

Die Phänologie der bayerischen Mähwiesen-Arten

Von H. S. Fischer, Nürnberg

Zusammenfassung

Bislang konzentrierte sich das Interesse phänologischer Untersuchungen meist auf jeweils ein phänologisches Stadium einer bestimmten Pflanzenart. Neue multivariate Analysemethoden erlauben es jedoch in symphänologischen Analysen alle phänologischen Stadien aller Arten einer Probestfläche gleichzeitig zu untersuchen.

Erstmals werden in dieser Arbeit die phänologischen Wahrscheinlichkeitsfunktionen der typischen Bayerischen Mähwiesenarten vorgestellt, die für diese Analysen erforderlich sind und die Anwendungen dieser Funktionen erläutert.

Einleitung

Phänologie ist das zeitliche Verhalten der Arten im Jahreslauf. Es ist größtenteils von klimatischen Faktoren gesteuert. Die phänologische Entwicklung prägt das Erscheinungsbild der Vegetation und der Landschaft. Sie beeinflusst aber auch die Deckungswerte in vegetationskundlichen Aufnahmen.

Einzelne phänologische Beobachtungen werden schon seit sehr langer Zeit aufgezeichnet. So ist etwa der Beginn der Kirschblüte in Japan seit 812 n. Chr. überliefert. Ein systematisches Beobachtungsnetz hat Mitte des 18. Jahrhunderts KARL VON LINNÉ initiiert. In Deutschland begann die systematische Beobachtung der Phänologie jedoch erst Ende des 18. Jahrhunderts (SCHNELLE 1981, RÖTZER & WÜRLÄNDER 1994). In Bayern publizierte DOBEL (1835) eine Übersicht, welche Pflanzen man in welchem Monat blühend finden könne.

Bei all diesen Aufzeichnungen und Untersuchungen konzentriert sich das Interesse auf jeweils ein phänologisches Stadium einer bestimmten Pflanzenart. Zur Auswertung der Daten werden Karten der Eintrittstermine bestimmter phänologischer Stadien erstellt. Das Eintreten phänologischer Ereignisse einzelner Arten definiert die Jahreszeiten. So gilt der Beginn der Apfelblüte als Beginn des Vollfrühlings, der Beginn der Sommerlindenblüte als Hochsommeranfang und der Beginn der Fruchtreife der Kastanie als Beginn des Vollherbstes. Auch die neuartigen phänologischen Karten von Bayern (RÖTZER & WÜRLÄNDER 1994, BayFORKLIM 1996) stellen die Eintrittstermine einzelner phänologischer Stadien bestimmter Pflanzenarten dar.

Allerdings ist die statistische Auswertung phänologischer Daten über den Beginn phänologischer Stadien einzelner Arten bekanntermaßen problematisch, da die Daten einen einseitigen Fehler aufweisen. So kann der Blühbeginn einer bestimmten Art u. U. schon ein paar Tage vor dem protokollierten Datum stattgefunden haben, wenn der phänologische Beobachter an diesen Tagen an der betreffenden Lokalität nicht vorbeigekommen ist.

Dieses Problem tritt nicht bei symphänologischen Daten auf. Hierbei werden die phänologischen Stadien aller Arten erhoben, die auf einer Probestfläche vorkommen. Dabei ist es irrelevant, ob das Stadium am Tag der Datenerhebung oder schon davor eingetreten ist. Eine ausführliche Anleitung zur symphänologischen Datenerhebung findet sich in DIERSCHKE (1989). Zur Auswertung symphänologischer Daten wurden bislang vor allem graphische Darstellungen der Entwicklung eines Pflanzenbestandes herangezogen. Die vorliegende Arbeit stellt am Beispiel der Bayerischen Mähwiesen ein neues multivariates Verfahren vor, mit dem eine Vielzahl symphänologischer Aufnahmen zusammen analysiert werden können und die phänologischen Prozesse mit anderen Faktoren in Beziehung gesetzt werden können.

Material

Im Rahmen eines Projekts zur Erfolgskontrolle der Bayerischen Naturschutzförderprogramme auf Feuchtgrünland (FISCHER 1999) wurden in den Jahren 1994 und 1995 insgesamt 850 quantitative Vegetationsaufnahmen in Mähwiesen erhoben. Die Deckung aller Arten wurde in Aufnahmeflächen von 5 m x 5 m Größe quantitativ erhoben. Hierzu wurde die Aufnahmefläche in vier Quadranten aufgeteilt. In jedem Quadranten wurde im Zentrum ein 1-Quadratmeter-Schätzrahmen platziert, der in 100 Dezimeter-Teilflächen unterteilt war. Mit Hilfe dieses „zweidimensionalen Lineals“ wurde die Deckung der Arten mit über 5% Deckung gemessen. Für die geringer deckenden Arten wurde die Deckung aus der geschätzten Individuenzahl und der durchschnittlichen Individuengröße bestimmt. Hierzu wurde eine Hilfstabelle eingesetzt (Tabelle 1). Werte, die zwischen die Zeilen oder Spalten der Tabelle fallen, werden interpoliert. Dieses Verfahren gestattet es, die Deckung auch für Bruchteile eines Prozent reproduzierbar zu erfassen. Die Meßwerte der vier Quadranten wurden für die Auswertung gemittelt.

Tabelle 1: Hilfstabelle zum Bestimmen der Deckung gering deckender Arten

		Durchschnittliche Individuengröße [cm ²]								
		1	2	4	8	16	25	50	100	200
Individuen- zahl pro m ²	1	0,01%	0,02%	0,04%	0,08%	0,16%	0,25%	0,50%	1,00%	2,00%
	2	0,02%	0,04%	0,08%	0,16%	0,32%	0,50%	1,00%	2,00%	4,00%
	4	0,04%	0,08%	0,16%	0,32%	0,64%	1,00%	2,00%	4,00%	
	8	0,08%	0,16%	0,32%	0,64%	1,28%	2,00%	4,00%		
	16	0,16%	0,32%	0,64%	1,28%	2,56%	4,00%			
	32	0,32%	0,64%	1,28%	2,56%	5,12%				
	64	0,64%	1,28%	2,56%	5,12%					
	128	1,28%	2,56%	5,12%						
	256	2,56%	5,12%							

Darüber hinaus wurde für allen Arten das generative, phänologische Stadium nach DIERSCHKE (1989) erhoben (Tabelle 2).

Zur Charakterisierung der Standortverhältnisse wurde die Topographie (Meereshöhe, Exposition, Neigung, Horizontüberhöhung), bodenchemische Variablen (pH, organischer Kohlenstoff, Gesamtstickstoff, Kalium, Phosphat und Magnesium), die Bewirtschaftung (frühester Mahdtermin und Düngung) sowie die direkte Sonneneinstrahlung, die nach FISCHER & GILGEN (in Vorb.) aus den topographischen Daten abgeleitet wurde, herangezogen.

