©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Phyton (Austria)	**Vol. 28**	Fasc. 1	91–107	20. 7. 1988

Analysen des Jahresverlaufs der Belaubung von Bäumen und Sträuchern

Von

Friedrich LAUSCHER *)

Eingelangt am 4. Mai 1987

Key words: Growth of trees, phenology, Vienna, Norway.

Summary

LAUSCHER F. 1988. Analyses of the foliation of trees and bushes in the course of the year. – Phyton (Austria) 28 (1): 91–107. – German with English summary.

At first an overlook is given on botanical measurements of the yearly course of growth of trees and on the numerous definitions of the duration of vegetation, herefrom the duration of growth is approximated by number of days from the beginning of foliation to the beginning of discoloration. Longtime phenological series present these data.

Special observations made in Vienna are published concerning the differences between the time of beginning discoloration and defoliation respectively (Austrian definition) and the time when 50% of the leaves are discoloured and fallen down respectively (German definition). The times of growth of ten species of trees and bushes in all parts of Norway are calculated with the aid of regression equations using the geographical latitude, the altitude and the distance to the open sea as variables, 31 longtime phenological series of Norway are used to analyse the shares of endogen (22%) and exogen (78%) influences on the variability of duration of growth.

Finally, the mean temperatures at the beginning of foliation and at the beginning of discoloration making use of the dates of the 358 phenological and 160 meteorological stations in Norway are presented.

Zusammenfassung

LAUSCHER F. 1988. Analysen des Jahresverlaufes der Belaubung von Bäumen und Sträuchern. – Phyton (Austria) 28 (1): 91–107. – Deutsch mit englischer Zusammenfassung.

Nach einem Überblick über botanische Meßreihen des Jahresverlaufs des Wachstums von Bäumen und über die vielen Definitionen des Begriffs „Vegetationszeit" wird als „Wachstumsdauer" die Zahl der Tage zwischen dem Beginn der

*) Univ.-Prof. Dr. F. LAUSCHER, Zehenthofgasse 25/5, A-1190 Wien (Austria)

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Belaubung und dem Beginn der Verfärbung bezeichnet. Die zu ihrer Berechnung nötigen Daten können alten Reihen phänologischer Beobachtungen entnommen werden.

Da in Deutschland die Herbstphasen erst notiert werden, wenn die Hälfte der Blätter verfärbt bzw. abgefallen ist, wurden in Wien eingehende Beobachtungen über die Zeitdifferenzen zwischen dem Beginn der Verfärbung bzw. dem Beginn des Blattfalls und den Zeitpunkten halber Verfärbung bzw. halber Entlaubung vorgenommen.

Die Wachstumszeit von zehn Laubholzarten in allen Teilen Norwegens wird auf Grund der Daten von 358 phänologischen Stationen in Form von Regressionsgleichungen mit den Variablen geographische Breite, Seehöhe und Entfernung vom freien Meer dargestellt.

Auf Grund einer Analyse von 31 langen phänologischen Reihen aus Norwegen werden die Anteile endogener (Mittel 22%) und exogener (Mittel 78%) Einflüsse auf die Schwankungen der Wachstumsdauer abgeschätzt.

Schließlich werden die Mitteltemperaturen zu den Zeitpunkten des Beginns der Belaubung bzw. des Beginns der Verfärbung auf Grund der Daten der 358 phänologischen Stationen und 160 Temperaturmeßstellen Norwegens dargestellt.

1. Phänologische Beobachtungen

Diese haben eine lange Geschichte. 239 v. Chr. schuf Lu Shi Cun einen phänologischen Kalender für China. Ab 705 n. Chr. wurde am japanischen Kaiserhof in Kyoto das Datum der Kirschblüte notiert. 1736 begann die Familie MARSHAM in Stratton bei Norwich (England) aus eigenem Entschluß eine bis mindestens 1943 beibehaltene Serie phänologischer Beobachtungen. Von 1750 bis 1752 bestand in Schweden ein von C. v. LINNÉ errichtetes phänologisches Netz. Seither entstanden immer wieder phänologische Reihen und Netze (vgl. SCHNELLE 1955, REISS 1959), zumeist von Botanikern oder unter ihrer Mitwirkung eingerichtet. Doch es gab auch kritische Stimmen aus botanischen Fachkreisen und sie sind heute noch zu hören: Der einfache Beobachter kenne nicht die vielen Arten, die es bei den Pflanzen gibt, überdies seien auch bei gleichen Arten die Zeitpunkte des Eintrittes bestimmter Phasen von Exemplar zu Exemplar oft sehr verschieden. Diesen Einwänden hat MARGARY 1926 entgegengehalten, daß die Beobachter ihre Beobachtungen von Jahr zu Jahr an den gleichen Exemplaren machen, sodaß lange Reihen, zumindest bei gleichen Beobachtern, jedenfalls ihren Wert haben; im übrigen seien Spezialbeobachtungen an verschiedenen Arten Sache der Fachbotaniker.

Jedenfalls kann nur empfohlen werden, lange phänologische Reihen zur Gewinnung statistisch fundierter botanischer Kenntnisse zu nutzen. Hiezu Beiträge zu erarbeiten ist der Zweck der vorliegenden Studie.

2. Der Begriff der Vegetationszeit

Unter diesem Titel hat GENSLER 1946 einen historischen Überblick über die verschiedenen Definitionsvorschläge seinen Studien über die Verhält-

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

nisse in der Schweiz vorangestellt. HEER 1844 verwendete für seine Spezialstudien die Zeit zwischen der Wiesenbegrünung und dem Ende des Weidebetriebes. SCHWENDENER 1856 bezeichnete als Vegetationszeit die Zeit zwischen dem Begrünen und dem Vergilben des Buchenwaldes. BAJER 1873 setzte das Ende der Vegetationszeit erst mit dem Laubfall an. HOFFMANN 1881 verstand unter Vegetationszeit den gesamten Zeitraum vom Stäuben der Hasel bis zur allgemeinen Verfärbung der Buche. HEGYFOKY 1913 verwendete als Spezialdefinition für landwirtschaftliche Zwecke die Zeit von der Blüte bis zur Reife von Kulturgewächsen. LÜDI 1945 empfahl als „Vegetationsperiode" die Benennung „Wachstumszeit". Wie später dargelegt entspricht diese bei Laubbäumen angenähert der Zeitspanne zwischen der Belaubung (BO) und dem Beginn der Laubverfärbung (BLV). Man kann also die historisch älteste Definition aus 1856 beibehalten, wird sie jedoch für die einzelnen Arten von Laubgehölzen gesondert anwenden.

