

OcCC

Organe consultatif sur les changements climatiques
Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung

Extremereignisse und Klimaänderung

Herausgeber und Vertrieb:

OcCC

Bärenplatz 2

3011 Bern

Tel.: (+41 31) 328 23 23

Fax: (+41 31) 328 23 20

E-Mail: occc@sanw.unibe.ch

Bern, September 2003

ISBN-Nummer: 3-907630-23-8

Inhalt

Editorial	5
Extremereignisse und Klimaänderung: Wissensstand und Empfehlungen des OcCC	7
Einleitung	11
Teil 1 Wissenschaftliche Grundlagen	13
1.1. Extremereignisse, Naturgefahren und Naturkatastrophen: Eine Begriffsklärung	14
1.2. Beobachtete Klimaänderung und Entwicklung des Klimas in der Zukunft	16
1.3. Extremereignisse in der Schweiz	19
1.3.1. Typisierung von klimatologischen Extremereignissen	19
1.3.2. Ein Blick auf die letzten 500 Jahre	21
1.4. Der Nachweis von Trends stösst an Grenzen	25
1.5. Methodik regionaler Klimaszenarien	28
1.6. Extremereignisse aus der Perspektive des Menschen	34
1.6.1. Beeinflussung der Risiken und des Schadenverlaufs	34
1.6.2. Entwicklung der Schäden durch Hochwasser, Rutschungen und Lawinen	38
1.6.3. Schadenentwicklung der Elementarschaden-Versicherung	41
1.6.4. Extremereignisse aus der Sicht der Versicherungsindustrie	44
Teil 2 Wissensstand	47
2.1. Temperaturextreme	48
2.2. Frostrisiko	51
2.3. Trockenheit	54
2.4. Waldbrände	57
2.5. Starkniederschläge	61
2.6. Hagel	65
2.7. Hochwasser	69
2.8. Massenbewegungen: Rutschungen, Fels- und Bergstürze	73
2.9. Lawinen	77
2.10. Winterstürme	81
Anhang	85
A1. Impressum	86
A2. Bildnachweis	87
A3. OcCC-Mitglieder	88

Hochwasser, extreme Stürme und gefährliche Lawinenniedergänge schrecken uns in den letzten Jahren immer wieder auf. Spielt das Wetter verrückt?

Im Jahr 2000 diskutierte das Beratende Organ für Fragen der Klimaänderung (OcCC) über einen Zusammenhang zwischen der Häufung solcher Ereignisse und der Klimaveränderung und darüber, welcher Handlungsbedarf bestehe. Auf Anregung des damaligen Präsidenten Gian-Reto Plattner wurde beschlossen, einen Bericht über das Thema, welches breite Bevölkerungskreise, Medienschaffende und Entscheidungsträger interessiert, zu erstellen. Heute liegt mit dieser Publikation eine fundierte Zusammenstellung der wichtigsten wissenschaftlichen Erkenntnisse und meteorologischen Ereignisse vor. Welche Schlüsse sind aus den vorliegenden Erkenntnissen zu ziehen und welche Massnahmen zu ergreifen?

In der Spieltheorie wird vom Minimax-Theorem gesprochen: Das Ziel bei Glücksspielen ist die Ermittlung eines optimalen Einsatzes von Strategien, um den Maximalgewinn von Gegnern zu minimieren. In unserem Fall handelt es sich nicht um ein Spiel, sondern um einen Kampf gegen die vermeintlichen Launen der Natur. Es geht also um grosse Einsätze und um ein weltumspannendes Spielfeld. Die Minimax-Regel verlangt, diejenige Strategie zu wählen, bei welcher der maximal mögliche Schaden am kleinsten ist. Politische Entscheidungen sollten sich somit auf diese Regel abstützen. Anders als in der Spieltheorie geht es hier aber um langfristige Schäden, die zu minimieren sind.

