

**Berichte**  
des  
**Deutschen Wetterdienstes**

**Nr. 144**  
**(Band 18)**

DK 551.506.8:551.582.2(4)

**Beiträge zur Phänologie Europas III**  
**Ergebnisse aus den**  
**Internationalen Phänologischen Gärten**  
**(Regionale und Jahresunterschiede 1966 - 1975)**

VON  
FRITZ SCHNELLE  
(Mit 7 Abbildungen und 10 Tabellen im Anhang)

Offenbach (Main) 1977  
Im Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes

ISSN 0072 - 4130

ISBN 3 - 88148 - 157 - 5

**Herausgeber und Verlag:**

Deutscher Wetterdienst, Zentralamt, Frankfurter Straße 135, 6050 Offenbach (Main)

Mit der Annahme des Manuskriptes und seiner Veröffentlichung durch den Deutschen Wetterdienst geht das Verlagsrecht für alle Sprachen und Länder einschließlich des Rechtes der photomechanischen Wiedergabe oder einer sonstigen Vervielfältigung an den Deutschen Wetterdienst über; für seinen Inhalt ist der Verfasser verantwortlich.

<b>Inhalt</b>		<b>Seite</b>
1.	Vorbemerkung . . . . .	5
2.	Die Internationalen Phänologischen Gärten . . . . .	5
2.1	Zweck der Internationalen Phänologischen Gärten . . . . .	5
2.2	Das Netz der Internationalen Phänologischen Gärten in Europa . . . . .	6
3.	Regionale Ergebnisse . . . . .	6
3.1	10jährige Mittelwerte ausgewählter phänologischer Phasen . . . . .	6
3.2	Unterschiede des phänologischen Phasenbeginns auf West-Ost-Schnitten durch Europa . . . . .	6
3.3	Unterschiede des phänologischen Phasenbeginns auf Nord-Süd-Schnitten durch Europa . . . . .	8
3.4	Horizontale und vertikale Wanderungsgeschwindigkeit des Frühlingseinzugs . . . . .	8
3.4.1	Horizontale Wanderungsgeschwindigkeit . . . . .	8
3.4.2	Vertikale Wanderungsgeschwindigkeit . . . . .	9
3.5	Vergleich der Gärten in Höhenlagen mit nördlichen Gebieten . . . . .	9
3.6	Phänologische Interzeption. Phänologischer Folgewechsel am Beispiel von <i>Populus canescens</i> und <i>Populus tremula</i> . . . . .	9
3.7	Unterschiedliche Länge der Frühjahrsentwicklung der Vegetation in verschiedenen Gebieten Europas . . . . .	10
4.	Jahresunterschiede phänologischer Frühjahrsphasen und der Zeitspanne zwischen den Phasen . . . . .	10
4.1	Jahresunterschiede der Phasen <i>Salix smithiana</i> b und Mittel von 3 <i>Picea abies</i> M . . . . .	10
4.2	Jahresunterschiede der Zeitspanne zwischen den Frühjahrsphasen <i>Salix smithiana</i> b und Mittel von 3 <i>Picea abies</i> M . . . . .	11
5.	Ausblick . . . . .	11
6.	Literatur . . . . .	11
7.	Anhang (Abb. 1-7, Tab. 1-10) . . . . .	13-31

---

Anschrift des Verfassers:

Dr. Friedrich Schnelle, Schönauer Straße 5, 7800 Freiburg im Breisgau

## Zusammenfassung

Die Beobachtungsergebnisse aus 69 Internationalen Phänologischen Gärten in Europa werden ausgewertet. Hierbei wird an einer Auswahl phänologischer Frühjahrsphasen die Schwankungsbreite der Daten, die die Frühjahrsentwicklung der Vegetation charakterisieren, sowohl im 10jährigen Mittel (1966 - 1975) als auch im jährlichen Wechsel für verschiedene Gebiete Europas ermittelt. Es werden die Unterschiede des phänologischen Phasenbeginns auf mehreren West-Ost- und Nord-Süd-Schnitten durch Europa, die horizontale und vertikale Wanderungsgeschwindigkeit des Frühlingseinzugs, die unterschiedliche Länge der Frühjahrsentwicklung und an einem Beispiel die phänologische Interzeption, die wechselnde Phasenfolge, untersucht.

## Abstract

The observations of 69 International Phenological Gardens in Europe were evaluated. On the basis of a selection of phenological spring phases the variations of the data characterizing the development of the vegetation in spring are determined by using the ten years' means (1966 - 1975) as well as the annual fluctuations in different regions of Europe. The differences of the beginning of the phenological phases were investigated on several west-east and north-south cross-sections through Europe, the horizontal and vertical movement of the beginning of spring, the differences in the duration of the planned development and by means of one example, the phenological interception.

## 1. Vorbemerkung

Das Studium der phänologischen Verhältnisse in Europa erstreckt sich einerseits auf die Feststellung der regionalen Unterschiede während bestimmter Entwicklungsabschnitte der Vegetation und andererseits auf die Untersuchung ihrer jährlichen Schwankungen.

Zur Feststellung der großräumigen Unterschiede wurden bereits mit den phänologischen Europakarten (2), (3), einige Beiträge geliefert. Diese sollen durch Ergebnisse ergänzt werden, die bisher aus Beobachtungen in einem Netz Internationaler Phänologischer Gärten in Europa gewonnen wurden. Die Beobachtungsergebnisse aus diesen Gärten ermöglichen auch das Studium der jährlichen Schwankungen des Beginn phänologischer Phasen in verschiedenen Gebieten Europas.

Während bei den früher bearbeiteten Europakarten phänologisches Beobachtungsmaterial von landwirtschaftlichen Kulturpflanzen benutzt wurde, steht jetzt aus den Internationalen Phänologischen Gärten Beobachtungsmaterial von wildwachsenden Bäumen und Sträuchern, im besonderen von waldbaulich interessanten Bäumen zur Verfügung.

## 2. Die Internationalen Phänologischen Gärten

### 2.1 Zweck der Internationalen Phänologischen Gärten

Das Netz der Internationalen Phänologischen Gärten wurde im Rahmen einer gleichnamigen internationalen Arbeitsgemeinschaft während der beiden letzten Jahrzehnte in mehreren Ländern Europas eingerichtet.

Der Anlaß hierfür waren die mancherlei Schwierigkeiten, die bei den üblichen phänologischen Beobachtungsnetzen in den einzelnen Ländern häufig auftreten, wenn an den verschiedenen Beobachtungsorten unkontrollierbar wechselnd erblich bedingt früher und später treibende Pflanzen und oft auch am gleichen Ort von Jahr zu Jahr verschiedene Pflanzenexemplare beobachtet werden.

Von entscheidender Bedeutung ist bei diesen neu eingerichteten Internationalen Phänologischen Gärten, daß die phänologischen Beobachtungen an erbgleichen Pflanzen (Clone) von verschiedenen Nadel- und Laubbäumen sowie von einigen Sträuchern durchgeführt werden. Alle Exemplare einer Pflanzenart, die in den verschiedenen Gärten angepflanzt wurden, gehen auf eine Ursprungspflanze zurück, die auf vegetativem Wege vermehrt wurde.

Aus der Notwendigkeit, solche erbgleichen Pflanzen (Clone) heranzuziehen und für die einzurichtenden Gärten bereitzu-

stellen, ergab sich eine enge Gemeinschaftsarbeit des Deutschen Wetterdienstes (Agrarmeteorologie) mit der Forstwissenschaft, wobei die Hauptarbeit der vegetativen Pflanzenvermehrung zunächst vom Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung in Wächtersbach (früherer Leiter: Dr. HEITMÜLLER) und dann in wesentlich verstärktem Maße von Professor Dr. E. VOLKERT von der forstlichen Fakultät der Universität Göttingen (früher in Hannoversch Münden) durchgeführt wurde. Dieser wurde in der Durchführung der Arbeiten im besonderen von der Niedersächsischen und der Hessischen Forstlichen Versuchsanstalt in Escherode und Hannoversch Münden unterstützt.

Auf die Art der Einrichtung und auf den Zweck dieser Gärten wurde bereits früher ausführlich eingegangen (4), (5), (6).

Durch Verwendung der auf die Gärten verteilten Clone wird erreicht, daß die sonst bei den üblichen phänologischen Beobachtungen auftretenden Störungen ausgeschaltet werden, die durch die unterschiedlichen Erbanlagen (früher und später treibende Individuen) der an verschiedenen Beobachtungsorten wachsenden Pflanzen verursacht werden.

Zu dem gesamten Beobachtungsprogramm in den Gärten gehören folgende Pflanzenarten:

3 Nadelbäume: *Larix decidua* (Europäische Lärche), *Picea abies* (Fichte), *Pinus silvestris* (Kiefer),  
9 Laubbäume: *Betula pubescens* (Moorbirke), *Fagus sylvatica* (Rotbuche), *Populus canescens* (Graupappel), *Populus tremula* (Zitterpappel), *Prunus avium* (Vogelkirsche), *Quercus robur* (Stieleiche), *Robinia pseudoacacia* (Robinie), *Sorbus aucuparia* (Eberesche), *Tilia cordata* (Winterlinde) und  
7 Sträucher: *Ribes alpinum* (Alpine Johannisbeere), *Salix aurita* (Ohrweide), *S. acutifolia* (Spitzblättrige Weide), *S. glauca* (Blauweide), *S. smithiana* (Küblerweide), *S. viminalis* (Korbweide), *Sambucus nigra* (Schwarzer Holunder).

Von einigen Baumarten wurden Herkünfte aus verschiedenen Gebieten Europas vermehrt und in andere extreme Klimagebiete verpflanzt.

Für die phänologischen Beobachtungen in den Gärten bestehen einheitliche Anleitungen mit genauen Definitionen der einzelnen Phasen, so daß hier weitgehend gesichertes phänologisches Beobachtungsmaterial gewonnen wird. In unmittelbarer Nachbarschaft eines jeden Gartens oder am gleichen Ort in ähnlicher Lage befindet sich eine Klimastation des Wetterdienstes des betreffenden Landes, so daß die gleichzeitige Gewinnung von exakten phänologischen und klimatologischen Beobachtungsdaten gesichert ist.

## 2.2 Das Netz der Internationalen Phänologischen Gärten in Europa

Im Jahre 1975 wurden in 62 Internationalen Phänologischen Gärten Beobachtungen durchgeführt. Von weiteren 7 Gärten wurden früher vorübergehend einige Jahre hindurch Beobachtungsergebnisse geliefert, so daß jetzt von 69 Gärten Beobachtungsmaterial vorliegt.

Aus der Karte in Abb. 1 ist die Lage der Gärten ersichtlich. Die geographischen Angaben (Breiten- und Längengrad sowie Höhe) für jeden Garten sind in Tabelle 1 angegeben. Danach befinden sich Gärten in folgenden Ländern: Norwegen, Schweden, Finnland, Dänemark, Irland, England, Belgien, Niederlande, Bundesrepublik Deutschland, Deutsche Demokratische Republik, Polen, Portugal, Schweiz, Österreich, CSSR, Ungarn, Jugoslawien, Bulgarien, Griechenland, Frankreich.

