Phänologische Karten von Frühling, Sommer und Herbst als Hilfsmittel für eine klimatische Gliederung des Kantons Bern

Autor(en): **Volz, Richard**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Jahrbuch der Geographischen Gesellschaft Bern**

Band (Jahr): **52 (1975)**

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-960251

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

2. Phänologische Karten von Frühling, Sommer und Herbst als Hilfsmittel für eine klimatische Gliederung des Kantons Bern

Richard Volz*

2.1. Grundlagen und Ziel der phänologischen Arbeit

2.1.1. Was ist Phänologie?

Die Phänologie hat die Aufgabe, die im Jahresablauf wiederkehrenden Erscheinungen der Pflanzen- und Tierwelt zu beobachten und die Zeit ihres Eintretens festzuhalten. Es interessieren aber nicht nur die Eintretenszeiten an sich, sondern auch die Faktoren, die diese beeinflussen und regionale Unterschiede verursachen. Es gehört auch zum Arbeitsgebiet der Phänologie, Zusammenhänge zwischen verschiedenen Ereignissen zu untersuchen. Eine angewandte Phänologie soll schliesslich helfen, die Ergebnisse für andere Wissenschaftsbereiche und in der Praxis anzuwenden.

Eine Definition der Phänologie können wir nach SCHNELLE (1955) und LIETH (1974) folgendermassen formulieren:

> Die Phänologie studiert das zeitliche Auftreten von periodisch wiederkehrenden Erscheinungen in der Pflanzen- und Tierwelt, die Ursachen ihres zeitlichen Auftretens im Hinblick auf biotische und abiotische Faktoren, und die Zusammenhänge zwischen Ereignissen innerhalb der gleichen und zwischen verschiedenen Arten.

In unserem Fall beschränken wir uns auf die Pflanzenphänologie. Die Erscheinungen – wir sprechen in der Folge von einem Ereignis oder von einer phänologischen Phase – die wir beobachten und als phänologische Daten registrieren, müssen gut erkennbar und zeitlich leicht zu fixieren sein. Als solche Ereignisse kommen zum Beispiel der Blattausbruch, die Blüte oder die Blattverfärbung in Frage. Neben Beobachtungen an Wildpflanzen werden auch landwirtschaftliche Phasen wie Aussaat oder Ernte registriert. In der Regel soll das Ereignis nicht an einer Einzelpflanze, sondern an einem Pflanzenbestand beobachtet werden. Einzelpflanzen weichen unter Umständen stark vom allgemeinen Zustand derselben Art am Ort ab und sind damit nicht repräsentativ.

* Richard Volz, lic.phil.nat., Assistent, Geographisches Institut der Universität Bern, Hallerstr. 12, CH-3012 Bern.

2.1.2. Die Bedeutung der Phänologie in der Klimatologie

Die Entwicklung der Pflanzen wird durch zahlreiche Faktoren beeinflusst. Das Zusammenspiel aller dieser Faktoren bewirkt den Ablauf der Pflanzenentwicklung in einem Jahr. Es bildet damit konkret auch die Ursache für das Eintreten der phänologischen Phasen. Wenn wir nun die Phasentermine, die sich von Ort zu Ort und von Jahr zu Jahr unterscheiden, festhalten, so bilden diese gewissermassen einen Indikator für die Faktoren, die das Ereignis ausgelöst haben. Unter diesen Faktoren hat das Klima zweifellos eine dominante Bedeutung. Diese Erkenntnis taucht schon in vorchristlicher Zeit in Schriften von Theophrast auf und wird auch in neuerer Zeit immer wieder bestätigt (EIMERN 1968, UTAAKER 1968). Mit den Worten von EIMERN (1971: 162) können wir sagen, dass uns "die Phänologie ein Mittel in die Hand gibt, mit einer Grösse gewissermassen mehrere Klimaelemente so zusammenzufassen, wie sie sich auf die pflanzliche Wachstumsgeschwindigkeit auswirken". Wir haben sozusagen ein Instrument, das uns ein Gesamtklima anzeigt. Wir können aber nicht direkt eine Aussage über die Grösse einzelner Klimaelemente wie Sonnenscheindauer, Temperatur usw. machen, denn ebenso entscheidend wie der absolute Betrag einzelner Elemente ist ihr Zusammenspiel (SEYFERT 1955). In Anbetracht dieser nicht einfachen Beziehung zwischen den phänologischen Beobachtungen und den Klimaelementen, die auch PRIMAULT (1971) betont, hat BERG (1952) der Phänologie die Bedeutung eines eigenen Klimaelementes gegeben. Deshalb können wir zusammenfassend festhalten, dass der Zweck phänologischer Daten nicht sein kann, klimatische Daten zu ersetzen, sondern sie unter dem Aspekt ihrer Auswirkung auf die pflanzliche Entwicklung zusammenzufassen.

Trotz dieser starken Einschränkungen blieb die Suche nach direkten Beziehungen zwischen phänologischen Ereignissen und Klimaelementen nicht ganz erfolglos. PRIMAULT (1957) weist eine gute Korrelation zwischen Temperatur und den Frühlingsereignissen bei Bäumen und Sträuchern und eine solche zwischen der Sonnenscheindauer und den Ereignissen krautiger Pflanzen nach. Bei der Darstellung der einzelnen Phasen (Kap. 2.3.) soll noch näher auf die Beziehung phänologische Phase – Klimawerte eingegangen werden. Zwei Phänomene grundsätzlicher Natur, die diese Beziehung beeinflussen, müssen aber an dieser Stelle noch erwähnt werden. Das eine ist die Anpassung der Pflanze an die örtlichen Verhältnisse, das andere der Witterungsverlauf bis zum Phaseneintritt.

Jede Pflanze hat ein gewisses Anpassungsvermögen an ihre Umgebung. Damit versucht sie sich auf die aktuellen Bedingungen einzustellen und diese optimal auszunutzen. Wesentlich für diese Anpassung sind zum Beispiel die Keimbedingungen einer Pflanze. Aber auch in späterer Zeit wird sie sich noch auf die durchschnittlichen Klimawerte einstellen. Diese Anpassung hat dann zur Folge, dass z.B. eine Pflanze in kühlem Höhenklima das Optimum der Photosynthese bei tieferen Temperaturen erreicht, als eine Pflanze derselben Art, die in einer warmen Tallage wächst (LARCHER 1973: 75).

Im Witterungsverlauf drückt sich das Zusammenspiel der verschiedenen Klimaelemente aus. Dieses kann optimal sein, so dass die Pflanze die vorhandenen Werte voll ausnutzen kann. Eine Periode von schönen und warmen Tagen zum Beispiel bringt aber nicht den erwarteten Entwicklungs- und Produktionszuwachs, wenn die nötige Bodenfeuchtigkeit fehlt und das CO_2-Angebot nur gering ist (SEYFERT 1955).

Wie sich der Wetterablauf von Jahr zu Jahr ändert, so läuft auch die pflanzliche Entwicklung in jedem Jahr wieder etwas anders ab. Jedes phänologische Datum spiegelt somit einen individuellen Prozess. Seine Aussage muss in den verschiedenen Jahren nicht genau übereinstimmen. Zwei Phänomene verdeutlichen dies: Die Interzeption und das unterschiedliche Verhalten einzelner Regionen in verschiedenen Jahren. Bei der Interzeption wird die normale Phasenabfolge verändert. Dies ist z.B. bei gewissen Obstarten recht häufig festzustellen (ROSENKRANZ 1951). Je nach der allgemeinen Lage eines Standortes kann sich auch der Wetterablauf unterschiedlich auswirken. Ein trockenes Jahr dürfte einen feuchten Standort begünstigen, an einem sonnigen lässt es die Pflanzen umso mehr an Wasserstress leiden.

Wiewohl nun jedes einzelne Jahr seine Singularitäten aufweist, ist man an einer Darstellung der mittleren Verhältnisse interessiert. Diese erst ermöglicht es uns, eine allgemeingültige Aussage über unser Arbeitsgebiet zu machen. Ein Vergleich mit den Ereignissen der einzelnen Jahre gibt uns dazu einen Hinweis auf besondere Einflüsse und Gefahren.

2.1.3. Ziel der phänologischen Bearbeitung

Im vorhergehenden Kapitel versuchten wir, die Bedeutung phänologischer Daten zu umreissen. Damit haben wir auch das Feld möglicher Zielsetzungen weitgehend abgesteckt. Vor allem haben wir uns die nötige Vorsicht im Interpretieren der Daten und damit beim Erreichen der Zielsetzung angeeignet. Diese Vorsicht besteht zuerst einmal darin, das Beobachtungsmaterial möglichst umfassend darzustellen und zu beschreiben. Erst auf Grund dieser Darstellung ist es möglich, einzelne Interpretationen vorzunehmen.

Von der Sache her erlaubt uns die Phänologie, in der Zeitspanne von Beginn bis Ende der Vegetationsperiode eine Aussage zu machen. Es lassen sich dementsprechend die drei Jahreszeiten, Frühling, Sommer und Herbst mit phänologischen Daten erfassen. Wir können den Ablauf der Jahreszeiten von Jahr zu Jahr vergleichen, oder eine Aussage über die räumlichen Unterschiede im Beobachtungsgebiet für die drei Jahreszeiten machen. Das Schwergewicht dieser Arbeit soll auf dem zweiten liegen. Für den Frühling stützen wir uns auf die phänologische Phase der Apfelblüte, für den Sommer auf die Weizenernte und für den Herbst auf die Buche Blattverfärbung. Diese Ereignisse werden in einer Mittelkarte für das Beobachtungsgebiet dargestellt.

Eine phänologische Karte liefert uns vorerst bloss die Aussage, wann an einem Ort das kartierte Ereignis im Mittel eintritt. Wie wir weiter vorne ausgeführt haben, gibt uns aber dieses Datum ein Mass für die Gesamtheit der klimatischen Faktoren, die die Entwicklung der Pflanzen beeinflussen. Das damit ausgedrückte Pflanzenklima soll näher charakterisiert werden in Bezug auf die Bedeutung der einzelnen Klimaelemente und den Einfluss der topographischen Lage auf die Ereignisse. Die Karte soll dementsprechend interpretiert und die räumlichen Unterschiede erklärt werden, so dass die phänologische Raumgliederung als Hilfsmittel für eine klimatische Beurteilung des Raumes genutzt werden kann.

Die kartographische Darstellung des Kantons Bern wird durch ein Profil von der Alpensüdseite bis in den Jura ergänzt. Da wir aus unserem Programm erst

Beobachtungen von wenigen Jahren haben, wird ein Vergleich mit längeren Reihen aus dem Messnetz der Meteorologischen Zentralanstalt beigefügt. Dieser soll uns Klarheit darüber geben, wie unsere Werte auf eine längere Zeitspanne bezogen korrigiert werden müssten.

2.2. Umfang und Verarbeitung des Datenmaterials

2.2.1. Das vorhandene Datenmaterial

Bei Beginn unseres Programms waren von den Beobachtern im Laufe eines Jahres 17 Ereignisse zu registrieren. In einer Zwischenbilanz untersuchte WANNER (1973) den Aussagewert der verschiedenen Elemente und schränkte ihre Zahl auf fünf ein (Tab. 2.1). Diese fünf Ereignisse stehen uns zur Verfügung für die Darstellung von Frühling, Sommer und Herbst. Es ist klar, dass wir uns für den Sommer auf die Weizenernte und für den Herbst auf die Buche Blattverfärbung stützen müssen. Für die Frühlingskarte dient uns die Apfelblüte, da sie weniger als der Löwenzahn auf mikroklimatische Besonderheiten reagiert. Dieser hat zudem die Eigenschaft, sich sehr stark an das örtliche Klima anzupassen und diese Anpassung auch genetisch zu fixieren (PRIMAULT, mündl. Mitt.). Die Löwenzahnblüte ist deshalb nur bedingt geeignet für Arbeiten, die über einen lokalen Rahmen hinausgehen. Die Haselnussblüte liegt jahreszeitlich sehr früh, so dass nach ihrem Eintritt nicht selten ein Rückfall des Winters stattfindet. Wir haben deshalb mit der Haselnussblüte kein gutes, für den Frühling repräsentatives Ereignis. Die Ereignisse Haselnuss- und Löwenzahnblüte sind in VOLZ (1977) ausführlicher bearbeitet.

Tabelle 2.1: Die phänologischen Beobachtungen des Berner Klimaprogramms, reduziertes Programm (WANNER 1973)

Haselnuss Vollblüte
Löwenzahn Vollblüte
Apfelbaum Vollblüte
Weizenernte
Buche Blattverfärbung

Die Mitarbeiter des Klimaprogramms melden jedes beobachtete Ereignis mit Datum, den genauen Ortsangaben (Koordinaten, Höhe über Meer, Exposition, Hangneigung) und bei der Apfelblüte und der Weizenernte auch mit der Sorte. Währendem die Ortsangaben in der Regel vollständig sind, bestehen bei der Angabe der Sorte Lücken.

Die genaue Datumsbestimmung eines Phaseneintritts ist die schwierigste Aufgabe, die sich jedem phänologischen Beobachter stellt. Diese Schwierigkeit ist insbesondere bei Netzbeobachtungen von Bedeutung, wo von jedem Mitarbeiter trotz objektiver Kriterien ein individueller Entscheid verlangt wird. DICKEL (1966) studierte diese Frage und stellt vor allem bei nichtlandwirtschaftlichen Phasen erhebliche Unterschiede zwischen Netz- und Eigenbeobachtungen fest. Bei unseren

Tabelle 2.2: Anzahl Beobachter und Beobachtungen in den Jahren 1970 bis 1974

			1970	1971	1972	1973	1974
Apfelbaum Vollblüte	Anzahl insgesamt	Beobachter		69	68	54	56
		Beobachtungen		187	159	115	130
	Anzahl Alpennordseite	Beobachter		67	65	51	54
		Beobachtungen		178	151	110	124
Weizenernte	Anzahl insgesamt	Beobachter	135	51	45	36	36
		Beobachtungen	658	185	128	77	93
	Anzahl Alpennordseite	Beobachter	133	50	44	35	35
		Beobachtungen	656	182	127	76	92
Buche Blattverfärbung	Anzahl insgesamt	Beobachter	87	61	54	50	50
		Beobachtungen	329	195	144	121	127
	Anzahl Alpennordseite	Beobachter	86	60	52	48	48
		Beobachtungen	319	185	138	115	121

eigenen Beobachtungen zeigte es sich, dass die Daten, soweit sie überprüfbar sind, nur in einem geringen Bereich streuen. Diese, wenn auch geringe Streuung, sollte aber bei der Auswertung nicht ganz ausser Acht gelassen werden.

Die Datenmenge, die für unsere Arbeit zur Verfügung steht, ist in Tabelle 2.2 zusammengestellt. Die Gesamtmenge der Daten (Haselnuss- und Löwenzahnblüte eingerechnet) beträgt während der fünf Jahre 1970–74 nahezu 4000. In Anbetracht dieser Zahl erwies es sich als sinnvoll, die Daten auf Lochkarten zu übertragen, so dass sie auf dem Computer verarbeitet werden konnten.

2.2.2. Die statistischen Methoden

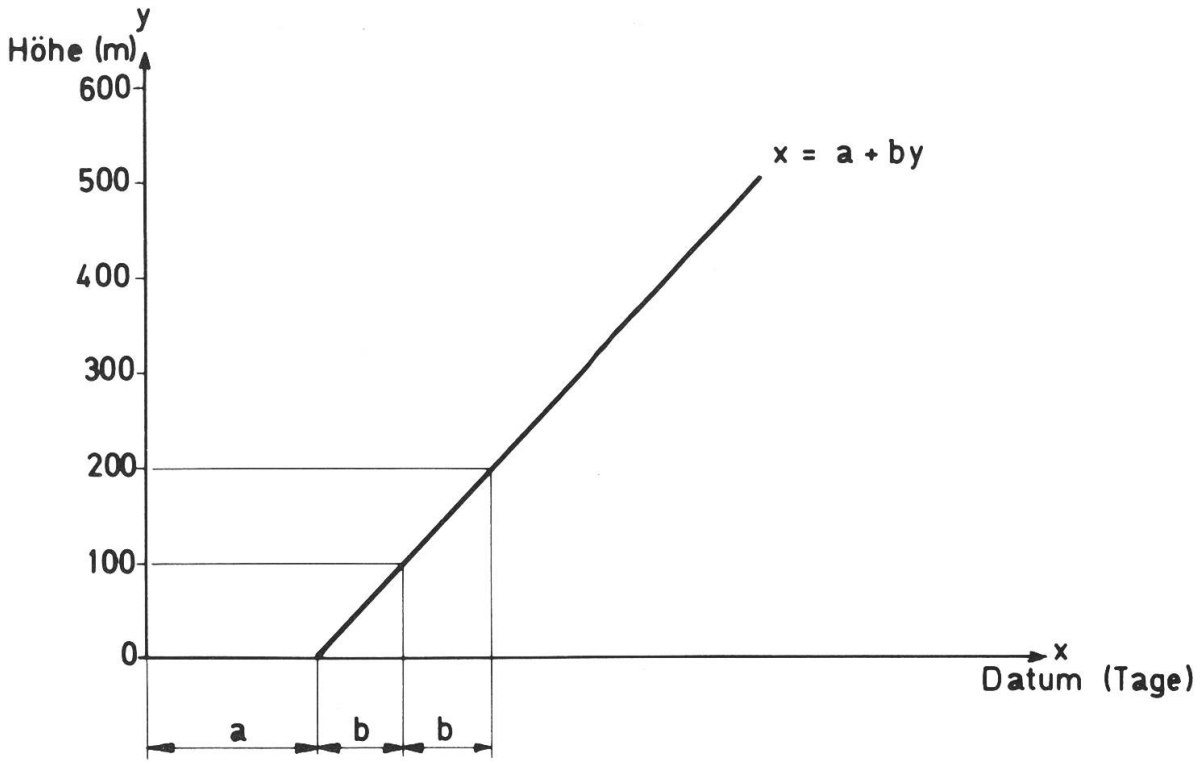
Bei der Auswertung wurden einige statistische Masszahlen bestimmt, wie sie in der Folge kurz erklärt werden. Für eine ausführliche Darstellung verweisen wir auf BAHRENBERG und GIESE (1975) oder auf KREYSZIG (1975).

