



---

## **Die Bedeutung von Klimaklassifikationen für den Geographieunterricht – bisherige Konzepte und neue Ansätze**

**Alexander Siegmund**

### **Zitieren dieses Artikels:**

Siegmund, A. (1999). Die Bedeutung von Klimaklassifikationen für den Geographieunterricht – bisherige Konzepte und neue Ansätze. *Geographie und ihre Didaktik*, 27(3), S. 113-156. doi 10.60511/zgd.v27i3.297

### **Quote this article:**

Siegmund, A. (1999). Die Bedeutung von Klimaklassifikationen für den Geographieunterricht – bisherige Konzepte und neue Ansätze. *Geographie und ihre Didaktik*, 27(3), pp. 113-156. doi 10.60511/zgd.v27i3.297

# Die Bedeutung von Klimaklassifikationen für den Geographieunterricht - bisherige Konzepte und neue Ansätze

von ALEXANDER SIEGMUND (Mannheim)

## 1. Einleitung

Klimaklassifikationen kommt nicht nur aus fachwissenschaftlicher Sicht, sondern auch und gerade im schulischen Kontext ein besonderer Stellenwert zu. Dabei finden Klimaklassifikationen im Erdkunde- bzw. Geographieunterricht nicht nur bei rein klimatologischen und klimageographischen Fragestellungen Anwendung. Sie dienen darüber hinaus auch als Basisinformation für eine Vielzahl sowohl natur- als auch kulturgeographischer Themenbereiche. So kommt Klimaklassifikationen beispielsweise im Zusammenhang mit der Geozonenlehre eine entscheidende Rolle zu.

Obwohl die räumlichen Veränderungen des Klimas eigentlich kontinuierlich sind, stellen Klimaklassifikationen in diesem Zusammenhang ein Konstrukt zum besseren Verständnis dieses an sich „grenzenlosen Wandels“ dar. Sie können daher nicht auf allen Klimatelementen und Klimafaktoren basieren, sondern müssen eine sinnvolle Auswahl von Parametern finden (SIEGMUND 1995, S. 15; FRANKENBERG 1988, S. 6). Oder anders ausgedrückt: „Zwar ist jedes Klima irgend-einer Erdstelle genau wie jeder Landesteil als Ganzes ein Individuum, das sich nicht wiederholt, jedoch weisen bestimmte Gruppen von ihnen vergleichbare Ähnlichkeiten sowohl der Entstehung als auch der Ausprägung sowie der Auswirkung auf, die eine *von den Individualitäten abstrahierende Typisierung ermöglichen*“ (BLÜTHGEN/WEISCHET 1980, S. 649). Auf diesem Grundgedanken basieren alle Ansätze der Klassifikation von Klimaten. Bereits aus dem klassischen Altertum sind erste Versuche bekannt, das irdische Klima in weitgehend homogene Hauptklimatypen zu differenzieren, wie etwa von PARMENIDES VON ELEA. Sie bedienten sich vornehmlich der Temperatur als Einteilungskriterium.

Seither entwarfen zahlreiche Wissenschaftler immer wieder unterschiedlichste Modelle zur Einteilung der Klimate. Nur wenige dieser Klimaklassifikationen fanden jedoch Eingang in die geographische Schulausbildung. Die wohl verbreitetsten und bekanntesten der Arbeiten zu diesem Thema stammen von KÖPPEN/GEIGER (1928), TROLL/PAFFEN (1963), zum Teil vereinfacht, und in jüngster Zeit von LAUER/FRANKENBERG (1988). Da sie (bis) heute in den meisten

Lehrbüchern und Atlanten vertreten sind und damit klimatologische Fragestellungen des schulischen Geographieunterrichts entscheidend prägen, soll ihnen in den nachfolgenden Ausführungen ein besonderes Augenmerk geschenkt werden. Dabei steht eine kritische Durchleuchtung und Beurteilung der einzelnen Ansätze aus fachdidaktischer Sicht im Mittelpunkt. Aus den daraus gewonnenen Einsichten in die spezifischen Belange der Schulgeographie soll sich eine neue Klimaklassifikation entwickeln, die diesen didaktischen Aspekten bei ihrem Entwurf von vornherein Rechnung zu tragen versucht.

„Jede der klimatologischen Teilbetrachtungen,..., muß für den Geographen einer *räumlichen Betrachtung* der klimatischen Gesamterscheinung dienen oder in sie einmünden“ (BLÜTHGEN/WEISCHET 1980, S. 649). So läßt sich der wissenschaftliche Zweck von Klimaklassifikationen im Rahmen geographischer Forschung begründen. Ziel der Klimageographie ist es dabei, sich um eine Typisierung und dadurch räumliche Differenzierung des Klimas auf der Basis unterschiedlicher Klimatelemente und -faktoren zu bemühen (vgl. LESER/HAAS/MOSIMANN/PAESLER 1985, S. 309). Auf dieser Grundlage lassen sich dann Wechselbeziehungen zu anderen Raummustern, wie etwa der Vegetationsgeographie, der Hydrogeographie, aber auch der Wirtschafts- und Verkehrsgeographie herstellen, aus denen die Geographie Einsichten in das komplexe Wirkungsgefüge der verschiedenen natürlichen und anthropogenen Teilaspekte des irdischen Lebens gewinnen kann.

Diesen Aspekten kommt insbesondere im Rahmen der Schulgeographie eine wichtige Bedeutung zu. „Sie (die Klimakarte) wird nicht nur bei der Behandlung des Klimas benutzt, sondern liefert darüber hinaus als Geozonenkarte den wichtigsten naturgeographischen Raster für die weltweite Orientierung“ (SCHULTZE 1988, S. 2). Angesichts dieses weiten Einsatzspektrums und des großen Kreises potentieller Anwender - wird doch ab der fünften Klasse in sämtlichen Schularten das Fach Welt- bzw. Erdkunde unterrichtet - zeigt sich die dringende Notwendigkeit eines auf die speziellen schulisch-didaktischen Bedürfnisse und Anforderungen abgestimmten Klassifikationsentwurfes sehr deutlich. Klimakarten und Klimaklassifikationen kommt somit nicht nur auf der fachlich-wissenschaftlichen Seite, sondern insbesondere auch im Bereich der Schulpädagogik ein großer Stellenwert zu. Eine der Aufgaben der Klimageographie ist es, den daraus resultierenden Forschungsbedarf zu decken - und das nicht nur im Hinblick auf die wissenschaftlichen Inhalte, sondern auch in bezug auf didaktische Aspekte.

## 2. Aufbau und Systematisierung von Klimaklassifikationen

Eine Klimaklassifikation ist eine „das Klima als Ganzheit erfassende Gliederung der atmosphärischen Verhältnisse, welche auf einer *abstrahierenden Zusammenfassung* und *Typisierung* der Klimaerscheinungen beruht“ (LESER/HAAS/MOSIMANN/PAESLER 1985, S. 309). Oder kürzer: Klimaklassifikationen sind „ein globaler *Ausdruck des mittleren Klimas* auf der Erde“ (FRANKENBERG 1991, S. 112). Diese beiden unterschiedlichen Definitionen beschreiben den Inhalt des Begriffs der „Klimaklassifikation“ kurz und prägnant. Sie verdeutlichen aber auch gleichzeitig die Probleme, die mit einer solchen Einteilung des irdischen Klimas verbunden sind. Auf welche Gliederungskriterien sollen sich die Klimaklassifikationen stützen? Wie weit darf der Grad der Generalisierung und Typisierung reichen, ohne die Charakteristika der einzelnen Klimate zu stark zu vereinfachen?

Gerade die letzte Frage macht ein großes Problem deutlich, das allen Klassifikationsansätzen gemein ist. Nach Maßgabe der WMO (World Meteorological Organization) versteht man in Anlehnung an die Definition von PONCELET (1955, S. 310) als Klima „un ensemble fluctuant d'éléments physiques, chimiques et biologiques caractérisant principalement l'atmosphère d'un lieu et dont l'action complexe influence l'existence des êtres qui sont soumis“. Nicht alle dieser das Klima eines Ortes beeinflussenden Klimafaktoren und die es charakterisierenden Klimatelemente können jedoch im Rahmen einer Klassifikation Berücksichtigung finden. Darüber hinaus schränkt die zur Verfügung stehende Datenbasis die Auswahl der erfaßbaren Klimagrößen oft erheblich ein. Dies gilt insbesondere auf globaler Ebene. Aus diesen Gründen muß der Klimabegriff ein hohes Maß an *inhaltlicher Reduktion* erfahren. Nur durch eine sinnvolle und geschickte Auswahl einiger weniger charakteristischer Klimaparameter läßt sich der Gesamtkomplex „Klima“ überhaupt wissenschaftlich erfassen und beschreiben.

Darüber hinaus ist der Versuch einer Klassifikation der Klimate zwangsläufig auch mit einer *regionalen Reduktion* verbunden. So muß im Rahmen der notwendigen Generalisierungen und Typisierungen eine Vereinheitlichung und Vergrößerung des Klimas innerhalb einer mehr oder weniger homogenen Klimaregion vorgenommen werden, die dem in Wirklichkeit „grenzenlosen Wandel“ (FRANKENBERG 1988, S. 6) des irdischen Klimas widerspricht. Insbesondere die Grenzen, die zwischen einzelnen Klimazonen und -regionen aus methodischen Gründen gezogen werden müssen, suggerieren einen sprunghaften Wechsel der atmosphärischen Klimazustände, der in der Realität gar nicht vorhanden ist (vgl.

BÜHN 1990, S. 3). Nur auf diese Weise lassen sich aber Räume mit jeweils relativ einheitlichem Klimacharakter differenzieren und vergleichen.

Bereits auf der fachlich-wissenschaftlichen Ebene beinhaltet somit jeder Klassifikationsansatz eine Vielzahl von vereinfachenden Annahmen und Reduktionen. Dadurch können jeweils nur bestimmte Teilaspekte der das Klima eines Raumes charakterisierenden Faktoren und Parameter Berücksichtigung finden. Die Vorstellung einer exakten und alle Details umfassenden Beschreibung und Analyse des irdischen Klimas ist demnach eine Utopie. Für den Einsatz in der Schulgeographie müssen die entsprechenden Klimaeinteilungen darüber hinaus eine *alters- und schulartsbezogene Reduktion* erfahren. Die dazu notwendigen Vereinfachungen gehen zum Teil soweit, daß nur noch einzelne Klimaparameter zur Charakterisierung bestimmter Klimate herangezogen werden können (vgl. BÜHN 1990, S. 3).

Zur kartographischen Darstellung klimageographischer Sachverhalte ist eine weitere, *darstellungsbedingte Reduktion* unumgänglich. Dabei bestimmen vor allem der gewählte Kartenmaßstab und der Verwendungszweck, aber auch Faktoren wie etwa die Drucktechnik und die verwendete Papierqualität den Grad der notwendigen Generalisierungen (vgl. BÜHN 1990, S. 3).

Wie jedes Modell, so sind auch Klimaklassifikationen also nur ein mehr oder weniger unvollkommenes Abbild der Wirklichkeit. Darin liegt aber gerade ihre Stärke - durch eine geschickte Auswahl relevanter Klimaparameter und anderer Generalisierungen kann man mit ihrer Hilfe einen Eindruck der klimageographischen Verhältnisse eines Raumes gewinnen, der ansonsten angesichts der Vielfalt der klimatologischen Einzelphänomene völlig verloren ginge. So nimmt zwar der Informationsgehalt einer Karte mit der Zahl der darin erfaßten Klimaindikatoren zu - dies umfaßt nicht nur deren absolute Anzahl, sondern auch die zusätzlichen Interpretationsmöglichkeiten, die sich aus den wechselseitigen Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Parametern ergeben. Auf der anderen Seite wird jedoch die Lesbarkeit der Karte infolge der zunehmenden Komplexität der Darstellungen erschwert. „All dies erfordert ständige Kompromisse zwischen Inhalt und Form, wobei die Präferenzen in Abhängigkeit vom Adressaten der Karte zu setzen sind“ (BÜHN 1990, S. 4).

Klimaklassifikationsansätze und die daraus resultierenden Klimakarten lassen sich in mehrererlei Hinsicht systematisieren. Abbildung 1 verdeutlicht dies schematisch. *Rein deskriptive (beschreibende) Ansätze* teilen das irdische Klima in einzelne,

voneinander unabhängige und sich nicht wiederholende Klimagebiete auf. Dabei findet weder ein Vergleich zwischen den unterschiedlichen Räumen statt, noch werden genetische Aspekte der jeweiligen Klimate angesprochen. Solche Ansätze hat es insbesondere in den Anfängen der modernen klimageographischen Forschung gegeben. Die Aussagekraft dieser Klassifikationen, wie sie etwa SUPAN am Ende des vergangenen Jahrhunderts entworfen hat, und damit die daraus abzuleitenden Einsichten und Erkenntnisse über die Entstehung der verschiedenen Klimazonen und -regionen auf der Erde, sind jedoch sehr eingeschränkt.

*Typisierende Einteilungen* versuchen demgegenüber, das irdische Klima auf der Basis eines bestimmten, wissenschaftlich sinnvollen und nachvollziehbaren Schemas zu klassifizieren. Dieses kann sich zum Beispiel an der Genese der verschiedenen Klimate, an bestimmten Schwellen- und Grenzwerten charakteristischer Klimaelemente oder an den Auswirkungen des Klimas auf die Erdoberfläche, insbesondere auf die Vegetation, orientieren (vgl. BLÜTHGEN/WEISCHET 1980, S. 649).

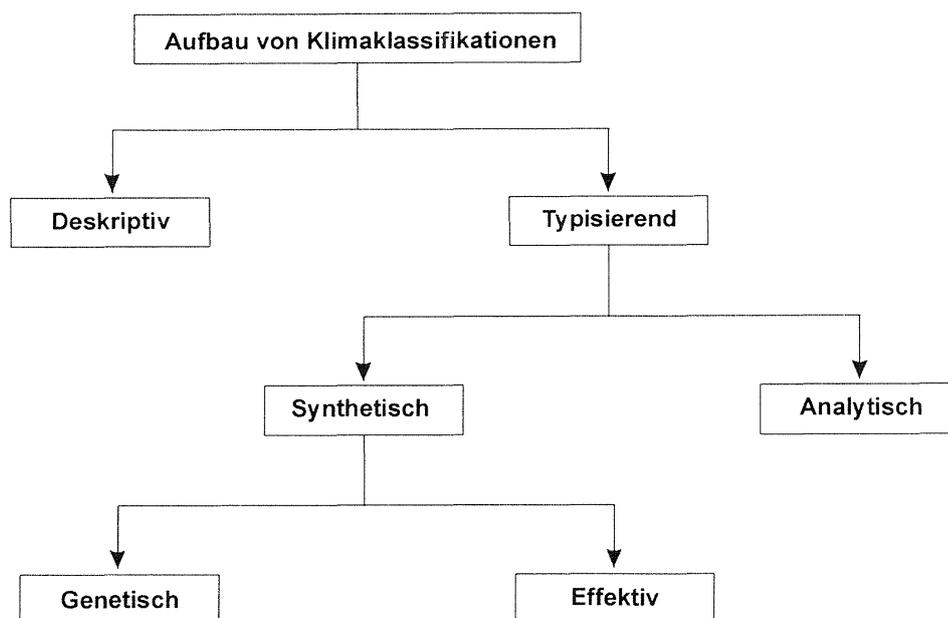


Abb. 1: Schema einer systematischen Einteilung von Klassifikationsansätzen. (Quelle: Eigener Entwurf, nach BLÜTHGEN/WEISCHET 1980, S. 649/650 und BÜHN 1990, S. 4 - 6)

Innerhalb der typisierenden Klassifikationen kann eine weitere Systematisierung anhand der Zahl der erfaßten Klimaelemente erfolgen. Dabei lassen sich *analytische Klassifikationssysteme*, bei denen jeweils nur ein bestimmter Parameter des Klimas berücksichtigt wird, und *synthetische Klassifikationsansätze* mit komple-

xeren Darstellungsinhalten voneinander unterscheiden. Analytische Klassifikationsentwürfe und entsprechende Klimakarten stellen dabei das *räumliche Verteilungsmuster einzelner Klimaelemente* auf der Grundlage statistischer Kenngrößen dar (vgl. AHLHEIM 1987, S. 28). Die einfachsten Darstellungen dieser Art sind beispielsweise Karten der Jahresdurchschnittstemperatur oder des Jahresniederschlages in einem bestimmten Gebiet. Sie lassen sich direkt aus den Meßergebnissen der ihnen zugrundeliegenden Klimaelemente ableiten. Aber auch solche Darstellungen, die kein direkt meßbares oder beobachtbares Klimaelement erfassen, sondern bestimmte mathematisch-statistische Kenngrößen und Indizes, die sich aus ersteren ableiten lassen, zählen zu den analytischen Ansätzen.

