

LITERATURBERICHT ZUM KLIMA DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PETER FRANKENBERG

Die Analyse der möglichen anthropogen induzierten Klimaänderungen steht im Mittelpunkt der wissenschaftlichen Diskussionen. Die Bestimmung der Klimaänderung oder sogar die Bestimmung eines anthropogenen Anteils bedarf solider Basisdaten sowie genügend langer und repräsentiver Zeiträume. Für das alte Bundesgebiet bzw. Nordrhein-Westfalen sind in den Jahren 1989 und 1990 fünf bemerkenswerte Klimastudien erschienen, die sich insbesondere an mögliche Anwender richten.

Die Basis jeder Klimaanalyse stellen immer noch sorgfältig aus homogenen Datenreihen berechnete Mittelwerte dar. G. MÜLLER-WESTERMEIER (1980) stellte für den Zeitraum 1951–1986 mittlere Werte von Temperatur, Luftfeuchte, Niederschlag, Sonnenscheindauer und Bewölkung zusammen. Dies erschien notwendig, da seit Ende der WMO-Bezugsperiode (1931–1960) nunmehr dreißig Jahre vergangen sind. Immerhin konnten 289 Klimastationen in dem Tabellenwerk berücksichtigt werden. Die Mittelwerte und mittleren Summenwerte der Klimaelemente dieser Stationen beruhen auf mindestens 25 Beobachtungsjahren innerhalb der Bezugsperiode. Die Tabellen enthalten folgende Parameter der Lufttemperatur: mittleres Tagesmittel, mittleres tägliches Maximum, das entsprechende Minimum sowie die Zahl der Eis-, Frost- und Sommertage. Das Element Luftfeuchte ist vertreten durch das Tagesmittel des Dampfdruckes sowie die Werte der relativen Feuchte zu den „Mannheimer Stunden“. Das Element Niederschlag ist repräsentiert durch die mittlere Niederschlagshöhe sowie die mittlere Zahl der Niederschlagstage mit mehr als 1 mm bzw. mehr als 10 mm Niederschlag. Zudem sind die Sonnenscheindauer, ermittelt über die Meßgeräte nach Campbell-Stokes, und die von den Beobachtern jeweils geschätzte Bewölkung (7, 14, 21 Uhr) angegeben. Greift man einige Werte heraus, wie z. B. die mittlere Julitemperatur von Flensburg mit 15,7 °C und von Karlsruhe mit 19,3 °C bzw. die mittleren jährlichen Niederschlagssummen von Alzey mit 510,9 mm und von Reit im Winkel mit 1718,8 mm, so werden die doch extremen Klimaunterschiede im alten Bundesgebiet deutlich. Interessanter ist der zeitliche Vergleich der Werte der Periode 1931–1960 mit den Werten der Periode 1951–1980. Es zeigen sich kaum Unterschiede bei den Temperaturen, schon gar keine statistisch signifikanten. Die Niederschläge haben jedoch, z. B. im Südwesten Deutschlands, zugenommen. Bei dem Temperaturvergleich beider Perioden ist jedoch zu bedenken, daß die wärmsten Jahre vieler Stationen über ihre gesamte Beobachtungsperiode nach 1980 liegen und daß die

Zeitspanne von 1951–1980 gerade in ihrem Kernbereich eine markante „Kaltphase“ enthält. Sie setzt mit dem Ende des ersten Erwärmungspeaks dieses Jahrhunderts ein und endet vor dem zweiten. So wird weniger der Vergleich dieser Datenreihe mit der Periode 1931–1960 als vielmehr mit derjenigen nach 1980 interessant sein (vgl. dazu FRANKENBERG u. KAPPAS 1991 sowie SCHÖNWIESE 1991).