Den Mittelwert (arithmetisches Mittel) berechnen wir auf folgende Weise:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} x_i$$

wobei: n = Anzahl Beobachtungen
x_i = Beobachtungswert

Um die Verteilung der Daten zu charakterisieren, gliedern wir sie in Quartile auf. Jedes Quartil umfasst in chronologischer Reihenfolge je 25 % der Werte der untersuchten Datenmenge. Wir können dann jeden Wert dem 1., 2., 3. oder 4. Quartil zuordnen (FLIRI 1969: 29).



Figur 2.1: Regressionsgerade x = a + by, Bedeutung der Symbole

(im Gegensatz zur gewohnten Schreibweise wird die unabhängige Variable mit y bezeichnet; dies scheint deshalb sinnvoll, weil dadurch das phänologische Eintrittsdatum x als Funktion der Meereshöhe y dargestellt werden kann)

Mit Hilfe der Regressionsgeraden wird der Zusammenhang zwischen Phaseneintritt und Meereshöhe bestimmt. Die Regressionsgerade hat den mathematischen Ausdruck x = a + by. Dabei bedeuten a das theoretische Datum auf einer Höhe 0 und b die Verschiebung des Phaseneintritts pro 100 m Höhenunterschied (vgl. Fig. 2.1).

Es wird schliesslich eine Masszahl gesucht, die als Mass des statistischen Zusammenhangs zwischen Phaseneintritt und Meereshöhe angesehen werden kann. Diese Masszahl finden wir im Korrelationskoeffizienten (r). Er gibt an, ob trotz der Streuung der Punkte um die Regressionsgerade der angenommene Zusammenhang nicht zu lose ist, um aus der Regressionsanalyse weitere Schlüsse zu ziehen. Der Korrelationskoeffizient liegt zwischen –1 und +1. Beim Wert 0 ist keine statistische Beziehung zwischen X und Y vorhanden. Wenn der Wert – beträgt, entspricht einem grossen X ein kleines Y u.u. Je näher r bei 0 liegt, desto kleiner ist der statistische Zusammenhang zwischen den beiden Variablen; je näher r bei 1 liegt, umso grösser ist dieser Zusammenhang. Mit Hilfe eines Wahrscheinlichkeitstests kann schliesslich überprüft werden, ob der Korrelationskoeffizient den Wert für ein Signifikanzniveau von 95 % erreicht, also ob bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % ein Zusammenhang zwischen den beiden Variablen (in unserem Fall zwischen Phaseneintritt und Meereshöhe) angenommen werden kann, oder ob dieser zum vorneherein abgelehnt werden muss (FLIRI 1969).

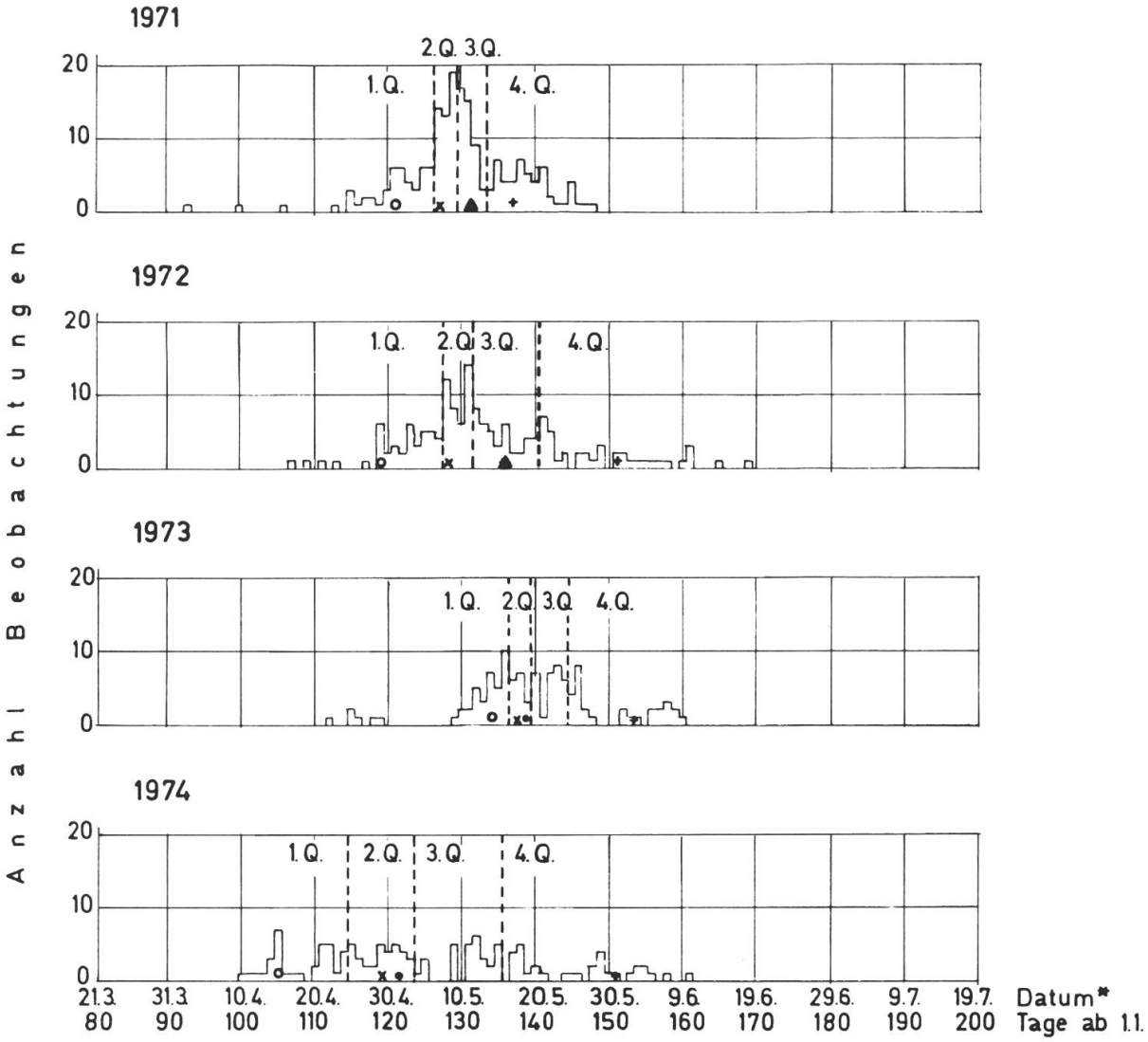
2.3. Die phänologischen Karten des Kantons Bern für Frühling, Sommer und Herbst

2.3.1. Die Bildung des Mittels aus den Beobachtungsjahren 1970 bis 1974

Unser Ziel ist es, die Ereignisse Apfelblüte, Weizenernte und Buche Blattverfärbung als Merkmal der Jahreszeiten Frühling, Sommer und Herbst in einem mittleren Ablauf über den Kanton Bern darzustellen. Der einfachste Weg, die mittleren Verhältnisse zu bestimmen, wäre von jedem Beobachtungspunkt das mittlere Datum aus den fünf Beobachtungsjahren zu bestimmen. Dieser Weg der Mittelbildung setzt allerdings eine ziemlich lange Beobachtungsperiode voraus, wenn die gebildeten Mittelwerte repräsentativ für mittlere Verhältnisse sein sollen. WITTERSTEIN (1952) hat anhand der 51jährigen Reihe von Geisenheim berechnet, wie lange eine Beobachtungsperiode sein muss, damit ihr Mittel höchstens 3 Tage vom 51jährigen abweicht. Er hat bei der Apfelblüte 11 Jahre, bei der Winterroggenernte 20 Jahre (als Richtwert wohl auch für die Weizenernte gültig) und für die Buchenblattverfärbung 33 Jahre gefunden. Gegenüber diesen Zahlen erscheinen die 4 bzw. 5 Beobachtungsjahre, die uns zur Verfügung stehen, doch etwas zu kurz. Besonders bei kurzen Reihen sind wir bei der Bildung des arithmetischen Mittels auf vollständige Reihen angewiesen. Deshalb muss, wenn ein oder mehrere Jahreswerte von einem Beobachtungspunkt fehlen, dieser Punkt für die Mitteldarstellung wegfallen. Das würde bedeuten, dass der grössere Teil der Daten nicht für die Kartierung benutzt werden könnte, da es nicht möglich wäre, alle die fehlenden Beobachtungen zuverlässig zu ersetzen. Wir müssen deshalb einsehen, dass bei einer arithmetischen Mittelbildung unser Datenmaterial nicht optimal genutzt würde. Es wurde deshalb nach einem Weg gesucht, der es ermöglicht, den Nachteil der kurzen Beobachtungsreihe wettzumachen und unvollständige Reihen auf einfache Art und Weise mit zu verwenden.

Wir wollen uns vergegenwärtigen, dass der Ablauf eines Ereignisses in einem Jahr dem mittleren Ablauf aus mehreren Jahren ähnlich sein soll. Wenn sich die Einzeljahre komplett anders als das Mittel aller Jahre verhalten, ist es kaum sinnvoll, diese zu einer mittleren Darstellung zusammenzufassen. Das Datum an einem bestimmten Beobachtungspunkt ändert sich wohl von Jahr zu Jahr. Nachbarpunkte, die in einem Jahr einen späteren Phaseneintritt aufweisen als unser Referenzpunkt, werden unabhängig davon, ob das Ereignis im Jahresverlauf früh oder spät eintritt, die Verspätung in den andern Jahren beibehalten. Entsprechend gilt das für Punkte mit früherem Phaseneintritt. Was sich ändert, ist wohl die Dauer der Verspätung oder des Vorsprungs der verschiedenen Punkte. Das räumliche Fortschreiten der Phase bleibt demnach von Jahr zu Jahr ähnlich, auch wenn es als Ganzes manchmal früher und manchmal später eintritt oder langsamer oder schneller abläuft.

Der ähnliche Ablauf der Ereignisse in jedem Jahr gibt uns die Möglichkeit, sie anhand eines relativen Massstabes zu gliedern. Wir können die Daten jedes Jahr in frühe, mittlere und späte einteilen. Eine einfache Lösung für eine solche Einteilung bietet uns die Quartilstatistik (eine Vierteilung der Daten in chronologischer Reihenfolge). Diese wurde für alle drei Ereignisse durchgeführt. Figur 2.2 erklärt die Methode am Beispiel der Apfelblüte. Die Häufigkeitsverteilungen sind in die 4 Quartile eingeteilt. Als Beispiel sind Daten der Beobachtungspunkte von Lengnau, Kriechenwil und Achseten eingetragen. Man erkennt leicht, dass trotz starker



1. Q.	1. Quartil	o Lengnau	▲ Grasswil
2. Q.	2. Quartil	x Kriechenwil	● Hinterkappelen
3. Q.	3. Quartil	+ Achseten	

Figur 2.2: Klassierung der Daten nach der Quartilstatistik am Beispiel der Apfelblüte. In die Häufigkeitsverteilung aller Beobachtungen sind die Daten einzelner Beobachtungspunkte eingetragen. Man erkennt leicht, dass diese von Jahr zu Jahr deutlich variieren. In Bezug auf das Datenkollektiv bleibt aber die Stellung des Beobachtungspunktes relativ gleich. Das Datum von Lengnau liegt immer im 1., dasjenige von Kriechenwil im 2. und dasjenige von Achseten im 4. Quartil. Aus Grasswil und Hinterkappelen sind nur in 2 Jahren Beobachtungen vorhanden. Es lässt sich nun ableiten, dass die Beobachtung von Grasswil auch 1973 und 1974 ins 3. Quartil und diejenige von Hinterkappelen auch 1971 und 1972 ins 2. Quartil gefallen wäre.

* Die Daten des Schaltjahres 1972 wurden angepasst. Der 21.3. entspricht dem 20.3. usw.

Tabelle 2.3: Übereinstimmung der drei und mehr Jahre beobachteten Punkte in ihrer Quartilszugehörigkeit

Ereignis	Anzahl Punkte				Anteil in Prozent	
	3 Jahre oder länger beobachtet	vollständige Übereinstimmung	gute Übereinstimmung	schlechte Übereinstimmung	vollständige und gute Übereinstimmung	schlechte Übereinstimmung
Apfelbaum Vollblüte	87	35	31	21	75,9	24,1
Weizenernte	44	7	25	12	72,7	27,3
Buche Blattverfärbung	102	15	55	32	68,6	31,4

– *Vollständige Übereinstimmung:* Die Beobachtungen fallen in jedem Jahr in das gleiche Quartil
– *Gute Übereinstimmung:* Die Beobachtungen erscheinen in zwei benachbarten Quartilen
– *Schlechte Übereinstimmung:* Die Beobachtungen verschieben sich über mehr als zwei Quartile

zeitlicher Verschiebung in Lengnau die Blüte in jedem Jahr im 1. Quartil, in Kriechenwil im 2. Quartil und in Achseten im 4. Quartil eintritt. In Grasswil und Hinterkappelen wurde das Ereignis nur in 2 der 4 Jahre beobachtet. Wir können nun annehmen, dass in Grasswil, wo der Phaseneintritt 1971 und 1972 im 3. Quartil lag, dies auch 1973 und 1974 der Fall war. Entsprechend trat in Hinterkappelen die Blüte wohl auch 1971 und 1972 im 2. Quartil ein.

Tabelle 2.3 gibt eine kritische Bewertung unserer Methode. Sie zeigt, dass sich die Daten recht gut in diese Einteilung einfügen. Der Anteil der Beobachtungspunkte, die ihre Quartilszugehörigkeit stark ändern, steigt kaum über 30 %. Schwankungen in der Quartilszugehörigkeit können wohl durch den besonderen Wetterverlauf an einem Ort verursacht werden, sie können aber auch durch besondere Einflüsse (insbesondere bei landwirtschaftlichen Phasen) oder mit schwierigen Beobachtungsverhältnissen erklärt werden. Wo diese Schwankungen aber gehäuft und wiederholt auftreten, dürften sie uns einen Hinweis auf besondere klimatische Eigenarten der betreffenden Region geben.

Die Tatsache, dass die Daten eines bestimmten Beobachtungspunktes jedes Jahr vornehmlich in das gleiche Quartil fallen, bietet uns eine wesentliche Hilfe. Wir sind dadurch in der Lage, auch ein- oder zweijährige Beobachtungen für die Mitteldarstellung auf einfache Art zu nutzen. Wenn ein Beobachtungspunkt in einem oder in zwei Jahren in einem bestimmten Quartil auftritt, so können wir, wie anhand von Figur 2.2 gezeigt wurde, mit grosser Wahrscheinlichkeit annehmen, dass er auch in den andern Jahren, von denen wir keine Daten haben, im selben Quartil erschienen ist.

Eine Kartierung der Daten anhand der Quartilstatistik bietet uns den weiteren Vorteil, dass bei einer Verlängerung der Beobachtungszeit, sich das Bild der Karte nicht wesentlich ändert, da die Quartilszugehörigkeit der einzelnen Regionen gleich bleibt. Dies wäre bei einer Kartierung der arithmetischen Mittel nicht der Fall, da

durch die Veränderung der Daten auch die Eintragungen in der Karte ändern müssten. Das einzige, was bei unserer Methode nicht gesichert ist, ist die genaue zeitliche Einschichtung der Quartile.

