

- Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2007): Richtlinie 2007/2/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. März 2007 zur Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft (INSPIRE). Amtsblatt der Europäischen Union 50: 1-14.
- ISO TC 211 (2007a): ISO 19111 – Geographic Information – Spatial Referencing by Coordinates.
- ISO TC 211 (2007b): ISO 19115 – Geographic Information – Metadata.
- Longhorn, R. (2003): A Comparison of Spatial Information Access Policies of Transnational Environmental Modeling and Global Climate Change Programs. In: Benes, T. (Hg.): Geoinformation for European-wide Integration, Millpress, Rotterdam, 305-313.
- Longhorn, R. (2004): Does INSPIRE Inspire? Geoinformatics 7: 1-5.

- Nowak, J. und Craglia, M. (2006): INSPIRE Metadata Survey Results. Final Report of the JRC Institute for Environment and Sustainability.
- Nowak J., Noguera-Iso, J. und Peedell, S. (2005): Issues of Multilinguality in Creating a European SDI - the Perspective for Spatial Data Interoperability. 11th EC GI & GIS Workshop, ESDI: Setting the Framework, Alghero, Sardinia.

Weiterführende Links

- INSPIRE: www.ec-gis.org/inspire
- EU-Geoportal: www.inspire-geoportal.eu
- GDI-DE: www.gdi-de.de



Dipl.-Geoökol. Christian Graul studierte von 2001 bis 2007 Geoökologie in Bayreuth. Seit 2007 ist er am Lehrstuhl für Kartografie der Universität Bonn beschäftigt.

Lehrstuhl für Kartografie

Geografisches Institut
Universität Bonn

Meckenheimer Allee 172
53115 Bonn

graul@geographie.uni-bonn.de
www.giub.uni-bonn.de/karto

Anpassung an den Klimawandel als gesellschaftliche Herausforderung

Von Carl Beierkuhnlein, Andreas Gohlke und Thomas Foken, Bayreuth

Die wohl größte umweltpolitische Herausforderung unseres Jahrhunderts ist der Klimawandel. Die globale Dimension, die Geschwindigkeit der Abläufe, die Neuartigkeit der Entwicklungen und die Komplexität des Problems erfordern eine enge Abstimmung zwischen Forschung und Praxis, zwischen dem Erlangen von Kenntnissen zu den zu erwartenden Auswirkungen und der Einleitung von Maßnahmen zur Anpassung daran. Über eine Kombination von Vermeidungs- und Anpassungsstrategien

müssen Anstrengungen unternommen werden, negative ökonomische und soziale Konsequenzen einzugrenzen. Im Vergleich zu den aktuellen Bemühungen um möglichst effiziente Vermeidungsstrategien stehen die Anpassungsstrategien noch im Hintergrund der Diskussion. Unter Anpassung verstehen wir die Konzeption und Umsetzung aktiven Handelns im Hinblick auf einen neuartigen Zustand.

Das Spektrum der betroffenen menschlichen Interessen reicht von der Gesundheit über die Nahrungsmittelproduktion, den Tourismus,

den Erhalt funktionsfähiger Wälder und Forste bis hin zur politischen Stabilität. Weitgehende Unklarheit besteht vor allem bezüglich der indirekten Folgen des Klimawandels, sprich der Wirkungsketten über Organismen und ökologische Systeme. Die Ungewissheit bezüglich der künftigen Ökosystemreaktionen lässt sich schon aus der Tatsache ableiten, dass bereits in wenigen Jahrzehnten mit der Überschreitung globaler thermischer Maximaltemperaturen im Verlauf der letzten Million Jahre zu rechnen ist. **Abb. 1** zeigt den Vergleich der gegen Ende des 21.