Demgegenüber stellen synthetische Klimaklassifikationsentwürfe und Klimakarten *Beziehungen und Verknüpfungen zwischen verschiedenen Parametern* her, die über die Darstellung einzelner Klimaelemente hinausreichen (vgl. AHLHEIM 1987, S. 398). Im Mittelpunkt steht dabei das räumliche Verteilungsmuster klimatologischer und klimageographischer Größen, die in der Natur nicht direkt beobachtbar oder meßbar sind, sondern auf dem charakteristischen Beziehungsmuster miteinander verknüpfter Einzelelemente des Klimas beruhen. Diese leiten sich in Form von Indizes und Kennparametern von den klimatologischen Basisdaten durch entsprechende Berechnungen und Analysen ab. Damit stehen die synthetischen (griechisch: *synthesis* = „Zusammensetzung“) Ansätze auf einem weitaus höheren Abstraktionsniveau als die analytischen. Synthetische Klassifikationsansätze gliedern sich, wie Abbildung 1 zeigt, in die *genetischen* und die *effektiven Klimaklassifikationen* auf.

Genetische Klassifikationsansätze beruhen dabei auf einer *ursachenorientierten Gliederung* des irdischen Klimas. Dahinter steht das Konzept, sich die verschiedenen Klimate durch das Verständnis der sie hervorrufenden Ursachen und Wirkungszusammenhänge näherzubringen. Der eigentliche Grund für die zonale und regionale Differenzierung des Klimas der Erde sind letztlich die unterschiedlichen Summen eingetragener und abgegebener Energiemengen, also die Strahlungsbilanz (vgl. BLÜTHGEN/WEISCHET 1980, S. 659). Streng genommen dürften nur jene Klassifikationsansätze als genetisch bezeichnet werden, deren Gliederungskriterien ausschließlich auf den differenzierten Ein- und Ausstrahlungsbedingungen beruhen. Die globale Datengrundlage für solche Berechnungen ist allerdings selbst heute noch sehr unbefriedigend. Für gewöhnlich wird jedoch der Inhalt des Begriffs der genetischen Klimaklassifikation weiter gefaßt. Er beinhaltet dabei neben jenen Klassifikationsansätzen, die rein auf den unter-

schiedlichen Strahlungsin- und -outputs als der eigentlichen Ursache für das differenzierte irdische Klima beruhen, auch Entwürfe, die auf den Prozessen der daraus resultierenden allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre basieren. Dabei finden vor allem die jahreszeitlichen Veränderungen der Luftdruck- und Windsysteme sowie die variierende Lage und Häufigkeit bestimmter Luftmassen und Fronten Berücksichtigung (vgl. AHLHEIM 1987, S. 135).

Die grundsätzlichen Vorteile genetischer Klimaklassifikationen liegen insbesondere in dem Versuch der kausalen Begründung der Entstehung und Verbreitung der einzelnen Klimate. Dadurch wird das Verständnis für die komplexen atmosphärischen und klimatischen Vorgänge auf einer globalen Ebene geschärft. Durch die nur schlecht quantifizierbaren und damit abgrenzbaren Gliederungskriterien zeigt die Mehrzahl der genetischen Klimaklassifikationen ein relativ wenig differenziertes, grobrasteriges Kartenbild. Dies trägt aus didaktischer Sicht zu einer vorteilhaften Übersichtlichkeit der Raumgliederung bei. Letztlich wird von Seiten der Schuldidaktik die Einfachheit der Nomenklatur genetischer Klassifikationsansätze hervorgehoben (vgl. BÜHN 1990, S. 8).

Als besonders nachteilig an genetischen Klimagliederungen wirkt sich hingegen die Tatsache aus, daß ihre Gliederungskriterien in der Regel nur sehr schwer quantifizierbar sind. Dadurch sind die Vergleichsmöglichkeiten verschiedener Klimatypen sehr eingeschränkt. Darüber hinaus lassen sich hierdurch die einzelnen Klimazonen und -typen nicht eindeutig durch bestimmte Grenz-, Schwellen- oder Mittelwerte voneinander abgrenzen. Dies erschwert die Zuordnung einzelner Klimastationen zu entsprechenden Klimatypen und geht damit ebenfalls zu Lasten der Vergleichbarkeit (vgl. BLÜTHGEN/WEISCHET 1980, S. 650). Allerdings kann dieses Problem teilweise durch eine geeignete Kombination mehrerer, räumlich differenzierter physikalischer Grundvorgänge, die sich durch Beobachtungen oder Messungen quantifizieren lassen, umgangen werden. Hierzu zählen unter anderem die Anordnung der Zirkulationsgürtel, die Frequenz und Zugbahn von Tief- und Hochdruckgebieten, die Frontenhäufigkeit, der breiten- und bewölkungsabhängige Strahlungsgenuß und die Höhenlage (vgl. BLÜTHGEN/WIE-SCHET 1980, S. 650). Als weiterer Nachteil genetischer Ansätze sind die sehr weiträumigen und undifferenzierten Klimaareale zu nennen, die sich aus ihrem grundsätzlichen Prinzip und Aufbau ableiten. Genetische Klassifikationen eignen sich daher nicht zu kleinräumigeren Klimaanalysen. Vielmehr sind diese Entwürfe durch einen hochgradigen Modellcharakter gekennzeichnet, ohne eine konkrete Nachprüfbarkeit im Einzelfall anhand bestimmter Stationsangaben und Raum-

beispiele zu gewährleisten. Genetische Klimaklassifikationen eignen sich deshalb in besonderem Maße für Fragestellungen, die sich schwerpunktmäßig mit der allgemeinen Klimatologie und Klimageographie beschäftigen und großräumige, meist globale Kausalzusammenhänge zwischen den unterschiedlichen Strahlungsbedingungen und den Gliedern der planetarischen Zirkulation beleuchten wollen. Sie eignen sich aber nicht zu regional oder lokal differenzierten Klimanalysen (vgl. BÜHN 1990, S. 9).

Effektive Klassifikationsansätze setzen sich demgegenüber eine *wirkungsorientierte Klimagliederung* zum Ziel. Sie versuchen, auf deskriptivem Wege die Auswirkungen des irdischen Klimas auf die Landschaft, insbesondere auf die Vegetation zu analysieren und zu klassifizieren. Dabei bedienen sich die effektiven Klassifikationen zur Typisierung der unterschiedlichen Klimate beobachtbarer, zumeist sogar meßbarer, charakteristischer Klimatelemente, die sie aus entsprechenden Klimastationsnetzen beziehen. Damit können die einzelnen Klimatypen durch eine Kombination verschiedener, genau definierter Mittel-, Andauer-, Grenz- und Schwellenwerte der atmosphärischen Zustände voneinander differenziert und inhaltlich charakterisiert werden (vgl. AHLHEIM 1987, S. 95).

Oft orientieren sich die Grenzverläufe zwischen den einzelnen Klimazonen und -typen an der klimabedingten Verbreitung der typischen natürlichen Pflanzenformationen (vgl. BÜHN 1990, S. 9). Dies ist insofern problematisch, als eine solche natürliche Vegetation im engeren Sinne in Wirklichkeit nur noch vergleichsweise selten anzutreffen ist. Ansätzen, die sich auf die Verbreitungsgebiete charakteristischer Vegetationsformationen stützen, fehlt demnach zumindest heutzutage der entsprechende Bezug zu den tatsächlichen Gegebenheiten.

Eines der Hauptprobleme, das allen effektiven Klassifikationsentwürfen gemein ist, liegt in einer entsprechenden Datengrundlage. Zwar lassen sich die einzelnen Klimatelemente, die bei den jeweiligen Ansätzen Verwendung finden, recht gut quantifizieren. Sie liegen jedoch, bedingt durch das entsprechende Netz von Klimastationen, nur punktuell und in einer unterschiedlichen Dichte vor. Dadurch werden Interpolationen notwendig, in die, unabhängig von einer mathematisch-rechnerischen oder manuellen Vorgehensweise, zwangsläufig ein gewisses Maß an Subjektivität mit einfließt. Darüber hinaus stehen nur von einer relativ beschränkten Anzahl von Klimatelementen Daten weltweit in einer ausreichenden Dichte zur Verfügung. Das Klimasystem ist aber weitaus komplexer, als daß es sich dadurch umfassend darstellen und analysieren ließe. Auch Computer können

an diesem prinzipiellen Problem nichts ändern (vgl. BLÜTHGEN/WEISCHET 1980, S. 650).

### **3. Inhalt und Aufbau ausgewählter Klimaklassifikationen**

Im Laufe der klimageographischen Forschung wurde eine Vielzahl unterschiedlicher Modelle zur Einteilung der irdischen Klimate entworfen. Nur wenige dieser Klimaklassifikationen fanden jedoch Eingang in die geographische Schulausbildung. Die im deutschsprachigen Raum wohl verbreitetsten und bekanntesten Arbeiten zu diesem Thema stammen von KÖPPEN/GEIGER (1928), TROLL/PAFFEN (1963) und von LAUER/FRANKENBERG (1988) (vgl. auch Kap. 1). Da sie bis heute in den meisten Lehrbüchern und Atlanten vertreten sind und damit klimatologische und klimageographische Fragestellungen des Geographieunterrichts entscheidend prägen, sollen diese drei Klassifikationsansätze nachfolgend inhaltlich näher erörtert werden. Dies bildet die Grundlage einer sich anschließenden kritischen Auseinandersetzung mit diesen Klassifikationsansätzen aus fachlicher und insbesondere fachdidaktischer Sicht (vgl. Kap. 4).

#### 3.1 Die Klimaklassifikation von KÖPPEN/GEIGER

Ende des 19. Jahrhunderts entwarf KÖPPEN bereits erste Ansätze zur Klassifizierung des irdischen Klimas. Da das weltweite Klimastationsnetz um die Jahrhundertwende jedoch noch große Lücken aufwies, griff KÖPPEN auf die natürliche Vegetation als Indikator des Klimas zurück. Er ging dabei von bestimmten Vegetationszonen aus und versuchte, die entsprechenden Klimate durch verschiedene Klimaparameter zu charakterisieren und zu quantifizieren. Auf diese Weise konnte KÖPPEN die unzureichende Datengrundlage zumindest teilweise umgehen, war sich dabei aber der bestehenden Wechselwirkungen zwischen Klima und Vegetation durchaus bewußt. Der Klassifikationsentwurf KÖPPENs aus dem Jahr 1918 stellt die Basis seiner bis heute bekannten Klimaklassifikation dar, die er 1923 erstmals ausführlich darstellte. Im Jahr 1928 entstand in Zusammenarbeit mit GEIGER eine Klimawandkarte auf der Basis des Systems von KÖPPEN mit ihrem bis heute weitgehend beibehaltenen Erscheinungsbild. Auf diese Weise entstand die Klimakarte von KÖPPEN/GEIGER (vgl. SIEGMUND 1995, S. 101 f.).

KÖPPEN/GEIGER unterscheiden in ihrer Klimakarte *fünf Hauptklimazonen* und kennzeichnen diese mit den Großbuchstaben A bis E. Vier dieser Hauptklimate sind dabei *thermisch* definiert (A, C, D, E), eines *hygrisch* (B). Die Grundlage für

diese Vorgehensweise bildet das LIEBIGsche Gesetz vom Minimum. Während das Pflanzenwachstum in den höheren Breiten vor allem durch die Temperaturen eingeschränkt wird, stellen in den niederen Breiten die Niederschläge den entscheidenden restriktiven Klimafaktor dar. Die einzelnen Klimazonen werden durch genau definierte Schwellenwerte der Temperatur und des Niederschlags eindeutig voneinander abgegrenzt (vgl. SIEGMUND/FRANKENBERG 1996, S. 336).

Die thermischen Hauptklimatypen A, C und D werden nach der *jahreszeitlichen Verteilung der Niederschläge* weiter untergliedert. Dabei unterscheiden KÖPPEN/GEIGER *wintertrockene* (w) und *sommertrockene* (s) Klimatypen sowie Klimate, in denen eine ausgesprochene *Trockenzeit fehlt* (f). Im Bereich der tropischen Klimate (A) kommt darüber hinaus eine *Mittelform* (m) zwischen f- und w- Klimaten vor. Die dort auftretende winterliche Trockenzeit ist so kurz und wenig effektiv, daß die durch den Niederschlagsreichtum der übrigen Monate bedingte Bodenfeuchtigkeit das ganze Jahr über ein weitgehend uneingeschränktes Pflanzenwachstum gewährleistet. Darüber hinaus treten in der Klimakarte von KÖPPEN/GEIGER noch einige Sonderformen auf. So deuten s' und w' auf sommertrockene bzw. wintertrockene Niederschlagstypen hin, bei denen das Regenmaximum im Herbst auftritt. Ein zweigipfliger Niederschlagsgang mit großer Trockenzeit im Winter und kleiner im Sommer wird durch w'' gekennzeichnet; im umgekehrten Fall wird der entsprechende Klimatyp als s'' definiert. Innerhalb der Trockenklimate (B) fehlt eine solche Untergliederung in bezug auf den Jahresgang der Niederschläge. Hier werden entlang der 18 °C-Isotherme der Jahresdurchschnittstemperatur *heiße* (h) Trockenklimate von *kalten* (k) getrennt. Im Gegensatz zu den tropischen Klimaten (A) erfolgt bei den warmgemäßigten (C) und Schneeklimaten (D) eine weitere, dritte Untergliederung anhand bestimmter Schwellen- und Andauerwerte der monatlichen Durchschnittstemperaturen (vgl. SIEGMUND/FRANKENBERG 1996, S. 336).

Die Klimakarte von KÖPPEN/GEIGER zeigt auf diese Weise innerhalb der fünf Hauptklimazonen eine unterschiedliche Gliederungstiefe. Die tropischen A-Klimate werden auf der Basis des Jahresgangs der Niederschläge nur einmal weiter differenziert. Die Trockenklimate (B), die warmgemäßigten C-Klimate und die Schneeklimate (D) erfahren zwei weitere Klassifikationsebenen. Die Eisklimate (E) werden in dem Kartenentwurf überhaupt nicht weiter untergliedert. Der grundlegende Klassifikationsansatz von KÖPPEN aus dem Jahr 1923 sah eine Reihe weiterer Klassifikationskriterien vor. So wurde bei einer Durchschnitts-

temperatur des wärmsten Monats von unter 0 °C eine weitere Hauptklimazone unterschieden, die in einigen Kartenentwürfen als Untertyp der E- Klimate zum Teil auch heute noch ausgewiesen ist. Darüber hinaus zog KÖPPEN in seiner ursprünglichen Klimaklassifikation auch die relative Luftfeuchtigkeit als Einteilungskriterium heran und ging noch detaillierter auf bestimmte thermische und hygrische Besonderheiten verschiedener Klimate ein.

All diese Kriterien fanden jedoch keinen Eingang in die Klimakarte von KÖPPEN/GEIGER. Dort kommt im Kartenbild vor allem die Verbreitung der fünf Hauptklimazonen zum Ausdruck (vgl. u. a. DIERCKE WELTATLAS 1996, S. 223). Die tropischen A-Klimate erstrecken sich beiderseits des Äquators bis maximal zu den Wendekreisen. Die innere Abstufung erfolgt dabei, wie auch bei den C- und D-Klimaten, in Abhängigkeit vom zweiten Gliederungskriterium, dem Jahresgang der Niederschläge. Die Trockenräume der Erde (B-Klimate) treten vor allem im Bereich der Wendekreise und im Innern der Kontinente hervor. Die warmgemäßigten C-Klimate erstrecken sich als relativ schmale Streifen jeweils an den West- und Ostseiten der Kontinente. Nur im Südosten Nordamerikas und in Europa nehmen sie größere Flächen ein. Darüber hinaus werden auch die tropischen Höhenklimate den C-Klimaten zugeordnet. Als Inseln ragen sie im Bereich der niederen Breiten aus den tropischen A-Klimaten hervor. Die Schneeklimate (D) erstrecken sich über weite Teile Nordamerikas und Asiens. Kleinere Areale sind auch in Kleinasien und dem Himalayagebiet zu finden. Auf der Südhalbkugel fehlen sie ganz. Dort gehen die D-Klimate direkt in die Eisklimate (E) über. Diese finden ihre Verbreitung vor allem im äußersten Norden Nordamerikas, auf Grönland und in einem relativ schmalen Streifen entlang Nordasiens. Daneben treten sie als klimatische Höhenstufen im Bereich des Skandinavischen Gebirges, des Werchojansker und Kolymagebirges, in den Anden und als etwas größeres Areal im Himalaya auf.