2.3.2. Die Kartierung der mittleren Ereignisse
(vgl. Legenden der Karten 1, 2 und 3)

Als Grundlage für unsere Karte dient ein Ausschnitt aus der Karte der Schweiz der Eidgenössischen Landestopographie im Massstab 1 : 300 000. Darin wird die mittlere Verteilung der Quartile eingedruckt. Im Sinne einer warm-kalt-Abstufung werden die Quartile mit den Farben rot, gelb und grün dargestellt.

Die Regionen, in welchen die Daten von Apfelblüte und Weizenernte im ersten Quartil liegen, werden rot gefärbt. Das 2. und 3. Quartil ist in der Regel kürzer als das 1. und 4. Sie werden deshalb weniger stark unterschieden. Beide erhalten gelb als Grundfarbe, wobei im 2. Quartil ins Gelb ein feiner Rotraster eingedruckt wird. Dadurch erhalten wir ein dunkleres Gelb für das 2. und ein helleres für das 3. Quartil. Die spätesten Gebiete, diejenigen die im 4. Quartil liegen, werden grün kartiert.

Bei der Blattverfärbung der Buche verbinden wir einen späten Termin mit einer klimatisch günstigeren Situation und einen frühen mit einer ungünstigeren. Es ist also genau umgekehrt wie bei Apfelblüte und Weizenernte. Damit nun alle drei Karten von Frühling, Sommer und Herbst leichter auf ihre Aussage hin verglichen werden können, wurde die Farbfolge für die Darstellung der Buche Blattverfärbung umgekehrt. Das heisst, das 1. Quartil erscheint grün, das 2. hellgelb, das 3. dunkelgelb und das 4. schliesslich rot.

In der Regel basiert eine flächendeckende Karte auf Informationen, die punktuell erhoben wurden. Dies ist auch bei unseren Darstellungen der Fall. Wir haben wohl relativ viele Beobachtungen im ganzen Kantonsgebiet, doch beziehen sich diese alle auf einen einzelnen Punkt. Zudem ist die Verteilung dieser Punkte nicht gleichmässig. Neben Regionen mit relativ grosser Beobachtungsdichte gibt es Gegenden wie Jura, Emmental und Napf, wo nur wenige Daten vorhanden sind. Weiter ist es auch nicht möglich, solche Karten zu zeichnen, ohne eine gewisse Generalisierung vorzunehmen. Unterschiede, die zu kleinräumig auftreten, können nicht mehr ins Kartenbild aufgenommen werden. Um diese Problematik in der Karte sichtbar werden zu lassen, erschien es als sinnvoll, die einzelnen Beobachtungen darin einzutragen. Dies geschah mit einer Signatur, die bei einjähriger Beobachtung offen, bei zwei- und mehrjähriger geschlossen ist. Es wurde auch unterschieden, ob die Beobachtung wirklich in das kartierte Quartil fällt, oder ob sie ein früheres oder späteres Datum angibt. Schliesslich erhielten Punkte, deren Quartilszugehörigkeit stark wechselt, eine besondere Signatur (vgl. Legende Karten).

Zuletzt soll noch auf die Bedeutung der Grenzen zwischen den einzelnen Quartilen hingewiesen werden. Es sind statistisch ermittelte, künstliche Grenzlinien, die in der Natur kaum je direkt zu beobachten sind. Ein phänologisches Ereignis läuft in der Regel mehr oder weniger kontinuierlich ab. Die Einteilung in vier Klassen ist ein willkürliches Hilfsmittel, um das ganze graphisch darzustellen. In Wirklichkeit ist aber auch an den Grenzen dieser Klassen ein allmählicher Übergang vorhanden.

2.3.3. Die Karte der Apfelbaum Vollblüte

2.3.3.1. Die Beobachtung der Apfelblüte

Mit dem Blühen der Apfelbäume beginnt im phänologischen Kalender der eigentliche Frühling (SCHNELLE 1955: 112). Dieses Stadium gilt gemäss Beobachtungsanleitung als erreicht, wenn ungefähr die Hälfte der Blüten an einem Baum geöffnet sind. Es wird empfohlen, Bäume der Sorten Gravensteiner, Boskop oder Golden Delicious zu beobachten. Häufig wird aber die Sorte vom Beobachter nicht angegeben. Es ist dann meist nicht erkennbar, ob eine der empfohlenen Sorten beobachtet wurde, oder ob sie nicht bekannt ist. Ohne Zweifel sind Unterschiede zwischen den verschiedenen Sorten vorhanden. GLAUSER (1975) vergleicht anhand einiger Stationen unseres Netzes die beiden Sorten Gravensteiner und Boskop und stellt einen durchschnittlichen Vorsprung des Gravensteiners von 3 Tagen fest. Dieser Unterschied verändert sich aber von Ort zu Ort und von Jahr zu Jahr, so dass er nicht für eine Korrektur der Daten verwendet werden kann. Abweichungen zu andern Sorten verhalten sich wieder anders. Es war deshalb nicht möglich, die Kartierung auf eine einheitliche Sorte abzustützen. An vielen Beobachtungspunkten haben wir aber Angaben von verschiedenen Sorten, oder ein Mittel von einem Bestand, der sich aus mehreren Sorten zusammensetzt. Man kann deshalb damit rechnen, dass die Karte einen durchschnittlichen Wert aus den verschiedenen Sorten gibt.

2.3.3.2. Der Einfluss der Klimaelemente auf die Apfelblüte

Ganz allgemein bilden für das Erwachen der Vegetation im Frühling Licht und Wärme bei genügender Feuchtigkeit die wichtigsten Faktoren. PRIMAULT (1957: 139) schreibt den dominanten Einfluss für das Aufblühen von Bäumen und Sträuchern der Temperatur zu. Viele Autoren versuchten, den engen Zusammenhang zwischen Temperatur und Blühtermin anhand der Temperatursummenregel aufzuzeigen. Gemäss dieser Regel soll der um jedes Tagesmittel aufsummierte Betrag der Temperatur beim Eintritt der Apfelblüte immer gleich gross sein. GLAUSER (1975) errechnete aus den Daten von 1971 bis 1973 für Bern einen Wert von 365 bis 386° C. Diese Summen wurden allerdings nur aus den Tagen gebildet, deren Temperaturmittel über 7° C anstieg, da unterhalb dieser Temperatur die Apfelbäume ihr Wachstum einstellen sollen. PRIMAULT (1957) erhält für den Schwarzdorn die besten Resultate, wenn er zur Temperatursumme zusätzlich die Sonnenscheindauer mit einem reduzierten Faktor berücksichtigt. Eine kritische Bewertung der Temperatursummenregel wurde von LAWRINOWICZ (1968) vorgenommen.

Ein allgemeiner Vergleich zwischen der Blühentwicklung und dem Wetterverlauf bringt die Bedeutung der Temperatur ebenfalls zum Ausdruck (VOLZ 1977). Die Messungen der klimatologischen Beobachtungsstation in Bern dienten dabei als Massstab für den allgemeinen Temperaturgang. Es zeigt sich, dass die Apfelblüte nicht einsetzt, bevor in Bern ein Tagesmittel von ca. 10° C erreicht worden ist. Die Blüte beginnt dann, je nachdem wie sich das Wetter weiterentwickelt, frühestens etwa 10 Tage später. Diese Reaktionszeit hat zur Folge, dass die Bäume häufig erst blühen, wenn es schon wieder kälter geworden ist. Nur wenn das Tagesmittel unter 5° C sinkt, wird das Aufblühen verhindert. Regentage verlangsamen die Blühentwicklung, verhindern sie aber nicht. In gewissen Regionen wirkt der Föhn fördernd auf die Apfelblüte.

2.3.3.3. Topographische Variation der Blühtermine

Das Gelände hat einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf das Klima. Es wurde deshalb untersucht, wie weit dieser Einfluss auch an der Apfelblüte feststellbar ist. Als wesentliche Faktoren wurden Meereshöhe und Exposition der Standorte herausgegriffen und ihr Einfluss auf die Blühtermine untersucht.

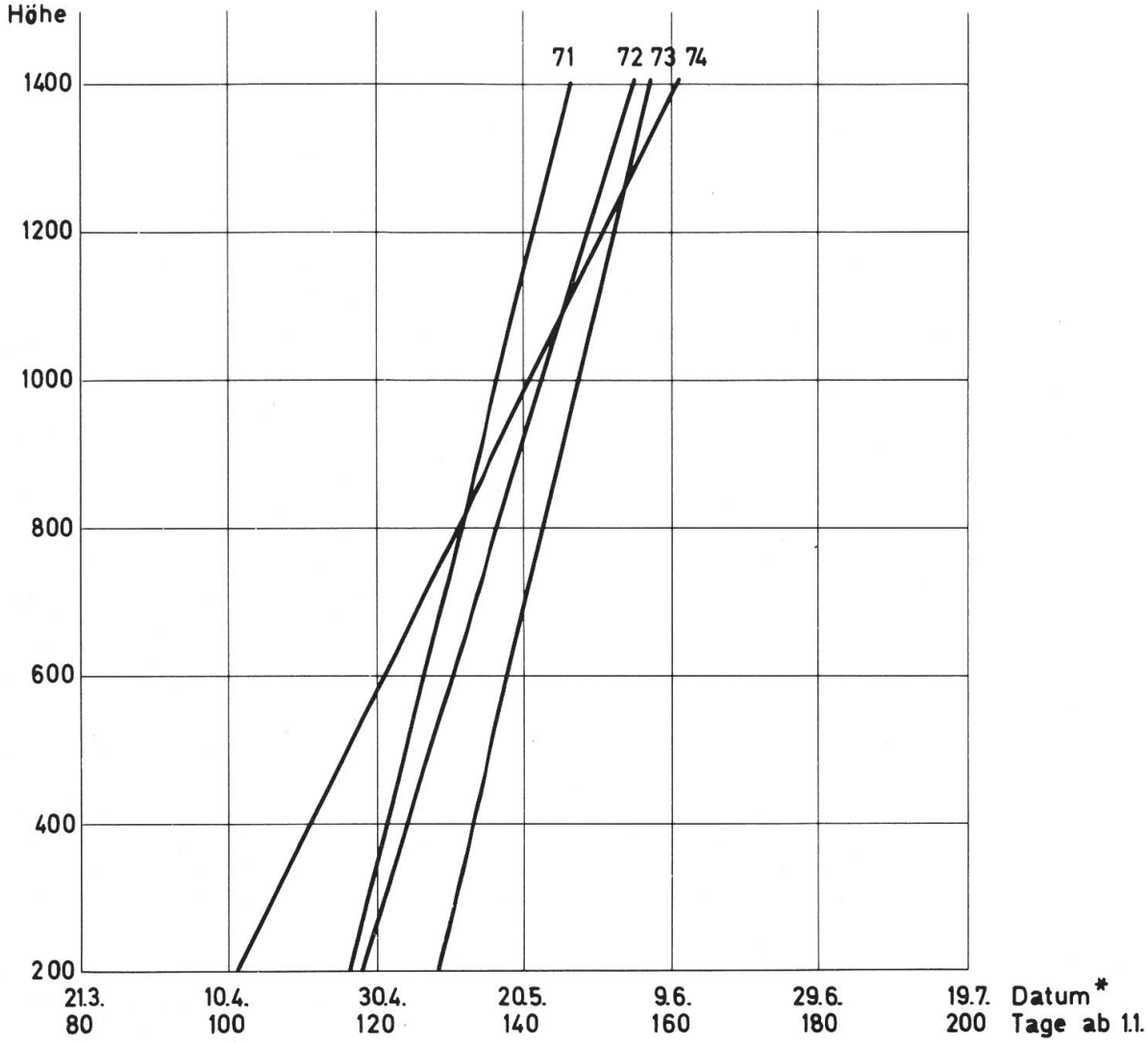
Der Einfluss der Höhe wurde mit einer einfach linearen Regression berechnet. In der vorliegenden Form ergibt sie eine auf das ganze Kantonsgebiet bezogene mittlere Verzögerung der Apfelblüte pro 100 m Höhenanstieg. Diese Verzögerung beträgt im Mittel 3,3 Tage (Tab. 2.4). 1971 und 73 ist sie beinahe gleich, nämlich 2,5 bzw. 2,4 Tage. 1972 ist sie mit 3,1 Tagen etwas grösser. Die Ähnlichkeit der Jahre 1971 bis 73 wird auch in Figur 2.3 deutlich. Dagegen weicht 1974 eindeutig von diesen drei Jahren ab. 1974 begann der Frühling im Unterland sehr früh, durch kühle Witterung von Mitte April bis Mitte Mai wurde er aber in höheren Lagen sehr lange hinausgezögert. Dieser Tatsache entspricht die grosse Verzögerung von 5,1 Tagen pro 100 m Höhe.

Welche Wirkung üben nun die Expositionen auf den Blühtermin aus? Um dies abzuklären, wurden die Regressionen für alle vier Himmelsrichtungen und horizontale Flächen getrennt berechnet. In Tabelle 2.5 werden die Resultate zusammengefasst. Für jede Exposition wurde ein mittleres Datum auf einer mittleren Höhe berechnet. Die Tabelle zeigt, dass die Apfelbäume an Süd gerichteten Hängen zuerst blühen. Dies dürfte nicht weiter erstaunen, werden doch die Südhänge am stärksten von der Sonne erwärmt. Rund 2 bis 2,5 Tage später folgen die Bäume an West und Nord orientierten Hängen. Weitere 2 Tage verspätet sind die Osthänge und die horizontalen Standorte. Dies mag erstaunen, da Osthänge nicht weniger Sonne erhalten, als Westhänge und beide, Osthänge und horizontale Flächen unter normalen Bedingungen besser erwärmt werden als Nordhänge. Immerhin ist es auffallend, dass diese beiden Standortlagen eine relativ erhöhte Frostgefahr aufweisen: die Osthänge durch eine lange Abkühlungszeit in der Nacht, die am Morgen durch eine rasche Aufwärmung abgelöst wird und die horizontalen Flächen durch die Bildung von Kaltluftseen.

Insgesamt erscheinen die expositionsbedingten Unterschiede nicht als sehr gross. Die mittlere Abweichung von 4,5 Tagen zwischen Süd- und Osthang entspricht einem Höhenunterschied bei gleicher Exposition von ungefähr 150 m.

Tabelle 2.4: Mittleres Datum, mittlere Höhe und Verzögerung der Apfelbaum Vollblüte mit der Höhe

Jahr	Mittleres Datum Tage ab 1.1.	Mittlere Höhe m	Verzögerung pro 100 m Höhenanstieg Tage
1971	129,8	729	2,5
1972	133,8	702	3,1
1973	139,9	682	2,4
1974	125,6	693	5,1
Mittel	132,3	702	3,3



Figur 2.3: Abhängigkeit der Apfelbaum Vollblüte von der Meereshöhe berechnet mit Hilfe einfach linearer Regressionen für die Jahre 1971 bis 1974

* Die Daten des Schaltjahres 1972 wurden angepasst: Der 21.3. entspricht dem 20.3. usw.

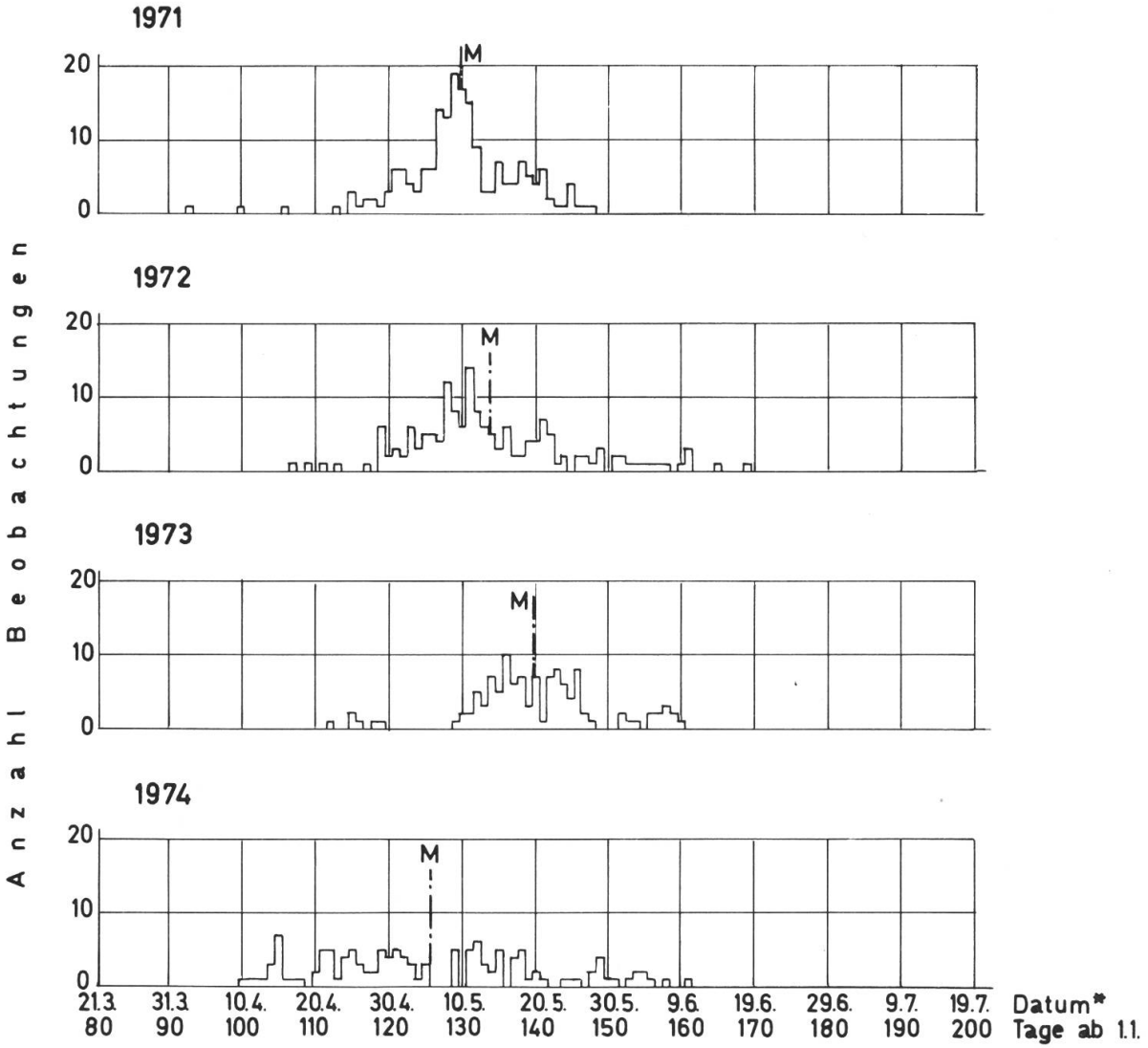
Tabelle 2.5: Mittleres Blühdatum des Apfelbaumes der Jahre 1971–1974 in Tagen ab 1.1. für verschiedene Expositionen auf einer mittleren Höhe von 702 m.