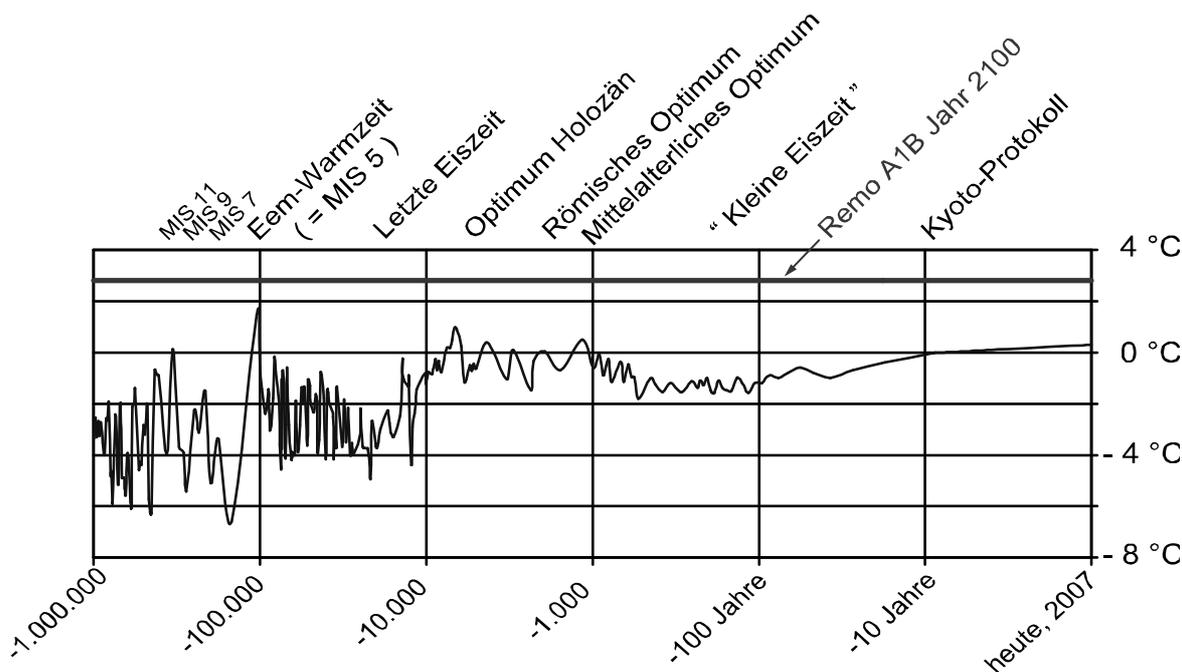


Abb. 1: Globaler Temperaturverlauf der letzten 1 Mio. Jahre im Vergleich zum Temperaturmittel im Jahr 2000 mit logarithmischer Zeitachse (MIS = „Marine Isotope Stage“); die Linie stellt die im IPCC Klimaszenario A1B prognostizierte globale Temperatur im Jahr 2100 dar (verschiedene Quellen).

Jahrhunderts vom A1B Szenario prognostizierten Werte mit dem globalen Temperaturverlauf während der Phase der Evolution der meisten aktuell vorkommenden Arten (einschließlich *Homo sapiens*).

Das bayerische Landesamt für Umwelt gab deshalb eine Studie zur aktuellen Lage der Forschung und des Kenntnisstandes über die ökologischen Auswirkungen des Klimawandels sowie zu möglichen Anpassungsstrategien in Auftrag („Klimawandel in Bayern – Auswirkungen und Anpassungsmöglichkeiten“, Beierkuhnlein & Foken (Hrsg.) 2008).

Das Spektrum der behandelten Themen reicht von zeitlichen und räumlichen Dimensionen (Paläoklimatologie und Klimageschichte) des Klimawandels über physikochemische Prozesse (Aerosole, Wasserkreislauf und meteorologische Extreme) bis hin zu den Auswirkungen und Anpassungsstrategien. Schwerpunkte sind Auswirkungen auf die Ökosysteme und den Naturhaushalt (Flora und Fauna, Biodiversität, Stoffhaushalt u.a.) und mögliche Auswirkungen auf die

Gesellschaft (Agrar-, Forst-, Wasserwirtschaft, Natur- und Artenschutz, Gesundheitswesen u.v.a.). Zu Letzteren werden mögliche Handlungsstrategien zur Anpassung an den unvermeidbaren Klimawandel aufgezeigt.

