

DIE ANGEWANDTE GELÄNDEKLIMATOLOGIE - EIN AKTUELLES
ARBEITSGEBIET DER PHYSISCHEN GEOGRAPHIE

Mit 6 Abbildungen und 5 Tabellen

HEINZ WANNER

Summary: Applied topoclimatology - a current area of work in physical geography

In the first part of this paper the position of applied topoclimatology within climatology and geography is discussed. In the second part the objectives, the working areas and the methods are described. It is shown that geographically-aligned, applied topoclimatology employs typical methods or working techniques which are specifically adapted to spatial analysis: synoptic climatology, spatial (and temporal) representation of climatological variables or processes (using digital terrain models and computer cartography), combination of conventional with remote sensed data, statistical and (rarely) numerical modelling. The following are typical working areas of applied topoclimatology: (i) the search for suitable areas for agriculture or tourism; (ii) the preparation of data which help to minimize expenditure of energy in general or to optimize the use of passive energy; (iii) the development of fundamentals which contribute to reducing negative effects in urban or industrial planning (air pollution, heat stress, gusts of wind, etc.).

Finally, the application of the working techniques mentioned above is demonstrated by an example taken from applied agrotopoclimatology: The climatological potential related to vine growing in the northern Swiss Jura is evaluated using different data types (15 fixed meteorological stations and an instrumented, mobile measuring car).

1. Einleitung

Die zunehmende Finanzknappheit zwingt auch die Forschung zu einer immer gezielteren Konzentration der Mittel. Als Kriterium für die Mittelzuteilung dient sehr oft die Frage, ob das entsprechende Forschungsobjekt auf eine direkte Anwendung ausgerichtet ist oder nicht. Obschon eine klare Abgrenzung zwischen „angewandter“ und „freier“ Forschung weder eindeutig möglich noch absolut sinnvoll ist, versteht man unter Anwendung in der Regel die Ableitung von Erkenntnissen oder die Entwicklung von Methoden, welche direkt für die industrielle Produktion oder für Raumplanung und Politik nutzbar gemacht werden können.

Die Geländeklimatologie gehört traditionellerweise zu den wichtigen Arbeitsgebieten der physi-

schen Geographie (YOSHINO 1975). Infolge ihrer engen Bezüge zur Topographie sowie zu den Eigenschaften der Bodenoberfläche (Rauhigkeit, Albedo) und des oberflächennahen Untergrundes (Emissivität, Wärmeleitfähigkeit, Volumwärme, Permeabilität) stellt sie ein wichtiges Arbeitsinstrument im Hinblick auf die Bereitstellung raumplanerischer Grundlagen dar. Die angewandte Geländeklimatologie gilt deshalb als bedeutendes Teilgebiet der angewandten Klimatologie (KIRCHHOFER et al. 1984) und somit auch der angewandten Geographie.

Der vorliegende Aufsatz setzt sich erstens zum Ziel, die Stellung sowohl der Klimatologie als auch der angewandten Geländeklimatologie innerhalb der Geographie zu definieren. Zweitens will er die Aufgaben, Arbeitsgebiete und Methoden der angewandten Geländeklimatologie umschreiben. Drittens soll anhand eines Beispiels (Klimaeignung für den Weinbau) gezeigt werden, in welcher Form die wichtigsten Methoden der geographisch orientierten, angewandten Geländeklimatologie für eine Anwendung in der Raumplanung eingesetzt werden können.

2. Zur Stellung der Klimatologie innerhalb der Geographie

2.1. Definition der Begriffe „Klima“ und „Klimatologie“

Die klassische Klimadefinition des deutschen Sprachraumes stammt bekanntlich von HANN (1883): „Unter Klima verstehen wir die Gesamtheit der meteorologischen Erscheinungen, welche den mittleren Zustand der Atmosphäre an irgend einer Stelle der Erdoberfläche charakterisieren. Was wir Witterung nennen, ist nur eine Phase, ein einzelner Akt aus der Aufeinanderfolge der Erscheinungen, deren voller, Jahr für Jahr mehr oder minder gleichartiger Ablauf das Klima eines Ortes bildet. Das Klima ist die Gesamtheit der „Witterungen“ eines längeren oder kürzeren Zeitabschnittes, wie sie durchschnittlich zu dieser Zeit des Jahres einzutreten pflegen“.

Diese Definition spricht bereits die notwendige Zweiteilung in Mittelwertsklimatologie und Wetterlagen- oder Witterungsklimatologie an, sagt jedoch

nichts aus über einzelne Klimatelemente und Klimafaktoren sowie deren Bedeutung in den Bereichen Raumplanung, Ökonomie und Ingenieurwesen. Unter Verwendung der Darstellungen von KÖPPEN (1923), SEKIGUTI (1951), SCHÜEPP (1968), BLÜTHGEN und WEISCHET (1980) sowie KRAUS (1984) läßt sich eine umfassendere Klimadefinition in sechs Merksätze gliedern:

- 1) Unter dem Klima eines gegebenen Raumes verstehen wir die Gesamtheit der meteorologischen Zustände und Prozesse, welche in einer bestimmten, in der Regel längeren Zeitperiode auftreten.
- 2) Das Klima ist sowohl durch Mittelwerte als auch durch andere wichtige, statistische Maßzahlen oder Schwellenwerte (z. B. Median, Modus und Extrema) charakterisiert.
- 3) Diese Maßzahlen sind sowohl für eine längere Referenzperiode als auch für sorgfältig ausgewählte Teilkollektive in Form typischer Zeitabschnitte (z. B. Monate, Jahreszeiten, Jahre) oder charakteristischer Wetterlagen zu berechnen. Für jedes Klimaregime muß pro Klimatelement auf Grund der Variabilität die Länge der Referenzperiode anhand von Messungen bestimmt werden. Häufig beträgt diese 30–60 Jahre.
- 4) Jeder klimatologischen Zeit- und Raumskala können typische, für das Klimasystem bestimmende Prozesse zugeordnet werden.
- 5) Das Klima wird durch viele Faktoren bestimmt, vorwiegend jedoch durch die Lage bezüglich der Sonne (geographische Breite und topographische Eigenschaften: Meereshöhe, Hangneigung und Exposition) sowie die Art und den Zustand der Bodenunterlage.
- 6) Speziell wichtige Klimatelemente sind: Kurzwellige und langwellige Strahlung, Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Niederschlag, Bewölkung und Wind.

Was wir mit Klimatologie bezeichnen, ist nicht eine eigene Wissenschaft, sondern eine erdwissenschaftliche Betrachtungsweise, deren Blick in erster Linie auf die soeben erwähnte Definition gerichtet ist (KRAUS 1984).

2.2. Aufgabe und Stellung der Klimatologie innerhalb der Geographie

Aus der Sicht der Meteorologie wird die Klimatologie als jene Teildisziplin angesehen, welche das Klima (in Form des mittleren Zustandes) und seine Änderungen studiert (LILJEQUIST 1974: 343). Die „Teildisziplin Klimatologie“ hat aus diesem Grund eine eigene Methodik entwickelt, welche erstmals

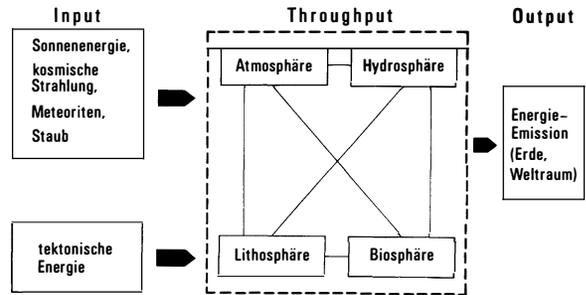
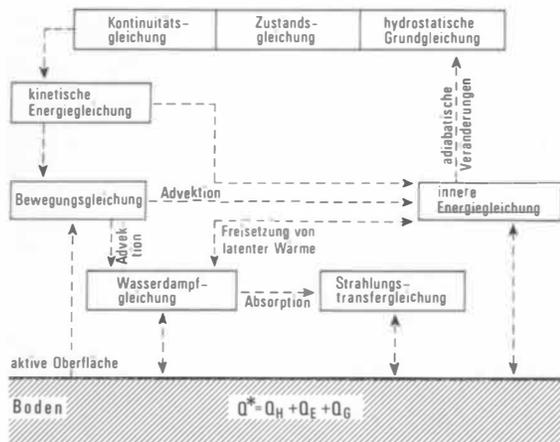


Abb. 1: Graphische Darstellung der Subsysteme des Erde-Atmosphäre-Systems der physischen Geographie, welche über die Flüsse von Energie, Masse und Impuls miteinander verknüpft sind (nach TERJUNG 1982)

Graphical representation of the earth-atmosphere-subsystems of physical geography, which are themselves connected by the fluxes of energy, mass and momentum (after TERJUNG 1982)

von CONRAD und POLLAK (1950) in einer allgemeinen Übersicht dargestellt wurde.