Die Aufnahmen wurden vom Beginn der Grasblüte innerhalb eines Zeitraum von max. vier Wochen vor der ersten Mahd erhoben. In Gebieten mit einer etwas späteren phänologischen Entwicklung erfolgte die Datenerhebung also etwas später als in klimatologisch begünstigteren Regionen.

Die Ergebnisse der Erfolgskontrollen sind in Fischer (1999) publiziert. Die vorliegende Arbeit stellt die Möglichkeiten der Auswertung der symphänologischen Daten dar.

Methode

Aus symphänologischen Aufnahmen, die weitgehend gleichzeitig erhoben wurden, können Häufigkeitsverteilungen der verschiedenen phänologischen Stadien der einzelnen Arten erstellt werden. Für die 10 häufigsten Arten des vorliegenden Datensatzes sind die Häufigkeiten der phänologischen Stadien in Tabelle 3 dargestellt. Wegen der unterschiedlichen Häufigkeit der Arten sind die Zahlenwerte verschiedener Arten in der Tabelle nicht direkt vergleichbar. Zu einer direkt vergleichbaren Darstellung gelangt man, indem man aus Tabelle 3 eine Tabelle der relativen kumulativen Häufigkeiten erstellt, wie es für die 10 häufigsten Arten in Tabelle 4 dargestellt ist. Diese kumulativen Häufigkeiten sind die

Wahrscheinlichkeitsfunktion der phänologischen Stadien der Arten. Sie beschreiben das phänologische Verhalten der Arten. Die Werte verschiedener Arten sind direkt miteinander vergleichbar.

Tabelle 2: Generative phänologische Stadien der Pflanzenarten (nach DIERSCHKE, 1989)

krautige Pflanzen		grasartige Pflanzen	
0	ohne Blütenknospen	0	ohne erkennbaren Blütenstand
1	Blütenknospen erkennbar	1	Blütenstand erkennbar, eingeschl.
2	Blütenknospen stark geschwollen	2	Blütenstand sichtbar, n. entfaltet
3	kurz vor der Blüte	3	Blütenstand entfaltet
4	beginnende Blüte	4	erste Blüten stäubend
5	bis 25 % erblüht	5	bis 25 % stäubend
6	bis 50% erblüht	6	bis 50 % stäubend
7	Vollblüte	7	Vollblüte
8	abblühend	8	abblühend
9	völlig verblüht	9	völlig verblüht
10	fruchtend	10	fruchtend
11	Ausstreuen der Samen	11	Ausstreuen der Samen

Die Zeilensummen der phänologischen Wahrscheinlichkeitsfunktionen stellen eine Gesamtbewertung des phänologischen Verhaltens der jeweiligen Art dar. Sie stellen Phänozahlen dar, die mit den Phänozahlen nach DIERSCHKE (1995) vergleichbar sind. Die Arten lassen sich aufgrund der Phänozahlen in eine phänologische Rangfolge bringen. In Tabelle 3 und Tabelle 4 sind die Arten entsprechend sortiert.

Tabelle 3: Häufigkeitsverteilung der phänologischen Stadien der 10 häufigsten Arten

Art	Phänologisches Stadium:												
	n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Festuca pratensis ssp.pratensis</i>	530	228	74	121	49	15	4	13	26				
<i>Poa pratensis agg.</i>	540	39	15	207	227	23	2	6	17	4			
<i>Poa trivialis s.str.</i>	785	22	27	257	350	51	5	7	49	17			
<i>Bromus hordeaceus</i>	533	16	4	81	341	39	6	5	6	9	22	4	
<i>Ranunculus repens</i>	549	157	25	12	16	52	41	53	150	35	6	2	
<i>Cerastium holosteoides</i>	506	9	7	12	29	87	57	85	141	57	11	10	
<i>Alopecurus pratensis s.str.</i>	781	8	1	6	27	58	109	228	254	86	3		
<i>Ranunculus acris s.str.</i>	529	17	5	5	7	19	44	104	239	70	10	9	
<i>Rumex acetosa</i>	576	26	5	13	29	60	36	66	134	71	32	103	
<i>Taraxacum officinale agg.</i>	722	48			1	1	2	9	99	200	104	77	181

Die aus den Wahrscheinlichkeitsfunktionen abgeleiteten Phänozahlen sind kontinuierlich. Sie beinhalten keine künstlichen Klassenbildungen wie bei DIERSCHKE (1995). Daher ist zu erwarten, dass sie feinere Unterschiede der phänologischen Entwicklung aufzuzeigen vermögen. Sie sind aufgrund der Herkunft des Datenmaterials spezifisch für den Vegetationstyp der Wiesen und an die regionalen Besonderheiten Bayerns angepasst.

Tabelle 4: Wahrscheinlichkeitsfunktionen der 10 häufigsten Arten

Art	Phänologisches Stadium											Σ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
<i>Festuca pratensis ssp. prat.</i>	0,25	0,65	0,81	0,86	0,87	0,91	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	10,1
<i>Poa pratensis agg.</i>	0,03	0,44	0,90	0,94	0,95	0,96	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	9,3
<i>Poa trivialis s.str.</i>	0,04	0,37	0,83	0,90	0,90	0,91	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	9,0
<i>Bromus hordeaceus</i>	0,01	0,16	0,82	0,90	0,91	0,92	0,93	0,95	0,99	1,00	1,00	8,7
<i>Ranunculus repens</i>	0,06	0,09	0,14	0,27	0,37	0,51	0,89	0,98	0,99	1,00	1,00	7,6
<i>Cerastium holsteoides</i>	0,01	0,04	0,10	0,27	0,39	0,56	0,84	0,96	0,98	1,00	1,00	6,2
<i>Alopecurus pratensis s.str.</i>	0,00	0,01	0,04	0,12	0,26	0,55	0,88	0,99	1,00	1,00	1,00	5,9
<i>Ranunculus acris s.str.</i>	0,01	0,02	0,03	0,07	0,16	0,36	0,83	0,96	0,98	1,00	1,00	5,6
<i>Rumex acetosa</i>	0,01	0,03	0,09	0,19	0,26	0,38	0,62	0,75	0,81	1,00	1,00	5,4
<i>Taraxacum officinale agg.</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,17	0,46	0,62	0,73	1,00	3,5

Aufgrund der phänologischen Wahrscheinlichkeitsfunktionen der einzelnen Arten lassen sich auch symphänologische Aufnahmen charakterisieren. Der Mittelwert der phänologischen Wahrscheinlichkeitsfunktionen der phänologischen Stadien aller Arten, die in einer Aufnahme vorkommen, beschreibt, wie weit die Vegetation dieser Aufnahme zum Zeitpunkt der Datenerhebung entwickelt war. Dieser **phänologische Index** ist eine kontinuierliche Variable, die die Entwicklung der Vegetation beschreibt und mit anderen Variablen in Beziehung gesetzt werden kann.