Das Netz der Internationalen Phänologischen Gärten erstreckt sich demnach in Europa in Nord-Süd-Richtung von Nord-Finnland (Garten Kevo: 69°45') bis Jugoslawien und Nord-Griechenland (Garten Lailia: 41°15' in der Nähe von Saloniki-Serrai). In west-östlicher Richtung reicht das Netz von der Südwestecke Irlands (Garten Valentia Obs.: 10°15'W) bis nach Finnland im Norden (Garten Pelonsuo: 26°27'E) bzw. Nord-Polen in der Mitte (Garten Mikolajki: 21°35'E) und Bulgarien im Süden (Garten Yundola: 23°51'E). Weit nach Südwesten bis an die Atlantikküste vorgeschoben ist der Garten Porto (8°30'W) in Portugal. Das Netz erstreckt sich somit in seiner Nord-Süd-Ausdehnung über etwa 28 Breitengrade und in seiner West-Ost-Ausdehnung über etwa 37 Längengrade. So werden auf mehreren Schnitten durch Europa in Nord-Süd-Richtung die Übergänge von kälteren zu wärmeren Gebieten und in West-Ost-Richtung die Übergänge vom See- zum Landklima erfaßt.

Im allgemeinen liegen die Gärten im Flachland oder in mittleren Höhenlagen. Nur einige Gärten befinden sich auch in hohen Lagen, so in Südwest-Deutschland im Südschwarzwald die Gärten Schauinsland (1210 m Höhe) und Feldberg (1485 m), in Jugoslawien bei Sarajevo der Garten Ivan Sedlo (1000 m), in Bulgarien der Garten Yundola (1490 m) und in Nord-Griechenland der Garten Lailia (1550 m). Diese auf große Gebiete Europas weit verteilten Gärten bilden wie die Triangulationspunkte erster Ordnung im Vermessungswesen ein Grundnetz zur Gewinnung exakter phänologischer Beobachtungswerte für großräumige Vergleiche.

## 3. Regionale Ergebnisse

### 3.1 10jährige Mittelwerte ausgewählter phänologischer Phasen

Die Beobachtungsergebnisse aus den Gärten, die auf Nord-Süd- und West-Ost-Schnitten angelegt sind, geben interessante Aufschlüsse über die in Europa möglichen phänologischen Unterschiede in horizontaler und vertikaler Richtung. Ein Bild von den Unterschieden phänologischer Beobachtungsergebnisse in dem Netz der Gärten vermittelt die Tabelle 1. Für die Auswertung wurden nur einige der in den Gärten vorhandenen Bäume und Sträucher herangezogen. Es wurden die Pflanzen ausgewählt, von denen Beobachtungsergebnisse aus möglichst vielen Gärten vorliegen und deren phänologische Frühjahrsphasen die hier untersucht wurden, sich über eine größere Zeitspanne vom zeitigen Frühling bis zur Zeit vor Beginn des Frühsommers verteilen.

Einige dieser Phasen, die zeitlich sehr eng beieinander liegen, wurden noch zu Mittelwerten zusammengefaßt. Bei dieser Mittelwertbildung wurde im Fall des Fehlens eines Beobachtungsdatums dieses mit Hilfe der Werte anderer Gärten oder anderer zeitlich benachbarter Phasen ergänzt. Die so mit ergänzten Daten festgestellten Mittelwerte wurden in Klammern gesetzt.

Ausgewertet wurden folgende Phasen (in zeitlicher Reihenfolge): Früheste Phase *Salix smithiana* b (Küblerweide - erste Blüte), Mittel von *Ribes alpinum* b (Alpine Johannisbeere) und *Salix aurita* b (Ohrweide - erste Blüte), *Betula pubescens* BO (Moorbirke - Beginn der Laubentfaltung), Mittel von *Populus canescens* BO (Graupappel) und *Populus tremula* BO (Zitterpappel - Beginn der Laubentfaltung) und späteste Phasen: Mittel von 3 *Picea abies* (früh und spät treibend sowie nordische Herkunft) M (Fichte - Maitrieb).

Da das Netz der Internationalen Phänologischen Gärten allmählich entstanden ist und somit die Beobachtungen in den Gärten nicht gleichzeitig begonnen haben, liegen von den einzelnen Gärten verschieden lange Beobachtungsreihen vor, von wenigen bis zu 16 Jahren.

Für die hier durchgeführten Untersuchungen wurde die 10jährige Beobachtungsreihe von 1966 bis 1975 gewählt. Mehrere Gärten bestanden schon länger als diese 10 Jahre. Die kürzeren Beobachtungsreihen aus den anderen Gärten wurden auf diese 10jährige Reihe reduziert. Alle Werte in Tabelle 1 wurden, wie in der Phänologie üblich, nicht in Kalenderdaten sondern in Tagen seit Jahresbeginn angegeben.

Zur besseren Orientierung über die Lage der häufig an weniger bekannten Orten eingerichteten Gärten wurde in der Tabelle 1 z. T. ergänzend zu dem Namen des Gartens, der unterstrichen wurde, noch eine benachbarte bekannte Stadt mit angegeben.

Die zur Berechnung der 10jährigen Mittelwerte benutzten Beobachtungsdaten der Einzeljahre sind den jährlichen Berichten über die Beobachtungsergebnisse der Internationalen Phänologischen Gärten entnommen, die in den „Arborea Phaenologica“ Nr. 10 bis 20 (7) veröffentlicht wurden.

Die 10jährigen Mittelwerte in Tab. 1 vermitteln ein eindrucksvolles Bild von den großen Unterschieden in den verschiedenen Gebieten Europas. Welche maximalen Unterschiede vorhanden sind, zeigt die Tab. 2, die einen Überblick über den Eintritt der Frühjahrsphasen und die Zahl der Tage zwischen diesen Phasen im Mittel von 40 Gärten und in Gärten in extrem günstiger und ungünstiger Lage gibt. Die Mittelwerte wurden hier von den 40 Gärten berechnet, von denen bei allen 5 Phasen bzw. Phasengruppen 10jährige Mittelwerte vorlagen.

Die Mittelwerte (Tage seit Jahresbeginn) sind zusammen mit den entsprechenden Kalenderdaten und den sich aus den Differenzen ergebenden mittleren zeitlichen Abständen der Phasen bzw. Phasengruppen angegeben. Zum Vergleich sind die entsprechenden Werte für je einen Garten in günstiger und in ungünstiger tieferer Lage sowie in ungünstiger Höhenlage mitgeteilt.

Der zeitliche Unterschied zwischen der frühesten und spätesten Phase (*Salix smithiana* b bis *Picea abies* M) beträgt demnach im Mittel etwa 1½ Monat, im Garten in sehr günstiger Lage (Melle) fast 2⅓ Monate, im Garten in ungünstiger Lage (Piikkiö) etwa 1 Monat und im Garten in ungünstiger Höhenlage (Schauinsland) sogar nur 20 Tage.

Im allgemeinen ist zu berücksichtigen, daß die Beobachtungen in höheren Lagen, besonders im zeitigen Frühjahr, oft einige Schwierigkeiten bereiten.

### 3.2 Unterschiede des phänologischen Phasenbeginns auf West-Ost-Schnitten durch Europa

Aus Tab. 3 sind die regionalen Unterschiede des durchschnittlichen phänologischen Ablaufs im Frühjahr auf mehreren West-Ost-Schnitten durch Europa zu ersehen. In dieser Tabelle sind nicht die Tage des Phasenbeginns angegeben sondern die Abweichungen (in Tagen) eines jeden Phasenbeginns vom Mittel der betreffenden Phase, das aus den Terminen der 40 Gärten berechnet und bereits in Tab. 2 angegeben wurde.

Dabei bedeutet ein - Zeichen eine Abweichung vor und ein + Zeichen eine Abweichung nach dem Mittel. Auf diese Weise sind unabhängig vom tatsächlichen Termin des Phaseneintritts durch die Angaben der Abweichungen vom Mittel der betreffenden Phase übersichtlich die unterschiedlichen phänologischen Verhältnisse an den einzelnen Gärten gekennzeichnet.

Außer den Abweichungen bei jeder Phase wurde in der letzten Spalte auch noch das Mittel der Abweichungen der 5 Phasen bzw. Phasengruppen berechnet. Dieser Mittelwert gibt einen Relativwert zur Charakterisierung der mehr oder weniger günstigen oder ungünstigen phänologischen Frühjahrsentwicklung eines jeden Gartens und die Möglichkeit einer objektiven Bewertung der phänologischen Unterschiede zwischen den einzelnen Gärten. Ständen bei der Berechnung dieser Mittelwerte nicht Werte von allen 5 Phasen bzw. Phasengruppen zur Verfügung, so wurde der aus weniger Einzelwerten berechnete Mittelwert in Klammern gesetzt.

In dieser Tabelle 3 sind die Unterschiede des phänologischen Ablaufs im Frühjahr der einzelnen Gärten auf 10 West-Ost-Schnitten zusammengestellt, angefangen von Gärten um den 69. Breitengrad im Norden (Kevo) bis fast zum 41. Breitengrad im Süden (Porto und Lailla). Auf den einzelnen West-Ost-Schnitten ist die Anzahl der Gärten verschieden groß. Deutlich zeigt sich hier bei dem Unterschied von  $28\frac{1}{2}$  Breitengraden in Nord-Süd-Richtung im allgemeinen eine erheblich zunehmende Verfrühung des Beginns der Phasen, wobei sich allerdings die Gärten in höheren Lagen durch mehr oder weniger größere zeitliche Verzögerungen des Phasenbeginns herausheben. Sonst ist vor allem bei den Breitengraden im Norden (um den 69., 64. und 60. Breitengrad) eine allgemeine stärkere Verzögerung des Phaseneintritts in West-Ost-Richtung festzustellen. Entsprechend den allgemeinen Erfahrungen sind wie bei allen zeitigen Frühjahrsphasen auch hier bei der ersten Phase *Salix smithiana* die Abweichungen vom Mittelwert durchschnittlich größer als bei den späteren Phasen, vor allem bei der Phase, die aus dem Mittel der 3 *Picea abies* gebildet wurde und die bereits gegen Ende des Vollfrühlings liegt. Vor allem zeigt sich dies häufig bei den Gärten, die um die nördlichen Breitengrade liegen.

Wenn auch bei einem Vergleich der Werte der 5 Phasen bzw. Phasengruppen eines Gartens mit fortschreitender Jahreszeit oft eine allgemein geringe Abnahme der Größe der Abweichungen zu beobachten ist, so weisen doch immer wieder bei jedem Garten die 5 Werte annähernd die gleiche Größenordnung auf, was auch zur Berechnung des Mittelwerts dieser Abweichungen der verschiedenen Phasen bzw. Phasengruppen in der letzten Spalte berechtigt. Durch diese mehr oder weniger großen Abweichungen wird die phänologische Eigenart und Stellung eines jeden Gartens in Europa gut charakterisiert.

Die Tab. 4 enthält Angaben über die frühesten und spätesten Termine und die Zahl der Tage zwischen diesen Terminen einmal im Mittel von allen Gärten (ohne Kvaefjord und Kevo) und dann noch besonders im Mittel nur von den Gärten, die auf einigen West-Ost-Schnitten liegen. Werden alle Gärten zum Vergleich herangezogen, so ergeben sich Unterschiede von 2 bis 3 Monaten zwischen frühestem und spätestem Termin. Wesentlich geringer sind die Unterschiede, wenn nur die Gärten verglichen werden, die auf einem der West-Ost-Schnitte liegen. Diese betragen, wenn die Gärten in höheren Lagen unberücksichtigt bleiben, etwa zwischen  $\frac{1}{2}$  und 1 Monat. Werden jedoch bei diesen Vergleichen auch die Gärten in höheren Lagen mit berücksichtigt, so können sich bei *Salix smithiana* die Unterschiede zwischen frühestem und spätestem Termin auf einem West-Ost-Schnitt auf  $2\frac{1}{2}$  bis fast 3 Monate erhöhen.

