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

Artikel: Wie sicher sind die Aussagen zum Klimawandel?
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941761

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 05.07.2025

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

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: Unwetterschäden 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, Zürcherstrase 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 Forschungsresultate 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 Klimaforschung 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

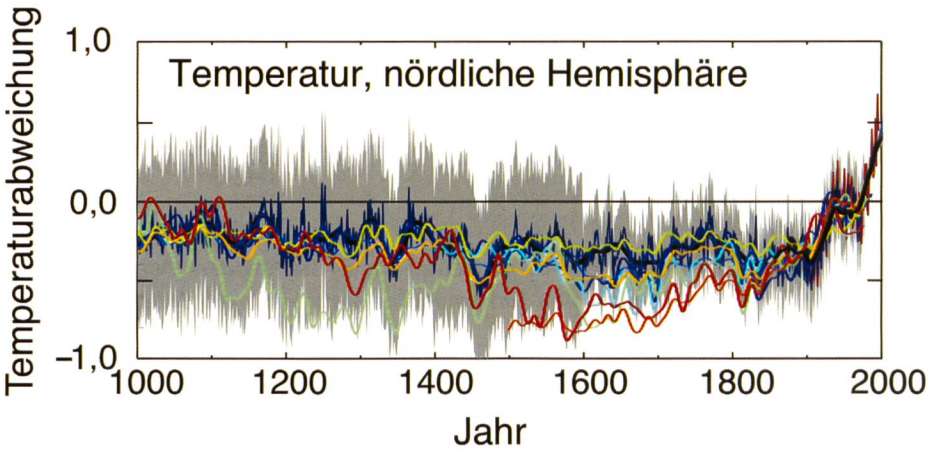

Bild 1. Abweichung der Erdoberflächentemperatur der Nordhemisphäre vom Mittelwert 1961–1990 während der letzten 1000 Jahre. Die Rekonstruktion von Mann et al. [3] (IPCC) in Hellgrün mit grau schattiertem Vertrauensbereich, die neuste Kurve von Moberg [1] in Rot sowie weitere Rekonstruktionen (Quelle: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

wärmste Jahrzehnt der letzten 1000 Jahre in der Nordhemisphäre waren, werden durch die neuen Untersuchungen nicht in Frage gestellt. So stellt die «Nature-Studie» fest: «Wir finden keine Hinweise auf irgendeine frühere Periode in den letzten 2000 Jahren mit wärmeren Verhältnissen als die Nach-1990-Periode – in Übereinstimmung mit früheren ähnlichen Studien.»

- Die im IPCC-Bericht gezeigte Temperaturkurve der letzten 1000 Jahre (von Mann et al., 1998) war zum Zeitpunkt der Erstellung die am weitesten entwickelte veröffentlichte Datenanalyse und wurde deshalb im Bericht aufgeführt. Mit den von Mann angewandten Methoden und Daten (v.a. von Baumringen) werden allerdings die längerfristigen Schwankungen unterschätzt. Schon damals existierten andere unabhängige Analysen, welche ebenfalls im IPCC-Bericht gezeigt werden. Insbesondere die Analysen von Bohrlochtemperaturen zeigen kühlere Temperaturen im 17. und 18. Jahrhundert als die Studie von Mann et al. Im IPCC-Bericht sind die Unsicherheiten erwähnt, die für die Zeit vor Beginn der direkten Messungen um ca. 1850 bestehen. Seit der Fertigstellung des Berichtes sind weitere Datensätze analysiert und zusätzliche, verbesserte Auswertungsmethoden angewendet worden. Unter anderem haben auch verschiedene Gruppen aus der Schweiz wichtige Beiträge zum Thema veröffentlicht [4], insbesondere zur Temperaturentwicklung in Europa [5]. Die neueren Analysen zeigen einerseits tiefere Temperaturen für die kleine Eiszeit, bestätigen aber auch, dass die gemessenen warmen nordhemisphärischen Temperaturen der letzten Jahrzehnte aussergewöhnlich sind.
- Die Aussage des IPCC, dass der Grossteil der in den letzten 50 Jahren beobachteten Erwärmung menschlichen Aktivitäten zuzuschreiben ist, beruht auf verschiedenen Indizien. Erstens haben sich die natürlichen Einflüsse wie die Sonnenaktivität oder Vulkanaktivitäten in diesem Zeitraum kaum verändert, zweitens entspricht die räumliche Verteilung der Temperaturveränderung dem für den Treibhauseffekt erwarteten Muster, drittens kann mit den Klimamodellen die gegenwärtige Erwärmung nur bei Berücksichtigung des zusätzlichen Treibhauseffektes nachvollzogen werden, und schliesslich bestätigen die beobachteten Veränderungen der Strahlungsbilanz am Boden und in der Atmosphäre die Wirkung der Treibhausgase. Der im Vergleich der letzten 1000 Jahre aussergewöhnliche aktuelle Temperaturanstieg ist nur eines einer Reihe von Indizien.