Wissenschaftler können noch Jahrzehnte über die genauen Ursachen der Klimaänderung diskutieren und forschen. Doch die Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger sind jetzt und heute aufgefordert, vorsorgliche Massnahmen zu ergreifen. Das OcCC gibt auf den Seiten 7 bis 10 des Berichtes klare und deutliche Empfehlungen ab. Die Erstellung von Lawinerverbauungen, Steinschlaggalerien, Rückhaltebecken und Dämmen genügt nicht. Selbstverständlich sind diese direkten Massnahmen zur Schadenminimierung nötig. Primär müssen aber diejenigen Massnahmen ergriffen werden, die nebst ihrer Wirkung gegen die Klimaänderung und zum Schutz vor Extremereignissen auch in anderen Bereichen positive Auswirkungen haben. Nur damit kann das Raumschiff Erde auch in ferner Zukunft bewohnbar bleiben. Überdies entstehen schon kurzfristig so genannte Win-win-Situationen. Beispielsweise beim sparsamen Einsatz fossiler Brenn- und Treibstoffe und bei der Förderung der erneuerbaren Energien.

Als wichtiger politischer Schritt ist die am 9. Juli 2003 erfolgte Unterschrift der Schweiz unter das Kyoto-Protokoll zu nennen. Nun sind Taten gefragt. Die politischen Parteien und die Wirtschaftsvertreter sind an ihre Versprechen zu erinnern. Die Lage ist ernst. Den schönen Worten müssen Taten folgen. Über die drohenden Risiken berichtet die vorliegende Publikation.



Nationalrätin Dr. Kathy Riklin
Präsidentin des OcCC

Extremereignisse und Klimaänderung: Wissensstand und Empfehlungen des OcCC

Die Mitglieder des OcCC

Unter Extremereignissen versteht man seltene Wetter- und Naturereignisse, die stark vom Durchschnitt abweichen. Extremereignisse können gewaltige Schäden verursachen. Von Naturkatastrophen spricht man, wenn die Bewältigung des Schadens die Kräfte der betroffenen Bevölkerung übersteigt. Im vorliegenden Bericht werden die für die Schweiz wichtigsten Kategorien von Extremereignissen und ihre Beziehung zur Klimaänderung behandelt, nämlich Temperatur-extreme, Trockenheit, Frost, Waldbrand, Starkniederschläge, Hagel, Hochwasser, Massenbewegungen, Lawinen und Winterstürme.

Einerseits sind Extremereignisse und Naturkatastrophen natürliche Bestandteile des alpinen Klimas. Über Jahrtausende haben Hangrutschungen und Überschwemmungen unsere Landschaft geformt und die charakteristische Struktur unserer Gebirgstäler und Flussläufe gestaltet. Selbst unsere heutige, moderne Infrastruktur kann uns nur ungenügend vor Extremereignissen schützen. Unsere Zivilisation muss sich oft darauf beschränken, gefährdete Siedlungszonen auszugrenzen, die negativen Auswirkungen durch rechtzeitig eingeleitete Massnahmen zu mildern und den Opfern durch schnelle Hilfe beizustehen.

Andererseits sind die Schäden, die durch Unwetterereignisse der letzten Jahrzehnte in Mitteleuropa verursacht wurden, gewaltig. Nach Schätzungen der Swiss Re beträgt zum Beispiel der durch die Stürme Lothar und Martin verursachte volkswirtschaftliche Schaden 31 Mrd. SFr., die im Oktober 2000 durch Überschwemmungen und Erdbeben verursachten Schäden in der Schweiz, Frankreich und Italien belaufen sich auf 9 Mrd. SFr. und die durch die Überschwemmungen im Juli und August 2002 verursachten Schäden in Europa auf 23 Mrd. SFr. (Preisniveau 2002). Diese Zahlen belegen die grosse Bedeutung der Extremereignisse in Europa und im Alpenraum. Sollten sich als Folge der Klimaänderung Verschiebungen im Charakter und in der Häufigkeit von Extremereignissen ergeben, so könnten daraus entsprechend schwerwiegende Konsequenzen erwachsen.