Ferner zeigt sich, daß bei allen West-Ost-Schnitten um den 50. Breitengrad und nördlich von diesem *Salix smithiana* größere Differenzen aufweist als das Mittel der 3 *Picea abies*.

Südlich des 50. Breitengrades hat *Salix smithiana* meistens kleinere Differenzen als *Picea abies*.

Ergänzend sind noch in Tab. 5 die extrem frühesten und spätesten Termine zusammen mit den Differenzen zwischen diesen Terminen mitgeteilt, die in den Einzeljahren des untersuchten 10jährigen Zeitraumes 1966 bis 1975 festgestellt wurden. Hier liegen die Differenzwerte zwischen  $2\frac{1}{2}$  und  $3\frac{1}{2}$  Monaten.

Ein übersichtliches Bild von dem unterschiedlichen Wachstumsverlauf in einzelnen Gärten ist auch nach einer früher entwickelten Methode (1) in den graphischen Darstellungen der Abb. 2a und 2b gegeben. Hier wurden auf den für jeden Garten vorgesehenen horizontalen Linien die Terminwerte der Phasen bzw. Phasengruppen zeitlich abgetragen, so daß bereits an der horizontalen Verschiebung dieser Marken abgelesen werden kann, in welchen Gärten die Phasen früher oder später beginnen. Um das Bild anschaulicher zu machen, wurden außerdem die errechneten Abweichungen der Einzelphasen vom Mittelwert an den betreffenden Terminmarken der graphischen Darstellungen in vertikaler Richtung nach oben oder unten abgetragen. Bei späterem Phasenbeginn als das Mittel erfolgt die Abtragung nach unten, bei früherem Beginn nach oben. Der Verlauf der Verbindungslinien der Endpunkte dieser Abtragungen über oder unter der horizontalen Mittellinie gibt ein Bild von dem früheren oder späteren Beginn der Phasen in den einzelnen Gärten im Vergleich zum Mittel der 40 Gärten.

In dieser Weise ist in den beiden Abb. 2a und 2b die Entwicklung der Vegetation im Frühjahr von 21 Gärten dargestellt. Dabei wurden die folgenden 3 Phasen bzw. Phasengruppen zur Darstellung benutzt: *Salix smithiana*, Mittel von *Ribes alpinum*, *Salix aurita*, *Betula pubescens*, *Populus canescens* und *tremula* sowie Mittel von 3 *Picea abies* (früh, spät, nordische Herkunft). Für die Darstellung wurden von den meisten West-Ost-Schnitten der Tab. 3 je zwei Gärten ausgewählt, von denen in mehreren Fällen der eine Garten vom West- und der andere vom Ostende dieser Schnitte stammt. Auch mehrere Gärten in höheren Lagen wurden mit einbezogen. So gibt diese Auswahl ein gutes Bild von der Vielfalt der phänologischen Frühjahrsentwicklung in den z. Z. in Europa bestehenden Internationalen Phänologischen Gärten.

In den ersten vier Paaren der Teildarstellungen wird der Gegensatz zwischen den günstigeren Verhältnissen im westlichen und den ungünstigeren Verhältnissen im östlichen Garten deutlich sichtbar. Den größten Gegensatz zeigen die beiden benachbarten Gärten Liliental (265 m Höhe) im Kaiserstuhl in günstiger Lage und über 900 m höher Schauinsland (1210 m) oberhalb von Freiburg am Westrand des Schwarzwaldes in sehr ungünstiger Lage. Während in Liliental wie auch in anderen Gärten in günstiger Lage mit früherem Phasenbeginn die Frühjahrsentwicklung sich über einen längeren Zeitraum erstreckt, folgen im Garten Schauinsland die phänologischen Phasen schnell aufeinander. Wenn der Beginn der Frühjahrsentwicklung durch kalte Witterung längere Zeit hinausgezögert wird, erfolgt nach genügender Erwärmung die Entwicklung schließlich explosionsartig mit schneller Aufeinanderfolge aller Frühjahrsphasen. Besonders deutlich zeigt sich dies auch bei dem Garten Pelsonsuo in Mittel-Finnland, wo die Daten der beiden Phasengruppen (*Salix smithiana* fehlt in diesem Garten) eng nebeneinander liegen. Bei den beiden in gleicher Höhe von 500 m liegenden Gärten Michamps und Steinberg ist festzustellen, daß Michamps ungünstigere phänologische Verhältnisse als Steinberg zeigt, obgleich Michamps weiter westlich liegt. Die sehr günstigen Verhältnisse im zeitigen Frühjahr im Garten Melle bei Gent treten auch hier mit dem sehr frühen Beginn von *Salix smithiana* b in Erscheinung.

Die Frühjahrsentwicklung, hier durch die 3 Phasen bzw. Phasengruppen charakterisiert, zeigt bei den einzelnen Gärten verschiedene Typen. Während bei den einen Gärten mit

fortschreitender Entwicklung eine zunehmende Verzögerung eintritt, was sich in einem gleichmäßigen Abfall der oberen Begrenzungslinie der Einzeldarstellung zeigt – hierzu gehören z. B. die Gärten J. F. Kennedy Park, Melle, Tharandt, Graf-rath, Birmensdorf, Ivan Sedlo –, erfolgt bei anderen Gärten eine zunehmende Beschleunigung der Entwicklung mit gleichmäßig aufsteigender oberer Begrenzungslinie z. B. bei den Gärten Kvithamar, Pelsonsuo, Fana, Piikkiö, Mikolajki, Schauinsland und Porto. Es sind vor allem die Gärten, die wie im Norden und Nordosten und auch in größeren Höhenlagen zunächst infolge fehlender Erwärmung in der Entwicklung zurückgehalten werden, dann aber, wenn die Frühjahrsentwicklung verspätet begonnen hat, infolge zunehmender Erwärmung und vor allem auch wegen der jetzt in der fortgeschrittenen Jahreszeit schon wesentlich erhöhten Strahlung in der weiteren Entwicklung eine zunehmende Beschleunigung erfahren. Interessant ist der zum gleichen Typ gehörende Garten Porto. Entgegen der Erwartung erfährt die Vegetationsentwicklung in diesem in atlantischer Küstennähe liegendem Garten zunächst eine erhebliche Verzögerung. Dann aber geht die Entwicklung sehr stürmisch voran.

Einen besonderen Typ der Entwicklung zeigen die Gärten Gödöllő in der ungarischen Tiefebene und Krizevci im Randgebiet dieser großen Ebene. Hier erfolgt nach anfänglicher Begünstigung mit frühem Beginn von *Salix smithiana* zunächst eine gewisse Verzögerung bis zum Termin der nächsten Phasengruppe, dann aber wieder eine plötzliche Wachstumsbeschleunigung mit früherem Beginn der letzten Phasengruppe. Das Gegenstück hierzu bildet der Typ des Gartens Trsteno an der Adriaküste, wo nach anfänglicher Beschleunigung bis zum Termin der mittleren Phasengruppe anschließend wieder eine Verzögerung eintritt.

Neben diesen mehr oder weniger deutlich in Erscheinung tretenden Typen der phänologischen Frühjahrsentwicklung gibt es auch Übergänge, zu denen z. B. die Gärten Steinberg und Fana gehören, bei denen die Entwicklung annähernd gleichmäßig wie im Mittel der 40 Gärten erfolgt. So zeigen die hier untersuchten Gärten ein buntes Bild mit unterschiedlich verlaufender Frühjahrsentwicklung, die sich in wenige Typen einordnen läßt.

### 3.3 Unterschiede des phänologischen Phasenbeginns auf Nord-Süd-Schnitten durch Europa

In Abb. 3 sind die regionalen Unterschiede der drei Frühjahrsphasen bzw. Phasengruppen auf zwei Nord-Süd-Schnitten graphisch dargestellt. Der westliche dieser beiden Schnitte (ausgezogene Linie) verläuft von Kvaefjord im nördlichen Norwegen bis Birmensdorf in der Schweiz, also von Nord- bis Mittel-Europa.

Der weiter östlich liegende Schnitt (gestrichelte Linie) beginnt in Kevo in Nord-Finnland und endet in Lailia bei Saloniki in Nord-Griechenland. Am Fuße der graphischen Darstellung sind die Breitengrade (41 bis 69) und zu der ausgezogenen bzw. gestrichelten Linie die Namen der Gärten angegeben, deren 10jährige Mittelwerte hier benutzt wurden.

Bei den Teildarstellungen der drei Phasen bzw. Phasengruppen ist festzustellen, daß die gestrichelte Linie im Norden zunächst unter der ausgezogenen Linie liegt, daß also auf dem weiter östlich verlaufenden Schnitt bei gleichen Breitengraden die Phasen deutlich später eintreten als auf dem mehr westlich verlaufenden Schnitt. Erst zwischen dem 53. und 48. Breitengrad beginnt die östliche Linie (gestrichelt), die westliche (ausgezogen) zu überschreiten. Dabei erfolgt im Anfangsstadium der Vegetation zu Beginn der Phase *Salix smithiana* b die Berührung beider Linien erst ungefähr am 48. Breitengrad.

Es ist jedoch nicht feststellbar, ob dann weiter nach Süden zu ein deutliches Unterschreiten der westlichen Linie unter die östliche zu erwarten ist, da die westliche Linie an den Al-

pen endet. Aber mit fortschreitender Jahreszeit verschiebt sich der Schnittpunkt beider Linien in nördlicher Richtung, so daß zur Zeit des Beginns der nächsten beiden Phasengruppen die östliche Linie schon vom 52. bzw. 53. Breitengrad ab über der westlichen liegt. Je weiter der Frühlingseinzug fortschreitet und sich dem Frühlommer nähert, um so mehr wird also in den Gebieten südlich des 50. Breitengrades im Osten die Entwicklung der Vegetation gegenüber dem Westen beschleunigt. Die östlichen Gebiete, besonders in der ungarischen Tiefebene, sind zu dieser Zeit durchschnittlich schon stärker aufgeheizt als auf gleichem Breitengrad und bei ähnlicher Höhenlage die westlichen in der Oberrheinebene.

Die beiden Nord-Süd-Schnitte lassen auch deutlich das Ausmaß der Verzögerungen bei den Gärten in höheren Lagen erkennen. Die stärksten Verzögerungen zeigen hier die hoch liegenden Gärten Schauinsland (1210 m) im südlichen Schwarzwald und Yundola (1490 m) im Balkangebirge, während der Garten Lailia trotz größter Höhenlage (1550 m) infolge seiner Randlage in der Nähe der Nord-Ägäis verhältnismäßig günstige frühe Werte aufweist. Auch der Garten Ivan Sedlo in 1000 m Höhe hat trotz seiner Binnenlage frühere Werte als zu erwarten ist. Der Garten Steinberg bei Hannov. Münden (500 m) zeigt nur geringe Verzögerungen, während in dem Garten Donaueschingen (680 m) spätere Werte festzustellen sind, als allein der Höhe nach auf dem 48. Breitengrad zu erwarten sind. Trotz ähnlicher Höhenlage ist der Garten Birmensdorf (600 m) bei Zürich günstiger als Donaueschingen. Birmensdorf ist in den phänologischen Daten vielmehr dem Garten Liliental im Kaiserstuhl in dieser Jahreszeit ähnlich und liegt wie dieser zur Zeit der späten Phasengruppe (Mittel der 3 *Picea abies* M) nur noch knapp über dem Mittel der 40 Gärten.

