

<b>Zeitschrift:</b>	Beiheft zum Jahrbuch der Geographischen Gesellschaft von Bern
<b>Herausgeber:</b>	Geographische Gesellschaft Bern
<b>Band:</b>	4 (1977)
<b>Artikel:</b>	Kartierung der Klimaeignung für die Landwirtschaft in der Schweiz = Levé cartographique des aptitudes climatiques pour l'agriculture en Suisse
<b>Autor:</b>	Jeanneret, François / Vautier, Philippe
<b>Kapitel:</b>	3: Auswertung des meteorologischen Beobachtungsmaterials = Analyse des observations météorologiques
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-960238">https://doi.org/10.5169/seals-960238</a>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 23.02.2026

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

Les alinéas 3.4.2. et 3.4.3. résument et illustrent la manière dont les 20 zones d'aptitudes de la carte de synthèse ont été distinguées en fonction des combinaisons d'aptitudes rencontrées pour les différentes cultures dans les stations du réseau météorologique suisse.

Chaque station météorologique ou pluviométrique du réseau a en effet ses particularités propres et nous devions rassembler dans une même zone celles dont les caractéristiques peuvent être jugées équivalentes du point de vue pratique en agriculture.

### 3. AUSWERTUNG DES METEOROLOGISCHEN BEOBACHTUNGSMATERIALES ANALYSE DES OBSERVATIONS METEOROLOGIQUES

#### 3.1 VORHANDENE KLIMATOLOGISCHE ARBEITEN

##### 3.1.1 Ziele des Literaturstudiums

Für die Erarbeitung einer Klimaeignungskarte für die Landwirtschaft sollten vorhandene klimatologische Arbeiten über die Schweiz oder Teile unseres Landes herangezogen werden. Damit konnten bestehende Erfahrungen und Kenntnisse über die klimatischen Verhältnisse in der Schweiz mitverarbeitet werden.

Ein erster Schritt der klimatischen Bearbeitung bestand deshalb aus der Sichtung aller auffindbaren Arbeiten über Klima und Wetter in der Schweiz, und zwar vor allem unter dem Gesichtspunkt von Raumplanung und Umweltschutz.

Die letzte umfassende Bibliographie zur schweizerischen Klimatologie stammt von BILLWILLER (1927). Dieses Verzeichnis erschien im Rahmen der "Bibliographie der Schweizerischen Landeskunde" und enthält Literatur, die bis 1920 erschien. Zur Zeit verfügt auch keine Bibliothek über einen umfassenden klimatologischen Ortskatalog.

Im Rahmen der vorliegenden Studie musste zuerst diese Lücke gefüllt werden. Es wurde eine Bibliographie zusammengestellt, die klimatologische und meteorologische Publikationen über die Schweiz von 1921 bis 1973 enthält. Dieses Verzeichnis wurde in die "Klimatologie der Schweiz" der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt eingegliedert (JEANNERET 1975b), zusammen mit einem "Ergänzungsverzeichnis über Synoptik, Wettervorhersage und Flugmeteorologie" (COURVOISIER 1975). Dieser Bibliographie wurden einige methodische Hinweise auf wichtige Arbeiten über Klimatologie und ihre Anwendungen vorausgeschickt. Diese Angaben werden durch zwei weitere Literaturübersichten ergänzt, die zu Problemen der Mesoklimatologie und der Phänologie vorliegen (JEANNERET 1970 und 1975c).

Die nachfolgenden Abschnitte erläutern die Ergebnisse des Literaturstudiums, soweit sie für das Verständnis des weiteren Vorgehens wesentlich sind.

### 3.1.2 Arbeiten über die ganze Schweiz

Das Klima der Schweiz wurde unter den verschiedensten Gesichtspunkten behandelt: nach einzelnen Klimaelementen (Niederschläge, Temperatur), nach komplexeren Erscheinungen (Pflanzenphänologie), nach Gefahren (Frost, Hagel), nach Wetterlagen. Im Abschnitt 3.3 der Bibliographie zur "Klimatologie der Schweiz" (JEANNERET 1975b) findet sich die Verteilung der 105 aufgenommenen Publikationen (Tabelle 2).

Eine erste umfassende Klimamonographie über die ganze Schweiz stammt von MAURER, BILLWILLER und HESS (1909/1910). Dieses klassische Werk wird durch die seit 1959 erscheinende "Klimatologie der Schweiz" (SCHWEIZERISCHE METEOROLOGISCHE ZENTRALANSTALT, seit 1959) abgelöst. In dieser Reihe werden einzelne Wetterelemente, regionale Klimate und Witterungslagen behandelt.

Für Anwendungen sind Klima-Karten besonders interessant. Sie zeigen die räumliche Verteilung von Klimatypen oder Klimaelementen. Zu den ältesten Klimakarten der Schweiz sind diejenigen von MAURER, BRUECKMANN und UTTINGER (1931) zu zählen (Bevölkerung, Nebel, jährliche Wärmeschwankung, tägliche Wärmeschwankung, Föhn, mittlere jährliche Tagesminima der Niederschläge). Seither sind zahlreiche Karten über das Klima der Schweiz veröffentlicht worden. Unter den neueren Karten sollen diejenigen aus dem "Atlas der Schweiz" hervorgehoben werden (Blätter 11 bis 13a, "Klima und Wetter I bis IV": SCHÜEPP und ZINGG 1965; UTTINGER 1967; SCHÜEPP, BOUËT, PRIMAULT, PINI und ESCHER 1970; MAEDER und SCHÜEPP 1970). Dieser Karten fassen viele Aspekte des klimatischen Geschehens in unserem Lande zusammen. In letzter Zeit wurden zudem vermehrt angewandte Klima-Karten produziert, zum Beispiel über die Klimaeignung für die Landwirtschaft (MAEDER 1970), über die Klimaeignung für Siedlung und Erholung (MAEDER 1970), über die Ausreif wahrscheinlichkeit von Körnermais (PRIMAULT 1972).

Klimakarten der ganzen Schweiz wurden meist in den Massstäben 1:500 000 bis 1:2 Millionen publiziert, einige Blätter im Massstab 1:300 000, eine einzige Karte im Massstab 1:200 000 (Wärmegliederung von SCHREIBER et alii, 1977).

Für die vorliegende Studie müssen die Ergebnisse im Massstab 1:100 000 (Arbeitskarte) bzw. 1:200 000 (publizierte Karte) dargestellt werden können. In solchen Fällen genügen die kartierten Klimaunterlagen auf nationaler Ebene nicht, sondern man wird auch auf die zahlreichen regionalen und lokalen Arbeiten zurückgreifen.

### 3.1.3 Regionale und lokale Arbeiten

Die Bibliographie zur "Klimatologie der Schweiz" (JEANNERET 1975b) enthält Karten im Massstab 1:1 Million, die die Verteilung von lokalen und regionalen Arbeiten zeigen. Die Schweiz wurde bisher in recht unterschiedlicher Dichte klimatologisch erfasst und bearbeitet. Da diese Gegebenheiten für die Kartierung eine Rolle spielen (Kapitel 4), soll hier die Verteilung der regionalen und lokalen Arbeiten charakterisiert werden. Dabei handelt es sich nur um Hinweise, die Literatur mit allen bibliographischen Details ist in JEANNERET 1975b zusammengestellt.

Seit einiger Zeit werden die grossen Agglomerationen im allgemeinen intensiv erfasst, heute oft im Rahmen stadt-klimatischer Forschungsprogramme (zum Beispiel Zürich, Basel, Genf, Bern). In einigen Fällen erscheinen die Ergebnisse und Auswertungen nur als verwaltungsinterne Rapporte. Die Städte verfügen oft über die längsten Beobachtungsreihen (Basel seit 1755, Genf seit 1768).

In ländlichen Gebieten sind vor allem Anbaubedingungen (zum Beispiel für Intensivkulturen, Weinbaugebiete) Gegenstand besonderer Untersuchungen (Walliser Rhonetal, Nordufer der Seen). Seit einigen Jahren werden für die Planung klimatologische Unterlagen bereitgestellt (Kantone Waadt und Bern). Erholungsgebiete und insbesondere Kurorte werden im Hinblick auf Reiz- und Schonklima untersucht (Davos, Arosa, Engadin, Tessin, Montana, Adelboden). Für einige Seen wurde die klimatische Wirkung auf das Umland festgestellt (Bodensee, Zürichsee, Neuenburgersee, Genfersee, Luganersee, Langensee). Der Föhn und seine Wirkungen wurde in einigen besonders betroffenen Alpentälern beschrieben (Rheintal, Linth-Tal, Urner Reusstal, Walliser Rhonetal). Spezielle Klimate wie das mediterrane Klima der Alpensüdseite (Tessin, Mesolcina, Bergell) reizen zu einer Bearbeitung. Das Klima wichtiger Beobachtungsstationen wie Hochgebirgsstationen (Säntis, Jungfraujoch) oder von Flugplätzen (Kloten, Cointrin) sind Gegenstand spezieller Untersuchungen. Grössere Bauvorhaben erfordern meteorologische Expertisen, wie beispielsweise Strassenbauten (Oberengadin), Flugplätze (Grosses Moos), Kernkraftwerke (Lucens VD, Rüthi SG). Schliesslich müssen auch die zahlreichen Lokal-Klimatologen erwähnt werden, die zum Teil als Hobby einen bestimmten Raum bearbeiten (Kleintal, Valle Onsernone, Adelboden und viele andere) und damit einen höchst wertvollen Beitrag zur klimatologischen Erfassung unseres Lebensraumes leisten.

Neben diesen oft von punkthaften Beobachtungen ausgehenden Arbeiten müssen noch die Kartierungen erwähnt werden, die flächenhafte Aussagen gestatten. Geländeklimatische Karten erfordern entweder dichte Sondernetze (zum Beispiel Nebel- und Schnebeobachtungen im Kanton Bern) oder klimatische Zustandskartierungen (phänologische Aufnahmen im Kanton Waadt und in der Region Zürich).

Diese noch unvollständige Aufzählung zeigt, wie mannigfaltig die Ursachen sind, die das Interesse an einer klimatologischen Bearbeitung eines Raumes wecken können. Unterschiedliche Anwendungen bedeuten oft auch unterschiedliche Beobachtungen, Auswertungsmethoden und Interpretationen.

Im Gegensatz zu allen intensiv bearbeiteten Orten und Regionen sind jedoch noch weite Gebiete des Mittellandes (insbesondere der Kantone Freiburg, Solothurn, Aargau, Luzern, Zug, Thurgau) sowie des Juras noch nicht detailliert behandelt worden. Auch zahlreiche Alpentäler konnten klimatologisch nur ungenügend erfasst werden.

Die Tabelle 3 vermittelt eine zahlenmässige Uebersicht über die Verteilung meteorologischer und klimatologischer Publikationen über die Schweiz.

### 3.1.4 Die Einteilung der bestehenden Unterlagen

Bei der Sichtung der klimatologischen Literatur über die Schweiz wurden folgende Fragen für jede Publikation beantwortet:

- Welchen Ort oder welchen Raum betrifft die Arbeit?
- Welche Klimaelemente wurden behandelt?
- Ueber welche Zeitdauer wurden Beobachtungen bearbeitet?
- Welches Ziel verfolgte die Arbeit, welche Anwendungen sind vorgesehen?
- Werden Ergebnisse auf Karten dargestellt?
- Inwiefern eignet sich die Arbeit für eine Anwendung im Bereich Raumplanung - Umweltschutz?

Die Bibliographie zur "Klimatologie der Schweiz" (JEANNERET 1975b) umfasst nicht nur eine nach Autoren alphabetisch geordnete Liste, sondern auch räumliche Ueber-

Tabelle 3: Uebersicht über die räumliche Verteilung meteorologischer und klimatologischer Publikationen über die Schweiz. Da einzelne regionale und lokale Arbeiten unter verschiedenen Rubriken mehrmals aufgeführt werden können, stimmt die Summe der Kolonnen mit dem Total nicht überein. Die Anzahl Publikationen wurde anhand der Bibliographie zur "Klimatologie der Schweiz" (JEANNERET 1975b) bestimmt.