Auch ohne gravierende von Menschen verursachte Klimaänderungen bestehen deutliche Klimaprobleme in den westlichen Bundesländern. So ist unser Klima keineswegs vollhumid. Die Versorgung von Bevölkerung, Landwirtschaft und Industrie mit Wasser ist regional bereits jetzt schwierig. Um so wichtiger sind detaillierte Analysen des Wasserhaushaltes und seiner Teile. H. DOMMERMUTH u. W. TRAMPF (1990) legen ein Kartenwerk der potentiellen Verdunstung der Periode 1951–1980 für das alte Bundesgebiet mit kurzer methodischer Erläuterung vor. Die Verdunstungsberechnung wurde für 480 Klimastationen nach dem Ansatz von Haude vorgenommen. Aus diesen Stationsdaten wurden Rasterpunktarten abgeleitet. Der Haudesche Ansatz zur Berechnung der potentiellen Evapotranspiration berücksichtigt zunächst nur die Parameter Lufttemperatur und relative Luftfeuchte. Über Koeffizienten wird daraus die potentielle Evapotranspiration von Gras, Zuckerrüben, Winterweizen und Mais bestimmt. Diese ist in den Karten jeweils dargestellt, unabhängig davon, ob nun diese Feldfrüchte an den jeweiligen Gitterpunkten angebaut wurden oder nicht. Für ca. 80 Klimastationen wurden vergleichsweise die ETP-Werte nach Penman bestimmt. Sie liegen in der Regel deutlich über den Werten nach Haude. Die von LAUER u. FRANKENBERG (1986) berechneten Werte liegen für die betroffenen Feldfrüchte zum größten Teil noch etwas niedriger, weil die Bracheverdunstung niedriger angesetzt worden ist und auch die winterliche Schneedecke berücksichtigt wurde (Schneeverdunstung). Zudem wurde für jede Klimastation die Verdunstung nach der in ihrer Umgebung dominierenden Pflanzenbedeckung bestimmt. Betrachtet man nun einige Karten von DOMMERMUTH u. TRAMPF (1990), so zeigen sich deutliche klimatische Problemräume. Die Karten der potentiellen Evapotranspiration von Winterweizen erweisen für den Raum Mannheim eine mittlere jährliche Verdunstungshöhe von 750 mm. Diese liegt um ca. 100 mm über dem Niederschlagsaufkommen. Für den Winterweizenanbau ist dies also ein arider Raum. In der Phase des Schossens und Ährenschiebens (April–Juni) verdunstet bei Mannheim ein Winterweizenfeld potentiell mehr als ein Feld in Niedersachsen im

ganzen Jahr. So sind für alle genannten Feldfrüchte die Verdunstungswerte für verschiedene phänologische Phasen dargestellt, für Mais die mittlere jährliche Verdunstungshöhe, die mittlere Verdunstung des Zeitraumes Mai-Oktober sowie des Zeitraumes Juni bis August. Diese Karten ermöglichen es, den Bewässerungsbedarf für Feldkulturen etwa im Oberrheingraben bestimmen zu helfen, wenn eine optimale Ertragsbildung angestrebt wird. Es wäre sicher sinnvoll, nach dem Ansatz von DOMMERMUTH u. TRAMPF (1990) Karten der potentiellen Verdunstung der realen Bodenbedeckung des Bundesgebietes zu erstellen und ihre Plausibilität in Zusammenhang mit dem Wasserhaushalt zu prüfen.