### 3.2 Die Klimaklassifikation von TROLL/PAFFEN

Bereits im Jahr 1955 legte TROLL das Konzept seiner bis heute bekannten Klimaklassifikation dar. Dabei beschränkte er sich bei der entsprechenden Klimakarte auf eine Gliederung der Klimate der Alten Welt. 1963 erschien die auf seinem Klassifikationsansatz beruhende Weltkarte, die er als Dank für die ihm bei dem Entwurf der Karte von seinem Kollegen PAFFEN zuteil werdende Unterstützung unter dem Namen TROLL/PAFFEN veröffentlichte. Erst die Publikation von TROLL in der Zeitschrift „Erdkunde“ 1964 mit dem legendären Titel „Die Karte der Jahreszeiten-Klimate der Erde“ verlieh ihr jedoch ihren eigentli-

chen und bis heute hohen Bekanntheitsgrad. Der besondere Schwerpunkt des eigentlichen TROLLschen Klassifikationsansatzes liegt auf einer differenzierten Darstellung des jahreszeitlichen Wechsels der klimatischen Verhältnisse auf der Erde. Die verschiedenen Jahreszeitenklimate ergeben sich nach TROLL aus dem Zusammenwirken des jahreszeitlichen Ablaufs dreier ökologisch relevanter Klimaparameter: der Beleuchtungs-Jahreszeiten, der thermischen Jahreszeiten und der hygrischen Jahreszeiten (vgl. SIEGMUND 1995, S. 108 ff.).

Bei der eigentlichen Klimaklassifikation geht TROLL jedoch zunächst nicht von diesen Klimatelementen aus. Vielmehr hebt er bei der Analyse der klimatischen Gegebenheiten die besondere Bedeutung der Vegetation hervor. Auf der Grundlage seiner hervorragenden Kenntnis vieler Erdräume und ihrer Vegetation entsteht so zunächst ein gedankliches Gerüst der Verbreitung der unterschiedlichen Vegetationsformationen auf der Erde. Es bildet letztlich auch die entscheidende Basis für die Klimakarte. Jedem dieser Vegetationstypen ordnen TROLL/PAFFEN entsprechende Klimate zu und versuchen, diese mit Hilfe der oben genannten Klimaparameter zu charakterisieren. Zunächst erfolgt eine Unterteilung des irdischen Klimas in *fünf Klimazonen*, die *polare und subpolare Zone*, die *kaltgemäßigte Zone*, die *kühlgemäßigte Zone*, die *warmgemäßigte Subtropenzone* und die *Tropenzone*. Diese werden mit den römischen Ziffern I (polare und subpolare Zone) bis V (Tropenzone) gekennzeichnet. Zur Abgrenzung der einzelnen Klimazonen finden dabei ausschließlich *thermische Andauer- und Schwellenwerte* Verwendung (vgl. SIEGMUND/FRANKENBERG 1996, S. 333 f.).

Diese Hauptklimazonen werden in insgesamt 32 verschiedene Klimatypen und -varietäten unterteilt, die jeweils mit arabischen Ziffern, bei Untertypen ergänzt durch Buchstaben, durchnummeriert werden. Zur Charakterisierung der einzelnen Typen ziehen TROLL/PAFFEN in der polaren/subpolaren Zone (I) und der kaltgemäßigten borealen Zone (II) ausschließlich *thermische Parameter* heran. Diese beziehen sich vor allem auf die Temperatur des wärmsten Monats, bestimmte Temperaturschwellenwerte einzelner Monate sowie die Jahresamplitude der monatlichen Durchschnittstemperaturen als Ausdruck für den Grad der thermischen Ozeanität bzw. Kontinentalität des jeweiligen Klimas. Diese Vorgehensweise setzt sich in den Waldklimaten der kühlgemäßigten Zone (III) fort (vgl. SIEGMUND/FRANKENBERG 1996, S. 334).

Bereits in der Zone der kühlgemäßigten Steppen- und Wüstenklimate, einem zweiten Untertyp der kühlgemäßigten Zone (III), kommen jedoch zur zonalen und regionalen Untergliederung des Klimas neben thermischen auch *hygrische*

*Parameter zur Anwendung.* Diese beziehen sich sowohl auf die *Zahl arider und humider Monate* als auch auf die *jahreszeitliche Lage der Regen- und Trockenzeiten*. Als Ariditätsindex greifen TROLL/PAFFEN auf die Trockengrenzformel von DE MARTONNE und LAUER zurück (vgl. SIEGMUND 1995, S. 110 f.).

Zur weiteren Differenzierung der warmgemäßigten Zone (IV) und der Tropenzone (V) benutzen TROLL/PAFFEN nur noch hygri-sche Parameter. Dabei kommt der Zahl humider Monate, die teilweise auf einen halben Monat genau angegeben wird, eine besondere Bedeutung zu. Daneben spielen aber auch die hygri-schen Jahreszeiten eine wesentliche Rolle zur Charakterisierung der Klimate (vgl. SIEGMUND/FRANKENBERG 1996, S. 334).

Die Klimakarte von TROLL/PAFFEN baut sich aus 28 verschiedenen Farbtönen auf, die durch ein bei einigen Feldern aufgelegtes Punkteraster insgesamt 32 verschiedene Klimatypen repräsentieren (vgl. u. a. DIERCKE WELTATLAS 1996, S. 222). Die Klimate der Tropenzone (V) werden dabei in Abhängigkeit vom Grad der Humidität in verschiedenen Grüntönen dargestellt. Dabei erstreckt sich das immerfeuchte Regenwaldklima beiderseits des Äquators. Nördlich und Südlich schließen sich die tropischen Halbwüsten- und Wüstenklimate an. Die Grenze zwischen der tropischen und der warmgemäßigten Subtropenzone (IV) verläuft relativ breitenkreisparallel entlang der Wendekreise. Dadurch liegt der Übergang von den Tropen zu den Subtropen in Afrika beispielsweise mitten in der Sahara. Die Klimate der warmgemäßigten Subtropen werden ebenfalls in Abhängigkeit von den Humiditätsverhältnissen differenziert. Sie ziehen sich als relativ schmale Streifen durch sämtliche Kontinente. Nur im Bereich des Himalayas ist die Subtropenzone unterbrochen, so daß die Tropenzone direkt an die Zone der kühlgemäßigten Steppen- und Wüstenklimate (III) grenzt. Diese erstreckt sich über weite Gebiete Innerasiens und den mittleren Westen Nordamerikas. Auf der Südhalbkugel ist diese Zone nur in Ostpatagonien verbreitet. Die Zone der kühl-gemäßigten Waldklimate (III) umfaßt weite Teile West-, Mittel- und Osteuropas, wobei ihre Nord-Süd-Erstreckung nach Osten hin immer mehr abnimmt. Weitere Areale finden sich an der Ostseite Asiens, im Süden Australiens sowie auf der Südinsel Neuseelands. In Form schmaler Streifen zieht sich diese Zone auch entlang der Westküste Nord- und Südamerikas, etwa jenseits des 40. Breitengrades. Die kaltgemäßigte Zone (II) nimmt weite Teile Nordamerikas, Nordeuropas und Nordasiens ein. Auf der Südhalbkugel tritt sie nicht auf. Die polare und subpolare Zone (I) ist im Norden Kanadas, in Grönland sowie als schmaler Streifen entlang

von Nordasien verbreitet. Darüber hinaus tritt sie im Bereich der Antarktis und einiger Inseln südlich des 50. Breitengrades auf.

Insgesamt steht bei der Klimakarte von TROLL/PAFFEN nicht eine mathematisch-statistisch exakte Definition und Abgrenzung der einzelnen Klimate durch bestimmte Grenz-, Schwellen- und Andauerwerte verschiedener Klimaparameter im Vordergrund. Der Schwerpunkt liegt vielmehr auf einer eher deskriptiven Charakterisierung der klimatischen Verhältnisse, die sehr eng mit entsprechenden Vegetationszonen und -formationen verzahnt sind.

### 3.3 Die Klimaklassifikation von LAUER/FRANKENBERG

Die unterschiedliche Bestrahlung des Erdkörpers durch die Sonne unter Einbeziehung der *Beleuchtungsjahreszeiten* bildet die Grundlage zur Einteilung der Klimazonen bei der Klimaklassifikation von LAUER/FRANKENBERG (1988). Bedingt durch die Schiefe der Ekliptik (Neigung der Erdachse gegenüber der Sonne um  $23,5^\circ$ ) erreicht die Sonne im Jahresablauf lediglich zwischen den Wendekreisen einen bzw. zwei Zenitalstände. Die Wendekreise markieren daher bei LAUER/FRANKENBERG solarklimatisch prägnant die Grenze einer ersten strahlungsklimatischen Zone, die der *Tropen* (A). Orientiert an der realen Vegetation, bedingen Meeresströmungen und Gebirge jedoch Abweichungen von dieser idealtypischen Grenze. Sie verläuft daher nicht genau parallel zu den Wendekreisen, sondern pendelt gleichsam um diese herum. Ähnliches gilt auch für die anderen Klimazonen. Die jahreszeitliche Variation der Tageslänge, die bei LAUER/FRANKENBERG zur Abgrenzung der einzelnen Klimazonen herangezogen wird, beträgt am Äquator null Stunden und an den Wendekreisen lediglich 3 Stunden zwischen 10,5 und 13,5 Stunden. Der Wendekreis fällt mit der Linie der *Tageslängenschwankung* (TLS) von 3 Stunden zusammen (vgl. FRANKENBERG/SIEGMUND 1996, S. 329).

Die Polarkreise bilden bei LAUER/FRANKENBERG neben den Wendekreisen die zweiten eindeutigen solarklimatischen Grenzen des irdischen Klimas. Polwärts der Polarkreise beträgt die TLS 24 Stunden. Streng solarklimatisch liegt zwischen Tropen und *Polarregion* (D) nur eine Klimazone. Da die Klimaunterschiede mit den flacheren Einfallswinkeln der Sonnenstrahlung in höheren Breiten, und dadurch mit geringerer Einstrahlung, jedoch zunehmen, wird beim Klassifikationsentwurf von LAUER/FRANKENBERG die breite Klimazone zwischen Wendekreisen und Polarkreisen in *Subtropen* (B) und *Mittelbreiten* (C) unterteilt. Solarklimatisch ist die Grenzlinie zwischen diesen beiden Klimazonen

nicht so exakt definiert wie die durch die Wende- und Polarkreise. Die solare Subtropengrenze verläuft bei etwa 45° Breite. Während die Subtropen zwischen Wendekreis und 45° Breite eine TLS von 3 bis 7 Stunden kennzeichnet, variiert die TLS der Mittelbreiten zwischen 7 Stunden an der Subtropengrenze und 24 Stunden an den Polarkreisen. Als Hilfslinie zur Scheidung der *kühlen* von den *kalten Mittelbreiten* wurde bei LAUER/FRANKENBERG eine Linie der 12 Stunden-TLS eingefügt, die aus geographischer Sicht etwa der nördlichen Laubwaldgrenze entspricht (vgl. FRANKENBERG/SIEGMUND 1996, S. 329 ff.).

Unter dem „Dach“ der *solaren Klimazonen* A - D ist in der Klimaklassifikation von LAUER/FRANKENBERG eine konsequente ökologisch fundierte Klimatypisierung in einer *thermischen (Wärmehaushalt)* und einer *hygrischen (Wasserhaushalt)* Dimension durchgeführt. In der y-Achse der Legende der Klimakarte (vgl. u. a. DIERCKE WELTATLAS 1996, S. 220/221) werden die Klimatypen thermisch definiert. In den Tropen werden *Kalt-* (1) und *Warmtropen* (2) unterschieden. Außerhalb der Tropen (Ektropen) definieren die *thermische Maritimität und Kontinentalität* die Klimatypen in drei Klassen: *hochkontinental* (1), *kontinental* (2) und *maritim* (3). Die Typisierung des Kontinentalitätsgrades (K) erfolgt nach IVANOV (1959) (vgl. SIEGMUND 1995, S. 125 f.). Die *Anzahl der humiden Monate* als x-Achse bildet bei LAUER/FRANKENBERG die zweite Dimensionsebene der Klimatypen in den einzelnen Klimazonen. Die Stufen der Zahl humider Monate werden mit den gängigen Begriffen von arid bis humid belegt. Als *arid* werden Klimatypen mit 0 - 2 humiden Monaten bezeichnet (a), als *semiarid* (sa) Klimatypen mit 3 - 5 humiden Monaten, als *semihumid* (sh) solche mit 6 - 9 humiden Monaten und als *humid* Klimatypen mit 10 - 12 humiden Monaten. Als humid gilt ein Monat, wenn in ihm das Niederschlagsaufkommen (N) die „*potentielle Verdunstung der realen Landschaft*“ (*potentielle Landschaftsverdunstung, pLV*) erreicht oder übersteigt ( $N \geq pLV$ ). Andernfalls ist ein Monat arid (vgl. FRANKENBERG/SIEGMUND 1996, S. 332 f.). Die pLV umfaßt hierbei die Evaporation freier Wasserflächen, die Evaporation des Bodens, die Interzeptionsverdunstung sowie die Transpiration der Vegetation. Die pLV gibt damit die potentiellen, d.h. unter den gegebenen klimatischen Umständen maximalen Verdunstungsraten einer realen Landschaft wieder, bei der ein aus hygrischer Sicht optimales Pflanzenwachstum gewährleistet ist. Die Berechnung der monatlichen pLV erfolgt auf der Basis der potentiellen Verdunstung (pV) und eines von der vorherrschenden Vegetation abhängigen Umrechnungsfaktors (Uf) nach folgender Formel:

$$pLV = pV \times Uf$$

Die  $pV$  umfaßt hierbei die Evaporation freier Wasserflächen, die relativ einfach berechnet werden kann (vgl. FRANKENBERG 1981a, 1981b). Die  $Uf$  leiten LAUER/FRANKENBERG für verschiedene Vegetations- und Landnutzungstypen aus Bodenbedeckungskarten, wie etwa von PFEIFFER (1966) ab. Die  $Uf$  geben dabei die Höhe der potentiellen Verdunstung eines bestimmten Pflanzenbestandes (optimale Bestandsverdunstung) in bezug auf die potentielle Verdunstung freier Wasserflächen ( $pV$ ) an.

Insgesamt umfaßt der Klassifikationsentwurf von LAUER/FRANKENBERG durch seine dreistufige Klimagliederung theoretisch 56 Klimatypen, von denen in der entsprechenden Klimakarte jedoch nur 40 auf der nichtvergletscherten Erdoberfläche durch verschiedene Farbgebungen und Rasterungen ausgewiesen sind. Dabei ist bei der Farbzuzuordnung der fünf Hauptklimazonen eine gewisse Beziehung zur Klimakarte von TROLL/PAFFEN unverkennbar (vgl. DIERCKE WELTATLAS 1996, S. 220 f.).

#### **4. Fachliche und fachdidaktische Kritik an verschiedenen Klassifikationssystemen**

Die Eignung verschiedener Klimaklassifikationen für schulische Zwecke wird von einer Vielzahl fachlicher und insbesondere fachdidaktischer Kriterien beeinflusst. Hierzu zählen u.a. Aspekte wie die Transparenz und Nachvollziehbarkeit des Ansatzes, die Anschaulichkeit der entsprechenden Klimakarten und die Komplexität der verschiedenen Klassifikationskriterien. Aufgrund ihrer besonderen Bedeutung für die schulische Geographieausbildung im deutschsprachigen Raum stehen die Klassifikationsansätze von KÖPPEN/GEIGER (1928), TROLL/PAFFEN (1963) und LAUER/FRANKENBERG (1988) im Mittelpunkt kritischer Auseinandersetzungen mit diesem Thema. Die nachfolgenden Ausführungen sollen daher einen Überblick des aktuellen Diskussionsstandes auf Seiten der fachdidaktischen Forschung und der schulischen Praxis zu diesen drei Klassifikationsansätzen geben.

##### 4.1 Die Klimakarte von KÖPPEN/GEIGER

Die Klimakarte von KÖPPEN/GEIGER geht auf das Jahr 1928 zurück. Die ersten Ansätze zu diesem Klassifikationsentwurf reichen sogar bis an die Jahrhundertwende zurück. In den zurückliegenden 65 Jahren vollzogen sich in bezug

auf die fundamentale Bezugsbasis des KÖPPENschen Systems, die natürliche Vegetation, zum Teil tiefgreifende Veränderungen. So haben sich die Verbreitungsgebiete einiger Vegetationsformationen ausgeweitet, andere sind geschrumpft, manche ganz verschwunden. Dabei handelt es sich oft nicht nur um kleinräumige Phänomene, sondern teilweise um Prozesse kontinentalen Ausmaßes. Der weltweite Rückgang tropischer Regenwälder läßt sich hierbei als Beispiel nennen. Durch diese, zum Teil anthropogen induzierten Veränderungen sind auch die Grenzverläufe zwischen den einzelnen Vegetationszonen nicht mehr dieselben wie zur Zeit KÖPPENs. Die vegetationsbezogenen Klimagrenzen entsprechen damit in weiten Bereichen nicht mehr den heute tatsächlich vorherrschenden Bedingungen. Dadurch zeichnen die Grenzverläufe bei KÖPPEN in heutiger Zeit allenfalls noch die Verbreitungsgebiete einer potentiellen natürlichen Vegetation nach. Darüber hinaus steht der modernen Klimageographie ein wesentlich dichteres globales Klimadatenetz zur Verfügung als in den zwanziger Jahren. Es würde eine bei weitem differenziertere räumliche Klimagliederung ermöglichen, als sie die Klimakarte von KÖPPEN/GEIGER widerspiegelt (vgl. MACK 1993, S. 5).