Tableau 3: Aperçu de la répartition géographique des publications météorologiques et climatologiques en Suisse. Comme quelques travaux régionaux et locaux figurent sous plusieurs rubriques, la somme des colonnes ne correspond pas au total. Le nombre des publications a été déterminé à l'aide de la bibliographie de la "Climatologie de la Suisse" (JEANNERET 1975b).

Raum Etendue	Anzahl Publikationen total davon mit Karten	
	nombre de publications total dont avec cartes	
1. Ganze Schweiz/Suisse entière	105	35
2. Landesteile/Paysages principaux		
Jura	3	-
Mittelland/plateau	9	1
Ostschweiz - Bodenseegebiet	13	-
Alpen/alpes	65	4
Suisse romande	6	-
3. Regionale und lokale Arbeiten (nach Kantonen) Travaux régionaux locaux (par canton)		
Aargau	6	-
Appenzell	5	1
Basel	59	2
Bern/Berne	35	8
Freiburg/Fribourg	4	-
Genève	21	1
Glarus	14	-
Graubünden	106	3
Luzern	3	1
Neuchâtel	20	-
St. Gallen	9	1
Schaffhausen	1	-
Schwyz	4	-
Solothurn	-	-
Thurgau	2	-
Tessin	100	3
Unterwalden	1	-
Uri	8	-
Vaud	56	6
Wallis/Valais	64	3
Zug	-	-
Zürich	50	5
Total	747	74

sichten, die die Arbeiten nach Landesteilen und nach Kantonen aufführen (analog zu Tabelle 3). Diese Uebersichtstabellen enthalten auch Angaben über die in den Arbeiten behandelten meteorologischen Beobachtungen (Art, Zeitdauer) sowie über die Anwendungsmöglichkeiten. Dies soll dem Benutzer - Meteorologen, Klimatologen, Geographen, Naturwissenschaftler, Agronomen, Techniker, Planer, Umweltschutz-Spezialisten - gestatten, rasch eine Uebersicht über vorhandene Grundlagen über ein bestimmtes Gebiet der Schweiz zu gewinnen.

Schliesslich werden auch Hinweise auf methodisch speziell interessante Arbeiten aus dem In- und Ausland gegeben. Sie sind unter folgenden Stichworten zu finden: Raumplanung, Umweltschutz, Landwirtschaft, Siedlung, Klimatologie, Lebewelt, Phänologie, Fernerkundung, elektronische Datenverarbeitung.

Die erwähnte Bibliographie enthält total 761 Titel, davon 747 über das Klima der Schweiz (Tabelle 3). Vollständigkeit wurde für meteorologische und klimatologische Literatur über die Schweiz von 1921 bis 1973 angestrebt, wobei nur publizierte und somit allgemein zugängliche Arbeiten aufgenommen wurden. Es liegen allerdings noch zahlreiche unveröffentlichte Arbeiten vor, die regional von Interesse sind (Manuskripte, Expertisen, Planungsgrundlagen und so weiter). Diese Unterlagen sind nur schwer zugänglich: in ausgewählten Bibliotheken, bei spezialisierten Institutionen, bei den Auftraggebern der Verwaltung und der Industrie. Nun sind aber Klima, Wetter und Luft ein öffentliches Gut. Demnach muss auch die Forderung aufgestellt werden, dass Kenntnisse über dieses Gut allgemein zugänglich gemacht werden müssen (siehe auch MAUNDER 1970 und 1976).

### 3.1.5 Probleme der Verwendung vorhandener Unterlagen

Grundsätzlich stellen sich bei der Verwendung vorhandener Unterlagen (Datenmaterial, Auswertungsergebnisse, Karten) für die Erarbeitung grossräumiger klimatologischer Grundlagenkarten folgende Probleme:

#### Beobachtungsart

Solange Beobachtungsmaterial der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt verwendet wird, sind die Werte verschiedener Arbeiten miteinander vergleichbar. In diesem Fall wurden die meteorologischen Beobachtungen mit gleichartigen Instrumenten nach derselben Anleitung und zur selben Tageszeit ausgeführt.

Ist dies jedoch nicht der Fall, müssen die verschiedenen Beobachtungsmethoden berücksichtigt werden. Sondernetze (für landwirtschaftliche, lufthygienische, verkehrstechnische oder andere Zwecke) werden oft nach ganz bestimmten Bedürfnissen ausgerichtet, die die Beobachtungsmethode und somit in den meisten Fällen auch die Beobachtungsergebnisse beeinflussen.

#### Beobachtungsperiode

Die Beobachtungsperioden, die verschiedenen Arbeiten zugrunde gelegt werden, unterscheiden sich voneinander in Dauer und Zeitpunkt. Wenn es sich um langjährige Reihen handelt (30 Jahre und mehr), so ist dieser Nachteil weniger gewichtig. Andernfalls sollten Klimaschwankungen im Verlauf der Periode berücksichtigt werden.

#### Stationsdichte

Für die Kartierung von klimatischen Elementen sind natürlich besonders solche Arbeiten wertvoll, die Beobachtungswerte mehrerer Stationen verarbeiten. Dabei spielt die räumliche Dichte der Stationen eine wesentliche Rolle. Besonders günstig sind Arbeiten, deren Ergebnisse auf Karten dargestellt werden. Dabei sind Massstab, Generalisierungsgrad sowie angewandte Interpolations- und Extrapolationsmethoden wesentlich.

#### Interpretation

Gemäss den Zielsetzungen verschiedener Arbeiten können die Interpretationen der Ergebnisse unterschiedlich ausfallen. Dies darf nicht ausser Acht gelassen werden, wenn die Folgerungen mehrerer Arbeiten miteinander in Beziehung gebracht werden.

Abschliessend muss betont werden, dass eine vergleichende Verwendung mehrerer Arbeiten in vielen Fällen heikel ist. Sehr oft gestatten regionale Arbeiten eine zuverlässige Differenzierung innerhalb des Arbeitsgebietes: es werden klimatische Grenzen charakterisiert, die auch in andern Zusammenhängen auftreten können.

### 3.2 METEOROLOGISCHES BEOBACHTUNGSMATERIAL

#### 3.2.1 Die Beobachtungen der Meteorologischen Zentralanstalt

Seit dem Jahr 1864 werden in der ganzen Schweiz systematisch meteorologische Messungen und Beobachtungen durchgeführt und gesammelt. Dieses Stationsnetz, das vorerst von der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft betrieben wurde, ging 1880 an die neu gegründete Schweizerische Meteorologische Zentralanstalt (MZA) mit Sitz in Zürich über. An etwa 80 bis 130 Stationen werden täglich drei mal Wetterbeobachtungen angestellt. Dazu kommen 300 bis 500 Regenmess-Stationen, die täglich die gefallenen Niederschläge messen (SCHNEIDER 1964, SCHÜEPP 1964). Seit 1864 haben sich allerdings die Beobachtungsnetze ständig gewandelt: Stationen wurden verlegt, neue Stationen gegründet und andere aufgehoben. Im Anhang zur klimatologischen Bibliographie werden in einer Liste und einer Karte die Änderungen der Beobachtungsnetze im Zeitraum von 1864 bis 1973 zusammengefasst (JEANNERET 1975b).

Ein wesentlicher Vorteil dieser Beobachtungsreihen liegt in der Kontinuität des Betriebes. Weder die Messinstrumente noch die Beobachtungsanleitungen haben sich sehr wesentlich geändert. Die Beobachter und die Stationen werden von Inspektoren der Meteorologischen Zentralanstalt ständig überwacht, so dass für die Einheitlichkeit der Beobachtungen eine gewisse Gewähr besteht.

Die Stationsdichte ist in der Schweiz nicht überall sehr gleichmässig. Der Aufgabe der Meteorologischen Zentralanstalt entsprechend ist sie so gehalten, dass sie eine meteorologische und klimatologische Übersicht über das ganze Land vermittelt. Die gegenwärtige Stationsdichte der Beobachtungsnetze kann jedoch regional- und lokal-klimatischen Ansprüchen nicht immer genügen.

Jede Beobachtungsstation sollte für ein gewisses Umland repräsentativ sein. Die Stationsstandorte sind aber ganz bestimmten lokalklimatischen Einflüssen ausgesetzt, die sich nicht immer isolieren lassen, die jedoch bei der Interpretation der Beobachtungsergebnisse berücksichtigt werden müssen: Wechsel der Stationsaufstellung in kleinem Umkreis (innerhalb einer Ortschaft, vergleiche Abschnitt 3.2.4), Wachstum der Städte (allmählicher Übergang einer Land- zu einer Stadtstation bei gleichbleibendem Standort, Akzentuierung des Stadtklimas), Änderungen von Vegetation und Überbauung rund um die Station. Es sind vor allem stadtnahe Stationen und Stadtstationen, die diesen Wandlungen besonders unterworfen sind (UTTINGER und SCHÜEPP 1951).

Die Beobachtungsergebnisse werden für die ganze Schweiz von der Meteorologischen Zentralanstalt veröffentlicht (siehe Abschnitt 1.3.1 der Bibliographie zur "Klimatologie der Schweiz, JEANNERET 1975b: 6): täglich im "Wetterbericht" (für eine Auswahl von meteorologischen Stationen), monatlich in den "Monatsberichten" und jährlich in den "Annalen" und den "Ergebnissen der täglichen Niederschlagsmessungen". Systematische Auswertungen über mehrere Jahrzehnte werden in der "Klimatologie der Schweiz" als Beihefte der "Annalen" publiziert (SCHWEIZERISCHE METEOROLOGISCHE ZENTRALANSTALT seit 1959).

### 3.2.2 Auswahl der Beobachtungsdaten

Beobachtungsmaterial, das für die Erarbeitung einer Klimaeignungskarte für die Landwirtschaft gemäss vorliegender Zielsetzung verwendet werden soll, muss verschiedene Bedingungen erfüllen:

- Es sind Klimaelemente zu berücksichtigen, die für das Pflanzenwachstum und den landwirtschaftlichen Pflanzenbau relevant sind.
- Es sollte eine möglichst homogene Beobachtungsreihe verfügbar sein.
- Es soll für möglichst viele Stationen eine vergleichbare Beobachtungsperiode greifbar sein.
- Die Datenmenge muss in der zur Verfügung stehenden Zeit bewältigt werden können (Beschaffung, Verarbeitung, Kartierung).

Es geht nun darum, diese Anforderungen, die von der Fragestellung her an die Beobachtungsdaten gestellt werden, mit den praktischen Möglichkeiten in Einklang zu bringen.

Als agroklimatisch relevante Wetterelemente ergeben sich nach KOBLET (1965):

- Intensität der Strahlung
- Gang der Temperatur
- Höhe und Verteilung der Niederschläge
- Bewölkung
- Luftfeuchtigkeit
- Windverhältnisse

Nach Abschnitt 2.1 sind ferner die Länge der Vegetationsperiode sowie die Schneandauer, der Tagesgang der Temperatur und bestimmte Konstellationen von Witterungsbedingungen wesentlich.

Damit sind alle wichtigen Wetterelemente erwähnt, deren Zusammenwirken zu einem guten Teil die landwirtschaftliche Produktion bestimmen. Es ist jedoch kaum möglich, bei einer Untersuchung der Klimaeignung sämtliche Elemente zu berücksichtigen. Aus praktischen Gründen wird eine Auswahl zu treffen sein. Unter den erwähnten Wetterelementen spielen sicher die Niederschläge und die Temperatur eine wichtige Rolle für das Pflanzenwachstum. Diese Elemente werden zudem meteorologisch besonders gut erfasst. Die Methodik der Messung von Niederschlagsmengen und Temperaturen ist relativ einfach.

Als Beobachtungsperiode eignet sich aus praktischen Gründen die in der "Klimatologie der Schweiz" (SCHWEIZERISCHE METEOROLOGISCHE ZENTRALANSTALT seit 1959) oft behandelte Zeitspanne von 1901 bis 1960. Zwar wäre eine Periode wünschenswert, die bis in die Gegenwart reicht.

Das Netz der Regenmess-Stationen ist bedeutend dichter als dasjenige der meteorologischen Stationen. Die Niederschläge stellen allerdings für die meisten Kulturen das wichtigste Klimaelement dar. Aus diesem Grunde wurden die Niederschläge auch für jene Stationen ausgewertet, von welchen keine Messungen weiterer Wetterelemente vorliegen (Regenmess-Stationen). Temperatur und andere Elemente werden nur an meteorologischen Stationen gemessen.