Neben Wassermangel ist auch die Bodenerosion ein gebietsweise die landwirtschaftliche Nutzung des Bundesgebietes stark negativ beeinflussender Faktor. Sie hängt wesentlich auch von der Niederschlagsintensität ab. Starkregen lösen jedoch nicht nur Erosion aus, sondern auch Massenbewegungen im Gebirge und Überflutungen. Auf Starkregenereignisse müssen etwa die Kanalisationsnetze ausgerichtet sein. Eine Analyse der Starkniederschlagshöhen erscheint daher sehr sinnvoll, zumal die jüngsten Klimamodelle davon ausgehen, daß der zunehmende Treibhauseffekt zu einer Häufung extremer Wetterlagen führen wird. In einem sehr detaillierten Karten- und Tabellenwerk stellen H. BARTELS, F. M. ALBRECHT u. J. GUTTENBERGER (1990) die Starkniederschlagshöhen des alten Bundesgebietes für den Referenzzeitraum 1951-1980 vor. Teil 1 behandelt die Niederschläge längerer Dauerstufen (≥ 24 Stunden) für das Gesamtjahr, Teil 2 die Niederschläge kürzerer Dauerstufen des Sommers (Mai-September). Ein dritter Teil soll entsprechend das Winterhalbjahr behandeln. In Teil 1 werden zunächst kurz die extremwertstatistischen Grundlagen erläutert. Verwendet werden zwei Datenreihen: die Jahresgrößtwerte (jährliche Serie) sowie Meßwerte oberhalb eines Schwellenwertes (partielle Serie). Zwischen den realen Datenreihen und der Extremwertverteilung (Gumbelverteilung) wurde eine Regressionsrechnung zur Anpassung durchgeführt. In diese Analyse gingen die Meßwerte (Tagesniederschlagssummen von Hellmann-Totalisatoren) von 2411 Stationen über den Zeitraum 1951-1980 ein. Sie wurden zu den Dauerstufen von 24, 48 und 72h aggregiert. Über Regionalisierungsverfahren wurden die Starkregenintervalle der einzelnen Dauerstufen für 3700 Rasterfelder des alten Bundesgebietes berechnet. Dabei erweisen sich gerade die Rasterfelder der Gebirgsräume in ihren Starkregenangaben als weniger gut abgesichert. Es wurden 27 Karten im Maßstab 1:2,5 Mio für drei Dauerstufen (24, 48, 72h) sowie drei Wiederkehrzeiten (1a, 10a und 100a) für jeweils drei Zeitspannen (Sommer: Mai-Sept.; Winter: Oktober-April; Jahr) erarbeitet. Die Niederschlagshöhen sind in 16 Klassen eingeteilt worden.

Aus den Ergebnissen ist für die Sommermonate bei der Dauerstufe $D \geq 24$ h und der Wiederkehrzeit von $T = 1$ a im Alpenraum ein deutlicher Anstieg der Starkniederschlagshöhen von West nach Ost hervorzuheben. Dies belegten auch die Ereignisse des Jahres 1991 mit relativ vielen Starkregen. Größere Massenbewegungen und Überschwemmungen wurden lediglich in den östlichen Bayerischen Alpen ausgelöst. Der umfangreiche Tabellenteil enthält pro Station die exakten Niederschlagshöhen der einzelnen Zeitspannen in Abhängigkeit von der Wiederkehrzeit und der Niederschlagsdauer.

In Teil 2 sind nun die Starkniederschläge kürzerer Dauerstufen analysiert. Dabei ist u. a. das Regionalisierungsverfahren verbessert worden, denn diese Analyse kann letztlich nur auf den Niederschlagschreiberaufzeichnungen (Hellmann) von 125 Stationen beruhen. Über eine Verbindung zu den 2411 Niederschlags-Meßstationen konnte das Datenfeld der Dauerstufe $D = 12$ h noch verdichtet werden. Aus den Aufzeichnungen der Niederschlagschreiber wurden für die Dauerstufen von 5 Minuten bis 72h wiederum partielle und jährliche Datenserien erzeugt (s. o.). Die Regionalisierung in Form von Rasterkarten geschah über zwei kombinierte Ansätze: eine orographische Klassifizierung sowie eine Variogrammanalyse mit anschließendem Kriging-Verfahren. In der Interpretation der Karten zeigen sich u. a. Luv-Lee-Effekte. So wird gesondert etwa auf die Zunahme der Starkniederschlagshöhe von W nach E im Oberrheingraben (Neustadt/Heidelberg) eingegangen. Die Differenzen sind besonders groß zwischen den Intervallen von 60 min und 12h. Extremere sind die Differenzen im Alpenraum, wie der Stationsvergleich Aschau-Bernau zeigt. Dabei macht sich bei längeren Dauerstufen in Aschau der Nordstau im Priental gravierend bemerkbar. Die, wie auch in Teil 1, farbigen Rasterkarten vermitteln einen guten gesamtäumlichen Überblick. So erweist die Karte der extremen Niederschlagshöhen der Wiederkehrzeit $T = 10$ a der Dauer von 60 min des Zeitraumes Mai-September extrem niedrige Werte im östlichen Holstein und in der Niederrheinischen Bucht, höchste Werte dagegen im unmittelbaren Luvbereich des westlichen Allgäu sowie im oberbayerischen Alpenvorland. Bei der Wiederkehrzeit von 100 Jahren hebt sich der Alpenraum insgesamt äußerst markant mit Beträgen von über 100 mm Niederschlag in 12 h vom übrigen Bundesgebiet ab. Der Tabellenteil enthält auch Diagramme von Niederschlagshöhen-Dauerlinien sowie Häufigkeitslinien. Ansonsten ist zu den Niederschlagshöhen in Abhängigkeit von der Dauer und der Wiederkehrzeit auch die Toleranz der Schätzungen angegeben.