Ein weiterer Kritikpunkt am KÖPPENschen System beruht auf der Abgrenzung der Hauptklimazonen. Während er vier (bzw. fünf in der Originalfassung von 1928) dieser Zonen thermisch definiert, werden die B-Klimate (Trockenklimate) auf der Basis hygrischer Parameter klassifiziert. Dies stellt sich - nicht nur aus fachdidaktischer Sicht - als eine „logische Inkonzistenz“ dar, die den Zugang zu der Karte für die Schüler erschwert (vgl. BÜHN 1990, S. 10; MACK 1993, S. 5 und SCHULTZE 1988, S. 2).

Die Klimakarte von KÖPPEN/GEIGER weist die Subtropen nicht als eigenständige Klimazone aus. Sie bleiben im Übergangsbereich der trockenen B-Klimate und der warmgemäßigten C-Klimate verdeckt. So kommt in der Karte zum Beispiel das typische „Mittelmeerklima“ nur sehr schlecht zur Geltung. Der fehlende Ausweis dieser „in vielfacher Hinsicht eigenständigen Hauptklimazone“ stellt sich als Mangel des KÖPPENschen Systems heraus (vgl. BÜHN 1990, S. 10; vgl. auch SCHULTZE 1988, S. 2).

KÖPPEN/GEIGER setzen die Höhenklimate sowohl grafisch als auch in den entsprechenden Klimaformeln mit zahlenmäßig gleichen Tieflandklimaten höherer Breiten gleich. Dies stellt nicht nur aus wissenschaftlicher, sondern auch aus didaktischer Sicht eine grobe Verfälschung der tatsächlichen Gegebenheiten dar. So lassen sich zum Beispiel trotz übereinstimmender Schwellen- und Andauer-

werte der Durchschnittstemperaturen tropische Höhenklimate nicht ohne weiteres mit warmgemäßigten Klimaten der mittleren Breiten gleichsetzen. Die gravierendsten Differenzen treten dabei vor allem in dem grundsätzlich unterschiedlichen Jahresgang der Wetter- und Witterungsabläufe, insbesondere hinsichtlich der Temperatur auf (Jahreszeiten- versus Tageszeitenklimate). Darüber hinaus sind erhebliche strahlungsklimatische Unterschiede festzustellen (vgl. SCHULTZE 1988, S. 2; vgl. auch BLÜTHGEN/WEISCHET 1980, S. 670).

Als vorteilhaft an der Klimaklassifikation von KÖPPEN/GEIGER erweist sich die Detailgenauigkeit der Klimacharakterisierungen in Abhängigkeit vom Umfang der zur Verfügung stehenden Meßwerte. Dies bedingt eine hohe Flexibilität in Hinblick auf die Gliederungstiefe und damit den Grad der Klimadifferenzierung (vgl. BÜHN 1990, S. 10). Die durchgängige Quantifizierung der verschiedenen Klimazonen und -typen stellt einen weiteren positiven Aspekt der Klimakarte von KÖPPEN/GEIGER dar. Dadurch werden regionale und globale Klimavergleiche objektivierbar. Dabei sind die entsprechenden Schwellen- und Andauerwerte zur Abgrenzung der einzelnen Klimate so gewählt, daß es zu keinerlei Überschneidungen zwischen den verschiedenen Definitionsbereichen zweier oder mehrerer Klimatypen kommt (vgl. im Gegensatz hierzu TROLL/PAFFEN) (vgl. BÜHN 1990, S. 10).

KÖPPEN/GEIGER verwenden bei ihrem Kartenentwurf nur zehn verschiedene Farbtöne. Dadurch ergibt sich ein insgesamt sehr übersichtliches und damit leicht einprägsames Kartenbild (SCHULTZE 1988, S. 2). Die zur weiteren Differenzierung in die Karte eingetragenen Buchstabenkombinationen erweisen sich darüber hinaus als sehr vorteilhaft. All dies fördert die Lesbarkeit der Karte und erweitert damit ihr Einsatzspektrum nicht nur in bezug auf rein klimatologische und klimageographische Aspekte des Erdkunde- bzw. Geographieunterrichts (vgl. MACK 1993 S. 5).

Aufgrund des besonderen Gewichtes, das KÖPPEN auf die differenzierte Darstellung der Trockenklimate legt, gehen diese als gelbe Flächen weitaus deutlicher als bei allen anderen Klimakarten aus dem Kartenbild hervor (SCHULTZE 1988, S. 2). Sie umfassen Räume und Regionen, die heute nicht nur aus klimageographischer Sicht im Blickpunkt des Interesses stehen. Stichpunkte wie die fortschreitende Desertifikation und die anhaltenden Dürren in weiten Gebieten Afrikas lassen sich hierbei als Beispiele nennen.

Obwohl sich die Anlehnung der KÖPPENschen Klimagrenzen an die Grenzen der natürlichen Vegetation in mancherlei Hinsicht sehr nachteilig auf die entsprechende Klimakarte auswirkt, können aus dieser Vorgehensweise durchaus auch positive Aspekte gewonnen werden. Auf diese Weise werden die wichtigen Zusammenhänge zwischen dem Klima und der Vegetation betont (vgl. MACK 1993, S. 5). Als weiterer Vorteil der KÖPPEN/GEIGER-Karte erweist sich ihre weitgehende Kompatibilität mit den gängigen WALTER/LIETH-Klimadiagrammen. So lassen sich beide Arbeitsmittel im Unterricht parallel zueinander einsetzen (vgl. MACK 1993, S. 5). Darüber hinaus sind die einzelnen Klimazonen und -regionen bei KÖPPEN/GEIGER durch eine strikte Linienführung relativ scharf voneinander getrennt. Zu Überschneidungen oder nicht definierbaren Zonenzugehörigkeiten kommt es nicht (vgl. BÜHN 1990, S. 10).

#### 4.2 Die Klimakarte von TROLL/PAFFEN

TROLL/PAFFEN stützen sich in ihrem Klassifikationsansatz zur Abgrenzung der einzelnen Klimate noch stärker auf die Verbreitung der natürlichen Vegetation als KÖPPEN/GEIGER. Damit treten die mit dieser Vorgehensweise verbundenen negativen Effekte noch deutlicher in Erscheinung, als dies bei letzterem Ansatz dargestellt wurde (vgl. BÜHN 1990, S. 13). Daran kann letztlich auch das im Vergleich zu KÖPPEN/GEIGER relativ junge Alter des Klassifikationsentwurfes von TROLL/PAFFEN (1963) nichts grundlegend ändern, vollzogen sich doch gerade innerhalb der letzten dreißig Jahre die gravierendsten Veränderungen im Naturhaushalt der Erde und damit bei der Verbreitung der natürlichen Vegetation.

Obwohl TROLL in seinem ursprünglichen Ansatz die Höhenklimate, im Gegensatz zu KÖPPEN, ausdrücklich als oroklimatische Varianten des jeweiligen Zonenklimas erkennt und analysiert, finden diese keinen Eingang in seine Klimakarte. Die Räume ihres Auftretens werden einfach geschwärzt - ein Nachteil der Karte (vgl. BÜHN 1990, S. 13). Die einzelnen Klimatypen der „Karte der Jahreszeitenklimate der Erde“ sind nicht immer quantitativ definiert, sondern oft nur qualitativ beschrieben und charakterisiert (vgl. BLÜTHGEN/WEISCHET 1990, S. 683). Dies erschwert regionale und globale Klimavergleiche in einem erheblichen Ausmaß. Darüber hinaus überschneiden sich zum Teil die Definitionsbereiche mehrerer Klimatypen. Eine eindeutige quantitative Zuordnung bestimmter Klimate zu entsprechenden Klimazonen und -typen ist dadurch nicht möglich. Zudem gehen TROLL/PAFFEN bei der weiteren Untergliederung ihrer Hauptklimazonen uneinheitlich vor. Sie greifen in den einzelnen Zonen auf unterschiedliche Abgrenzungskriterien zurück. Dies erschwert die Auswertbarkeit und

Interpretierbarkeit der Karte. Als recht unpraktikabel erweisen sich in diesem Zusammenhang auch die langen, beschreibenden Bezeichnungen der einzelnen Klimate. Diese lassen sich in der Praxis von den Schülern nur schwer einprägen (vgl. MACK 1993, S. 5).

Auf der anderen Seite vermeiden TROLL/PAFFEN wegen ihrer durchgehend thermisch definierten Hauptklimazonen die Inkonsequenz, die KÖPPEN/GEIGER aus fachdidaktischer Sicht häufig zum Vorwurf gemacht wird (vgl. BÜHN 1990, S. 12 und MACK 1993, S. 5). Dabei ist von besonderem didaktischem Vorteil, daß die Subtropen im Gegensatz zu KÖPPEN/GEIGER als eigenständige Zone definiert werden. Auch die stärkere Differenzierung der polaren und tropischen Klimate zeichnet die Karte von TROLL/PAFFEN gegenüber KÖPPEN/GEIGER aus. Darüber hinaus kommt die Asymmetrie der Vegetations- und Klimazonen zwischen der Nord- und Südhalbkugel als Ausdruck geoökologischer Unterschiede im Kartenbild weitaus besser zur Geltung (vgl. BÜHN 1990, S. 12).

Die Vernetzung charakteristischer, vegetationsbezogener Kriterien in der Karte von TROLL/PAFFEN erweist sich wie bei KÖPPEN/GEIGER, trotz der mit ihr verbundenen Nachteile, als insgesamt positiv. Sie entspricht dem Lehrplanauftrag. TROLL/PAFFEN arbeiten sowohl bei der thermischen als auch bei der hygrischen Differenzierung ihrer Klimate mit gängigen Begriffen wie etwa *ozeanisches Klima*, *Übergangsklima* und *kontinentales Klima* oder *feuchte* und *trockene Monate*. Dies erleichtert das Verständnis für die jeweiligen klimatischen Zusammenhänge. Darüber hinaus ist vor allem die thermische Untergliederung der Klimate mit Hilfe von Monatsmittelwerten der Temperatur von Schülern auf der Grundlage entsprechender Klimastationsdaten gut nachvollziehbar (vgl. MACK 1993, S. 5).

Ein weiterer didaktischer Vorteil des Klassifikationsansatzes von TROLL/PAFFEN ergibt sich daraus, daß sich die Klimakarte gut mit WALTER/LIETH-Klimadiagrammen kombinieren läßt. Obwohl TROLL/PAFFEN mit der etwas komplizierteren Trockengrenzformel von DE MARTONNE und LAUER arbeiten, lassen sich ihre Ergebnisse mit der einfachen und entsprechend weit verbreiteten Formel von WALTER/LIETH ( $n = 2t$ ) unter didaktischen Aspekten durchaus in Einklang bringen (SCHULTZE 1988, S. 3; BÜHN 1990, S. 12 und MACK 1993, S. 5).

Trotz der 28 verschiedenen Farbfelder und weiterer vier Rastersignaturen bleibt die Klimakarte gut lesbar. Die übersichtliche und klare Farbgebung des Karten-

entwurfes bedingt trotz der starken klimageographischen Differenzierung des Ansatzes eine hohe Trennschärfe zwischen den einzelnen Klimatypen (vgl. SCHULTZE 1988, S. 3). Sie ermöglicht daher relativ detaillierte Klimaanalysen, die über die Möglichkeiten der KÖPPEN/GEIGER-Karte weit hinaus reichen. Die sehr vorstellungsintensiven Kurzbeschreibungen in der Nomenklatur der einzelnen Klimatypen in der Kartenlegende tragen ihr übriges zu der guten Analyser- und Interpretierbarkeit der Karte bei (vgl. MACK 1993, S. 5).

#### 4.3 Die Klimakarte von LAUER/FRANKENBERG

Die aktuelle fachdidaktische Diskussion konzentriert sich insbesondere auf Seiten der Schulpraktiker vor allem auf den neuen Klassifikationsentwurf von LAUER/FRANKENBERG. Die ersatzlose Streichung der KÖPPEN/GEIGER-Karte im DIERCKE WELTATLAS zugunsten der Klimakarte von LAUER/FRANKENBERG im Jahre 1988 (vgl. DIERCKE WELTATLAS 1988, S. 176/177 (alte Ausgabe) bzw. S. 220/221 (neue Ausgabe)) vollzog sich für viele Lehrer scheinbar in einem zu radikalen und zu schnellen Schritt. Dies geht nicht zuletzt aus den Diskussionen auf verschiedenen Lehrerfortbildungstagungen zu diesem Thema hervor, an denen der Autor teilgenommen hat. Auch in zahlreichen Briefen an den Westermann-Verlag blieben kritische Äußerungen nicht aus, auch wenn sich mitunter der Eindruck nicht vermeiden läßt, daß die Diskussion zum Teil auf einer eher emotional-subjektiven denn logisch-rationalen Ebene geführt wird - zu groß ist die Sympathie zu den „Klassikern“ der Klimaklassifikationen, KÖPPEN/GEIGER und TROLL/PAFFEN, an die man sich jahrelang gewöhnt hatte. Aus diesem Grund wurden nach Rücksprache zwischen dem Westermann-Verlag und dem Autor in der neuen Auflage des Diercke Weltatlas aus dem Jahr 1996 die Karten von KÖPPEN/GEIGER und TROLL/PAFFEN in kleinerem Maßstab zusätzlich zu der Karte von LAUER/FRANKENBERG dargestellt.

Die bezüglich der Klimakarte von LAUER/FRANKENBERG vorgebrachten Argumente sind vielschichtig. So werden sowohl die thermische als auch die hygri-sche Untergliederung der Hauptklimazonen weitgehend als zu kompliziert und schlecht nachvollziehbar erachtet. Der Kontinentalitätsgrad von IVANOV, der bei LAUER/FRANKENBERG Verwendung findet, ist demnach für das Verständnis der Schüler weitaus weniger faßbar als etwa die Jahresschwankung der Temperatur. Ähnliches gilt auch für die Umrechnungsfaktoren zur Berechnung der potentiellen Landschaftsverdunstung. Ihre Ermittlung ist nur als Modell nachvollziehbar, nicht jedoch an konkreten Beispielen. Durch diese Intransparenz lassen sich die entsprechenden Umrechnungsfaktoren einzelner Stationen, etwa

bei einer gemischten Vegetation bzw. Landnutzung, nicht mit entsprechenden Vegetations- und Landnutzungskarten in Atlanten in Einklang bringen (vgl. MACK 1993, S. 6).

Als weiterer Kritikpunkt ergibt sich das gebietsweise zu grobe Raster der Klimaeinteilung. Dadurch fallen große Teile Mittel- und Westeuropas in ein und dieselbe Klimaregion, die von Bordeaux bis Riga reicht. Dies gilt in noch größerem Ausmaß für die erste Kartenfassung im DIERCKE WELTATLAS 1988. Dort fallen die warmgemäßigten und die kühlgemäßigten Mittelbreiten (so die aktuelle Bezeichnung) in eine Zone und sind nur durch eine Linie voneinander getrennt. Darüber hinaus werden auch in der aktuellen Fassung der Karte die subtropischen Winterregengebiete, wie beispielsweise der Einflußbereich des charakteristischen „Mittelmeerklimas“, nicht durch eine eigene Klimaregion repräsentiert. Diese muß vielmehr durch eine aufgelegte Schraffur „gerettet“ werden. Ähnliches gilt auch für die Dornsavanne und dem damit in Verbindung stehenden Sahelgürtel, einer der großen Problemzonen der Erde. All dies führt zu Diskrepanzen zwischen der Klimakarte und dem Kenntnisstand sowie den allgemeinen Erfahrungs- und Vorstellungswerten der Schüler (SCHULTZE 1988, S. 10, und BÜHN 1990, S. 20).

Der Klassifikationsansatz von LAUER/FRANKENBERG stützt sich bei der Einteilung der Hauptklimazonen auf das Kriterium der Tageslängenschwankung. Diese ist streng breitenkreisabhängig. Die Grenzen der einzelnen Zonen verlaufen im Kartenbild jedoch nicht parallel zu den Breitenkreisen, sondern zeigen zum Teil erhebliche Abweichungen von ihrem festgelegten Idealverlauf. Diese Diskrepanz zwischen Legende und Karte erweist sich in der Praxis als äußerst störend. Sie sollte deshalb genauer erklärt werden (SCHULTZE 1988, S. 10).

LAUER/FRANKENBERG grenzen, im Gegensatz zu anderen Klassifikationsentwürfen wie etwa von KÖPPEN/GEIGER, die tropischen Höhenklimate als eigenständige Klimavariante der jeweiligen Zonoklimate aus. Kritik wird dabei daran geübt, daß die beiden Autoren diese Vorgehensweise auf die Tropen beschränken und nicht auch in den anderen Klimazonen entsprechende Oroklimate ausweisen (vgl. BÜHN 1990, S. 20 und SCHULTZE 1988, S. 10).