Exposition	Süd	West	Ost	Nord	Flach
Blühdatum	129,7	132,2	134,2	131,8	133,8

2.3.3.4. Beschreibung der Karte Apfelbaum Vollblüte (Karte 1 und Beilage 1)

Eine Übersicht über den Ablauf der Apfelblüte gibt Figur 2.4, in der auch einige Daten der Alpensüdseite enthalten sind. Die absolut früheste Blüte im Kanton Bern wurde am 11. April 1974 im Laufental festgestellt, die späteste am 16. Juni 1972 auf den Freibergen.

Die Gliederung der Daten nach der Quartilstatistik ist in Tabelle 2.6 zusammengestellt. Das erste und das letzte Quartil ist mit einer mittleren Dauer von 18 bzw. 21 Tagen bedeutend länger als das 2. und 3. mit 5 bzw. 8 Tagen. Die Abweichung der Einzelwerte gegenüber den Mittelwerten beträgt beim 1. bis 3. Quartil maximal 4 Tage, und beim 4. Quartil 7 Tage.



Figur 2.4: Häufigkeitsverteilung der Beobachtungsdaten der Apfelbaum Vollblüte in den Jahren 1971 bis 1974

* Die Daten des Schaltjahres 1972 wurden angepasst: Der 21.3. entspricht dem 20.3. usw.
M = Mittelwert.

Die Kürze der beiden mittleren Quartile zeigt, dass die Entwicklung in diesen am intensivsten abläuft. Sie konzentriert sich auf den 1. bis 20. Mai. Der mittlere Beginn fällt auf den 18. April, wobei die Einzeljahre bis 7 Tage von diesem Datum abweichen. Der Beginn des 2. und 3. Quartils stimmt 1971 und 1972 nahezu mit dem Mittelwert überein. Hingegen betragen die Abweichungen 1973 und 1974 bis zu mehr als 10 Tage. Die spätesten Daten pendeln sich dann wieder besser um den Mittelwert vom 8. Juni ein. Die grösste Abweichung hat hier 1971, wo die Blüte schon am 27. Mai abgeschlossen wird.

Die Karte zeigt uns mit den Farben rot, gelb und grün das räumliche Auftreten der Blühtermine. Auf den ersten Blick erkennt man das Vorherrschen von grün in den Regionen Jura, Emmental und Oberland, während das Mittelland vor allem in der gelben Farbe erscheint. Darin wird der Einfluss der Höhe auf die Apfelblüte deutlich. Die Höhenlage der kartierten Klassen ist allerdings nicht in allen Regionen gleich, wie ein Blick auf das Profil in Beilage 1 zeigt. Demnach haben wir frühen Blüheintritt im Jura unterhalb einer Höhe von etwa 450 m. Am Jurasüdhang steigt diese Grenze auf 500 m an. Im Mittelland steigt sie noch etwas höher und erreicht im Raume Thunersee etwas mehr als 600 m. Auf der Alpensüdseite steigt sie sogar auf beinahe 800 m.

Dieser Höhengliederung entsprechend fallen im Jura einzig das Laufental und das Delsberger Becken sowie der Südabhang in das frühe Gebiet. Im Anschluss an diese Gebiete und in der Ajoie finden wir eine Zone mit Blüte im 2. und 3. Quartil. Gegen den Kettenjura geht diese sehr rasch ins 4. Quartil über. Nach dem Profil in Beilage 1 geschieht das schon in einer Höhe von 700 m. Aus dieser späten Zone heraus treten die Längstäler nur schwach mit früherer Blüte hervor.

Tabelle 2.6: Quartilsdaten zur Vollblüte der Apfelbäume 1971 bis 1974

	1971	1972	1973	1974	Mittel
	Datum Tage ab 1.1.	Datum Tage ab 1.1.	Datum Tage ab 1.1.	Datum Tage ab 1.1.	Datum Tage ab 1.1.
1. Quartil	16.4. – 6.5. 106 – 126	18.4. – 6.5. 109 – 127	25.4. – 15.5. 115 – 135	11.4. – 24.4. 101 – 114	18.4. – 5.5. 108 – 125
2. Quartil	7.5. – 9.5. 127 – 129	7.5. – 10.5. 128 – 131	16.5. – 19.5. 136 – 139	25.4. – 3.5. 115 – 123	6.5. – 10.5. 126 – 130
3. Quartil	10.5. – 13.5. 130 – 133	11.5. – 19.5. 132 – 140	20.5. – 24.5. 140 – 144	4.5. – 15.5. 124 – 135	11.5. – 18.5. 131 – 138
4. Quartil	14.5. – 27.5. 134 – 147	20.5. – 16.6. 141 – 168	25.5. – 9.6. 145 – 160	16.5. – 10.6. 136 – 161	19.5. – 8.6. 139 – 159
			Länge in Tagen		
1. Quartil	21	19	21	14	18
2. Quartil	3	4	4	9	5
3. Quartil	4	9	5	12	8
4. Quartil	14	28	16	26	21

Im Mittelland steigt das erste Quartil auf über 500 m an. Doch weist keineswegs das ganze Gebiet bis zu dieser Höhe eine frühe Blüte, also vor dem 5. Mai, auf. Dies trifft einzig für die Region des Bielersees, einen sichelförmigen Ausschnitt im Osten des Frienisbergs und das Aaretal nordwestlich des Belpberges zu. Das übrige tiefere Mittelland liegt im Bereich des 2. Quartils. Die Grenze zum 3. stimmt mit der Grenze tieferes/höheres Mittelland überein. Im Emmental beginnt dann zwischen 700 und 800 m das 4. Quartil, im Schwarzenburgerland erst etwa bei 900 m.

Die grossen Höhenunterschiede im Oberland treten auch im Ablauf der Apfelblüte deutlich zu Tage. Als zusätzlicher Faktor ist hier der Föhn wirksam, der die verschiedenen Talschaften unterschiedlich beeinflusst. Vom Thunersee aus wandert die Blüte in die Alpentäler hinein. Der untere Teil der Täler bis zu einer Höhe von 700 bis 800 m liegt im 2. Quartil. Daran schliesst sich das 3. Quartil an, das bei 1000 m durch das 4. Quartil abgelöst wird.

Vergleichen wir nun anhand des Profils auf Beilage 1 noch einmal die drei Regionen, insbesondere Jura und Oberland, miteinander. Den Anstieg der frühen Zone von 450 auf über 600 m haben wir schon festgestellt. Ähnlich verlaufen die Obergrenzen des 2. und 3. Quartils. Sie steigen von 600 m im Jura auf 800 m im Oberland, bzw. von 700 m auf 1000 m. Die beiden Zonen sind also im Jura nicht nur tiefer, sie sind auch enger als im Oberland. Daraus resultiert eine deutlich ungünstigere Situation in den Juratälern gegenüber den Alpentälern. Dies kommt ja im Kartenbild deutlich zum Ausdruck. Das Emmental nimmt zwischen diesen beiden Regionen eine Mittelstellung ein. Auf der Alpensüdseite liegen die Grenzen noch etwas höher. Der Anstieg der Quartilsgrenzen vom Oberland aus beträgt noch einmal 100 bis 150 m. Für die Obergrenze des Apfelbaumvorkommens scheint kein grosser Unterschied mehr zwischen Jura und Alpen zu bestehen. Sie liegt überall auf 1300 bis 1400 m. Auf der Alpensüdseite dürfte sie auf über 1500 m ansteigen.

2.3.4. Die Karte der Weizenernte

2.3.4.1. Die Beobachtung der Weizenernte

Die Getreideernte ist eine Erscheinung des Hochsommers. Unsere Beobachter sollen den Weizenschnitt, wenn möglich ohne Mähdrescher, beobachten. Gerade das ist aber in der letzten Zeit schwierig geworden, wird doch die Ernte zunehmend auf Mähdrescher umgestellt und nur selten kann das Aufstellen von Puppen noch beobachtet werden. Nicht alle Beobachter geben die Ernteart an. Doch geht aus Tabelle 2.7 (vgl. auch Fig. 2.6) eindeutig hervor, dass der Anteil der Mähdrescherdaten im Laufe der Beobachtungszeit zugenommen hat. Mit der Umstellung von Bindemäher auf Mähdrescher verspätet sich der Erntetermin um ca. eine Woche von der Gelbreife auf die Totreife.

DICKEL (1972) hat die Resultate aus Bindemahd und Mähdrusch miteinander verglichen. Er kommt zu eindeutig schlechteren Ergebnissen beim Mähdrusch. Als Nachteile führt er insbesondere an, dass die Zuverlässigkeit unter dem Umstand leidet, dass das Getreide nicht auf dem Feld stehen bleibt, und deshalb im Moment der Beobachtung nicht mehr identifiziert werden kann. Der Mähdreschereinsatz wird viel stärker als der Bindemähereinsatz durch arbeitstechnische Grössen bestimmt.

Tabelle 2.7: Angaben über die Ernteart zu den Weizenerntedaten

Jahr	Total Meldungen	Angabe: Ernte mit Binder		Angabe: Ernte mit Mähdrescher		keine Angabe der Ernteart	
	Anzahl	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
1970	658	127	19,3	36	5,5	495	75,2
1971	182	22	12,1	29	15,9	131	72,0
1972	128	20	15,6	23	18,0	85	66,4
1973	75	7	9,3	20	26,7	48	64,0
1974	91	12	13,2	32	35,2	47	51,6

Schliesslich ist der Mähdrescher in grösserem Masse vom Niederschlag und der Luftfeuchtigkeit unmittelbar vor und während der Ernte abhängig. Diese Gründe lassen denn auch nicht eine einfache Transformation eines Mähdrescherdatums in ein Bindemäherdatum zu. Dies wurde auch durch unsere Beobachtungen bestätigt. Die Ernten auf benachbarten Feldern mit Mähdrescher bzw. mit Bindemäher, finden zum Teil praktisch gleichzeitig und zum Teil unter erheblicher zeitlicher Differenz statt. In der Karte sind deshalb sowohl Mähdrescher- wie auch Bindemäherdaten zu einem mittleren Termin verarbeitet worden.

Wie bei der Apfelblüte taucht auch hier noch die Frage nach den verschiedenen Sorten auf. In der Anleitung wird als Objekt die Sorte Probus empfohlen. In den Beobachtungsprotokollen werden verschiedene Sorten vermerkt, häufig fehlt eine Angabe. JEANNERET (1971 b: 11) stellt fest, dass es zwischen den verschiedenen Sorten keine systematischen Unterschiede gibt. Wir haben deshalb die Daten von verschiedenen Sorten verwendet.

2.3.4.2. Der Einfluss der Klimaelemente auf die Weizenernte

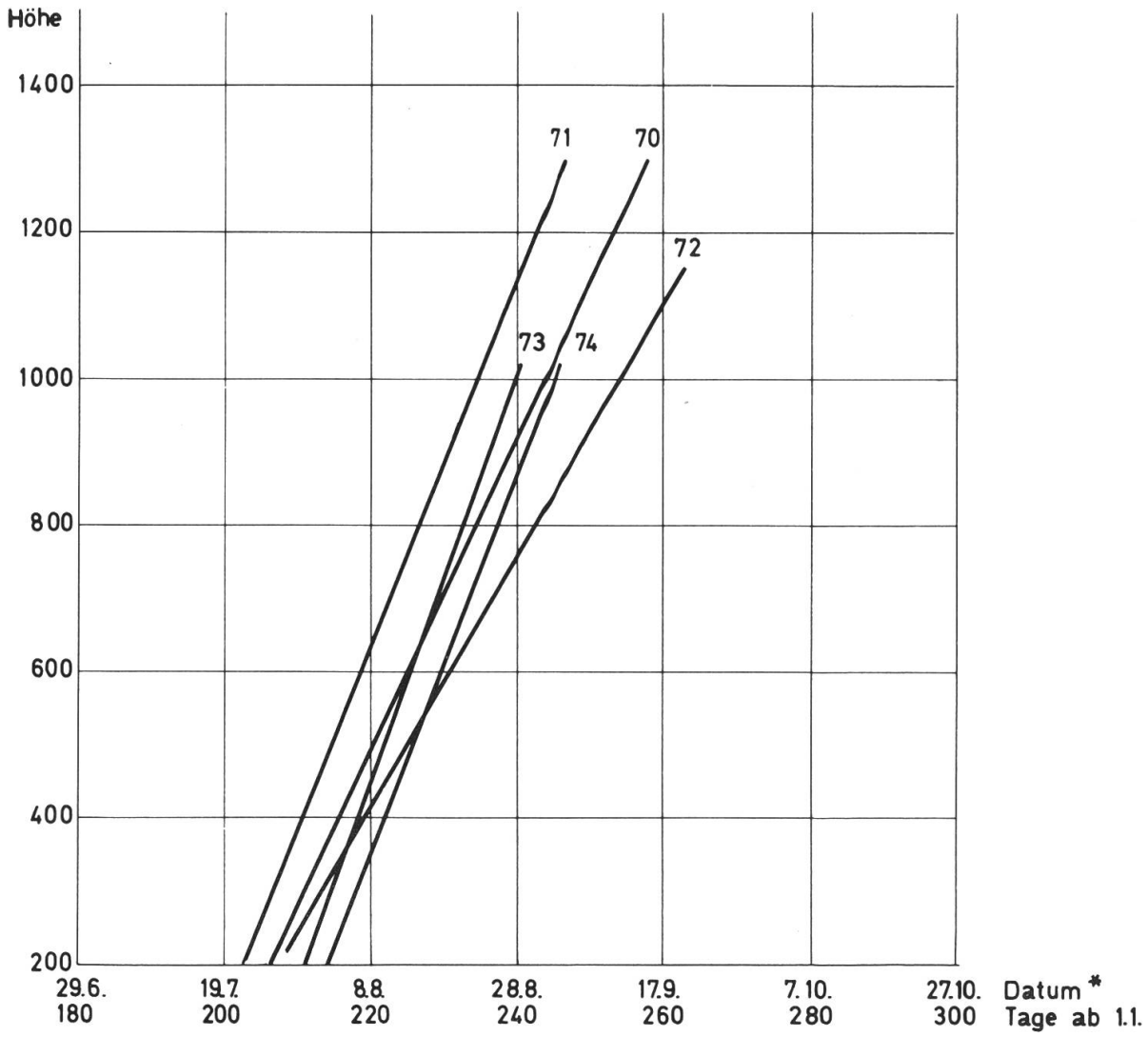
Von Aussaat bis Ernte haben die Wetterelemente einen lange dauernden Einfluss auf Wachstum und Reife des Weizens. Im Laufe der Entwicklung ändern sich die spezifischen Ansprüche der Pflanzen ans Klima. Grundsätzlich ist Wärme und Licht bei genügend Feuchtigkeit dem Wachstum förderlich. In der Zeit vor der Ernte ist warmes und trockenes Wetter für die Reife erforderlich. Dementsprechend gibt uns der Erntetermin einen Hinweis auf den Verlauf des Frühlings, insbesondere aber auf die Wärme und Trockenheit des Sommers. Allerdings beeinflussen, wie erwähnt, neben diesen klimatischen Faktoren auch noch andere, insbesondere betriebswirtschaftliche, den Erntetermin und können seine klimatische Aussage verfälschen.