MÖLLER (1973, Bd. I: 21) hält fest, daß sich die Klimatologie als Fachgebiet „stark der Geographie nähert“. Sie wird deshalb an vielen Universitäten sowohl des deutschen, aber auch des englischen Sprachbereichs als Teildisziplin der physischen Geographie betrieben. Aus diesem Grund soll zunächst von der Definition der Geographie an sich ausgegangen werden. Nach der sogenannten „Zürcher Definition“ (ITTEN 1982: 37) „untersucht die Geographie Natur und Gesellschaft mit dem Ziel, räumliche Systeme und Prozesse zu erklären“. Weist diese Definition einerseits auf die beiden Eckpfeiler „Natur“ und „Gesellschaft“ hin, so stellt sie andererseits die Analyse der räumlichen Systeme und der darin ablaufenden Prozesse in den Mittelpunkt, eine Aufgabe, der im Rahmen der modernen Geosystemlehre entscheidende Bedeutung zukommt (CHORLEY u. KENNEDY 1971, LESER 1976, SCHMIDT 1979, KLUG u. LANG 1983). In der Gegenwart wird bei dieser Analyse vermehrt der streng physikalische Weg beschritten, welcher die gesamten „Stoff- und Energiekreisläufe innerhalb der Geosysteme zu bilanzieren“ versucht (KLUG u. LANG 1983: 67). Wird davon ausgegangen, daß es sich beim System der physischen Geographie im Sinne von CHORLEY und KENNEDY (1971) um ein „Process-Response-System“ (Prozeß-Reaktionssystem; KLUG u. LANG 1983) handelt, so kann der Bereich „Atmosphäre-Klima“ entweder als ein Element oder als ein Subsystem des oben genannten Systems angesprochen werden. Abb. 1 gibt einen Überblick über die physisch-geographischen Sub-



Q^* Strahlungsbilanz Q_H Strom fühlbarer Wärme Q_E Strom latenter Wärme
 Q_G Bodenwärmestrom

Abb. 2: System der Grundgleichungen zur numerischen Simulation des Prozess-Reaktionssystems Erde-Atmosphäre (nach TERJUNG 1982 sowie KLUG u. LANG 1983; verändert)

System of basic equations for the numerical simulation of the earth-atmosphere process-response system (after TERJUNG 1982 as well as KLUG a. LANG 1983; modified)

systeme des gesamten Erde-Atmosphäre-Systems und deren Kopplung mit den fundamentalen Flußgrößen Energie, Masse (Dichte · Volumen) und Impuls (Masse · Geschwindigkeit). Im Sinne der Geosystemlehre muß es also die Aufgabe der physischen Geographie sein, die Reaktion der Landschaftshülle (verwendet als räumlich beschränkter Sammelbegriff für die vier oben erwähnten Subsysteme) auf den Input (Output) der physikalischen Fundamentalgrößen Energie, Masse und Impuls zu untersuchen (TERJUNG 1982). Wird von der Hypothese ausgegangen, daß sich zumindest innerhalb des „Subsystems Atmosphäre“ eine numerische Simulation der wichtigsten raumzeitlichen Prozesse vornehmen läßt, kann diese aufgrund der Verknüpfung der in Abb. 2 dargestellten acht Grundgleichungen realisiert werden.

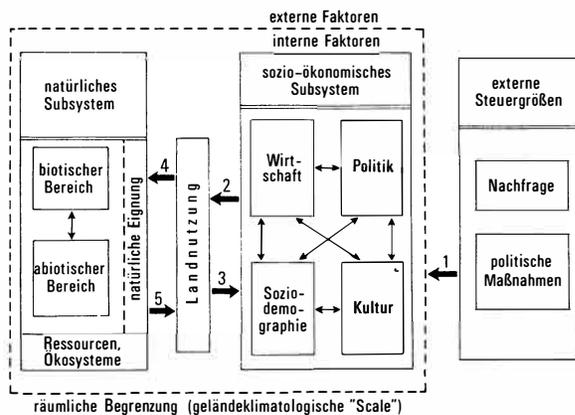
3. Angewandte Klimatologie und angewandte Geländeklimatologie

3.1. Die geographisch orientierte, angewandte Klimatologie

Gemäß der oben zitierten Geographie-Definition (ITTEN 1982) untersucht die Geographie ebenfalls die menschliche Gesellschaft. An vorderster Stelle steht also die Frage nach den wechselseitigen Beziehungen zwischen dem natürlichen (physisch-geographischen)

und dem sozio-ökonomischen (anthropogeographischen) Subsystem des Gesamtsystems Geographie. Das heißt, daß, bezogen auf die oben erwähnten Prozeß-Reaktionssysteme, das sozioökonomische Subsystem gleichwertig ins Gesamtsystem Geographie einzubauen ist. Dabei wickeln sich die Beziehungen zwischen dem natürlichen und dem sozioökonomischen Subsystem in erster Linie über das „Scharnier-element“ der Landnutzung ab, wie das in sehr vereinfachter Weise auf Abb. 3 gezeigt wird. Der Begriff Landnutzung wird dabei im weitesten Sinn verstanden und schließt alle in Tab. 1 genannten Nutzungsarten ein.

Wird von der Prämisse ausgegangen, daß die angewandte Klimatologie die räumliche und zeitliche Verteilung klimatologischer Parameter, aber auch klimatologische Systeme und Prozesse untersucht, um die menschliche Wohlfahrt zu fördern und das ökologische Gleichgewicht zu erhalten, so muß sie sich vor allem auf jene systemrelevanten Parameter und Prozesse konzentrieren, welche für das sozioökonomische Subsystem von Bedeutung sind. Sie erfüllt deshalb auch im Rahmen der gesamten Geographie eine wichtige Aufgabe, welche von BLÜTHGEN und WEISCHET (1980) derart umschrieben wird, daß die



→ interne Beziehungen ⇄ Beziehungen zwischen den Subsystemen:

1 externe Einflußgrößen (-Wirkung auf Sozio-Ökonomie) 2 sozio-ökonomische Entwicklung(-Nutzungswandel) 3 Rückwirkung auf Sozio-Ökonomie 4 Landnutzungsänderungen (-Reaktion Natur) 5 Rückwirkungen der Veränderungen im Naturbereich

Abb. 3: Schematische Darstellung eines regionalen, geographischen Systems mit Kopplung der natürlichen und sozio-ökonomischen Subsysteme (nach MESSERLI, B. u. MESSERLI, P. 1978; vereinfacht)

Schematic representation of a regional, geographical system with the connected natural and socio-economic subsystems (after MESSERLI, B. a. MESSERLI, P. 1978; simplified)

Tabelle 1: Wichtige Klimaelemente und deren Bedeutung für verschiedene Typen der Landnutzung
 Important climatological elements and their significance for different land use types

ART DER LANDNUTZUNG	KLIMAELEMENT											
	Besonnung/ Strahlung	Temperatur	Frost	Niederschlag	Bewölkung	Gewitter	Nebel	Feuchtigkeit	Schneedecke	Luftdruck	Wind	Phänolog. Beobachtg.
Landwirtschaft	G +	G +	G -	G ·	M ·	M -	M ·	G ·	G ·	K ·	M -	G
Forstwirtschaft	G +	G +	G -	G ·	M ·	M -	G ·	G ·	G -	K ·	G -	G
Wohnen, Arbeiten	G +	G ·	M -	K -	M -	K -	G -	G ·	M ·	M +	G -	M
Gewerbe/Industrie (ohne Immission)	M ·	M ·	M -	M -	M -	M -	G -	M ·	G -	K ·	M -	K
Gewerbe/Industrie (mit Immission)	G ·	G ·	M -	G ·	M -	M -	G -	G ·	M -	K -	G +	M
öffentl. Anlagen (Ausbildung)	G +	G ·	M -	M -	M -	M -	G -	G ·	M ·	K +	M -	K
öffentl. Anlagen (Gesundheit)	G +	G +	M -	M -	G -	M -	G -	G -	M -	K ·	G -	K
Verkehrsanlagen	G +	G ·	G -	G -	M -	M -	G -	G -	G -	K +	G -	M
Versorgungs-/ Entsorgungsanlagen	G ·	G ·	G -	G ·	M ·	G ·	G -	M -	M ·	K ·	M +	K
Energienutzung	G +	G +	G -	G +	G -	G -	G -	M ·	G +	K ·	G +	M
Wintertourismus	G +	G +	G -	G ·	G -	K -	G -	M -	G +	M +	M -	K
Sommertourismus	G +	G +	K -	G -	G -	G -	G -	M -	K -	M +	M ·	K

Bedeutung: G groß
 M mittel
 K klein

Anforderung: + viel
 · indifferent
 - wenig

„geographische Klimatologie die beobachtete regionale Vielfalt klimatischer Erscheinungen und Wirkungen nach dem genetischen Prinzip zu sichten hat, so daß eine physikalisch-kausal begründete räumliche Ordnung entsteht“. Wenn feststeht, daß der Gegenstand „Landschaft“ und somit auch die Frage nach den für die Landnutzung entscheidenden Einflußfaktoren im Vordergrund steht, so kann die menschliche Wohlfahrt dann gefördert und das ökologische Gleichgewicht unter anderem dann erhalten werden, wenn das klimatologische Potential für die wichtigsten Landnutzungstypen möglichst präzise bestimmt werden kann. Unter diesem klimatologischen Potential sei jene Auswahl charakteristischer Schwellenwerte von geeigneten klimatologischen Parametern verstanden, welche die Eignung für eine bestimmte Landnutzung oder die Gefährdung, bezogen auf bestimmte Elemente eines Ökosystems, möglichst klar bewerten hilft. Wird diese klimatologische Eignung oder Gefährdung flächenhaft dargestellt, so spricht man von einer Klimaeignungs- oder Klimagefahrenkarte (JEANNERET u. VAUTIER 1977, B. MESSERLI u. P. MESSERLI 1978).