Im Gegensatz zu KÖPPEN/GEIGER und TROLL/PAFFEN fehlt dem Klassifikationsansatz von LAUER/FRANKENBERG eine anschauliche und einprägsame Namensgebung der unterschiedlichen Klimazonen und -regionen. Diese könnten die einzelnen Klimatypen besser charakterisieren, als dies mit Hilfe des Formel-

schlüssels erreicht werden kann (SCHULTZE 1988, S. 10).

Aus Sicht der Kritiker läßt sich die Klimakarte von LAUER/FRANKENBERG nicht mit den einfachen und weit verbreiteten Klimadiagrammen von WALTER/LIETH kombinieren. Dies bezieht sich insbesondere auf die mit der hygrischen Klimadifferenzierung verbundenen Verdunstungswerte (pV und pLV). Eine Vergleichbarkeit der Karteninhalte mit entsprechenden Diagrammen ist damit in dieser Hinsicht nicht gewährleistet (vgl. MACK 1993, S. 6). Die Berücksichtigung der pLV-Kurve in den Klimadiagrammen könnte dieses Problem zwar inhaltlich lösen, erschwert jedoch die Arbeit mit den Diagrammen erheblich. Darüber hinaus läßt sich der Verlauf der pLV-Werte für die Schüler meist nicht nachvollziehen (SCHULTZE 1988, S. 10).

Letztlich werden die verschiedenen Entwicklungsstadien der Klimakarte kritisiert, die seit ihrem ersten Erscheinen im Jahre 1988 aufgetreten sind. Gerade bei einem Atlas, der in Form von Klassensätzen oft über Jahre hinweg als Lern- und Lehrmittel im Gebrauch ist, wirkt sich dies sehr nachteilig aus (vgl. BÜHN 1990, S. 20 und MACK 1993, S. 6).

Positiv zur Klimakarte von LAUER/FRANKENBERG wird bemerkt, daß sämtliche Gliederungskriterien durchgehend quantifiziert sind. Dabei finden ausschließlich klimatologische Einteilungskriterien Verwendung. Der Entwurf wird dadurch den Kriterien einer eigentlichen Klimakarte weit mehr gerecht als diejenigen von KÖPPEN/GEIGER und TROLL/PAFFEN (vgl. MACK 1993, S. 5). Der Ausweis eigenständiger klimatischer Höhenstufen im Bereich der Tropen stellt trotz fehlender Pendanten in den übrigen Klimazonen eine wesentliche Verbesserung gegenüber den Klimakarten von KÖPPEN/GEIGER und TROLL/PAFFEN dar (SCHULTZE 1988, S. 10). Da das System nicht an Vegetationsgrenzen gebunden ist, lassen sich durch die Anwendung der fest definierten Gliederungskriterien im Abstand von Jahren und Jahrzehnten Veränderungen des Klimas dokumentieren. Diese können ihrerseits mit Veränderungen der natürlichen Vegetation und der Landnutzung in Beziehung gesetzt werden (SCHULTZE 1988, S. 10; BÜHN 1990, S. 19 f. und MACK 1993, S. 6). Der Aufbau des Klassifikationsentwurfes ist durchgehend hierarchisch und logisch konsequent durchdacht. Darüber hinaus basiert die Karte auf einem aktuellen und weltweit dichten Datenmaterial - beides deutliche Vorzüge der Karte, die ihren Wert für die geographische Schulausbildung gegenüber anderen Ansätzen steigert. Trotz der geäußerten Kritik an der Karte von LAUER/FRANKENBERG werden ihre Aussagekraft und ihr konzeptioneller Gehalt als „ungewöhnlich reichhaltig und anre-

gend“ empfunden (vgl. BÜHN 1990, S. 19).

## **5. Didaktische Anforderungen an Klassifikationssysteme unter Berücksichtigung des Lehrplanauftrags**

Die didaktischen Anforderungen an Klimaklassifikationen basieren in starkem Maße auf den durch die Lehrpläne vorgegebenen klimatologischen und klimageographischen Fragestellungen im Rahmen der schulischen Geographieausbildung. Bei der hierzu notwendigen aktuellen Bestandsaufnahme der damit verbundenen Inhalte können an dieser Stelle nicht die Lehrpläne sämtlicher Schularten und Bundesländer Berücksichtigung finden. Sie ähneln sich jedoch in ihren grundlegenden Fundamenten und Anforderungsprofilen, die sie an das Fach Erdkunde stellen. Aus diesem Grund seien die sich aus dem Lehrplanauftrag ableitenden Erfordernisse an Klimaklassifikationen hier nur exemplarisch an dem aktuellen Lehrplan des Faches Erdkunde für Gymnasien in Baden-Württemberg von 1994 näher erläutert.

Im Rahmen des allgemeinen Erziehungs- und Bildungsauftrages hat der Erdkundeunterricht die Aufgabe, dem Schüler „das Zusammenwirken raumprägender Faktoren bewußt zu machen“ (Lehrplan im Fach Erdkunde für Gymnasien in Baden-Württemberg 1994, S. 19). Diese Forderung betrifft auch in starkem Maße die Klimatologie, genauer die Klimageographie. Das Klima stellt einen jener wesentlichen naturräumlichen Faktoren dar, die einen entscheidenden Einfluß auf andere Elemente des Natur- und Kulturraumes ausüben. Dabei wirken sich die klimatischen Verhältnisse nicht nur auf die Beschaffenheit der Böden, die Vegetation und damit auch auf den gesamten Bereich der Agrarwirtschaft aus. Auch die wirtschaftlich-industrielle Inwertsetzung bestimmter Räume wird in einem erheblichen Ausmaß vom herrschenden Klima mit beeinflußt. Die Stichworte „Sibirien“ und „Sahelzone“ veranschaulichen dies.

In diesem Zusammenhang kommt Klimaklassifikationssystemen eine wichtige Bedeutung zu. Im Gegensatz zu einfachen analytischen Klimadarstellungen versuchen sie, das Klima in seiner komplexen Gesamtheit zu erfassen. Nur so können sie dem Ziel dienen, das Klima als solches als raumprägenden Faktor zu erkennen und zu bewerten. Entscheidend ist dabei, daß die im Rahmen eines Klassifikationsansatzes einbezogenen klimatischen Parameter einen möglichst engen praktischen Bezug zur geographischen Bewertung eines bestimmten Raumes aufweisen. In diesem Zusammenhang sind deshalb keine, wenn auch aus wissenschaftlicher Sicht interessanten theoretisch-abstrakten Kenngrößen gefragt, son-

dem vielmehr konkrete, aussagekräftige und für die Schüler nachvollziehbare Klimaparameter. Diese müssen als Ganzes den typischen Klimacharakter eines Raumes widerspiegeln. Nur so lassen sich Einsichten in die wesentlichen Beziehungen zwischen Mensch und Raum auf einer pragmatisch-praktischen Ebene gewinnen und für den Schüler nachvollziehen.

Der Lehrplan des Faches Erdkunde an Gymnasien basiert unter anderem auf folgenden drei wesentlichen Grundprinzipien, die dem Erdkundeunterricht zugrunde zu legen sind:

- vom Bekannten zum Unbekannten,
- vom Anschaulichen zum Abstrakten,
- vom Einfachen zum Komplexen.

Diese allgemeinen Prinzipien lassen sich in Form konkreter Anforderungen an den Aufbau und die Struktur von Klassifikationssystemen übertragen. Dies betrifft in besonderem Maße die Klassifikationskriterien auf den verschiedenen Untergliederungsstufen. Sie müssen dem Grundsatz „*vom Einfachen zum Komplexen*“ Rechnung tragen. So sollten die Kriterien zur Differenzierung von Hauptklimazonen von einem vergleichsweise einfachen Charakter sein. Die Jahresdurchschnittstemperatur oder der Jahresniederschlag ließen sich hierbei etwa als Beispiele nennen. Erst in den weiteren Untergliederungsstufen können komplexere Klimaparameter zur Anwendung kommen. Ähnliches gilt auch für den Grundsatz „*vom Anschaulichen zum Abstrakten*“.

Eine besondere Bedeutung kommt dem Prinzip „*vom Bekannten zum Unbekannten*“ zu. Jeder Schüler verfügt bereits aufgrund seiner bisherigen Entwicklung auch auf dem Gebiet der Klimageographie über einen gewissen Kenntnis- und Erfahrungsstand. Dieser beruht auf dem Miterleben des alltäglichen, heimatlichen Wetter- und Witterungsgeschehens, persönlichen Erfahrungen in fremden Räumen, etwa während des Urlaubs und der Ferien, aber auch auf Informationen, die von den verschiedenen Medien auf direkte oder indirekte Weise verbreitet werden. All dies prägt sich in unterschiedlichem Maße ein, wenn auch teilweise zu einem durchaus subjektiven Bild der klimatischen Gegebenheiten auf regionaler und globaler Ebene. Aus diesem Grund sollten Klassifikationsansätze bestrebt sein, an diesem Erfahrungsschatz der Schüler im Sinne eines *advanced organizers* anzuknüpfen. Dabei kann der Schüler durch eine geschickte Auswahl der Gliederungskriterien, insbesondere auf der ersten Klassifikationsstufe, die neu erworbenen Erkenntnisse und Einsichten besser an seinen bisherigen Wissensstand adaptieren und auf diesem aufbauen. Hierzu eignen sich vor allem Para-

meter, die sich direkt aus dem persönlichen Erfahrungsbereich ableiten lassen, wie etwa die Temperatur und der Niederschlag. Eine entsprechende Nomenklatur der ausgewiesenen Klimazonen und -typen kann diesen Prozeß dabei unterstützen. Durch diese Vorgehensweise kann der Lernerfolg insgesamt deutlich erhöht und können die angestrebten Grundeinsichten und Kenntnisse über Wechselwirkungen zwischen Mensch und Raum - einem wichtigen Grundinteresse der geographischen Schulausbildung überhaupt - wesentlich verbessert werden.

Das Thema „Klima“ kommt im Rahmen der Lehrplaneinheiten der einzelnen Klassenstufen an Gymnasien in Baden-Württemberg nur zweimal explizit vor: in der siebten Klasse und im Rahmen des Erdkunde-Leistungskurses in der zwölften Klasse. In der siebten Klasse wird das Thema unter dem Titel „*Die Klima- und Vegetationszonen der Erde*“ innerhalb der vierten Lehrplaneinheit besprochen (Lehrplan im Fach Erdkunde für Gymnasien in Baden-Württemberg 1994, S. 179 f.). Es betrifft somit sämtliche Schüler an Gymnasien. Der Schüler soll dabei seine „Kenntnisse über die Zusammenhänge zwischen Klima und Vegetation“ erweitern sowie die „zonale Anordnung der Landschaftsgürtel verstehen und somit den Nutzen systematisierender globaler Ordnungsraster erkennen“ (Lehrplan im Fach Erdkunde für Gymnasien in Baden-Württemberg 1994, S. 180). Der Lehrplan stellt damit zum ersten Mal einen konkreten Bezug zu Klassifikationssystemen her. Bei der Gliederung der Klimate kommen dabei zunächst die einzelnen Temperaturzonen ausdrücklich zur Sprache. Erst im weiteren Verlauf der Lehrplaneinheit gilt das Interesse der Analyse und dem Ausweis verschiedener komplexerer Klimaregionen. Der Lehrplan mißt damit indirekt den Klassifikationsansätzen des Klimas und der Vegetation bereits in der siebten Klasse einen sehr hohen Stellenwert zu. Sie sollen als Bezugssystem für die Bearbeitung unterschiedlicher geographischer Fragestellungen dienen. Damit reicht ihr Einfluß weit über die eigentliche Lehrplaneinheit und das Fachgebiet der Klimatologie bzw. Klimageographie als thematische Geographie hinaus. Es umfaßt sämtliche Bereiche, die in direkter oder indirekter Weise vom herrschenden Klima gesteuert, zumindest aber beeinflusst werden.

Dies bedeutet aber auch, daß sich die Klassifikationsentwürfe dem unterschiedlichen Leistungsniveau zwischen der siebten und der 13. Klasse in angemessener Weise anpassen müssen. Dabei wird die Notwendigkeit eines möglichst flexiblen und ausbaufähigen Ansatzes deutlich. Ausgehend von einfachen Strukturen und Klimaparametern muß der Entwurf den steigenden Ansprüchen höherer Klassenstufen in quantitativer wie qualitativer Hinsicht gerecht werden. Quantitativ in

der Art, daß zur Analyse und Charakterisierung der unterschiedlichen Klimate nach und nach immer mehr Parameter und Indizes heranzuziehen sind, um dem mit der Zeit komplexer werdenden Klimabegriff zu entsprechen. Qualitativ wirkt sich dies auf die Auswahl dieser Kenngrößen selbst aus. Dabei ist zunächst von einfachen, gut nachvollziehbaren Klimaelementen auszugehen. Erst in höheren Klassenstufen können aufwendigere Parameter zur Anwendung kommen.

Das Thema „Klima“ wird im Lehrplan des Faches Erdkunde an Gymnasien in Baden-Württemberg noch ein zweites Mal explizit aufgegriffen. Unter der Überschrift *„Wetter und Klima als Folge atmosphärischer Zirkulation“* stellt es die zweite Lehrplaneinheit im Rahmen des Erdkunde-Leistungskurses der gymnasialen Oberstufe (12/13) dar (Lehrplan im Fach Erdkunde für Gymnasien in Baden-Württemberg 1994, S. 628 ff.). Damit werden durch dieses Thema nur jene Schüler angesprochen, die durch die Wahl des Faches Erdkunde als Leistungskurs (in Baden-Württemberg müssen zwei solcher Leistungskurse belegt werden, wobei ein Hauptfach vertreten sein muß) ein besonderes inhaltliches Interesse an geographischen Fragestellungen dokumentieren (zumindest sollte dies so sein). Dabei lernen die Schüler „Grundlagen von Wetter und Klima kennen und die Klimazonen in ihrer räumlichen Bedingtheit verstehen“ (Lehrplan im Fach Erdkunde für Gymnasien in Baden-Württemberg 1994, S. 628). Durch diese Vorgaben rückt der Lehrplan das Bewußtsein für das Klima als wesentlichen naturräumlichen Faktor noch weit stärker in den Mittelpunkt als in der entsprechenden Einheit der siebten Klasse.

In diesem Zusammenhang kommt Klimaklassifikationen wiederum eine wichtige Rolle zu. Dabei haben diese, über eine zonale Gliederung des Klimas hinaus, regionale Unterschiede der klimatischen Verhältnisse zu berücksichtigen, die durch die Lage im Kontinent, durch das Relief, durch Meeresströmungen und Winde hervorgerufen werden (vgl. Lehrplan im Fach Erdkunde für Gymnasien in Baden-Württemberg 1994, S. 628). Die Ansätze haben somit den in dieser Klassenstufe bereits sehr komplexen Klimabegriff zu berücksichtigen und widerzuspiegeln. Dies schlägt sich in einer größeren Zahl von Klimaparametern nieder, die zur Klassifizierung und Charakterisierung der einzelnen Klimate herangezogen werden. Darüber hinaus erreicht auch der Komplexitätsgrad dieser Kenngrößen ein weitaus höheres Niveau als in niedrigeren Klassenstufen. So können kombinierte Parameter, wie etwa verschiedene Humiditäts- und Ariditätskennzahlen zur Anwendung kommen, die sich aus mehreren Klimaelementen zusammensetzen.

Bisher standen klimatische Fragestellungen vor allem unter dem Aspekt der Auswirkungen des Klimas auf den Natur- und Kulturraum. Klassifikationsansätze hatten sich demnach dem Lehrplan zufolge eher an effektiven Gliederungskriterien zu orientieren. Im Lehrplan der Klasse 12 kommen nun hingegen auch ursachenorientierte und damit genetische Gesichtspunkte zum Tragen. So werden in diesem Zusammenhang der Strahlungshaushalt der Erde und die planetarische Zirkulation ausdrücklich als wesentliche Inhalte der Lehrplaneinheit genannt (vgl. Lehrplan im Fach Erdkunde für Gymnasien in Baden-Württemberg 1994, S. 628). Dennoch stehen im Rahmen der Klimazonenlehre und der daran abknüpfenden allgemeinen Geozonenlehre weiterhin wirkungsorientierte, effektive Klassifikationsansätze im Vordergrund des Interesses. Genetische Ansätze können dabei allenfalls zum Verständnis der Ursachen für die Ausbildung der verschiedenen Klimazonen und -typen beitragen.

## **6. Das neue Klassifikationskonzept**

Vor dem Hintergrund der gewonnenen Erkenntnisse über die fachdidaktische Kritik an bestehenden Klassifikationsansätzen einerseits und den sich aus dem Lehrplanauftrag des Faches Geographie ergebenden Anforderungen andererseits wurde das Konzept einer neuen Klimaklassifikation entwickelt. Diese versucht, sowohl fachlich-wissenschaftlichen Belangen, insbesondere aber den spezifischen schulisch-didaktischen Anforderungen bereits von vornherein Rechnung zu tragen.

