

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 97 (2005)
Heft: 7-8

Artikel: Häufigkeiten und Trends von Starkniederschlägen in der Schweiz im Zeitraum 1864-2002
Autor: Hegg, Christoph / Vogt, Stephan
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-941760>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 14.03.2025

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

Häufigkeiten und Trends von Starkniederschlägen in der Schweiz im Zeitraum 1864–2002

■ Christoph Hegg, Stephan Vogt

Zusammenfassung

Die Analyse von 1-Tages-Starkniederschlägen an 18 Niederschlagsstationen in der Schweiz, welche seit 1864 ununterbrochen in Betrieb waren, zeigt, dass sich grosse Niederschläge vor allem zu Beginn und am Ende der untersuchten Periode häufen. In der Periode 1901–1970, welche den meisten publizierten Starkniederschlagsauswertungen zugrunde liegt, waren grosse Niederschlagsereignisse eher selten. Am Schluss des vorliegenden Beitrags werden einige Vorschläge gemacht, wie diese Tatsache in der Wasserbaupraxis berücksichtigt werden kann.

Einleitung

Starkniederschläge lösen in der Schweiz jedes Jahr Hochwasser, Überschwemmungen, Rutschungen oder Murgänge aus, welche ihrerseits grosse Schäden verursachen (vgl. Schmid et al., 2004). Seit jeher versucht der Mensch diese Schäden mit unterschiedlichen Massnahmen zu begrenzen. Allen Massnahmen ist gemeinsam, dass sie nur dann zielgerichtet gestaltet werden können, wenn das Ausmass des drohenden Prozesses bekannt ist und berücksichtigt wird.

Entsprechend wurden verschiedene Verfahren zur Abschätzung z.B. von Abflussmengen oder Murenfrachten entwickelt. Viele dieser Methoden benötigen Informationen über den zu erwartenden auslösenden Niederschlag. Die dazu benötigten Informationen über seltene Starkniederschläge werden in der Schweiz oft den «blauen Ordnern» (Zeller, Geiger, Röthlisberger, 1972–1992) über die Starkniederschläge in der Schweiz entnommen, welche von der WSL (bzw. der Vorgängerinstitution EAFV) herausgegeben wurden. Diese Untersuchungen bilden auch die Datengrundlage für die Starkniederschlagskarten 2.4 (Geiger et al., 1992) bzw. 2.4² (Jensen et al., 1997) im Hydrologischen Atlas der Schweiz (HADES).

In Anbetracht der Tatsache, dass einerseits diese Auswertungen schon einige Jahre zurückliegen und sich andererseits das Klima in den vergangenen Jahren geändert hat, stellt sich die Frage, inwiefern die in die-

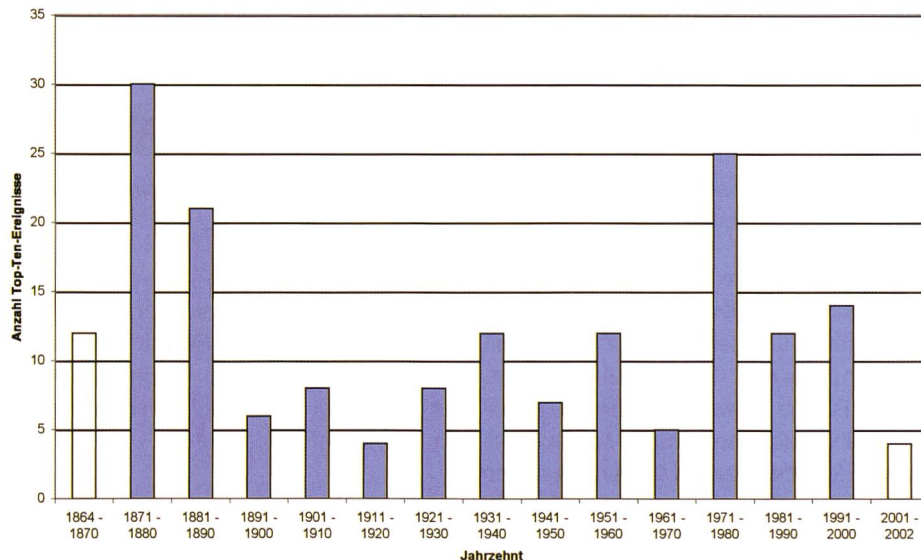


Bild 1. Verteilung der 10 höchsten Werte in den Zeitreihen der jährlichen Höchstwerte der Tagesniederschläge der untersuchten 18 Stationen auf die Jahrzehnte der Untersuchungsperiode.