3.2. Die angewandte Geländeklimatologie – Begriffe und Zielsetzungen

Im Falle der angewandten Geländeklimatologie geht es darum, die Eignung des Klimas für verschiedene Landnutzungstypen in einem enger begrenzten Raum zu bestimmen. Der Begriff Geländeklimatologie weist folglich darauf hin, daß die Anwendung klimatologischer Grundlagen räumlich, aber auch zeitlich beschränkt wird. Abb. 4 zeigt eine mögliche Zuordnung ausgewählter Begriffe zur räumlichen und zeitlichen „scale“. Dabei werden der klassisch-klimageographischen Einteilung in Mikroklima, Lokalklima, Meso- und Makroklima weitere, ähnlich gefaßte Begriffe zugeordnet. GEIGER (1929) hat anstelle von Mikro- und Mesoklima die später oft verwendeten Begriffe Kleinklima und Landschaftsklima eingeführt (vgl. die Übersicht in YOSHINO 1975: 11). Von WEISCHET (1956) stammt die in der Klimageographie ebenfalls gebräuchliche Unterscheidung in Subregional- und Regionalklima.

Der von KNOCH (1949) eingeführte Begriff der Geländeklimatologie (später auch Topoklimatologie ge-

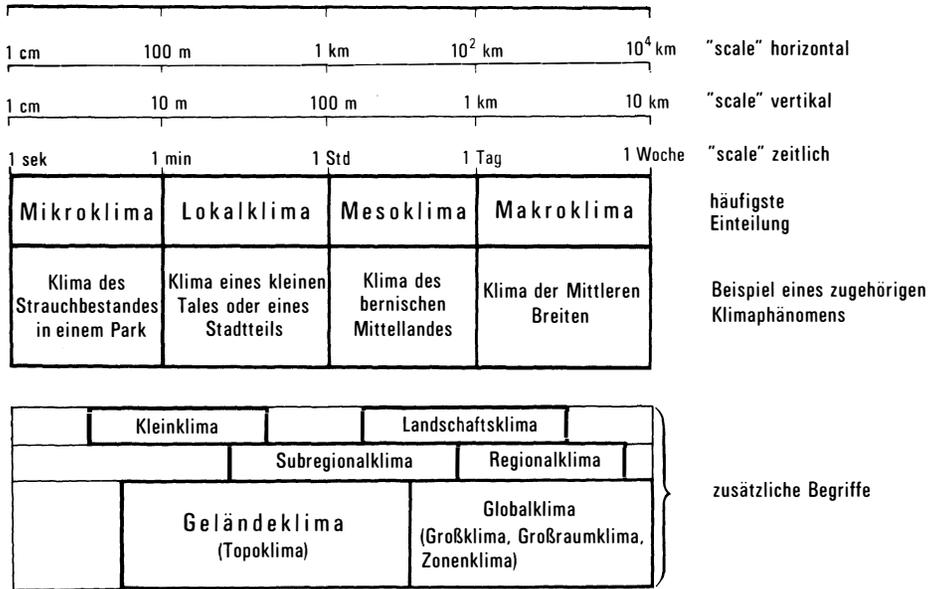


Abb. 4: Mögliche raumzeitliche Zuordnung verschiedener Klimabegriffe
Possible association of topoclimatological terms with spatial and temporal scales

nant) nimmt innerhalb der auf Abb. 4 gezeigten Klimabegriffe eine Sonderstellung ein, da zusätzlich zur raumzeitlichen Abgrenzung sehr oft zwei weitere Aspekte wirksam werden, welche die angewandte, geographisch orientierte Klimatologie geprägt haben:

1. Die Geländeklimatologie versucht abzuschätzen, wie weit die wichtigen Klimatelemente Strahlung, Temperatur, Luftdruck, Feuchte/Niederschlag und Wind durch die Klimafaktoren Topographie, Bodenbedeckung und Bodenrauigkeit beeinflusst werden.
2. Für die Erfassung des Gelände- oder Topoklimas hat sich eine spezifische Methodik entwickelt, welche vor allem auf experimentellen Studien in Form eines kombinierten Einsatzes von sich ergänzenden Meßsystemen basiert (Meßzüge, Mikrosondiersysteme, Radar- und Sodaranlagen, Meßflugzeuge sowie Verwendung hochaufgelöster Satellitendaten; vgl. Kap. 4). Infolge der zentralen Bedeutung der Klimafaktoren Topographie, Bodenrauigkeit und Bodenbedeckung werden die damit zusammenhängenden Begriffe wie Stadtklima, Kurortklima, Waldklima, Gletscherklima usw. mit Vorteil dem Begriff Geländeklima untergeordnet. Abschließend darf nicht außer acht gelassen werden, daß eine streng physikalische Skalenabgrenzung aus der „scale analysis“ hergeleitet werden muß. Allgemeine Gültigkeit hat dabei das Schema von ORLANSKY (1975) erlangt, in welchem der geographische Begriff Ge-

ländeklima etwa den Skalenbereichen Meso- β und Meso- γ entspricht.

4. Arbeitsgebiete der angewandten Geländeklimatologie

Welches sind nun die klassischen Arbeitsgebiete der angewandten Geländeklimatologie? Davon ausgehend, daß die angewandte Geländeklimatologie Klimateignungen (und Klimagefahren) für typische Landnutzungen abschätzen will, läßt sich diese Frage nicht zuletzt mit Hilfe einer Liste dieser Landnutzungen beantworten. Tab. 1 verbindet deshalb die für unseren Raum relevanten Landnutzungstypen in Form einer Matrix mit den wichtigsten, raumrelevanten Klimatelementen. Dabei lehnt sie sich stark an die Arbeiten von SCHÜEPP und GRENDELMEIER (1973) sowie SCHIRMER (1975, 1980 und 1984) an. Für jede Kombination „Landnutzungstyp - Klimatelement“ wurde dabei abgeschätzt, ob

- 1) das betreffende Klimatelement für die entsprechende Nutzungsart eine große, mittlere oder kleine Bedeutung besitzt;
- 2) eine optimale Nutzung vor allem hohe (viel), mittlere (indifferent) oder kleine (wenig) Mengen, bzw. Zahlenwerte des entsprechenden Klimatelementes verlangt.

Die Durchsicht von Tab. 1 zeigt, daß

- 1) in erster Linie die Land- und Forstwirtschaft, der

Tabelle 2: Liste wichtiger Arbeitsgebiete oder Fragestellungen der angewandten Geländeklimatologie