### 6.1 Das neue „Baukastensystem“

Während bisherige Klassifikationsansätze sämtliche Gliederungsebenen starr und ohne Vorstufen in einer Klimakarte darstellen, beruht das neue Konzept auf einer Art „*Baukastensystem*“. Dadurch läßt sich die Klassifikation, basierend auf einer relativ einfach strukturierten Einteilung des Weltklimas in vier, in einer etwas erweiterten Form in fünf Klimazonen, nach und nach ausbauen. Dabei ist die Zahl der Untergliederungsstufen variabel. Auf diese Weise lassen sich der Aufbau und der Komplexitätsgrad der Klimaeinteilung an die jeweiligen Bedürfnisse des Anwenders anpassen.

Ausgangspunkt für sämtliche Klassifikationskriterien stellen die drei Klimaelemente *Temperatur*, *Niederschlag* und *potentielle Landschaftsverdunstung* dar, deren Monats- und Jahresdurchschnittswerte weltweit von einer großen Zahl von Stationen zur Verfügung stehen. Durch den konsequenten Bezug auf diese Kli-

maelemente läßt sich jeder Ort zweifelsfrei einer bestimmten Klimazone und einem spezifischen Klimatyp zuordnen. Zu Überschneidungen kommt es bei der Definition der verschiedenen Klimate dabei nicht. Dadurch steigen wesentlich die Nachvollziehbarkeit und die Transparenz des Ansatzes. Darüber hinaus ist auf diese Weise eine computergestützte Analyse von Klimadaten gewährleistet, die gerade im schulischen Bereich immer mehr Einzug hält.

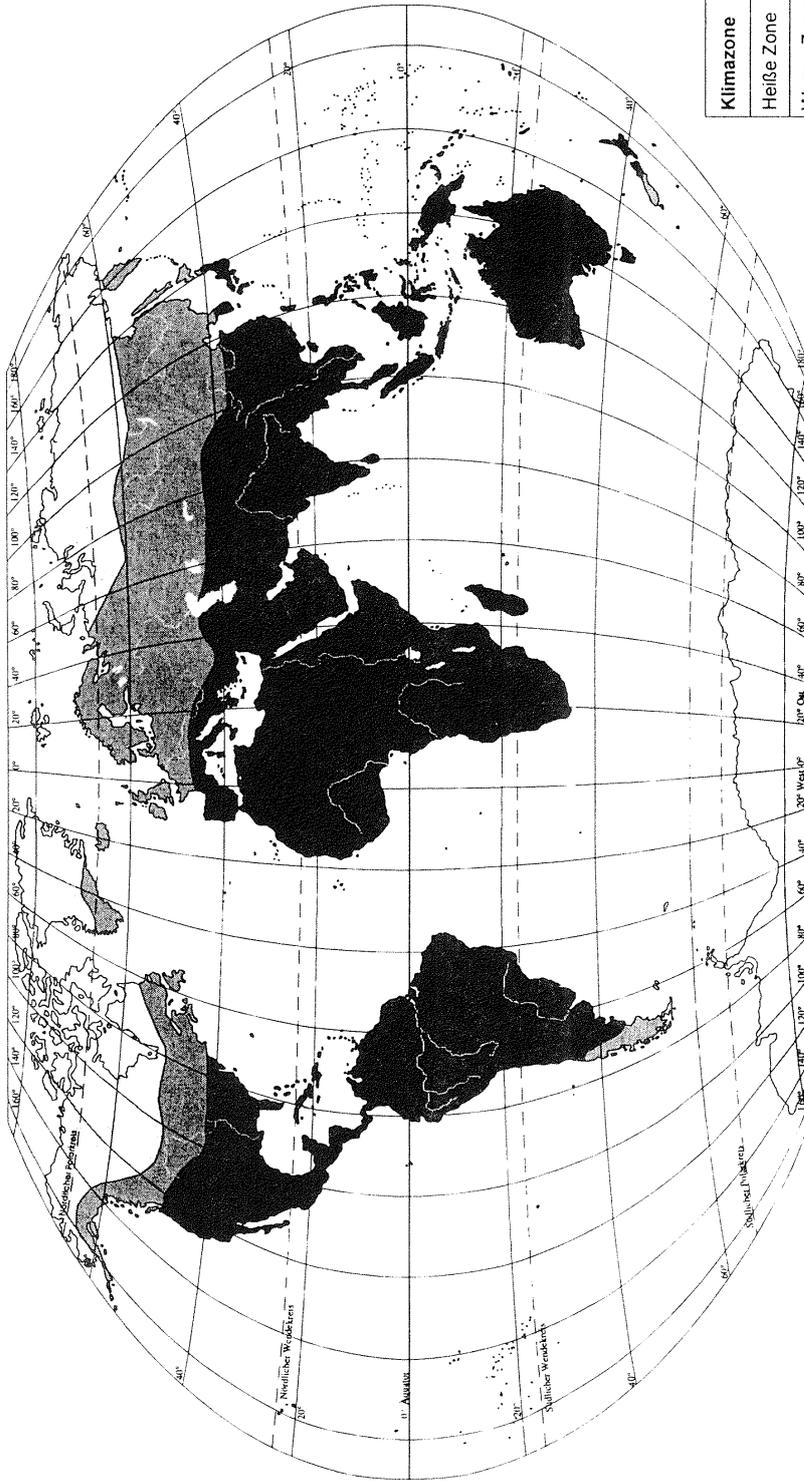
## 6.2 Die Klimazonen

Wärme- und Wasserhaushalt stellen die wesentlichen Steuerungsgrößen der natur- und kulturräumlichen Gegebenheiten einer Region dar. Sie stehen deshalb im Mittelpunkt des Klassifikationsansatzes. So bildet zunächst die Einteilung des irdischen Klimas *in vier thermisch definierte Klimazonen* die Basis der Klimagliederung. Als einfaches und dennoch aussagekräftiges Einteilungskriterium dient dabei die *Jahresdurchschnittstemperatur* ( $T_D$ ) einer Station. Mit ihrer Hilfe lassen sich folgende Zonen voneinander abgrenzen:

<i>Tropen (Heiße Zone) (A):</i>		$T_D > 20 \text{ }^\circ\text{C}$
<i>Subtropen (Warme Zone) (C):</i>	$12 \text{ }^\circ\text{C} <$	$T_D \leq 20 \text{ }^\circ\text{C}$
<i>Mittelbreiten (Kühle Zone) (D):</i>	$0 \text{ }^\circ\text{C} <$	$T_D \leq 12 \text{ }^\circ\text{C}$
<i>Polare/Subpolare Zone (Kalte Zone) (E):</i>		$T_D \leq 0 \text{ }^\circ\text{C}$

Obwohl die Definition bestimmter Grenzwerte immer ein hohes Maß an Subjektivität beinhaltet, sind die zur Abgrenzung der einzelnen Zonen gewählten Schwellenwerte nicht willkürlich gewählt. So lehnt sich die Abgrenzung der Tropen an die vielfach verwendete Tropengrenze von WISSMANN (1948) an. Er legte diese bei einer Jahresdurchschnittstemperatur von  $18,3 \text{ }^\circ\text{C}$  fest, die der Grenze des lohnenden Kaffeeanbaus entspricht (auch hierin wird die Subjektivität solcher Abgrenzungen deutlich). Ähnliches gilt auch für die anderen Klimazonen. Aus didaktischen Gründen fanden bei der Abgrenzung der Klimazonen soweit wie möglich „glatte“ Werte Verwendung. Die Abbildung 2 gibt die auf dieser Grundlage generierte Klimakarte wieder (Aus drucktechnischen Gründen kann die Karte, die im Original farbig ist, nur als schwarz-weiß Entwurf dargestellt werden).

Ein besonderes Problem stellt die Zuordnung der *Höhenklimate* dar. KÖPPEN/GEIGER (1928) ordnen diese auf der Basis bestimmter Schwellen- und Grenzwerte der Temperatur entsprechenden Tieflandklimaten höherer Breiten zu.



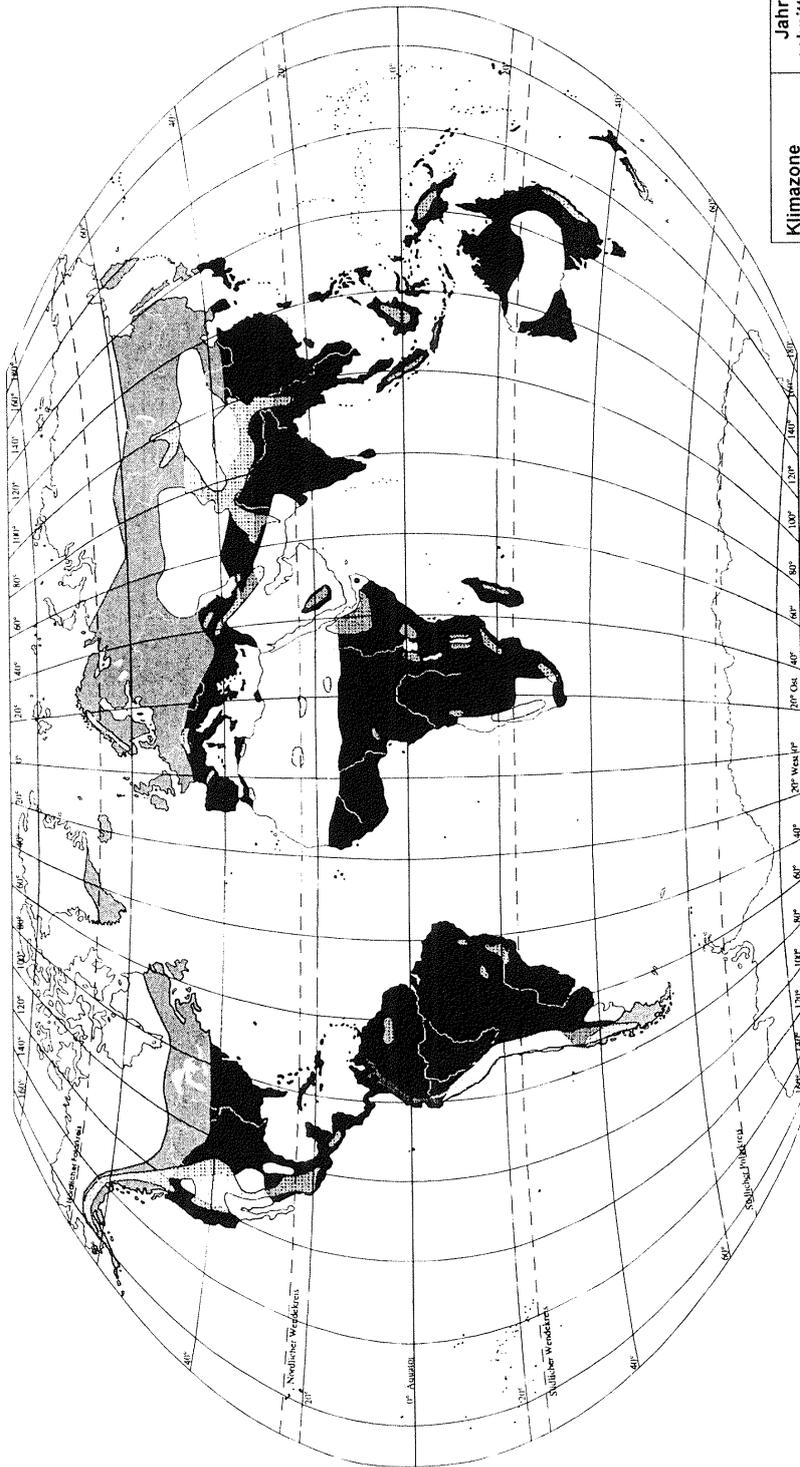
Klimazone	Jahresdurchschnittstemp. $[T_0]$	Color
Heiße Zone	$T_0 > 20^\circ \text{ C}$	Black
Warme Zone	$12^\circ \text{ C} < T_0 \leq 20^\circ \text{ C}$	Dark Gray
Kühle Zone	$0^\circ \text{ C} < T_0 \leq 12^\circ \text{ C}$	Light Gray
Kalte Zone	$T_0 \leq 0^\circ \text{ C}$	White

Abb. 2: Die Einteilung der irdischen Klimate in vier thermische Klimazonen auf der Basis der Jahresdurchschnittstemperatur dient als Grundlage der neuen Klimaklassifikation.

TROLL/PAFFEN (1963) umgehen das Problem, indem sie diese Bereiche in ihrer Karte einfach schwärzen. Anders bei LAUER/FRANKENBERG (1988): Dort werden die Höhenklimate innerhalb der tropischen Zone als gesonderter Klimatyp der entsprechenden Tieflandklimate ausgewiesen. Der neue Klassifikationsansatz dehnt diese aus fachlicher und didaktischer Sicht sinnvolle Vorgehensweise auf alle Klimazonen aus. Dabei entsteht jedoch das Problem, wie die Höhenklimate auch quantitativ den entsprechenden Tieflandklimaten zugewiesen werden können, wären sie doch allein auf der Grundlage der tatsächlich gemessenen Jahresdurchschnittstemperatur einer kälter temperierten Klimazone zuzuordnen - eine wichtige Voraussetzung für die Nachvollziehbarkeit des Ansatzes und den Einsatz von Computern zur Klassifikation verschiedener Klimate. Aus diesem Grund findet die Höhenlage einer Station Berücksichtigung. Hierbei wird vereinfachend von einem einheitlichen vertikalen Temperaturgradienten von  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C pro }100\text{ m}$  ausgegangen. Damit läßt sich die Jahresdurchschnittstemperatur mit Hilfe der Angaben zur Höhe einer Klimastation auf Meeresniveau reduzieren. Dieser höhere Wert liegt für gewöhnlich im Definitionsbereich der entsprechenden Tieflandklimate. In der Karte werden die Bereiche des Höhenklimas ab der zweiten Ausbaustufe grafisch hervorgehoben (vgl. Abb. 3).

Bereits bei der Definition der Klimazonen kommt neben einem thermischen auch ein *hygrisches Kriterium* zur Anwendung. Dabei wird, analog zur Jahresdurchschnittstemperatur, auf die *Jahressumme des Niederschlags* zurückgegriffen. Mit ihrer Hilfe lassen sich grob jene Regionen der Erde abgrenzen, in denen der permanente oder periodische Wassermangel den eigentlichen raumprägenden Klimafaktor darstellt. Der Klassifikationsentwurf zieht dadurch in Anlehnung an das LIEBIGsche Prinzip des Minimums immer konsequent das Klimatelement zur Gliederung heran, das in der jeweiligen Region die entscheidenden naturräumlichen Grenzen setzt. So fungiert in den Trockengebieten der Erde der Wasserhaushalt als bestimmende restriktive Größe und nicht der Wärmehaushalt.

Die *Trockenklimate* werden durch die 300 mm-Isohyete der jährlichen Niederschlagsmenge von den übrigen Klimaten abgegrenzt. Dies gilt jedoch nur für die Tropen, Subtropen und die Mittelbreiten, um polare und subpolare Kältewüsten auszuschließen, bei denen trotz der geringen Niederschläge vor allem die Temperatur die entscheidenden naturräumlichen Grenzen setzt. Wie ein Vergleich mit der Zahl humider Monate zeigt, umfassen die Trockenklimate in etwa jene Regionen, die maximal zwei bis drei humide Monate und demnach vollaride bzw. semiaride hygrische Bedingungen aufweisen (vgl. Abb. 3 und Abb. 4).



Klimazone	Jahresdurchschnittstemp. [T <sub>D</sub> ]	Jahresniederschlag [N]
A Tropen	T <sub>D</sub> > 20 °C	N ≥ 300 mm
B Trockenklimate		N < 300 mm
C Subtropen	12 °C < T <sub>D</sub> ≤ 20 °C	N ≥ 300 mm
D Mittelbreiten	0 °C < T <sub>D</sub> ≤ 12 °C	
E subpolare/polare Zone	T <sub>D</sub> ≤ 0 °C	

Höhenklimate

Abb. 3: Den thermischen Klimazonen werden die Trockenklimate überlagert, die durch eine jährliche Niederschlagsmenge von weniger als 300 mm definiert sind. Darüber hinaus werden zusätzlich die Höhenklimate ausgewiesen.