GENSLER 1946 behandelte aber die Definitionen der Wachstumszeit auch mit Hilfe meteorologischer Begriffe. Seit A. DE CANDOLLE 1855 wird die Andauer einer Mitteltemperatur von +6° C immer wieder verwendet, seit DRUDE 1896 aber ebenso oft +5° C. Schon vorher hatte SUPAN 1887 als „Hauptwärmeperiode" die Andauer einer Mitteltemperatur von +10° C bezeichnet. KÖPPEN 1926 nahm als Zeitspanne möglicher innerer Prozesse der Buche an ihrer europäischen Nordgrenze die Andauer einer Mitteltemperatur von ≥ +1° C an. In den alpinen Regionen hatte KERNER VON MARILAUN 1887 als Vegetationszeit die „Aperzeit" nach dem Ausapern bis zum definitiven Wiedereinschneien im Herbst, also ohne Berücksichtigung von vorübergehenden Schneefällen im Frühjahr und im Herbst, bezeichnet.

Das US Weather Bureau hat von 1871 bis 1915 an bis zu 4000 Stationen die Daten des „killing frost" im Frühjahr und im Herbst notieren lassen, weil diese Daten die Vegetationszeit entscheidend begrenzen. U. a. hat SMITH 1920 diese Daten verarbeitet, doch auch an der Andauer einer Mitteltemperatur von +6° C als „Garantierte Wachstumszeit" festgehalten.

Subtile Messungen des Jahresganges des Wachstums von Bäumen verdanken wir u. a. BURGER 1926, MORK 1941, HENHAPPL 1965 und neuerdings MERKEL 1987. Das Höhenwachstum erfolgt nach BURGER 1926, Tab. 2, an 62 bis 65 Tagen, das von Laubbäumen an 66 bis 87 Tagen, nach Tab. 3 in 500 m Seehöhe der Schweiz etwa von 26. Mai bis 15. Juli (51 Tage), in 1500 m Seehöhe vom 4. Juli bis 21. August (49 Tage). Nach MORK 1941 wachsen in Norwegen Fichten an rd. 40 (bis 60) Tagen in die Höhe.

Das Dickenwachstum dauert nach HENHAPPL 1965 länger, bei Birke 134 Tage (9. 4. – 21. 8.), bei Buche 155 Tage (14. 4. – 13. 9.), bei Stieleiche 151 Tage (8. 4. – 14. 9.) und bei Fichte 145 Tage (21. 4. – 13. 9.). Der Beginn des Dickenwachstums stimmt mit dem Datum der Belaubung recht gut überein, das Ende des Dickenwachstums erfolgt bereits wesentlich früher als der in Deutschland notierte Zeitpunkt, zu dem die Hälfte der Blätter verfärbt ist,

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

bei Birke um 47, bei Buche um 25 und bei Stieleiche um 29 Tage früher. Zu dem in Österreich nach wie vor beobachteten Zeitpunkt der Laubverfärbung zeigt das Ende des Dickenwachstums eine bessere Übereinstimmung. Aus später ausführlich beschriebenen Beobachtungen in Wien erhielten wir die folgenden Zeitdifferenzen in Tagen zwischen dem Beginn der Verfärbung und dem Datum, zu dem 50% der Blätter verfärbt sind: Birke 26 Tage, Buche 20 Tage, Eiche 19 Tage. Das Ende des Dickenwachstums erfolgt demnach noch vor dem Beginn der Laubverfärbung, bei Birke um 21 Tage, bei Buche um 5 Tage, bei Eiche um 10 Tage. Doch kann man den Beginn der Laubverfärbung besser verwenden als den Zeitpunkt, zu dem 50% der Blätter verfärbt sind. Deshalb erscheint es sinnvoll, die Wachstumszeit angenähert als Zeitdifferenz zwischen Belaubung und Verfärbung anzunehmen. Diese Daten können den phänologischen Beobachtungen in verschiedenen Ländern entnommen werden.

4. Wiener Spezialbeobachtungen über Be- und Entlaubung

Die Diskrepanz zwischen den Beobachtungsvorschriften in Deutschland und in Österreich veranlaßte uns, in den Jahren seit 1979 besonders genaue Beobachtungen namentlich über die Verfärbung und den Blattfall anzustellen. Analog der Methode von ELLENBERG 1954 machten meine Frau und ich etwa jede Woche ausgedehnte Rundgänge durch den Bezirk Wien-Döbling und ermittelten die Grade der Verfärbung und der Entlaubung an rund 50 Baumarten und insgesamt etwa 600 Exemplaren. Hieraus konnten für Tabelle 1 die folgenden Daten errechnet werden, alle angegeben in Jahrestagszahlen (Datumszahlen): BO = Beginn der Belaubung, BLV = Beginn der Verfärbung, 50% und 100% = halb und ganz verfärbt, BBF = Beginn des Blattfalls, 50% und 100% = halb und ganz entlaubt. In der Spalte WD findet man die Wachstumsdauer (= BLV – BO), unter LV-BLV die Zeitdifferenz zwischen den Notierungen der Verfärbung nach der in Deutschland und in Österreich gehandhabten Methode.

Baumschäden waren in Wien-Döbling mit Ausnahme an ganz verwahrlosten und alten Bäumen keine zu sehen. Astfall durch Sommerdürre und vorzeitiges Vergilben in besonders verkehrsreichen Straßen wird im Texte erwähnt werden. Völlig unerwartet brach am 10. 9. 1984 um 10 Uhr 40 bei einer Windböe von nur 82 km/h die stattliche Birke im Pflanzgarten in Wien, Hohe Warte (Alter 25 Jahre, Höhe 15 m, Stammdicke 25 cm) knapp über dem Boden ab. Durch Sommerdürre gab es 1979 schon am 8. Juni vergilbte Ahornblätter, im Extremjahr 1981 einzelne verdorrte Äste bei Hainbuche, Hasel, Marille, Rotbuche und besonders bei Vogelbeere.

In verkehrsreichen Straßen, besonders solchen mit starkem Gefälle, waren die Ahornbäume allgemein schon 1. Juli 1979 teilverfärbt und hatten dürre Äste. Im Jahre 1980 war es nicht viel anders: Teilverfärbung von Ahornbäumen ab 6. Juli, 50% Verfärbung in den Starkverkehrsstraßen

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Tabelle 1

Zahlen phänologischer Daten (in Jahrestagszahlen), beobachtet in Wien-Döbling, 48,2° N, 16,4° E. 200 m in den Jahren 1979 bis 1986.
Zeichenerklärung: BO: = Beginn der Belaubung, BLV = Beginn der Laubverfärbung, 50% = halb verfärbt, 100% = ganz verfärbt, BBF = Beginn des Blattfalls, 50% = halb entlaubt, 100% = kahl, WD = BLV – BO = Dauer der Wachstumszeit in Tagen, LV – BLV = Differenz der Verfärbungstermine nach der deutschen und der österreichischen Beobachtungsmethode.

