verlassen die Schweiz über die grossen Flüsse in Richtung Tiefländer.

Wasserreichtum dank den Alpen

Vergleicht man die im Rhein bei Basel abfliessende Wassermenge mit dem Gesamtabfluss des Rheins in den Niederlanden, zeigt sich der Einfluss der Alpen sehr deutlich. Die Fläche des Rheineinzugsgebietes bis Basel umfasst lediglich 21% des gesamten Rheingebietes. Dieser Flächenanteil trägt aber im Jahresmittel 47% zum Gesamtabfluss bei. Die Gebirgsregionen erzeugen also doppelt so viel Wasser, als aufgrund des Flächenanteils zu erwarten wäre. Im Sommer, wenn in Deutschland, Frankreich und Holland wegen hoher Verdunstung nur ein geringer Anteil des Niederschlags zum Abfluss gelangt, stammen gar über

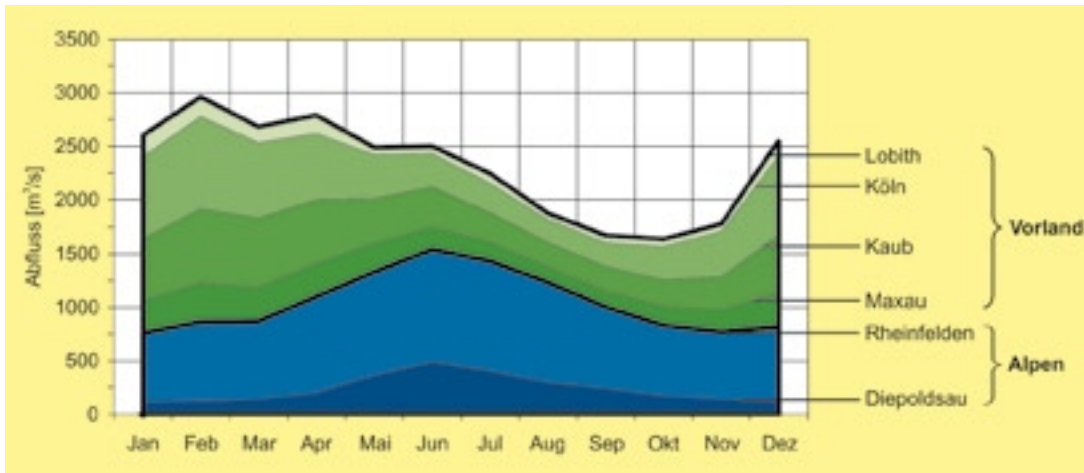
60% des Gesamtabflusses aus dem Alpenraum.

Die Gebirgsabflüsse sind geprägt von einem regelmässigen Jahreszyklus: Auf die winterliche Speicherung des Niederschlags in Form von Schnee und Eis folgt die Schmelze im Frühling und im Sommer. Dieser Zyklus wirkt stark ausgleichend auf den Abflussgang des Rheins in den Niederlanden. Beim Po, bei der Rhone und bei der Donau beobachtet man ähnliche Verhältnisse.

Hydrologische Versorgung

Um die hydrologische Versorgungslage eines Landes zu beurteilen, kann man sich einer einfachen Kennzahl bedienen: Man dividiert die jährlich in einem Land erzeugte Abflussmenge durch die Bevölkerungszahl. Damit erhält man das theoretisch pro Kopf verfügbare Wasserdargebot.

Ohne die Gebirgszuflüsse würden die jährlich pro Kopf verfügbaren Wassermengen in Deutschland von 2170 m³ auf 1305 m³ fallen, in den Niederlanden sogar von 5760 m³ auf 695 m³. Wäre das der Fall, müsste man bereits mit einer Knappheit im Wasserdargebot rechnen. Zum Vergleich: In der Schweiz stehen jedem Einwohner pro Jahr theoretisch 5800 m³ Wasser zur Verfügung, wovon allerdings nur rund 160 m³ pro Ein-