Mit dem Mass der anfallenden Datenmengen stellt sich sofort die Frage nach den Möglichkeiten der Verarbeitung. Der Einsatz einer elektronischen Datenverarbeitungsanlage war angesichts der zu erwartenden Mengen an Beobachtungsdaten unumgänglich.

Damit musste allerdings auch gerade nach bereits gelochten Daten gefragt werden, da im Rahmen der vorliegenden Studie Lochungen in grösserer Zahl nicht möglich waren. Von den bei der Meteorologischen Zentralanstalt verfügbaren Lochkarten kamen folgende in Betracht:

- Kartenart 03/13 und 04: drei tägliche Wetterbeobachtungen (ab 1971 ganzes Netz, Rückwärtslochung: ab 1966 98 Stationen, ab 1964 84 Stationen, ab 1931 20 Stationen, ab 1901 11 Stationen)
- Kartenart 33: Monatliche Temperaturmittel und -Extreme (1901 bis 1960, 91 Stationen)
- Kartenart 34: Monatliche Niederschlagsmengen (1901 bis 1960/1964/1972, 297 Stationen)
- Kartenart 35: Anzahl Niederschlagstage ( $N \geq 1,0$  mm; 1901 bis 1960, 274 Stationen)

Da die Lochkarten der Art 03/13 und 04 nicht über eine längere, einheitliche Periode verfügbar sind, wurden die Lochkarten 33 bis 35 gewählt. Das bedeutet aber, dass sich die ganze Analyse auf Monatsmittel beschränken musste. Die agroklimatischen Schwellenwerte (Abschnitt 2.2 und Tabelle 1) beziehen sich aus diesem Grund auf ganze Monate. Da aber für Monatsmittel noch keine Lochkarten mit Beobachtungen anderer Klimaelemente vorliegen, musste dieser Teil der Arbeit auf Niederschläge und Temperaturen beschränkt bleiben.

Die Lochkarten der Arten 33 bis 35 liegen für eine von der Meteorologischen Zentralanstalt getroffenen Auswahl von Stationen vor. Es handelt sich um zuverlässige Stationen, von welchen entweder Beobachtungen über die ganze Periode 1901 bis 1960 vorliegen oder mit Beobachtungen, die sich auf diese Zeitspanne reduzieren liessen. Bei der Auswahl wurde eine möglichst gleichmässige räumliche Verteilung angestrebt. Für einen Teil der Regenmess-Stationen liegen Beobachtungen der Niederschlagsmengen bis 1964 oder 1972 abgelocht vor. Für diese Stationen liess sich die oben geforderte Verlängerung der Beobachtungsperiode verwirklichen.

### 3.2.3 Das verwendete Datenmaterial

Die Meteorologische Zentralanstalt kopierte freundlicherweise die Daten der Kartenarten 33 bis 35 auf ein Magnetband, das auf einer Computeranlage in Bern weiterverarbeitet werden konnte.

Die Verteilung der Stationen wies einige wesentliche räumliche Lücken auf, die sich besonders bei der Kartierung nachteilig ausgewirkt hätten. Deshalb wurden einige Nachlochungen vorgenommen. Allerdings musste dabei mit einigen wesentlich kürzeren Reihen vorlieb genommen werden (12 bis 60 Jahre).

Die Tabelle 4 gibt eine Uebersicht über die bezogenen und die nachgelochten Daten. Die Tabelle zeigt auch das Ausmass der zur Verwendung gelangten Daten. Trotz der auferlegten Beschränkung in Bezug auf die Stationszahl, die gewählten Klimadaten und die zeitliche Dichte (keine Termin- oder Tageswerte, sondern nur Monatsmittel) sind gewaltige Datenmengen zur Bearbeitung angefallen: total über 500'000 Monatswerte.

Im Anhang findet sich eine ausführliche Liste mit Angaben über Lage der Station und über die verwendeten Klimabeobachtungen (Anhang 2). Total standen Beobachtungsdaten von 322 Stationen zur Verfügung, davon 82 mit je mindestens 60 Beobachtungsjahren für die drei Klimaelemente.

Tabelle 4: Uebersicht über die verwendeten Beobachtungsdaten der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt

Tableau 4: Aperçu des observations météorologiques mises à disposition par l'Institut Suisse de météorologie

LOCHKARTEN-ART CARTES PERFOREES	33 (0)	Monatliche Temperaturmittel Moyennes mensuelles des températures	
47 Stationen/stations	mit/avec	60	Beob.jahren/années d'obs.
1 Station/station	mit/avec	61	Beob.jahren/années d'obs.
1 Station/station	mit/avec	62	Beob.jahren/années d'obs.
41 Stationen/stations	mit/avec	64	Beob.jahren/années d'obs.
1 Station/station	mit/avec	70	Beob.jahren/années d'obs.
Total 91 Stationen/stations			

LOCHKARTEN-ART CARTES PERFOREES	34	Monatliche Niederschlagsmengen Quantités de précipitations mensuelles	
6 Stationen/stations	mit/avec	60	Beob.jahren/années d'obs.
1 Station/station	mit/avec	61	Beob.jahren/années d'obs.
1 Station/station	mit/avec	62	Beob.jahren/années d'obs.
2 Stationen/station	mit/avec	64	Beob.jahren/années d'obs.
1 Station/station	mit/avec	65	Beob.jahren/années d'obs.
1 Station/station	mit/avec	67	Beob.jahren/années d'obs.
7 Stationen/stations	mit/avec	68	Beob.jahren/années d'obs.
2 Stationen/stations	mit/avec	70	Beob.jahren/années d'obs.
5 Stationen/stations	mit/avec	71	Beob.jahren/années d'obs.
271 Stationen/stations	mit/avec	72	Beob.jahren/années d'obs.
297 Stationen/stations			
	dazu als Nachlochungen/cartes complémentaires		
2 Stationen/stations	mit/avec	12	Beob.jahren/années d'obs.
je 1 Station/station	mit/avec	23, 31, 34, 48, 50, 55, 58, 60 Beob.jahren/années d'obs.	
Total 307 Stationen/stations		(wovon total 33 Einzeljahre fehlen/ dont au total 33 années manquent)	

LOCHKARTEN-ART CARTES PERFOREES	35	Monatliche Anzahl Niederschlagstage ( $N \geq 1 \text{ mm}$ ) Nombre de jours de précipitation ( $N \geq 1\text{mm}$ ) par mois	
Total 274 Stationen/stations	mit/avec	60	Beob.jahren/années d'obs.

BEOBACHTUNGSAJAHRE UND MONATSWERTE FUER ALLE LOCHKARTEN-ARTEN  
NOMBRE D'ANNES D'OBSERVATION ET DE VALEURS MENSUELLES POUR TOUTES LES CARTES  
PERFOREES

Temperaturmittel Moyennes mensuelles	5'637 Jahre années	=	67'644 Monatswerte valeurs mensuelles
Niederschlagsmengen Quantités de précip.	21'576 Jahre années	=	258'912 Monatswerte valeurs mensuelles
Niederschlagstage Jours de précip.	16'440 Jahre années	=	197'280 Monatswerte valeurs mensuelles
Total	43'653 Jahre années	=	523'836 Monatswerte valeurs mensuelles

### 3.2.4 Kritische Bemerkungen zum Datenmaterial

Im Abschnitt 3.4 werden die Fehlerquellen der gesamten Untersuchung zusammengefasst. Auf einige Besonderheiten des Datenmaterials soll hier hingewiesen werden.

Die Problematik des Stationsstandortes wurde bereits erwähnt (3.2.1). Standortwechsel der Stationen innerhalb derselben Ortschaft sind aus den Publikationen der Meteorologischen Zentralanstalt nicht immer ersichtlich. Die Unterschiede der Beobachtungswerte zwischen zwei Aufstellungen können jedoch recht erheblich sein, wie UTTINGER und SCHÜEPP (1951) bei der Auswertung von Parallelbeobachtungen beim alten und beim neuen Gebäude der Meteorologischen Zentralanstalt in Zürich feststellten. Die Distanz zwischen beiden Aufstellungen beträgt 966 m, der Höhenunterschied etwa 80 m. Das alte Gebäude befand sich an der Gloriastrasse, das neue wurde an der Krähbühlstrasse gebaut. Die Temperaturdifferenzen betragen, von den zweijährigen Messungen (1949 bis 1951) auf langjährige Mittel (1901 bis 1940) reduziert,  $0,8^{\circ}$ . Zwischen Einzelmessungen können jedoch Differenzen bis  $2,9^{\circ}$  festgestellt werden. Der Quotient der Niederschläge Gloriastrasse/Krähbühlstrasse betrug im zweijährigen Mittel 106, schwankte in den Monatsmitteln jedoch zwischen 98 und 118. Die Differenzen zwischen den Aufstellungen sind grösser ausgefallen als anhand der Distanz und der Höhenunterschiede erwartet werden konnte. Sie sind wohl vorwiegend auf Unterschiede der Ueberbauung und des Stadteinflusses zurückzuführen.

Es kommt vor, dass eine Beobachtungsstation in eine benachbarte Ortschaft verlegt wird. Wenn die beiden Aufstellungen vergleichbar sind, so hat die Meteorologische Zentralanstalt die beiden Reihen zu einer durchgehenden Beobachtungsperiode vereinigt. Als Beispiele sind Aesch und Hitzkirch LU, Mezzana und Coldrerio TI zu erwähnen (siehe Anhang 2).

Die nachgelochten Beobachtungsdaten (Tabelle 4) müssen mit Vorbehalt aufgenommen werden. Es handelt sich meist um recht unterschiedliche Beobachtungsperioden, die unter Umständen schwer mit den übrigen Reihen 1901 und 1960 zu vergleichen sind. Ferner sind die Beobachtungswerte nicht ganz gesichert. Es handelt sich um folgende Stationen (siehe auch Anhang 2):

Widnau SG	Courtelary BE
Kloten ZH (Zürich Flughafen)	Gerlafingen
Pfannenstiel ZH	Muri AG
Wahlendorf BE	Unterbözberg AG
Cernier NE	Mezzana/Coldrerio TI

Die kritischen Bemerkungen, die vor allem SCHÜEPP (1960) und UTTINGER (1965) zu einzelnen Stationen anbringen, werden in der Stationsliste im Anhang 2 angeführt. Es handelt sich dabei um spezielle Angaben über Stationsstandorte, Wetterhütten oder zur Brauchbarkeit und zur Verarbeitung der Beobachtungsreihen. Gemäss diesen Bemerkungen liessen sich die Stationen in drei Kategorien einteilen. In die erste gehören vollständige meteorologische Stationen mit Beobachtungsdaten der drei verfügbaren Elementen (Monatsmittel der Niederschlagsmengen, Niederschlagstage und Temperaturen) über je mindestens 60 Jahre. Die übrigen meteorologischen Stationen und Regenmess-Stationen, bei welchen höchstens ungewöhnliche kritische Bemerkungen zu verzeichnen sind, gehören zur zweiten Kategorie. Schliesslich werden in der dritten Kategorie alle Stationen zusammengefasst, bei welchen wesentliche Vorbehalte ange meldet werden müssen, wie kurze Reihen, Inhomogenitäten, unsichere Ergebnisse und anderes mehr.

Diese Unterschiede müssen bei der Kartierung wie bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden, wie dies in Abschnitt 3.4.3 erläutert wird.

### 3.3 COMPUTER-AUSWERTUNG

#### 3.3.1 Einsatz der elektronischen Datenverarbeitung

Die Verarbeitung des umfangreichen Datenmaterials erforderte den Einsatz einer elektronischen Datenverarbeitungsanlage. Die Programmierung erfolgte durch Herrn Stefan KUNZ (Geographisches Institut der Universität Bern), der auch zu den nachfolgenden technischen Erläuterungen beigetragen hat.

Die programmiertechnische Beschreibung beschränkt sich im vorliegenden Kapitel auf Tatsachen, die für die Interpretation der Ergebnisse wesentlich sind. Genauere Unterlagen zu den Computerprogrammen (wie detailliertes Flussdiagramm und Source listing) finden sich im Anhang.