### 6.3 Hygrische Klimatypen

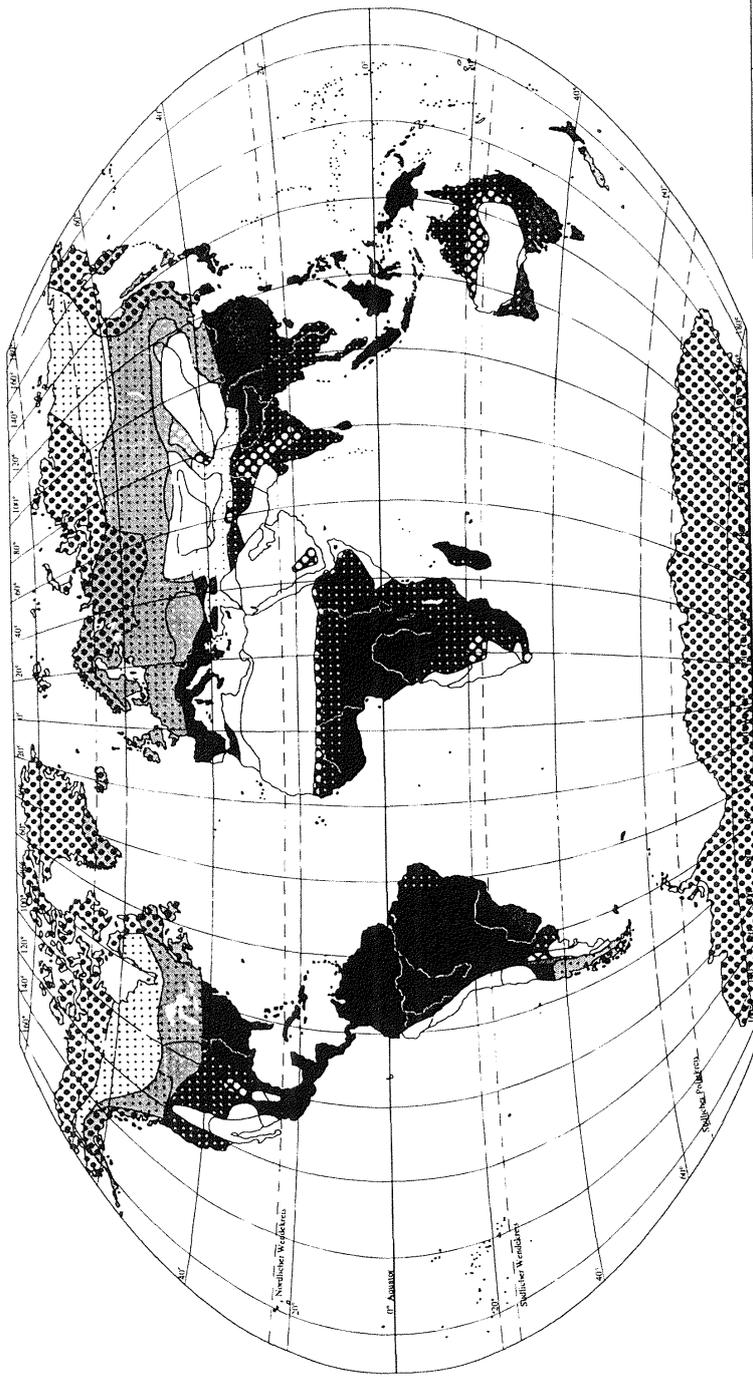
Zur weiteren Untergliederung der Klimate finden zunächst hygrische Kriterien Anwendung. Mit Hilfe der *Anzahl humider Monate* lassen sich *verschiedene Humiditäts- bzw. Ariditätsgrade* unterscheiden. Dabei wird auf die immer noch weit verbreitete Definition humider und arider Zeiträume durch die Gegenüberstellung von Temperatur- und Niederschlagswerten auf der Basis von WALTHER/LIETH-Diagrammen ( $n = 2t$ ) (vgl. WALTHER/LIETH 1960) zugunsten des wissenschaftlich fundierten Humiditätsbegriffs nach LAUER/FRANKENBERG (vgl. u. a. LAUER/FRANKENBERG 1981 a, 1981 b und LAUER/FRANKENBERG 1988) verzichtet. Letztere setzen den monatlichen Niederschlägen (N) die entsprechende Summe der potentiellen Landschaftsverdunstung (pLV) als der eigentlichen physikalischen Gegengröße der Niederschläge gegenüber. Auf diese Weise kann die klimatische (aerische) Wasserbilanz eines Raumes genau quantifiziert werden. Die pLV läßt sich hierbei auf der Basis der potentiellen Verdunstung freier Wasserflächen (pV) und einem vom Vegetations- und Landnutzungstyp abhängigen Umrechnungsfaktor (Uf) berechnen (vgl. Kap. 3.3.). Erreicht oder übersteigt die Niederschlagsmenge eines Monats den entsprechenden Wert der potentiellen Landschaftsverdunstung ( $N \geq pLV$ ), so wird dieser als humid definiert, im umgekehrten Fall ( $N < pLV$ ) als arid. Durch die Anzahl humider Monate lassen sich im Rahmen des Klassifikationsentwurfes folgende vier hygrische Klimatypen unterscheiden:

<i>arid</i> (a):	0	-	2	humide Monate
<i>semiarid</i> (sa):	3	-	5	humide Monate
<i>semihumid</i> (sh):	6	-	9	humide Monate
<i>humid</i> (h):	10	-	12	humide Monate

Die einzelnen Humiditäts- bzw. Ariditätsklassen werden durch die Kleinbuchstaben a (arid), sa (semiarid), sh (semihumid) und h (humid) abgekürzt. Die Abbildung 4 zeigt die entsprechende Klimakarte.

### 6.4 Thermische Klimatypen

Die zur Einteilung der Klimazonen verwendeten Jahresdurchschnittstemperaturen kaschieren die charakteristischen jahreszeitlichen Schwankungen der Temperatur. Sie reichen daher allein nicht aus, um den Wärmehaushalt der verschiedenen Klimate zu kennzeichnen und zu typisieren. Aus diesem Grund kommt im Rahmen des Klassifikationsentwurfes auf der dritten Klassifikationsebene der *thermi-*



Klimazone	Wasserhaushalt (Zahl der humiden Monate)			
	a (arid) 0-2	sa (semi-arid) 3-5	sh (semi-humid) 6-9	h (humid) 10-12
A Tropen				
B Trockenklimate				
C Subtropen				
D Mittelbreiten				
E subpolare/polare Zone				

Abb. 4: Die fünf Klimazonen lassen sich auf der Grundlage der Zahl humider Monate in hygrische Klimatypen differenzieren.

*sche Kontinentalitätsgrad* zur Anwendung. Dieser basiert jedoch nicht auf komplizierten Berechnungen, wie etwa des Kontinentalitätsgrades nach IVANOV (1959) bei der Klassifikation von LAUER/FRANKENBERG (1988), sondern auf der weitaus einfacher nachzuvollziehenden *Jahresamplitude der monatlichen Durchschnittstemperaturen* ( $T_A$ ). Wie Untersuchungen gezeigt haben, spiegelt sie die thermische Kontinentalität eines Klimas sehr gut wider (vgl. BLÜTHGEN/WEISCHET 1980, S. 583). Aus diesem Grund fand dieser Klimaparameter bereits in einer Reihe früherer Klassifikationsansätze Verwendung (vgl. u. a. MAULL 1936 und LINTON 1973) - ein weiteres Indiz für seine Eignung als Maß für den Kontinentalitätsgrad. Mit Hilfe der Jahresamplitude der monatlichen Durchschnittstemperaturen lassen sich im Rahmen der Klimaklassifikation folgende vier Kontinentalitäts- bzw. Maritimitätsgrade unterscheiden:

<i>hochmaritim</i> (1):	$T_A \leq 10 \text{ }^\circ\text{C}$
<i>maritim</i> (2):	$10 \text{ }^\circ\text{C} < T_A \leq 20 \text{ }^\circ\text{C}$
<i>kontinental</i> (3):	$20 \text{ }^\circ\text{C} < T_A \leq 40 \text{ }^\circ\text{C}$
<i>hochkontinental</i> (4):	$T_A > 40 \text{ }^\circ\text{C}$

Dieses Unterscheidungskriterium wird jedoch nur im Bereich der außertropischen Klimazonen angewandt. Innerhalb der Tropen sind die jährlichen Temperaturschwankungen zu gering, als daß sich mit Hilfe der Jahresamplitude der Temperatur eine sinnvolle Untergliederung erreichen ließe. Hier werden vielmehr durch die 20 °C-Isotherme der Jahresdurchschnittstemperatur, die bereits bei der zonalen Abgrenzung der Tropen Verwendung gefunden hat, *Warm-* und *Kalttropen* voneinander unterschieden. Dieser Wert entspricht in etwa der 18 °C-Isotherme des kältesten Monats, die oft als Abgrenzungskriterium der Kalt- von den frostfreien Warmtropen Verwendung findet (vgl. u. a. LAUER/FRANKENBERG 1988) - unterhalb dieser Schwelle treten auch in den Tropen Fröste auf. In der Klimakarte entspricht die Verbreitung der Kalttropen in etwa jener der grafisch hervorgehobenen Höhenklimate innerhalb der tropischen Zone (vgl. Abb. 3). Den Warmtropen wird in der Klimaformel die Schlüsselziffer 1 zugeordnet, den Kalttropen die 2. In den Außertropen erfolgt die Kennzeichnung der thermischen Kontinentalitätsgrade mit den Zahlen 1 (hochmaritim) bis 4 (hochkontinental) (Aus Gründen des Schwarz-Weiß-Drucks kann der Klassifikationsentwurf in dieser Untergliederungstiefe leider nicht dargestellt werden).

Mit den bisherigen Klassifikationsebenen hat der Entwurf eine Gliederungstiefe erreicht, die mit den Klassifikationen von KÖPPEN/GEIGER (1928) und LAUER/FRANKENBERG (1988) vergleichbar ist. Durch die Zusammensetzung

der damit verbundenen Kennbuchstaben und -ziffern für die Klimazonen und die Klimatypen ergibt sich damit eine dreigliedrige Klimaformel. Weite Teile Mitteleuropas liegen hierbei beispielsweise in einem semihumiden, maritimen Klima der Mittelbreiten, das mit Hilfe der Klimaformel als Dsh2-Klimate abgekürzt werden kann.

### 6.5 Sonstige Klassifikationskriterien

Die bisherigen Gliederungsebenen stellen das wesentliche Fundament des Klassifikationsansatzes dar. Mit ihrer Hilfe lassen sich die wichtigsten klimatischen und ökologischen Aspekte des irdischen Klimas quantitativ erfassen und klassifizieren. Diese Grundeinteilung läßt sich jedoch durch weitere Klassifikationskriterien ergänzen oder ersetzen. So kann beispielsweise der *Jahresgang des Niederschlages* mit Hilfe des *Verhältnisses von Sommer- zu Winterniederschlägen* charakterisiert werden. Die Formel lautet:

$$i = \frac{\text{Summe der Sommerniederschläge}}{\text{Summe der Winterniederschläge}} \times 100$$

Auf der Nordhalbkugel werden als Sommer die Monate Mai bis Oktober, als Winter die Monate November bis April definiert (auf der Südhalbkugel entsprechend umgekehrt). Ergibt sich für den in Prozent angegebenen Index *i* ein Wert zwischen 90 % und 120 %, so stellt sich die jährliche Niederschlagsverteilung als ausgeglichen dar, gekennzeichnet durch den Buchstaben *f* für *ganzjährig feucht*. Bei Werten über 120 % liegt die entsprechende Station im Bereich der *Sommerregenklimate* (*s*), bei Werten unter 90 % in einem *Winterregengebiet* (*w*). In der Karte kann die Verbreitung der Winterregenklimate grafisch beispielsweise durch eine Schraffur hervorgehoben werden.

Auch die *Ein- bzw. Mehrgipfligkeit des jährlichen Niederschlagsganges* läßt sich im Rahmen der Klassifikation berücksichtigen. Die Basis hierfür bildet bei einer mathematisch exakten Vorgehensweise die *Zahl der Vorzeichenwechsel* bei einem sukzessiven Vergleich der monatlichen Niederschlagsmengen im Jahresverlauf: Nehmen die Niederschläge von einem Monat zum nächsten zu und dann nach Erreichen des Maximums wieder ab, so verändert sich das Vorzeichen von Plus zu Minus. Ein eingipfliger Niederschlagsgang ist demnach durch zwei Vorzeichenwechsel gekennzeichnet (einer beim Erreichen des jährlichen Minimums,

ein zweiter nach dem Überschreiten des Jahresmaximums), zwei Niederschlagsmaxima im Jahresgang durch vier Vorzeichenwechsel. In dem vorgestellten Kartenentwurf findet dieses Klassifikationskriterium jedoch keine Anwendung.

## 6.6 Aufbau der Klimakarten

Die Abbildungen 2 bis 4 zeigen den stufenweisen Aufbau der Klimakarten, die im Original farbig dargestellt sind. Abbildung 2 stellt auf einer ersten Klassifikationsebene die Verbreitung der vier *thermischen Klimazonen* auf der Basis der Jahresdurchschnittstemperaturen dar. Die einzelnen Zonen sind im Originalentwurf in verschiedenen Rot-/Orange- bzw. Blau-/Violett-Tönen dargestellt. Die Farben vermitteln dadurch einen direkten Eindruck von den Temperaturverhältnissen in den jeweiligen Zonen, wie er sich aus dem alltäglichen Erfahrungsbereich ableiten läßt (Rot = warm, Blau = kalt). Auf dieser einfachen Ebene eignet sich der Klassifikationsentwurf daher als Einstieg für klimageographische Themen in den unteren Klassenstufen der Sekundarstufe I, wie sie in ähnlicher Weise bereits in einigen Unterrichtswerken zu finden sind (vgl. u. a. SCHULTZE 1991, S. 87). Dabei werden für die verschiedenen Temperaturzonen in dieser ersten Karte aus fachlichen und didaktischen Gründen die Begriffe *Heiße, Warme, Kühle* und *Kalte Zone* benutzt. Zum besseren Verständnis können in der ersten Einführungsphase auch die Bezeichnungen „Bananenklima“, „Apfelsinenklima“, „Kartoffelklima“ und „Rentierklima“ (vgl. SCHULTZE 1991, S. 86) Verwendung finden.

In einem zweiten Schritt finden die *Trockenklimate* Berücksichtigung, die durch die Jahressumme der Niederschläge definiert sind. Sie werden den thermischen Klimazonen überlagert. Die Abbildung 3 zeigt den entsprechenden Kartenentwurf. Die Trockenklimate sind dabei in Anlehnung an die allgemeinen Vorstellungen von diesen Räumen (Halbwüste/Wüste) im Original gelb dargestellt. Für die übrigen Zonen werden die Begriffe *Tropen, Subtropen, Mittelbreiten* und *Subpolare/Polare Zone* eingeführt. In der Klimakarte werden darüber hinaus die Bereiche der *Höhenklimate*, die aufgrund der tatsächlichen Jahresdurchschnittstemperaturen eigentlich einer kälteren thermischen Klimazone zugeordnet werden müßten, grafisch durch ein feines dunkles Raster gekennzeichnet. Auf diese Weise heben sich vor allem die Höhenzüge der Rocky Mountains, der Anden, des Himalayas und der Hochländer Afrikas deutlich hervor.

Eine weitere Klassifikationsstufe zieht den Wasserhaushalt als Gliederungskriterium heran. Durch die damit verbundene Einteilung in *aride, semiaride, semihu-*

*mide* und *humide* Klimatypen lassen sich die bisherigen Klimazonen in verschiedene Klimatypen untergliedern. Zur kartografischen Darstellung wird dabei im Originalentwurf der Karte der Grundfarbton der Klimazone variiert. In Anlehnung an das mit dem Humiditätsgrad verbundene Erscheinungsbild der Landschaft werden aride Räume in helleren Tönen gekennzeichnet, *humide* in kräftigeren, dunkleren. Auf diese Weise ergeben sich für jede Klimazone (theoretisch) vier Farbabstufungen innerhalb des jeweiligen Grundtons. Die Originalkarte enthält jedoch tatsächlich nur 16 der möglichen 20 Farbtöne, da innerhalb der Trockenklimate nur aride und semiaride Klimatypen vorkommen, in der Subpolaren/Polaren Zone nur semihumide und *humide*. Die Abbildung 4 stellt die entsprechende Klimakarte dar, die aufgrund ihres höheren Komplexitätsgrades bevorzugt in der Sekundarstufe II eingesetzt werden kann.

In einer letzten Gliederungsstufe findet in den außertropischen Klimaten der thermische Kontinentalitätsgrad Berücksichtigung. Die verschiedenen Kontinentalitätsgrade werden im farbigen Original der Karte mit unterschiedlichen Punkterastern voneinander unterschieden. *Hochmaritime* und *maritime Klimate* sind durch offene Punkte verschiedener Größe gekennzeichnet, *hochkontinentale* durch geschlossene Punkte. Bei den weit verbreiteten *kontinentalen Klimaten* entfällt ein entsprechendes Raster. Innerhalb der Tropen werden *Warm-* und *Kalttropen* voneinander unterschieden. Letztere entsprechen in etwa den tropischen Höhenklimate. Weiterhin ist das Verbreitungsgebiet der Winterregentklimate durch eine Schraffur hervorgehoben (Aus drucktechnischen Gründen kann diese höchste Ausbaustufe des Klassifikationsansatzes an dieser Stelle nicht wiedergegeben werden). Das Einsatzspektrum der Klimaklassifikation reicht in dieser Gliederungstiefe über die Sekundarstufe II hinaus. Sie kann damit als Grundlage vielfältiger klimageographischer und landschaftsökologischer Fragestellungen dienen.