Pflanze	Jahr	BO	BLV	50%	100%	BBF	50%	100%	WD	LV-BLV
Ahorn	1979	106	277	284	299	288	295	320	171	7
Acer platanoides L.	1980	113	237	298	332	278	300	333	124	61
	1981	98	227	278	314	258	288	329	129	51
Apfel	1979	106	293	310	319	293	296	329	187	17
Malus domestica BORKH.	1980	113	283	300	326	295	303	333	170	17
	1981	98	253	303	329	253	309	344	155	50
	1982	106	299	319	320	301	320	324	193	20
	1983	110	288	305	329	319	324	330	178	17
	1984	113								
	1985	110	310	319	329	319	324	342	200	9
	1986	117	298	300	303	309	323	328	181	2
Birke	1979	103	277	287	297	292	299	331	174	10
Betula pendula ROTH	1980	106	260	294	305	260	308	335	154	34
	1981	92	258	293	314	273	303	329	166	35
Birne *Pyrus communis* L.	1981	95	248	303	309	283	303	309	153	55
Blutbuche *Fagus sylvatica* L. var. *atropunicea*	1981	115	293	298	303	309	311	354	178	5
Eiche (Stieleiche)	1979	116	279	299	310	294	325		163	20
Quercus robur L.	1980	127	290	300	325	292	330		163	10
	1981	106	273	293	314	283	324	354	167	20
	1984	113	280	306	314	300	314	327	167	26
Esche	1979	123	282	305	310	275	290	313	159	23
Fraxinus excelsior L.	1980	118	294	318	319	269	302	319	176	24
	1981	117	288	311	324	253	293	309	171	23
Essigbaum (Sumach) *Rhus typhina* L.	1981	122	273	278	293	288	303	324	151	5
Farn (nicht best.)	1981	113	293	339	344	309	344	349	180	46
Feigenbaum *Ficus carica* L.	1981	–	288	314	319	288	293	319	–	26
Flieder *Syringa vulgaris* L.	1981	78	288	319	335	258	319	349	210	31
Forsythie *Forsythia suspensa* VAHL.	1981	–	283	324	335	298	319	344	–	41
Ginster *Genista sagittalis* L.	1981	–	268	303	319	298	309	319	–	35

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

(Tabelle 1, 1. Forts.)

Pflanze	Jahr	BO	BLV	50%	100%	BBF	50%	100%	WD	LV-BLV
Hasel	1980	-	289	294	305	299	336	344		5
Corylus avellana L.	1981	-	227	268	304	258	309	344	-	41
Holunder *Sambucus nigra* L.	1981	68	253	298	330	268	293	332	185	45
Japan. Kirsche *Cerasus serrulata* G.DON.	1981	113	258	303	309	258	309	314	145	45
Kirsche *Prunus avium* L.	1981	91	288	298	309	288	303	329	197	10
Lärche	1979	108	292	300	310	297	320	333	184	8
Larix decidua MILL.	1980	102	292	313	326	306	322	335	190	21
	1981	94	273	303	314	288	324	335	179	30
Linde (Winterlinde)	1979	103	280	286	295	285	291	297	177	6
Tilia cordata MILL.	1980	108	265	283	305	265	287	319	157	18
	1981	88	253	278	314	253	298	319	165	25
	1984	100	259	303	307	293	314	324	159	44
Mandel *Prunus amygdalus* BATSCH.	1981	-	248	297	319	248	293	319	-	49
Magnolie *Magnolia grandiflora* L.	1981	-	253	278	309	268	303	309	-	25
Marille *Prunus armeniaca* L.	1981	-	248	293	305	253	303	319	-	45
Maulbeere *Morus alba* L.	1981	-	268	303	309	273	309	319	-	45
Nußbaum	1979	117	289	294	310	293	296	299	172	5
Juglans regia L.	1980	123	282	288	304	287	299	312	159	6
	1981	110	248	283	305	258	293	305	138	35
Pappel (Zitterpappel)	1979	104	280	308	328	290	317	327	176	28
Populus tremula L.	1980	121	286	302	326	286	303	332	165	16
	1981	94	253	294	316	271	303	332	159	41
Platane *Platanus acerifolia* (AIT.) WILLD.	1981	124	268	288	329	248	303	344	144	20
Quitte *Cydonia oblonga* MILL.	1981	98	273	309	329	298	324	335	175	36
Robinie	1979	131	286	292	300	290	300	313	155	6
Robinia pseudacacia L.	1980	133	284	302	332	292	301	336	151	18
	1981	115	248	298	329	273	303	344	133	50
	1984	128	278	309	315	307	316	322	150	31
Rose *Rosa* hybr. (cult.)	1981	71	263	329	335	293	344	239	192	66
Roßkastanie	1979	104	242	284	299	286	295	312	138	42
Aesculus hippocastanum L.	1980	107	244	274	327	284	296	328	137	30
	1981	88	227	283	314	25[illegible]	293	339	139	56

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

(Tabelle 1, 2. Forts.)

Pflanze	Jahr	BO	BLV	50%	100%	BBF	50%	100%	WD	LV-BLV
Rotbuche *Fagus sylvatica* L.	1979	121	283	299	319	293	317		162	16
	1980	125	274	291	333	297	315		149	17
	1981	116	288	293	314	293	319	354	172	5
	1982	106	275	299	312	293	322		169	24
	1983	101	253	303	307	305	318		152	50
	1984	106	283	303	307	305	318		177	20
	1985	105	300	314	319	316	322	335	195	14
	1986	112	288	298	303	314	326		176	10
Schlehdorn *Prunus spinosa* L.	1981	83	253	303	319	268	319	329	170	50
Tamariske *Myricaria germanica* (L.) DESV.	1981	116	273	303	324	293	329	335	157	30
Traubenkirsche *Prunus padus* L.	1981	79	248	298	305	253	298	309	169	50
Trauerweide *Salix babylonica* L.	198o	88	292	321	332	299	319	341	204	29
	1981	73	248	309	329	293	329	349	175	61
Eberesche *Sorbus aucuparia* L.	1979	104	286	292	297	292	301	310	182	6
	1981	97	248	293	309	227	309	324	151	45
Vogelkirsche *Prunus avium* L.	1981	88	253	303	309	268	303	335	165	50
	1984	101	276	305	321	298	314	327	175	29
Salweide *Salix caprea* L.	1979	103	297	321	325	297	316	335	194	24
	1981	91	253	303	309	253	303	335	162	50
Weinstock *Vitis vinifera* L.	1981	102	227	273	298	253	309	329	125	46
Wilder Wein *Vitis vinifera* L. ssp. *sylvestris*	1981	102	227	273	298	253	309	329	125	46
Zwetschke *Prunus domestica* L.	1981	98	285	298	309	288	319	324	187	13

schon am 25. August (statt am 25. Oktober). Für 1981 kann folgende Vergleichstabelle geboten werden:

	BLV	50%	100%	BBF	50%	100%
Ahorn in Starkverkehrsstraßen	166	225	304	219	279	318
statt	227	278	314	258	288	329
Rostkastanie in Starkverkehrsstraßen	166	269	304	258	275	325
statt	227	283	314	253	293	339

Ab 1982 waren die Verfrühungen der Laubverfärbung in stark befahrenen Straßen viel geringer und so uneinheitlich, daß genauere Notierungen der Zeitpunkte unterblieben.