List of important working areas or questions related to applied topoclimatology

ART DER LANDNUTZUNG	ARBEITSGEBIET/MASSNAHME
Generelle Zielsetzung:	Abschätzung der Klimateignung für bestimmte Arten der Landnutzung
Landwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> - Suche nach den bestgeeigneten Arealen für den Anbau von Spezialkulturen (Ausweichen gegenüber Gefahren wie Frost, Dürre, Nässe usw.) - Festlegung entscheidender, produktbezogener Schwellenwerte - Erhöhung der Produktionsraten
Forstwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> - Abschätzung von Einflüssen des Klimas auf das Baumwachstum - Suche von Zusammenhängen zwischen trockener und nasser Deposition, Interzeption und Waldschäden
Wohnen, Arbeiten	<ul style="list-style-type: none"> - Erhöhung des Wohnkomfortes durch experimentelle und theoretische Untersuchungen zur Baukörperklimatologie - Steigerung der Behaglichkeit durch optimale Ausnutzung des Umgebungsklimas (Strahlung, Feuchtigkeit, Windgeschwindigkeit usw.) - Einschränkung des Energieverbrauchs und Bereitstellung von Grundlagen zur optimalen Nutzung passiver Energien (z. B. Wintergärten)
Gewerbe, Industrie und Stadtplanung	<ul style="list-style-type: none"> - Erarbeitung von Empfehlungen für die Reduktion negativer Effekte, hervorgerufen durch größere Baukuben: Hitzestress, Windböen, Luftverschmutzung - Simulation diverser Szenarien zur Stadt- und Quartierentwicklung im Hinblick auf thermische, mechanische und lufthygienische Effekte
Öffentliche Bauten und Anlagen (Ausbildung, Gesundheit)	<ul style="list-style-type: none"> - Gewährleistung eines guten Raum- und Umgebungsklimas (wenig Starkwind, Bewölkung, Nebel) - Herabsetzung des generellen Energiebedarfs
Verkehrsanlagen	<ul style="list-style-type: none"> - Herabsetzung der lufthygienischen Schadstoffgefährdung - Ausweichen bezüglich gefährlicher Wettereinflüsse (Frost, Starkniederschläge, Nebel, Windböen, Schneeverwehungen)
Versorgungs- und Entsorgungsanlagen	<ul style="list-style-type: none"> - Reduktion unangenehmer oder schädigender Immissionen - Herabsetzung des Energiebedarfs infolge günstiger Standortwahl
Energienutzung	<ul style="list-style-type: none"> - Suche nach günstigen Standorten für geplante Energieproduktionsanlagen mit Ausstoß unangenehmer oder schädigender Immissionen - Erarbeitung klimatologischer Grundlagen zur Abschätzung der Rendite von Wasserkraftwerken, Wind- und Sonnenenergieanlagen
Sommer- und Wintertourismus	<ul style="list-style-type: none"> - Abschätzung von Eignung und Rendite verschiedener Areale für bestimmte Formen des Tourismus (anhand der Klimatelemente Sonnenscheindauer, Wind, Schneehöhe usw.)

Wintertourismus, die emissionsintensiven Landnutzungen (Gewerbe/Industrie, Verkehrsanlagen) und die Energienutzung spezifische Anforderungen an zahlreiche Klimatelemente stellen;

- 2) die Klimatelemente Besonnung/Strahlung, Niederschlag, Nebel, Feuchtigkeit und Wind aus raumplanerischer Sicht von größter Bedeutung sind;
- 3) im Falle von Niederschlag, Schneedecke, Luftdruck und Wind je nach Landnutzungstyp gegensätzliche, d. h. hohe oder tiefe Werte erwünscht sind.

Gewiß können anhand von Tab. 1 nur erste Hinweise auf wichtige Arbeitsgebiete der angewandten Geländeklimatologie abgeleitet werden. Genauere Angaben über die Bedeutung des Klimas und somit der Klimaforschung für die Planung liefern uns die Publikationen von GINSBURG (1970), SCHIRMER (1975) und BITAN (1983) sowie der *Geogr. Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft (SNG 1980)*. Seit 1979 publiziert zudem die Zeitschrift „Progress in Physical Geography“ jährlich Übersichten über die Fortschritte der angewandten Klima-

tologie (siehe z. B. THORNES 1982, MUSK 1983 u. 1984). Aus der Durchsicht dieser Beiträge und aufgrund eigener Erfahrungen lassen sich für den Teilbereich der angewandten Geländeklimatologie etwa die auf Tab. 2 gezeigten Arbeitsgebiete oder Maßnahmen ableiten. Als Ordnungsprinzip dient dabei wiederum der Katalog wichtiger Landnutzungstypen. Aufgelistet werden jene Arbeitsgebiete oder Maßnahmen, welche im geländeklimatologischen Skalenbereich zu einer Verbesserung der Nutzung und damit auch zu einer Steigerung der allgemeinen Wohlfahrt im oben erwähnten Sinne beitragen können. Dabei werden aus dem klimatologisch-luft-hygienischen Bereich nur jene Maßnahmen aufgelistet, welche aus klimatologischer und nicht aus luft-hygienetechnischer Sicht (z. B. Emissionsreduktion) ergriffen werden können. Die Formulierung wurde in der Regel positiv abgefaßt, d. h. die entsprechenden Maßnahmen sollen zu einer möglichst guten Klimateignung führen. Mit dieser Maßnahme ist selbstverständlich auch die Beachtung von Klimagefahren wie Frost, Dürre, Starkregen, Nebel oder Luftstagnation mit eingeschlossen worden. Diese Klimagefahren wurden zudem in Tab. 1 in Form des Minuszeichens (-) angedeutet.

Eine Sichtung der neuesten Publikationen zeigt, daß dem Arbeitsgebiet „Stadtklima - Lufthygiene/ Ausbreitungsklima - Raumplanung“ gegenwärtig eine vorrangige Bedeutung zukommt (WANNER et al. 1982, WANNER 1983).

5. Zur Methodik der angewandten Geländeklimatologie

5.1. Allgemeine Bemerkungen

Auf die große Bedeutung des Raumbezuges der geographischen Forschung wurde bereits hingewiesen. Aus der Tatsache, daß auch die Geländeklimatologie in erster Linie die räumliche Verteilung klimatologischer Elemente und Prozesse zu studieren hat, ergab sich automatisch die historisch verankerte Schwerpunktbildung im experimentellen Bereich (GEIGER 1929, KNOCH 1949, THORNTHWAITE 1953, WEISCHET 1956, MUNN 1966, BERENYI 1967). Die vorgenannten Publikationen vermitteln deshalb in erster Linie empirisch-analytische Zusammenhänge und diskutieren geeignete Feldmethoden. In den letzten Jahren hat sich jedoch das Interesse der geographischen Klimatologie immer mehr der Prozeßdynamik zugewendet, was auch im Bereich der Gelände- und Stadtklimatologie zu einer starken Annäherung an die Physik führte (STEYN 1980, TAPPER et al. 1981, OKE

1982). Wenn in der Folge die wichtigsten Methoden vorgestellt werden, so muß aus den soeben erwähnten Gründen auch auf die wichtigsten Modelltypen Bezug genommen werden.

5.2. Modelle in der angewandten Geländeklimatologie

Wie in der klassischen Meteorologie lassen sich in der angewandten Geländeklimatologie vier prinzipielle Modelltypen unterscheiden:

- 1) Empirische Modelle (v. a. empirisch-graphische Darstellungen wie Diagramme, Karten, Blockbilder, Zeitreihendarstellungen oder einfache empirische Formeln);
- 2) empirisch-statische Modelle (v. a. Korrelations- und Regressionsmodelle, Anwendung digitaler GeländeraSTER, Gauß'sche „plume“-Modelle);
- 3) physikalische Labormodelle (v. a. Wasser-, Windkanal- oder Analogmodelle zum Studium der Einflüsse des Windes auf Gebäude oder zur maßstabverkleinerten Simulation der Luftfremdstoffausbreitung);
- 4) numerische Modelle (im Falle der Geländeklimatologie die sog. Boundary Layer- oder Grenzschichtmodelle).

Auf die Anwendung oder Eignung der verschiedenen Modelltypen für die angewandte Geländeklimatologie soll in Kap. 5.4 kurz eingegangen werden.

5.3. Experimentelle oder Feldmethoden der angewandten Geländeklimatologie

Als Arbeitsgebiet der physischen Geographie bezieht die angewandte Geländeklimatologie ihre Erkenntnisse ebenfalls aus der gegenseitigen Interpretation von empirischen Daten und Modellergebnissen. Im experimentellen Bereich geht es wohl darum, mit geeigneten Methoden eine möglichst dichte Information über die räumliche Verteilung bestimmter klimatologischer Elemente zu gewinnen, welche ihrerseits räumliche Systeme und Prozesse erklären sollen. Damit ist angezeigt, daß eine Vielzahl von Methoden in Frage kommt, welche optimal zu kombinieren sind. Tab. 3 zeigt eine Übersicht über gebräuchliche Beobachtungs- und Meßmethoden der klassischen, aber auch der angewandten Geländeklimatologie. Dabei haben im letzten Jahrzehnt vor allem jene Systeme an Bedeutung gewonnen, welche entweder flächendeckende Informationen liefern (Satelliten, Flugzeuge) oder aber die dritte Dimension ausreichend erfassen helfen (Meßtürme, Sondiersysteme, Fernerkundungssysteme).