Wissensstand

Der Zusammenhang zwischen Klima, Extremereignissen und Schadenausmass ist ausserordentlich komplex und seine Erforschung involviert ein breites interdisziplinäres Forschungsfeld. Aus dem gegenwärtigen Wissensstand lassen sich folgende allgemeine Folgerungen ziehen:

- Die globale Durchschnittstemperatur ist im letzten Jahrhundert um $0.6 \pm 0.2^\circ\text{C}$ angestiegen. Diese Erwärmung wird weitgehend auf menschliche Aktivitäten zurückgeführt. Für das 21. Jahrhundert sagen die Klimamodelle einen beschleunigten Anstieg der mittleren globalen bodennahen Temperatur um 1.4°C bis 5.8°C voraus. Von diesen Veränderungen ist auch der ganze Wasserkreislauf betroffen, und man erwartet markante Veränderungen des Niederschlagsregimes.
- Die Wahrscheinlichkeit und die räumliche Verteilung von Extremereignissen werden sich mit der Klimaänderung graduell verschieben. Das Ausmass und der Charakter der Veränderungen wird je nach Ort und Art der Extremereignisse verschieden sein. Eine quantitative Abschätzung dieser Entwicklung ist noch nicht möglich.
- Gegenwärtig ist eine Häufung von Naturkatastrophen zu beobachten. Diese Häufung könnte zufällig sein, durch natürliche langzeitliche Klimavariationen verursacht werden oder eine Folge der anthropogenen Klimaänderung sein. Aus prinzipiellen Gründen ist es schwierig oder sogar unmöglich, einen Trend in der Häufigkeit von seltenen Extremereignissen statistisch gesichert nachzuweisen oder auszuschliessen. Es ist denkbar, dass langfristige Veränderungen von Extremereignissen erst dann nachweisbar werden, wenn sie bereits ein beträchtliches Ausmass erreicht und grosse Schäden verursacht haben.
- Im Gegensatz dazu sind statistische Aussagen über Trends „intensiver“ Ereignisse möglich. Zum Beispiel kann gezeigt werden, dass kräftige Niederschlagsereignisse (welche in der Regel keine Schäden verur-

sachen) seit Beginn des Jahrhunderts deutlich zugenommen haben. Auch die winterlichen Niederschlagsmengen haben seit Beginn des Jahrhunderts fast in der ganzen Schweiz deutlich zugenommen. Diese Resultate können zwar nicht direkt auf Extremereignisse übertragen werden, sind jedoch ein Indiz für die deutlichen Veränderungen des Wasserkreislaufes in den letzten 100 Jahren.

- Das heutige Prozessverständnis führt zur Annahme, dass Häufigkeit und Stärke gewisser Extremereignisse (Hitzewellen, Starkniederschläge und Hochwasser im Winterhalbjahr, Trockenheit im Sommer auf der Alpensüdseite und in inneralpinen Tälern, Hangrutschungen) mit der Klimaänderung zunehmen werden. Diese Befürchtung wird auch durch Rechnungen mit Klimamodellen gestützt. Andererseits wird die Häufigkeit von Frosttagen und Kältewellen abnehmen.
- Zukünftige Veränderungen der Gefährdung durch Extremereignisse werden neben rein klimatischen Faktoren auch durch gesellschaftliche Veränderungen bestimmt. Die zunehmende Konzentration von Gebäuden und Infrastrukturanlagen auch in exponierten Gebieten hat sich in der Vergangenheit nachweislich auf die Schadenkosten ausgewirkt. Zukünftige Veränderungen der Raumnutzung könnten die rein klimatischen Faktoren abschwächen oder verstärken.