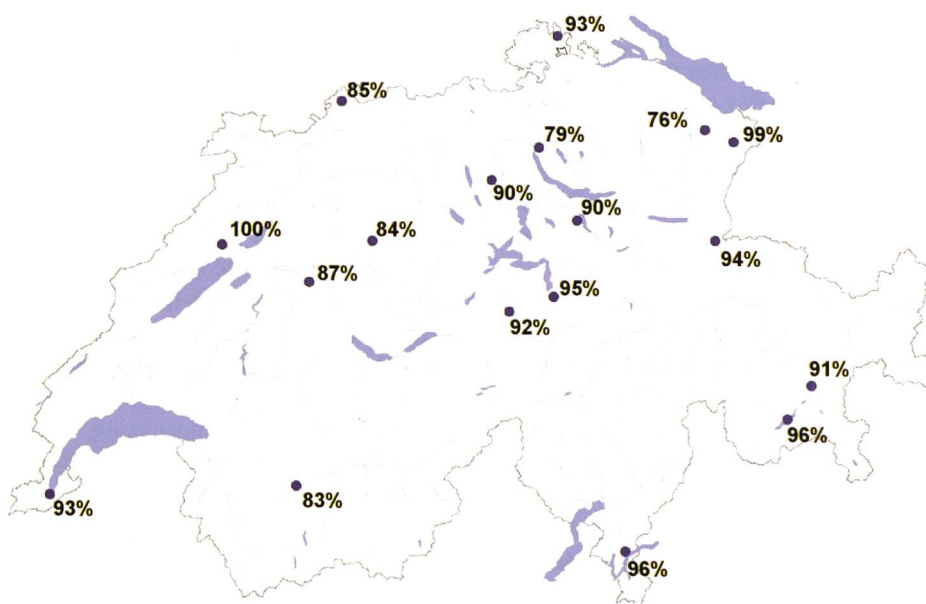


Bild 2. Verhältnis des 100-jährlichen 1-Tages-Starkniederschlags für die Periode 1901–1970 im Vergleich zum 100-jährlichen 1-Tages-Starkniederschlag für die Periode 1864–2002 bei den im Rahmen dieser Studie untersuchten Stationen.

sen Unterlagen dokumentierten Angaben noch den heutigen Zustand wiedergeben. Der vorliegende Bericht versucht einen Beitrag zur Beantwortung dieser Frage zu geben, indem die in den blauen Ordnern untersuchte Periode (1901–1970) mit Starkniederschlägen vor bzw. nach dieser Periode eingeordnet wird.

Datengrundlage und Methodik

Über eine grössere Zahl von Niederschlagsstationen verfügt die Schweiz seit 1863, als die Meteorologische Centralanstalt, heute MeteoSchweiz, ihren Betrieb aufnahm. Als Grundlage für die hier erläuterten Arbeiten wurden die Messungen von 18 Stationen her-

Station	Vorzeichen-summe	Trend	Testgrösse Q	Trend signifikant auf Level $\alpha = 0,05?$
Affoltern	279	Anstieg	0,511	nein
Altdorf	-1785	Rückgang	-3,281	ja
Altstätten	73	Anstieg	0,136	nein
Basel	-59	Rückgang	-0,11	nein
Bern	435	Anstieg	0,806	nein
Chaumont	544	Anstieg	1,011	nein
Einsiedeln	271	Anstieg	0,505	nein
Engelberg	-1948	Rückgang	-3,625	ja
Genf	801	Anstieg	1,495	nein
Lohn	211	Anstieg	0,396	nein
Lugano	-180	Rückgang	-0,337	nein
Muri	769	Anstieg	1,442	nein
Samedan (+Bever)	-991	Rückgang	-1,836	nein
Sargans	410	Anstieg	0,772	nein
Sils Maria	1090	Anstieg	2,076	ja
Sion	-980	Rückgang	-1,847	nein
St. Gallen	-119	Rückgang	-0,226	nein
Zürich	-214	Rückgang	-0,407	nein