Die Computerprogramme wurden in FORTRAN IV verfasst. Die Auswertung erfolgte auf der Anlage IBM 370/158 der BEDAG in Bern (Rechenzentrum der Universität Bern).

#### 3.3.2 Die Problemstellung

Im Abschnitt 2.2 wurde ein System von agroklimatischen Perioden und zugehörigen Schwellenwerten erarbeitet. Als Klimaelemente wurden Niederschlagsmengen, Niederschlagstage und Temperaturen ausgewählt (siehe Abschnitt 3.2.2), als landwirtschaftliche Kulturen Futterbau, Getreide und Kartoffeln (siehe Tabelle 1).

Eine Periode ist eine für die betreffende Kultur signifikante Zeitdauer von einem oder mehreren Monaten. Für jedes untersuchte Klimaelement wird pro Periode je ein oberer und ein unterer Schwellenwert bezeichnet. Die wichtigste Verarbeitungsphase besteht aus einem Vergleich zwischen den Schwellenwerten und dem für die betreffende Periode entsprechenden Beobachtungswert. Liegt ein Beobachtungswert ausserhalb der Schwellenwerte (war also beispielsweise die Periode für diese Kultur zu feucht oder zu trocken), so ist diese Periode agroklimatisch "gestört", das heisst, dass die ungünstige Witterung wahrscheinlich den Ertrag dieses Landwirtschaftsjahres beeinträchtigt hat.

Dies soll an einem Beispiel erläutert werden: die Niederschlagsmengen für Getreide in Bern. Die Tabelle 5 zeigt die Zusammenstellung, die das Computer-Programm VOCLIM (siehe Abschnitt 3.3.3) produziert. Die Periode Nummer 17 (Zeile PER) umfasst die Monate Mai und Juni (Monate 9 und 10 im Landwirtschaftsjahr, Zeilen COM und FIN). In dieser Zeit sollen die Niederschläge mindestens 120 mm (Zeile MIN), aber höchstens 250 mm (Zeile MAX) betragen, damit die Periode als ungestört bezeichnet werden kann. Im Jahre 1970 regnete es im Mai 63 mm, im Juni 96 mm, zusammen also 159 mm. Diese Periode war in Bezug auf die Niederschlagsmengen für Getreide in Bern nicht gestört. Deshalb erscheint sie in der Tabelle nicht (Kolonne 17 der Zeile 70). Im Jahre 1971 dagegen regnete es im Mai 110 mm und im Juni 145 mm. Die Niederschlagsmenge dieser zu feuchten Periode ist deshalb mit 255 mm aufgeführt (Kolonne 17 der Zeile 71).

Tabelle 5: Output des VOCLIM-Computerprogrammes. Demonstration der Funktionsweise des Programmes und der Darstellung der Ergebnisse am Beispiel der Untersuchung der Niederschlagsmengen (in mm pro Jahr) für Getreide in Bern (siehe auch Abschnitt 3.3).

Tableau 5: Page produite par le programme d'ordinateur VOCLIM. Démonstration du fonctionnement du programme et de la représentation des résultats sur l'exemple de l'analyse des quantités de précipitation (en mm par an) pour les céréales à Berne (voir aussi l'alinéa 3.3).

#### L e g e n d e

##### Titel

Stationsname, Kanton, Postleitzahl (5-stellig), Lage, meteorologische Stationsnummer, Regenmess-Stationsnummer, landwirtschaftliche Kultur, Klimaelement

#### L e g e n d e

##### Titre

Nom de la station, canton, numéro postal (5 chiffres), emplacement, numéro de la station météorologique, numéro de la station pluviométrique, culture agricole, élément climatique

##### Abkürzungen

PER	Numerierung der Perioden
COM	Erster Monat der Periode im Landwirtschaftsjahr
FIN	Letzter Monat der Periode im Landwirtschaftsjahr
MIN	Unterer Schwellenwert
MAX	Oberer Schwellenwert
AN	Jahreszahl des untersuchten Landwirtschaftsjahres (Erntejahr)
SI	Anzahl der Perioden im Landwirtschaftsjahr mit Periodenwerten unter MIN
SS	Anzahl der Perioden im Landwirtschaftsjahr mit Periodenwerten über MAX
SPI	Anzahl Jahre mit Periodenwerten unter MIN
SPS	Anzahl Jahre mit Periodenwerten über MAX
SPI%	SPI in Prozenten aller Beobachtungsjahre
SPS%	SPS in Prozenten aller Beobachtungsjahre
SES%	Prozentwert der ungestörten Perioden (mit Periodenwerten zwischen MIN und MAX)

##### Abréviations

PER	Numéro des périodes
COM	Premier mois de la période (année agricole)
FIN	Dernier mois de la période (année agricole)
MIN	Seuil inférieur
MAX	Seuil supérieur
AN	Année agricole analysée (année de récolte)
SI	Nombre de périodes de l'année agricole avec des valeurs par période en dessous de MIN
SS	Nombre de périodes de l'année agricole avec des valeurs par période au-dessus de MAX
SPI	Nombre d'années avec des valeurs par période en dessous de MIN
SPS	Nombre d'années avec des valeurs par période au-dessus de MAX
SPI%	SPI en pourcents du total des années d'observation
SPS%	SPS en pourcents du total des années d'observation
SES%	Pourcentage des périodes non perturbées (avec des valeurs de périodes entre MIN et MAX)

##### Innerer Rahmen

Periodenwerte gestörter Perioden (ausserhalb der Schwellenwerte MIN und MAX). Kein Wert bedeutet, dass der Periodenwert innerhalb der Schwellenwerte liegt.

##### Cadre intérieur

Valeurs de périodes perturbées (en-dehors des seuils MIN et MAX). Aucune valeur signifie que la valeur de la période se situe entre les seuils.

##### Anmerkungen unter dem Rahmen

Beobachtungen: Schweizerische Meteorologische Zentralanstalt Zürich - Agroklimatische Schwellenwerte: Eidgenössische landwirtschaftliche Forschungsanstalt Nyon - Untersuchung: Geographisches Institut, Universität Bern - Im Auftrage des Delegierten für Raumplanung, Bern.

BERN

CANTON : BE NO.POSTAL : 30120

SITUATION : A\* ALTITUDE : 572 STA.CLIMAT.NO. : 7 STA.PLUIOM.NO. : 425

CEREALES: PRECIPITATIONS EN MM/MOIS

PER	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			
COM	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	4	7	8	9	10	7	10	10	9	8		
FIN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	6	9	9	10	12	12	11	12	14			
MIN	30	30	30	20	20	20	30	40	40	30	30	100	100	140	80	120	300	120	90	200	350				
MAX	150	150	150	250	250	250	150	150	150	150	150	400	450	350	250	250	700	400	250	550	800				
AN																							SI	SS	
2																							0	1	
3																							0	2	
4																							0	1	
5																							2	8	
6																							0	0	
7																							1	3	
8																							1	2	
9																							3	2	
10																							1	6	
11																							2	1	
12																							1	4	
13																							1	1	
14																							0	8	
15																							0	5	
16																							1	8	
17																							1	0	
18																							2	2	
19																							2	1	
20																							1	0	
21																							5	1	
22																							1	6	
23																							0	1	
24																							1	6	
25																							3	2	
26																							1	2	
27																							1	6	
28																							1	0	
29																							4	0	
30																							0	9	
31																							0	8	
32																							3	5	
33																							3	3	
34																							6	3	
35																							0	1	
36																							0	7	
37																							0	4	
38																							5	6	
39																							1	5	
40																							0	5	
41																							0	4	
42																							4	0	
43																							1	0	
44																							5	0	
45																							0	2	
46																							2	5	
47																							5	0	
48																							2	3	
49																							5	0	
50																							2	0	
51																							0	6	
52																							0	0	
53																							1	4	
54																							2	2	
55																							2	7	
56																							3	7	
57																							2	1	
58																							0	4	
59																							1	0	
60																							0	1	
61																							0	1	
62																							1	0	
63																							3	0	
64																							4	0	
65																							1	7	
66																							1	2	
67																							1	0	
68																							0	3	
69																							1	3	
70																							1	1	
71																							1	2	
72																							2	3	
SPI	3	16	9	8	4	19	13	5	2	1	3	2	2	4	12	3	356	800	446	334	557	887	107		
SPS	7	7	6	0	0	0	0	2	7	15	16	18	2	4	0	5	5	16	13	23	30	14	13	203	
SPI%	4.2	22.5	12.7	11.3	5.6	25.4	18.3	7.0	2.8	1.4	4.2	2.8	2.8	16.9	4.2	2.8	1.4	0.0	0.0	2.8	0.0	1.4	6.9		
SPS%	9.3	9.9	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	2.8	9.9	21.1	22.5	25.4	5.6	0.0	7.0	7.0	22.5	18.3	32.4	42.3	19.7	18.3	13.0	
SES%	POURCENT DES PERIODES SANS RESTRICTIONS (VALEURS ENTRE SEUILS MIN ET MAX)																						80.2		

OBSERVATIONS: INSTITUT SUISSE DE METEOROLOGIE ZURICH

SEUILS AGROCLIMATIQUES: STATION FEDERALE DE RECHERCHES AGRONOMIQUES NYON

ANALYSE: INSTITUT DE GEOGRAPHIE, UNIVERSITE DE BERNE

SUR MANDAT DU DELEGUE A L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE, BERNE

### 3.3.3 Arbeitsweise des Programmes

Mit dem speziell für die vorliegende Studie verfassten Computer-Programm VOCLIM (=VOcation CLIMatique) werden die in Abschnitt 3.3.2 beschriebenen Operationen für alle Perioden des Jahres, für alle vorhandenen Jahre und für alle Stationen durchgeführt. Die Abbildung 14 zeigt ein vereinfachtes Funktionsschema, während im Anhang 1 das vollständige Flussdiagramm zu finden ist. Für jede Station wird pro Kultur und Klimaelement eine Zusammenstellung nach dem Muster der Tabelle 5 ausgedruckt.

Zuerst werden die Beobachtungsdaten eingelesen. Dann müssen die Definitionen der Perioden und die Schwellenwerte dem Computer eingegeben werden. Diese Angaben erscheinen in jeder Stationstabelle (Zeilen PER, COM, FIN, MIN, MAX). Da im Rahmen von Landwirtschaftsjahren (September bis August) gearbeitet wird, müssen die in Kalendermonaten eingegebenen Beobachtungswerte umgruppiert werden. Anschliessend werden für jedes Jahr aus den Monatswerten die Periodenwerte berechnet (Aufsummieren der Monatswerte bei mehrmonatigen Perioden).

Nun folgt der Hauptteil, der Vergleich zwischen Periodenwerten und entsprechenden Schwellenwerten. Für jedes Jahr wird eine Zeile ausgedruckt. Die Bezeichnung des Jahres (Kolonne AN) bezieht sich auf das Erntejahr, somit bedeutet beispielsweise "2" das Erntejahr 1902 und das Landwirtschaftsjahr 1901/02. Die Jahreszeile enthält die Periodenwerte, die ausserhalb der Schwellenwerte liegen. Am Ende jeder Zeile wird die Anzahl der gestörten Perioden ausgedruckt (Anzahl Perioden mit Periodenwerten über dem oberen Schwellenwert in Kolonne SS, Anzahl Perioden mit Periodenwerten unter dem untern Schwellenwert in Kolonne SI).

Das Ergebnis aus dem gesamten Beobachtungszeitraum wird für die einzelnen Perioden und für die ganzen Jahre zusammengefasst (Zeilen SPI, SPS, SPI%, SPS% und SES%). Das Verhältnis zwischen günstigen und gestörten Perioden über alle Beobachtungsjahre stellt eine wesentliche Grundlage für die Bestimmung der Klimaeignung für die betreffende Kultur am Stationsstandort dar (siehe Abschnitt 3.4).