Tabelle 3: Beobachtungs- und Meßmethoden der angewandten Geländeklimatologie

Typical observational or measuring systems which are often used in applied topoclimatology

METHODE	MÖGLICHE MESSPARAMETER
<i>1. Beobachtung</i>	
1.1. Augenbeobachtung	P, N, d, f, V, C, F, S, W, PH
1.2. Automatische Kameras (v. a. Zeitrafferfilme)	P, N, d, f, V, C, F, (S), W, PH
<i>2. Messung</i>	
2.1. Satellitensysteme	Q* (teilweise), T _a , T _b , (P), N, (d, f), C, F, S, (W), (PH)
2.2. Meßflugzeuge	Q* (teilweise), T _a , T _O , p, q, d, f, TU
2.3. Meteorologische Stationen, Meßtürme	Q*, T, E, p, q, P, R, (N), d, f, TU, V, F, S
2.4. Mobile Meßsysteme (Auto, Motorrad usw.)	Q* (teilweise), T _a , T _O , p, q, d, f
2.5. Sondiersysteme	T, p, q, d, f
2.6. Constant level Balloons (CLB)	d, f, (T), TU
2.7. Moderne Fernerkundungssysteme (Radar, Sodar, Lidar usw.)	(q), P, (R), (N), d, f, (V), C

Abkürzungen:

Q*	Strahlungsbilanz	d	Windrichtung
T	Temperatur (a: Luft, O: Bodenoberfläche, b: Boden)	f	Windgeschwindigkeit
E	Energiebilanz	TU	Turbulenz
p	Luftdruck	V	Sichtweite
q	Feuchte	C	Wolkenart u. -dynamik
P	Niederschlag (Form)	F	Nebel
R	Niederschlag (Menge)	S	Schnee
N	Bewölkung	W	Allg. Wettercharakter
		PH	Phänolog. Beobachtungen

Aus dem Bereich der allgemeinen Klimatologie werden vor allem Anleihen bezüglich der bekannten Methoden aus der Synoptik gemacht. Im Vordergrund steht dabei die Witterungsklimatologie oder Wetterlagenanalyse: Mesoskalige Wetterlagensysteme dienen der Auswahl geeigneter Meßtage oder der Gruppierung der gewonnenen Datensätze in Kollektive mit typischen Wetterlagen (WILMERS 1968, WANNER u. KUNZ 1977, WANNER 1980, PERRY 1983).

5.4. *Typische Methoden der geographisch orientierten Geländeklimatologie*

Ohne Zweifel existiert auch eine typisch geographische Methodik der Geländeklimatologie. Sie orientiert sich an der mehrmals erwähnten Tatsache, daß die Geographie räumliche Systeme und Prozesse studiert. Aus diesem Grund werden vorrangig exper-

imentelle Studien mit starker Bindung zu Raum und Zeit durchgeführt (FEZER u. SEITZ 1977, OKE 1978, ENDLICHER 1980, WANNER 1984). Tab. 4 vermittelt einen Überblick über jene Arbeitsmethoden, welche diese geographisch orientierte Geländeklimatologie kennzeichnen. Sie sei in der Folge kurz kommentiert:

- (1) Auf die große Bedeutung der Witterungsklimatologie wurde oben bereits eingegangen. Sie stellt eine wichtige Voraussetzung für einen großen Teil experimenteller Studien dar (BARRY u. PERRY 1973, WANNER 1980).
- (2) Es gehört zu den vordringlichsten Aufgaben sowohl der gesamten Geographie als auch der Geländeklimatologie, experimentell erhobene Felddaten, welche punktuell oder linear erhoben wurden, zu einer zweidimensionalen oder dreidimensionalen Aussage zu verarbeiten. Geländeklimakarten oder Blockbilder dürfen deshalb als die besten empirischen Modelle auch innerhalb der Geländeklimatologie bezeichnet werden.
- (3) Fernerkundungsmethoden bieten eine ausgezeichnete Möglichkeit, sehr rasch Linien- oder Flächendaten zu erheben. Obwohl die Information sowohl von der Einsatzzeit als auch von der Technik her (nur ausgewählte Parameter meßbar; vgl. Tab. 3) beschränkt bleiben muß, können Fernerkundungsdaten sehr geschickt mit kon-

Tabelle 4: Geographisch orientierte Methoden in der Geländeklimatologie

Geographically - aligned methods in applied topoclimatology

METHODE	KURZE BESCHREIBUNG (Inhalt, Vorgehen)
(1) Synoptische Klimatologie	Aufstellung mesoskaliger Wetterlagensysteme als Basis für eine witterungsklimatologische Bearbeitung experimentell erhobener Daten
(2) Graphische Darstellung experimentell erhobener Daten/empirische Modelle	- Konventionelle und Computerkartographie - Blockbildtechnik - Zeitreihenanalyse
(3) Fernerkundung	- Interpretation von Flugzeugmessungen - Satellitenklimatologie
(4) Empirisch-statistische Modelle	- Räumliche Interpolation von Punkt- und Liniendaten - Digitale Geländemodelle - Ausbreitungsmodelle (Gauß'sche „plume“-Modelle)
(5) Numerische Modelle	- Grenzschichtmodelle (Boundary Layer Modelle)

ventionell erhobenen Daten kombiniert werden (WINIGER 1984).

- (4) Die oben erwähnte, räumliche Dateninterpolation wird sehr oft über geeignete statistische Verfahren vorgenommen (in der Regel über einen Regressionsansatz). Als geradezu prädestiniert für diese Aufgabe erweisen sich die digitalen Gelände-raster, in welchen normalerweise für regelmäßig angeordnete Gitternetzpunkte typische Angaben zur Topographie und zur Bodenbedeckung abgespeichert werden. Die gesuchte klimatologische (abhängige) Variable y wird aufgrund punktueller oder linearer Feldmessungen mit Hilfe des digitalen Gelände-rasters für jeden Gitterpunkt geschätzt:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Für x_1, x_2, \dots, x_n werden in der Regel unabhängige Variablen wie Meereshöhe, Hangneigung, Hangexposition, Oberflächenrauigkeit, Bodenbedeckung, Zeit (Tag, Monat, Jahr usw.) und Wetterlage eingeführt (PIELKE u. MEHRING 1977, ENDERS 1979).

Empirische und empirisch-statistische Modelle werden auch in der Stadtklimatologie vielseitig angewendet (OKE 1984). Im Zusammenhang mit der Modellierung der Luftfremdstoffausbreitung

von Punkt- oder Flächenquellen finden in der Geographie in erster Linie Gauß'sche „plume“-Modelle Anwendung (FILLIGER et al. 1984).

- (5) Mit der genannten Annäherung an die Physik werden neuerdings auch in der Geographie numerische Modelle angewendet (STEYN 1980). Dabei ist zu erwarten, daß derartige Boundary Layer Modelle zukünftig auch in der Geländeklimatologie vermehrt eingesetzt werden.

Physikalische Labormodelle (Windkanal, hydraulische Simulation) sind in der geographisch orientierten Geländeklimatologie bisher sehr selten zur Anwendung gekommen (WANNER 1983: 50–56). Im Zusammenhang mit stadnenergetischen Fragen oder mit der Schadstoffausbreitung in komplexer Umgebung (z. B. Straßenschluchten) dürften sie in Zukunft auch in der Geographie Fuß fassen (CERMAK 1971, OKE 1981).

6. Die Abschätzung der Klimateignung für den Weinbau – ein typisches Beispiel angewandter Geländeklimatologie

6.1. Zum Arbeitskonzept

Die angewandte Geländeklimatologie soll die Eignung des Geländeklimas für verschiedene Nutzungen abschätzen. Muß sie dies in mehr oder weniger komplexer Topographie tun, so ist sie auf einen raumzeitlich möglichst dichten Datensatz angewiesen. Im Rahmen des Projektes „Klimaatlas der Schweiz“ (KIRCHHOFFER et al. 1983) wird unter anderem eine Klimateignungskarte für den Weinbau im Maßstab 1:50 000 entworfen (VOLZ 1982). Abb. 5 zeigt in vereinfachter Form das ausgewählte Arbeitskonzept. Dabei ist klar zu erkennen, daß als Ausgangsinformation neben einem dichten Datensatz auch Angaben

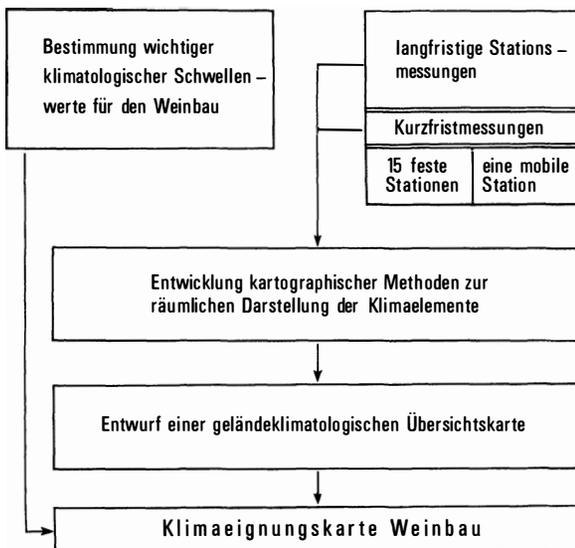


Abb. 5: Abschätzung der Klimateignung für den Weinbau im Raum des nördlichen Schweizer Juras: Arbeitskonzept (nach VOLZ 1982)

Evaluation of the climatological potential related to vine growing in the northern Swiss Jura: Working scheme (after VOLZ 1982)