Wie sicher sind Aussagen zum Klimawandel? Einige Beispiele

Die verschiedenen Prozesse im Klimasystem können bezüglich Kenntnisstand in drei Gruppen unterteilt werden, nämlich erstens solche, die bekannt und in der Wissenschaft heute praktisch unbestritten sind, zweitens solche, für die verschiedene Unsicherheiten vorhanden sind und für die lediglich Bereiche oder Wahrscheinlichkeiten angegeben werden können, sowie drittens Bereiche, die noch zahlreiche Fragen offen lassen und wo keine konkreten Aussagen möglich sind. Diese Bereiche sollten nicht verwechselt werden. Unsicherheiten in einem ganz spezifischen Punkt stellen Aussagen in anderen Bereichen nicht a priori in Frage.

Beispiele von Aussagen, die in der Klima-Wissenschaft unbestritten sind

- *Die Konzentration von CO_2 in der Atmosphäre ist seit ca. 1850 stark angestiegen, von dem für Warmzeiten seit mindestens 400 000 Jahren typischen Wert von 280 ppm auf inzwischen 380 ppm.*
- *Für diesen Anstieg ist der Mensch verantwortlich, in erster Linie durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe, in zweiter Linie durch Abholzung von Wäldern.*
- *CO_2 ist ein klimawirksames Gas, das den Strahlungshaushalt der Erde verändert: Ein Anstieg der Konzentration führt zu einer Erwärmung der oberflächennahen Temperaturen (bei einer Verdoppelung der Konzentration liegt die Erwärmung im globalen Mittel sehr wahrscheinlich zwischen 1,5 und 4,5 °C, nach derzeitigen Kenntnissen am wahrscheinlichsten zwischen 3 und 3,5 °C).*
- *Das Klima hat sich im 20. Jh. deutlich erwärmt (global um ca. 0,6 °C, in der Schweiz um ca. 1,4 °C); die Temperaturen der abgelaufenen zehn Jahre waren global die wärmsten seit Beginn der Messungen im 19. Jahrhundert und seit mindestens mehreren Jahrhunderten davor.*
- *Der überwiegende Teil dieser Erwärmung ist auf den Anstieg der CO_2-Konzentration und anderer anthropogener Treibhausgase zurückzuführen; ein kleinerer Teil auf natürliche Ursachen, wie z.B. Schwankungen der Sonnenaktivität.*

Beispiele von Aussagen mit grösseren Unsicherheitsbereichen

- *Die Erdoberflächentemperaturen werden bis im Jahr 2100 gegenüber 1990 wahrscheinlich um 1,4 bis 5,8 °C steigen. Die Unsicherheiten betreffen vor allem die so genannte Klimasensitivität (Erwärmung bei einer Verdoppelung der CO_2-Konzentration), Unsicherheiten in den Klimamodellen und zu einem grossen Teil auch die Ungewissheit über die zukünftigen Emissionen von Treibhausgasen.*
- *Der Meeresspiegel wird bis 2100 gegenüber 1990 wahrscheinlich um ca. 20–90 cm steigen. Die Ungewissheiten betreffen u.a. die Abschmelzraten und das Verhalten der grossen Eisschilder in Grönland und insbesondere der Antarktis.*
- *Es deutet vieles daraufhin, dass Starkniederschläge und damit auch Überschwemmungen in Zukunft zunehmen werden (aufgrund des höheren möglichen Wasserdampfgehaltes der wärmeren Luft). Ein statistischer Nachweis einer Häufigkeitsveränderung ist für «intensive» Ereignisse (z.B. einmal im Monat) möglich, nicht jedoch für sehr extreme. Auch haben Extremereignisse immer mehrere Ursachen.*