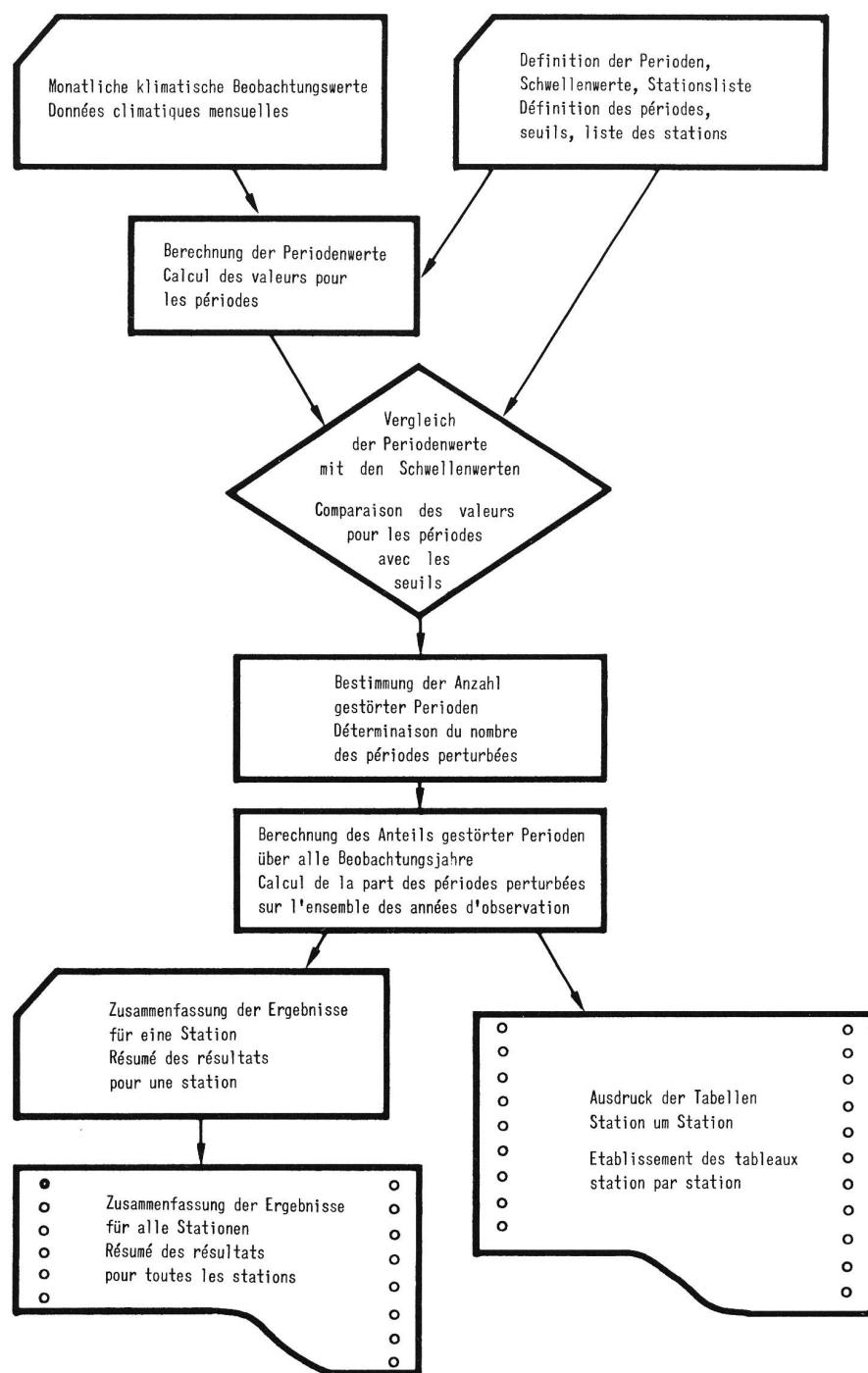


Abbildung 14: Funktionsschema der Computer-Auswertung VOCLIM (stark vereinfacht, siehe auch Anhang 1)

Figure 14: Schéma du fonctionnement de l'analyse par ordinateur VOCLIM (très simplifié, voir aussi annexe 1)

### 3.3.4 Input und Output

Im gesamten Input finden sich nur Datensätze im Lochkartenformat (Recordlänge = 80). Der Input kann auf beliebigen Datenträgern eingegeben werden, die Verarbeitung erfolgt sequentiell.

Steuerkarte (1 Lochkarte)

- Textfeld (Titel für Durchlauf)
- Anzahl Perioden
- Code für verwendete Stationsnummerierung
- Stationsnummer der ersten zu untersuchenden Station
- Stationsnummer der letzten zu untersuchenden Station
- Format der Beobachtungsdaten (VARIABLE FORMAT STATEMENT)

Perioden und Schwellenwerte (1 Record pro Periode)

- Nummer des ersten Monates der Periode
- Nummer des letzten Monates der Periode
- Unterer Schwellenwert
- Oberer Schwellenwert

Liste der Stationen (pro Station 1 Record)

- Stationsname
- Kanton
- Stationslage
- Meereshöhe
- Postleitzahl (5-stellig)
- Nummer der meteorologischen Station
- Nummer der Regenmess-Station
- Neue Stationsnummer MZA

Jahresdaten (pro Jahr 1 Record)

- Kartenart, bei Kartenart 33 Wetterelemente
- Stationsnummer
- Kalenderjahr
- Monatswerte (12)
- Jahreszeitenwerte (4)
- Jahreswert

Der erste Teil des Outputs besteht aus Stationstabellen (eine Tabelle pro Station und Durchlauf, siehe zum Beispiel Tabelle 5):

- Titel (Stationsname, Kanton, Stationslage, Meereshöhe, Stationsnummern, Kultur, Klimaelement)
- Tabellenkopf (Perioden und Schwellenwerte)
- Jahreszeilen (Jahr, Periodenwerte für gestörte Perioden, Anzahl gestörter Perioden über alle Beobachtungsjahre)
- Prozentwerte der Kolonnen (Häufigkeit in Prozenten)
- Häufigkeit ungestörter Perioden in Prozenten

Gleichzeitig wird pro Station und Durchlauf eine Lochkarte ausgestanzt, die Stationsnummer, Kultur, Klimaelement und prozentuale Häufigkeit der gestörten und ungestörten Perioden enthält. Diese Lochkarten werden verwendet, um zusammenfassende Listen aller Stationen auszudrucken.

Der zweite Teil des Output fasst die Ergebnisse für jede Kultur zusammen. Diese Liste mit sämtlichen Stationen enthält die Häufigkeit gestörter und ungestörter

Perioden (in Prozenten) für die drei zur Verfügung stehenden Klimaelemente (Niederschlagsmengen, Niederschlagstage und Temperaturen). Im Anhang 3 sind die Listen für die drei untersuchten Kulturen (Futterbau, Getreide und Kartoffeln) angeführt.

### 3.3.5 Durchführung der Verarbeitung

Die Daten wurden, wie bereits erwähnt, auf Magnetband von der Meteorologischen Zentralanstalt bezogen. Beim Ueberspielen vom Originalband auf ein anderes Band konnten sie nach Stationen und Klimaelementen geordnet und kontrolliert werden. Für die weitere Verarbeitung wurden die Daten jeweilen auf eine Magnetplatte überspielt, die einen leichteren Zugriff gestattet.

Für die Identifikation der Stationen musste eine Liste bereitgestellt werden. Dabei wurden nicht nur die bei der Meteorologischen Zentralanstalt hauptsächlich gebräuchlichen Nummern aufgenommen (alte meteorologische Stationsnummer, alte Regenmess-Stationsnummer, neue Stationsnummer), sondern auch die auf fünf Stellen ergänzte Postleitzahl des Stationsstandortes. Letztere gestatten eine rasche Lokalisierung und die Zusammenfassung von Stationen bestimmter Regionen. Ferner wurden auch topographische Charakteristiken aufgenommen: die Meereshöhe und die Stationslage nach SCHÜEPP 1960.

Die Auswertung erforderte für jede Kultur und jedes Klimaelement einen Durchgang. Dies ergab für die drei Kulturen (Futterbau, Getreide, Kartoffeln) und die drei Klimaelemente (Niederschlagsmengen, Niederschlagstage, Temperaturen) total neun Durchgänge. Der Output besteht aus je einer Tabelle pro Station für jeden Durchgang (wie Tabelle 5), das heisst dass über 2000 Tabellen produziert wurden. Gemäss der verfügbaren Daten (Tabelle 4) wurden total über 130'000 Jahreszeilen ausgedruckt. Die Grundoperation (Vergleich des Periodenwertes mit den Schwellenwerten) wurde etwa 1,6 Millionen mal ausgeführt.

### 3.3.6 Kritische Bemerkungen zur Verarbeitung

Abschliessend soll auf einige Besonderheiten der Verarbeitung des Datenmaterials hingewiesen werden. Diese kritischen Bemerkungen sind vor allem bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen.

Bei der Auswertung von Temperaturen für Getreide und Futterbau wurden zwei untere Temperaturschwellen definiert statt je einer unteren und einer oberen Schwelle. In unseren Klimabereichen bieten zu hohe Temperaturen für diese Kulturen nur selten Schwierigkeiten. Zudem sind Hitzeperioden oft nur von kurzer Dauer, so dass sie die Monatsmittel kaum wesentlich erhöhen. Kälteperioden sind dagegen deutlicher herauszulesen. Aus diesem Grund wurden für Getreide und Futterbau je eine gemässigte und eine strenge untere Temperaturschwelle bezeichnet (siehe Tabelle 1). Dies musste bei der Verarbeitung und der Interpretation der Ergebnisse entsprechend berücksichtigt werden.

Die Erträge von Wintergetreide können bereits durch die Witterung im Herbst beeinflusst werden. Deshalb wurden die Daten im Rahmen von Landwirtschaftsjahren bearbeitet, die im September beginnen und im August des nachfolgenden Kalenderjahres enden. Das bedeutet, dass jeweilen das erste Beobachtungsjahr einer Station kein Landwirtschaftsjahr bildet. Somit erscheint in den Ergebnissen erst das zweite Beobachtungsjahr (meist 1902). Die Jahreszahl in den Tabellen (nach dem Beispiel der Tabelle 5) bezieht sich auf das Jahr, in welchem geerntet wurde.

Im Datenmaterial der Meteorologischen Zentralanstalt fehlen für einige Stationen einzelne Jahre aus der Beobachtungsperiode. In diesen Fällen interpretiert der

Computer den letzten vorhandenen Herbst als Teil des nächsten aufgeführten Landwirtschaftsjahres. Fehlt beispielsweise das Beobachtungsjahr 1966, so setzt sich das Landwirtschaftsjahr 1967 aus den Monaten September bis Dezember 1965 und Januar bis August 1967 zusammen. Dieses Vorgehen ist zwar nicht richtig, kann aber statistisch kaum zu wesentlichen Nachteilen führen. Auf total 43'719 Beobachtungsjahren fehlen für 33 Jahre (0,08 %) die Daten der Niederschlagsmengen.

Nicht alle Monate des Landwirtschaftsjahres haben mit ihrer Witterung denselben Einfluss auf Pflanzenwachstum und auf landwirtschaftliche Erträge. Dies wird bei der vorliegenden Untersuchung dadurch berücksichtigt, dass wichtige Monate in mehreren Perioden auftreten (siehe Tabelle 1). Dadurch ergibt sich eine Gewichtung der Monate, die bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden muss (Abschnitt 3.4). Allerdings ist diese Gewichtung in der ganzen Schweiz dieselbe, das heisst dass die Perioden für höhere und tiefere, für nördliche und südliche Gebiete gleich definiert sind. Der Zeitpunkt des Erreichens bestimmter Wachstumsphasen der Pflanzen (zum Beispiel der Reifung) und der Ereignisse des Landwirtschaftsjahres (zum Beispiel der Ernte) ist von Region zu Region verschieden. Diese Variationen konnten in der Festlegung der Perioden nicht vollumfänglich berücksichtigt werden.

Abschliessend muss auch hier darauf hingewiesen werden, dass aus rein praktischen Gründen Monatsmittel Verwendung fanden. Tageswerte hätten einen wesentlich grösseren Verarbeitungsaufwand erfordert, aber die Ergebnisse wären gesicherter und aussagekräftiger ausgefallen. Die Anforderungen an künftige Arbeiten werden in diesem Sinne im Kapitel 6 der Erläuterungen zu den Klimaeignungskarten (VAUTIER und JEANNERET 1977b) formuliert.