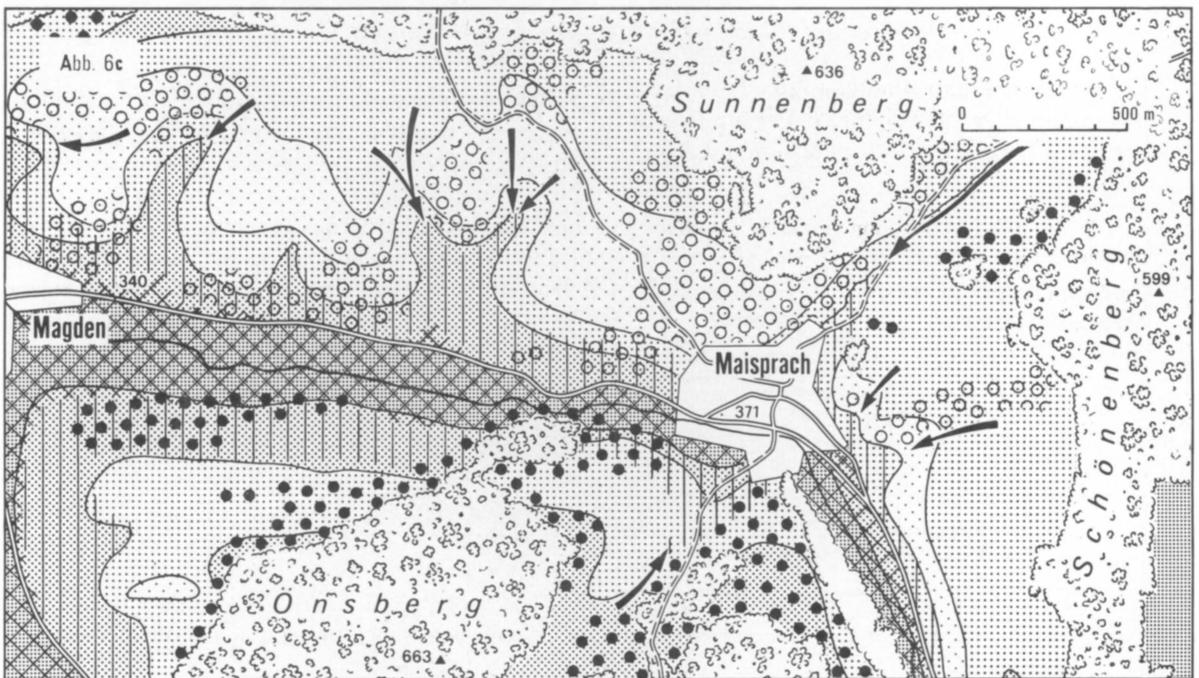
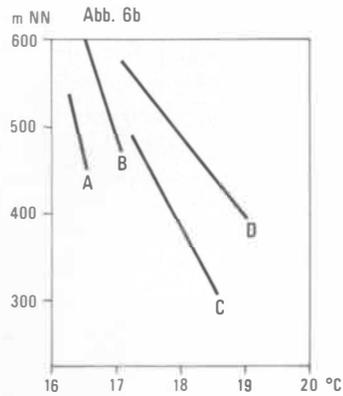
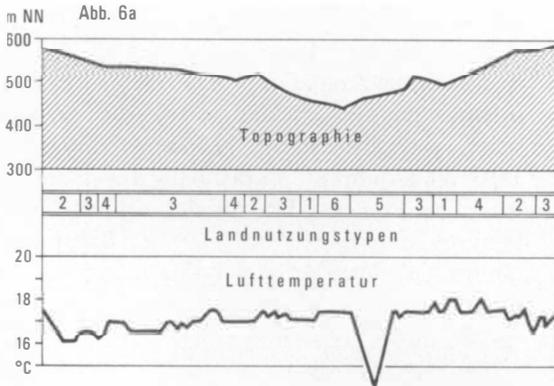
Tabelle 5: Geländeklimatologische Kriterien oder Schwellenwerte zur Definition der Weinbaugebiete im nördlichen Schweizer Jura (nach VOLZ 1982)

Topoclimatological criteria or conditions defining the suitability for vine growing in the northern Swiss Jura (after VOLZ 1982)

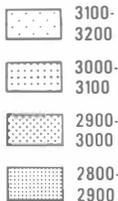
<p>Kriterium 1: Kaltluftgefährdung</p> <p>Die Reben müssen außerhalb der lokalen Kaltluftseen liegen</p>
<p>Kriterium 2: Temperatursumme</p> $\sum_{i=1}^N (T_{\max.} > 15 \text{ }^\circ\text{C}) \geq 650 \text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{für } 90\% \text{ aller Jahre})$ <p>N: Tage vom 1. Januar bis zur Weinernte</p>
<p>Kriterium 3: Direktstrahlungsenergie S</p> $S_{\text{April-Oktober}} \geq 600 \text{ KWH/M}^2$

von Weinbaufachleuten vorliegen müssen. Es handelt sich dabei um Schwellenwerte, welche als limitierende Größen das für den Weinbau mögliche Gebiet mitbestimmen helfen. In Tab. 5 sind die drei relativ einfachen Kriterien aufgelistet, welche für den Nordjura

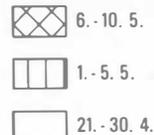
(Weinsorte: Blauburgunder) als geeignet befunden wurden. Da der Niederschlag in der untersuchten Region nicht limitierend wirkt, sprechen die gezeigten Kriterien in erster Linie das strahlungsengetische Milieu an.



Mittlere Temperatursumme während der Vegetationsperiode (°C)



Datum des letzten Frostes (≤ -2°C; 90% -Quantil)



Energie der direkten Sonnenstrahlung (April - Oktober)



Kaltluft - Abflurinne

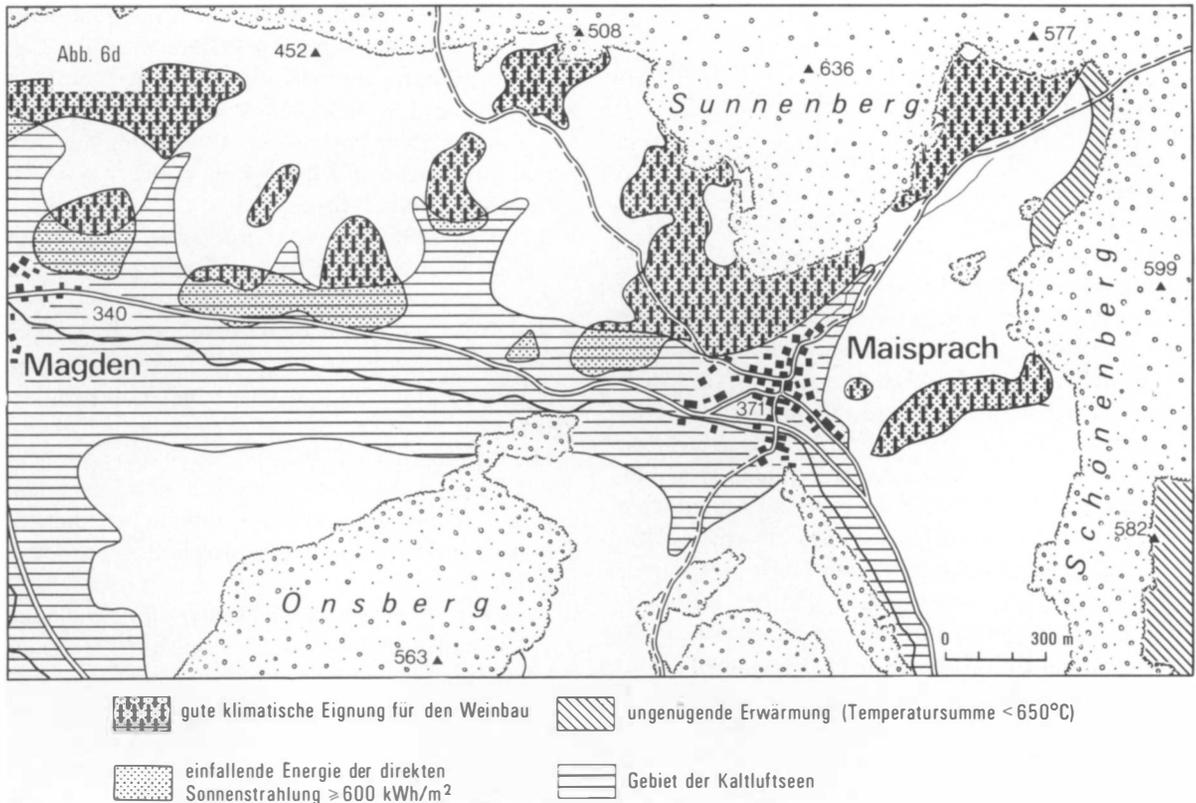


Abb. 6: Räumliche Interpolation von Liniendaten als Basis für die Abschätzung der Klimaeignung für den Weinbau im nördlichen Schweizer Jura (nach VOLZ 1982; verändert):