Station	Vorzeichen-summe	Trend	Testgrösse Q	Trend signifikant auf Level $\alpha = 0,05?$
Affoltern	887	Anstieg	2,594	ja
Altdorf	-621	Rückgang	-1,852	nein
Altstätten	481	Anstieg	1,442	nein
Basel	526	Anstieg	1,583	nein
Bern	577	Anstieg	1,741	nein
Chaumont	433	Anstieg	1,317	nein
Einsiedeln	504	Anstieg	1,54	nein
Engelberg	-80	Rückgang	-0,247	nein
Genf	279	Anstieg	0,861	nein
Lohn	597	Anstieg	1,849	nein
Lugano	63	Anstieg	0,198	nein
Muri	295	Anstieg	0,925	nein
Samedan (+Bever)	-28	Rückgang	-0,087	nein
Sargans	185	Anstieg	0,584	nein
Sils Maria	494	Anstieg	1,591	nein
Sion	523	Anstieg	1,662	nein
St. Gallen	744	Anstieg	2,402	ja
Zürich	872	Anstieg	2,827	ja

Tabelle 1. Ergebnisse des Mann-Kendall-Trendtests. Grün unterlegt gibt einen positiven Trend beim jeweiligen Signifikanzniveau an, rot einen negativen.

angezogen, welche seit 1863 in Betrieb waren und deren Messungen als zuverlässig gelten können. Dabei wurde auf die Beurteilung von Zeller et al. (1972–1992) abgestützt.

Für alle Stationen wurden die höchstkalendrisch gemessenen Tagesniederschläge für jedes untersuchte Jahr bestimmt. Als Datengrundlage wurden in der Regel die in der Datenbank der MeteoSchweiz enthaltenen Werte verwendet. Für die Stationen Bever (Samedan), Einsiedeln, Engelberg und St. Gallen wurden die Jahre vor 1901 anhand von Auswertungen an der WSL ergänzt. Somit standen für die Auswertung 18 Datenreihen mit 139 Messwerten zur Verfügung.

In einem ersten Schritt wurden alle Stationen mit dem Mann-Kendall-Test auf mögliche Trends in den Messreihen untersucht. Analysiert wurden dabei einerseits die gesamte Untersuchungsperiode (1863–2002) und andererseits die Teilperiode 1901–2002.

In einem weiteren Schritt wurden extremwertstatistisch für jede Station 100-jährliche 1-Tages-Starkniederschläge analog zum Vorgehen in den «blauen Ordnern» berechnet. Dabei wurden jeweils vier unterschiedliche Zeitreihen zugrunde gelegt:

1864–2002

Die Auswertung über die gesamte Untersuchungsperiode wird im Folgenden als Referenz verwendet.

1864 – 1900

Zeitraum, für den Zeller, Geiger und Röthlisberger (1972–1992) statistische Untersuchungen durchgeführt haben. Wegen mangelnder Flächendeckung wurden diese Informationen bei der Erstellung der Starkniederschlagskarten im HADES aber nicht berücksichtigt.

1901–1970

Zeller, Geiger und Röthlisberger (1972–1992) haben auch für diese Periode statistische Analysen durchgeführt, welche auch als Grundlage für die Starkniederschlagskarten im HADES verwendet wurden.

1971–2002

Durch die Auswertungen von Zeller, Geiger und Röthlisberger (1972–1992) nicht mehr abgedeckter Zeitraum.

Die Entscheidung zugunsten der 1. oder der 2. Extremalverteilung wurde mit Hilfe des Van-Monfort-Tests gefällt. Wird die Zeitreihe einer Station in mehrere Perioden unterteilt, wie dies hier der Fall ist, kommt es vor, dass nicht für alle Perioden die gleiche Extremalwertverteilung die beste Anpassung ergibt. In der vorliegenden Untersuchung wurde immer für alle Perioden diejenige Verteilung verwendet, welche über die gesamte Untersuchungsperiode die beste Anpassung ergab.