Es hat den Anschein, als ob die Schadstoffe nur in Verbindung mit besonderer Trockenheit extrem zur Auswirkung kamen. Um 1980 blieben

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

im Wiener Gebiet die Starkregen bei den „Vb-Wetterlagen" völlig aus, der Boden wurde nie richtig durchfeuchtet. Die so oft zu Vergleichen herangezogenen Monats- und Jahresmittelwerte des Niederschlags bei West- oder Nordwest-Wetterlagen waren kein Ersatz für die Starkregen bei Vb-Wetterlagen.

Blattfall vor Verfärbung: Früherer oder wenigstens gleichzeitiger Blattfall trat bei den folgenden Baumarten auf, wobei die folgenden mittleren Differenzen zwischen dem Beginn des Blattfalls und dem Beginn der Verfärbung errechnet wurden: Flieder −30 Tage, Esche −22 Tage, Platane −20 Tage, Vogelbeere −8 Tage, Kirsche, Japanische Kirsche und Weide 0 Tage, Apfel +9 (zweimal 0) Tage, Pappel +9 (einmal 0), Birke und Linde +10 (einmal bzw. zweimal 0) Tage. Im Dürresommer 1981 fielen grüne Blätter auch bei Esche, Feige und Mandel ab.

Unterschiede zwischen jungen und alten Bäumen: Bei den folgenden Baumarten war eine frühere Belaubung junger Bäume angedeutet: Ahorn, Birke, Esche, Linde, Robinie und Vogelkirsche. Alte Roßkastanien belaubten sich hingegen früher als junge. Bei mittelhohen Pappeln kam das Laub früher als bei kleinen oder hohen. Linden belaubten sich manchmal nur langsam, von unten beginnend. Einmal war jedoch eine Linde am Morgen noch kahl, zu Mittag aber bis oben belaubt. Blattfall begann bei jungen Pappeln etwas früher als bei alten, bei Eiche und Rotbuche ist es umgekehrt. Wohl hält sich altes Laub auch bei alten Bäumen mitunter bis zum Laubausbruch im nächsten Frühjahr, doch nicht immer, während es bei jungen Bäumen die Regel ist.

Analysen der Daten in Tabelle 1: Im Mittel aus 83 Werten ist der Zeitunterschied in Tagen zwischen der deutschen und der österreichischen Art der Notierung der Verfärbungstermine LV-BLV = 28,5 ± 16,5 Tage (Extreme 66 Tage bei der Rose im Jahr 1981, nur 2 beim Apfel 1986). Ganz ähnlich ist der Zeitunterschied beim Blattfall BF-BBF = 27,4 ± 16,9 Tage (Extreme 82 Tage bei der Vogelbeere im Jahr 1981, nur 2 Tage bei der Blutbuche im gleichen Jahr). Die Vegetationszeit nach der Definition von SCHWENDENER 1856 BLV-BO beträgt im Mittel aus 73 Werten 166,4 ± 19,0 Tage (Extreme 210 Tage bei Flieder im Jahre 1981, 124 Tage beim Ahorn 1980). Nach LÜDI 1945 nennen wir diese Zeitspanne „Wachstumszeit" (WZ in Tabelle 1). Die Vegetationszeit nach der Definition von BAJER 1873 wäre BBF-BO = 177,6 ± 23,5 Tage (Extreme 222 bei der Rose 1981 und 124 bei der Platane im gleichen Jahr).

Um die Annahme zu prüfen, die Wachstumszeit sei auf Grund von Erbanlagen ungefähr konstant, frühe Belaubung habe also auch frühe Verfärbung zur Folge, wurden aus dem freilich recht inhomogenen Material der Tabelle 1 die folgenden Korrelationen berechnet: a) x = BO, y = BLV-BO; b) x = BO, y = BBF-BO. Im ersten Falle erhält man aus den Daten des Beginnes der Verfärbung einen Korrelationskoeffizienten r = −0,30 und die Gleichung y = 207,7 − 0,394x mit den Wertepaaren x = 100, y = 168 und x =

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

150, y = 149, im zweiten Falle aus den Daten des Beginns des Laubfalles einen Korrelationskoeffizienten r = −0,40 und die Gleichung y = 241,2 − 0,591x mit den Wertepaaren x = 100, y = 182 und x = 150, y = 153. Frühe Belaubung verspricht demnach eine längere Wachstumszeit. An späterer Stelle werden wir dies an Hand langer phänologischer Beobachtungsreihen aus Norwegen für einzelne Baumarten genauer untersuchen.

5. Wachstumszeit von Laubholzgewächsen aus allen Landesteilen Norwegens

Das Beobachtungsprogramm des von H. PRINTZ 1928 gegründeten, ganz Norwegen erfassenden phänologischen Netzes umfaßte den gesamten Zeitraum vom Stäuben der Hasel bis zur Entlaubung der Laubbäume. Stets wurde der Beginn der Phasen notiert. Das Netz bestand bis 1977, also ein halbes Jahrhundert und endete mit dem Tode Prof. PRINTZS. Von 684 Orten aus allen Landesteilen kamen Meldeformulare, für 358 Orte mit einer durchschnittlichen Betriebsdauer von 15,6 Jahren wurden Mittelwerte berechnet und größtenteils in LAUSCHER & al. 1959 und 1978 veröffentlicht.

Für die weitere Verarbeitung erwies sich die Methode der „Tabellenkarten" (LAUSCHER & al. 1978, LAUSCHER 1982) als überaus nützlich. Thematische Karten für Gebirgsländer sind bekanntlich schwer zu entwerfen, kostspielig und für die praktische Nutzung schließlich von beschränktem Wert. Empirisch einwandfrei und leicht nutzbar ist die Mitteilung der Daten aller Beobachtungsorte genau definierter Gebiete. In Norwegen sind für die Einteilung maßgebend: a) Lage westlich oder östlich der Hauptwasserscheide, die geographische Breite, die Seehöhe, aber auch der Abstand vom freien Meer.

Schließlich wurden die Mittelwerte der so erhaltenen rd. 100 Felder einer Regressionsanalyse unterzogen:

$$N = \bar{N} + k\,(\varphi - 62{,}3) + l\,(H - 1{,}76) + m\,(K - 5{,}4)$$

In dieser Formel bedeuten N = Jahrestagszahl der betreffenden Phase; $\bar{N}$ = mittlere Jahrestagszahl eines fiktiven Mittelpunkts der phänologischen Stationen Norwegens in 62,3° N, 176 m Seehöhe und 54 km Abstand vom freien Meer; k = die Änderung (in Tagen) je 1° geographischer Breite; l = Änderung (in Tagen) je 100 m Höhenanstieg; H = die jeweilige Seehöhe in Einheiten à 100 m; m = Änderung (in Tagen) je 10 km Zunahme der Entfernung von der äußeren Meeresküstenlinie; K = jeweilige Entfernung von der Küste in Einheiten à 10 km (für K > 100 km ist m gleich O zu setzen).