Umfassende Analysen des Forschungsstandes globaler wie auch regionaler Entwicklungen für Bayern wurden durchgeführt. Neben der Analyse der bestehenden KLIWA¹-Darstellungen wurden REMO²-Daten neu ausgewertet und die Änderung der Temperaturen (Wintermonate, Sommermonate) für die Szenarien A2, A1B und B1 dargestellt. Die durchgeführten Modellierungen und Szenarienrechnungen dienten als Grundlage zur Erarbeitung der regional differenziert anzuwendenden Anpassungsstrategien.

Der Klimawandel macht sich regional spezifisch deutlich bemerkbar. In Bayern wird mit einer deutlich überproportionalen Erwärmung gerechnet. Die Niederschlagsentwicklung wird im Sommer sehr kleinräumig

¹ Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft

² Regional Modelling of Present and Future Climate

unterschiedlich verlaufen. Im Winter wird mit einer allgemeinen Zunahme der Niederschläge gerechnet.

Da neben der Erhöhung langjähriger Temperaturmittelwerte mit einer Zunahme von Extremereignissen zu rechnen ist (**Abb. 2**), spielen diese und der Umgang mit Naturgefahren in der gesamten Studie eine wichtige Rolle.

Anpassung

Eine Kombination von Anpassungsstrategien und deren konsequente Umsetzung muss baldmöglichst angegangen werden, um negative Folgewirkungen und damit einhergehende Kosten für die Gesellschaft möglichst gering zu halten. Es sollte nicht geschehen, dass kurzfristige Ziele der Anpassung an den Klimawandel mittel- und langfristigen vorgezogen werden. Allerdings sind Wissensdefizite klar zu identifizieren. Handlungen, die nicht auf hinreichenden Kenntnisgrundlagen basieren, können ins Leere laufen oder sogar kontraproduktiv sein. Insbesondere ist neben einer rein naturwissenschaftlich orientierten Analyse möglicher Ökosystemreakti-