6a: Graphische Wiedergabe einer Meßfahrt vom 28. 9. 1978, früher Nachmittag; topographische Zuordnung oder Landnutzungstypen:

- | | |
|-----------------|---|
| 1: Talgrund | 4: Hangrinnen (mit häufigem Kaltluftabfluß) |
| 2: Plateaus | 5: Wald |
| 3: Hangbereiche | 6: Dorf |

6b: Höhenabhängige Temperaturprofile, gerechnet und dargestellt für verschiedene Expositionen

- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| A: Nordhänge | C: Talgrund |
| B: Osthänge und Plateaus | D: Süd- und Westhänge |

6c: Allgemeine geländeklimatische Karte für den landwirtschaftlichen Anbau im nördlichen Schweizer Jura (östlich Basel)

6d: Geländeklimatische Eignungskarte für die Weinsorte Blauburgunder (gleiches Gebiet wie 6c)

Spatial interpolation of line data as an application for the evaluation of the climatological potential for vine growing in the northern Swiss Jura (after VOLZ 1982; modified):

6a: Record of a measuring tour, performed on September 28, 1979 in the early afternoon with an instrumented car; topographical or land use categories:

- | | |
|-----------------|-------------------------------------|
| 1: valley floor | 4: channel (with cold air drainage) |
| 2: plateau | 5: forest |
| 3: slope | 6: village |

6b: Altitude dependent temperature profiles, calculated and represented for different exposures:

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| A: northern slopes | C: valley floors |
| B: eastern slopes and plateaus | D: southern and western slopes |

6c: Topoclimatological map for agricultural cultivation in the northern Jura (east of Basle)

6d: Map of the suitability for vine growing in the area shown on fig. 6c (species: Hearty Burgundy)

6.2. Einige Resultate

Einige Resultate der Studie sind auf Abb. 6 graphisch dargestellt. Sie können hier nur kurz kommentiert werden:

Abb. 6a zeigt einen typischen Datensatz (Lufttemperatur), welcher mit Hilfe des Meßwagens am frühen Nachmittag des 28. 9. 1979 erhoben wurde. Es ist klar zu erkennen, wie die Temperatur durch die Topographie und die Landnutzung merklich beeinflusst wird (tiefere Temperaturen in höheren Lagen und im Wald). Nach der genauen räumlichen Zuordnung der Daten kann pro Landnutzungstyp mit Hilfe linearer Regressionen eine lineare Abhängigkeit der Temperaturen von der Meereshöhe ausgedrückt werden (Abb. 6b). Über einen digitalen Geländeeraster lassen sich dann alle Punkt- und Liniendaten relativ rasch in Geländeklimakarten umsetzen. Abb. 6c zeigt eine geländeklimatische Karte des Untersuchungsgebietes, welche einige für den landwirtschaftlichen Anbau wichtige Klimatelemente darstellt. Dabei werden zwei Klimatelemente flächenhaft (Temperatursumme, letzter Frost), eines linear (Kaltluftfluß) und eines mit Punkten (Direktstrahlung) wiedergegeben. Recht klar kann dabei das von SE nach WNW laufende, kaltluftgefährdete Tal von den nördlich daran anschließenden Südhängen mit guter Besonnung abgegrenzt werden.

Abb. 6d stellt schließlich die geländeklimatische Eignungskarte für die Weinsorte Blauburgunder dar. Erneut ist zu erkennen, daß die günstigsten Bedingungen im oberen Bereich der Südhänge nördlich des Haupttales anzutreffen sind. Dies ist in der Tat das Areal, das heute noch mit Reben bebaut ist oder das im letzten Jahrhundert zum großen Teil mit Reben bebaut war.

7. Schlußbemerkungen¹⁾

Im vorliegenden Aufsatz wird dargestellt, daß die Geländeklimatologie zu den traditionellen Arbeitsgebieten der geographisch orientierten Klimatologie gehört. Sie folgt damit dem in der Geographie generell zu beobachtenden Trend in Richtung einer synthetischen und angewandten Arbeitsweise (HAGGETT 1983), lehnt sich jedoch in ihrer Methodik und Denkweise sehr stark den Prinzipien der angewandten, experimentellen Physik an.

Im Vordergrund der wichtigen Fragestellungen steht eindeutig die Frage der klimatologischen Eignungsbeurteilung für wichtige Nutzungen unseres Raumes. Aktuelle Arbeitsansätze sind:

- die Suche nach geeigneten Arealen für den Anbau landwirtschaftlicher Spezialkulturen oder für touristische Nutzungen;
- die Bereitstellung von Grundlagen, welche zur Einschränkung des Energieverbrauchs oder zur Nutzung passiver Energien beitragen;
- das Aufzeigen von Möglichkeiten zur Reduktion negativer Effekte von Stadt- und Industriegebieten (Luftverschmutzung, Wärmestreß, Windböigkeit usw.).

In methodischer Hinsicht dürfen in den kommenden Jahren Fortschritte bezüglich der folgenden, auch der angewandten Geländeklimatologie dienenden Instrumente und Arbeitstechniken erwartet werden:

- Ausbau technischer Möglichkeiten zur Anwendung von digitalen Geländeerastern sowie der Computerkartographie;
- Anwendung neuer Modelltechniken (numerische Grenzschichtmodelle, physikalische Labor- oder Analogmodelle);
- Verbesserung des Meßinstrumentariums (besonders in der dritten Dimension).

Literatur

- BARRY, R. G. and PERRY, A. H.: Synoptic climatology. Methods and applications. London 1973.
- BERENYI, D.: Mikroklimatologie. Stuttgart 1967.
- BITAN, A.: Applied climatology and its contribution to planning and building: the Israeli experience. In: Habitat Int. 7, 1983, S. 125-145.
- BLÜTHGEN, H. J. und WEISCHET, W.: Allgemeine Klimageographie. Berlin 1980.
- CERMAK, J. E.: Laboratory simulation für the atmospheric boundarylayer. In: Amer. Inst. Aeronaut. Astronaut. 9, 1971, S. 1746-1754.
- CHORLEY, R. J. and KENNEDY, B. A.: Physical geography. A systems approach. London 1971.
- CONRAD, V. and POLLAK, L. W.: Methods in climatology. New York 1950.
- ENDERS, G.: Theoretische Topoklimatologie. Nat. park Berchtesgaden, Forsch. ber. H 1, 1979.
- ENDLICHER, W.: Geländeklimatologische Untersuchungen im Weinbaugebiet des Kaiserstuhls. Ber. d. Dt. Wetterdienstes 150, Offenbach am Main 1980.

¹⁾ Der Verfasser dankt Herrn Prof. Dr. B. MESSERLI und Herrn Dr. M. WINIGER herzlich für zahlreiche Diskussionen und Ratschläge.