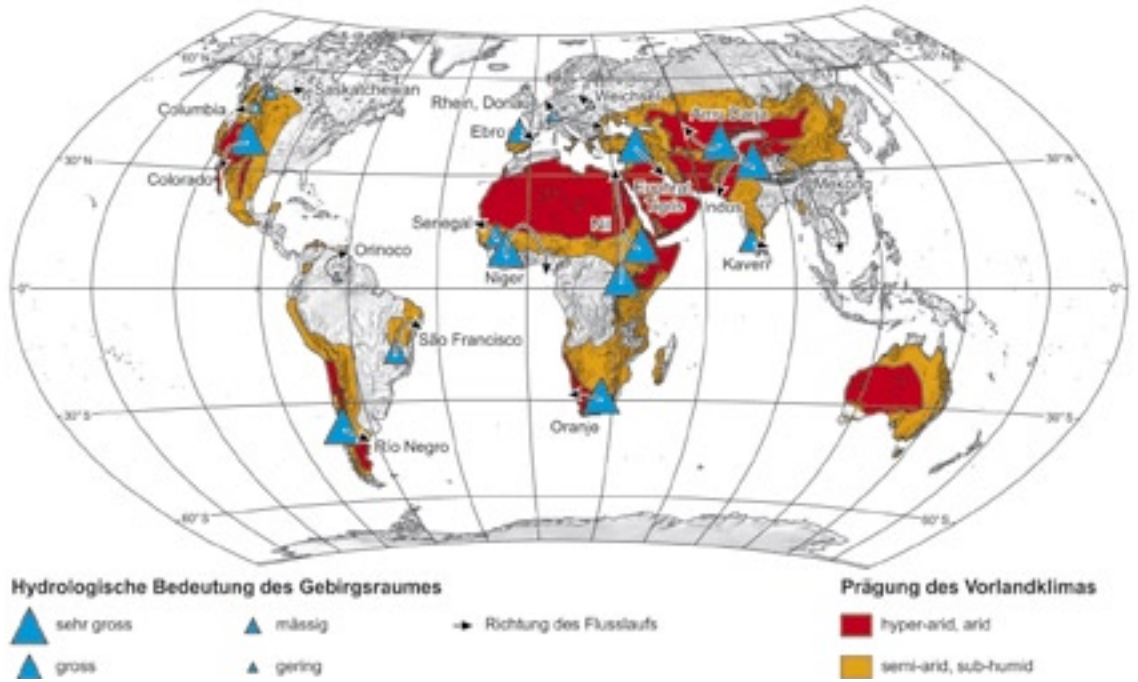


Grafik: Viviroli und Weingartner 2004

Grafik: Viviroli und Weingartner 2002

Mittlere monatliche Abflussmengen entlang dem Rhein: Der Beitrag der Schweiz zum Gesamtabfluss ist blau markiert.

Die hydrologische Bedeutung der Gebirge weltweit für ausgewählte Flüsse: Je grösser das Dreieck, desto mehr trägt ein Gebirge zur Abflussmenge eines Flusses bei.