Weiter wurden für jede Station die höchsten 10 Ereignisse bestimmt und in einem nächsten Schritt ausgezählt, in welchem Jahrzehnt in der Schweiz wie viele dieser insgesamt 180 «Top-Ten-Ereignisse» aufgetreten sind.

Resultate

Betrachtet man die Verteilung der «Top-Ten-Ereignisse» in Bild 1 über die letzten etwa 150 Jahre, fällt sofort auf, dass sich die Jahrzehnte mit besonders vielen dieser Ereignisse am Anfang und am Schluss dieser Periode befinden. So entspricht die tiefste Zahl von «Top-Ten-Ereignissen» (in den vollständig erfassten Jahrzehnten) vor 1890 bzw. nach 1971 genau dem höchsten Wert in der Zwischenperiode.

Dieser erste Hinweis auf eine ungleiche Verteilung der maximalen jährlichen 1-

Tages-Starkniederschläge über die Untersuchungsperiode bestätigt sich auch bei den oben erläuterten Analysen mit dem Mann-Kendall-Test (vgl. Tabelle 1). So ergeben sich recht unterschiedliche Trends, je nachdem, ob der Beginn der Analyse auf 1864 oder auf 1901 gesetzt wird. Über die gesamte Untersuchungsperiode betrachtet weisen 10 Stationen tendenziell ansteigende Tagesmaxima auf, signifikant ist dieser Trend auf dem Niveau $\alpha = 0,05$ allerdings nur bei der Station Sils-Maria. An den anderen Stationen sind rückläufige Tagesmaxima zu beobachten, an den Stationen Altdorf und Engelberg ist dieser Rückgang signifikant. Betrachtet man nur die Periode nach 1900, weisen 15 Stationen eine Tendenz zur Zunahme der jährlichen Höchstwerte auf, dieser Anstieg ist bei den Stationen Affoltern, St. Gallen und Zürich signifikant.

Nur drei Stationen weisen eine nicht signifikante Abnahme der jährlich höchsten Tagesmaxima auf. Die von zahlreichen Autoren (vgl. z.B. Frei und Schär, 2001) erläuterte Zunahme der Niederschläge im 20. Jahrhundert bestätigt sich auch in den Trendanalysen über die stärksten 1-Tages-Niederschläge. Allerdings findet dieser Trend im 19. Jahrhundert keine Fortsetzung.

Diese Unterschiede in den Trends je nach Betrachtungsperiode lassen sich nur dadurch erklären, dass bei vielen Stationen in der Periode vor 1901 häufiger besonders grosse maximale jährliche 1-Tages-Niederschläge aufgetreten sind als zu Beginn des 20. Jahrhunderts. Dies bestätigt auch Tabelle 2, in der statistisch extrapolierte 100-jährliche 1-Tages-Starkniederschläge dargestellt sind, welche anhand unterschiedlicher Zeitreihen bestimmt wurden. Mit Ausnahme von zwei Stationen (Chaumont und Sargans), liegen die anhand der Periode 1864–1900 extrapolierten Werte teilweise deutlich über denjeni-