Tabelle 2 enthält die für 10 verschiedene Baum- und Straucharten errechneten Werte sowohl für den Belaubungsbeginn BO als auch für den Beginn der Verfärbung BLV und die daraus errechnete Wachstumsdauer WD = BLV – BO. Im Mittel über die zehn Arten beträgt die Wachstumsdauer 126 Tage, je 1° Breitenzunahme nimmt sie um 3 Tage ab, je 100 m

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Tabelle 2

Konstanten der Regressionsgleichungen für zehn Laubholzgewächse, errechnet nach den phänologischen Beobachtungen von 358 Orten in allen Teilen Norwegens. Zeichenerklärung: BO = Beginn der Belaubung, BLV = Beginn der Laubverfärbung (in Jahrestagszahlen), WD = BLV – BO = Wachstumsdauer in Tagen; N = Mittelwert in etwa 62,5° N, 176 m Seehöhe und 54 km Abstand vom freien Meer; k = Änderung je 1° geogr. Breite, l = desgl. je 100 m Höhendifferenz und m = je 10 km Zunahme der Entfernung vom offenen Meer.

		$\overline{N}$	k	l	m
Salweide	BO	132	2,0	2,3	o,8
	BLV	256	0,4	-4,9	1,0
	WD	124	-1,6	-7,2	o,2
Birke	BO	129	2,8	3,0	0,2
	BLV	257	1,6	-4,1	0,8
	WD	128	-1,2	-7,1	0,6
Gebirgsbirke	BO	137	3,2	2,6	0,9
	BLV	246	-1,2	-3,5	0,8
	WD	109	-4,4	-6,1	-0,1
Trauben-kirsche	BO	127	2,0	2,4	0,2
	BLV	252	-4,0	-6,1	1,8
	WD	125	-6,0	-8,5	1,6
Sauerkirsche	BO	128	1,2	2,7	0,6
	BLV	246	0,3	0,7	-4,4
	WD	118	-0,9	-2,0	-5,0
Apfel	BO	128	1,2	3,1	1,2
	BLV	272	-1,5	-5,9	-0,4
	WD	144	-2,7	-9,0	-1,6
Johannis-beere	BO	129	2,4	2,4	0,8
	BLV	250	-1,0	-4,8	1,9
	WD	121	-3,4	-7,2	1,1
Stachelbeere	BO	119	2,7	2,4	1,1
	BLV	263	-2,0	-6,1	5,3
	WD	144	-4,7	-8,5	4,2
Himbeere	BO	128	2,7	2,1	0,9
	BLV	254	0,4	-2,0	-1,6
	WD	126	-2,3	-4,1	-2,5
Vogelbeere	BO	129	2,0	2,0	-0,2
	BLV	255	-0,8	-1,5	1,2
	WD	126	-2,8	-3,5	1,4
Mittel	BO	129	2,2	2,5	o,6
	BLV	255	-0,8	-3,8	0,6
	WD	126	-3,0	-6,3	0,0

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Anstieg um 6,3 Tage, während im Mittel über stark gegensätzliche Werte die Konstante m, also die Änderung je 10 km Entfernung vom freien Meer, gleich Null ist. Aus den Zahlenwerten kann man z. B. für einen Ort in 60° Breite an der Küste WD = 144 Tagen errechnen, für einen in 70° Breite, 1000 m Höhe und 100 km Küstenabstand nur 51 Tage.

Beschränken wir die Besprechung der Tabelle 2 auf die Wachstumsdauer WD, so finden wir die längste Dauer mit 144 Tagen bei Apfel und Stachelbeere, die kürzeste bei der Gebirgsbirke, nämlich 109 Tage an der fiktiven Mittelstation Norwegens. Die Verkürzung der Wachstumsdauer nach Norden zu ist bei der Traubenkirsche mit 6,0 Tagen je Breitengrad am größten, bei der Sauerkirsche mit nur –9,0 Tagen am kleinsten. Der Einfluß der Seehöhe ist beim Apfel mit –0,9 Tagen je 100 m am größten, bei der Sauerkirsche mit nur –2,0 Tagen je 100 m wiederum am kleinsten. Die Stachelbeere hat im Binnenland eine relativ längere Wachstumszeit als in Meeresnähe (m = +4,2), bei der Sauerkirsche ist es umgekehrt (m = –5,0).

5. Die Anteile endogener und exogener Einflüsse auf die Wachstumsdauer

Aus dem Material langjähriger phänologischer Beobachtungen in Norwegen (1928–1977) fanden sich für die uns hier interessierenden Laubholzgewächse 31 lange Reihen u. zw. für Salweide 2, für Gemeine Birke 10, für Gebirgsbirke 2, für Traubenkirsche 6, für Johannisbeere 5 und für Vogelbeere 6. Sie stammen von folgenden Orten (H = Seehöhe in m, K = Abstand von der Küste in km):

Jarfjordbotn	69,6° N	30,4° E	H = 8 m	K = 20 km
Rösos	62,6° N	11,4° E	H = 840 m	K = 190 km
Röldal	59,8° N	6,8° E	H = 480 m	K = 90 km
Kristiansand S	58,2° N	8,0° E	H = 24 m	K = 0 km
Tveit	58,3° N	8,1° E	H = 25 m	K = 10 km
Helle b. Krägerö	58,8° N	9,4° E	H = 45 m	K = 10 km
Hedrum	59,2° N	10,0° E	H = 10 m	K = 10 km
Hov i Land	60,7° N	10,5° E	H = 295 m	K = 140 km
Lillehammer	61,1° N	10,5° E	H = 180 m	K = 170 km
Hamar	60,7° N	11,3° E	H = 127 m	K = 150 km
Askar	59,8° N	10,4° E	H = 78 m	K = 30 km
Grorud	60,0° N	10,9° E	H = 180 m	K = 50 km

Die meisten sehr langen Reihen stammen also aus Südnorwegen. Rechnerisch erhält man die folgenden Mittelwerte der geographischen Daten: 60,7° N, 11,5° E (ohne Jarfjordbotn 9,8° E), 191 m Höhe und 73 km Küstenabstand.