Ein Vergleich des Ernteverlaufs mit dem allgemeinen Wetterablauf bestätigt insbesondere die Abhängigkeit von trockenem Wetter. Diese wird durch den Mähdrusch noch verstärkt. Da dieser den Erntetermin hinauszögert bis zum Erreichen der Totreife, stand in den vergangen Jahren zum Teil nur sehr kurze für die Ernte geeignete Zeit zur Verfügung. Dies könnte sich in schlechten Jahren als zusätzliches Ertragsrisiko auswirken.

2.3.4.3. Topographische Variation der Erntetermine

Das Gelände als klimabeeinflussender Faktor war auf seinen direkten Einfluss auf die Weizenernte zu untersuchen. In einem ersten Schritt wurde die Abhängigkeit von der Meereshöhe und in einem zweiten der Einfluss der Exposition überprüft.

Die einfach lineare Regression (Fig. 2.5) zwischen Höhe und Erntetermin ergibt eine recht grosse Verzögerung der Ernte mit der Höhe. Im Mittel beträgt sie 4,6 Tage pro 100 m (Tab. 2.8). In den Jahren 1971, 1973 und 1974 liegt sie zwischen den Werten 3,6 und 4,1. Dagegen hebt sich 1970 mit einer Verzögerung von 4,8 Tagen und 1972 gar mit einer solchen von 5,9 Tagen ab. Dieser hohe Wert ist durch das schlechte Erntewetter in diesem Jahr zu erklären. Wohl begann die Ernte im Unterland etwa zur üblichen Zeit, der kühle und meist feuchte August erschwerte aber die Ernte stark und zögerte sie hinaus.



Figur 2.5: Abhängigkeit der Weizenernte von der Meereshöhe berechnet mit Hilfe einfach linearer Regressionen für die Jahre 1970 bis 1974

* Die Daten des Schaltjahres 1972 wurden angepasst: Der 29.6. entspricht dem 28.6. usw.

Tabelle 2.8: Mittleres Datum, mittlere Höhe und Verzögerung der Weizenernte mit der Höhe

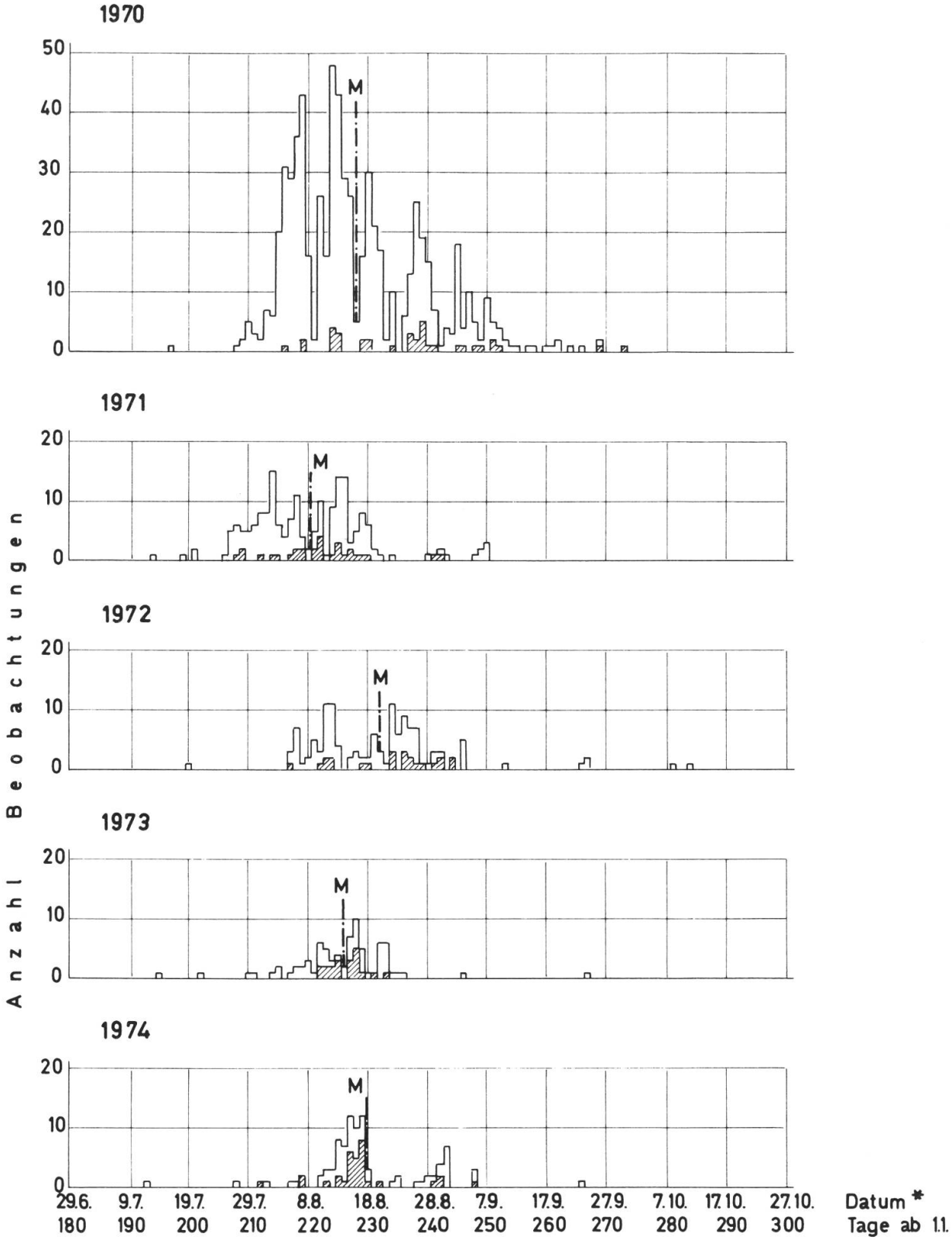
Jahr	Mittleres Datum Tage ab 1.1.	Mittlere Höhe m	Verzögerung pro 100 m Höhenanstieg Tage
1970	228,0	660	4,8
1971	220,3	640	4,1
1972	232,0	623	5,9
1973	225,8	603	3,6
1974	229,7	602	3,9
Mittel	227,2	626	4,6

Bei der Unterscheidung nach Expositionen muss beachtet werden, dass Weizen in der Regel nicht an steilen Hängen angebaut wird. Es ist schon aus diesem Grund nicht mit einem starken Einfluss der Expositionen zu rechnen. Aus den nach Expositionen getrennt berechneten Regressionsgeraden gehen denn auch keine grossen Unterschiede hervor. Die Reihenfolge und die Differenzen zwischen den verschiedenen Standorten änderten sich von Jahr zu Jahr. Im Durchschnitt ist die Ernte an Süd-, Ost- und Westhängen beinahe gleichzeitig. Sie ist etwa 2 Tage früher als an Nordhängen und auf flachen Standorten. Die expositionsbedingten Unterschiede erweisen sich also als sehr gering. Verglichen mit der Höhenabhängigkeit entsprechen sie nicht einmal einem Höhenunterschied von 50 m.

2.3.4.4. Beschreibung der Karte der Weizenernte (Karte 2 und Beilage 1)

Eine Übersicht über den Ablauf der Weizenernte gibt uns Figur 2.6, die auch einige Daten aus der Alpensüdseite enthält. Beim Vergleich der Kurven ist zu beachten, dass 1970 die Zahl der Beobachtungen bedeutend grösser ist als in den folgenden Jahren. Der absolut früheste Erntetermin wurde am 20. Juli 1971 aus Ins gemeldet, der späteste am 10. Oktober 1972 vom Mt. Raimeux. Die Ernte beginnt in der Regel Ende Juli. Die Haupterntezeit liegt im 1. und 2. Drittel des August, mit einer stärkeren Gewichtung des letzteren. Ende September wird meistens der letzte Weizen eingebracht.

Die Quartilstatistik (Tab. 2.9) zeigt, was die mittlere Länge der Quartile anbetrifft, recht grosse Unterschiede. Das 2. und 3. Quartil haben mit 5 bzw. 6 Tagen beinahe gleiche Länge. Das erste dauert mehr als doppelt so lang. Mit einer mittleren Dauer von 14 Tagen ist es aber immer noch viel kürzer als das 4., das im Mittel 37 Tage dauert. Diese Zahlen geben einen interessanten Hinweis auf die Geschwindigkeit des Ernteablaufs, besagen sie doch, wenn wir eine repräsentative Verteilung unserer Beobachtungspunkte annehmen, dass in der jeweiligen Quartilsdauer etwa ein Viertel des Weizens des Kantons Bern geerntet wird. In den einzelnen Jahren sind natürlich Schwankungen vorhanden. Die Abweichung vom Mittel beträgt im 1. Quartil bis zu einer Woche. Das 2. und 3. Viertel wird nie länger als 8 bzw. 9 Tage. 1973 und 1974 wurden sie auf 2, 3 und 4 Tage verkürzt. Diese kurze Zeiten bedingen eine entsprechend grosse Verfügbarkeit an Mähdreschern. Sie hängen auch mit den eng abgegrenzten klimatischen Bedingungen für den Mähdrusch zusammen.



Figur 2.6: Häufigkeitsverteilung der Beobachtungsdaten der Weizenernte in den Jahren 1970 bis 1974

* Die Daten des Schaltjahres 1972 wurden angepasst: Der 29.6. entspricht dem 28.6. usw.

▨ Mähdrescherdaten
M: Mittelwert

Tabelle 2.9: Quartilsdaten zur Weizenernte 1970 bis 1974

	1970	1971	1972	1973	1974	Mittel
	Datum Tage ab 1.1.	Datum Tage ab 1.1.	Datum Tage ab 1.1.	Datum Tage ab 1.1.	Datum Tage ab 1.1.	Datum Tage ab 1.1.
1.	27.7. – 6.8. 208 – 218	20.7. – 1.8. 201 – 213	4.8. – 10.8. 217 – 223	21.7. – 10.8. 202 – 222	27.7. – 13.8. 208 – 225	26.7. – 8.8. 207 – 220
2.	7.8. – 13.8. 219 – 225	2.8. – 7.8. 214 – 219	11.8. – 18.8. 224 – 231	11.8. – 14.8. 223 – 226	14.8. – 15.8. 226 – 227	9.8. – 13.8. 221 – 225
3.	14.8. – 22.8. 226 – 234	8.8. – 13.8. 220 – 225	19.8. – 23.8. 232 – 236	15.8. – 17.8. 227 – 229	16.8. – 22.8. 228 – 234	14.8. – 19.8. 226 – 231
4.	23.8. – 30.9. 235 – 273	14.8. – 7.9. 226 – 250	24.8. – 10.10. 237 – 284	18.8. – 24.9. 230 – 267	23.8. – 23.9. 235 – 266	20.8. – 25.9. 232 – 268
			Länge in Tagen			
1.	11	13	7	21	18	14
2.	7	6	8	4	2	5
3.	9	6	5	3	7	6
4.	39	25	48	38	32	37

Die Einhaltung dieser Bedingungen wiederum ist Voraussetzung für eine gute Qualität des Erntegutes. Dass in dieser kurzen Erntezeit neben dem hohen Investitionsbedarf ein gewisser Risikofaktor liegt, wurde schon in Abschnitt 2.3.4.2. erwähnt. Die extrem lange Dauer des 4. Quartils rührt davon her, dass in den späten Gebieten Weizen nur noch spärlich, aber doch bis in extreme Randlagen angebaut wird.

Auf der Karte der Weizenernte wurde neben der üblichen Quartilseintragung noch eine zusätzliche Angabe gemacht. Alle Gebiete im 4. Quartil, deren mittleres Datum nach dem 15. September liegt, sind mit einer grünen Schraffur besonders gekennzeichnet. Damit wurden jene Gebiete ausgeschieden, in denen der Ertrag in ungünstigeren Jahren, in unserer Periode waren es 1972 und 1974, gefährdet ist.

Die Raumgliederung der Karte zeigt eine Aufteilung der späten Gebiete auf Emmental und Jura, währenddem das Mittelland, sowie der nördliche, tiefer gelegene Teil des Juras eine frühere Erntezeit aufweisen. Die Alpenregion konnte leider nicht kartiert werden, da es dort keinen Weizenanbau mehr gibt. Die Ursache dafür bilden allerdings nicht klimatische Faktoren. In der Regel sind ja die Klimaverhältnisse auf einer bestimmten Höhe in den Alpen besser als im Jura. Auch der Grenzverlauf im Raume des Thunersees im 2. Quartil macht deutlich, dass die Anbaugrenze hier keine klimatische Grenze ist.

Frühe Erntetermine im Jura finden wir nur im untersten Teil des Laufentals. Das übrige Laufental, die Ajoie und das Delsberger Becken liegen im 2. Quartil. Im Kettenjura folgt nach einer nur kurzen Übergangszone das 4. Quartil, das fast ausnahmslos auch bis in die Täler hinunterreicht. Seine Untergrenze liegt nach dem

Profil auf Beilage 1 auf etwa 600, am Südhang auf 700 m. Auffallend ist die grosse Fläche mit einem mittleren Erntetermin nach dem 15. September. Dazu gehören die gesamten Freiberge und die höhere Region der Gebirgsketten, soweit auf ihnen noch Weizen angebaut wird.

Die frühen Gebiete des Mittellandes sind zerstreut über die ganze Region. Es tritt kaum ein grösseres zusammenhängendes Gebiet hervor. Im einzelnen lokalisieren sie sich in den Talschaften von Aare, Saane und Sense, sowie von Worble und Urtenen. Damit wird auch deutlich, dass sie sich auf die tiefsten Lagen konzentrieren. Die Grenze zwischen 2. und 3. Quartil verläuft zwischen höherem und tieferem Mittelland auf einer Höhe von 600 bis 650 m. In die späte Zone fallen im Napfgebiet schon Höhen ab etwa 700 m. Gegen Südwesten steigt diese Grenze auf etwa 800 m an.

Bei einem abschliessenden grossräumigen Vergleich zeigt sich wie schon bei der Apfelblüte ein allgemeines Ansteigen der Quartile vom Jura gegen die Alpen. Anders ausgedrückt bedeutet das, dass wir bei gleicher Höhe im Jura einen späteren Erntezeitpunkt haben als im Emmental oder im Schwarzenburgischen. Im Tessin ist die Ernte zeitiger als auf der Alpennordseite, wobei die Entwicklung mit der Höhe leider nicht verfolgt werden kann, da Daten fehlen. Die Obergrenze des Anbaus liegt nach unseren Angaben überall auf etwa 1000 bis 1100 m. Im Oberland ist diese Grenze durch andere Faktoren herabgedrückt.

2.3.5. Die Karte der Buche Blattverfärbung

2.3.5.1. Die Beobachtung der Buche Blattverfärbung

Mit der Blattverfärbung der Buche endet im phänologischen Kalender nach SCHNELLE (1955: 113) der Vollherbst. Die Vegetation stellt sich auf die Winterruhe ein. Von vielen Autoren (GENSLER 1946, WANNER 1973) wird deshalb der Zeitpunkt der Buche Blattverfärbung als Anzeichen für das Ende der Vegetationsperiode angesehen.

Nach der Beobachtungsanleitung (JEANNERET 1971a) vollzieht sich der Übergang von grün zu braun rasch. Er soll dann registriert werden, wenn die Brauntönung am ganzen Baum deutlich ist. Es sollen Bäume am Waldrand oder freistehende Exemplare beobachtet werden. Zu beachten ist bei der Buche, dass der Phaseneintritt bei einzelnen Bäumen recht stark voneinander abweichen kann. Deshalb sollte immer ein Mittel aus mehreren Exemplaren gebildet werden.