Station	Verwendete Extremwertverteilung	Periode	100-jährlicher Starkregen [mm / Tag]	Vergleich zu Referenzperiode [%]
Affoltern	1.	1864–2002 1864–1900 1901–1970 1971–2002	88,9 108,2 74,3 95,4	122% 84% 107%
Altdorf	1.	1864–2002 1864–1900 1901–1970 1971–2002	119,1 143,8 113,5 108,1	121% 95% 91%
Altstätten (SG)	1.	1864–2002 1864–1900 1901–1970 1971–2002	133,8 136,4 132,0 148,8	102% 99% 111%
Basel	1.	1864–2002 1864–1900 1901–1970 1971–2002	80,4 99,5 68,3 87,8	124% 85% 109%
Bern	2.	1864–2002 1864–1900 1901–1970 1971–2002	111,4 163,2 96,6 106,6	147% 87% 96%
Bever-Samedan	1.	1864–2002 1864–1900 1901–1970 1971–2002	100,3 120,1 91,7 102,6	120% 91% 102%
Chaumont	1.	1864–2002 1864–1900 1901–1970 1971–2002	94,8 93,8 95,1 105,3	99% 100% 111%
Einsiedeln	2.	1864–2002 1864–1900 1901–1970 1971–2002	150,4 203,9 135,9 149,9	136% 90% 100%
Engelberg	2.	1864–2002 1864–1900 1901–1970 1971–2002	158,2 196,3 146,0 139,1	124% 92% 88%
Genève	1.	1864–2002 1864–1900 1901–1970 1971–2002	97,8 109,7 90,9 109,6	112% 93% 112%
Lohn (SH)	1.	1864–2002 1864–1900 1901–1970 1971–2002	79,7 88,0 74,5 88,4	110% 93% 111%
Lugano	2.	1864–2002 1864–1900 1901–1970 1971–2002	261,2 330,6 251,1 281,7	127% 96% 108%
Muri (AG)	1.	1864–2002 1864–1900 1901–1970 1971–2002	92,4 96,6 82,8 113,2	105% 90% 123%
Sargans	2.	1864–2002 1864–1900 1901–1970 1971–2002	133,9 132,4 125,5 187,5	99% 94% 142%
Sils Maria	2.	1864–2002 1864–1900 1901–1970 1971–2002	107,4 103,8 97,7 105,0	97% 95% 121%
Sion	2.	1864–2002 1864–1900 1901–1970 1971–2002	117,6 180,8 97,7 105,0	154% 83% 89%
St. Gallen	2.	1864–2002 1864–1900 1901–1970 1971–2002	176,1 316,0 133,2 171,5	179% 76% 97%
Zürich	2.	1864–2002 1864–1900 1901–1970 1971–2002	131,7 185,6 104,1 157,3	141% 79% 119%

Tabelle 2. Statistisch extrapolierte 100-jährliche 1-Tages-Starkniederschläge anhand unterschiedlicher Zeitreihen für die 18 untersuchten Stationen in der Schweiz.

gen der Referenzperiode 1864–2002. Einzig bei der Station Chaumont liegt der basierend auf der Periode 1901–1970 bestimmte Wert über jenem für die Periode 1864–1900.

In 12 von 18 Fällen ergibt auch die statistische Extrapolation aus der Periode 1971–2002 einen höheren 100-jährlichen 1-Tages-

Niederschlag, als er anhand der Referenzperiode berechnet wird. Der aufgrund der Messungen im letzten Drittel des 20. Jahrhunderts extrapolierte 100-jährliche 1-Tages-Niederschlag liegt mit zwei Ausnahmen (Altdorf und Engelberg) immer über demjenigen der Periode 1901–1970.

Die analoge Auswertung für die Periode 1901–1970 ergibt dagegen immer einen Wert unter dem Referenzniveau. In einem Fall liegt der für die Periode 1901–1970 bestimmte Wert über jenem der Periode 1864–1900, aber unter jenem 1971–2002 (Station Chaumont), in zwei Fällen über jenem für 1971–2002, aber unter 1864–1900 (Altdorf, Engelberg).

Bei den 15 übrigen Stationen liegt der anhand der Periode 1901–1970 bestimmte 100-jährliche 1-Tages-Starkniederschlag teilweise deutlich tiefer, sowohl als der Wert basierend auf der Periode 1864–1900 als auch jener basierend auf 1971–2002. Die anhand der Periode 1901–1970 bestimmten Werte liegen dabei oft um die 10%, teilweise aber auch beinahe 25% unter dem Wert, der anhand der ganzen etwa doppelt so langen Referenzperiode berechnet wird.

Schlussfolgerungen

Wie aus den vorangehenden Erläuterungen hervorgeht, liefert eine statistische Bestimmung eines 100-jährlichen 1-Tages-Starkniederschlags anhand der Periode 1901–1970 oft deutlich tiefere Werte, als dies der Fall wäre, wenn eine längere Periode berücksichtigt würde (vgl. auch Bild 2). Dabei spielt es in der Regel keine wesentliche Rolle, ob die Periode in die Vergangenheit oder in die Gegenwart verlängert wird. Denn sowohl von 1864–1900 als auch nach 1970 waren die maximalen jährlichen Starkniederschläge und entsprechend die statistisch extrapolierten 100-jährlichen 1-Tages-Starkniederschläge an den meisten Stationen höher als in der Zwischenperiode.