Die Literatur über die die Wachstumszeit bestimmenden Faktoren ist schon öfters erörtert worden, zuletzt wohl von RUNGE 1986. Als eine extre-

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

me Ansicht erwähnt sie die Ansicht von PFAU, die Wachstumsdauer sei bei den einzelnen Arten, ihrer Erbanlage entsprechend, konstant. Frühe Belaubung habe also frühe Verfärbung zur Folge. Daß jedoch die Wachstumsdauer in verschiedenen Klimaten gesetzmäßig verschieden ist, haben wir im Abschnitt 3 nachgewiesen. Nun untersuchen wir die Frage für die oben genannten 12 Orte auf Grund langer phänologischer Beobachtungsreihen. Es gelingt dabei, zahlenmäßig anzugeben, welchen Anteil an den Schwankungen der Wachstumsdauer die Erbanlagen (endogen) und die Witterung (exogen) haben.

Würde die Hypothese von PFAU stimmen, so müßte der Korrelationskoeffizient zwischen den Terminen der Belaubung BO und der beginnenden Laubverfärbung BLV stets gleich 1 sein. Laut Tabelle ist er im Mittel nur 0,16, bei Salweide und Traubenkirsche praktisch Null und noch relativ am größten bei Gebirgsbirke mit r = 0,32.

Tabelle 3

Analysen langjähriger phänologischer Beobachtungen in Norwegen.
r = Korrelationskoeffizient zwischen den Daten der Belaubung BO und des Beginns der Laubverfärbung BLV; P, q = Konstanten der Regressionsgleichung WD = P + q · BO; Werte von WD für BO = 100 und 150 Tage. Trend von BO und BLV in Tagen pro 50 Jahre.

	r	P	q	WD für BO=		Trend in Tagen/50 J.	
				100	150	BO	BLV
Salweide	0,00	253,6	-0,948	159	111	0,4	3,6
Birke	0,16	225,7	-0,782	148	108	0,6	2,0
Gebirgsbirke	0,32	186,3	-0,541	127	98	-5,4	5,0
Traubenkirsche	0,02	255,1	-1,002	155	105	1,5	-3,0
Johannisbeere	0,22	223,5	-0,697	153	119	0,8	-3,3
Vogelbeere	0,23	221,7	-0,709	151	115	0,2	-11,9
Mittel	0,16	227,6	-0,780	150	110	-0,3	-1,3

Mittels der Konstanten q kann man versuchsweise die Anteile der Witterungseinflüsse (exogen) und der Erbanlagen (endogen) in Prozenten auszudrücken. Es ergibt sich die folgende Reihung: 1. Traubenkirsche exogen 100%, endogen 0%, 2. Salweide exogen 95%, endogen 5%, 3. Gemeine Birke exogen 78%, endogen 22%, 4. Vogelbeere exogen 71%, endogen 29%, 5. Johannisbeere exogen 70%, endogen 30%, Gebirgsbirke exogen 54%, endogen 46%.

Mit Hilfe solcher Berechnungen kann die Phänologie der Botanik vielleicht nützliche, statistisch untermauerte Grundlagen liefern.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Kurz erwähnt sei noch, daß die Konstante q mit der geographischen Breite etwas zunimmt (in 60° N: q = −0,80, in 70° N: q = −0,74), auch mit der geographischen Länge (in 5° E: q = −0,83, in 15° E: q = −0,78), dies vielleicht verursacht durch die Zunahme mit der Höhe (in 0 m: q = −0,87, in 500 m: q = −0,66) und mit der Entfernung vom freien Meer (in K = 0: q = −0,92, in K = 100: q = −0,75). Die Zahl der hiebei verwendeten Reihen, nämlich 31, ist jedoch für gesicherte Aussagen noch etwas klein. Jedenfalls dürften die endogenen Erbanlagen an der Atlantikküste in Südwestnorwegen die geringste Rolle spielen, eine etwas größere im hohen Norden und namentlich im höheren Binnenland. Die Sonderstellung der Gebirgsbirke in Tabelle 3 könnte einfach darin begründet sein, daß sie in klimatisch anspruchsvolleren Gebieten vorkommt.

6. Die Mitteltemperatur zur Zeit des Beginnes der Belaubung bzw. der Laubverfärbung in Norwegen

M. DE RÉAUMUR 1735 hat als erster den Einfluß der Temperatur auf die Wachstumserscheinungen quantitativ untersucht. In der Folge erbrachten viele Autoren hiezu Beiträge. Z. B. gab ANGOT 1892 als Grenztemperaturen im Augenblick der Blattentfaltung die folgenden Werte an: Nordfrankreich Flieder 8,4° C, Eiche 11,1° C, Südfrankreich Flieder 9,9° C, Eiche 12,2° C. Bei SCHNELLE 1973 kann man auf Grund von 17 Beobachtungsorten in Südwestdeutschland für die Birke errechnen: Beginn der Belaubung und dabei herrschende Mitteltemperatur in 200 m Seehöhe (18. April) bei 9,2° C, in 800 m (9. Mai) bei 8,6° C. Die Hälfte der Birkenblätter ist verfärbt in 200 m (8. Oktober), bei 10,1° C, in 800 m (4. Oktober) bei 9,4° C. Diese Daten müßte man jedoch zur besseren Annäherung an die wahre Wachstumszeit um 26 Tage auf den Beginn der Laubverfärbung vorverlegen, wodurch die Grenztemperaturen auf 14,4° C in 200 m und 12,7° C in 800 m Seehöhe zu ändern wären.

Das große Beobachtungsmaterial des norwegischen Netzes von PRINTZ aus 1928 bis 1977 bietet wieder die Möglichkeit, eine eingehende, auf 358 phänologischen Stationen und 160 langjährigen Temperaturmeßstellen beruhende Bearbeitung der Grenztemperaturen für 10 Laubholzgewächse in allen Teilen Norwegens zu bieten. Auch die Monatsmittelwerte der Temperatur wurden zu diesem Zwecke nach der Methode der Tabellenkarten aufbereitet (siehe auch LAUSCHER 1987, im Druck).

Zur Vereinfachung der Darstellung wurden aus den Tabellenkarten Durchschnittswerte für drei verschiedene geographische Breiten und je zwei Stufen der Seehöhe und des Abstandes vom freien Meer berechnet (Tabelle 4).

Im Mittel erfolgt die Belaubung in 70° Breite bei einer Mitteltemperatur von 5,8° C, in 60° N bei 7,4° C. Die Verfärbung beginnt in 70° N bei 8,2° C, in 60° N bei 10,3° C. Die Temperatur allein ist also nicht der

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

ausschlaggebende Faktor. Dies hat schon G. WAHLENBERG 1812 in seiner „Flora lapponica" geäußert. Der Einfluß der geographischen Breite ist also offenkundig, der der Seehöhe ist relativ geringer und zwischen küstennahen und binnenländischen Gebieten zum Teil gegensätzlich, wie die nachfolgenden Mittelwert der 10 Arten zeigen (siehe Tabelle 4).