### 3.4. KLASSIERUNG DER STATIONEN FUER DIE HAUPTKULTUREN

#### 3.4.1 Klassierungsmethoden

Die Ergebnisse der VOCLIM-Untersuchung (siehe Abschnitt 3.3 und Anhang 3) wurden von Hand weiter ausgewertet. Wie in Abschnitt 2.3 beschrieben ist, wurden für 85 vollständige meteorologische Stationen die Landwirtschaftsjahre einzeln eingestuft. Als Beurteilungskriterien dienten die Häufigkeiten und die Beobachtungswerte der gestörten Perioden. Zeitliche Konzentrationen von gestörten Perioden wirken sich negativ aus. Es wurde auch die zeitliche Verteilung ungünstiger Perioden in Bezug auf die regionale Vegetationsentwicklung berücksichtigt. Ferner spielen ebenfalls die Periodenwerte eine Rolle, das heisst die Abweichung vom oberen oder unteren Schwellenwert.

In diesem Sinn wurden die Perioden gewichtet. Gleichzeitig wurden auch die Ergebnisse für die drei verfügbaren Wetterelemente kombiniert. Jedes Landwirtschaftsjahr wurde dabei als gut, mittel oder schlecht taxiert.

Aus der Häufigkeit guter, mittlerer und schlechter Landwirtschaftsjahre wurde die Klimaeignung der einzelnen, vollständigen Stationen für die betreffende Kultur abgeleitet. Für die übrigen meteorologischen Stationen und die Regenmess-Stationen wurde die Klimaeignung anhand der vollständigen Stationen (Daten von den drei Wetterelementen verfügbar) extrapoliert. Die Abbildung 1 vermittelt für Getreide und die ausführliche Kartenlegende (Rückseite der Klimaeignungskarte in JEANNERET und VAUTIER 1977b) für alle Kulturen eine Uebersicht über die Beziehungen zwischen der Häufigkeit guter, mittlerer und schlechter Landwirtschaftsjahre und der Einstufung der Stationen (siehe auch Abschnitt 2.3.5 und Abbildung 13).

Diese Beurteilung wurde für die drei Hauptkulturen durchgeführt: Futterbau, Getreide und Kartoffeln. Dies ergab die wesentlichen Elemente der Klimaeignung. Dazu kamen noch drei ergänzende Kulturen, die ebenfalls in die Beurteilung einbezogen wurden. Es handelt sich um Körnermais, Zwischenfruchtbau und Spezialkulturen, für welche die Klimaeignung vorwiegend aus bestehenden Grundlagen bezogen oder konstruiert wurde. Im folgenden soll kurz erläutert werden, womit die Klimaeignung für die ergänzenden Kulturen bestimmt wurde.

- Körnermais: Karten der Ausreifwahrscheinlichkeit von Körnermais bis 15. Oktober, für ORLA 266 und ORLA 280 im Massstab 1 : 300'000 (PRIMAULT 1972) sowie für ORLA 254 im Massstab 1: 500'000 (von Dr. Ing. B. PRIMAULT, Schweizerische Meteorologische Zentralanstalt Zürich, nicht publiziert).
- Zwischenfruchtbau: Vor allem nach der Dauer der Vegetationsperiode (Karte der Wärmegliederung der Schweiz im Massstab 1: 200'000 von SCHREIBER et alii 1977), sowie nach der Häufigkeit von Trockenheit, Nässe und Hitze im Sommer (abgeleitet aus der VOCLIM-Untersuchung, siehe dazu Kapitel 3 der Erläuterungen sowie Karte des Niederschlagshaushaltes (JEANNERET und VAUTIER 1977b)).
- Spezialkulturen: Karte der Wärmegliederung der Schweiz im Massstab 1 : 200'000 von SCHREIBER et alii (1977) sowie Karten über Klima und Wetter und über den Pflanzenbau im "Atlas der Schweiz" (Blatt 11 - SCHÜEPP und ZINGG 1965, Blatt 12 - UTTINGER 1967, Blatt 13 - SCHÜEPP, BOUËT, PRIMAULT, PINI und ESCHER 1970, Blatt 50 - KOBLET und BRUGGER 1965). Dazu kommen Erfahrungen über die Verteilung der Spezialkulturen und über die Frostgefährdung (siehe Kapitel 2 der Erläuterungen, JEANNERET und VAUTIER 1977b).

### 3.4.2 Kombinationen verschiedener Kulturen

Die beschriebene Beurteilung führte zu einer agroklimatischen Einstufung jeder Klimastation gemäss der Eignung für die sechs Kulturen. Eine ausführliche Liste der Klimaeignung der Stationen für die verschiedenen Kulturen findet sich im Anhang zu JEANNERET und VAUTIER 1977b. Diese Indices bedeuten dabei (siehe auch die Legende zur Klimaeignungskarte):

für Futterbau (Hauptkultur)

- 1 sehr günstig (Flachland)
- 2 günstig (Flachland)
- 3 geeignet (Flachland)
- 4 geeignet, aber beschränkte Vegetationszeit (Berggebiet)
- 5 geeignet für Weiden und Wiesen (Berggebiet)
- 6 geeignet für Alpweiden

für Getreide und Kartoffeln (Hauptkulturen)

- 1 sehr günstig
- 2 günstig
- 3 geeignet
- 4 wenig geeignet
- 5 begrenzt

für Körnermais und Zwischenfruchtbau (ergänzende Kulturen)

- a günstig
- b geeignet
- c schlecht geeignet

für Spezialkulturen

- I      günstig
- II     geeignet
- III    wenig geeignet
- IV    begrenzt und ungeeignet

Die durch diese Indices bezeichneten Eignungen entsprechen klimatisch ganz verschiedenen Voraussetzungen. Diese spiegeln sich in den agroklimatischen Schwellenwerten wider (siehe Abschnitt 2.2, Tabelle 1 und Kartenlegende in JEANNERET und VAUTIER 1977b). Dies bedeutet, dass verschiedene Kombinationen von Indices für verschiedene Kulturen zu erwarten sind. Allerdings werden nicht alle theoretisch möglichen Kombinationen realisiert, da zwischen den Klimaeignungen verschiedener Kulturen oft Zusammenhänge bestehen. Beispielsweise wird ein gutes Getreideklima niemals für Futterbau völlig ungeeignet sein. In der Kombination der Eignungen der drei Hauptkulturen kommen in der Schweiz nur 36 von 216 theoretischen Möglichkeiten vor (16,7 %). Werden die Eignungen aller sechs Kulturen vereinigt, treten nur 61 von 7776 Kombinationen auf (0,8 %).

Die Tabelle 6 vermittelt eine Uebersicht über die auftretenden Kombinationen (nach Anhang zu JEANNERET und VAUTIER 1977b). Die Zahl der Stationen, die einer Klimaeignung zugeordnet werden, vertritt keinen flächenmässigen Anteil der betreffenden Zone. Dazu sind die Stationen zu wenig gleichmässig verteilt.

Die auftretenden Kombinationen wurden zu Eignungsklassen zusammengefasst. Klimatische Aehnlichkeit und Verwandtschaft waren die Kriterien, nach welchen die Zusammenfassung erfolgte. Aus praktischen Gründen und im Hinblick auf die Kartierung wurde die Zahl der Klassen auf 20 reduziert. Die Tabelle 7 zeigt die in jeder Klasse auftretenden Kombinationen. Gleichzeitig offenbart sich auch die klimatische Systematik: die Klassen werden nach der Länge der Vegetationsperiode und nach dem Niederschlagshaushalt gegliedert (siehe auch 3.4.3 und Abbildung 15).

Tabelle 6: Uebersicht über die auftretenden Kombinationen der Klimaeignung für sechs Kulturen (drei Hauptkulturen und drei ergänzende Kulturen)

Tableau 6: Aperçu des combinaisons d'aptitudes réalisées pour six cultures (trois cultures principales et trois cultures auxiliaires)

Legende / Légende

Kolonne <u>Colonne</u>	Kultur <u>Culture</u>	Klassen <u>Classes</u>
1	Futterbau herbages	1 - 6
2	Getreide céréales	1 - 5
3	Kartoffeln pommes de terre	1 - 5
4	Körnermais maïs-grain	a - c
5	Zwischenfruchtbau dérobées d'été	a - c
6	Spezialkulturen cultures spéciales	I - IV

Kolonne 7:  
Colonne 7: Anzahl Stationen mit der betreffenden Kombination  
Nombre de stations avec la combinaison en cause

1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1.2.1.a.a.I		6		2.1.2.a.a.I		2		3.1.3.a.a.I		1										
1.2.2.a.a.I		2		2.1.2.a.b.I		5		3.1.3.a.b.I		12										
1.3.1.a.a.II		12		2.1.3.a.b.I		1		3.1.3.a.b.II		1										
1.3.2.a.a.II		10		2.2.1.a.a.II		9		3.1.4.a.b.I		7										
1.4.3.a.b.II		3		2.2.1.b.b.II		9		3.2.2.a.b.I		2										
1.4.4.a.b.II		2		2.2.2.a.a.I		19		3.2.2.b.b.II		1										
1.5.4.a.b.II		6		2.2.2.a.a.II		1		3.2.3.a.b.I		2										
1.5.5.a.b.II		2		2.2.2.b.b.II		12		3.2.3.b.b.II		1										
				2.2.2.c.c.III		1		3.3.3.a.b.I		1										
				2.2.3.c.c.III		1		3.3.3.c.c.III		1										
				2.3.1.a.a.II		1		3.3.4.a.a.I		3										
				2.3.1.b.b.II		5		3.3.4.a.b.I		2										
				2.3.1.c.c.III		1		3.3.4.a.c.I		5										
				2.3.2.b.b.II		4		3.4.4.a.b.I		3										
				2.3.2.c.c.III		7		3.4.4.b.b.II		3										
				2.3.3.b.b.II		1		3.4.4.b.c.II		4										
				2.3.3.c.c.III		6		-----												
				2.4.3.b.b.II		1		4.3.3.c.c.IV		3										
				2.4.3.c.c.III		9		4.4.3.c.c.IV		2										
				2.4.4.b.b.II		1		4.4.4.c.c.IV		9										
				2.4.4.c.c.III		1		4.4.5.c.c.IV		1										
				2.4.4.c.c.IV		1		4.5.4.c.c.IV		21										
				2.5.3.b.b.II		1		4.5.5.c.c.IV		37										
				2.5.3.c.c.III		3		4.5.5.a.c.IV		1										
				2.5.4.b.b.II		1		-----												
				2.5.4.c.c.III		6		5.5.5.c.c.IV		27										
				2.5.4.c.c.IV		1		-----												
				2.5.5.c.c.II		2		6.5.5.c.c.IV		10										
				2.5.5.c.c.III		5														
				2.5.5.c.c.IV		2														

Anzahl Stationen (Total der Kolonnen 7): 322  
 Nombre des stations (total des colonnes 7): 322

### 3.4.3 Gliederung der Ergebnisse

Die in Tabelle 7 dargestellten Eignungsklassen lassen sich in ein Schema gliedern, das die Länge der Vegetationsperiode (vor allem nach SCHREIBER et alii 1977) und den Niederschlagshaushalt (VOCLIM-Untersuchung, siehe Abschnitt 2.2, sowie Kapitel 3 in JEANNERET und VAUTIER 1977b) umfasst. Während die Tabelle 7 die Zusammensetzung der einzelnen Klassen zeigt, sollen die Abbildungen 15 bis 17 die Verhältnisse im systematischen Zusammenhang veranschaulichen. Die Länge der Vegetationsperiode widerspiegelt die Höhengliederung in ihrem klimatischen Zusammenhang (in den Abbildungen 15 bis 17 als Ordinate), während eine weitere Dimension durch den regionalen Niederschlagshaushalt gegeben ist (als Abszisse dargestellt). Letzterer variiert in fünf Stufen zwischen chronischer Sommertrockenheit über Ausgeglichenheit zu chronischer Nässe. Die sechste Stufe befindet sich ausserhalb dieser Abfolge, da der südalpine Niederschlagshaushalt sich durch eine besondere Unausgeglichenheit auszeichnet (siehe Kapitel 3 und Kartenlegende in JEANNERET

und VAUTIER 1977b). Der Niederschlagshaushalt ist innerhalb einer klimatischen Region einigermassen konstant, es handelt sich um eine mesoklimatische Grösse.