Auch wenn die Datenbasis schmal ist und jeder Vergleich von anhand unterschiedlicher Perioden statistisch bestimmten Werten mit Vorsicht zu geniessen ist, sind diese Ergebnisse doch ein deutlicher Hinweis darauf, dass mit einer gewissen Tendenz zur Unterschätzung gerechnet werden muss, wenn Starkniederschläge einzig aufgrund der Starkniederschlagskarten im Hydrologischen Atlas bestimmt werden.

Es erscheint den Autoren deshalb angezeigt, bei Hochwasserschutzprojekten wenn immer möglich mit verlängerten Niederschlagsmessreihen zu arbeiten und die nötigen statistischen Analysen selbst durchzuführen. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn sich eine oder mehrere Niederschlagsmessstationen in der Nähe des Bearbeitungsgebiets befinden.

Liegen keine Stationen in der Nähe, dürfte der damit einhergehende Aufwand nicht immer gerechtfertigt sein, weil je nach Situation davon auszugehen ist, dass die Un-

sicherheiten der räumlichen Interpolation die hier erläuterten Probleme überdecken. Bei kleinen Projekten ist zumindest das in Forster und Baumgartner (1999) erläuterte Vorgehen zu verwenden. Dabei wird die Tatsache ausgenutzt, dass im HADES zwei Starkniederschlagskarten enthalten sind. Es wird vorgeschlagen, jeweils den höheren der beiden Werte zu nehmen, sofern dieser nicht über den gemessenen Schweizer Rekorden zu liegen kommt.

Mittelfristig erscheint es den Autoren zumindest prüfenswert, ob der Praxis nicht ein neues Werkzeug zur Bestimmung von Starkniederschlägen in die Hand gegeben werden soll, das mehr Daten berücksichtigt, als dies im Hydrologischen Atlas der Fall ist und das auch neue Erkenntnisse bezüglich statistischer und räumlicher Interpolation berücksichtigt.

Literatur

Forster, F., Baumgartner, W., 1999: Bestimmung seltener Starkniederschläge kurzer Dauer – Fallbeispiele im Vergleich mit den schweizerischen Starkniederschlagskarten. – Schweiz. Z. Forstwes. 150, 6: 209–218.

Frei, Ch., Schär, Ch., 2001: Detection probability of trends in rare events: theory and application to heavy precipitation in the alpine region. J. Clim., 14: 1568–1584.

Geiger, H., Röthlisberger, G., Stehli, A., Zeller, J., 1992: Extreme Punktregen unterschiedlicher Dauer und Wiederkehrdauer 1901–1970. Hydrologischer Atlas der Schweiz, Blatt 2.4. Landeshydrologie und -geologie, Bern.

Jensen, H., Lang, H., Rinderknecht, J., 1997: Extreme Punktregen unterschiedlicher Dauer und Wiederkehrdauer 1901–1970. Hydrologischer Atlas der Schweiz, Blatt 2.42. Landeshydrologie und -geologie, Bern.

Schmid, F.; Fraefel, M.; Hegg, C., 2004: Unweterschäden in der Schweiz 1972–2002: Verteilung, Ursachen, Entwicklung. – Wasser Energie Luft 96, 1/2: 21–28.

Zeller, J., Geiger, H., Röthlisberger, G., 1972–1992: Starkniederschläge des schweizerischen Alpen- und Alpenrandgebietes bzw. im Schweizer Mittelland und Jura. Intensitäten und Häufigkeiten. Band 1–9. – Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft.

Anschrift der Verfasser

Dr. Christoph Hegg, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf, hegg@wsl.ch; Stephan Vogt, Bundesamt für Wasser und Geologie, Landeshydrologie, CH-3003 Bern.

Wie sicher sind die Aussagen zum Klimawandel?