Starkniederschläge lösen Naturkatastrophen wie Muren im Alpenraum und verheerende Überschwemmungen aus. Diese resultieren im Alpenraum häufig aus übergreifenden Mittelmeertiefs, die

sich in ihrem Einfluß nach Norden bis etwa zur Donau erstrecken können. Einen zweiten Typ von „Wetterkatastrophen“ kennzeichnen Orkane wie Vivian und Wiebke im Februar 1990. Doch nicht nur wegen solcher Extremereignisse ist eine Analyse der bodennahen Windverhältnisse sinnvoll, wie sie J. CHRISTOFFER u. M. ULBRICHT-EISSING (1989) für das „alte“ Bundesgebiet vorgelegt haben. Die Aspekte von Schadstofftransporten und Durchlüftung hängen eng mit den entscheidend vom Relief gesteuerten bodennahen Windverhältnissen zusammen. Die Strömungen der übergeordneten Wetterlagen werden gerade in einem Mittelgebirgsrelief erheblich modifiziert. CHRISTOFFER u. ULBRICHT-EISSING (1989) verwendeten für ihre Analyse hauptsächlich die Daten von 1971 bis 1980 aus Meßhöhen von 10 m. Damit ist die turbulente Strömung in der unteren Prandtl-Schicht repräsentiert. Zur Zeit umfaßt das Windmeßnetz im alten Bundesgebiet 250 Stationen. In der Auswertungsanalyse wurden die empirischen Häufigkeitsverteilungen mit Hilfe der theoretischen Wiebull-Funktion so angepaßt, daß höhere und niedrigere Werte besser approximiert werden können. Die mittlere Windrichtungsverteilung zeigt über dem „alten“ Bundesgebiet ein Maximum aus Südwest bis West in 10 m Höhe über Grund. Dies entspricht weitgehend den Höhenströmungen. Stärkewindrosen zeigen jedoch starke topographisch bedingte Richtungsabweichungen u. a. im Mittelgebirgsraum und in den Alpen.

Im Oberrheingraben wie im Mittelrheingebiet werden die Winde bodennah in Richtung des Streichens der Täler abgelenkt. So dominieren bei Karlsruhe südwestliche Winde, in Köln wehen südöstliche Winde. An der Küste und in den Alpen spielen tagesperiodische Windrichtungswechsel eine große Rolle. Die Windgeschwindigkeit reduziert sich von der Küste landeinwärts, nimmt aber auch mit der Höhe über NN zu. Im Jahresgang zeigt sich in der Regel ein Maximum von November bis April. Orkane treten v. a. von November bis Februar auf. Im Tagesgang liegt das Maximum der Windgeschwindigkeit zwischen 14 und 16 Uhr. In zweidimensionalen Häufigkeitsanalysen erfolgt eine Zusammenschau von Windrichtung und Windstärke. Bei der Stärke ist der Grenzwert von 3 m/sec für die Windkraftnutzung relevant. Häufigkeitsanalysen extremer Windgeschwindigkeiten (über 25m/sec) runden die Auswertungen ab. Höhenwindprofile bis 150 m über Grund erreichen das Niveau des u. a. in Norddeutschland ausgebildeten Grenzschichtstrahlstromes (Low Level Jet).

Neben den Klimawerken, die einzelne Klimaelemente oder ihre Extreme behandeln, sind regionale Klimaatlantanten sicherlich gerade für Planungszwecke unbedingt notwendig. Sie sollten auch auf einem relativ aktuellen Datenbestand beruhen und mit modernen Methoden aufbereitet sein. Dies erfüllt