- FEZER, F. und SEITZ, R.: Klimatologische Untersuchungen im Rhein-Neckar-Raum. Heidelberger Geographische Arbeiten 47, 1977.
- FILLIGER, P., BERLINCOURT, P. und RICKLI, R.: Applied study of Turban air pollution climatology (Biel-Bienne, Switzerland). In: 25th Int. Geogr. Congress, Prepr. of the Conf. on Appl. Climatology, Zurich 1984, S. 93-94.
- GEIGER, R.: Die vier Stufen der Klimatologie. In: *Met. Zeitschr.* 46, 1929, S. 7-10.
- Geogr. Kommission SNG: Klima und Planung 79. Tagung Bern, 19./20. 9. 1979. Veröffentl. d. Sz. Naturforsch. Gesellschaft 6, 1980.
- GINSBURG, T.: Klimaforschung und Planung. Sep. abdruck Neue Zürcher Zeitung, 137, Zürich 1970.
- HAGGETT, P.: Geographie. Eine moderne Synthese. New York 1983.
- HANN, J.: Handbuch der Klimatologie. Stuttgart 1883.
- ITTEN, K. I.: Beitrag zu einer Neu-Definition der Geographie. In: *Geogr. Helv.* 37, 1982, S. 35-37.
- JEANNERET F. und VAUTIER, P.: Kartierung der Klimateignung für die Landwirtschaft in der Schweiz. Beiheft 4 z. Jahrbuch d. Geogr. Ges. v. Bern, 1977.
- KIRCHHOFER, W., VOLZ, R., WANNER, H. und WITMER, U.: Klimaatlas der Schweiz. Neue Zürcher Zeitung (Forschung und Technik), 155, 1983, S. 57.
- KIRCHHOFER, W., OHMURA, A. and WANNER, H. (Eds.): Applied climatology. 25th Int. Geogr. Congress, Prepr. of the Conf. on Applied Climatology, Zurich 1984.
- KLUG, H. und LANG, R.: Einführung in die Geosystemlehre. Darmstadt 1983.
- KNOCH, K.: Die Landesklimateaufnahme. Ber. d. Dt. Wetterd. 85, 1963.
- KÖPPEN, W.: Die Klimate der Erde. Grundriß der Klimakunde. Berlin 1923.
- KRAUS, H.: Was ist Klima? In: *Erdkunde* 38, 1984, S. 249-258.
- LESER, H.: Landschaftsökologie. Stuttgart 1976.
- LILJEQUIST, G. H.: Allgemeine Meteorologie. Braunschweig 1974.
- MESSERLI, B.: Klima und Planung 79. Tagung Bern, 19./20. 9. 1979. Veröffentl. d. Sz. Naturforsch. Gesellschaft 6, 1980.
- MESSERLI, B. und MESSERLI, P.: Wirtschaftliche Entwicklung und ökologische Belastbarkeit im Berggebiet (MAB Schweiz). In: *Geogr. Helv.* 33, 1978, S. 203-210.
- MÖLLER, F.: Einführung in die Meteorologie, Band I. Mannheim 1973.
- MUNN, R. E.: Descriptive micrometeorology. New York 1966.
- MUSK, L. F.: Applied climatology. In: *Progress in Phys. Geogr.* 7, 1983, S. 404-412.
- : Applied climatology. In: *Progress in Phys. Geogr.* 8, 1984, S. 450-458.
- ORKE, T. R.: Boundary layer climates. London 1978.
- : Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. In: *J. Climatol.* 1, 1981, S. 237-254.
- : The energetic basis of the urban heat island. In: *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* 188, 1982, S. 1-24.
- : Methods in urban climatology. In: 25th Int. Geogr. Congress, Prepr. of the Conf. on Appl. Climatology, Zurich 1984, S. 19-29.
- ORLANSKY, J.: A rational subdivision of scales for atmospheric processes. In: *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 56, 1975, S. 527-530.
- PERRY, A.: Growth points in synoptic climatology. In: *Progr. in Phys. Geogr.* 7, 1983, S. 90-96.
- PIELKE, R. A. and MEHRING, P.: Use of mesoscale climatology in mountainous terrain to improve the spatial representation of mean monthly temperatures. In: *Mon. Wea. Rev.* 165, 1977, S. 108-112.
- SCHIRMER, H.: Climatic basis for land-use planning. WMO 444, 1975.
- : Raumplanung und Klima. Klima und Planung 79. Veröffentl. d. Sz. Naturforsch. Gesellschaft 6, 1980, S. 11-20.
- : Climate and regional land-use planning. In: *Energy and Build.*, 7, 1984, S. 35-53.
- SCHMIDT, G.: Systemtheoretische Betrachtungsweise und Anwendung der Systemtheorie in der Geographie. In: *Pet. Mitt.* 123, 1979, S. 151-157.
- SCHÜEPP, M.: Kalender der Wetter- und Witterungslagen von 1955 bis 1967 im zentralen Alpengebiet. Veröffentl. d. Sz. Met. Zentralanstalt 11, 1968.
- SCHÜEPP, M. und GREDELMEIER, J.: Richtlinien und Erläuterungen zur Berücksichtigung der klimatischen Verhältnisse in der Orts- und Regionalplanung. Manuskript MZA, 1973.
- SEKIGUTI, T.: On the representation of climate. In: *Geophys. Mag.* 22, 1951, S. 61-71.
- STEYN, D. G.: Turbulence diffusion and the daytime mixed layer depth over a coastal city. Ph. D. dissertation, Univ. of British Columbia, Vancouver 1980.
- TAPPER, N. J., TYSON, P. D., OWENS, L. F. and HASTIE, W. J.: Modeling the winterurban heat island over Christchurch, New Zealand. In: *J. Appl. Meteor.* 20, 1981, S. 365-376.
- TERJUNG, W. H.: Process-response systems in physical geography. *Coll. Geogr.* 14, 1982.
- THORNES, J. E.: Atmospheric management. In: *Progress in Phys. Geogr.* 6, 1982, S. 561-578.
- THORNTHWAITE, C. W.: Topoclimatology. In: *Proceed. Meteorol. Conf. Toronto*, 1953, S. 227-232.
- VOLZ, R.: Das Geländeklima und seine Bedeutung für den landwirtschaftlichen Anbau. Diss. Univ. Bern, 1982.
- WANNER, H.: Grundzüge der Zirkulation der mittleren Breiten und ihre Bedeutung für die Wetterlagenanalyse im Alpenraum. In: *Das Klima*. Berlin 1980, S. 118-124.
- : Das Projekt „Durchlüftungskarte der Schweiz“ - Methodik und erste Ergebnisse. In: *Inform. u. Beitr. z. Klimaforschung*, 18, S. 1-66.

- : Methods in applied topoclimatology. In: 25th Int. Geogr. Congress, Prepr. of the Conf. on Appl. Climatology, Zurich 1984, S. 5-17.
- WANNER, H., BERLINCOURT, P. und RICKLI, R.: Klima und Lufthygiene der Region Biel - Gedanken und erste Resultate aus einer interdisziplinären Studie. In: Geogr. Helv. 37, 1982, S. 215-224.
- WANNER, H. und KUNZ, S.: Lokalwettertypen der Region Bern, In: Beitr. z. Klima d. Region Bern 9, 1977.
- WEISCHET, W.: Die räumliche Differenzierung klimatologischer Betrachtungsweisen. Ein Vorschlag zur Gliederung der Klimatologie und zu ihrer Nomenklatur. In: Erdkunde 10, 1956, S. 109-122.
- WILMERS, F.: Wettertypen für mikroklimatische Untersuchungen. In: Archiv. Met. Geoph. Biokl. B 16, 1968, S. 144-150.
- WINIGER, M.: Satellite data in topoclimatology. In: 25th Int. Geogr. Congress, Prepr. of the Conf. on Appl. Climatology, Zurich 1984, S. 41-52.
- YOSHINO, M. M.: Climate in a small area. Tokyo 1975.

DIE PREUSSISCHE KATASTERAUFNAHME IM HERZOGTUM KLEVE DER JAHRE 1731-38*)

Mit 4 Abbildungen und 1 Beilage (I)

GERHARD AYMANS

Summary: The Prussian cadastral survey in the dukedom of Cleves in the years 1731-38

The space covered by hand-drawn maps preserved in archives is generally not known. To make this information available it is suggested that archives extent the listing of such maps from record books to record maps, i. e. to small scale contemporary maps in which the hand-drawn historical maps are to be depicted to scale. This space-oriented procedure is particularly desirable in the case of sets of complementary maps of larger regions or territories, since they are rarely preserved in a single archive, but scattered in many.

The essay introduces the maps of the so-called Cleves cadastral survey carried out by Prussian engineer officers in the former Dukedom of Cleves in 1731-38. More than a thousand of these maps are known to have survived, and more than a hundred may still be found in some of the minor archives both in Germany and in the Netherlands. They deserve our attention first of all because of their technical qualities. The maps have a scale of 1:2041,5, and the very best differ as little as 0,04% from this scale. Their content, however, is not less reliable, for the allotments presented, down to the smallest garden of a few square feet, were measured, numbered and designated in the presence of the local jurors and of experts put on oath for the purpose.

A number of these maps, 37 altogether, cartographically reduced and joined together into a map of the scale 1:10.000, depict the land use of two of the former Cleves communities around 1734 (See supplement map). The reliability of this map is such that it can be used as a safe base for the reconstruction of former states of the region. About 40 years later, in 1775, a land development scheme ordered by the Prussian state changed the surface of this region considerably and the dissolution of the monasteries brought

about by the French Empire in 1802 added to these changes. The maps of the Cleves cadastral survey of 1731-38 are, therefore, very much superior to all later maps as far as geographical studies into the past of this region is concerned.

Zur Inwertsetzung alter handschriftlicher Karten

Spätmittelalterliche Urkunden, die erst heute entdeckt oder wiederentdeckt werden, ordnen sich wie von selbst in einen großen Zusammenhang mit anderen Urkunden ein, weil sie auf eine Art und Weise archivisch bearbeitet werden, die gerade ihren vielfältigen Verknüpfungsmöglichkeiten Rechnung trägt. Die Entdeckung oder Wiederentdeckung einer alten handschriftlichen Karte führt demgegenüber zu keinerlei vergleichbaren Ergebnissen, weil entsprechende archivische Vorarbeiten hierzu weitgehend fehlen. Archivare zählen Karten oft genug nicht zu den Archivalien im engeren Sinne, denn sie unterscheiden sich von diesen formal und inhaltlich so sehr, daß eine intensivere Beschäftigung mit ihnen meist als Belastung empfunden wird (ENGEL 1958, S. 5). Dieses Empfinden spiegelt sich auch in der archivwissenschaftlichen Literatur wider. Die Theorie vernachlässigt Karten bis zur Nichtachtung und

*) Die Ergebnisse dieses Beitrags sind im Rahmen einer Untersuchung zustande gekommen, die vom Minister für Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen gefördert worden ist. Für diese Unterstützung sei auch hier gedankt.