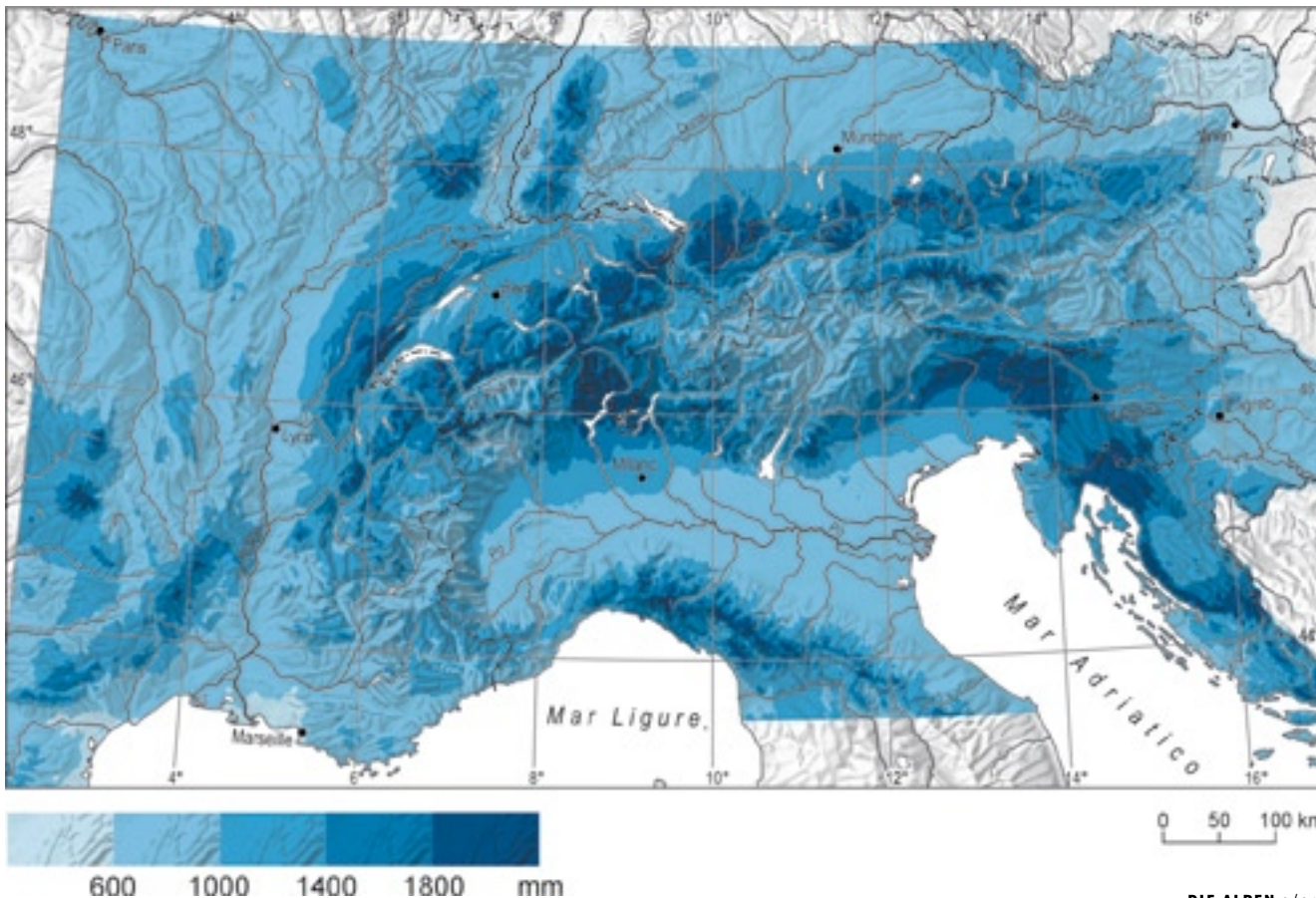


Hydrologische Bedeutung des Gebirgsraumes

- ▲ sehr gross
- ▲ mässig
- ▲ gross
- ▲ gering
- Richtung des Flusslaufs

Prägung des Vorlandklimas

- hyper-arid, arid
- semi-arid, sub-humid



Daten: Schwab et al. 2001, Kartografie: Andreas Brobeck

Mittlere jährliche Niederschlagshöhen im europäischen Alpenraum von 1971 bis 1990: Entlang dem Alpenbogen gibt es deutlich mehr Niederschläge als in den weiter entfernt liegenden Ebenen.

wohner und Jahr genutzt werden. Wegen der günstigen, naturräumlichen Bedingungen in den Alpen ist in der Schweiz Wasser im Überfluss vorhanden. Dank der sehr guten Infrastruktur und einem ausgezeichneten Management kann es zudem optimal genutzt werden.

Dass ein günstiges Wasserdargebot nicht a priori Gewähr für eine gute Versorgungssituation bietet, zeigt das Beispiel von Nepal. Dank dem Wasserreichtum des Himalaya beträgt dort das Pro-Kopf-Dargebot sogar rund 8000 m³ pro Einwohner und Jahr. Ein schlechtes Wassermanagement führt in Nepal je-

doch zu einer völlig ungenügenden Trinkwasserversorgung.

Ober- und Unterlieger

Die Gebirgswässer Nepals wecken auch die Begehrlichkeiten des tiefer liegenden Nachbarn Indien. Dessen Bevölkerung wächst bekanntlich rasant. Neben dem Bedarf an Bewässerungswasser steht vor

Foto: Kurt Sterchi



Mit seinem Austritt am Gletschertor beginnt der lange Weg des Wassers von den Alpen bis ins Tiefland.