der *Klimaatlas von Nordrhein-Westfalen* (1989). Dieser Klimaatlas basiert auf homogenisierten bzw. homogenen Datenreihen der Periode 1951 bis 1980. Die Abweichungen zu den Werten der WMO-Standardperiode 1931–1960 waren jedoch so gering, daß einige Karten dieser Periode „übernommen“ werden konnten. In dem Tabellenteil wird in Beispielen auch auf die Zeitreihen der Niederschläge eingegangen. Dabei zeigen sich gravierende Schwankungen der Jahressummen. So sind in Münster Trockenjahre mit weniger als 600 mm Niederschlag ebenso relativ häufig wie Feuchthjahre mit über 900 mm Jahresniederschlag. Die üblichen Werte aller Klimaelemente sind übersichtlich in Tabellen für die Haupt-Klimastationen aufbereitet. Dazu gehört auch eine Tabelle der Starkregenhöhen in Abhängigkeit von der Wiederkehrzeit für die Niederschlagsdauer von $D=24h$. Bei der Zeitreihe der Lufttemperatur der Station Münster über den gesamten Beobachtungszeitraum von 1891–1985 zeigt sich über eine lineare Regression eine doch recht deutliche positive Temperaturtendenz. Thermoisoplethendarstellungen erlauben den Vergleich der Tages- und Jahresgänge der Temperaturen. Wichtig erscheint auch die detaillierte Bearbeitung der Extremwerte der Lufttemperaturen, sagen doch Mittelwerte etwa über die Frostgefährdung sehr wenig aus. Diese Extremwertstatistik umfaßt den gesamten Meßzeitraum bis 1987 bzw. die gewählte Basisperiode 1951–1980. Für Bonn-Friesdorf liegen z. B. die Januarextremwerte (absolute Max. und Min.) bei $+15,5^{\circ}C$ und $-23,0^{\circ}C$. Bei der Darstellung des Agrar- und Bioklimas wurde großer Wert auf die Verdunstung gelegt. Die Werte wurden nach Penman und nach Haude berechnet. Nach Haude sind die Verdunstungsraten verschiedener Kulturarten bestimmt worden. Sie liegen um 28 bis nahezu 100% unter den Werten nach Penman (vgl. dazu auch DOMMERMUTH u. TRAMPF 1990). Phänologische Zeitreihen schließen den Tabellen- und Abbildungsteil des Klimaatlas von Nordrhein-Westfalen ab.

Bei der Erstellung der Klimakarten wurde versucht, subjektive Einflüsse in den Entwürfen weitgehend auszuschalten. Die manuell erstellten Entwürfe wurden digitalisiert. So stehen die Daten zur weiteren Verwendung zur Verfügung. Sie sind in das Landschaftsinformationssystem LINFO der LÖLF eingebunden. Die Kartendarstellungen sind farblich hervorragend geplottet. Auf Isolinien wurde weitgehend verzichtet, um den Kontinuumcharakter der Klimaelemente im Raum hervorzuheben. Die mittlere Niederschlagshöhe ist für das Jahr, die Sommerphase Mai–September und jeden einzelnen Monat dargestellt. Es zeigt sich jeweils die starke Reliefabhängigkeit der Niederschlagshöhen. Dabei erscheint die Luv-Leewirkung und die Höhenzunahme der Niederschläge in den Wintermonaten stärker ausgeprägt als im Kernsommer. Dies liegt wahrscheinlich an dem höheren Anteil konvektiver Niederschläge in

der „warmen Jahreszeit“. Interessant sind auch die Raummuster der Niederschlagshöhen in Naß- und Trockenjahren (hydrologische Jahre 1966 und 1976). Immerhin fielen im Trockenjahr 1970 bei Geldern in der Niersniederung und bei Emmerich weniger als 300 mm Niederschlag. Im Feuchtjahr war es die dreibis vierfache Summe! Auch dies belegt, daß unser Klima keineswegs so ausgeglichen ist wie oft in Klimaklassifikationen beschrieben. Nur im Mittel erscheint unser Klima „gemäßigt“. Auch die Lufttemperaturen sind in Karten der einzelnen Monate gut dokumentiert. Agrarklimatologisch interessant sind die Karten der Andauer in Tagen von Tagesmitteln der Lufttemperatur von mindestens +5 °C und mindestens +10 °C. Hierbei zeigt sich besonders die thermische Gunst der Rheinachse. Immerhin herrscht in Bonn im Mittel an 270 Tagen eine Lufttemperatur von über +5 °C, am Kahlen Asten an nur 190 Tagen. Von den vielen möglichen Verdunstungskarten wurde lediglich die Karte der potentiellen Verdunstungssumme über Gras nach Haude für Mai–Sept. dargestellt. Alle anderen Karten lassen sich auch für Nordrhein-Westfalen DOMMERMUTH u. TRAMPF (1990) entnehmen. Phänologische Karten runden den Atlasteil ab.