Die Variationsbreite des Niederschlagsgeschehens nimmt mit der Höhe stetig ab. Während sich in den Stufen A und B je fünf Klassen bilden lassen, reduziert sich diese Zahl für die Stufen C bis E auf zwei. Das Hochgebirge (Stufen F bis H) lässt sich in Bezug auf den für die Landwirtschaft wirksamen Niederschlagshaushalt kaum mehr unterteilen. Ab Stufe C können nord- und südalpine Klimate in dieser Beziehung nicht mehr unterschieden werden.

Die Abbildung 15 soll dieses Verhältnis anschaulich zeigen. Der Gehalt der Dreiecks-Darstellung entspricht grundsätzlich demjenigen der Tabelle 7 oder der Kartentabelle. Die Zuspitzung in die Höhe soll die abnehmende Variationsbreite des Niederschlagsgeschehens, der Hang nach rechts die generelle Zunahme der Niederschläge in der Höhe andeuten. In den Abbildungen 16 und 17 wird nach demselben Prinzip die Verteilung der Klimaeignung einzelner Kulturen zu Darstellung gebracht. Dabei lassen sich die klimatischen Bedürfnisse der Kulturen an die Vegetationsdauer (die auch als Vertreter der thermischen Verhältnisse angesehen werden kann) und an den Niederschlagshaushalt (vertretend für Wasserangebot und Feuchtigkeitsverhältnisse) deutlich demonstrieren. Beispielsweise erscheint erwartungsgemäss die beste Klimaeignung für Getreide bei mässig trockenem bis ausgeglichenem Niederschlagscharakter und langer Vegetationsperiode (über 190 Tage). Für Futterbau dagegen findet sich das beste Klima bei ausgeglichenem Niederschlagsgeschehen oder bei reichlichem Wasserangebot sowie bei sehr langer Vegetationsperiode (über 210 Tage). Das Optimum für die Hauptkulturen findet sich bei Ausgeglichenheit des Niederschlagsgeschehens und langer Vegetationsperiode. Oberhalb der Stufe C reagieren alle Kulturen auf die verkürzte Vegetationsperiode. Innerhalb der Stufen A und B kann der Futterbau durch Trockenheit beeinflusst werden, während Getreide und Kartoffeln beide Extreme des Niederschlagshaushaltes wenig ertragen. Für Futterbau deutet die einfache Verteilung innerhalb des Dreiecks auf Anpassungsfähigkeit der Kultur hin, komplizierte Strukturen bei Getreide und vor allem bei Kartoffeln auf spezifischerere Ansprüche an das Klima. Der Maisbau scheint im Rahmen der schweizerischen Klimate nur durch die Länge der Vegetationsperiode, jedoch weniger durch den Niederschlagshaushalt beeinträchtigt zu werden. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass für die ergänzenden Kulturen (Abbildung 17) keine eigenen Untersuchungen angestellt wurden. Die Klimaeignung für Körnermais, Zwischenfruchtbau und Spezialkulturen musste aus verschiedenen bestehenden Grundlagen abgeleitet werden (siehe Abschnitt 3.4.1).

Viele derartige Beziehungen zwischen Eignungsklassen und Klima lassen sich aus diesen Darstellungen (Abbildungen 16 und 17) herauslesen. Konkrete Beispiele finden sich in Landschaftsprofilen bestätigt (siehe JEANNERET und VAUTIER 1977b, Abschnitt 5.5), während die räumliche Verteilung den Karten entnommen werden kann.

**Tabelle 7:** Schema der Kombination von Klimaeignungen verschiedener Kulturen zu Eignungsklassen (siehe auch Tabelle 1 der ausführlichen Legende zu den Klimaeignungskarten in JEANNERET und VAUTIER 1977b)

**Tableau 7:** Schéma des combinaisons des aptitudes climatiques de différentes cultures pour former des zones (voir aussi le tableau 1 de la légende détaillée des cartes des aptitudes climatiques de JEANNERET et VAUTIER 1977b)

### Legende

A<sub>1</sub> Eignungsklasse  
 1.2.3 Klimaeignung für: Futterbau  
 a.b.I (1 bis 6), Getreide (1 bis 5), Kartoffeln (1 bis 5), Körnermais (a bis c), Zwi-schenfruchtbau (a bis c) und Spezialkulturen (I bis IV), nach Abschnitt 3.4.2

### Légende

A<sub>1</sub> Zone  
 1.2.3 Aptitudes pour: herbages (1 à 6), céréales (1 à 5), pommes de terre (1 à 5), maïs-grain (a à c), dérobées d'été (a à c) et cultures spéciales (I à IV), selon l'alinéa 3.4.2

### Länge der Vegetationsperiode

A sehr lang (210 bis über 250 Tage)  
 B lang (190 bis 210 Tage)  
 C mittel (180 bis 190 Tage)  
 D beschränkt (170 bis 180 Tage)  
 E sehr beschränkt (150 bis 170 Tage)  
 F kurz (100 bis 150 Tage)  
 G sehr kurz (weniger als 100 Tage)  
 (H) unproduktiv

### Durée de la période de végétation

A très longue (210 à plus de 250 jours)  
 B longue (190 à 210 jours)  
 C moyenne (180 à 190 jours)  
 D restreinte (170 à 180 jours)  
 E très restreinte (150 à 170 jours)  
 F courte (100 à 150 jours)  
 G très courte (moins de 100 jours)  
 (H) non productif

### Niederschlagshaushalt

1 sehr trocken (Tendenz zu chro-nischer Sommertrockenheit)  
 2 trocken (Tendenz zu gelegent-licher Sommertrockenheit)  
 3 ausgeglichen  
 4 mässig feucht (Tendenz zu ge-legentlicher Nässe)  
 5 sehr feucht (Tendenz zu chro-nischer Nässe)  
 6 unausgeglichen (südalpiner Typ)

### Régime pluviométrique

1 très sec (tendance à la sécheresse estivale chronique)  
 2 modérément sec (tendance à la sécheresse estivale occasionnelle)  
 3 équilibré  
 4 modérément humide (tendance à l'humidité occasionnelle)  
 5 très humide (tendance à l'umi-dité chronique)  
 6 déséquilibré (type sud des Alpes)

Niederschlagshaushalt / Régime pluviométrique					
(H) (H) unproduktiv / non productif					
G	G 6.5.5.c.c.IV				
F	F 5.5.5.c.c.IV				
E	E <sub>1-3</sub> 4.4.4.c.c.IV		E <sub>4-6</sub> 4.5.5.c.c.IV		
D	D <sub>1-4</sub> 4.3-4.3.c.c.IV			D <sub>5-6</sub> 4.5.4.c.c.IV	
C	C <sub>1-4</sub> 2-3.3.2-3.c.c.III			C <sub>5-6</sub> 2.4-5.3-5.c.c.III	
B	B <sub>1</sub> 3.3.3-4. b.c.II	B <sub>2</sub> 2-3.1-2. b.b.II	B <sub>3</sub> 2.2.1-2. b.b.II	B <sub>4</sub> 2.3.1-2. b.b.II	B <sub>5</sub> 2.4-5.3-5. b.b.II
A	A <sub>1</sub> 3.3.4. a.c.I	A <sub>2</sub> 2-3.1-2. a-a.b.I	A <sub>3</sub> 1-2.1-2. a.a.I	A <sub>4</sub> 1.3.1-2. a.a.II	A <sub>5</sub> 1-2.4-5. 3-5. a-b.b.II
					A <sub>6</sub> 2-3.3-4.4. a.a.I

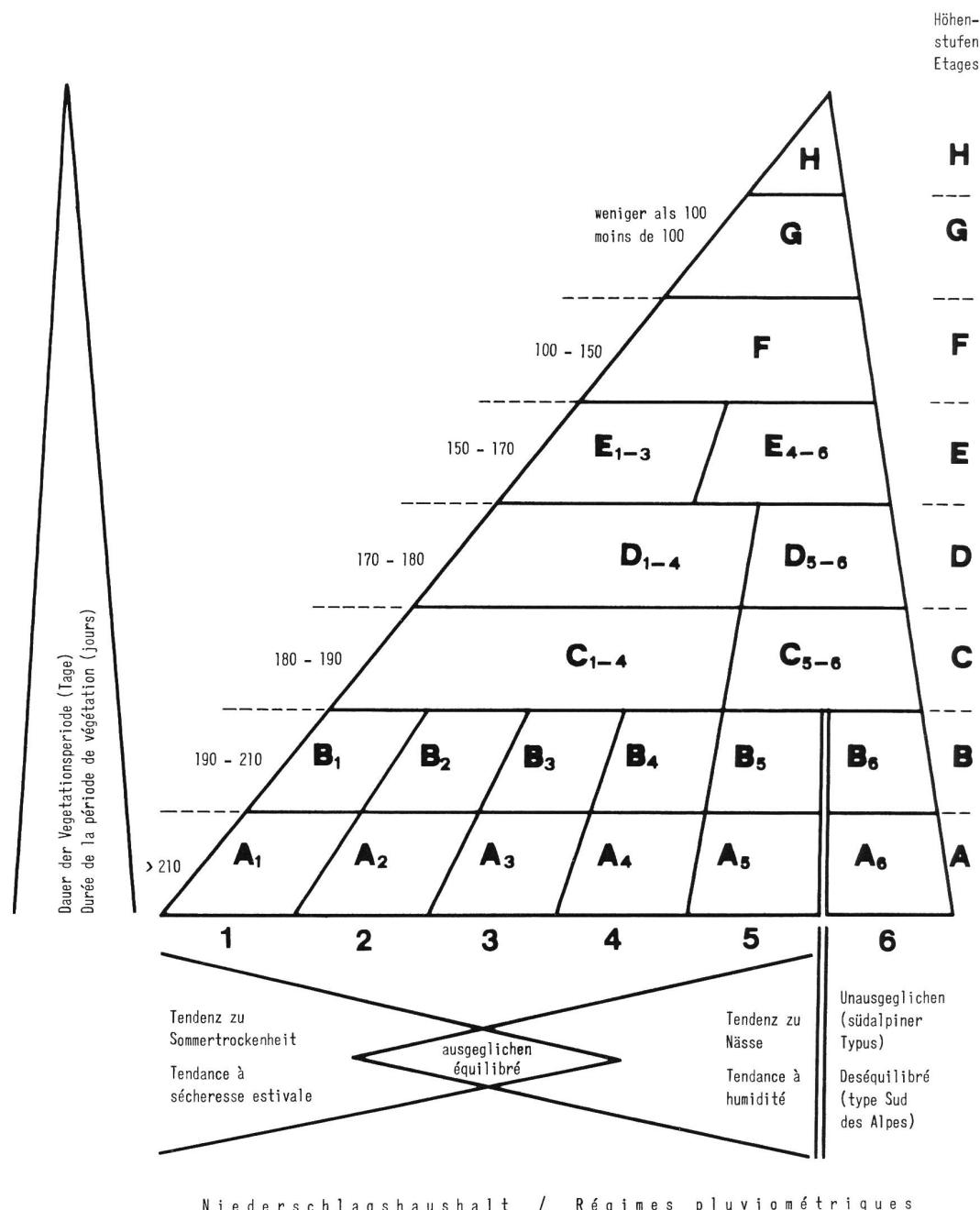


Abbildung 15: Verteilungsschema der Eignungszonen (Dreiecksflächen, A<sub>1</sub> bis H) in Abhängigkeit der Vegetationsperiode (Ordinate, A bis H, nach SCHREIBER et alii 1977, siehe auch Tabelle 7) und des Niederschlagshaushaltes (Abszisse, 1 bis 6, siehe Tabelle 7 und Abschnitt 4.1)

Figure 15: Schéma de la répartition des zones d'aptitude (surfaces du triangle, A<sub>1</sub> à H) par rapport à la période de végétation (ordonnée, A à H, selon SCHREIBER et alii 1977, voir aussi le tableau 7) et au régime pluviométrique (abscisse, 1 à 6, voir tableau 7 et alinéa 4.1)

Klimaeignung (Dreiecksflächen)  
Aptitudes climatiques (surfaces du triangle)