Empfehlungen des OcCC

Das OcCC sieht Handlungsbedarf bei Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Forschung in den Bereichen Massnahmen zum Schutz vor Extremereignissen, Massnahmen gegen die anthropogene Klimaänderung und Kommunikation.

Die Planung und Umsetzung von Massnahmen soll auf der Grundlage eines sich dynamisch verändernden Gefährdungsbilds und im Sinne der Nachhaltigkeit (ökologisch, ökonomisch, sozial) erfolgen. Es sollen die Massnahmen bevorzugt werden, die nebst ihrer Wirkung gegen die Klimaänderung und zum Schutz vor Extremereignissen auch in anderen Bereichen positive Auswirkungen haben (win-win) und die auch nach ihrer Realisierung einen möglichst grossen Handlungsspielraum offen lassen (Flexibilität).

(a) Massnahmen zum Schutz vor Extremereignissen

Handlungsbedarf zum Schutz vor Extremereignissen ist aufgrund der zunehmenden Wertekonzentration und Schadenempfindlichkeit und des ansteigenden Schutzbedürfnisses auch ohne Klimaänderung gegeben. Im Bewusstsein der Klimaänderung sollten die Gefährdungsbilder, Schutzziele und die in Kauf genommenen Restrisiken periodisch den sich ändernden Bedingungen angepasst und Lösungen mit möglichst grosser Flexibilität angestrebt werden. Mittelfristig müssen neue Bemessungs- und Planungsmethoden entwickelt werden, welche in der Lage sind, die Gefährdung in einem sich ändernden Klima zu quantifizieren.

Verstärkter Handlungsbedarf besteht beim Schutz vor Ereignissen, zu welchen schon heute qualitative Aussagen über zukünftige Entwicklungen möglich sind:

- Starkniederschläge, Hochwasser und Hangrutschungen: Aufgrund des Prozessverständnisses und der Modellrechnungen wird eine Zunahme der Intensität von Starkniederschlägen und eine beschleunigte Abflussbildung im Winterhalbjahr erwartet. Diese sollte bei der Risikoabschätzung, der Planung von Schutzmassnahmen (Aufforstungen, Schutzbauten, Rückhalteflächen) und bei der Raumplanung berücksichtigt werden. Dabei müssen die möglichen Veränderungen während des Zeithorizonts der geplanten Massnahme berücksichtigt werden. Das Gleiche gilt auch für die Beurteilung von Zonen, die durch Hangrutschungen gefährdet sind.
- Hitzeperioden: Als Folge der Klimaänderung dürften höhere Temperaturextreme auftreten. Es ist zu erwarten, dass das gehäufte Auftreten von extrem hohen Temperaturen mit zusätzlichen Todesfällen verbunden sein wird. Bauliche Massnahmen (z.B. Sonnenschutz, Isolation, Bepflanzung) können den Komfort und die Energieeffizienz erhöhen. Für die Gewässer, die Vegetation und die Fauna bedeuten höhere Temperaturextreme einen zusätzlichen Stress.
- Permafrost: Die Erwärmung wird einen Rückgang des Permafrosts bewirken. In den betroffenen Gebieten wird die Hangstabilität abnehmen. Hänge und Bauten müssen dort überwacht werden.

- Frost: Die Häufigkeit von Frosttagen wird mit der Klimaänderung wahrscheinlich abnehmen. Weil die Auswirkungen sowohl von der Temperatur als auch von der Vegetationsentwicklung abhängen, ist unklar, wie diese sich zukünftig entwickeln werden. Allgemein dürfte das Risiko von Frostschäden bei der Beibehaltung des Zeitpunktes der Aussaat/Anpflanzung abnehmen.

Über die zukünftige Entwicklung von Trockenheit, Waldbränden, Föhn, Winterstürmen, Hagel und Lawinen sind im Moment keine spezifischen Aussagen möglich. Es ist wichtig, dass in diesen Gebieten der Fortschritt der Forschung sorgfältig beobachtet wird.