Für eine bestimmte, eng umgrenzte Region ist zu erwarten, dass zwischen dem kalendarischen Datum und dem phänologischen Index zumindest während des Frühlings eine näherungsweise lineare Beziehung besteht. Eine Regression mit dem Tag im Jahr als unabhängiger Variablen und dem phänologischen Index beschreibt den Verlauf der phänologischen Entwicklung in der betreffenden Region im untersuchten Jahr.

Andere symphänologische Aufnahmen können dann zu dieser Referenz-Regressionsgeraden in Beziehung gesetzt werden. Die Residuen derartige Regressionsanalysen sind eine bioklimatologische Charakterisierung der zugrundeliegenden Aufnahmen. Aufnahmen, die in der Regression über der Regressionsgerade liegen, die also positive Residuen aufweisen, sind im Verhältnis zum Durchschnitt, den die Regressionsgerade repräsentiert, weiter entwickelt, während Aufnahmen mit negativen Residuen relativ zurückgeblieben sind. Diese Residuen können nach Regionen (Naturräume, Landkreise, Kartenblätter etc.) gruppiert und gemittelt werden. Damit erhält man eine bioklimatologische Charakterisierung der jeweiligen Regionen.

Eine ausführlichere Darstellung der Methode findet sich in FISCHER (2000).

Ergebnisse

In den 850 erhobenen pflanzensoziologischen Aufnahmen wurden 324 Arten gefunden. 92 Arten wurden mindestens 10-mal zumindest mit erkennbaren Blütenknospen beobachtet. Für diese häufigeren Arten können die phänologischen Wahrscheinlichkeitsfunktionen mit ausreichender Verlässlichkeit aufgestellt werden. Die Parameter der phänologischen Wahrscheinlichkeitsfunktionen dieser Arten sind in Tabelle 5 nach der Phänozahl sortiert wiedergegeben. Diese Arten repräsentieren die häufigen, d.h. typischen Arten der Bayerischen Mähwiesen. Eine alphabetische Liste der Arten ist in Tabelle 6 wiedergegeben.

Tabelle 5: Phänologische Wahrscheinlichkeitsfunktionen der Bayerischen Wiesenarten

Artname	n	Phänologisches Stadium											PH _w
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
<i>Colchicum autumnale</i>	68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,91	1,00	2,0
<i>Luzula campestris</i> agg.	41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,12	0,15	0,27	1,00	1,00	2,6
<i>Erophila verna</i> agg.	33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,36	0,58	0,91	1,00	2,9
<i>Taraxacum officinale</i> agg.	674	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,17	0,46	0,62	0,73	1,00	3,0
<i>Caltha palustris</i>	11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,45	0,64	1,00	1,00	3,4
<i>Ranunculus auricomus</i> agg.	226	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,05	0,15	0,51	0,76	0,98	1,00	3,5
<i>Cardamine pratensis</i> agg.	333	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,17	0,63	0,75	0,97	1,00	3,5
<i>Geranium sylvaticum</i>	14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,57	0,86	1,00	1,00	3,6
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	199	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,06	0,22	0,79	0,82	1,00	1,00	4,0
<i>Veronica arvensis</i>	346	0,01	0,01	0,02	0,08	0,10	0,12	0,30	0,65	0,75	1,00	1,00	4,0
<i>Carex nigra</i> s.str.	25	0,00	0,04	0,04	0,12	0,12	0,12	0,64	0,76	0,76	1,00	1,00	4,6
<i>Rhinanthus minor</i>	10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	4,6
<i>Veronica serpyllifolia</i> ssp.serp.	169	0,02	0,04	0,06	0,17	0,23	0,33	0,48	0,60	0,70	0,98	1,00	4,6
<i>Carex vulpina</i> agg.	13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,08	0,62	0,85	1,00	1,00	1,00	4,6
<i>Campanula patula</i>	13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,92	0,92	0,92	1,00	1,00	4,8
<i>Potentilla erecta</i>	15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,87	1,00	1,00	1,00	1,00	4,9
<i>Cardaminopsis arenosa</i>	16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,88	1,00	1,00	1,00	1,00	4,9
<i>Ajuga reptans</i>	68	0,00	0,00	0,00	0,04	0,07	0,12	0,78	0,94	1,00	1,00	1,00	5,0
<i>Carex hirta</i>	24	0,00	0,00	0,08	0,08	0,13	0,17	0,67	0,88	0,96	1,00	1,00	5,0
<i>Bellis perennis</i>	175	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,10	0,91	0,98	1,00	1,00	1,00	5,0
<i>Phyteuma spicatum</i>	22	0,09	0,09	0,09	0,09	0,18	0,32	0,50	0,77	1,00	1,00	1,00	5,1
<i>Rumex acetosa</i>	550	0,01	0,03	0,09	0,19	0,26	0,38	0,62	0,75	0,81	1,00	1,00	5,1
<i>Saxifraga granulata</i>	45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,27	0,91	0,96	1,00	1,00	1,00	5,2
<i>Meum athamanticum</i>	18	0,00	0,11	0,17	0,17	0,22	0,22	0,50	0,89	0,94	1,00	1,00	5,2
<i>Glechoma hederacea</i> s.str.	101	0,00	0,00	0,01	0,05	0,08	0,25	0,87	0,99	1,00	1,00	1,00	5,2
<i>Anthoxanthum odoratum</i> s.str.	260	0,01	0,02	0,06	0,11	0,15	0,28	0,68	0,93	1,00	1,00	1,00	5,3
<i>Veronica chamaedrys</i> ssp.cham.	143	0,03	0,05	0,08	0,17	0,28	0,37	0,71	0,83	0,85	1,00	1,00	5,4
<i>Ranunculus acris</i> s.str.	512	0,01	0,02	0,03	0,07	0,16	0,36	0,83	0,96	0,98	1,00	1,00	5,4
<i>Silene dioica</i>	15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,40	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	5,5
<i>Geum rivale</i>	12	0,00	0,08	0,08	0,08	0,25	0,33	0,92	0,92	0,92	0,92	1,00	5,5
<i>Carex disticha</i>	75	0,00	0,01	0,07	0,19	0,25	0,37	0,79	0,93	0,96	1,00	1,00	5,6
<i>Geranium pratense</i>	16	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,25	0,81	1,00	1,00	1,00	1,00	5,7
<i>Lamium album</i>	74	0,00	0,03	0,04	0,12	0,23	0,39	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	5,8
<i>Leontodon hispidus</i>	16	0,00	0,06	0,06	0,19	0,25	0,31	0,94	1,00	1,00	1,00	1,00	5,8
<i>Anthriscus sylvestris</i> s.str.	103	0,05	0,07	0,09	0,14	0,24	0,37	0,92	0,97	0,99	1,00	1,00	5,8
<i>Alopecurus pratensis</i> s.str.	773	0,00	0,01	0,04	0,12	0,26	0,55	0,88	0,99	1,00	1,00	1,00	5,9
<i>Stellaria media</i> agg.	149	0,03	0,07	0,11	0,26	0,40	0,50	0,72	0,89	0,93	1,00	1,00	5,9
<i>Carex acutiformis</i>	14	0,07	0,07	0,07	0,36	0,36	0,43	0,71	0,93	0,93	1,00	1,00	5,9
<i>Carum carvi</i>	21	0,10	0,10	0,19	0,33	0,33	0,38	0,81	0,86	0,90	1,00	1,00	6,0
<i>Cerastium holosteoides</i>	497	0,01	0,04	0,10	0,27	0,39	0,56	0,84	0,96	0,98	1,00	1,00	6,1
<i>Campanula rotundifolia</i> agg.	27	0,11	0,11	0,11	0,30	0,37	0,41	0,78	1,00	1,00	1,00	1,00	6,2
<i>Alchemilla vulgaris</i> agg.	91	0,04	0,13	0,16	0,24	0,38	0,46	0,88	0,95	1,00	1,00	1,00	6,3