In Abb. 4 sind in einer Europakarte die Linien gleichen Phasenbeginns vom Mittel aller Frühjahrsphasen (*Salix smithiana* b bis *Picea abies* M) eingezeichnet, und zwar in Abstufungen von 10 zu 10 Tagen. Die hier eingezeichneten Isolinien sind die Abweichungen vom Mittel, das aus 40 Gärten berechnet wurde. Dieses Mittel der 40 Gärten liegt in der Bundesrepublik Deutschland etwas südlich von Hamburg. Diese Linien gleichen Phasenbeginns, die wegen der geringen Dichte der Werte nur stark generalisiert gezeichnet werden konnten, verlaufen zunächst in Süd- und Mittel-Europa annähernd in West-Ost-Richtung, um dann in fortschreitender Jahreszeit in Skandinavien in Nordwest-Südost-Richtung überzugehen. Mit dem Übergang von Süden nach Norden ist also, großräumig gesehen, die Verzögerung des Beginns der Frühjahrsphasen um so stärker, je weiter östlich die Gärten liegen.

### 3.4 Horizontale und vertikale Wanderungsgeschwindigkeit des Frühlingseinzugs

#### 3.4.1 Horizontale Wanderungsgeschwindigkeit

Die horizontale Wanderungsgeschwindigkeit (Tage je 100 km) des Frühlingseinzugs wurde auf zwei Süd-Nord-Schnitten von Mittel- nach Nord-Europa (von Offenbach nach Kvithamar bei Trondhjem) und weiter östlich von Südost- nach Nordost-Europa (von Krizevci in Jugoslawien nach Pelsonsuo in Finnland) festgestellt und in Tabelle 6 mitgeteilt. Die Wanderungsgeschwindigkeit wurde hier für drei Phasen bzw. Phasengruppen berechnet: *Salix smithiana*, Mittel der 5 Phasen *Ribes alpinum*, *Salix aurita*, *Betula pubescens*, *Populus canescens* und *Populus tremula*, Mittel der 3 *Picea abies*. Die Berechnungen der Wanderungsgeschwindigkeit erfolgten sowohl für die Gesamtstrecken der beiden Süd-Nord-Schnitte als auch für einige Unterabschnitte. Dabei zeigte sich, daß die Geschwindigkeit von Süden nach Norden, also mit fortschreitender Jahreszeit, zunahm. Nur auf dem Südost-Nordost-Schnitt nahm die Geschwindigkeit nördlich von Piikkiö bis Pelsonsuo wieder ab. Berechnet auf die Gesamtentfernung Offenbach-Kvithamar (Mittel-Nord-Europa-Schnitt) beträgt die Wanderungsgeschwindigkeit im Durchschnitt etwa 1½ bis 2½ Tage je 100 km.

In den Unterabschnitten wurden Unterschiede von fast  $4\frac{1}{2}$  Tagen bei *Salix smithiana* auf dem südlichen Teilabschnitt (Offenbach-Hamburg) und nur  $\frac{3}{4}$  Tag bei *Picea abies* im nördlichen Teilabschnitt (Vollebekk - Kvithamar) festgestellt. Auf dem östlichen Schnitt ist die Wanderungsgeschwindigkeit langsamer. Sie beträgt auf dem gesamten Südost-Nordost-Schnitt (Krizevci in Jugoslavien bis Piikkiö und Pelsonsuo in Finnland) etwa  $2\frac{1}{3}$  bis  $3\frac{1}{3}$  Tage. In den Unterabschnitten betragen die maximalen Unterschiede etwa  $4\frac{1}{2}$  Tage bei *Salix smithiana* auf dem südlichen Teilabschnitt (Krizevci bis Mikolajki in N-Polen) und etwas weniger als 2 Tage bei der mittleren Phasengruppe (*Ribes* bis *Populus*) auf dem mittleren Teilabschnitt (Mikolajki bis Piikkiö) in SW-Finnland.

### 3.4.2 Vertikale Wanderungsgeschwindigkeit

Die vertikale Wanderungsgeschwindigkeit des Frühlingsinzugs wurde an folgenden 6 Gärten in Höhenlagen untersucht: Hannov. Münden - Steinberg (500 m), Bastogne - Michamps (500 m), Freiburg - Schauinsland (1210 m), Sarajevo - Ivan Sedlo (1000 m), Velingrad - Yundola (1490 m) und Saloniki - Serrai-Lailia (1550 m). Da außer beim Garten Schauinsland Gärten in tieferen Lagen in unmittelbarer Nähe fehlen wurden mit Hilfe etwas entfernter aber tiefer liegenden Gärten mehr theoretische Werte des Phasenbeginns am Fuße der betreffenden Berglagen berechnet, deren Benutzung dann für die Feststellung der vertikalen Wanderungsgeschwindigkeit gewagt wurde. (Tab. 7).

Die hier bei den drei Phasen bzw. Phasengruppen festgestellten vertikalen Wanderungsgeschwindigkeiten zeigen große Unterschiede von fast 10 Tagen bei *Salix smithiana* im Gebiet um Michamps bis nicht ganz 2 Tage bei *Picea abies* am Garten Steinberg oder sogar, wenn man die Werte von Lailia mit einigem Vorbehalt mit heranziehen darf, nur knapp  $\frac{1}{2}$  Tag bei *Salix smithiana* und der mittleren Phasengruppe (*Ribes* bis *Populus*). Trotz dieser verhältnismäßig großen und scheinbar unregelmäßigen Schwankungen deuten sich auch hier wieder gleiche Tendenzen in der Änderung dieser Werte im Laufe der fortschreitenden Jahresentwicklung (von *Salix smithiana* bis *Picea abies*) an, die auf Einflüsse großräumigen Ausmaßes schließen lassen.

So ist bei den drei nördlichen Vertikalschnitten Steinberg, Michamps und Schauinsland im Anfang des Frühjahrs (bei *Salix smithiana*) das Fortschreiten der Vegetationsentwicklung noch langsam und dementsprechend der Wert der vertikalen Wanderungsgeschwindigkeit stets am größten. Aber gegen Ende des Frühjahrs (bei *Picea abies*) wird die Vegetationsentwicklung schneller und damit der für die Wanderungsgeschwindigkeit berechnete Wert kleiner.

Bei den beiden weiter südlich liegenden Gärten in Berglagen Ivan Sedlo und Lailia ist, wenn man hier Yundola außer Betracht läßt, das umgekehrte Verhalten festzustellen: anfangs schnelle Vegetationsentwicklung mit niedrigen Werten der vertikalen Wanderungsgeschwindigkeit und später langsamere Vegetationsentwicklung mit größeren Werten der vertikalen Geschwindigkeit.

Yundola entspricht den nördlichen Gärten, anfangs langsamer aber später etwas schneller.

### 3.5 Vergleich der Gärten in Höhenlagen mit nördlichen Gebieten

Die Verzögerung des Phaseneintritts, die in vertikaler Richtung bis zu einem Garten in einer Höhenlage von 1000 m oder mehr erreicht wird, muß in horizontaler Richtung nach Norden zu verhältnismäßig große Entfernungen überwinden, bis der gleiche Termin des Phaseneintritts wie bei einem südlich liegenden Garten in Höhenlage erreicht ist. Um welche horizontalen Entfernungen es sich dabei im Vergleich zum vertikalen Höhenunterschied handelt, ist aus Tab. 8 zu ersehen.

Auf den beiden Schnitten Süd-Nord und Südost-Nordost wurden für zwei bzw. drei Gärten in höheren Lagen festgestellt, in welchen weiter nördlich liegenden Gegenden bei fortschreitender Verzögerung der Frühjahrsentwicklung der gleiche Termin des Phaseneintritts wie bei den Gärten in Höhenlage durchschnittlich erreicht wird. Während z. B. die entsprechenden Vergleichswerte der drei Phasen bzw. Phasengruppen für den Garten Steinberg (500 m) schon in dem Raum zwischen Hamburg und Flensburg, also in etwa 180 bis 375 km Entfernung erreicht werden, sind die Vergleichswerte für den etwas mehr als doppelt so hoch gelegenen Garten Schauinsland (1210) am Westrand des Südschwarzwaldes erst nördlich von Trondhjem in Norwegen etwa zwischen dem 64. und 66. Breitengrad, also in etwa 2000 km Entfernung vom Südschwarzwald zu finden.

Auf dem weiter östlich liegenden Südost-Nordost-Schnitt liegen die entsprechenden Vergleichswerte des verzögerten Phaseneintritts für den Garten Ivan Sedlo (1000 m) bei Sarajevo im Raum zwischen Breslau und Königsberg zwischen dem 51. und 55. Breitengrad in etwa 800 bis 1300 km Entfernung und für den Garten Yundola (1490 m) im Balkengebirge im Raum zwischen südlich Reval und Vaasa in Finnland zwischen dem 59. und 63. Breitengrad in etwa 1600 bis 2300 km Entfernung. Bei dem Garten Lailia (1550 m) in Nord-Griechenland am Nordrand der Ägäis liegen die entsprechenden nördlichen Vergleichswerte weit auseinander. Während der Phasenbeginn von *Salix smithiana* bereits im Raum der südlichen Hohen Tatra zwischen dem 48. und 49. Breitengrad in einer Entfernung von etwa 950 km erreicht wird, ist der Phaseneintritt für das Mittel der 3 *Picea abies* erst in der Nähe des Gartens Piikkiö in Südwest-Finnland zwischen dem 60. und 61. Breitengrad, also etwa in 2100 km Entfernung von Lailia zu finden.

Wenn das Verhältnis zwischen der Seehöhe des Gartens und seiner Entfernung von dem entsprechenden nördlichen Gebiet mit gleichem Phasentermin berechnet wird, so ergibt sich in den hier untersuchten Fällen, daß die horizontale Entfernung das 350- bis 1650fache der Höhe der Gärten beträgt (Tab. 8, letzte Spalte). Diese großen Unterschiede sind bedingt durch die mehr oder weniger starke Verzögerung des Phasenbeginns mit zunehmender Höhe, die je nach Lage in dem betreffenden Gebirge sehr unterschiedlich sein kann.

Auffallend sind die verhältnismäßig günstigen Verhältnisse in dem Garten Steinberg auf der Höhe des Kaufunger Waldes bei Hann. Münden. Die Termine des Beginns der phänologischen Phasen liegen hier meistens in der Nähe der entsprechenden Termine, die in den Gärten Schmalenbeck und Wulfsdorf bei Hamburg festgestellt werden.

Offensichtlich besteht die Tendenz, daß mit fortschreitender Frühjahrsentwicklung hier von *Salix smithiana* b bis zum Mittel der 3 *Picea abies* M, eine erhebliche Zunahme der Entfernung von den Gärten erfolgt. Der höchste Wert der Entfernung wird mit der 1650fachen Größe der Höhe des Gartens beim Mittel von *Ribes alpinum* bis *Populus* im Garten Schauinsland erreicht. Verhältnismäßig gute Übereinstimmung zeigen die für das Mittel der 3 *Picea abies* errechneten Werte, die bei den Gärten Ivan Sedlo und Lailia die 1300 bzw. 1350fache und bei den Gärten Schauinsland und Yundola fast gleich die 1530 bzw. 1544fache nach Norden gerichtete Entfernung der betreffenden Berghöhen erreichen.