2.3.5.2. Der Einfluss der Klimaelemente auf die Blattverfärbung der Buche

Nach LARCHER (1973: 293) treten viele Holzpflanzen, darunter auch die Buche, bei kürzer werdenden Tagen in ein Stadium der Vorruhe, die der Winterruhe vorausgeht. Die kritische Tageslänge beträgt in der Regel mehr als 12 Stunden. Wenn in der folgenden Zeit die Temperatur unter 9° absinkt, wird nach SCHNELLE (1973: 14) in den Buchen die Blattverfärbung eingeleitet. Zwischen dem Unterschreiten dieser Temperaturschwelle und dem eigentlichen Eintritt der Blattverfärbung verstreicht eine gewisse Reaktionszeit. Diese ist nicht überall gleich. Ihre unterschiedliche Dauer führt SCHNELLE (1952 und 1973) auf unterschiedliches

Alter der Blätter zurück. Neben der Temperatur können auch andere Faktoren das Auslösen der Blattverfärbung beeinflussen. Unter diesen wollen wir die Trockenheit noch speziell erwähnen (WANNER 1973: 157), die je nach Witterung in einzelnen Jahren von Bedeutung sein kann. Bei allen Betrachtungen über die Blattverfärbung vergisst man gerne, dass sie ein aktiver Prozess der Pflanze ist (LORENZEN 1972: 150), die Blätter an einem abgebrochenen Ast verfärben sich nicht. Beim physiologischen Prozess der Verfärbung wird unter anderem die Atmung erhöht (LARCHER 1973: 58). Das hat zur Konsequenz, dass die Induktion der Phase wohl durch eine Abkühlung eingeleitet wird, für den Ablauf selbst aber eine minimale Wärme vorhanden sein muss. Diese Bedingung ist in der Regel erfüllt, doch scheint sie in einzelnen Jahren eine Rolle zu spielen. So zeigt ein Vergleich zwischen Blattverfärbung und Wetterverlauf 1974, dass es trotz früher und anhaltender Kälte (es schneite an vielen Orten schon Ende September ins grüne Land) nur zu einem zögernden und relativ späten Phaseneintritt kam. Einzelne Beobachter meldeten in diesem Jahr, dass gar keine richtige Verfärbung zu beobachten war. In den übrigen Jahren setzte sie jeweils im Anschluss an eine Temperaturdepression ein. In Bezug auf die Messungen der Station Bern kristallisieren sich im Temperaturverlauf zwei Punkte heraus (VOLZ 1977): Der erste liegt bei einem Tagesmittel von 8° und löst einen ersten Schub der Blattverfärbung aus, der zweite bei 5° und lässt die Verfärbung auf das ganze Kantonsgebiet übergreifen.

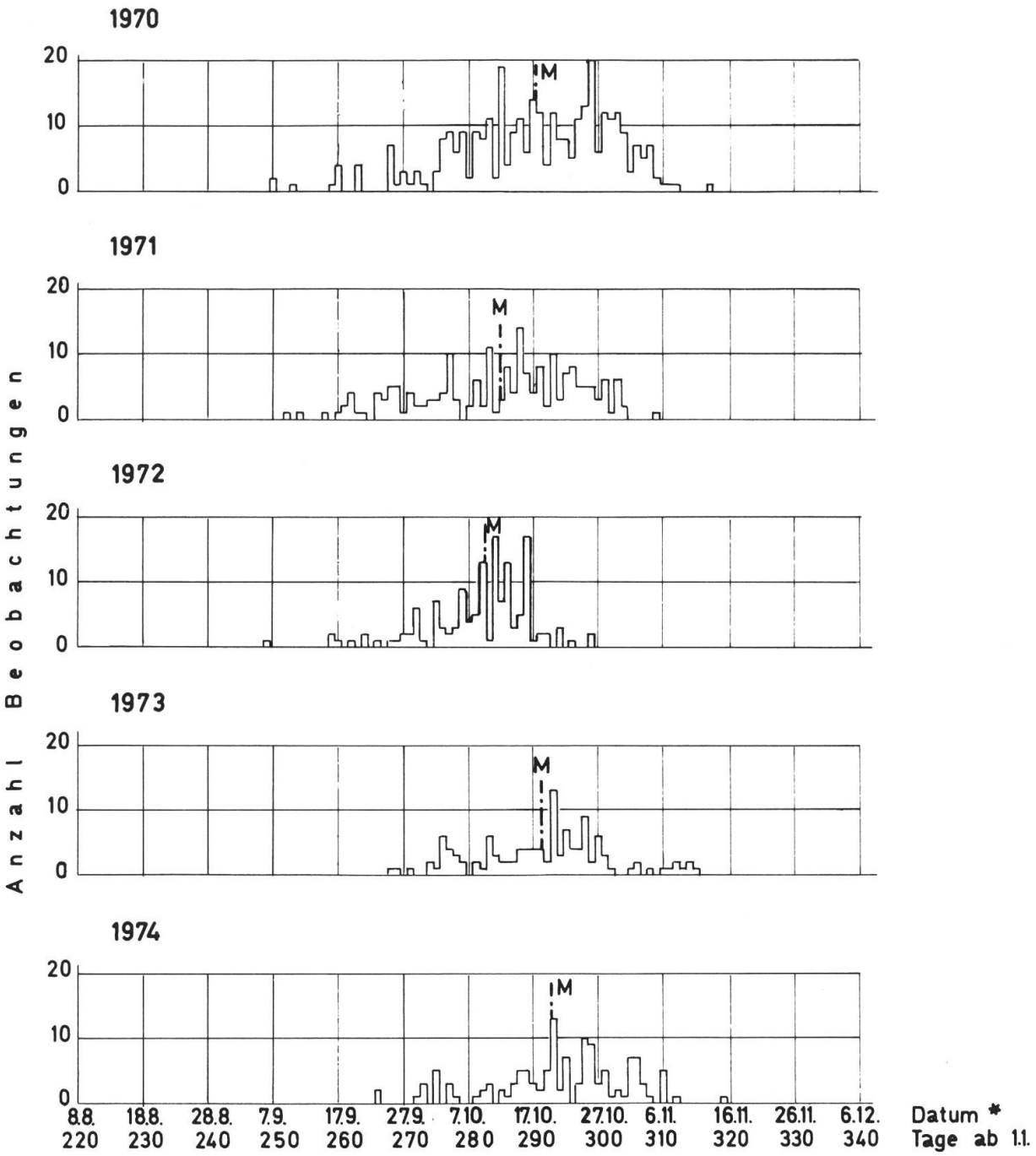
2.3.5.3. Topographische Variation der Blattverfärbungstermine

Der Einfluss von Höhe und Exposition auf die Blattverfärbung der Buche wurde im Gegensatz zu Apfelblüte und Weizenernte kaum deutlich. Eine Korrelationsrechnung zwischen Phaseneintritt und Meereshöhe hat nur Werte um –0,2 ergeben. Sie sind negativ, da die Verfärbung mit zunehmender Höhe früher eintritt. Sie sind mit Ausnahme des Wertes von 1973 noch knapp signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %. Infolge der schlechten Abhängigkeit kann auch kein allgemeiner Wert für die Verspätung der Verfärbung pro 100 m Höhenunterschied angegeben werden. Trennt man die Rechnungen nach Exposition auf, so verbessern sich die Resultate nicht wesentlich. Es wird deshalb darauf verzichtet, sie im einzelnen darzustellen. Auch ein Vergleich zwischen Topographie und Phaseneintritt nach anderen Gesichtspunkten brachte keine guten Resultate. Wahrscheinlich würde ein Vergleich in enger abgegrenzten Regionen besser ausfallen. ROSENKRANZ (1951) gibt für Österreich eine Verzögerung von 2,8 bis 3,8 Tagen pro 100 m Abstieg.

2.3.5.4. Beschreibung der Karte Buche Blattverfärbung (Karte 3 und Beilage 1)

Figur 2.7 gibt einen Überblick über den Ablauf der Buche Blattverfärbung in den Beobachtungsjahren 1970 bis 1974. Der absolut früheste Phaseneintritt wurde am 5. September in St. Brais und der späteste am 14. November in Kriechenwil festgestellt. In der Regel beginnt die Blattverfärbung etwa Mitte September. Sie intensiviert sich im Oktober und klingt dann bis spätestens Mitte November langsam aus.

In Tabelle 2.10 sind die Daten der Quartile, nach denen die Karte gezeichnet wurde, zusammengestellt. Dabei treffen wir wieder auf das zu erwartende Phänomen, dass die beiden mittleren Quartile kürzer sind als das erste, weil die



Figur 2.7: Häufigkeitsverteilung der Beobachtungsdaten der Buche Blattverfärbung in den Jahren 1970 bis 1974

* Die Daten des Schaltjahres 1972 wurden angepasst: Der 8.8. entspricht dem 7.8. usw.

M: Mittelwert

Tabelle 2.10: Quartilsdaten zur Blattverfärbung der Buche 1970 bis 1974

	1970	1971	1972	1973	1974	Mittel
	Datum Tage ab 1.1.	Datum Tage ab 1.1.	Datum Tage ab 1.1.	Datum Tage ab 1.1.	Datum Tage ab 1.1.	Datum Tage ab 1.1.
1.	7. 9.– 9.10. 250 – 282	9. 9.– 3.10. 252 – 276	5. 9.– 4.10. 249 – 278	25. 9.–10.10. 268 – 283	23. 9.–15.10. 266 – 288	14. 9.– 8.10. 257 – 281
2.	10.10.–18.10. 283 – 291	4.10.–13.10. 277 – 286	5.10.– 9.10. 279 – 283	11.10.–19.10. 284 – 292	16.10.–21.10. 289 – 294	9.10.–16.10. 282 – 289
3.	19.10.–26.10. 292 – 299	14.10.–21.10. 287 – 294	10.10.–13.10. 284 – 287	20.10.–24.10. 293 – 297	22.10.–28.10. 295 – 301	17.10.–22.10. 290 – 295
4.	27.10.–13.11. 300 – 317	22.10.– 4.11. 295 – 308	14.10.– 3.11. 288 – 308	25.10.–11.11. 298 – 315	29.10.–14.11. 302 – 318	23.10.– 9.11. 296 – 313
			Länge in Tagen			
1.	33	25	30	16	23	25
2.	9	10	5	9	6	8
3.	8	8	4	5	7	6
4.	18	14	21	18	17	18

Entwicklung anfänglich erst an wenigen Orten beginnt. Die mittlere Dauer des 1. beträgt 25 Tage. Die Einzelwerte weichen aber davon bis zu 9 Tagen ab. Das 2. und das 3. Viertel dauern 8 bzw. 6 Tage. Ihre Länge bleibt in allen Jahren ziemlich konstant. Als ganze verschieben sie sich bis zu einer Woche nach vorn oder nach hinten. Auch das letzte Viertel zeigt keine grossen Schwankungen um die mittlere Länge, die wieder auf 18 Tage ansteigt.

Wir weisen noch einmal darauf hin, dass in der Karte die Farbgebung nicht gleich wie bei Apfelblüte und Weizenernte vorgenommen wurde. Mit grün sind diesmal die frühesten Gebiete gekennzeichnet, dann folgen die hell- und dunkelgelben, und die spätesten erscheinen rot (vgl. Abschnitt 2.3.2.).

Schon im vorhergehenden Kapitel (2.3.5.3.) wurde festgestellt, dass die Blattverfärbung keine allgemeine auf das ganze Kantonsgebiet übertragbare Höhenabhängigkeit zeigt. Dies kommt auch in der Karte und im Profil (Beilage 1) zum Ausdruck. Wohl konzentrieren sich die frühen Termine im Jura und im Emmental. Wir finden solche aber auch im tieferen Mittelland. Anderseits reichen späte bis auf relativ grosse Höhen im Oberland.

Betrachtet man den Jura für sich allein, so scheint hier noch eine allgemeine Höhenstufung intakt zu sein. Die Verfärbung beginnt im Kettenjura und in den Freibergen. Nur in zwei Längstälern sind die Buchen etwas länger grün. In den tieferen Lagen des Nordjuras, also im Delsbergerbecken und im Laufental, im Tal des Doubs und in der Ajoie ist eine grössere Verzögerung zu erkennen. In allen diesen Regionen tritt im tieferen Bereich die Verfärbung im dritten, am Ausgang den Laufentals sogar erst im 4. Quartil ein. Am Jurasüdhang steigen die mittleren

Termine in etwas grössere Höhen. Die Grenze zwischen dem 1. und 2. Quartil liegt im Delsberger Becken auf etwa 700 m und das dritte beginnt bei ca. 450 m. Am Südhang sind die entsprechenden Höhen 800 und 600 m (Beilage 1).

Im Mittelland haben wir einerseits den Beginn der Blattverfärbung auf den grösseren Höhen im Napfgebiet, Emmental und Schwarzenburgerland, anderseits aber auch im tieferen Mittelland etwa an den Nordwesthängen von Frienisberg und Bucheggberg. Diese Anomalien führen zum Beispiel östlich von Bern zu einem recht kleinräumigen Wechsel im Kartenbild. Beim Abstieg von den hohen Regionen erfolgt der Wechsel vom 1. zum 2. Quartil bei 900 bis 800 m. Am Übergang vom höheren zum tieferen Mittelland erfolgt im grossen und ganzen der Wechsel vom 2. zum 3. Quartil. Die Grenze liegt im Südwesten auf etwa 700 m und im Nordosten auf 550 m. Dieser Verlauf wird aber an einigen Stellen durchbrochen, sodass diese Höhenlinie über- und unterschritten wird. So fallen einerseits die Ausbuchtungen des 3. Quartils nach Huttwil und vom Aaretal gegen das Emmental bei Zäziwil auf, anderseits das Vordringen des 2. Quartils ins tiefere Mittelland im Oberaargau und nördlich von Bern. Vom Oberaargau aus wird das ganze Aaretal bis zum Grossen Moos vom 2. Quartil eingenommen, ja am Nordwesthang von Frienisberg und Bucheggberg tritt sogar das 1. Quartil auf. Dies steht im scharfen Kontrast zur benachbarten Ebene der Emme, wo bei Utzenstorf die Blattverfärbung erst zu einem späten Zeitpunkt festgestellt wird. Die übrigen späten Gebiete liegen am Bielersee, im Tal der Aare, des Wohlensees und der Sense.

Die Gunstzonen an den Seen im Mittelland stehen in deutlichem Gegensatz zu den Ufern von Thuner- und Brienzersee. Hier tritt bei Thun das 1. Quartil auf, sonst mehrheitlich das zweite, was mit relativ tiefen Temperaturminima in diesem Raum zusammenhangen dürfte. Obwohl das Oberland grosse Höhenunterschiede aufweist, zeigt sich also keine deutliche Höhengliederung, oder höchstens eine solche, die sich auf einzelne Talschaften beschränkt. Wohl beginnt in allen Tälern in den höchsten Regionen die Verfärbung im 1. Quartil. Der Wechsel zum zweiten und zum dritten erfolgt aber sehr unterschiedlich. So beginnt im Simmental auf etwa 800 m erst das 2. Quartil, währenddem im Frutigtal auf dieser Höhe schon das vierte erscheint. Wir könnten von einer Gunstlage des Frutigtales sprechen, die sich sehr deutlich vom benachbarten Simmental abhebt.

Überblickend stellen wir fest, dass die Buche Blattverfärbung im Jura, im Napfgebiet und im Emmental sowie im Oberland zuerst in den grösseren Höhen einsetzt. An mehreren Orten beginnt sie aber auch im Tiefland schon zur gleichen Zeit. Es lässt sich deshalb mit Ausnahme des Juras keine allgemeine Höhenabhängigkeit feststellen. Der Übergang vom 1. zum 2. Quartil ist als einziger noch höhenmässig vergleichbar. Er steigt im Jura von N nach S von 650 auf 800 m und im Gantrischgebiet auf 850 bis 900 m. Im Oberland wechseln die Verhältnisse wieder stark. Am Langensee beginnt die Verfärbung an der Obergrenze der Buche bei etwa 1600 m erst im 2. Quartil. Die Obergrenze auf der Alpennordseite liegt auf 1200 bis 1300 m.

2.3.6. Vergleichende Interpretation der Karten von Frühling, Sommer und Herbst

Die Apfelbaum Vollblüte zeigt uns die Wirksamkeit der Frühlingswärme und die damit verbundene Aktivierung der Vegetation an. Sie bevorzugt den Jurasüdhang, der von den Strahlen der Frühlingssonne intensiv erwärmt wird, die ausgeglichenen und frostarmen Regionen von Bieler- und Thunersee (JEANNERET 1975), sowie das tiefgelegene Laufental. Ihre Weiterentwicklung ist deutlich höhenabhängig. Auch die Sonnenstrahlung an den verschiedenen Expositionen, die im Frühling relativ grosse Unterschiede aufweist (JACKSON 1966), macht sich im Ablauf bemerkbar. Bei der Weizenernte, die ein Mass für Wärme und Trockenheit im Sommer gibt, sind im Gegensatz dazu kaum mehr expositionsbedingte Unterschiede festzustellen. Hingegen ist die Höhenabhängigkeit eher noch deutlicher geworden. Dementsprechend haben sich die frühen Zonen in die tiefen Tallagen verlagert. Noch einmal anders präsentiert sich das Bild der Kälteeinbrüche im Herbst, die zur Blattverfärbung der Buche führen. Das damit angezeigte Ende der Vegetationszeit, nimmt generell seinen Anfang in den grösseren Höhen, doch weisen auch einzelne Tieflagen frühe Termine auf, so dass die Gunstlagen zum Teil erhöht liegen und die Höhenabhängigkeit durchbrochen wird.