Artname	Phänologisches Stadium											PH _w	
	n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11
<i>Plantago lanceolata</i>	141	0,17	0,30	0,35	0,43	0,45	0,50	0,57	0,70	0,84	0,97	1,00	6,3
<i>Ranunculus repens</i>	392	0,06	0,09	0,14	0,27	0,37	0,51	0,89	0,98	0,99	1,00	1,00	6,3
<i>Symphytum officinale</i> agg.	72	0,04	0,10	0,15	0,26	0,43	0,58	0,85	0,99	1,00	1,00	1,00	6,4
<i>Polygonum bistorta</i>	67	0,13	0,18	0,25	0,33	0,36	0,39	0,93	0,99	1,00	1,00	1,00	6,6
<i>Myosotis palustris</i> agg.	79	0,03	0,06	0,13	0,28	0,48	0,63	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	6,6
<i>Myosotis arvensis</i> ssp. <i>arvensis</i>	12	0,00	0,00	0,00	0,17	0,58	0,92	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	6,7
<i>Vicia sepium</i>	65	0,08	0,09	0,12	0,31	0,38	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	6,8
<i>Leucanthemum vulgare</i> agg.	95	0,14	0,27	0,35	0,40	0,43	0,48	0,95	0,95	0,95	1,00	1,00	6,9
<i>Trifolium dubium</i> s.str.	18	0,11	0,11	0,11	0,39	0,61	0,78	0,94	1,00	1,00	1,00	1,00	7,1
<i>Stellaria graminea</i>	40	0,15	0,20	0,25	0,35	0,55	0,70	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	7,2
<i>Lychnis flos-cuculi</i>	173	0,11	0,29	0,40	0,45	0,51	0,60	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00	7,3
<i>Trifolium repens</i> ssp. <i>repens</i>	11	0,00	0,09	0,09	0,45	0,82	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	7,5
<i>Juncus effusus</i>	10	0,20	0,30	0,60	0,60	0,70	0,70	0,70	0,90	0,90	1,00	1,00	7,6
<i>Cirsium palustre</i>	13	0,00	0,23	0,23	0,46	0,85	0,85	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	7,6
<i>Vicia cracca</i> s.str.	20	0,20	0,20	0,25	0,65	0,70	0,80	0,95	0,95	1,00	1,00	1,00	7,7
<i>Lotus corniculatus</i> s.str.	16	0,38	0,38	0,38	0,56	0,56	0,63	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	7,9
<i>Knautia arvensis</i> s.str.	15	0,27	0,40	0,40	0,53	0,67	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	8,1
<i>Trifolium pratense</i>	185	0,24	0,33	0,50	0,68	0,74	0,82	0,96	0,99	1,00	1,00	1,00	8,2
<i>Rumex crispus</i>	89	0,27	0,40	0,53	0,72	0,75	0,80	0,92	0,98	0,98	1,00	1,00	8,3
<i>Avenochloa pubescens</i>	22	0,00	0,27	0,59	0,77	0,91	0,95	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	8,5
<i>Cerastium glomeratum</i>	13	0,08	0,54	0,62	0,77	0,85	0,85	0,85	0,92	1,00	1,00	1,00	8,5
<i>Bromus hordeaceus</i> ssp. <i>hord.</i>	517	0,01	0,16	0,82	0,90	0,91	0,92	0,93	0,95	0,99	1,00	1,00	8,6
<i>Deschampsia cespitosa</i> s.str.	54	0,09	0,44	0,76	0,76	0,78	0,85	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	8,7
<i>Sanguisorba officinalis</i>	152	0,33	0,47	0,70	0,80	0,85	0,89	0,93	0,94	0,94	0,96	1,00	8,8
<i>Lathyrus pratensis</i>	34	0,41	0,50	0,62	0,68	0,74	0,88	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	8,8
<i>Cynurus cristatus</i>	38	0,16	0,47	0,76	0,82	0,82	0,87	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	8,9
<i>Poa trivialis</i> s.str.	763	0,04	0,37	0,83	0,90	0,90	0,91	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	8,9
<i>Centaurea pseudophrygia</i>	12	0,17	0,50	0,67	0,92	0,92	0,92	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,1
<i>Festuca rubra</i> agg.	120	0,12	0,55	0,82	0,87	0,88	0,92	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,2
<i>Dactylis glomerata</i> ssp. <i>glomerata</i>	438	0,15	0,51	0,86	0,88	0,90	0,91	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,2
<i>Poa pratensis</i> agg.	501	0,03	0,44	0,90	0,94	0,95	0,96	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	9,2
<i>Crepis biennis</i>	58	0,17	0,52	0,76	0,95	0,95	0,97	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	9,3
<i>Festuca pratensis</i> ssp. <i>pratensis</i>	302	0,25	0,65	0,81	0,86	0,87	0,91	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,3
<i>Trisetum flavescens</i> s.str.	229	0,20	0,58	0,83	0,88	0,91	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,3
<i>Holcus mollis</i>	10	0,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,5
<i>Holcus lanatus</i>	314	0,30	0,68	0,87	0,90	0,91	0,94	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,6
<i>Galium mollugo</i> agg.	217	0,44	0,72	0,82	0,85	0,91	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,7
<i>Filipendula ulmaria</i>	14	0,07	0,71	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,7
<i>Arrhenatherum elatius</i>	215	0,33	0,73	0,87	0,92	0,93	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,7
<i>Rumex obtusifolius</i>	20	0,45	0,60	0,80	0,95	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,8
<i>Agrostis stolonifera</i> agg.	12	0,25	0,67	0,92	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,8
<i>Phalaris arundinacea</i>	7	0,29	0,71	0,86	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,9
<i>Agrostis tenuis</i>	41	0,07	0,85	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,9