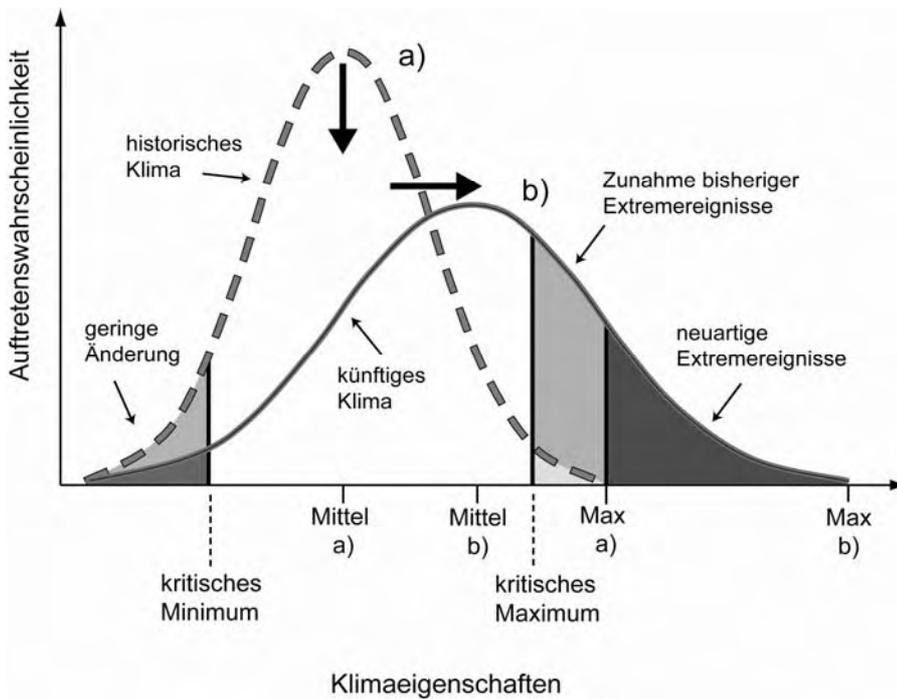


Abb. 2: Schematische Darstellung der erwarteten Verschiebung von Mittelwerten und der erwarteten zunehmenden Variabilität von Klimaeigenschaften. Ein überproportionaler Anstieg von extremen Witterungsereignissen kann hieraus abgeleitet werden.

onen auch die Analyse gesellschaftlicher Implikationen einzubeziehen (**Abb. 3**).

Im Folgenden sind einige Schlaglichter der Studie aufgelistet:

Agrarwirtschaft

- Kulturarten und Sorten, die heute regional etabliert sind, werden mittelfristig durch besser angepasste Fruchtarten ersetzt (Wassernutzungseffizienz, Standortansprüche).
- Vorbereitung und schnelle Reaktion auf Gefahren durch neue Schädlinge und Krankheiten (Tierhaltung, Fruchtanbau).
- Der Anbau nachwachsender Rohstoffe für die Energieerzeugung ist in erster Linie eine Emissionsreduktionsstrategie. Flächenverbrauch, Düngung, Energieaufwand und Spurengasemissionen sind bezüglich Nachhaltigkeit und Umweltbelastung zu prüfen.

Forstwirtschaft

- Durchmischung der Bestände, angepasste Baumartenwahl und angepasste Bewirtschaftungsformen sind anzustreben. Überar-

beitung waldbaulicher Entscheidungshilfen (z.B. Bestandeszieltypen und Verjüngungsziele). Akkumulation von Biomasse sowie Verringerung der Bewirtschaftungsintensität.

- Erhöhung der Diversität von Flora und Fauna. Die Entwicklung artenreicher Mischwald-Bestände leistet einen Beitrag zur Risikominimierung bei Klimaextremen und zur Abwendung großflächiger Insektenka-

lamitäten.

- In den Gebirgen sind der Erosionsschutz und der Beitrag der Wälder zum Schutz vor Lawinen, Steinschlägen und alpinen Hochwässern von zunehmender Bedeutung. Ausweisung von potenziell gefährdeten Gebieten zur frühzeitigen forstlichen Einwirkung.

Naturschutz

- Die Möglichkeit der Verknüpfung von Naturschutzinteressen mit Maßnahmen zum Hochwasserschutz bieten Retentionsflächen in Talauen.
- Funktionelle Vielfalt ökologischer Systeme, Strukturvielfalt und zeitliche Variabilität sind Schlüsselfaktoren zur Milderung der Auswirkungen von Klimaveränderungen.
- Der Erhalt ausreichend großer Populationen heimischer Arten ist anzustreben. Hierzu sind hinreichend große Habitate bereitzustellen. Arten, die in Bayern endemisch sind oder hier ihren Verbreitungsschwerpunkt haben, müssen besonders intensiv beobachtet werden.
- Neu eingebürgerte Arten sind auf Dynamik und Gefahrenpotenzial zu überwachen.
- Es muss verstärkt für Wandlungsmöglichkeiten durch eine verstärkte Vernetzung von Habi-