Mitteltemperatur bei Beginn der Belaubung: in 500 m Seehöhe an der Küste 5,8° C, 100 km landeinwärts 7,2° C; in 0 m Höhe an der Küste 5,9° C, 100 km landeinwärts 7,4° C; bei Beginn der Laubverfärbung: in 500 m Seehöhe an der Küste 10,4° C, 100 km landeinwärts 8,2° C; in 0 m Seehöhe an der Küste 9,6° C, 100 km landeinwärts 9,9° C. Die Belaubung tritt also im Binnenland erst bei einer um 1,4° höheren Temperatur ein. Bei der Verfärbung gibt es in niedrigen Lagen keine merkliche Abhängigkeit vom Küstenabstand, während in 500 m Höhe die Verfärbung bei relativ noch höherer Grenztemperatur eintritt als im Binnenland.

Bei den einzelnen Baum- und Straucharten zeigen sich an der Meeresküste folgende Besonderheiten: Die Stachelbeere benötigt eine Grenztemperatur von im Mittel nur 4,9° C, die Sauerkirsche hingegen 7,1° C. Die Gebirgsbirke verfärbt sich schon bei im Mittel 11,8° C, die Himbeere erst bei 8,1° C. Die späte Verfärbung erhöht bei der Himbeere auch die Wachstumsdauer, während bei der Gebirgsbirke das Gegenteil der Fall ist. Wegen der früheren Verfärbung ist auch bei der Vogelbeere die Wachstumsdauer relativ klein, während bei der Sauerkirsche die späte Belaubung durch späte Verfärbung ausgeglichen wird.

7. Ausblick

Mit der vorliegenden Arbeit sollte gezeigt werden, wie mit Hilfe reichhaltiger phänologischer Daten botanische Thesen statistisch untermauert werden können. Auch das große Material meteorologischer Daten müßte zur Erklärung der Schwankungen in den Wachstumserscheinungen noch stärker herangezogen werden. In den 250 Jahren seit RÉAUMUR sind nur Ansätze hierzu geschaffen worden. Oft wurden nur Beispiele auf Grund einiger weniger Beobachtungen geboten, in der vorliegenden Arbeit immerhin Aussagen auf Grund von 358 phänologischen Stationen und 160 Temperaturmeßstellen Norwegens.

Daß die gezeigten Methoden nützlich sein können, sei nur noch an einem Beispiel gezeigt. Man könnte vermuten, daß die Belaubung der Birke im Binnenland bei einer etwas höheren Temperatur einsetzt als an der Küste, weil der Boden länger gefroren war. Aus Tabelle 2 entnimmt man für die Birke die Konstanten der Regressionsgleichung $N = 129$, $k = 2{,}8$, $l = 3{,}0$, $m = 0{,}2$. Für das Ende des Bodenfrostes gelten nach LAUSCHER 1987 die Konstanten $N = 116$, $k = 4{,}2$, $l = 4{,}5$, $m = 0{,}9$. Daraus ergibt sich die Differenzgleichung: BO Birke minus Auftauen des Bodens $= 13 - 1{,}4\ (\varphi - 62{,}6) - 1{,}5\ (H - 2{,}16) - 0{,}7\ (K - 5{,}7)$ und daraus für Binnenlandstationen in

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Tabelle 4

Temperatur (°C) beim Beginn der Belaubung (BO) und der Laubverfärbung (BLV) in Norwegen, berechnet aus den Daten von 358 phänologischen Stationen des von 1928 bis 1977 betriebenen Netzes.

W = westlich der Hauptwasserscheide (atlantisches Gebiet), 0 = östliches Gebiet (Ostseeküste und Binnenland), °N = nördliche geographische Breite, K = Abstand vom freien Meer (0 bzw. 100 km). Seehöhen 500 und 0 m.

Lage und geograph. Breite		K (km)	BO 0	BO 100	BLV 0	BLV 100	BO 0	BO 100	BLV 0	BLV 100
			Salweide				Birke			
W	70°N	500 m	-	5,8	-	7,1	-	7,8	-	7,2
		0 m	5,0	6,2	7,1	8,3	5,4	5,3	8,5	10,5
W	65°N	500 m	-	7,6	-	8,4	-	6,7	-	8,8
		0 m	6,0	8,0	9,1	10,7	5,9	7,6	10,1	10,3
W	60°N	500 m	7,1	7,9	-	-	8,4	6,3	11,3	-
		0 m	7,4	7,7	11,6	9,6	6,5	6,6	12,8	10,8
O	60°N	500 m	8,6	7,9	11,5	10,2	7,2	6,8	11,3	10,1
		0 m	8,1	8,7	10,8	10,2	7,3	7,0	12,0	10,6
			Gebirgsbirke				Traubenkirsche			
W	70°N	500 m	-	7,6	-	8,1	-	7,2	-	6,4
		0 m	5,8	6,4	9,5	9,5	4,3	5,4	8,5	7,4
W	65°N	500 m	5,6	7,0	10,8	9,9	5,5	5,5	-	8,5
		0 m	5,9	8,2	10,7	12,1	5,5	6,5	9,6	9,3
W	60°N	500 m	6,0	8,6	-	9,1	6,9	6,8	-	6,5
		0 m	6,3	8,2	13,5	-	6,9	6,5	12,3	11,6
O	60°N	500 m	7,2	8,5	-	9,4	7,7	6,6	12,9	8,6
		0 m	8,6	10,3	13,6	11,2	6,9	7,2	12,0	9,1
			Sauerkirsche				Apfel			
W	70°N	500 m	-	-	-	-	-	-	-	-
		0 m	-	-	-	-	-	-	-	-
W	65°N	500 m	-	-	-	-	-	-	-	-
		0 m	7,0	10,5	7,9	-	6,3	9,0	8,0	8,3
W	60°N	500 m	7,0	8,6	-	-	6,7	8,9	-	-
		0 m	6,9	8,2	9,8	15,0	6,4	9,3	11,1	9,7
O	60°N	500 m	7,2	7,9	9,4	7,1	7,5	8,5	9,5	8,5
		0 m	8,5	9,2	9,7	7,8	8,0	8,7	7,6	8,3
			Johannisbeere				Stachelbeere			
W	70°N	500 m	-	7,7	-	6,7	-	-	-	-
		0 m	5,0	6,6	9,4	8,4	3,7	-	-	-
W	65°N	500 m	6,2	6,8	-	-	-	-	-	-
		0 m	5,8	7,8	9,6	10,7	4,4	7,7	9,7	-
W	60°N	500 m	9,0	7,5	-	7,2	7,0	7,8	-	-
		0 m	6,7	6,8	11,8	12,7	5,1	6,1	11,2	10,8
O	60°N	500 m	7,1	7,2	10,2	8,2	4,7	6,9	11,3	9,5
		0 m	6,8	7,8	11,0	8,0	6,4	7,7	9,6	9,5

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

(Tabelle 4, Fortsetzung)