Artname	n	Phänologisches Stadium											PH _w
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
<i>Agropyron repens</i>	24	0,33	0,88	0,92	0,96	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	10,0
<i>Phleum pratense agg.</i>	71	0,44	0,75	0,92	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	10,1
<i>Lolium perenne</i>	124	0,32	0,84	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	10,1
<i>Agrostis canina agg.</i>	18	0,33	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	10,2
<i>Achillea millefolium agg.</i>	217	0,66	0,85	0,95	0,97	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	10,4
<i>Centaurea jacea</i>	93	0,65	0,92	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	10,6
<i>Lolium multiflorum</i>	19	0,84	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	10,8

Tabelle 6: Alphabetische Liste der phänologischen Wahrscheinlichkeitsfunktionen

Artname	n	Phänologisches Stadium											PH _w
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
<i>Achillea millefolium agg.</i>	217	0,66	0,85	0,95	0,97	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	10,4
<i>Agropyron repens</i>	24	0,33	0,88	0,92	0,96	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	10,0
<i>Agrostis canina agg.</i>	18	0,33	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	10,2
<i>Agrostis stolonifera agg.</i>	12	0,25	0,67	0,92	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,8
<i>Agrostis tenuis</i>	41	0,07	0,85	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,9
<i>Ajuga reptans</i>	68	0,00	0,00	0,00	0,04	0,07	0,12	0,78	0,94	1,00	1,00	1,00	5,0
<i>Alchemilla vulgaris agg.</i>	91	0,04	0,13	0,16	0,24	0,38	0,46	0,88	0,95	1,00	1,00	1,00	6,3
<i>Alopecurus pratensis s.str.</i>	773	0,00	0,01	0,04	0,12	0,26	0,55	0,88	0,99	1,00	1,00	1,00	5,9
<i>Anthoxanthum odoratum s.str.</i>	260	0,01	0,02	0,06	0,11	0,15	0,28	0,68	0,93	1,00	1,00	1,00	5,3
<i>Anthriscus sylvestris s.str.</i>	103	0,05	0,07	0,09	0,14	0,24	0,37	0,92	0,97	0,99	1,00	1,00	5,8
<i>Arrhenatherum elatius</i>	215	0,33	0,73	0,87	0,92	0,93	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,7
<i>Avenochloa pubescens</i>	22	0,00	0,27	0,59	0,77	0,91	0,95	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	8,5
<i>Bellis perennis</i>	175	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,10	0,91	0,98	1,00	1,00	1,00	5,0
<i>Bromus hordeaceus ssp.hord.</i>	517	0,01	0,16	0,82	0,90	0,91	0,92	0,93	0,95	0,99	1,00	1,00	8,6
<i>Caltha palustris</i>	11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,45	0,64	1,00	1,00	3,4
<i>Campanula patula</i>	13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,92	0,92	0,92	1,00	1,00	4,8
<i>Campanula rotundifolia agg.</i>	27	0,11	0,11	0,11	0,30	0,37	0,41	0,78	1,00	1,00	1,00	1,00	6,2
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	199	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,06	0,22	0,79	0,82	1,00	1,00	4,0
<i>Cardamine pratensis agg.</i>	333	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,17	0,63	0,75	0,97	1,00	3,5
<i>Cardaminopsis arenosa</i>	16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,88	1,00	1,00	1,00	1,00	4,9
<i>Carex acutiformis</i>	14	0,07	0,07	0,07	0,36	0,36	0,43	0,71	0,93	0,93	1,00	1,00	5,9
<i>Carex disticha</i>	75	0,00	0,01	0,07	0,19	0,25	0,37	0,79	0,93	0,96	1,00	1,00	5,6
<i>Carex hirta</i>	24	0,00	0,00	0,08	0,08	0,13	0,17	0,67	0,88	0,96	1,00	1,00	5,0
<i>Carex nigra s.str.</i>	25	0,00	0,04	0,04	0,12	0,12	0,12	0,64	0,76	0,76	1,00	1,00	4,6
<i>Carex vulpina agg.</i>	13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,08	0,62	0,85	1,00	1,00	1,00	4,6
<i>Carum carvi</i>	21	0,10	0,10	0,19	0,33	0,33	0,38	0,81	0,86	0,90	1,00	1,00	6,0
<i>Centaurea jacea</i>	93	0,65	0,92	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	10,6
<i>Centaurea pseudophrygia</i>	12	0,17	0,50	0,67	0,92	0,92	0,92	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,1
<i>Cerastium glomeratum</i>	13	0,08	0,54	0,62	0,77	0,85	0,85	0,85	0,92	1,00	1,00	1,00	8,5
<i>Cerastium holosteoides</i>	497	0,01	0,04	0,10	0,27	0,39	0,56	0,84	0,96	0,98	1,00	1,00	6,1