### 3.6 Phänologische Interzeption

#### Phänologischer Folgewechsel am Beispiel von *Populus canescens* und *tremula*

Im allgemeinen folgen die verschiedenen phänologischen Phasen in ziemlich gleichmäßiger Reihe aufeinander. Gelegentlich ist aber auch ein Wechsel in der Reihenfolge zu beobachten. Diese Erscheinung des phänologischen Folgewechsels erhielt nach einem Vorschlag von SMIRNOW - siehe (1) - die Bezeichnung „Phänologische Interzeption“. Ein solcher

Wechsel in der Folge phänologischer Phasen erfolgt auch hier bei den beiden zeitlich eng beieinander liegenden Phasen *Populus canescens* und *Populus tremula* BO, wie die Tab. 9 zeigt.

Von diesen beiden in verschiedenen Gebieten Europas beobachteten Phasen wurden mehrere Mittelwerte von je 3 bis 7 Gärten gebildet.

Während in den meisten Gegenden die Phase *Populus canescens* BO im allgemeinen einige Tage vor *Populus tremula* kommt, ist diese Phasenfolge in einigen Fällen umgekehrt. So beginnt in den nördlichen Gebieten, zu denen Norwegen, Schweden, Finnland und auch Nord-Polen gehören, *P. canescens* durchschnittlich  $3\frac{1}{2}$  Tage später als *P. tremula*. In gleicher Weise wurde auch im Mittel von 4 Gärten in höherer Lage im Schwarzwald und im Bayerischen Wald, in Gärten zwischen dem 48. und 49. Breitengrad, festgestellt, daß *P. canescens* 5 Tage später beginnt als *P. tremula*. Dem stehen die anderen Gebiete mit späterem Beginn von *P. tremula* gegenüber, und zwar die Gebiete in tieferen Lagen in West-Europa (Irland, England, Belgien, Niederlande), ferner im Westen und Südwesten der Bundesrepublik Deutschland sowie die südöstlichen Gebiete (Nieder-Österreich, CSSR, Ungarn, Jugoslawien). Zu dieser Gruppe mit späterem Beginn von *P. tremula* gehören auch Gärten in höheren Lagen in der Schweiz, in Österreich und Jugoslawien. Hier sind die Unterschiede sogar am größten. *P. canescens* kommt bei diesen südlichen Gärten in höherer Lage im Mittel um fast 10 Tage früher als *P. tremula*. Die beiden Gärten Michamps und Steinberg mit einer Höhe von 500 m (zwischen dem 50. und 52. Breitengrad) bilden mit nur zwei Tagen Unterschied (*P. canescens* 2 Tage nach *P. tremula*) eine Art Übergang.

Die Ursache für diesen Wechsel der Phasenfolge in verschiedenen Gebieten Europas scheint im Zeitpunkt des Beginns dieser Phasen zu liegen. Bei spätem Austrieb, etwa nach dem 10. Mai (130. Tag nach Jahresbeginn), erfolgt sowohl in tieferen nördlichen als auch in höher liegenden Gärten die Laubentfaltung bei *Populus canescens* erst nach *Populus tremula*, aber bei früherem Austrieb sowohl in tieferen als auch in höheren Lagen umgekehrt *P. canescens* vor *P. tremula*. Durch das lange Hinauszögern des Austriebs in ungünstigen Lagen scheinen die diesen Austrieb auslösenden physiologischen Faktoren bei *Populus tremula* weniger gestört zu sein als bei *Populus canescens*.

### 3.7 Unterschiedliche Länge der Frühjahrsentwicklung der Vegetation in verschiedenen Gebieten Europas

Die erste und die letzte der hier untersuchten Frühjahrsphasen, *Salix smithiana* b und Mittel der 3 *Picea abies* M. grenzen ungefähr den Zeitraum ab, der für die Frühjahrsentwicklung der Pflanzen zur Verfügung steht. In Tabelle 10 sind für verschiedene Gebiete Europas die mittlere Länge der Zeitspanne zwischen diesen beiden Phasen mitgeteilt.

Danach ist diese Andauerzeit von den Gebieten in tieferen Lagen in Nord- und Nordost-Europa mit durchschnittlich 37 Tagen verhältnismäßig kurz. Eine ebenfalls nur kürzere Länge von 38 Tagen ist in Südost-Europa im Mittel der Gärten Wien, Obersiebenbrunn, Ljubljana, Krizevci und Gödöllö festzustellen. Verhältnismäßig lange Zeitspannen von durchschnittlich 49 und mehr Tagen finden sich dagegen in drei Gebieten: in West-Europa (Irland, England, Belgien, Niederlande) mit 54 Tagen, in Mittel-Europa (West- und Südwest-Deutschland) mit 55 Tagen und in Süd-Europa (Südjugoslawien und Bulgarien) mit durchschnittlich 49 Tagen.

Wesentlich kürzere Zeitspannen von im Mittel nur 17 Tagen wurden in den 2 Gärten Schauinsland im Südschwarzwald und Yundola im Balkan-Gebirge in größeren Höhenlagen von 1210 bzw. 1490 m festgestellt. Bei den beiden Gärten Michamps und Steinberg in je 500 m Höhenlage war die Zeitspanne mit durchschnittlich 40 Tagen zwar etwa  $2\frac{1}{2}$ mal so lang wie in den hohen Lagen, aber immer noch kürzer als in

dem benachbarten Gebiet in West- und Südwest-Deutschland mit durchschnittlich 54 Tagen.

### 4 Jahresunterschiede phänologischer Frühjahrsphasen und der Zeitspannen zwischen den Phasen

#### 4.1 Jahresunterschiede der Phasen *Salix smithiana* b und Mittel von 3 *Picea abies* M

Die einzelnen Jahreswerte der phänologischen Phasen weichen mehr oder weniger weit von den Mittelwerten ab. Z. T. können diese Jahresunterschiede sogar recht erheblich sein. Ein Bild von den möglichen Jahresschwankungen des Beginns der Frühjahrsphasen geben die Abbildungen 5 und 6, in denen für die bis 1975 vorliegenden Beobachtungsreihen mehrerer Internationaler Phänologischer Gärten die Jahresunterschiede der beiden Frühjahrsphasen *Salix smithiana* b und Mittel der 3 *Picea abies* (früh, spät, nordische Herkunft) M graphisch dargestellt sind.

Neben den Darstellungen verschiedener Einzelgärten wurden, um eine bessere Übersichtlichkeit zu erreichen, verschiedentlich auch zwei oder drei Gärten, die weitgehend parallel laufen, zusammengefaßt und in einem mittleren Kurvenzug dargestellt.

In der Abb. 5 mit den Jahresunterschieden von *Salix smithiana* b fällt zunächst der weitgehend gleichartige Verlauf der Kurven bei den Gärten in Mittel-Europa auf: Mittel von Schmalenbeck und Steinberg, Mittel von Offenbach, Trier und Hohenheim, Mittel von Wien, Ljubljana und Krizevci sowie Grafrath und Tharandt.

Bei allen diesen Gärten finden sich die späten Termine des Phasenbeginns in den Jahren 1962 bis 1965 und 1969 bis 1971 mit den spätesten Werten im Jahre 1970. Zwischen diesen beiden späten Jahresabschnitten liegen die drei Jahre 1966 bis 1968 mit früherem Phasenbeginn, wobei 1966 in den meisten Fällen der früheste Termin eintrat. Nach dem spätesten Jahr 1970 setzt eine ständige Verfrühung ein, die nach kurzer Unterbrechung mit etwas späteren Werten im Jahre 1973 den frühesten Wert im letzten Beobachtungsjahr 1975 erreicht. Nur das Mittel Schmalenbeck - Steinberg ist 1975 wieder etwas später als 1974. Die anderen Gebiete im Norden, Westen und Osten lassen einige charakteristische Abweichungen von den in Mitteleuropa festgestellten Jahresunterschieden erkennen. Gewisse Gemeinsamkeiten zeigt die Gruppe der drei Gärten Kvithamar, Piikkiö und Mikolajki. Das früheste Jahr ist nicht mehr 1974. Bei den Gärten Kvithamar und Mikolajki ist 1973 am frühesten und bei Mikolajki auch 1975. Und während 1966 die Blüte von *Salix smithiana* bei den Gärten in Mittel-Europa sehr früh begann, war diese im Norden und Nordosten in diesem Jahr eindeutig spät. Früh ist bei den beiden Gärten Kvithamar und Mikolajki erst das Jahr 1967. Ein ähnlicher Verlauf mit ebenfalls frühem Wert im Jahre 1967 und mit vorhergehenden späteren Jahren ist auch bei der aus den beiden Gärten Fana und As berechneten mittleren Linie festzustellen. Nur tritt hier schon wie in Mitteleuropa auch 1974 ein sehr früher Wert ein, während 1975 wieder etwas später ist. Einen besonderen Verlauf nimmt die Linie der Jahresunterschiede bei dem Garten Melle mit den außerordentlich frühen Jahren 1965 und 1967, zwischen denen das spätere Jahr 1966 liegt, das sonst in Mittel-Europa früh ist. Bei den beiden Alpengärten Birmensdorf und Rinn sind ähnliche tendenzmäßige Änderungen der Terminwerte zu erkennen. Frühe Werte zeigen hier die Jahre 1967, 1969 und besonders 1972, 1974 und 1975 während 1973 später war. Anders verhält sich der Garten Porto an der Atlantik-Küste.

Nach verhältnismäßig frühen Jahren 1968 bis 1970 werden die nächsten Jahre immer später bis zum Jahre 1973. 1974 und 1975 werden dann zwar wieder etwas früher als 1973, sind aber auch noch spät.

In der Abb. 6 sind die Jahresunterschiede für die Phase Mittel von 3 *Picea abies* M (früh, spät und nordische Herkunft)

von den gleichen Gärten dargestellt wie in der Abb. 5. Der Verlauf der Kurven in der Abb. 6 erscheint wesentlich einheitlicher. Die Linien der Gärten vom Mittel Schmalenbeck und Steinberg bis zu den Alpengärten Birmensdorf und Rinn verlaufen weitgehend parallel.

Auch sogar Porto mit seiner kurzen Reihe von nur 5 Jahren zeigt einen ähnlichen Verlauf.

Nur die Gärten im Norden, Osten und Westen zeigen einige Abweichungen. Während in den meisten Gärten einheitlich von 1973 zu 1974 eine Verfrühung und dann wieder zu 1975 eine Verzögerung eintritt, ist der Verlauf der Linien bei den Gärten Piikkiö, Tharandt und Mikolajki anders. Bei Tharandt sind umgekehrt die Jahre 1973 und 1975 später, 1974 dagegen früher. Im Garten Mikolajki sind die beiden Jahre 1973 und 1974 gleich und 1975 etwas früher. Und Piikkiö zeigt 1974 und 1975 die spätesten Werte von der dortigen Beobachtungsreihe.

Aus den Darstellungen der beiden Abb. 5 und 6 ergibt sich, daß die Jahresunterschiede, die bei einer Phase festgestellt werden, über große Gebiete in Mittel-Europa ziemlich einheitlich sind. Nur nach den Randgebieten zu ergeben sich mehr oder weniger größere charakteristische Abweichungen.