Wenn wir die Situation des Jura im Frühling, Sommer und Herbst betrachten, so fallen in allen drei Jahreszeiten die grossen grünen Flächen in den Karten auf. Währenddem die Phasen des Frühlings und des Sommers spät eintreten, beginnt der Herbst sehr früh. Dies hat insbesondere zur Folge, dass zwischen der Weizenernte und der Blattverfärbung der Buche nur noch ein kurzer Zwischenraum liegt. Das bedeutet, dass schon kurz nach der Weizenernte die Vegetationsperiode abgeschlossen wird. Die ungünstige Zone kommt von den Freibergen und den Juraketten weit herunter, so dass sich die innerjurassischen Längstäler nur wenig von den Höhen unterscheiden. Der Übergang zu günstigeren Lagen, die sich im tieferen Nordjura befinden, erfolgt dann allerdings sehr rasch, so dass sich das Delsberger Becken, das Laufental, die Ajoie und sogar das Tal des Doubs deutlich vom übrigen Jura abzeichnen. Insbesondere das weit hinabreichende Laufental zeichnet sich durch eine Gunstlage aus, die im Frühling bis ins Delsberger Becken reicht.

Es stellt sich natürlich die Frage nach der Ursache der klimatischen Benachteiligung des Jura. Sie kann hier nur angetönt werden. Einerseits ist er sowohl den Westwinden wie auch der Bise voll ausgesetzt, andererseits fehlt ihm der erwärmende Föhn. Zudem ist die Massenerhebung des Jura viel kleiner als diejenige der Alpen. Die Massenerhebung des Gebirges wirkt sich aber auf das Klima aus und lässt die klimatischen Grenzen ansteigen. Dies erklärt auch die schlechteren Bedingungen im Jura gegenüber den Alpen. Schliesslich dürfte auch die Gesteinsunterlage einen Einfluss haben, die sich im Jura weniger günstig auf den Wasserhaushalt auswirkt.

Besonders interessant ist ein Vergleich der verschiedenen Jahreszeiten am Jurasüdfuss und im Aaretal. Im Frühling finden wir die Gunstlage unmittelbar am Hangfuss, etwas erhöht über dem Aaretal an den sonnenorientierten Südhängen, sowie rund um den Bielersee. Im Sommer verlagert sich dann diese Zone ganz hinunter an die Aare. Die Exposition hat jetzt weniger Bedeutung als die Meereshöhe (JACKSON 1966). Erstaunlich erscheint dann der Übergang zum Herbst. Der Höhenzug südöstlich des Bielersees zeigt noch deutlichen Gunstcharakter und auch am Jurasüdfuss finden wir noch bevorzugte Verhältnisse. Demgegenüber weist die

frühe Blattverfärbung unten im Aaretal auf eine deutliche klimatische Verschlechterung im Herbst hin, die sich auf der Nordostseite von Frienisberg und Bucheggberg am deutlichsten bemerkbar macht. Diese Ungunst im Herbst weist uns noch auf ein klimatisches Merkmal dieses Raumes hin: die Kälteseebildung und die Offenheit gegenüber der Bise, die hier kanalisiert wird (SCHÜEPP 1970) und sich auf das herbstliche Wetter auswirken dürfte.

Als charakteristische Linie tritt in allen drei Karten eine Trennlinie zwischen dem tieferen und dem höheren Mittelland auf. Sie bildet jeweils die Grenzlinie zwischen dem 2. und dem 3. Quartil. Im Frühling und im Herbst ist festzustellen, dass diese Linie von Südwesten nach Nordosten an Höhe verliert. Im Frühling fällt sie ungefähr von 700 auf 500 m und im Herbst gar von 750 auf 450 bis 500 m ab. Einzig im Sommer bleibt die Grenzlinie ungefähr auf der gleichen Höhe. Das tiefere Mittelland selbst zeigt im Frühling praktisch keine Feingliederung mehr, währendem sich im Sommer die Täler deutlich als lokale Wärmelagen erweisen. Im Herbst finden wir nur in der Emmeebene, am Wohlensee und am Sensegraben eine Gunstlage. Dagegen beginnt dieser nördlich von Bern und im Oberaargau relativ früh. Dies zeigt eine Einengung des Sommerhalbjahres im Oberaargau zugunsten des Winterhalbjahres, die im Frühling schwach und im Herbst deutlich erkennbar ist. Die Abstufung vom höheren Mittelland zum Emmental und Napfgebiet sowie am Gurnigel konnte für jede Jahreszeit höhenabhängig angenommen werden.

Das Aaretal zwischen Thun und Bern weist eine interessante Gliederung auf. Das Belpmoos liegt in jeder Jahreszeit in der Gunstkategorie. Diese weitet sich im Sommer gegen Osten und erfasst im Herbst die ganze östliche Talseite bis hinauf nach Kiesen. Im oberen, an den Thunersee anschliessenden Teil wiederholt sich die Gunstsituation im Frühling und Sommer, wobei sich im Frühling der Schatten der Stockhornkette auf das westwärts anschliessende Plateau zwischen Aare und Gürbe benachteiligend auswirken dürfte. Extrem anders präsentiert sich die gleiche Region im Herbst. Die frühe Blattverfärbung deutet jetzt auf frühe Kälteeinwirkungen. Der Belpberg bildet eine Höheninsel in der ganzen Talschaft. Er wird in jeder Jahreszeit in Höhenzonen gegliedert, die auf engem Raum die Gliederung des Mittellandes wiederspiegelt.

Auch im Oberland treten Unterschiede zwischen Frühling und Herbst auf. Der Sommer ist leider nicht in den Vergleich einzubeziehen, da Weizenerntedaten fehlen. In Fortsetzung des Aaretals tritt um den Thunersee der interessante Wechsel zwischen Frühling und Herbst auf. Währenddem die frühe Apfelblüte einen warmen Frühling anzeigt, deutet die frühe Blattverfärbung auf einen ungünstigen Herbst mit relativ tiefen Tagesminima, der nur am Nordufer nicht zur Auswirkung kommt. Talaufwärts, am Brienzersee und im Unterhasli, setzt sich im Frühling die Gunstlage in leicht abgeschwächter Form fort und bleibt dort auch im Herbst erhalten. Die von Süden her ins Haupttal mündenden Alpentäler lassen sich deutlich in Höhenstufen gliedern, die aber in jedem Tal eine mehr oder weniger individuelle Form annehmen. Am deutlichsten erscheint diese Individualität im Unterschied zwischen Simmental und Frutigtal. Im Frühling ist die Differenz nur klein, einzig das 2. Quartil steigt im Frutigtal etwa 50 m höher als im Simmental. Im Herbst dagegen ist das Bild ganz anders. Das Frutigtal hebt sich durch einen besonders späten Herbst von allen Tälern ab. Demgegenüber weist das Simmental einen ausgesprochenen frühen Herbst auf. In diesem steigt das 1. Quartil bis auf 800 m hinunter, währenddem im Frutigtal das

2. Quartil praktisch bis an die Obergrenze des Buchenvorkommens, also bis etwa 1300 m hinaufreicht. Das 3. und 4. Quartil kommt im Simmental gar nicht mehr vor, im Frutigtal taucht das 4. Quartil noch auf Höhen von 800 m bis 900 m auf. Es stellt sich natürlich die Frage nach der Ursache dieser Differenz. Die naheliegendste Erklärung dürfte in der unterschiedlichen Lage und Richtung der beiden Täler liegen. Diese gibt verschiedenen Luftströmungen unterschiedlichen Zugang und lässt den wärmenden Föhn ins Frutigtal einströmen, der dem Simmental fast vollständig fehlt (SCHÜEPP 1970).

2.4. Einordnung unserer Beobachtungsperiode in einen längeren Zeitabschnitt

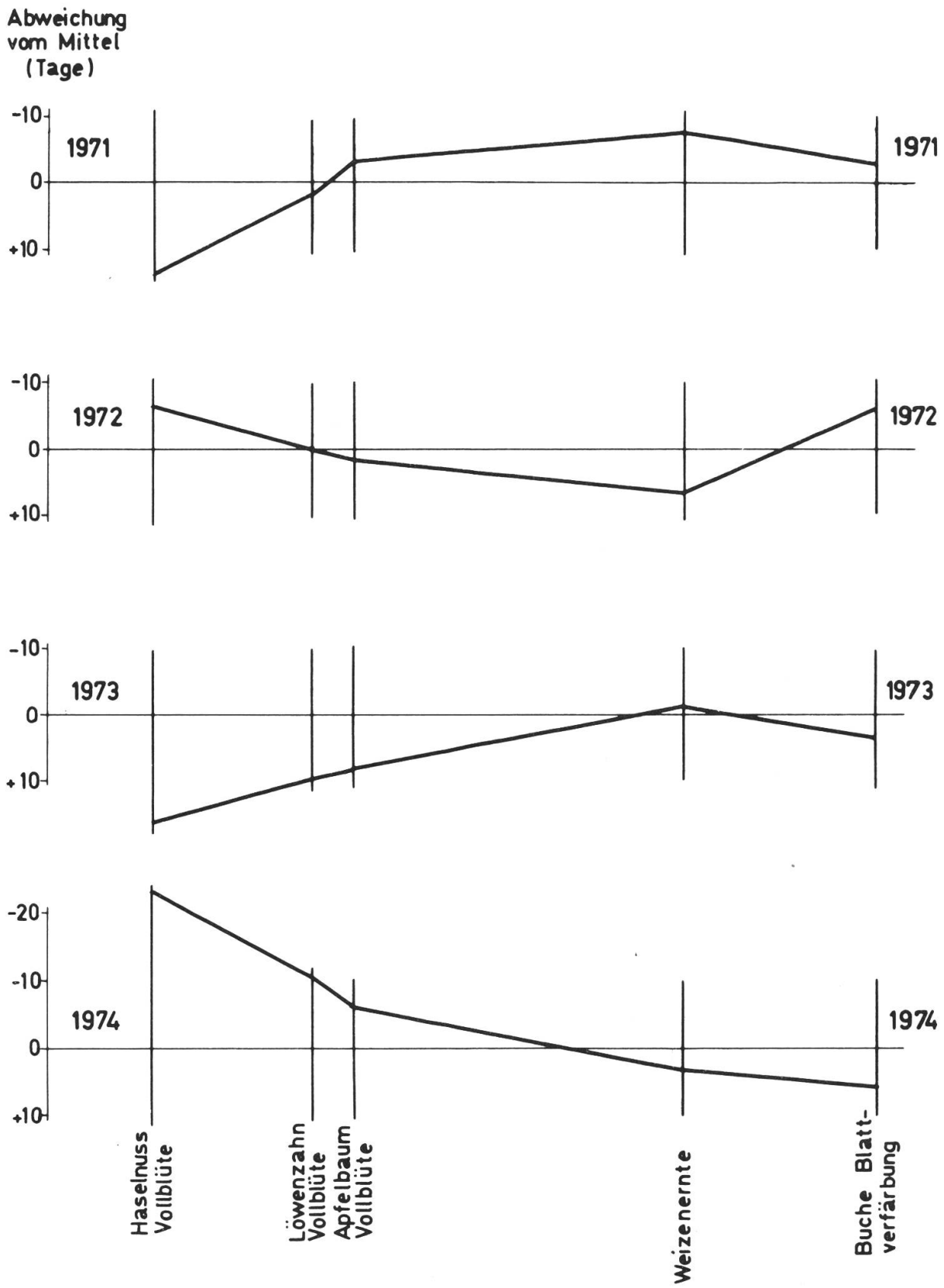
2.4.1. Charakterisierung unserer Beobachtungsperiode

Die Aussage einer Mittelwertskarte hängt nicht nur von der Länge der Beobachtungsperiode ab, sie wird durch die Eigenart der Einzeljahre wesentlich mitbestimmt. Wenn die Jahre mehrheitlich gleichartig sind und in ähnlichem Sinn vom Mittel abweichen, sind die Karten wenig repräsentativ für die mittleren Verhältnisse. Wenn sie hingegen deutliche Unterschiede aufweisen und dadurch die allgemeine Streuung besser wiedergeben, können die Karten ein besseres Abbild des langjährigen Durchschnitts geben. Aus diesem Grunde soll die Eigenart unserer Beobachtungsjahre auf einfache Art dargestellt werden. Es werden dazu auch die beiden Phasen Haselnuss- und Löwenzahn Vollblüte (VOLZ 1977) verwendet, damit der Jahresgang besser charakterisiert werden kann.

Ein einfaches Mass für die Eintrittszeit eines Ereignisses bildet das mittlere Datum aus allen Beobachtungen. Es kann benutzt werden, um die einzelnen Jahre untereinander zu vergleichen. Zu beachten ist nur, dass die dermassen errechnete mittlere Höhe nicht in jedem Jahr gleich ist. Die Höhe hat aber einen Einfluss auf den Phaseneintritt, deshalb wurde mit Hilfe der Regressionsgleichung das mittlere

Tabelle 2.11: Mittlere Daten in Tagen ab 1.1. auf einer Höhe von 700 m für alle Ereignisse in den Jahren 1971 bis 1974

Jahr	Haselnuss Vollblüte	Löwenzahn Vollblüte	Apfelbaum Vollblüte	Weizenernte	Buche Blattverfärbung
1971	85,4 (26.3.)	121,5 (2.5.)	129,1 (9.5.)	222,7 (11.8.)	285,3 (12.10.)
1972	64,9 (5.3.)	120,2 (29.4.)	133,8 (13.5.)	236,5 (24.8.)	282,2 (8.10.)
1973	87,6 (29.3.)	129,4 (9.5.)	140,3 (20.5.)	229,3 (17.8.)	291,4 (18.10.)
1974	48,4 (17.2.)	109,2 (19.4.)	126,0 (6.5.)	233,5 (22.8.)	294,1 (21.10.)
Mittel	71,6 (13.3.)	120,1 (30.4.)	132,3 (12.5.)	230,5 (19.8.)	288,3 (15.10.)



Figur 2.8: Abweichung des mittleren jährlichen Phasentermins vom vierjährigen Mittel in Tagen auf einer Höhe von 700 m (eine negative Abweichung entspricht einem früheren Phaseneintritt, eine positive einer Verspätung)

Datum auf eine einheitliche Höhe von 700 m berechnet (Tab. 2.11). Die Mittelwerte aus allen vier Jahren geben einen durchschnittlichen Jahresablauf wieder. In Figur 2.8 sind die Abweichungen der Einzeljahre vom mittleren Jahresverlauf aus den Beobachtungsjahren 1971 bis 1974 dargestellt. Der Abstand von Phase zu Phase entspricht ihrem mittleren zeitlichen Abstand. Eine Abweichung der Jahreslinie gegen minus bedeutet eine Verfrühung, gegen plus eine Verspätung des betreffenden Ereignisses gegenüber dem vierjährigen Mittel. 1971 und 1973 beginnt die Haselnussblüte deutlich verspätet. Die Vegetation holt aber im Frühling den Rückstand auf. 1971 tritt die Löwenzahnblüte schon zur normalen Zeit ein, und die Apfelblüte weist einen Vorsprung von 2,5 Tagen auf. 1973 haben wir bei der Löwenzahn- und Apfelblüte immer noch einen Rückstand von 9,5 bzw. 8 Tagen. Bis im Sommer holt aber die Vegetation vollends auf. So haben wir in beiden Jahren einen Vorsprung der Weizenernte, der 1971 7 Tage und 1973 1 Tag beträgt. Bei der Blattverfärbung unterscheiden sich die beiden Jahre. 1971 hat sie einen Vorsprung von 3 Tagen, und 1973 eine Verspätung von 3,5 Tagen. Gegenteilig verhalten sich die Jahre 1972 und 1974. Die Haselnuss blüht vor dem mittleren Termin. 1974 ist sie nicht weniger als 23 Tage im Vorsprung. Dieser Vorsprung schmilzt aber rasch zusammen. 1972 wird er bei der Löwenzahnblüte schon 0 und kehrt sich in eine Verspätung um. Bei der Weizenernte hat sich der Vorsprung auch 1974 in eine Verspätung verkehrt. 1972 beträgt sie 5 Tage und 1974 2,5 Tage. 1972 tritt dann die Blattverfärbung relativ früh ein, 1974 erst spät, was aber nicht dem allgemeinen Wetterverlauf entspricht, wie wir in Kapitel 2.3.5.2. gesehen haben. Dies bedeutet, dass in beiden Jahren der Zeitabschnitt für den Zwischenfruchtbau sehr kurz war.

Aus der Darstellung von nur vier Jahren kann noch kein allgemeiner Schluss gezogen werden. Doch wäre es interessant, der Frage nachzugehen, ob sich in dem Verhalten dieser vier Jahre eine allgemeine Regel für das Beobachtungsgebiet zeigt. Danach würde ein früher Jahresbeginn einen späten Sommer und einen frühen Herbst anzeigen. 1974 bildet dabei nur scheinbar eine Ausnahme, weil, wie wir in Kapitel 2.3.5.2. gesehen haben, der Termin der Blattverfärbung nicht dem allgemeinen Klimaverlauf entspricht. Einem späten Frühling dagegen würde ein früher Sommer folgen.