Artname	n	Phänologisches Stadium											PH _w
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
<i>Cirsium palustre</i>	13	0,00	0,23	0,23	0,46	0,85	0,85	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	7,6
<i>Colchicum autumnale</i>	68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,91	1,00	2,0
<i>Crepis biennis</i>	58	0,17	0,52	0,76	0,95	0,95	0,97	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	9,3
<i>Cynosurus cristatus</i>	38	0,16	0,47	0,76	0,82	0,82	0,87	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	8,9
<i>Dactylis glomerata ssp.glomerata</i>	438	0,15	0,51	0,86	0,88	0,90	0,91	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,2
<i>Deschampsia cespitosa s.str.</i>	54	0,09	0,44	0,76	0,76	0,78	0,85	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	8,7
<i>Erophila verna agg.</i>	33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,36	0,58	0,91	1,00	2,9
<i>Festuca pratensis ssp.pratensis</i>	302	0,25	0,65	0,81	0,86	0,87	0,91	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,3
<i>Festuca rubra agg.</i>	120	0,12	0,55	0,82	0,87	0,88	0,92	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,2
<i>Filipendula ulmaria</i>	14	0,07	0,71	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,7
<i>Galium mollugo agg.</i>	217	0,44	0,72	0,82	0,85	0,91	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,7
<i>Geranium pratense</i>	16	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,25	0,81	1,00	1,00	1,00	1,00	5,7
<i>Geranium sylvaticum</i>	14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,57	0,86	1,00	1,00	3,6
<i>Geum rivale</i>	12	0,00	0,08	0,08	0,08	0,25	0,33	0,92	0,92	0,92	0,92	1,00	5,5
<i>Glechoma hederacea s.str.</i>	101	0,00	0,00	0,01	0,05	0,08	0,25	0,87	0,99	1,00	1,00	1,00	5,2
<i>Holcus lanatus</i>	314	0,30	0,68	0,87	0,90	0,91	0,94	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,6
<i>Holcus mollis</i>	10	0,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,5
<i>Juncus effusus</i>	10	0,20	0,30	0,60	0,60	0,70	0,70	0,70	0,90	0,90	1,00	1,00	7,6
<i>Knautia arvensis s.str.</i>	15	0,27	0,40	0,40	0,53	0,67	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	8,1
<i>Lamium album</i>	74	0,00	0,03	0,04	0,12	0,23	0,39	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	5,8
<i>Lathyrus pratensis</i>	34	0,41	0,50	0,62	0,68	0,74	0,88	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	8,8
<i>Leontodon hispidus</i>	16	0,00	0,06	0,06	0,19	0,25	0,31	0,94	1,00	1,00	1,00	1,00	5,8
<i>Leucanthemum vulgare agg.</i>	95	0,14	0,27	0,35	0,40	0,43	0,48	0,95	0,95	0,95	1,00	1,00	6,9
<i>Lolium multiflorum</i>	19	0,84	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	10,8
<i>Lolium perenne</i>	124	0,32	0,84	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	10,1
<i>Lotus corniculatus s.str.</i>	16	0,38	0,38	0,38	0,56	0,56	0,63	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	7,9
<i>Luzula campestris agg.</i>	41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,12	0,15	0,27	1,00	1,00	2,6
<i>Lychnis flos-cuculi</i>	173	0,11	0,29	0,40	0,45	0,51	0,60	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00	7,3
<i>Meum athamanticum</i>	18	0,00	0,11	0,17	0,17	0,22	0,22	0,50	0,89	0,94	1,00	1,00	5,2
<i>Myosotis arvensis ssp.arvensis</i>	12	0,00	0,00	0,00	0,17	0,58	0,92	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	6,7
<i>Myosotis palustris agg.</i>	79	0,03	0,06	0,13	0,28	0,48	0,63	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	6,6
<i>Phalaris arundinacea</i>	7	0,29	0,71	0,86	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,9
<i>Phleum pratense agg.</i>	71	0,44	0,75	0,92	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	10,1
<i>Phyteuma spicatum</i>	22	0,09	0,09	0,09	0,09	0,18	0,32	0,50	0,77	1,00	1,00	1,00	5,1
<i>Plantago lanceolata</i>	141	0,17	0,30	0,35	0,43	0,45	0,50	0,57	0,70	0,84	0,97	1,00	6,3
<i>Poa pratensis agg.</i>	501	0,03	0,44	0,90	0,94	0,95	0,96	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	9,2
<i>Poa trivialis s.str.</i>	763	0,04	0,37	0,83	0,90	0,90	0,91	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	8,9
<i>Polygonum bistorta</i>	67	0,13	0,18	0,25	0,33	0,36	0,39	0,93	0,99	1,00	1,00	1,00	6,6
<i>Potentilla erecta</i>	15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,87	1,00	1,00	1,00	1,00	4,9
<i>Ranunculus acris s.str.</i>	512	0,01	0,02	0,03	0,07	0,16	0,36	0,83	0,96	0,98	1,00	1,00	5,4
<i>Ranunculus auricomus agg.</i>	226	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,05	0,15	0,51	0,76	0,98	1,00	3,5
<i>Ranunculus repens</i>	392	0,06	0,09	0,14	0,27	0,37	0,51	0,89	0,98	0,99	1,00	1,00	6,3
<i>Rhinanthus minor</i>	10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	4,6

Artname	n	Phänologisches Stadium											PH _w
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
<i>Rumex acetosa</i>	550	0,01	0,03	0,09	0,19	0,26	0,38	0,62	0,75	0,81	1,00	1,00	5,1
<i>Rumex crispus</i>	89	0,27	0,40	0,53	0,72	0,75	0,80	0,92	0,98	0,98	1,00	1,00	8,3
<i>Rumex obtusifolius</i>	20	0,45	0,60	0,80	0,95	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,8
<i>Sanguisorba officinalis</i>	152	0,33	0,47	0,70	0,80	0,85	0,89	0,93	0,94	0,94	0,96	1,00	8,8
<i>Saxifraga granulata</i>	45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,27	0,91	0,96	1,00	1,00	1,00	5,2
<i>Silene dioica</i>	15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,40	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	5,5
<i>Stellaria graminea</i>	40	0,15	0,20	0,25	0,35	0,55	0,70	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	7,2
<i>Stellaria media agg.</i>	149	0,03	0,07	0,11	0,26	0,40	0,50	0,72	0,89	0,93	1,00	1,00	5,9
<i>Symphytum officinale agg.</i>	72	0,04	0,10	0,15	0,26	0,43	0,58	0,85	0,99	1,00	1,00	1,00	6,4
<i>Taraxacum officinale agg.</i>	674	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,17	0,46	0,62	0,73	1,00	3,0
<i>Trifolium dubium s.str.</i>	18	0,11	0,11	0,11	0,39	0,61	0,78	0,94	1,00	1,00	1,00	1,00	7,1
<i>Trifolium pratense</i>	185	0,24	0,33	0,50	0,68	0,74	0,82	0,96	0,99	1,00	1,00	1,00	8,2
<i>Trifolium repens ssp.repens</i>	11	0,00	0,09	0,09	0,45	0,82	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	7,5
<i>Trisetum flavescens s.str.</i>	229	0,20	0,58	0,83	0,88	0,91	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9,3
<i>Veronica arvensis</i>	346	0,01	0,01	0,02	0,08	0,10	0,12	0,30	0,65	0,75	1,00	1,00	4,0
<i>Veronica chamaedrys ssp.cham.</i>	143	0,03	0,05	0,08	0,17	0,28	0,37	0,71	0,83	0,85	1,00	1,00	5,4
<i>Veronica serpyllifolia ssp.serp.</i>	169	0,02	0,04	0,06	0,17	0,23	0,33	0,48	0,60	0,70	0,98	1,00	4,6
<i>Vicia cracca s.str.</i>	20	0,20	0,20	0,25	0,65	0,70	0,80	0,95	0,95	1,00	1,00	1,00	7,7
<i>Vicia sepium</i>	65	0,08	0,09	0,12	0,31	0,38	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	6,8

Aus dem Landkreis Ansbach liegen aus beiden Untersuchungsjahren ausreichend symphänologische Aufnahmen vor, um diesen Landkreis als Referenzregion für eine bioklimatologische Charakterisierung heranzuziehen.

Wie zu erwarten, ist die Korrelation zwischen dem kalendarischen Datum und dem phänologischen Index der symphänologischen Aufnahmen hoch signifikant (Spearman Rangkorrelation: < 0,1%). Dieser Index beschreibt also tatsächlich die fortschreitende Entwicklung der Vegetation im Verlauf des Jahres. Die Regressionsgerade für die Regression zwischen dem kalendarischen Datum (als Tag im Jahr) und dem phänologischen Index der Aufnahmen aus dem Landkreis Ansbach aus den Jahren 1995 und 1996 ist in Abbildung 1 dargestellt, die Parameter der Regressionsgleichung finden sich in Tabelle 7. Die Regressionsgeraden beider Jahre sind ähnlich, jedoch nicht identisch. Im Jahr 1996 war die phänologische Entwicklung deutlich später, wie die nach rechts verschobene Regressionsgerade anzeigt. Der spätere Start der Vegetationsentwicklung wurde aber im Laufe der Datenerhebung bis zu einem gewissen Grad aufgeholt. Dies zeigt sich in der größeren Steigung der Regressionsgerade von 1996.