Beispiele von Prozessen, die noch verschiedene offene Fragen enthalten

- *Die Wirkung der Aerosole (kleine Partikel in der Luft) auf die Erdoberflächentemperatur: Die so genannte «direkte» Wirkung, hauptsächlich hervorgerufen durch die Reflexion der Sonnenstrahlung an den Partikeln, ist ungefähr bekannt. Ungewissheit besteht hingegen über die verschiedenen «indirekten» Wirkungen, z.B. bei der Wolkenbildung (die Aerosolkonzentration beeinflusst die Anzahl Wolkentröpfchen, die Reflexionseigenschaften der Wolke und möglicherweise auch die Lebensdauer der Wolke).*
- *Die Veränderung der Wolken durch die höheren Temperaturen: Bei höheren Temperaturen ist mit erhöhter Verdunstung und einem höheren Wasserdampfgehalt in der Atmosphäre zu rechnen. Die Entwicklung der relativen Feuchtigkeit (aktueller Wasserdampfgehalt im Verhältnis zum maximal möglichen Gehalt bei vorgegebener Temperatur) ist hingegen weniger klar. Unsicher ist, ob in der Folge mehr Wolken vorhanden sind, und wenn ja, welcher Art. Hohe Wolken (Cirren) führen eher zu einer Erwärmung am Boden (Wirkung wie Treibhausgase), tiefe und kompakte Wolken hingegen haben tagsüber am Boden eine Abkühlung (Reflexion der Sonnenstrahlung), nachts eine Erwärmung zur Folge (Wärmestrahlung der Wolke). Die Summe der Wirkungen ist unklar.*
- *Das Verhalten der verschiedenen CO_2-Speicher sowohl im Boden als auch in den Ozeanen: Zurzeit werden rund die Hälfte der menschlichen Treibhausgasemissionen vom Boden und von den Ozeanen aufgenommen. Diese Aufnahmekapazitäten können sich bei zunehmenden Treibhausgaskonzentrationen und steigenden Temperaturen unter Umständen stark verändern.*

- Die neuen Analysen zeigen eine höhere natürliche Variabilität des Klimas im Vergleich zu der Rekonstruktion von Mann et al. Bei allen bekannten Rekonstruktionen liegen die Schwankungen der nordhemisphärischen Temperatur im letzten Jahrtausend jedoch innerhalb von 1°C für Zeitskalen von Jahrzehnten bis Jahrhunderten. Demgegenüber muss in diesem Jahrhundert im Falle ausbleibender klimapolitischer Massnahmen mit einem globalen Temperaturanstieg zwischen ca. 1,5 und 6 °C aufgrund der menschlichen Tätigkeiten gerechnet werden. Wie gross die menschlich verursachte Erwärmung sein wird, hängt im Wesentlichen von den zukünftigen Treibhausgasemissionen ab.

Den Klimaforschern wird immer wieder Panikmache vorgeworfen. Dazu nehmen wir wie folgt Stellung:

- Das IPCC hat in seinem Bericht alle wichtigen Aussagen mit Wahrscheinlichkeitsangaben versehen und Unsicherheiten aufgelistet. Die Angaben enthalten die Einschätzung der Experten aufgrund der vorhandenen Kenntnisse. Die Klimawissenschaftler sind generell bestrebt, diese Unsicherheiten in der Öffentlichkeit darzulegen. Die Gratwanderung zwischen genügend präziser, aber doch verständlicher Darstellung komplizierter Sachverhalte ist eine Herausforderung, doch der generelle Vorwurf der Panikmache ist nicht gerechtfertigt.
- Kritik wird auch in der Klimawissenschaft sehr ernst genommen. Der Vorwurf, die Klimawissenschaft sei eine blosse Gesinnungswissenschaft, in der abweichende Positionen nicht ernst genommen würden, ist unangebracht. Die Auseinandersetzung mit Kritik und Widerspruch ist alltäglicher Teil der Wissenschaftskultur und – falls begründet – fördert wissenschaftlichen Fortschritt. So werden die Aussagen des IPCC für jeden Bericht wieder von neuem überprüft und aufgrund von neuen Kenntnissen revidiert. Manche Kritikpunkte erweisen sich als berechtigt. Die meisten haben jedoch einer eingehenden Prüfung nicht standgehalten – wie zum Beispiel der angebliche Einfluss der städtischen Wärmeinseln auf den globalen Temperaturanstieg oder die Selbstregulierung tropischer Temperaturen. Die Argumentation im neuen Roman von Bestsellerautor Michael Crichton zur Klimathematik («Welt in Angst») beruht zum grössten Teil auf solchen längst widerlegten Argumenten.
- Der heutige Wissensstand zur Klimaentwicklung ist weder vollständig noch definitiv. Wie in der Wissenschaft üblich, werden Vorstellungen über die Funktion des Klimasystems laufend anhand neuer Ergebnisse überprüft und angepasst. Die in den letzten Jahren durchgeführten Arbeiten haben die bisherigen Kenntnisse überwiegend bestätigt, verfeinert oder offene Fragen gelöst. So zeigen beispielsweise neuere Auswertungen der Satellitenmessungen keinen Widerspruch mehr zwischen der Erwärmung der unteren Atmosphärenschicht und der Erwärmung an der Erdoberfläche. In einigen Bereichen muss eher befürchtet werden, dass die Auswirkungen des menschlichen Treibhauseffektes stärker sein könnten als im letzten IPCC-Bericht angenommen [7]. Verschiedene Arbeiten deuten darauf hin, dass die arktischen Eismassen schneller schmelzen könnten als bisher angenommen [8, 9].
- Bei den längerfristigen Aussagen zur zukünftigen Klimaentwicklung handelt es sich grundsätzlich nicht um Prognosen. Die Klimamodelle zeigen die klimatischen Konsequenzen für unterschiedliche Entwicklungen der Treibhausgasemissionen. Dies ermöglicht Risikoabschätzungen für entsprechende negative Auswirkungen. Nach den derzeitigen wissenschaftlichen Kenntnissen ist das Risiko gross, dass die Emissionen von Treibhausgasen unser Klima nachhaltig und mit spürbaren Folgen verändern. Je mehr Treibhausgase wir emittieren, umso grösser wird das Risiko schwerwiegender Folgen. Das Risiko für das Eintreffen spezifischer Folgen wiederum ist für verschiedene Ereignisse unterschiedlich hoch und nicht immer bekannt. Es ist beispielsweise sehr hoch für mehr Hitzewellen, hingegen wenig bekannt für die Häufigkeit von Stürmen. Die Frage des Umgangs mit diesem Risiko ist jedoch keine wissenschaftliche, sondern eine ethische und politische Frage.
- Nicht nur der IPCC-Report [10], sondern auch alle anderen aktuellen, wissenschaftlich breit abgestützten Studien kommen zum Schluss, dass der Mensch in den letzten Jahrzehnten das Klima wesentlich beeinflusst hat und eine zukünftige Erwärmung mit möglicherweise schwerwiegenden Folgen wahrscheinlich ist. Es sind dies zum Beispiel Stellungnahmen
  - der amerikanischen National Academy of Sciences [11],
  - der American Geophysical Union (die weltweit grösste Organisation der Geowissenschaftler [12],
  - der World Meteorological Organisation (WMO) [13] und
  - des wissenschaftlichen Beirats Globale Umweltveränderungen der deutschen Bundesregierung (14).