(b) Massnahmen gegen die anthropogene Klimaänderung

Bezüglich Zusammenhang, Verlauf, Richtung und Ausmass von Klimaänderung und Extremereignissen bestehen beträchtliche Unsicherheiten. Entscheidungen bei Unsicherheiten sollten sich auf die so genannte Minimax-Regel stützen. Sie besagt, dass die Strategie zu wählen ist, bei welcher der maximal mögliche Schaden am kleinsten ist.

Massnahmen gegen die Ursachen der anthropogenen Klimaänderung sollen konsequent fortgesetzt und auf nationaler und internationaler Ebene zwischen Forschung, Verwaltung, Wirtschaft und Politik koordiniert werden. Aus wissenschaftlicher Sicht ist längerfristig eine Reduktion der globalen Treibhausgasemissionen auf den Stand von 1950 notwendig. Das Kyoto-Protokoll ist ein wichtiger Schritt zur Koordination internationaler Massnahmen. Die Reduktionsverpflichtung der Schweiz soll mit dem CO₂-Gesetz, dem Energiegesetz und zusätzlichen Massnahmen¹ erreicht werden. Diese Massnahmen sehen bis 2010 eine Reduktion der CO₂-Emissionen um 10% gegenüber 1990 vor. Angesichts der erwarteten Auswirkungen der Klimaänderung soll sich die Schweiz in den Verhandlungen über das Vorgehen nach der ersten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls für wirksame Klimaschutzziele einsetzen. Von den Massnahmen gegen die Klimaänderung wird auch die Schweiz profitieren.

Zusätzlich zum CO₂- und Energiegesetz sind in der Schweiz weitere Massnahmen gegen die anthropogene Klimaänderung und zur Etablierung emissionsarmer Lebensstile und Wirtschaftsabläufe erforderlich. Beispielsweise müssen die

Prozesse und Beziehungen in der Privatwirtschaft transparenter gestaltet werden, damit die Nachhaltigkeit ganz allgemein und die Klimaverträglichkeit von Investitionen im Besonderen gefördert werden. Geeignete gesetzliche Rahmenbedingungen können hier unterstützend wirken. Partnerschaften zwischen Staat und Privatwirtschaft bzw. Industrie sollen aufgebaut und gefördert werden, um sicherzustellen, dass Klimaschutzmassnahmen und Anpassungsstrategien umgesetzt werden. „Saubere“ Technologien und insbesondere erneuerbare Energien werden in Zukunft eine tragende Rolle übernehmen müssen.

(c) Kommunikation

Massnahmen gegen die anthropogene Klimaänderung und zum Schutz vor Extremereignissen müssen langfristig und zu einem Zeitpunkt geplant werden, bei dem erst qualitative Prognosen des zukünftigen Klimas vorliegen. Die Bewusstseinsbildung in Bevölkerung, Politik und Wirtschaft ist deshalb sehr wichtig. Dabei spielen die Medien und Führungspersönlichkeiten eine entscheidende Rolle.

Bei der Berichterstattung über Klimaänderung und Extremereignisse muss beachtet werden, dass Extremereignisse keine verlässlichen Klimaindikatoren darstellen. Die Klimaänderung wird besser durch andere Indikatoren aufgezeigt (Erwärmung, abschmelzende Alpengletscher). Die Verknüpfung von Extremereignissen und Klimaänderung in der öffentlichen Meinung birgt die Gefahr, dass die Klimaproblematik in Zeiten mit vielen Extremereignissen dramatisiert und in Zeiten mit wenigen Ereignissen verharmlost wird.

Eine Zunahme der Häufigkeit gewisser Extremereignisse (z.B. Starkniederschläge, Überschwemmungen) ist konsistent mit den Zukunftserwartungen aus Klimamodellen und dem physikalischen Prozessverständnis. Einzelne Extremereignisse können aber nicht ursächlich der Klimaänderung zugeschrieben werden.