■ ProClim

Zusammenfassung

Die in den letzten Jahren durchgeführten wissenschaftlichen Arbeiten haben die wichtigsten bisherigen Kenntnisse zum Klimawandel grundsätzlich bestätigt. Noch sind offene Fragen vorhanden, und es kommen immer wieder neue Kenntnisse dazu. Doch die wichtigsten Aussagen basieren auf soliden wissenschaftlichen Grundlagen.

Die menschlichen Treibhausgasemissionen sind als Hauptursache der gegenwärtigen Erwärmung unter Klimaforschern kaum mehr bestritten. Wie stark sich die Erdoberfläche erwärmen wird und wie die Folgen aussehen werden, ist nicht genau voraussagbar. Aufgrund der Forschungsergebnisse und Modellrechnungen ergeben sich jedoch begrenzte Bandbreiten, innerhalb derer die Entwicklung wahrscheinlich verlaufen wird.

So sind zwar keine genauen Prognosen, aber die Abschätzung des Risikos für bestimmte Veränderungen möglich. Der Umgang der Gesellschaft mit diesem Risiko ist hingegen keine wissenschaftliche, sondern eine ethische oder politische Frage.

In den letzten Wochen wurde in einigen Medienberichten das Thema der wissenschaftlichen Unsicherheiten bezüglich der aktuellen Klimaerwärmung und deren Ursachen diskutiert. Anlass dazu waren unter anderem zwei Artikel in den renommierten Wissenschaftszeitschriften «Nature» [1] und «Science» [2], die sich beide mit der Temperaturentwicklung der letzten 1000 Jahre in der Nordhemisphäre beschäftigen. Beide Artikel zeigen ein Bild, das sich von der im letzten IPCC-Bericht

(2001) abgebildeten Kurve von Mann et al. [3] aus dem Jahr 1998 in einigen Dingen unterscheidet (siehe Bild 1). In Medienberichten wurde daraufhin postuliert, damit seien die wichtigsten Erkenntnisse der Klimafor-schung in Frage gestellt.

Um Missverständnissen vorzubeugen, möchten die Unterzeichnenden an dieser Stelle einige Dinge klarstellen:

- Die Aussage im IPCC-Bericht, dass die 1990er-Jahre global wahrscheinlich das

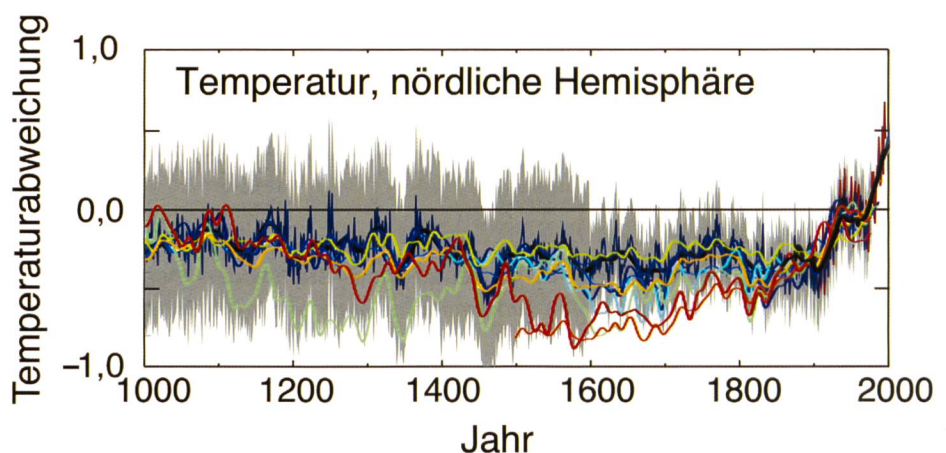


Bild 1. Abweichung der Erdoberflächentemperatur der Nordhemisphäre vom Mittelwert 1961–1990 während der letzten 1000 Jahre. Die Rekonstruktion von Mann et al. [3] (IPCC) in Hellgrün mit grau schattiertem Vertrauensbereich, die neueste Kurve von Moberg [1] in Rot sowie weitere Rekonstruktionen (Quelle: Wikipedia [6]).