Lage und geograph. Breite		K (km)	BO 0	BO 100	BLV 0	BLV 100	BO 0	BO 100	BLV 0	BLV 100
			Himbeere				Vogelbeere			
W	70°N	500 m	4,5	8,6	-	-	-	7,6	-	9,8
		0 m	5,0	6,8	6,0	8,7	4,7	5,9	9,2	7,8
W	65°N	500 m	-	-	-	8,2	5,0	6,1	-	8,4
		0 m	5,8	9,2	7,2	11,5	6,5	7,3	9,4	10,0
W	60°N	500 m	6,9	8,2	-	-	8,6	6,9	-	7,4
		0 m	6,1	7,8	-	15,5	6,9	5,5	12,6	-
O	60°N	500 m	6,7	7,2	13,5	9,7	7,0	7,3	11,5	8,2
		0 m	7,1	8,5	9,3	8,8	7,7	8,5	11,9	9,4

Mittelwerte aus allen zehn Laubholzarten:	Lage und geograph. Breite		K (km)	BO 0	BO 100	BLV 0	BLV 100
	W	70°N	500 m	4,5	7,5	-	7,6
			0 m	4,9	6,1	8,3	8,7
	W	65°N	500 m	5,6	6,6	10,8	8,7
			0 m	5,9	6,2	9,1	10,5
	W	60°N	500 m	7,4	7,8	-	7,6
			0 m	6,5	7,3	11,9	12,0
	O	60°N	500 m	7,1	7,5	11,2	9,0
			0 m	7,5	8,4	10,8	9,3

200 m Höhe und 100 (oder mehr) km Küstenabstand in 60° nördlicher Breite 13,8 Tage, in 70° Breite −0,2 Tage. Für Südnorwegen scheitert also dieser Erklärungsversuch, zumal auch in Wintern ohne Bodenfrost die Termine BO der Birke durchaus normal sind. Nur in Nordnorwegen belaubt sich die Birke ungefähr zum Zeitpunkt, zu dem der Boden gerade auftaut.

Literatur

ANBOT A. 1893. Etude sur la marches des phénomènes de la végétation. – Ann. du Bureau Central Météorologique pour 1882–1892. – Paris.

BAJER N. 1873. Meteorologie und Pflanzenleben. – Freiburg i. Br. (91 S.).

BURGER H. 1926. Untersuchungen über das Höhenwachstum verschiedener Holzarten. – Mitt. schweiz. Centralanst. f. d. forstl. Versuchswesen 14, H. 1 (158 S.).

DE CANDOLLE A. 1855. Géographie botanique raisonée ou opposition des faits principaux concernant la distribution géographiques et des plantes del'époque actuelle. Tome I. – Paris.

DRUDE O. 1926. Deutschlands Pflanzengeographie, 1. Teil (502 S.) – Stuttgart.

ELLENBERG H. 1954. Landwirtschaftliche Pflanzensoziologie, Bd. 3 (109 S.). – Stuttgart.

GENSLER G. 1946. Begriff der Vegetationszeit. – Diss. Univ. Zürich, Engadin Press. (Enthält weitere Literatur zur Geschichte der Phänologie.)

HEGYFOKY T. 1913. Der Zeitraum zwischen dem Aufblühen und der Fruchtreife. – Met. Ztschr. 1913: 360–362.

HEER O. 1844. Zur Untersuchung der periodischen Erscheinungen der Pflanzen- und Tierwelt. – Verh. Schweiz. Naturforsch. Ges. 134–156. – Chur.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

HENHAPPL G. 1965. Über die Stärkeänderungen der peripheren Stammzone von Waldbäumen im Jahresverlauf. – Diss. Freiburg/Br.

HOFFMANN H. 1881. Vergleichende phänologische Karte von Mitteleuropa. – Petermanns Geogr. Mitt. 1881: 19–26. – Gotha.

KERNER V. MARILAUN A. 1887. Pflanzenleben. – Leipzig, Wien.

KÖPPEN W. 1926. Der jährliche Temperaturgang in den gemäßigten Zonen und die Vegetationsperiode. – Met. Ztschr. 1926: 161–172.

LAUSCHER A., LAUSCHER F. & PRINTZ H. Die Phänologie Norwegens. – Skrifter Norske Videnskapsakademie Oslo. Teil 1: 1955 (100 S.), Teil 2: 1959 (187 S.), Teil 3: 1978 (253 S.).

LAUSCHER F. 1982. Klimatische Kartierung Norwegens auf Grund phänologischer Beobachtungen. – Mitt. österr. Geograph. Ges. 124: 77–88.

— 1985. Zur Phänologie vegetativ vermehrter Pflanzen einheitlicher Herkunft. Beobachtungen in phänologischen Pflanzgärten in Norwegen 1963–1982. – Phyton (Austria) 25: 253–272.

— 1987. Der Aufgang des Eises auf Gewässern und das Ende gefrorenen Bodens in allen Teilen Norwegens. Im Druck.

LÜDI W. 1945. (Zit. n. GENSLER 1946, S. 20.).

MARGARY I. D. 1926. The MARSHAM phenological record in Norfolk, 1736–1925, and some others. – Quart. J. Roy. Met. Soc. 52: 27–54.

MERKEL H. 1987. Der Jahrring der Kiefer als klimatologische Datenquelle. – Ber. Deutsch. Wetterdienst Nr. 172 (48 S.).

MORK E. 1941. Om sambandet mellom temperatur og vegst. – Medd. fra det Norske Skogforsöksvesen Nr. 27 (89 S.).

PFAU N. (Zit. n. RUNGE 1955, S. 56.).

REISS M. 1959. Die Phänologie in Österreich seit 1826 und ihre Beziehungen zur Klimatologie. – Wetter u. Leben 11: 71–115.

RUNGE K. 1986. Statistik botanischer Zeitreihen Europas. Einige Charakteristika und klimatologische Zusammenhänge. – Diplomarbeit Univ. Frankfurt/M.

SCHNELLE F. 1955. Pflanzenphänologie. – Akadem. Verlagsges. Leipzig.

— 1973. Die Vegetationszeit von Waldbäumen in deutschen Mittelgebirgen. – Erlanger Geogr. Arb. H. 32 (31 S.).

SCHWENDENER S. 1856. Über die periodischen Erscheinungen in der Natur, insbesondere der Pflanzenwelt. – Diss. Univ. Zürich.

SMITH J. W. 1920. Agricultural Meteorology. – Bailey, New York.

SUPAN A 1887. Die mittlere Dauer der Hauptwärmeperioden in Europa. – Petermanns Geogr. Mitt. 1887: 165–172.

WAHLENBERG G. 1812. Flora lapponica. – Berlin.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Phyton, Annales Rei Botanicae, Horn

Jahr/Year: 1988

Band/Volume: 28_1

Autor(en)/Author(s): Lauscher Friedrich

Artikel/Article: Analysen des Jahresverlaufs der Belaubung von Bäumen und Sträuchern. 91-107