(d) Forschung

Bereits heute ist eine ausreichende Wissensgrundlage vorhanden, um Massnahmen gegen die Klimaänderung und zum Schutz vor Extremereignissen zu ergreifen. Die Forschung wird aber auch in Zukunft den Wissensstand erhöhen und die Unsicherheiten verkleinern.

Für den Umgang mit Extremereignissen braucht es integrale Analysen von natur-, sozial-, ingenieur- und wirtschaftswissenschaftlichen Zusammenhängen. Zuverlässige Messnetze sind von zentraler Bedeutung für Früherkennung und Analyse. Sie bilden das Rückgrat von Warnsystemen und die Datenbasis für die Detektion von langfristigen Veränderungen. Sorgfältige Prozessanalysen beobachteter Ereignisse können aufzeigen, welche Prozesse zum Ereignis führten, ob die Voraussetzungen für ähnliche Ereignisse gegeben sind und ob die Klimaänderung die Häufigkeit ähnlicher Ereignisse verändert. Mathematische Modelle und Computersimulationen gewinnen im Bereich der kurzfristigen Vorhersage und Warnung international an Bedeutung. Sie sind auch geeignete Instrumente, um die Gefährdung in einem zukünftigen Klima abzuschätzen und zu quantifizieren.

Laufende Forschungsprojekte im In- und Ausland (NCCR-Climate, EU-Forschungsprojekte etc.) haben zu einem besseren Verständnis der Klimaänderung und der Extremereignisse geführt. Der Zusammenhang zwischen Klima und Extremereignissen ist jedoch noch immer erst teilweise verstanden. Die zukünftige Forschung soll sich in ihrer Stossrichtung am neusten Bericht des *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC)^{2,3,4,5} orientieren und die lokalen Gegebenheiten und Strukturen des

Alpenraums berücksichtigen. Ziel ist insbesondere, die Auswirkungen auf Gesellschaft und Wirtschaft rechtzeitig zu erkennen und mögliche Gegenmassnahmen aufzuzeigen. Die neusten Erkenntnisse sollen laufend in die dynamischen Planungs- und Entscheidungsprozesse einfließen. Die Schweiz soll sich weiterhin aktiv an internationalen Forschungsprogrammen beteiligen und die Diskussion zwischen Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und Verwaltung fördern.

-
- 1 Beispielsweise das Programm EnergieSchweiz, das erneuerbare Energien und Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz fördert.
 - 2 IPCC, Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 881 p., 2001.
 - 3 IPCC, Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 1032 p., 2001.
 - 4 IPCC, Climate Change 2001: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 752 p., 2001.
 - 5 IPCC, Climate Change 2001: Synthesis Report. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 397 p., 2002.

Mit Klima bezeichnen wir gemeinhin das mittlere Wetter und beschreiben dieses mit Mittelwerten meteorologischer Grössen. Extremereignisse sind Episoden, während denen das Wetter von seinem langzeitlichen Mittel und den für einen bestimmten Ort und eine bestimmte Jahreszeit typischen Schwankungen stark abweicht. Sie gehören zum Klima einer Region und prägen Landschaft und Lebensbedingungen. Extremereignisse können aber zu verheerenden Schäden an Kulturen und gesellschaftlichen Einrichtungen führen. Erkenntnisse über ihre Häufigkeit und Intensität sind deshalb für unsere Gesellschaft sehr wichtig. Sie fliessen in die heutigen Planungsaufgaben ein und werden für die Erstellung von Schutzmassnahmen benötigt.