Literatur

[1] *A. Moberg, D. M. Sonechkin, K. Holmgren, N. M. Datsenko und W. Karlen,* 2005: Highly variable Northern Hemisphere temperatures reconstructed from low- and high-resolution proxy data, Nature, 433, 613–617.

[2] *H. von Storch, E. Zorita, J. M. Jones, Y. Dimitriev, F. González-Rouco, S. F. B. Tett,* 2004: Reconstructing past climate from noisy proxy data. Science, 306, 679–682.

[3] *M. E. Mann, R. S. Bradley and M. K. Hughes,* 1998: Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries. Nature 392, 779–787.

[4] *J. Esper, E. R. Cook, F. H. Schweingruber,* 2002: Low-frequency signals in long tree-ring chronologies for reconstructing past temperature variability. Science, 295, 2250–2253.

[5] *J. Luterbacher, D. Dietrich, E. Xoplaki, M. Grosjean, and H. Wanner,* 2004: European Seasonal and Annual Temperature Variability, Trends, and Extremes Since 1500. Science, 303, 1499–1503.

[6] http://en.wikipedia.org/wiki/Image:1000_Year_Temperature_Comparison.png

[7] *R. Knutti, T. F. Stocker, F. Joos, und G.-K. Plattner,* 2002: Constraints on radiative forcing and future climate change from observations and climate model ensembles. Nature 416, 719–723.

[8] *R. Thomas* et al., 2004: Accelerated Sea-Level Rise from West Antarctica, Science, 8 October, Vol. 306: 255–258.

[9] *T. A. Scambos, J. A. Bohlander, C. A. Shuman, and P. Skvarca,* 2004: Glacier acceleration and thinning after ice shelf collapse in the Larsen B embayment, Antarctica. Geophysical Research Letters, 22 Sept., Vol. 31, L18402.

[10] www.ipcc.ch

[11] books.nap.edu/books/0309075742/html/

[12] www.agu.org/sci_soc/prrl/prrl0319.html

[13] www.wmo.ch/web/wcp/wcdmp/statement/html/statement.html

[14] www.wbgu.de/wbgu_sn2003.html

Anschrift der Verfasser

Prof. *Martin Beniston,* Geografisches Institut Uni Fribourg, Tel. 026 300 90 11, martin.beniston@unifr.ch

Prof. *Heinz Gutscher,* Psychologisches Institut Uni Zürich, Tel. 044 634 21 13, gutscher@sozpsy.unizh.ch

PD *Fortunat Joos,* Klima- und Umweltphysik Uni Bern, Tel. 031 631 44 61, joos@climate.unibe.ch

Prof. *Christian Körner,* Botanisches Institut Uni Basel, Tel. 061 267 35 10, ch.koerner@unibas.ch

Prof. *Christoph Schär,* Atmosphäre und Klima ETH Zürich, Tel. 044 635 51 99, schaer@env.ethz.ch

Prof. *Thomas Stocker,* Klima- und Umweltphysik Uni Bern, Tel. 031 631 44 62, stocker@climate.unibe.ch

Prof. *Heinz Wanner,* Geografisches Institut Uni Bern, Tel. 031 631 88 85, wanner@giub.unibe.ch