Zu dieser Referenz-Regressionsgeraden wurden die symphänologischen Aufnahmen aus den anderen Landkreisen in Beziehung gesetzt und die Residuen ermittelt. Abbildung 2 zeigt eine Karte von Bayern, in der alle Kartenblätter der TK 25'000, aus denen Probestellen vorliegen, entsprechend ihren durchschnittlichen Residuen eingefärbt sind, je blauer eine Karte dargestellt ist, desto weniger weit entwickelt ist die Vegetation im entsprechenden Gebiet. Rot stellt klimatisch begünstigte Gebiete mit weiter Entwicklung der Vegetation da. Durchschnittlich entwickelte Gebiete (in Bezug auf die Referenzaufnahmen aus dem Lkrs. Ansbach) sind gelb dargestellt.

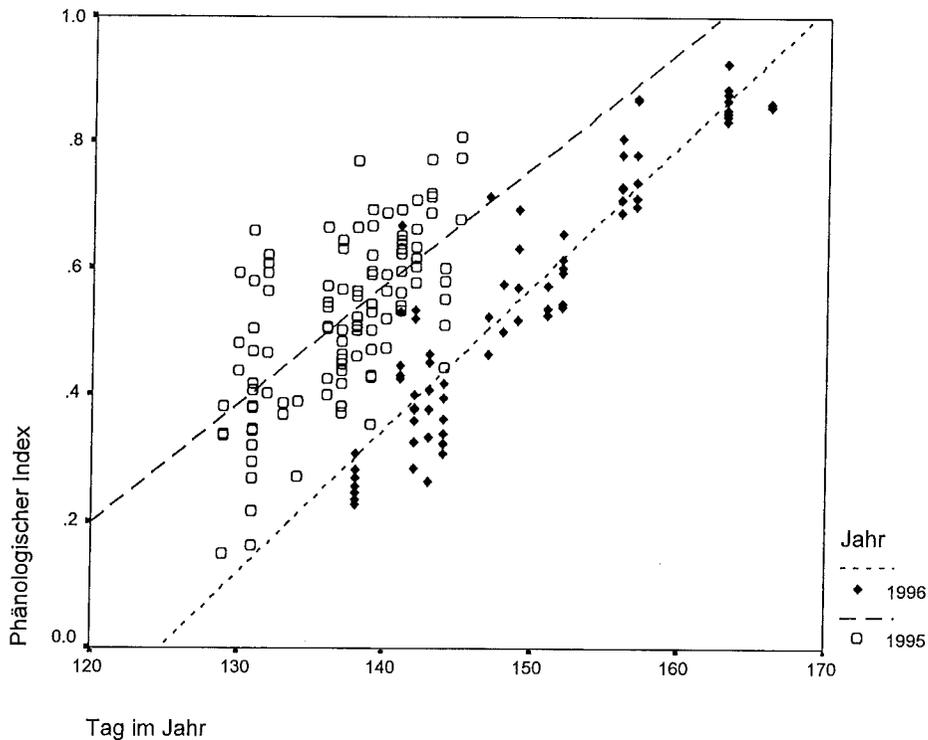


Abbildung 1: Regression zwischen dem Tag im Jahr und der phänologischen Index für die Jahre 1995 und 1996

Diskussion

Die vorliegende Arbeit stellt ein neuartiges, multivariates Verfahren zur Analyse symphänologischer Aufnahmen dar. Es kann sowohl zur phänologischen Charakterisierung von Arten in Form von Phänozahlen als auch zur multivariaten Analyse symphänologischer Aufnahmen mittels des phänologischen Index herangezogen werden.

Phänozahlen

Zwischen den aus den symphänologischen Aufnahmen über die Wahrscheinlichkeitsfunktionen abgeleiteten Phänozahlen PH_W und den Phänozahlen nach DIERSCHKE (1995) PH_D besteht ein guter linearer Zusammenhang. Über die Regressionsgleichung $PH_D = 1,63 + 0,56 \cdot PH_W$ lassen sich die Phänozahlen in Tabelle 5 in einen zu DIERSCHKE (1995) vergleichbaren Wertebereich abbilden. Vergleicht man dann die beiden Phänozahlen für die einzelnen Arten, zeigt sich, dass in den meisten Fällen die Abweichung weniger als 1 Stufe beträgt. Da bei DIERSCHKE (1995) phänologische Artengruppen gebildet wurden und somit keine Zwischenwerte vorkommen, kann das als vollständige Übereinstimmung gewertet werden. Nur bei 24 von den 92 bewerteten Arten (26 %) ist die Abweichung größer als eine Stufe.

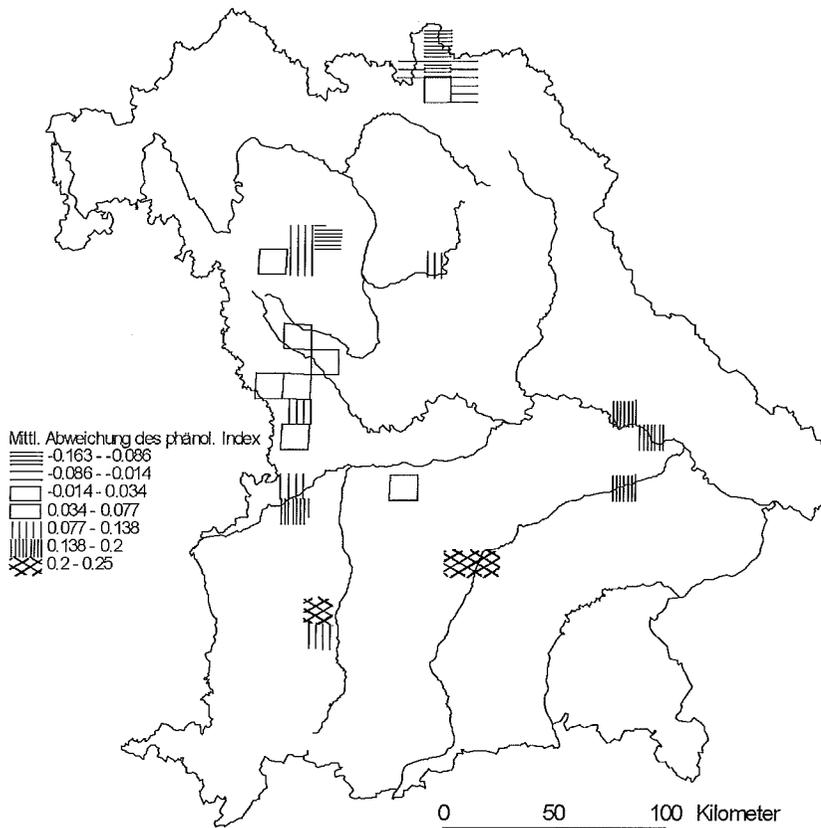


Abbildung 2 Karte der mittleren Abweichung des Phänologischen Index vom Index des Referenzlandkreises (Ansbach). Details s. Text.