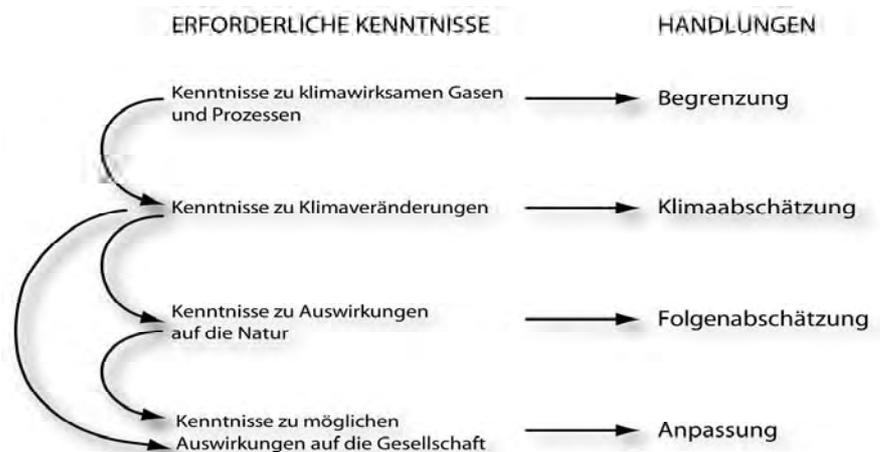


Abb. 3: Handeln erfordert Wissen. Im Zusammenhang mit dem Klimawandel sind Konsequenzen auf verschiedenen Ebenen und Feldern zu ziehen. Die Entwicklung von Handlungsstrategien muss Wissen auf den verschiedenen Ebenen integrieren.

taten gesorgt werden, da sich die Verbreitungsgebiete vieler Arten verlagern werden. Biotopverbundkonzepte tragen dazu bei, gefährdeten Arten die Migration zu ermöglichen.

- Natura 2000-Flächen sollten vergrößert und vernetzt werden, da sie Aufgaben eines Puffers übernehmen und zu weiteren Funktionen wie dem Grundwasserschutz beitragen.

Raumplanung / Bauleitplanung

- In der Stadtplanung sind Strategien und städtebauliche Konzepte zur Reduzierung der Auswirkungen von klimatischen Extremen auf Wohlbefinden und Gesundheit von Menschen vorzubereiten. Kaltluftschneisen müssen erhalten bleiben oder geschaffen werden.
- Auf Bodenversiegelungen und den Bau von Entwässerungssystemen in der Landwirtschaft ist aus Gründen des Hochwasserschutzes und der Grundwasserneubildung zu verzichten.
- Die Nutzung bestehender Bausubstanz und die Verwendung flächensparender Bauformen sind zu fördern.

Wasserwirtschaft

- Erhöhung der Versorgungssicherheit bei der Trinkwasserversorgung durch Verbund von Anlagen oder Gewinnungsalternativen („zweites Standbein“), insbesondere in den heutigen Wassermangelgebieten.
- Nachhaltiger Schutz nutzbarer Grundwasservorkommen für die künftige Wasserbedarfsdeckung.
- Ermittlung von belastbaren regionalen Daten über die zukünftige Entwicklung der Hochwasserabflüsse und Integration der Ergebnisse in die Hochwasserschutzplanungen.
- Ermittlung des Einflusses des Klimawandels auf die Gewässerqualität und Berücksichtigung der Ergebnisse in der

Wasserrahmenrichtlinie und im Gewässermanagement.

Energiewirtschaft

- Thermische Kraftwerke können ihre Vorfluter künftig überbeanspruchen. Durch alternative Kühlsysteme ist bei thermischen Kraftwerken die Energieversorgung ohne Eingriff ins Gewässerökosystem zu gewährleisten.
- Strategien zur nachhaltigen, effizienten und verbrauchernahen Erzeugung von Energie sollten weiterentwickelt werden. Planungen zur Anpassung an den Klimawandel sollten mit Maßnahmen zur Reduktion des Energieverbrauches und der Treibhausgasemissionen sowie dem verstärkten Einsatz regenerativer Energiequellen verknüpft werden.
- Leitfäden zur effizienten Stromnutzung für mittelständische Unternehmen, aber auch für Privathaushalte, sollten verbessert werden.