#### 4.2 Jahresunterschiede der Zeitspanne zwischen den Frühjahrsphasen (*Salix smithiana* b und Mittel von 3 *Picea abies* M)

Die beiden Phasen *Salix smithiana* b und Mittel der 3 *Picea abies* M grenzen bis zu gewissem Grade die Frühjahrsentwicklung der Pflanzen ab. Die Zeitspanne zwischen beiden Phasen ist also ein Maß für die Zeit, die den Pflanzen für ihre erste Entwicklung im Frühjahr zur Verfügung steht. Da die Termine beider Phasen von Jahr zu Jahr unabhängig voneinander Schwankungen unterliegen, – einem frühen Termin der ersten Phase kann sowohl ein früher wie auch später Termin der zweiten Phase folgen und umgekehrt –, muß mit ständigen jährlichen Änderungen der Länge der Zeitspanne zwischen beiden Phasen gerechnet werden. Um ein Bild von den möglichen Unterschieden zu vermitteln, sind in der graphischen Darstellung der Abb. 7 die Jahresunterschiede dieser Zeitspanne für zwei Gärten in extrem günstiger und ungünstiger Lage, in Melle in Belgien und Piikkiö in Finnland, gegenübergestellt. Danach steht im günstig gelegenen Garten Melle mit 49 bis 114 Tagen eine wesentlich längere Zeitspanne für die Frühjahrsentwicklung zur Verfügung als in Piikkiö mit 17 bis 47 Tagen. Zwischen diesen in Abb. 7 gezeigten Größenordnungen liegen etwa alle Zeitspannen, die in den hier untersuchten Gärten für die Frühjahrsentwicklung der Pflanzenwelt zur Verfügung stehen.

#### 5. Ausblick

Mit dieser Untersuchung wurde die Auswertung der Beobachtungsergebnisse, die bisher in den Internationalen Phänologischen Gärten gewonnen wurden, begonnen. Zunächst wurde an einer Auswahl Phänologischer Frühjahrsphasen die Schwankungsbreite der Daten, die die Frühjahrsentwicklung der Vegetation charakterisieren, sowohl im 10jährigen Mittel als auch im jährlichen Wechsel für verschiedene Gebiete Europas untersucht. Die aus den Gärten bereits vorliegenden Beobachtungsergebnisse sind aber wesentlich umfangreicher und ermöglichen in Ergänzung zu der vorliegenden Untersuchung eingehende weitere Auswertungen zunächst des phänologischen Materials – phänologische Daten verschiedener anderer Pflanzenarten, im besonderen auch phänologische Herbstdaten – und dann vor allem auch im Zusammenhang mit gleichzeitig gewonnenen meteorologischen Beobachtungsergebnissen eingehende Untersuchungen über die Abhängigkeit des Pflanzenwachstums von Witterung und Klima. Die meteorologischen Aufzeichnungen, die an den Klimastationen in unmittelbarer Nachbarschaft eines jeden Gartens ge-

wonnen werden, versprechen bei der vergleichenden Untersuchung mit den entsprechenden phänologischen Daten weitere Erkenntnisse über die Zusammenhänge des Witterungsgeschehens und des Pflanzenwachstums.

Über die phänologischen Beobachtungen hinausgehend eröffnen die Internationalen Phänologischen Gärten künftig noch weitere Möglichkeiten anderer Beobachtungen. So bietet sich z. B. für später die Untersuchung von Holzigenschaften und Holzzuwachs unter verschiedenen Klimaeinflüssen an. Oder die Pflanzenphysiologie kann durch Untersuchung von Nadeln und Blättern, die von erbgleichen Pflanzen aus extremen Gebieten stammen, weitere Erkenntnisse über das Hitze- und Kälteresistenzverhalten gewinnen. Ferner wird die Genetik in die Lage versetzt, nicht nur das Verhalten von verschiedenen erbgleichen Herkünften der gleichen Pflanzenart am gleichen Standort, sondern auch das Verhalten der gleichen Herkunft an ganz verschiedenen Standorten zu verfolgen. Bei der z. Z. erfolgenden Entwicklung der neuen Satelliten-Aufnahme- und -Auswertungsprogramme zur Überwachung der Pflanzenentwicklung in kontinentalen Räumen werden die Gärten für gleichzeitige exakte Kontrollbeobachtungen an der Erde wertvolle Dienste leisten.

Künftig werden sich noch weitere Möglichkeiten ergeben, auch andere in diesen Phänologischen Gärten gewonnene Beobachtungsergebnisse für verschiedene Forschungsrichtungen nutzbar zu machen.

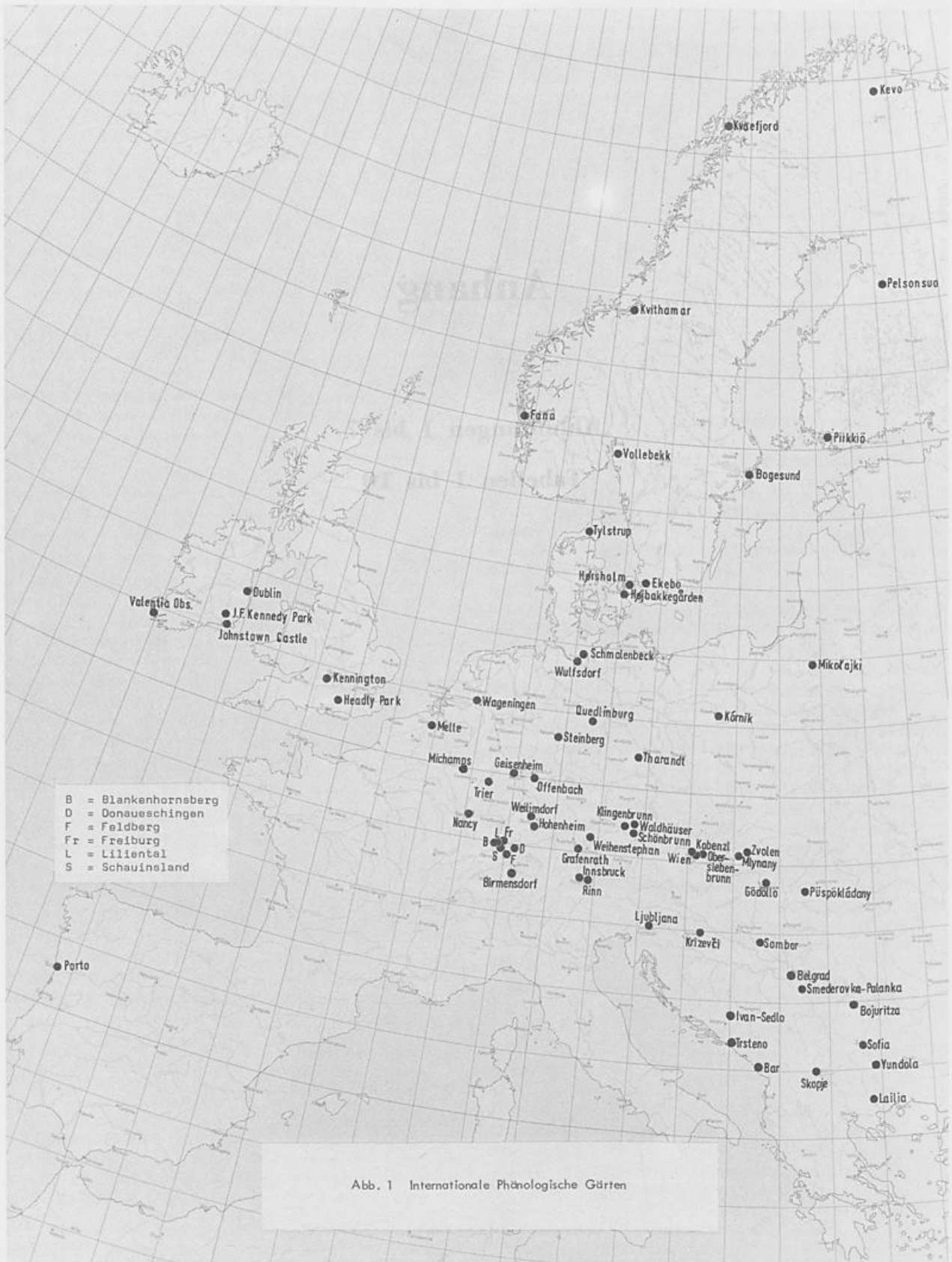
#### Literatur

- (1) SCHNELLE, F.: Pflanzen-Phänologie. Leipzig: Akad. Verlagsges. Geest & Portig 1955. 299 S.
- (2) SCHNELLE, F.: Beiträge zur Phänologie Europas I. 5 Mittelwertskarten. Erstfrühling bis Herbst. Ber. d. Dt. Wetterd. Nr. 101 (1965).
- (3) SCHNELLE, F.: 1970. Beiträge zur Phänologie Europas II. 4 Mittelwertskarten, Gesamtvegetationszeit und 3 Vegetationsabschnitte. Ber. d. Dt. Wetterd. Nr. 118 (1970).
- (4) SCHNELLE, F.; VOLKERT, E.: Vorschläge zur Errichtung Internationaler Phänologischer Gärten eines Grundnetzes für internationale Phänologische Beobachtungen. Meteorol. Rundsch. 10 (1957) S. 130–133.
- (5) SCHNELLE, F.; VOLKERT, E.: Internationale Phänologische Gärten. Stationen eines Grundnetzes für internationale phänologische Beobachtungen. Amsterdam: Agric. Meteorol. 1 (1964) S. 22–29.
- (6) SCHNELLE, F.; VOLKERT, E.: International phenological gardens in Europe. The basic network for international phenological observations. In: Lieth, H., Phenology and seasonality modeling. New York: Springer-Verlag (1974) Abschn. 6.2, S. 383–387.
- (7) SCHNELLE, F.; VOLKERT, E.; BAUMGARTNER, A.; SCHREIBER, F.: Berichte über die Ergebnisse der phänologischen Beobachtungen an den Internationalen Phänologischen Gärten in den Jahren 1960 bis 1975. (Jährl.) Arboreta Phaenologica. Mitt. Arbeitsgem. Internat. Phänolog. Gärten, Nr. 10–21.