Am auffälligsten ist die Abweichung bei *Colchicum autumnale*. Diese Art, die im Herbst blüht und im Frühjahr fruchtet, wurde bei den symphänologischen Aufnahmen im Mai natürlich nur fruchtend beobachtet. Sie wird aufgrund der Wahrscheinlichkeitsfunktionen als extrem frühe Art bewertet, sie hat ja schon im Herbst des Vorjahres geblüht. Bei DIERSCHKE (1995) wird sie dagegen als extrem späte Art, eben als Herbstblüher eingestuft. Beide Sichtweisen haben hier eine gewisse Berechtigung.

Tabelle 7: Parameter der Regression

(k: Konstante der Regressionsgleichung, b: Regressionskoeffizient, r^2 : Bestimmtheitsmaß, α : Signifikanzniveau)

Jahr	k	b	r^2	α
1995	-2.056607	0.018784	0.64	< 1%
1996	-2.816318	0.022581	0.92	< 1%

Abweichungen um mehr als zwei Stufen gibt es darüberhinaus bei allen vier Arten, die bei DIERSCHKE (1995) mit der Phänozahl 1 bewertet wurden. *Bellis perennis*, *Capsella bursa-pastoris* und *Stellaria media* sind Arten mit einer extrem langen Blühperiode. Sie können von Februar/März bis Oktober/November in Vollblüte angetroffen werden. Hier zeigt sich ein konzeptioneller Unterschied zwischen den Phänstufen, die von den Wahrscheinlichkeitsfunktionen abgeleitet sind und denen nach DIERSCHKE (1995). Während erstere das gesamte phänologische Verhalten bewertet, und damit bei lang blühenden

Arten eher mittlere Phänzahlen zuordnet, basiert die Einstufung nach DIERSCHKE (1995) auf dem Blühbeginn. Daher sind die Phänozahlen nach DIERSCHKE (1995) bei lang blühenden Arten aufgrund des zwangsweise frühen Blühbeginns eher niedrig. Da einer in Vollblüte stehenden Population im Allgemeinen aber nicht angesehen werden kann, ob sie erst kürzlich erblüht ist oder vielleicht schon sein Monaten in Vollblüte steht, sollten solche Arten für phänologische Auswertungen besser als indifferent eingestuft werden.

Erophila verna, ein typischer Frühlingsblüher, wurde von DIERSCHKE (1995) ebenfalls mit der Phänozahl 1 bewertet. Aufgrund der Wahrscheinlichkeitsfunktionen wäre ihm jedoch die Zahl 3 zuzuordnen. *Erophila verna* gehört auch aufgrund der Wahrscheinlichkeitsfunktionen zusammen mit *Luzula campestris*, *Taraxacum officinale* und *Caltha palustris* zu den frühesten Arten. Sie ist allerdings keine typische Mähwiesenart. Die Phänozahl bei DIERSCHKE (1995) bezieht sich auf den Vegetationstyp „Felsflur, Magerrasen und Säume schwach saurer bis basischer Böden“. Möglicherweise handelt es sich hier um eine gesellschaftsspezifische Abweichung.

Bei den restlichen 16 Arten, bei denen die Abweichung zwischen einer und zwei Stufen beträgt, sollten weitere Untersuchungen angestellt werden, um zu entscheiden, ob es sich um gebiets- oder gesellschaftsspezifische Abweichungen handelt, oder ob die Einstufung von DIERSCHKE (1995) evtl. noch zu korrigieren ist. Die dort publizierten Listen sind ja ausdrücklich als Diskussionsgrundlage deklariert.

Phänologischer Index

Die Karte der Residuen der Regression des phänologischen Index mit dem kalendarischen Datum stellt das Bioklima in Bayern dar. Die Kartenblätter in der Nähe von Ansbach in West-Mittelfranken erscheinen überwiegend gelb, da der Landkreis Ansbach in der Analyse als Referenzregion benutzt wurde. Im Norden liegen die relativ kalten (blauen) Bereiche des Frankenwald. Thermisch begünstigt zeichnen sich die Gebiete im Alpenvorland und im Donautal ab. Dieses Muster deckt sich im wesentlichen mit den neuen Bayerischen Klimakarten (BayFORKLIM 1996), insbesondere die Verteilung des täglichen Maximums der Lufttemperatur im Juli und die Anzahl der Sommertage zeigt ein sehr ähnliches Muster wie die Verteilung der Residuen des phänologischen Index. Im Gegensatz zu den Karten im Bayerischen Klimaatlas stellen die Residuen des phänologischen Index jedoch nicht nur eine klimatische Variable dar, sondern charakterisieren die gesamte bioklimatologische Situation auf der Basis aller Arten der Vegetationsaufnahmen.

Literatur

BAYFORKLIM 1996: Klimaatlas von Bayern herausgegeben vom Bayerischen Klimaforschungsverbund (BayFORKLIM). – DIERSCHKE, H. 1989: Symphänologische Aufnahme- und Bestimmungsschlüssel für Blütenpflanzen und ihre Gesellschaften in Mitteleuropa. Tuexenia 9: 477–484. – DIERSCHKE, H. 1995: Phänologische und symphänologische Artengruppen von Blütenpflanzen Mitteleuropas. Tuexenia 15: 523–560. – DOBEL, K. F. 1835: Neuer Pflanzenkalender oder Anweisung welche in Deutschland wachsenden Pflanzen man in jedem Monat blühend finden könne, und an welchem Standort. 1. Band.; Campe, Nürnberg. 838 S. – FISCHER, H. S. 1999: Auswirkungen des Bayerischen Vertragsnaturschutzprogramms auf die Vegetation von Feuchtgrünland. BayLfU 150: 71–88. – FISCHER, H. S. 2000 Multivariate analysis of phenological data. Phytocoenologia 30,3–4: 477–489. – FISCHER, H. S. & H. GILGEN, (in prep.): DACHRad Berechnung der direkten Sonneneinstrahlung in Deutschland, Österreich und der Schweiz. – RÖTZER, Th, R. WÜRLÄNDER 1994 Neuartige phänologische Karten von Bayern und deren Anwendungsmöglichkeiten in der Landschaftsökologie und Landschaftsplanung. Ber. ANL 18: 131–145. – Schnelle, F. 1981. „Beiträge zur Phänologie Europas. IV. Lange phänologische Beobachtungsreihen in West- Mittel- und Osteuropa.“ Ber. Dtsch. Wetterd. 158.

Dr. Hagen S. FISCHER
ifanos-Landschaftsökologie
Hessestr. 4
D-90443 Nürnberg