Futterbau / Herbages

- 1 sehr günstig (Flachland)  
très favorable (plaine)
- 2 günstig (Flachland)  
favorable (plaine)
- 3 geeignet (Flachland)  
moyen à médiocre (plaine)
- 4 geeignet, aber beschränkte Vegetationsperiode  
bon, mais période de végétation restreinte
- 5 geeignet für Wiesen und Weiden  
bon pour pâtures et prairies
- 6 geeignet für Alpweiden  
bon pour alpages

Getreidebau und Kartoffeln / Céréales et pommes de terre

- 1 sehr günstig / très favorable
- 2 günstig / favorable
- 3 geeignet / moyen
- 4 wenig geeignet / peu favorable
- 5 begrenzt / marginal à mauvais

Länge der Vegetationsperiode (Ordinate)  
Longeur de la période de végétation (ordonnée)

- A > 210 Tage / jours
- B 190 - 210 Tage / jours
- C 180 - 190 Tage / jours
- D 170 - 180 Tage / jours
- E 150 - 170 Tage / jours
- F 100 - 150 Tage / jours
- G < 100 Tage / jours
- (H) unproduktiv / non productif

Niederschlagshaushalt (Abszisse)  
Régime pluviométrique (abscisse)

- 1 sehr trocken / très sec
- 2 mäßig trocken / modérément sec
- 3 ausgeglichen / équilibré
- 4 mäßig feucht / modérément humide
- 5 sehr feucht / très humide
- 6 unausgeglichenen (südalpiner Typus)  
déséquilibré (type sud des Alpes)

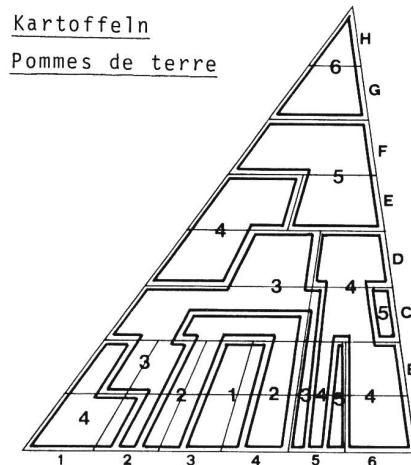
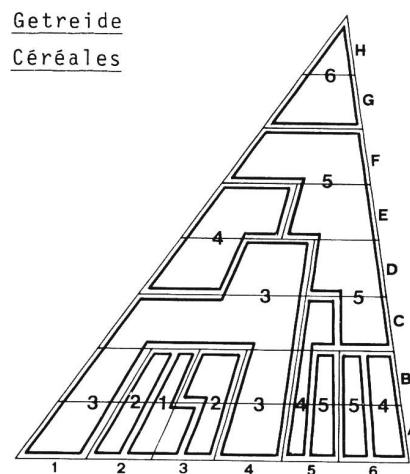
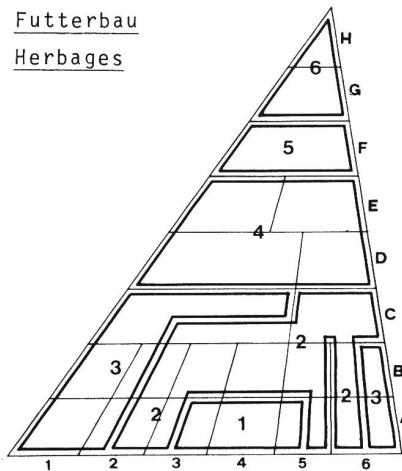


Abbildung 16: Verteilungsschema der Klimaeignung für die Hauptkulturen (siehe Abbildung 15 und Text)

Figure 16: Schéma de la répartition des aptitudes climatiques pour les cultures principales (voir figure 15 et texte)

Klimaeignung (Dreiecksflächen)  
Aptitudes climatiques (surfaces du triangle)

Körnermais und Zwischenfruchtbau / Mais-grain et dérobées d'été

- a günstig / favorable
- b geeignet / moyen
- c schlecht geeignet / mauvais

Spezialkulturen / Cultures spéciales

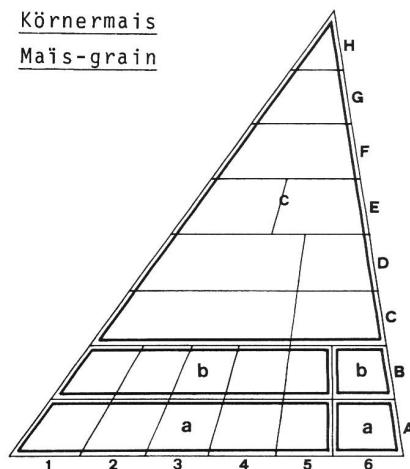
- I günstig / favorable
- II geeignet / moyen
- III wenig geeignet / peu favorable
- IV begrenzt und ungeeignet / marginal et inapte

Länge der Vegetationsperiode (Ordinate)  
Longeur de la période de végétation (ordonnée)

- A > 210 Tage / jours
- B 190 - 210 Tage / jours
- C 180 - 190 Tage / jours
- D 170 - 180 Tage / jours
- E 150 - 170 Tage / jours
- F 100 - 150 Tage / jours
- G < 100 Tage / jours
- (H) unproduktiv / non productif

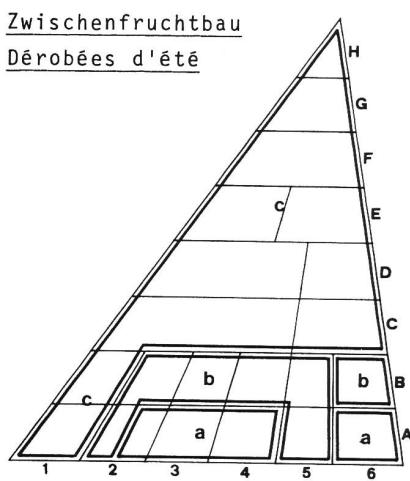
Körnermais

Maïs-grain



Zwischenfruchtbau

Dérobées d'été



Spezialkulturen

Cultures spéciales

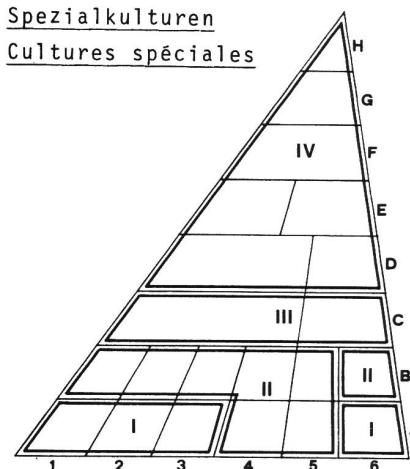


Abbildung 17: Verteilungsmuster der Klimaeignung für die ergänzenden Kulturen (siehe Abbildung 15 und Text)

Figure 17: Schéma de la répartition des aptitudes climatiques pour les cultures auxiliaires (voir figure 15 et texte)

### 3.4.4 Fehlerquellen und Genauigkeit

Eine eigentliche Fehlerrechnung lässt sich für die vorliegende Untersuchung kaum bewerkstelligen, da das Ausmass möglicher Fehler nicht festgelegt werden kann. Es soll jedoch versucht werden, eine Liste möglicher Fehlerquellen zu erstellen. Fehlermöglichkeiten müssen grundsätzlich bei den agronomischen und den klimatologischen Grundlagen sowie bei der Verarbeitung gesucht werden.

Agronomische Grundlagen:

- Erhebung der Ernteerträge

Die genauesten Hektarerträge sind für Getreide zu erwarten (Kontrolle durch die Eidgenössische Getreideverwaltung), während bei Kartoffeln infolge des Eigenverbrauches bereits weniger Sicherheit besteht (Stichprobenerhebung durch die Eidgenössische Alkoholverwaltung). Für Futterbau sind Ertragserhebungen selten, da Grünfutter, Heu und Silage wenig vermarktet werden.

- Agroklimatische Schwellenwerte

Schwellenwerte wurden empirisch vorwiegend aufgrund 13-jähriger Erhebungen an landwirtschaftlichen Schulen ermittelt (siehe Kapitel 2). Das sind kurze Reihen, zudem fanden sich nicht immer geeignete meteorologische Beobachtungsstationen in der Nähe.

Klimatologische Grundlagen:

- Meteorologische Beobachtungen

Beobachtungsfehler und irrtümliche Beobachtungen sind nicht auszuschliessen. Die Beobachtungsdaten werden jedoch von der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt soweit möglich überprüft.

- Stationsaufstellung

Ungenaue Angaben über Stationsstandorte und Verlegungen innerhalb von Ortschaften beeinträchtigen die Vergleichbarkeit der Beobachtungen verschiedener Stationen (siehe Abschnitt 3.2.4).

- Lochungen

So wie bei der Uebertragung von Beobachtungsergebnissen von einem Formular auf das andere sich Fehler einschleichen können, ist dies beim Ablochen auch nicht auszuschliessen. Das Datenmaterial des von der Meteorologischen Zentralanstalt bezogenen Magnetbandes ist besser kontrolliert als dasjenige der Nachlochungen (siehe Abschnitt 3.2.4).

Verarbeitung:

- VOCLIM-Untersuchung

Bei der Auszählung der Perioden durch den Computer sollten keine Fehler unterlaufen sein.

- Beurteilung der Landwirtschaftsjahre

Gestörte Perioden, die sich rittlings über zwei Kalendermonate erstrecken, widerspiegeln sich in den Monatsmitteln zu wenig und können so der Berücksichtigung entgehen.

- Beurteilung der Station

Die Fehlerwahrscheinlichkeit nimmt zu, wenn ein oder sogar zwei Klimaelemente fehlen oder eine Beobachtungsperiode wesentlich kürzer ist als 60 Jahre.

- Kartierung

Fehler können beim Interpolieren und Extrapolieren entstehen (siehe Abschnitt 4.4).

Diese Liste der Fehlerquellen deutet auf die unterschiedliche Genauigkeit der Ergebnisse hin (Beurteilung der Stationen und ihre Kartierung): sie variiert lokal je nach Informations- und Datendichte, nach der Qualität der agronomischen und klimatologischen Grundlagen sowie nach zufallsbedingten Veränderungen (wie zum Beispiel statistisch nicht erfasste Witterungen, Vor- oder Abhandensein von Spezialuntersuchungen).

Nach der Zuverlässigkeit der Beobachtungsergebnisse lassen sich die Stationen folgendermassen einteilen: am zuverlässigsten liess sich die Klimaeignung für die vollständigen Stationen mit Beobachtungsdaten der drei Klimaelemente über je mindestens 60 Jahre bestimmen (77 Stationen, das heisst 24 %). Für Regenmess-Stationen und meteorologischen Stationen mit höchstens zwei Klimaelementen können bereits gewisse Schwierigkeiten auftreten (233 Stationen, 72 %). Die Ergebnisse für die Stationen, bei welchen wesentliche Vorbehalte angebracht werden (siehe Anhang 2), sind mit Vorsicht zu interpretieren (12 Stationen, 4 %). Allerdings handelt es sich bereits um eine gewisse Auswahl (siehe Abschnitt 3.2.2), denn allzu unsichere Beobachtungsergebnisse sind von der Meteorologischen Zentralanstalt gar nicht abgelocht worden.

#### 4. ENTWURF DER KLIMAEIGNUNGSKARTE - METHODIK REALISATION DES CARTES - METHODOLOGIE

##### 4.1 CARTE DES REGIMES PLUVIOMETRIQUES

###### 4.1.1 Généralités

Un régime pluviométrique se caractérise par le bilan de synthèse que l'on peut tirer des particularités suivantes:

- la somme des précipitations (mm/an, mm/mois, etc) et leur répartition au courant de l'année, suivant les saisons
- éventuellement la densité des précipitations (mm/jour de pluie)
- l'amplitude et la fréquence des variations de ces caractéristiques d'une année à l'autre

Ce bilan de synthèse peut s'établir en fonction de critères différents suivants les points de vue. La même importance ne sera par exemple pas attribuée aux différences caractéristiques s'il s'agit d'établir un bilan pour le tourisme, l'habitat ou l'agriculture exclusivement, comme c'est le cas dans la présente étude.

Des études spécifiquement climatiques portant sur chacune des composantes du régime pluviométrique ont été effectuées par différents auteurs (voir alinéa 3.1) et ont souvent abouti à la publication de cartes spéciales. L'interprétation de