In der Falttasche fallen als Beilagen für den potentiellen Anwender des Klimaatlas besonders die Karten der Anzahl der Tage mit Wärmebelastung im Juli sowie die Karte der Anzahl der Tage mit Kältereiz im Januar auf. Naturgemäß ist der Wärmestreß im südlichen Rheintal der Köln-Bonner-Bucht am größten (über 6 Tage). In Münster währt er gerade halb so lang. Dafür liegt im Bonner Süden der Kältereiz bei unter 8 Januartagen im Mittel der Referenzperiode 1951 bis 1980, in Münster dagegen bei 10–12 und im Extrem bei über 20 Tagen.

Die fünf hier vorgestellten Werke zum Klima der „alten“ Bundesrepublik Deutschland erweitern den Wissensstand wesentlich. Sie sind für die Anwendung in vielen Bereichen unentbehrlich. Zu wünschen wäre, daß die Periode 1981–1990ff. bald eine Aufbereitung ihrer Klimadaten erfährt und daß dabei die Häufigkeiten extremer Wetterlagen und ihrer Folgen besonders berücksichtigt werden. Wünschenswert wäre auch, daß der Deutsche Wetterdienst (DWD) von einigen Hauptstationen zumindest Monatswerte langer Klimazeitreihen publiziert. Die derzeitige Praxis der Abwicklung und Gebühren-

erhebung von und für Klimadaten direkt aus den Datenbanken des DWD ist nämlich sehr bürokratisch-langwierig geworden. Zu hoffen ist, daß die Serviceleistungen des DWD so gut werden wie die Publikationen seiner Mitarbeiter!

Bestprochene Literatur

- BARTELS, HELLA; ALBRECHT, FRANZ M. u. GUTTENBERGER, JOSEF: Starkniederschlagshöhen für die Bundesrepublik Deutschland. Teil 1: Niederschläge längerer Dauerstufen ($D > 24$ h). Teil 2: Niederschläge kürzerer Dauerstufen ($D < 24$ h) Sommer. Zeitraum 1951–1980. Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach a. M. 1990, DM 439,-
- CHRISTOFFER, JÜRGEN u. ULBRICHT-EISSING, MONIKA: Die bodennahen Windverhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland. 191 S., graph. Darst. 2. vollst. neu bearb. Aufl. Berichte des Deutschen Wetterdienstes 147. Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach a. M. 1989, DM 21,-
- DOMMERMUTH, HELMUTH u. TRAMPF, WALTER: Die Verdunstung in der Bundesrepublik Deutschland, Zeitraum 1951–1980. Teil 1: Gras, Zuckerrüben, Winterweizen, Mais. 11 Karten 1:1 Mill., 10 S. Text. Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach a. M. 1990, DM 50,-
- Klimaatlas von Nordrhein-Westfalen*. Hrsg. v. Minister für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen. 65 S., 46 Bl., Ill., graph. Darst., Karten. Düsseldorf 1989, DM 120,-
- MÜLLER-WESTERMEIER, GERHARD: Klimadaten der Bundesrepublik Deutschland, Zeitraum 1951–1980 (Temperatur, Luftfeuchte, Niederschlag, Sonnenschein, Bewölkung). 22 S., 289 Tab. u. 1 Karte. Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach a. M. 1990, DM 53,-

Ergänzende Literatur

- FRANKENBERG, P. u. KAPPAS, M.: Temperatur- und Wetteragentrends in Westdeutschland. Mannheimer Geographische Arbeiten 30, Mannheim 1991
- LAUER, W. u. FRANKENBERG, P.: Eine Karte der hygromischen Klimatypen von Europa. In: *Erdkunde* 40, 1986, S. 85–94
- SCHÖNWIESE, C. D.: Das Problem menschlicher Eingriffe in das Globalklima („Treibhauseffekt“) in aktueller Übersicht. Frankfurter Geowissenschaftliche Arbeiten, Ser. B, Bd. 3, Frankfurt 1991