# **Anhang**

**Abbildungen 1 bis 7**

**Tabellen 1 bis 10**



Abweichung  
vom Mittel  
von 40 Gärten

Tage

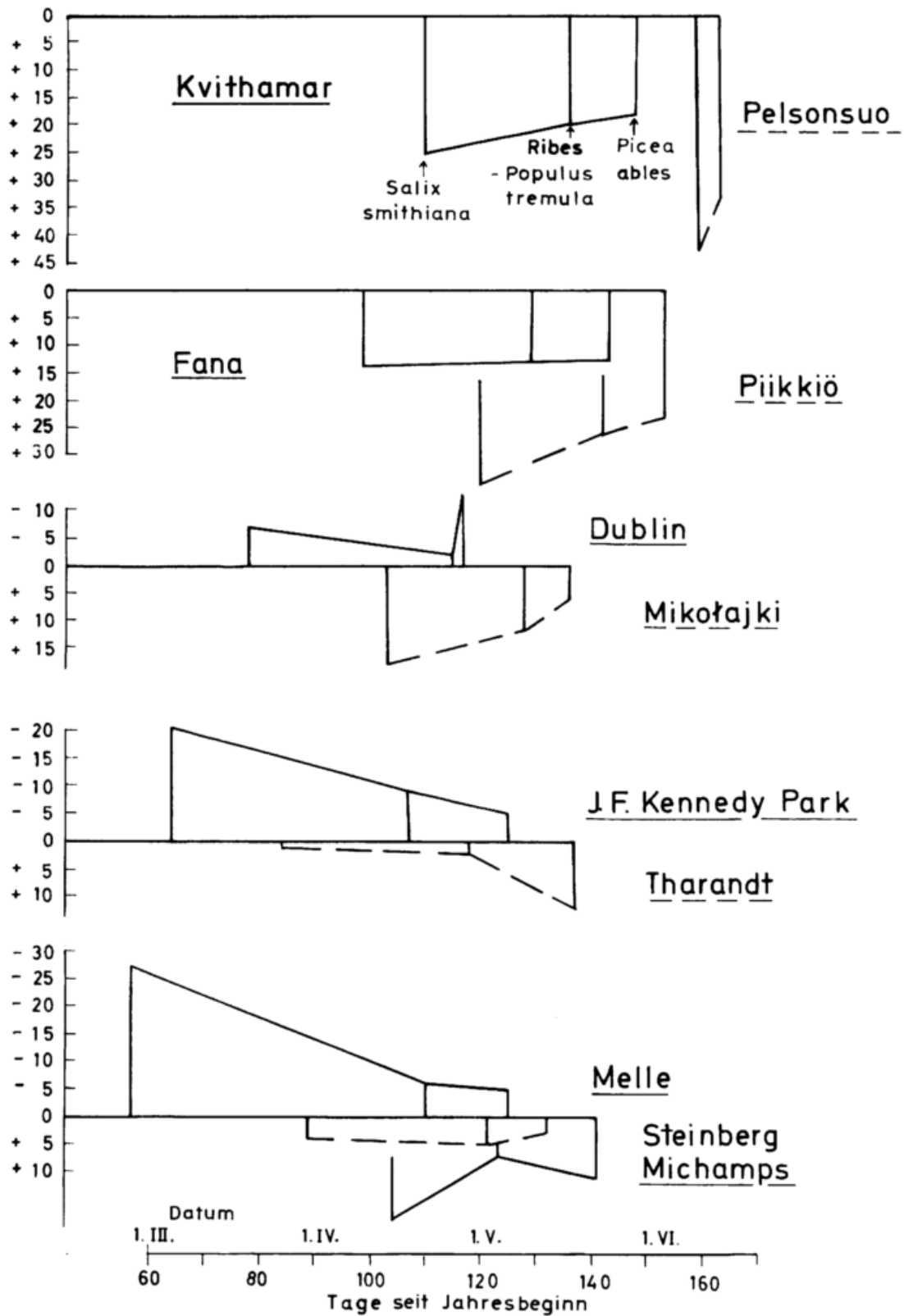


Abb. 2a Phänologische Frühjahrsentwicklung in verschiedenen Gärten in Europa. Zehnjähriges Mittel (1966 - 1975)

Abweichung  
vom Mittel  
von 40 Gärten

Tage

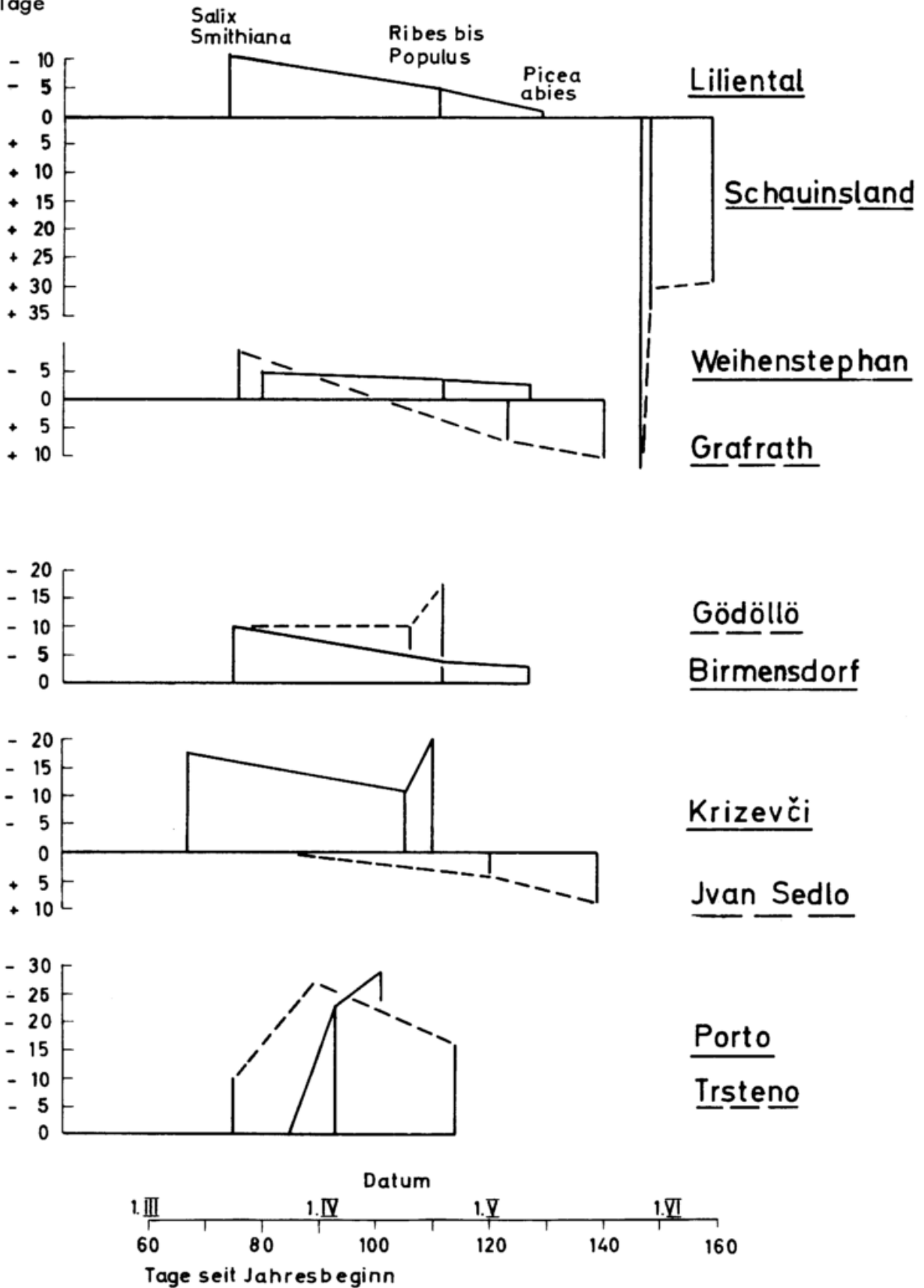


Abb. 2b Phänologische Frühjahrsentwicklung in verschiedenen Gärten in Europa. Zehnjähriges Mittel (1966 - 1975)

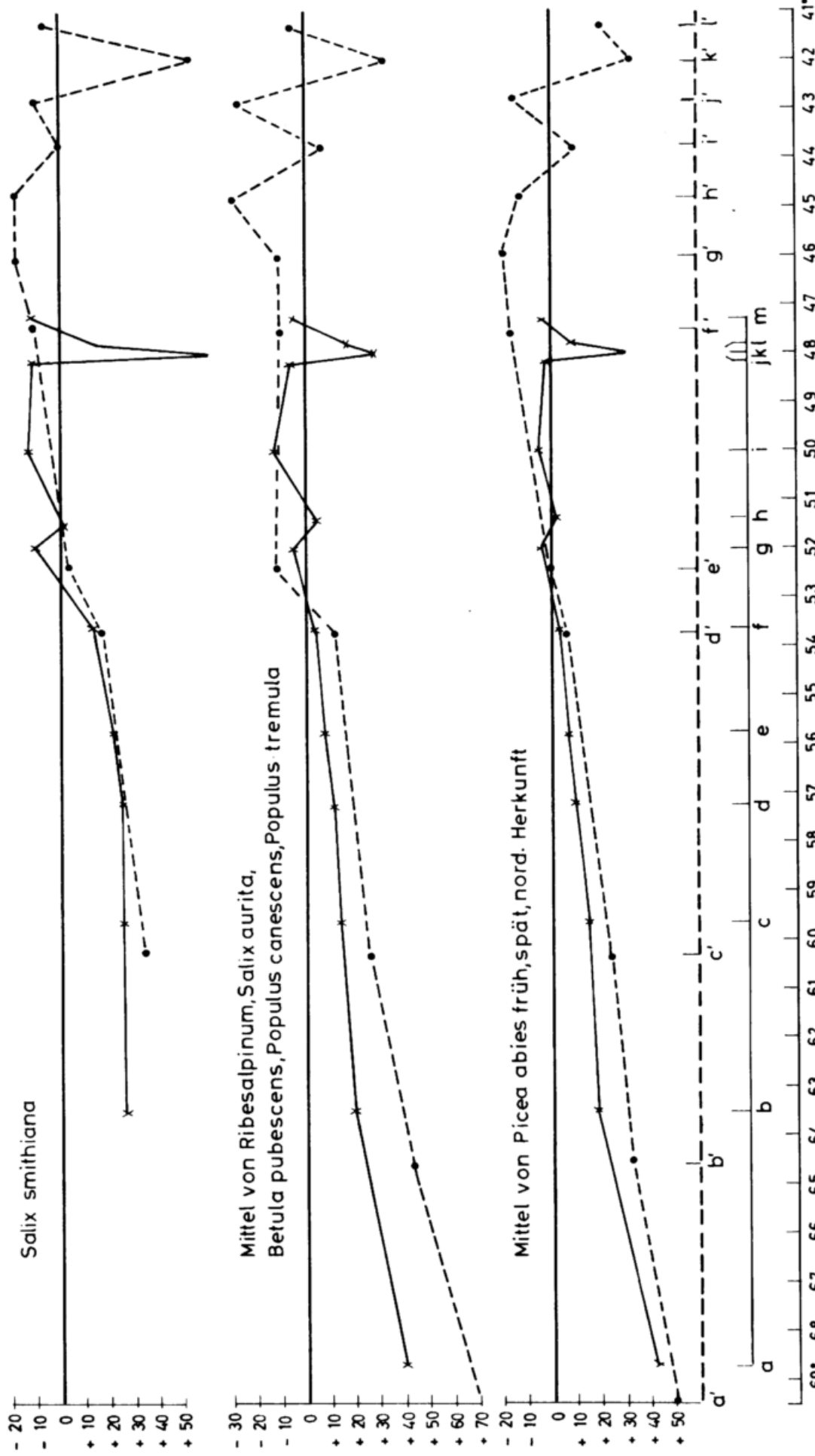


Abb. 3 Regionale Unterschiede einiger Frühjahrsphasen auf Nord-Süd-Schnitten  
Zehnjährige Mittelwerte: 1966 - 1975

Abweichungen der Phasen: - = Tage vor, + = Tage nach dem Mittel von 40 Gärten

--- = Schnitt: Nordost- bis Südost-Europa

a' Kevo b' Pielsonsuu c' Piikkiö d' Mikožajki e' Kórnik f' Gödöllö  
g' Krizevci h' Beograd i' Ivan-Sedlo j' Trsteno k' Yundola l' Lailia

— = Schnitt: Nord- bis Mittel-Europa

a Kvaefjord b Kvithamar c Vollebekk d Tylstrup e København f Hamburg g Quedlinburg  
h Steinberg i Offenbach j Liliental k Schauinsland l Donaueschingen m Birmensdorf