## **7. Kritische Diskussion des neuen Klassifikationskonzeptes aus didaktischer Sicht**

Neben fachlichen-inhaltlichen Gesichtspunkten kommt der Eignung des neuen Klassifikationsentwurfes für schulische Zwecke eine besondere Bedeutung zu. Aus diesem Grund wurde bereits im Vorfeld des jetzigen Klassifikationsansatzes ein Konzeptionspapier entwickelt, in dem die wesentlichen inhaltlichen und didaktischen Aspekte des neuen Entwurfes zusammengefaßt wurden. Das Skript wurde mit der Bitte um eine kritische Stellungnahme zu dem Ansatz an mehrere Schulpraktiker und Fachdidaktiker verschickt. Dabei handelt es sich u.a. um

Herrn Prof. Dr. SCHULTZE, Herrn StD RAUSCH, Fachleiter Geographie am Staatlichen Seminar für Schulpädagogik in Karlsruhe, Herrn StD Dr. BÜHN, Fachberater des Oberschulamts Stuttgart im Fach Erdkunde, und Herrn StD WISHEIT, Fachberater des Oberschulamts Freiburg im Fach Erdkunde. Ihnen gilt an dieser Stelle der Dank des Autors für die anregende Diskussion und die vorgebrachten Verbesserungsvorschläge.

Einer der am ursprünglichen Konzept des neuen Klassifikationsansatzes geäußerten Kritikpunkte bezieht sich auf die hygrische Komponente zur Abgrenzung der Hauptklimazonen. SCHULTZE bezeichnet diese zusätzliche hygrische Klimadifferenzierung innerhalb der Klimazoneneinteilung in der im Konzeptionspapier dargestellten Form als „störend“. Ähnliche Bedenken äußert auch BÜHN. Dies führte zu einigen Modifikationen und Verbesserungsmaßnahmen an dem ursprünglichen Klassifikationsentwurf. So beschränkt sich die hygrische Klimadifferenzierung der Hauptklimazonen nun nicht mehr allein auf die Heiße Zone, sondern schließt nun auch Trockengebiete innerhalb der Warmen und Kühlen Klimazone mit ein. Dadurch werden neben den Wüstengebieten der tropischen und subtropischen Zone auch jene der Mittelbreiten erfaßt.

Das in einem zweiten Gliederungsschritt in höheren Klassenstufen angewandte Verfahren zum Ausweis der irdischen Trockenklimate innerhalb der thermisch definierten Hauptklimazonen basiert auf einem ähnlichen Prinzip wie der Klassifikationsansatz von KÖPPEN/GEIGER (1928), der eine allgemein hohe Akzeptanz im Bereich der schulischen Geographieausbildung erfährt. Allerdings ist das neue hygrische Klassifikationsverfahren weitaus einfacher und damit für die Schüler besser nachvollziehbar, als das bei einer genauen Analyse im einzelnen relativ komplizierte Formelsystem von KÖPPEN/GEIGER. Empirische Untersuchungen ergaben darüber hinaus in den betroffenen thermischen Klimazonen eine hohe positive Korrelation zwischen den jährlichen Niederschlagsmengen und der Zahl humider bzw. arider Monate, die eine aus wissenschaftlicher Sicht exaktere Kennzeichnung hygrischer Klimaverhältnisse ermöglicht. Wird zusätzlich der allgemeine und klassenstufenspezifische Lehrplanauftrag als Beurteilungsmaßstab herangezogen, so zeigt sich diese hygrische Klimaeinteilung neben der thermischen nicht nur als mögliche Alternative, sondern vielmehr als Notwendigkeit zur geforderten Beurteilung der jeweiligen Natur- und Kulturräume.

Die Kritik von SCHULTZE richtet sich mehrfach auf die mit den einzelnen Klimazonen und -typen verbundenen Begriffe wie etwa „Tropen“ und „Subtropen“ oder „arid“ und „humid“. Vor dem Hintergrund dieser Anmerkungen ergaben

sich umfangreiche Änderungen in der Bezeichnung der ausgewiesenen Klimazonen und -typen, die den Erfordernissen der schulisch-didaktischen Praxis sowohl aus inhaltlicher Sicht als auch aus Gründen der Anschaulichkeit weitaus besser gerecht werden als in dem ersten Entwurf. Dabei wurde versucht, den mit den verschiedenen Bezeichnungen verbundenen traditionellen Inhalten so gut wie möglich zu entsprechen. Darüber hinaus sollte die Nomenklatur die hinter den einzelnen Begriffen stehenden Charakteristika der jeweiligen Klimatypen anschaulich und einprägsam widerspiegeln.

Obwohl SCHULTZE den Ansatz der potentiellen Landschaftsverdunstung als „fachwissenschaftlich sympathisch“ bezeichnet, hebt er doch die mit dieser Vorgehensweise verbundenen didaktischen Probleme hervor. BÜHN schließt sich dieser Kritik in seinem Schreiben an, das sich allerdings vor dem Hintergrund einer Lehrerfortbildungstagung in Villingen vom 5. Mai 1993 insgesamt mehr mit dem Klassifikationsentwurf von LAUER/FRANKENBERG als mit der neuen Klimaklassifikation beschäftigt. Während SCHULTZE die Vorgehensweise zur hygrischen Klimagliederung nach dem Konzept von LAUER/FRANKENBERG (vgl. u. a. LAUER/FRANKENBERG 1981 a, 1981 b) als „zu fein differenziert“ bezeichnet und für eine Klimaweltkarte „gröbere Parameter“ auf der Basis „relativ einfacher Kriterien“ fordert, vertritt BÜHN in seinem Schreiben an den Autor eine völlig konträre Meinung. Ihm sind die Uf- bzw. pLV-Werte „saisonal viel zu grob abgegrenzt“. Aus diesem Grund wurde das Konzept der potentiellen Landschaftsverdunstung im Rahmen der Erläuterungen zu der Klimaklassifikation von LAUER/FRANKENBERG (1988) noch einmal ausführlich dargelegt (vgl. Kap. 3.3. und SIEGMUND 1995, S. 120 ff.). Dennoch bleiben auch aus der Sicht des Autors gewisse didaktische Nachteile des Systems in bezug auf die Nachvollziehbarkeit der einzelnen Berechnungsverfahren bestehen.

Darüber hinaus kritisierte SCHULTZE an dem ursprünglichen Konzeptionsansatz die formelmäßige Gleichsetzung von Höhenklimaten mit entsprechenden Tieflandklimaten höherer Breiten, wie dies KÖPPEN/GEIGER (1928) in ihrem Klassifikationsansatz praktiziert haben. Nicht zuletzt vor dem Hintergrund ähnlich kritischer Äußerungen von einer Reihe weiterer fachgeographischer wie auch fachdidaktischer Autoren wurde diese Vorgehensweise in dem jetzigen Klassifikationsentwurf wieder aufgegeben. Vielmehr konnte sogar die von LAUER/FRANKENBERG bei ihrem Klassifikationsansatz nur in den Tropen durchgeführte Unterscheidung von Hoch- und Tieflandklimaten auf alle Klimazonen übertragen werden. Dies führt zu einer wesentlichen Bereicherung der neuen

Klassifikation der Klimate, die sie gegenüber allen bisherigen Klassifikationsversuchen abhebt.

Insgesamt kommt SCHULTZE zu einer positiven Gesamtbilanz. Nach seiner Ansicht stellt sich der vorgelegte Entwurf einer neuen Klassifikation der Klimate als „außerordentlich wertvoll“ dar. Dabei beeindruckt ihn aus didaktischer Sicht das „völlig neue Baukastensystem, bei dem der frühe Einsatz einer noch relativ groben Klimagliederung in unteren Klassenstufen in höheren Stufen quantitativ und qualitativ erweitert wird. Auf diese Weise wachsen die Anforderungen an das Klassifikationssystem mit den Fähigkeiten der Schüler und den Lerninhalten mit.

SCHULTZE hebt das Konzept zur thermischen Einteilung der Hauptklimazonen mit Hilfe der Jahresdurchschnittstemperatur besonders hervor. Darüber hinaus bezeichnet er den Einsatz der Jahresamplitude der Temperatur zur Quantifizierung des Kontinentalitätsgrades aus didaktischer Sicht als eine „gute Entscheidung“. Dies bestätigt in ähnlicher Form auch BÜHN.

Alles in allem wurde versucht, eine neue Klassifikation der Klimate vor dem Hintergrund des Spannungsfeldes zwischen dem aktuellen fachwissenschaftlichen Erkenntnisstand, den schulischen Anforderungen, dem allgemeinen und speziellen Lehrplanauftrag und nicht zuletzt der fachgeographischen und fachdidaktischen Kritik an bisherigen Klassifikationssystemen zu entwickeln. Dabei konnten angesichts der Vielzahl der unterschiedlichen Sichtweisen, Meinungen und Alternativen - wie bei allen Klimaklassifikationen - immer nur bestimmte Teilaspekte des Gesamtproblems „Klima“ Berücksichtigung finden. Der Autor war dabei ständig bestrebt, eine aus seiner durchaus subjektiven Sicht der Dinge optimale Kombination der verschiedenen Einflußfaktoren auf das Klima in einen in sich schlüssigen Klassifikationsansatz einmünden zu lassen. Aus diesem Grund konnten nicht alle der insbesondere auf der Basis des Vorabentwurfes geübten Kritikpunkte an dem neuen Klassifikationsansatz Eingang in den endgültigen Entwurf finden.

Trotz der allgemein positiven Kritik an dem neuen Klassifikationsentwurf und den zahlreichen Verbesserungen, die auf der Grundlage einiger kritischer Äußerungen an dem ersten Konzeptionsversuch vorgenommen wurden, gilt es die Meinung der Fachdidaktiker und Schulpraktiker an dem aktuellen Klassifikationskonzept abzuwarten. Darüber hinaus muß aber insbesondere der praktische Einsatz des Klassifikationsentwurfes in den verschiedenen Klassenstufen und Schularten zeigen, inwieweit dieser nicht nur den (theoretischen) Forderungen

der fachdidaktischen Kritik, sondern vor allem den realen Belangen der schuldidaktischen Praxis entspricht. Sicherlich bedarf es auch in der Zukunft noch einer intensiven Auseinandersetzung und Diskussion um den vorgestellten Entwurf, um diesen im Laufe der Zeit so zu verbessern und auszubauen, daß er sich allmählich zu einer für alle Seiten akzeptablen und für schulische Zwecke praktikablen Klassifikation der irdischen Klimate entwickelt. Der Autor ruft hiermit zu dieser kritischen Diskussion ausdrücklich auf.

### Literatur

- AHLHEIM, K.-H. (Hrsg.) (1987): Meyers kleines Lexikon Meteorologie. - Mannheim, Wien, Zürich.
- BLÜTHGEN, J./WEISCHET, W. (<sup>3</sup>1980): Allgemeine Klimageographie. Lehrbuch der Allgemeinen Geographie, Bd. 2. - Berlin, New York.
- BÜHN, K. (1990): Klimakarten - ein Konzeptionsvergleich. (Nicht veröffentlichtes Skript zur regionalen Lehrerfortbildung im Fach Erdkunde beim Oberschulamt Stuttgart).
- DIERCKE WELTATLAS (1988, alte Ausgabe). - Braunschweig.
- DIERCKE WELTATLAS (1988, neue Ausgabe). - Braunschweig.
- DIERCKE WELTATLAS (<sup>4</sup>1996). - Braunschweig.
- FRANKENBERG, P. (1988): Gedanken zum irdischen Klimawandel.- In: Geographie heute 9, H. 61, S. 6 - 12.
- FRANKENBERG, P. (1991): Moderne Klimakunde. Grundwissen von Advektion bis Treibhausklima. - Braunschweig.
- FRANKENBERG, P./SIEGMUND, A. (<sup>2</sup>1996): Erde - Klima. Klimate der Erde nach W. LAUER und P. FRANKENBERG. - In: Diercke Handbuch. Materialien, Methoden und Modelle zum Diercke Weltatlas und Diercke Weltatlas, Ausgabe 2. Braunschweig, S. 329 - 333.
- IVANOV, N. N. (1959): Belts of continentality on the globe. - In: Izvest. Wsesoj. Geogr. Obschtsch. 91, S. 410 - 423 (russisch).
- KÖPPEN, W./GEIGER, R. (1928): Erläuterungen zur Ergänzungskarte der Erde. - In: HAACK, H. (Hrsg.): Physikalischer Wandatlas. Eine Sammlung von Karten und Tafeln zur allgemeinen Erdkunde für den Unterricht. Gotha.
- LAUER, W./FRANKENBERG, P. (1981): Untersuchungen zur Humidität und Aridität in Afrika. Das Konzept einer potentiellen Landschaftsverdunstung. (= Bonner Geographische Abhandlungen, H. 66). - Bonn.
- LAUER, W./FRANKENBERG, P. (1981): Eine Karte der hygrothermischen Klimatypen Afrikas. - In: Erdkunde 35, S. 245 - 248.

- LAUER, W./FRANKENBERG, P. (1986): Eine Karte der hygrothermischen Klimatypen von Europa. - In: Erdkunde 40, S. 85 - 94.
- LAUER, W./FRANKENBERG, P. (1988): Klimaklassifikation der Erde. Erläuterungen zur Klimakarte im Diercke-Atlas, Neubearbeitung 1988. - In: Geographische Rundschau 38, H. 6, S. 55 - 59.
- LESER, H./HAAS, H.-D./MOSIMANN/T./PAESLER, R. (<sup>2</sup>1985): DIERCKE-Wörterbuch der Allgemeinen Geographie. - Braunschweig/München.
- LINTON, D., L. (1973): Seasonal climates. - In: Oxford World Atlas. Oxford, London, S. 96.
- MACK, W. (1993): Die Klimakarte von Lauer/Frankenberg. - (Nicht veröffentlichtes Skript zur Fortbildungstagung für Erdkundelehrer an allgemeinbildenden Gymnasien am 6. Mai 1993 in Villingen).
- MAULL, O. (1936): Die Bestimmung der Tropen am Beispiel Amerikas. Ein Beispiel zur allgemeinen vergleichenden Länderkunde. - In: Festschrift zur Hundertjahrfeier des Vereins für Geographie und Statistik zu Frankfurt/Main. Frankfurt, S. 339 - 365.
- PFEIFFER, G. (1966): Karte der Bodennutzung Europas. - In: TROLL, C. (Hrsg.): Der neue Herder Handatlas. Freiburg, S. 17.
- PONCELET (1955): Eléments de météorologie. - In: Contributions, Inst. Royal Météorologique de Belgique, Nr. 22. Brüssel, S. 309 - 311.
- SCHULTZE, A. (1988): Klimakarten der Erde.- In: Geographie heute 9, H. 61, S. 2 - 10.
- SCHULTZE, A. (Hrsg.) (1991): Terra Geographie 7. Schuljahr für Hauptschulen in Niedersachsen, Neubearbeitung. - Stuttgart.
- SIEGMUND, A. (1995): Die Klimatypen der Erde - ein computergestützter Klassifikationsentwurf unter besonderer Berücksichtigung didaktischer Aspekte. (= Materialien zur Geographie, H. 28). - Mannheim.
- SIEGMUND, A./FRANKENBERG, P. (<sup>2</sup>1996): Jahreszeitenklimate nach C. TROLL und K.-H. PAFFEN. - In: Diercke Handbuch. Materialien, Methoden und Modelle zum Diercke Weltatlas und Diercke Weltatlas, Ausgabe 2. Braunschweig, S. 333 - 335.
- SIEGMUND, A./FRANKENBERG, P. (<sup>2</sup>1996): Klimate der Erde nach W. KÖPPEN in der Bearbeitung von R. GEIGER. - In: Diercke Handbuch. Materialien, Methoden und Modelle zum Diercke Weltatlas und Diercke Weltatlas, Ausgabe 2. Braunschweig, S. 336 - 337.
- TROLL, C./PAFFEN, K.-H. (1963): Jahreszeitenklimate der Erde - der jahreszeitliche Ablauf des Naturgeschehens in den verschiedenen Klimagürteln der Erde. - In: RODENWALDT, G./JUSATZ, H., J. (Hrsg.): Weltkarten

zur Klimakunde. LANDSBERG, H. E, LIPPMANN, H., PAFFEN, K.-H.,  
TROLL, C.. Berlin, Göttingen, Heidelberg.  
WALTER, H./LIETH, H. (1960): Klimadiagramm-Weltatlas. - Jena.  
WISSMANN, V. H. (1948): Pflanzenklimatische Grenze der warmen Tropen. -  
In: Erdkunde 2, S. 81 - 92.