Infrastruktur

- Die Gefährdung von Verkehrswegen und der Infrastruktur (v. a. Brücken, Tunnel und Gebirgsstraßen, Kommunikationseinrichtungen, Einrichtungen zur Energie- und Wasserversorgung) muss schon bei der Planung und dem Bau unter den neuartigen Rahmenbedingungen bewertet werden.
- Die Hangstabilität in steilem Gelände muss zur Sicherung von Siedlungen und Trassen gewährleistet sein.
- An Flughäfen wird ein verstärktes Augenmerk auf „Biosecurity“ (Sicherung vor Einschleppung potenziell schädlicher Organismen) zu richten sein.
- Extreme Witterungsbedingungen legen die Entwicklung und Erforschung neuer Materialien nahe (z.B. neue Asphalt- und Gummimischungen).

Tourismus

- Eine flexible und möglichst vielfältige Entwicklung des Tourismus ist durch neue Angebote zu fördern. Ausweitung wetter- und schneeunabhängiger Ganzjahresangebote. Stärkung regionaler Besonderheiten und Verbesserung von Bildungs- und Kulturangeboten.
- Der Einsatz von Beschneiungsanlagen zur Begegnung der abnehmenden Schneesicherheit muss vor dem Hintergrund der zunehmenden Erwärmung auch ökonomisch kritisch hinterfragt werden.
- Es ist zu klären, wie attraktive Monumente und historische Bauwerke vor Extremereignissen zu schützen sind. Gefährdete Gebäude sind zu identifizieren.

Architektur und Bauwesen

- Die steigende Gefahr mechanischer Belastungen von Bauwerken durch Stürme, Hagelereignisse und durch zunehmende Starkregen und Überflutungen erfordert bauliche Anpassungen. Um die Betriebssicherheit von Gebäuden zu gewährleisten, sind Materialien einzusetzen, welche Temperaturschwankungen und Belastungen tolerieren.
- Die Nutzung vorhandener technischer Möglichkeiten (wie Dämmung, Sonnenschutz, intelligente Lüftungssysteme) zur energieeffizienten Verbesserung des Raumklimas sollte flächendeckend forciert werden. Isolation und Klimatechnik sind zu verbessern, um gesundheitsschädlichen Hitzestress und energieaufwändige Kältetechnik zu begrenzen.
- Zur Wärmegewinnung im Winter sollten die Transmissions- und Lüftungswärmeverluste vermindert sowie die Wärmegevinne erhöht und der Nutzungsgrad des Wärmegerätes verbessert werden. Der Einsatz an Primärenergie zur Material-

herstellung (Holzmaterialien vs. Styropor) ist zu hinterfragen.

Gesundheit

- Die Einführung und der Ausbau von Frühwarnsystemen mit lokal angepassten Interventionsmaßnahmen, die konkrete Warnungen ausgeben und Verhaltensregeln empfehlen, sind notwendig.
- Die Analyse von Pollenflugphasen und -dauer ist weiter zu unterstützen. Bezüglich allergen wirkender Tiere, wie dem Eichenspinner, sind Vorsorgemaßnahmen zu treffen.
- Die Ausbreitung von Infektionskrankheiten bedarf der langfristigen Beobachtung und eines Datenmanagements, um frühzeitig Epidemien oder die Ansiedlung von Erregern zu erkennen. In diesem Zusammenhang sind vor allem die Ausbreitung und die Häufigkeit potenzieller Vektoren zu beobachten.

Naturgefahren

- Frühwarnsysteme mit effizienten Kommunikationsstrukturen sollten weiter entwickelt bzw. installiert werden. Dies gilt insbesondere für meteorologische Extremereignisse, gesundheitliche Gefahren, den Pflanzenschutz und die wachsende Waldbrandgefahr. Die Kooperation mit (inter)nationalen Frühwarnorganisationen ist anzustreben.
- Integrative Gefahrenkarten werden als Planungsgrundlage benötigt; genauso wichtig sind Risikoanalysen (sog. Vulnerabilitätsstudien). Vorrangig sollten potenziell gefährdete Gebirgs- und Talräume behandelt werden. Auch für bestehende Strukturen (Siedlungen, Verkehrswege etc.) sollten Planungen hinterfragt werden.
- Der gezielten Förderung der funktionellen Biodiversität, und damit der Risikostreuung, kommt besondere Bedeutung zu.