Figur 2.8 gibt auch ein Bild über die zeitliche Schwankungsbreite der verschiedenen Ereignisse. Bei Beginn der Vegetationsperiode sind die Unterschiede von Jahr zu Jahr am grössten. Sie nehmen im Frühling ab, bis sie im Sommer ein Minimum erreichen. Gegen den Herbst nehmen sie wieder leicht zu.

Auch die Entwicklungsgeschwindigkeit einer Phase ist variabel. Sie ist für die Apfelblüte in Figur 2.4., für die Weizenernte in Figur 2.6 und für die Buche Blattverfärbung in Figur 2.7. ersichtlich. Nach diesen Darstellungen liefen 1971 alle Phasen relativ schnell ab. Auch 1973 sind die Entwicklungszeiten, ausgenommen diejenige der Weizenernte, kurz. Für 1972 sind sie durchwegs relativ lang. 1974 schliesslich ist sie bei der Apfelblüte sehr lang, bei der Weizenernte und der Blattverfärbung nimmt sie einen mittleren Wert ein.

Zusammenfassend können wir feststellen, dass sich unsere Beobachtungsjahre sowohl in Bezug auf den mittleren Termin wie auch in Bezug auf die Entwicklungszeit der Ereignisse recht unterschiedlich verhalten haben. Zum Teil dürften sogar extreme Verhältnisse aufgetreten sein. Daraus können wir folgern, dass der bearbeitete Beobachtungszeitraum ein recht gutes Mass für die durchschnittlichen Verhältnisse abgeben sollte.

2.4.2. *Vergleich unserer Beobachtungsperiode mit einer längeren Reihe*

Mehrmals wurde darauf hingewiesen, dass eine Beobachtungsdauer von vier bis fünf Jahren sehr knapp ist, um ein Mittel zu bilden. Nachdem im vorhergehenden Abschnitt auf Grund einer Charakterisierung der Jahresabläufe schon eine gewisse Bewertung des Resultats angedeutet wurde, soll nun unsere Beobachtungsperiode mit einer 15jährigen Reihe verglichen werden. Zu diesem Zweck wurden Daten des MZA-Netzes herangezogen. Leider sind auch von diesen nur wenige Stationen von 1960 bis 1974 vollständig dokumentiert, so dass noch einige unvollständige hinzugenommen werden mussten. Es wurden keine Reihen verwendet, bei denen die Beobachtungen in mehr als vier Jahren fehlen.

Eine Betrachtung der einzelnen Termine bestätigt die Annahme im vorhergehenden Abschnitt, dass unsere Beobachtungsperiode die Schwankungsbreite der meisten Stationen fast vollständig abdeckt. Die Mittelwerte sind in Tabelle 2.12 zusammengestellt. Der Unterschied zwischen dem langen und dem kurzen Mittel ist nicht bei allen Stationen gleich gross. Bei der Apfelblüte und der Weizenernte ist er nie grösser als 3 Tage. Dies bestätigt, dass in unserem Beobachtungszeitraum der allgemeine Ablauf für diese beiden Phasen gut angenähert wurde. Damit dürften auch

Tabelle 2.12: Vergleich der vier- und fünfjährigen Mittel mit fünfzehnjährigen anhand von Beobachtungen der MZA

		Bellelay	Delémont	Gadmen	Kandersteg	Moutier	Oeschberg	Orvin
Haselnuss Vollblüte	M15		61*			69*		
	M4		61			66		
Löwenzahn Vollblüte	M15	132	113*		137	122*		120*
	M4	137	106		137	123		116
Apfelbaum Vollblüte	M15		123*			131*	128*	
	M4		120			130	125*	
Weizenernte	M15						228*	
	M5						229	
Buche Blattverfärbung	M15	282*	285*	275*				
	M5	290	286	280*				

Angaben in Tagen ab 1.1. * Reihe unvollständig

M15: fünfzehnjähriges Mittel von 1960 bis 1974
M5: fünfjähriges Mittel von 1970 bis 1974
M4: vierjähriges Mittel von 1971 bis 1974

die Kartierung von Apfelblüte und Weizenernte gut mit einer langjährigen Darstellung übereinstimmen. Bei der Buche Blattverfärbung sind die Abweichungen grösser. Sie betragen 1 bis 8 Tage an den verschiedenen Stationen. Daraus müsste man schliessen, dass wir mit der mittleren Darstellung der Buche Blattverfärbung die mittleren Verhältnisse weniger gut annähern als bei Apfelblüte und Weizenernte. Die mittleren Quartile der Buchenkarte müssten dementsprechend eine Korrektur erhalten. Wenn wir die Quartilsdaten um etwa vier Tage vorverschieben, sollten wir auch hier in die Nähe der langjährigen Werte kommen.

2.5. Einige Hinweise zur Anwendung der Phänologie

Schon im Eingangskapitel haben wir darauf hingewiesen, dass die klimatische Aussage phänologischer Daten sehr komplex ist. Bezogen auf die Anwendung bedeutet das, dass sie als Hilfsmittel mit Vorteil im Zusammenhang mit konkreten Fragestellungen benutzt wird. Dadurch ist es möglich, ihre Aussage zu einer genau umrissenen Fragestellung abzugrenzen. Dazu muss eine Zusammenarbeit mit den entsprechenden Fachleuten angestrebt werden.

Eine Anwendung ist am naheliegendsten im Bereich der Landwirtschaft, da sich diese auf den natürlichen Vegetationszyklus ausrichten muss. So lassen sich aus den Karten Weizenernte und Buche Blattverfärbung leicht die Möglichkeiten des Zwischenfruchtbaus abschätzen. Die zusätzliche Verwendung von Klimadaten, welche sich auf phänologische Zeitabschnitte beziehen, könnte eine Grundlage bei der Bewertung von Anbaumöglichkeiten und bei der Sortenwahl liefern. Solche phänoklimatische Daten sind an einigen Beispielen bei VOLZ (1977) für die Zeitspannen Haselnuss Vollblüte bis Apfelbaum Vollblüte, Apfelbaum Vollblüte bis Weizenernte und Weizenernte bis Buche Blattverfärbung dargestellt. Eine weitere Hilfe könnte die Phänologie bieten bei irgendwelchen Prognosen. Sie gibt zum Beispiel Anhaltspunkte für die Ernteentwicklung von Getreide und leistet damit einen Beitrag zur Abschätzung des zu erwartenden Arbeitsanfalls und zur Planung und Koordination des Maschineneinsatzes.

Auch für Fragen der Raumplanung erscheint eine Anwendung möglich und sinnvoll. In der Regel sind die in der Karte erscheinenden Gunstzonen auch bevorzugte Wohnlagen. In diesem Zusammenhang sind die Gegebenheiten im Frühling und Herbst interessanter als diejenigen des Sommers. Ein Einbezug der Löwenzahnblüte könnte Hinweise geben, wo im regionalen Vergleich die günstigen Standorte zur Ausnutzung der Sonnenenergie liegen. Bei der Bewertung der Gunstlagen von Frühling und Herbst als bevorzugte Wohnlagen muss nicht notwendigerweise ein Konflikt mit den landwirtschaftlichen Bedürfnissen entstehen, da diese Lagen durch Trockenheit, durch Frühfröste oder durch ein ungünstiges Relief geprägt sein können.

Wir weisen noch einmal darauf hin, dass bei allen Nachteilen der Phänologie, die Pflanzen überall vorhanden sind und damit ohne weitere Investitionen eine Beobachtungsdichte erlauben, wie sie kaum eine andere Methode anbieten kann. Damit stehen den Nachteilen auch ganz gewichtige Vorteile gegenüber, die es gilt von Fall zu Fall gegeneinander abzuwägen, und die insbesondere auch eine Anwendung im Zusammenhang mit anderen Methoden als sinnvoll erscheinen lassen.

Zum Schluss wollen wir nicht vergessen, dass gerade in jüngster Zeit einige Arbeiten in gesamtschweizerischem Rahmen mit stark angewandter Zielsetzung vollendet wurden. Phänologische Erhebungen bildeten die Grundlagen der Wärmegliederung der Schweiz von SCHREIBER et al. (1977). Der Problemkreis landwirtschaftliche Klimaeignung wird von JEANNERET und VAUTHIER (1977 a und b) ausführlich behandelt und dargestellt. Für die Zukunft plant der Autor eine Arbeit, die im regionalen Rahmen detaillierte klimatische Grundlagen für die landwirtschaftliche Anbauplanung bereitstellen soll.

2.6. Literaturverzeichnis

BAHRENBERG, G. und GIESE, E., 1975: Statistische Methoden und ihre Anwendung in der Geographie. Teubner Studienbücher, Stuttgart, 308 S.

BERG, H., 1952: Bedeutung und Grenzen der Phänologie für die Klimatologie. Ber. d. Dt. Wetterd. i. d. US-Zone, Nr. 42: 358–361

DICKEL, H., 1966: Probleme phänologischer Methodik am Beispiel einer naturräumlichen Gliederung des Kreises Marburg/Lahn. Marburger Geographische Schriften, Heft 31, 150 S.

– 1972: Der Beginn der Mähdruschernte des Roggens als phänologische Phase. Wetter und Leben, Jg. 24: 74–78

EIMERN, J. van, 1968: Phenological Observations of Cultivated and Wild Species with Examples of Application to Agrometeorological Problems. Agricultural Meteorology, Proceedings of the WMO Seminar, Melbourne Australia, 28 November–16 December 1966, Vol. II: 367–380

– 1971: Wetter- und Klimakunde für Landwirtschaft, Garten- und Weinbau. Verlag Ulmer, Stuttgart, 239 S.

FLIRI, F., 1969: Statistik und Diagramm. Das Geographische Seminar, Braunschweig, 82 S.

GENSLER, G. A., 1946: Der Begriff der Vegetationszeit. Verlag Engadin Press, Samedan und St. Moritz, 145 S.

GLAUSER, H., 1975: Die Blühdaten der Apfelbäume in den Jahren 1971–73. Unveröff. Sem.arbeit, Geogr. Institut, Bern, 32 S.

JACKSON, M. T., 1966: Effects of Microclimate on Spring Flowering Phenology. Ecology, Bd. 47: 407–415

JEANNERET, F., 1971a: Anleitung für phänologische Beobachtungen. Geogr. Institut, Bern, 28 S.

– 1971b: Die Weizenernte 1970. Beitr. z. klimatol. Grundlagenforschung, Nr. 4, 32 S.

– 1975: Die Verteilung der Spätfrostschäden in der Schweiz im Frühling 1974. Inform. u. Beiträge z. Klimaforschung, Nr. 13, 14 S.

JEANNERET, F. und VAUTHIER, P., 1977a: Kartierung der Klimaeignung für die Landwirtschaft in der Schweiz. Beiheft 4 zum Jahrbuch der Geogr. Gesellschaft von Bern 1977, 108 S.

– 1977b: Klimaeignungskarten für die Landwirtschaft in der Schweiz. Grundlagen für die Raumplanung, Bern, 47 S., 6 Karten

KREYSZIG, E., 1975: Statistische Methoden und ihre Anwendungen. Verlag Vandenhoeck und Ruprecht Göttingen, 451 S.

LARCHER, W., 1973: Ökologie der Pflanzen. UTB 232, Stuttgart, 320 S.

LAWRINOWICZ, R., 1968: Untersuchungen zur Abhängigkeit des Beginns der Obstblüte von der Witterung. Ber. d. Dt. Wetterd., Bd. 15, Nr. 11, 35 S.

LIETH, H., 1974: Phenology and Seasonality Modeling. Ecological Studies 8, New York, 444 S.

LORENZEN, H., 1972: Physiologische Morphologie der Pflanzen. UTB 65, Stuttgart, 224 S.

PRIMAULT, B., 1957: Contribution à l'étude des réactions végétales aux éléments météorologiques. Bull. de la Soc. neuch. d. Sc. nat., Bd. 80: 115–162

– 1971: Essai de comparaison des champs d'application de la méthode d'écologie appliquée et de l'analyse climatologique. Arbeitsber. d. Sz. Met. Zentralanstalt, Nr. 23, 7 S.
ROSENKRANZ, F., 1951: Grundzüge der Phänologie. Wien, 69 S.
SCHNELLE, F., 1952: Über die Abhängigkeit der Laubverfärbung von der Temperatur. Ber. d. Dt. Wetterd. i. d. US-Zone, Nr. 38: 227–228
– 1955: Pflanzenphänologie. Probleme der Bioklimatologie, Bd. III, Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig, 299 S.
– 1973: Die Vegetationszeit von Waldbäumen in deutschen Mittelgebirgen. Erlanger Geographische Arbeiten, Heft 32, 31 S.
SCHREIBER, K. F., KUHN, W., HÄBERLI, R. und SCHREIBER, C., 1977: Wärmegliederung der Schweiz. Grundlagen für die Raumplanung, Bern; Text und 5 Karten
SCHÜEPP, M., 1970: Typische Windströmungen. Atlas der Schweiz, Klima und Wetter III, Blatt 13
SEYFERT, F., 1955: Eintritt phänologischer Phasen und auslösende Wetterlagen. Angewandte Meteorologie, Bd. 2: 183–190
UTAAKER, K., 1968: General View on Ideas and Approaches in Local Agroclimatology in Norway. Proceedings Regional Training Seminar on Agrometeorology, 13–25 May 1968, Wageningen: 221–233
VOLZ, R., 1977: Der Ablauf phänologischer Ereignisse im Kanton Bern und die sich daraus ergebende Gliederung des Raumes. Unveröff. Diplomarbeit, Geogr. Institut, Bern
WANNER, H., 1973: Eine Karte der Vegetationszeit im Kanton Bern. Geographica Helvetica, Jg. 28, Heft 3: 152–158
WITTERSTEIN, F., 1952: Untersuchungen an der langen phänologischen Beobachtungsreihe von Geisenheim. Ber. d. Dt. Wetterd. i. d. US-Zone, Bd. 7, Nr. 42, (Knoch-Heft): 313–320

2.7. Verzeichnis der Figuren und Tabellen

2.7.1. Verzeichnis der Figuren

Fig. 2.1 Regressionsgerade x = a + by, Bedeutung der Symbole 28
Fig. 2.2 Klassierung der Daten nach der Quartilstatistik am Beispiel der Apfelblüte 30
Fig. 2.3 Abhängigkeit der Apfelbaum Vollblüte von der Meereshöhe berechnet mit Hilfe einfach linearer Regressionen für die Jahre 1971 bis 1974 35
Fig. 2.4 Häufigkeitsverteilung der Beobachtungsdaten der Apfelbaum Vollblüte in den Jahren 1971 bis 1974 36
Fig. 2.5 Abhängigkeit der Weizenernte von der Meereshöhe berechnet mit Hilfe einfach linearer Regressionen für die Jahre 1970 bis 1974 40
Fig. 2.6 Häufigkeitsverteilung der Beobachtungsdaten der Weizenernte in den Jahren 1970 bis 1974 42
Fig. 2.7 Häufigkeitsverteilung der Beobachtungsdaten der Buche Blattverfärbung in den Jahren 1970 bis 1974 46
Fig. 2.8 Abweichung des mittleren jährlichen Phasentermins vom vierjährigen Mittel in Tagen auf einer Höhe von 700 m 52

2.7.2. *Verzeichnis der Tabellen*

Tab. 2.1 Die phänologischen Beobachtungen des Berner Klimaprogramms, reduziertes Programm 26
Tab. 2.2 Anzahl Beobachter und Beobachtungen in den Jahren 1970 bis 1974 27
Tab. 2.3 Übereinstimmung der drei und mehr Jahre beobachteten Punkte in ihrer Quartilszugehörigkeit 31
Tab. 2.4 Mittleres Datum, mittlere Höhe und Verzögerung der Apfelbaum Vollblüte mit der Höhe 34
Tab. 2.5 Mittleres Blühdatum des Apfelbaumes der Jahre 1971–74 in Tagen ab 1.1. für verschiedene Expositionen auf einer mittleren Höhe von 702 m 35
Tab. 2.6 Quartilsdaten zur Vollblüte der Apfelbäume 1971 bis 1974 37
Tab. 2.7 Angaben über die Ernteart zu den Weizenerntedaten 39
Tab. 2.8 Mittleres Datum, mittlere Höhe und Verzögerung der Weizenernte mit der Höhe . 41
Tab. 2.9 Quartilsdaten zur Weizenernte 1970 bis 1974 43
Tab. 2.10 Quartilsdaten zur Blattverfärbung der Buche 1970 bis 1974 47
Tab. 2.11 Mittlere Daten in Tagen ab 1.1. auf einer Höhe von 700 m für alle Ereignisse in den Jahren 1971 bis 1974 51
Tab. 2.12 Vergleich der vier- und fünfjährigen Mittel mit fünfzehnjährigen anhand von Beobachtungen der MZA 54