In jüngster Vergangenheit gab es in der Schweiz eine Vielzahl von Extremereignissen. In der folgenden Liste sind nur einige von ihnen erwähnt:

- Eine Hitzewelle bescherte der Schweiz 2003 den wärmsten Juni seit Beginn der Temperaturmessungen im Jahr 1864. Die langjährige Monatsdurchschnittstemperatur wurde um ungefähr 6°C übertroffen.
- Nach Starkniederschlägen Mitte November 2002 in den Kantonen Graubünden, Uri und Tessin richteten Schlammlawinen verheerende Schäden an. Die Gemeinden Schlans und Rueun in der Surselva waren besonders stark betroffen.
- Im Oktober 2000 fielen im Simplongebiet innert zwei Tagen nahezu 500 mm Regen. Am 14. Oktober 2000 brach die Stützmauer oberhalb von Gondo. Die Rutschung mit Hangmure zerstörte Teile des Dorfs und forderte 13 Menschenleben.
- Im Dezember 1999 zog der Wintersturm Lothar quer durch Westeuropa. In Frankreich, Deutschland und der Schweiz richtete der Orkan enorme Schäden an. In der Schweiz waren 13 Menschenleben zu beklagen. Die Waldschäden umfassten 12.7 Mio. m³ Holz.
- Im Juli 1999 wanderte ein grosses Sturmsystem mit Gewitterzellen von West nach Ost durch das Schweizer Mittelland und die Voralpen. Mehr als 500 Gemeinden meldeten Hagelschäden in der Landwirtschaft.
- Anfang 1999 fielen während drei kurz aufeinander folgenden Niederschlagsperioden in weiten Teilen des Wallis, in Nordbünden und im Unterengadin über 300 cm Schnee. In der Folge gingen in den Schweizer Alpen rund 1200 Schadenlawinen nieder.

Schadenreiche Extremereignisse sind für die betroffene Bevölkerung schmerzhaft. In den Medien erhalten sie viel Aufmerksamkeit. Im Wissen um den Anstieg der globalen Temperaturen wird immer wieder die Frage nach dem Zusammenhang zwischen den Extremereignissen und der Klimaänderung gestellt. Sind Extremereignisse als Folge der Klimaänderung häufiger geworden?

Die Klimaänderung und deren Auswirkungen sind im neusten Wissensstandsbericht des *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC^{1,2,3,4}) ausführlich beschrieben. Im 20. Jahrhundert ist die globale Durchschnittstemperatur um ca. 0.6°C angestiegen und haben die Niederschläge über den Kontinenten in mittleren und hohen Breiten der Nordhemisphäre deutlich zugenommen. Der grösste Teil der Erwärmung der letzten 50 Jahre ist wahrscheinlich den Aktivitäten des Menschen zuzuschreiben. Für das 21. Jahrhundert wird erwartet, dass sich die globale Erwärmung beschleunigt fortsetzen und sich die Niederschläge je nach Region deutlich verändern werden.

Die globale Klimaänderung wird sich auch auf die Häufigkeit und Intensität von Extremereignissen auswirken. Es gibt Hinweise, dass die Häufigkeit von Extremereignissen besonders empfindlich auf eine Klimaänderung reagieren könnte. Dafür verantwortlich sind einerseits physikalische Rückkopplungsmechanismen. Andererseits gibt es auch statistische Effekte, durch welche sich die Klimaänderung in der Häufigkeit von Extremen sogar stärker manifestieren könnte als bei „normalen“ Wetterereignissen. (Abbildung 1 veranschaulicht diese statistische Sensitivität am Beispiel von Temperaturextremen.) Die Möglichkeit einer hohen Sensitivität zusammen mit der Empfindlichkeit der modernen Zivilisation verlangt eine wissenschaftliche Abschätzung möglicher zukünftiger Entwicklungen von Extremereignissen und eine Beurteilung ihrer Bedeutung für Mensch und Umwelt.