- Risiken an Knotenpunkten des internationalen Handels, Transports und Verkehrs müssen identifiziert werden, da dort über menschliche Vektoren die Eintrittspforte von Schädlingen und Seuchen vermutet wird.

Natürlich sind darüber hinaus noch zahlreiche Aspekte zu diskutieren. Das Thema ist in höchstem Maße vielschichtig. Aufgrund der Neuartigkeit und der Geschwindigkeit der Entwicklungen erscheinen vor allem flexible Konzepte mit der Option auf eine künftige Anpassung der eingeleiteten Maßnahmen als essentiell.

Literatur

Beierkuhnlein, C., Foken, T. (2008): Klimawandel in Bayern: Auswirkungen und Anpassungsmaßnahmen Band 113 im Bayreuther Forum Ökologie. 501 S., 99 Abbildungen, broschiert, 25,- €
Bestellung:
www.bayceer.uni-bayreuth.de

Impressum

Das FORUM DER GEOÖKOLOGIE ist das offizielle Mitteilungsorgan des Verbandes für Geoökologie in Deutschland e. V. Es erscheint dreimal jährlich. **Herausgeber:** Verband für Geoökologie in Deutschland e. V., Alexanderstr. 9, D-95444 Bayreuth. **Redaktionsadresse:** Verband für Geoökologie in Deutschland e. V., Redaktion FORUM, Alexanderstr. 9, D-95444 Bayreuth. **E-Mail:** forum.der@geooekologie.de. **Redaktion:** Gerald Schmidt, gerald.schmidt@geooekologie.de (V.i.S.d.P.); Andreas Schellenberger, andreas.schellenberger@geooekologie.de; Richard Harnisch, richard.harnisch@geooekologie.de; Andrea Mehling, andrea.mehling@geooekologie.de. Koordination des Schwerpunkts: Richard Harnisch. **Koordination im Vorstand:** Barbara Vester. **Druck:** Kössinger AG, Fruehaufstr. 21, D-84069 Schierling. **Vertrieb:** Geschäftsstelle des VGÖD.

Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben nicht unbedingt die offizielle Meinung des Verbandes wieder. Die Redaktion behält sich eine Redigierung der eingesandten Beiträge vor. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Zustimmung des Herausgebers gestattet. Auflage dieser Ausgabe: 700 Exemplare. Der Preis beträgt: 4,60 € Die Abgabe an die Mitglieder erfolgt kostenlos. Gedruckt auf RecyMago Papier aus 100% Altpapier. ISSN 0939 6632.

Autoren der mit Kürzeln gekennzeichneten Beiträge: Barbara Vester (*bv*), Richard Harnisch (*rh*), Andreas Horn (*ah*), Andrea Mehling (*am*), Stefan Reuschel (*sr*), Andreas Schellenberger (*as*), Gerald Schmidt (*gs*), Tobias Schneck (*ts*).

Homepage: www.geooekologie.de bzw. www.vgoed.de

Der VGÖD dankt dem Studiengang Geoökologie der Universität Tübingen für die Fördermitgliedschaft.

Vorschau: 3/08: Biodiversität
1/09: Erneuerbare Energien
2/09: Auslandsstudien und -praktika (Erfahrungsberichte)

In der Warteschlange: Umweltmedizin, Waldökologie, Die Zukunft der Alpen, Abfallmanagement, Fundraising, Geoökologie und Politik, GeoökologInnen an Großforschungszentren (z.B. JRC).

Weitere Vorschläge sowie konkrete Ideen zur Umsetzung sind jederzeit willkommen!