Das Wasser hat bereits das Vorfeld des Bächli-gletschers im Grimselgebiet verlassen und verteilt sich auf einer kleinen Schwemmebene, bevor es am Talausgang zum Bächlisbach zusammenfließt. Im Hintergrund rechts die Bächlitalhütte SAC



allem auch die Nutzung der Wasserkraft im Mittelpunkt indischer Interessen. Konfliktsituationen zwischen sogenannten Ober- und Unterliegern sind vielerorts bekannt. Angesichts der wachsenden Erdbevölkerung werden sie vermutlich sogar weiter zunehmen. Die Bewältigung dieser Krisen und die gerechte Verteilung des Wassers wird deshalb eine der grossen politischen Herausforderungen dieses Jahrhunderts sein. ▀

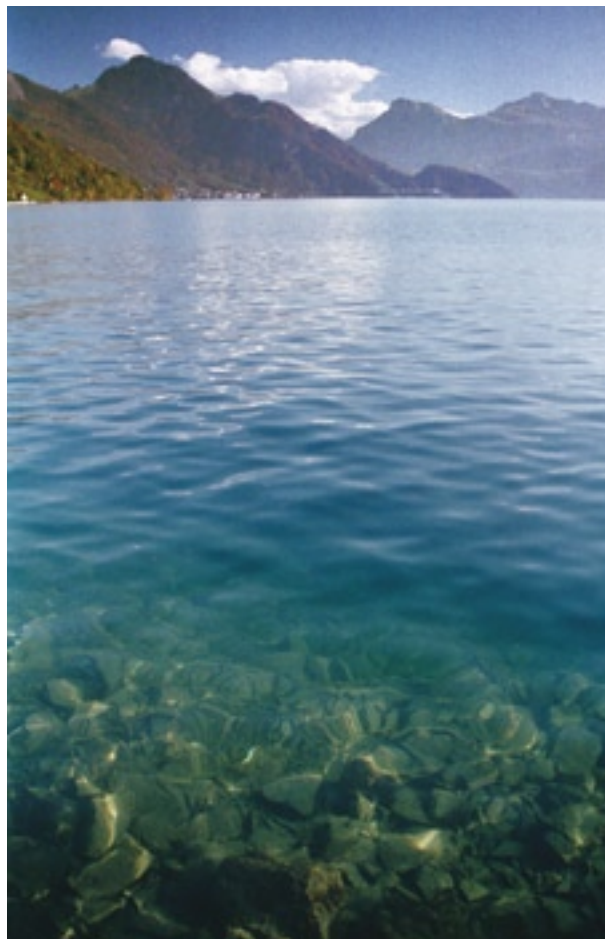
Rolf Weingartner und Daniel Viviroli,
Gruppe für Hydrologie, Geographisches Institut
der Universität Bern

Literatur

- Schwarb M., Frei C., Schär C., Daly C. (2001): Mittlere jährliche Niederschlagshöhen im europäischen Alpenraum 1971–1990. In: *Hydrologischer Atlas der Schweiz*, Tafel 2.6. Bern
- Viviroli D., Weingartner R. (2002): The significance of mountains as sources of the world's freshwater. *GAIA* 11(3):182–186

- Viviroli D., Weingartner R. (2004a): Hydrologische Bedeutung des europäischen Alpenraumes. *Hydrologischer Atlas der Schweiz*, Tafel 6.4. Bern
- Viviroli D., Weingartner R. (2004b): The hydrological significance of mountains – from regional to global scale. *Hydrology and Earth System Sciences* 8(6):1016–1029, www.copernicus.org/EGU/hess/8/6/1016.htm

Zwischenstation des Wassers auf dem Weg zum Rhein: der Vierwaldstättersee bei Weggis, im Hintergrund Vitznauer Stock, Niederbauen- und Oberbauenstock



Fotos: Daniel Viviroli

Die junge Kander am Ausgang des Gasteretals: Gespeist von vielen kleineren Zuflüssen, hat sich ein mächtiger Bach ent-

wickelt, der sich talwärts stürzt. Dieses Wasser mündet in die Aare und schliesslich in den Rhein.



Die junge Kander im Gasteretal: An den steilen Bergflanken kühlen feuchte Luftmassen schnell ab, Wasser kondensiert, es beginnt zu regnen. So tragen die Alpen massgeblich zum Wasserdargebot bei.