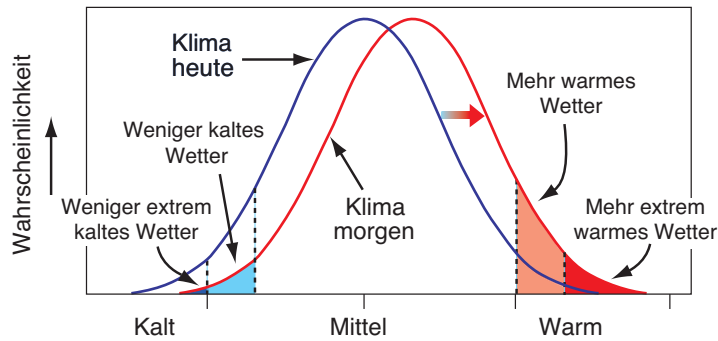


Abbildung 1: Möglicher Einfluss der Klimaänderung auf die Häufigkeit von Extremereignissen am Beispiel von Temperaturextremen.¹ Die blaue Kurve zeigt die statistische Verteilung der heute auftretenden Temperaturen. Mittlere – durchschnittliche – Temperaturen sind häufig, extrem kaltes (blaue Fläche unter der Kurve) oder extrem heisses (rote Fläche unter der Kurve) Wetter ist selten. Mit der Klimaänderung könnte sich diese Häufigkeitsverteilung zu höheren Temperaturen verschieben (rote Kurve). Die Auswirkungen dieser Verschiebung sind bei der Häufigkeit der Extremereignisse besonders stark: Extrem heisses Wetter wird viel häufiger und extrem kaltes Wetter wird viel seltener. Bei den mittleren Temperaturen sind die relativen Veränderungen weniger spürbar.

Der vorliegende Bericht fasst den heutigen Wissensstand über den Zusammenhang zwischen Extremereignissen in der Schweiz und der globalen Klimaänderung aus der Perspektive eines interdisziplinären Expertengremiums zusammen. Dabei wird die Wirkungskette von der globalen Klimaänderung über die Änderung von Wetterextremen im Alpenraum bis hin zu den Veränderungen von Schäden und den ökonomischen Auswirkungen beurteilt. Der Bericht sucht eine differenzierte Sicht, in welcher die naturwissenschaftliche Dimension, die möglichen Auswirkungen auf Lebensräume, aber auch nicht klimatische Einflüsse auf die Schaden-Risiken (z.B. Nutzungsänderungen, Wertexposition) berücksichtigt werden. Der Bericht richtet sich an politische Entscheidungsträger, Behörden, die Medien und die Öffentlichkeit.

Der Bericht besteht aus zwei Teilen. Der erste Teil klärt die Bedeutung der im Bericht verwendeten Begriffe, führt – soweit für die Beurteilung der Aussagen nötig – in die wissenschaftlichen Me-

thoden ein und beschreibt einige wichtige wissenschaftliche Grundlagen. Der zweite Teil gibt eine Übersicht über den heutigen Wissensstand zu den für die Schweiz wichtigsten Kategorien von Extremereignissen (Temperaturextreme, Frost, Trockenheit, Waldbrand, Starkniederschläge, Hagel, Hochwasser, Massenbewegungen, Lawinen und Winterstürme). Soweit möglich und sinnvoll folgen die einzelnen Unterkapitel einem gemeinsamen Schema, in welchem die Sensitivitäten der entsprechenden Kategorie, Aussagen über Veränderungen in der Vergangenheit und die Perspektiven für die Zukunft beschrieben werden.

Am Bericht haben 24 Autorinnen und Autoren mitgearbeitet. Der Inhalt wurde von 7 Fachpersonen begutachtet. Die Mitglieder des OcCC haben den Text an den Sitzungen vom 27. Februar und 28. Mai 2003 diskutiert und verabschiedet.

- 1 IPCC, Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 881 p., 2001.
- 2 IPCC, Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 1032 p., 2001.
- 3 IPCC, Climate Change 2001: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 752 p., 2001.
- 4 IPCC, Climate Change 2001: Synthesis Report. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 397 p., 2002.