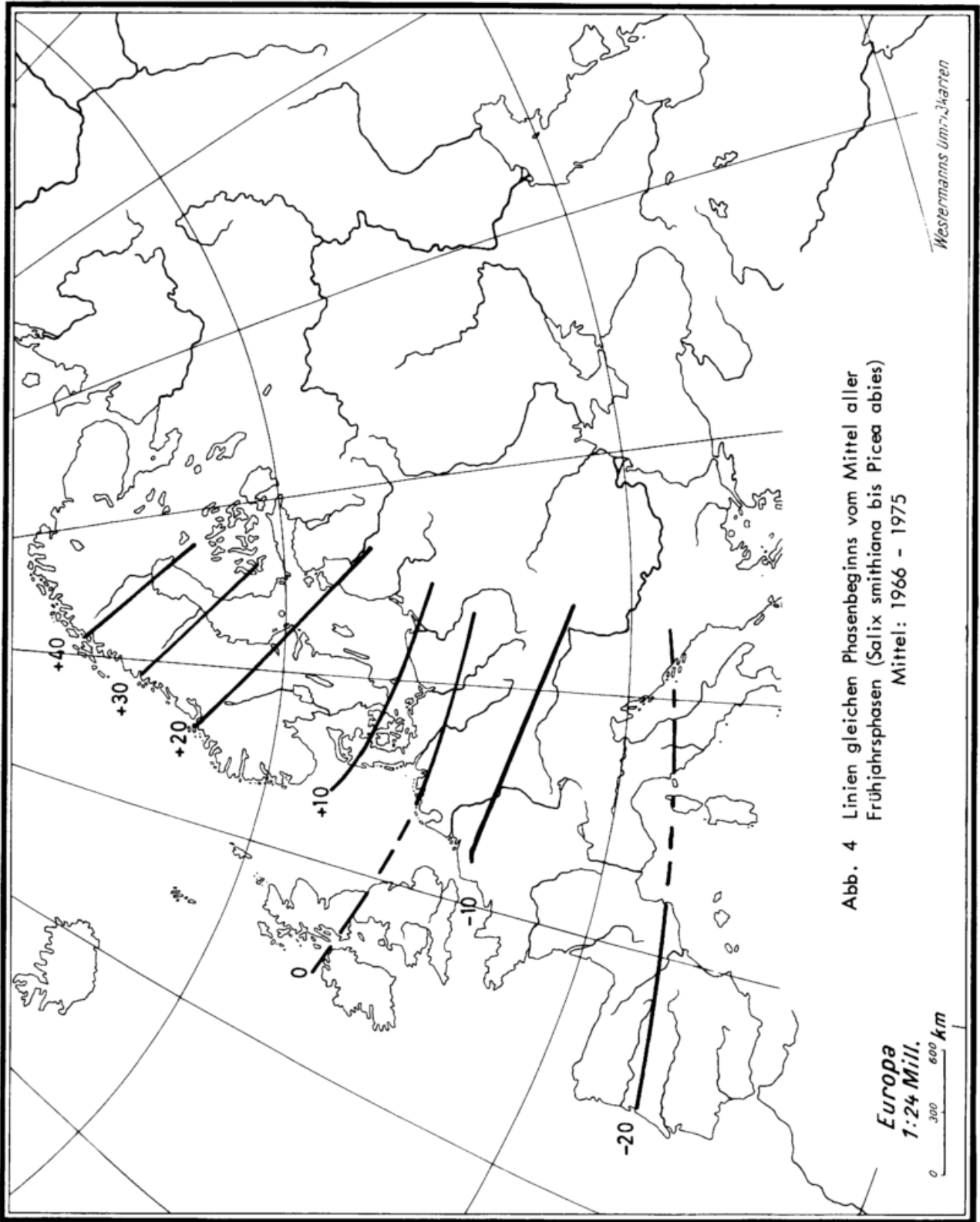


Abb. 4 Linien gleichen Phasenbeginns vom Mittel aller Frühjahrsphasen (*Salix smithiana* bis *Picea abies*) Mittel: 1966 - 1975

Tage seit  
Jahresbeginn

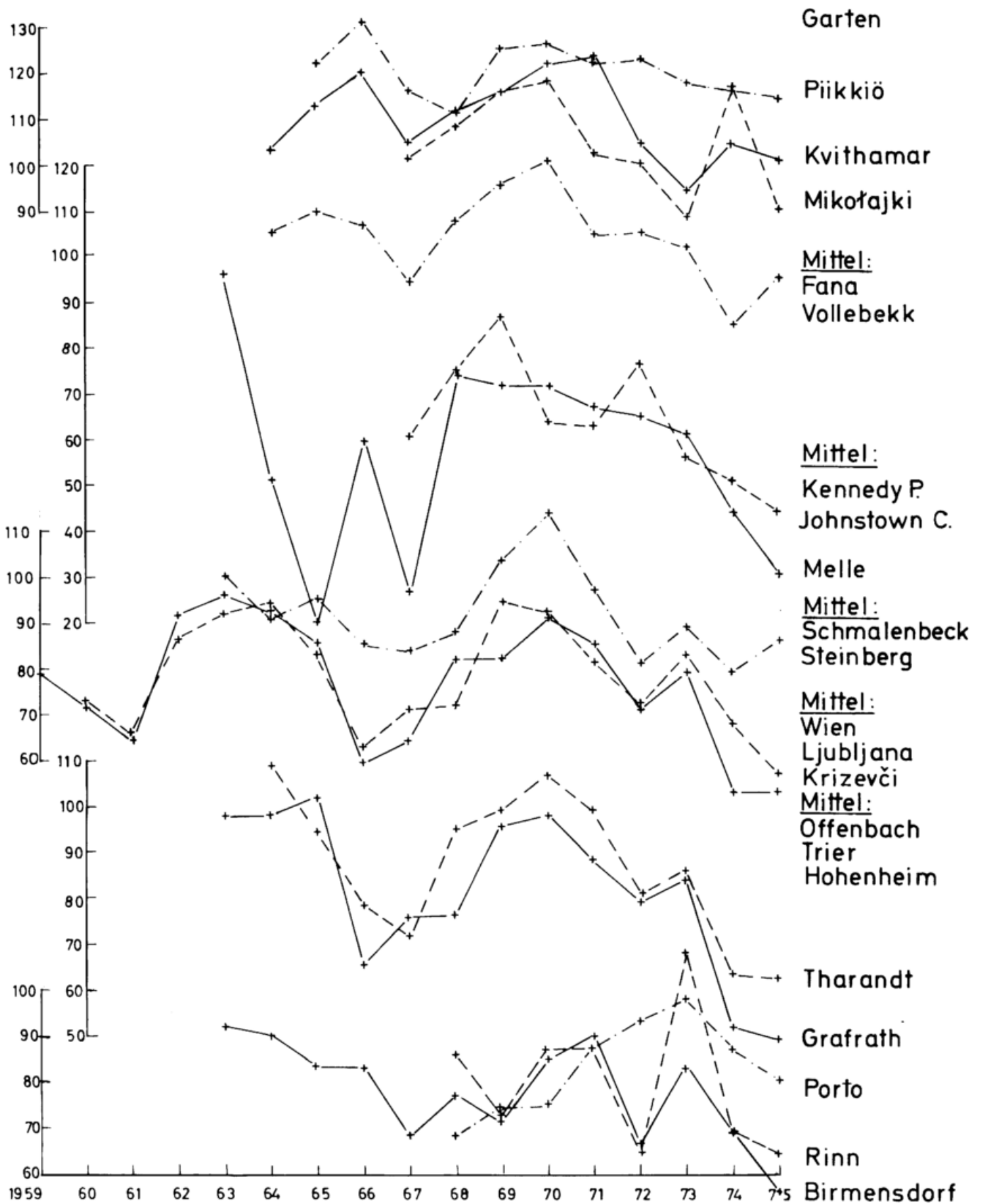


Abb. 5 Jahresunterschiede von *Salix smithiana b*

Tage seit  
Jahresbeginn

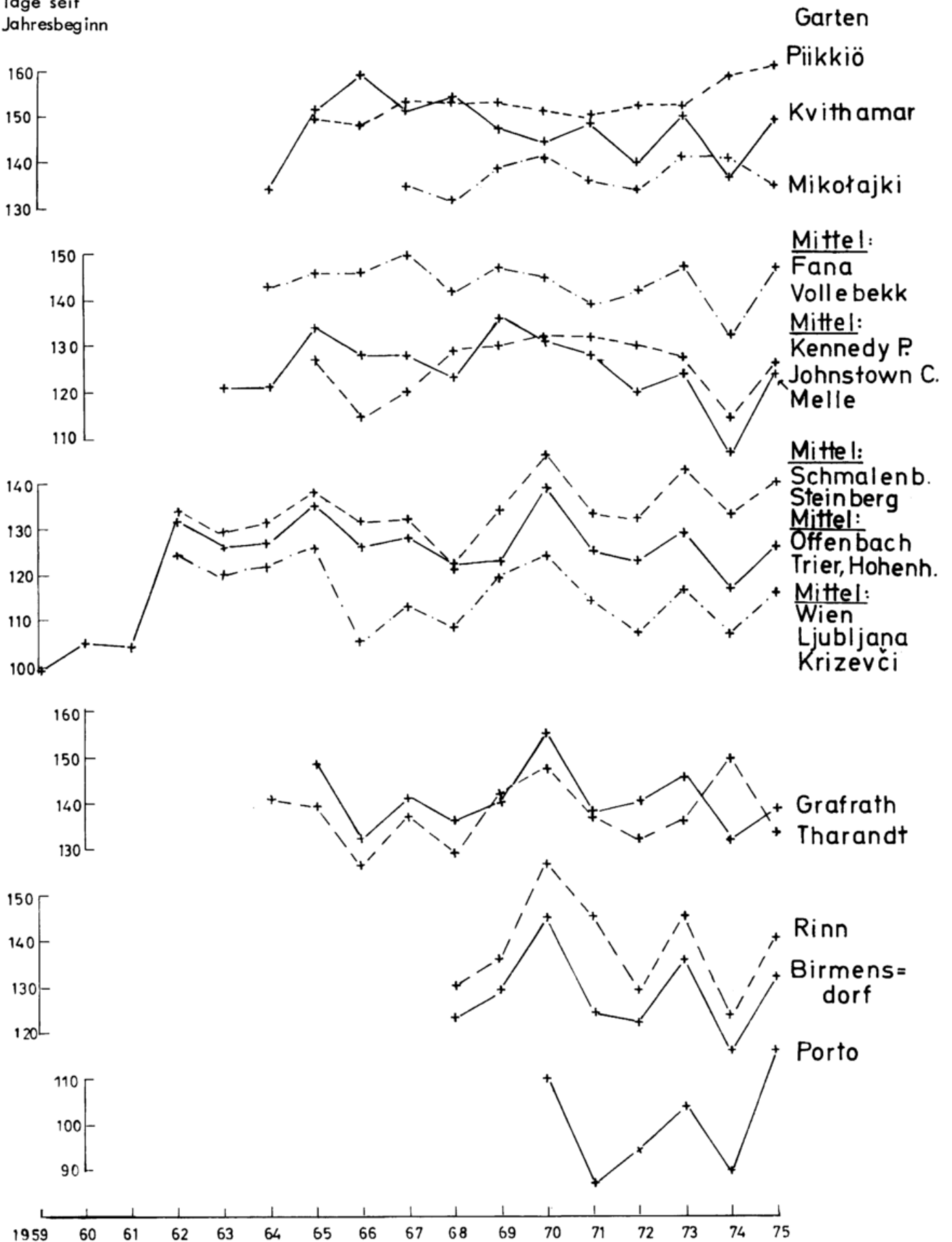


Abb. 6 Jahresunterschiede vom Mittel: Picea abies früh, spät, nord. Herkunft

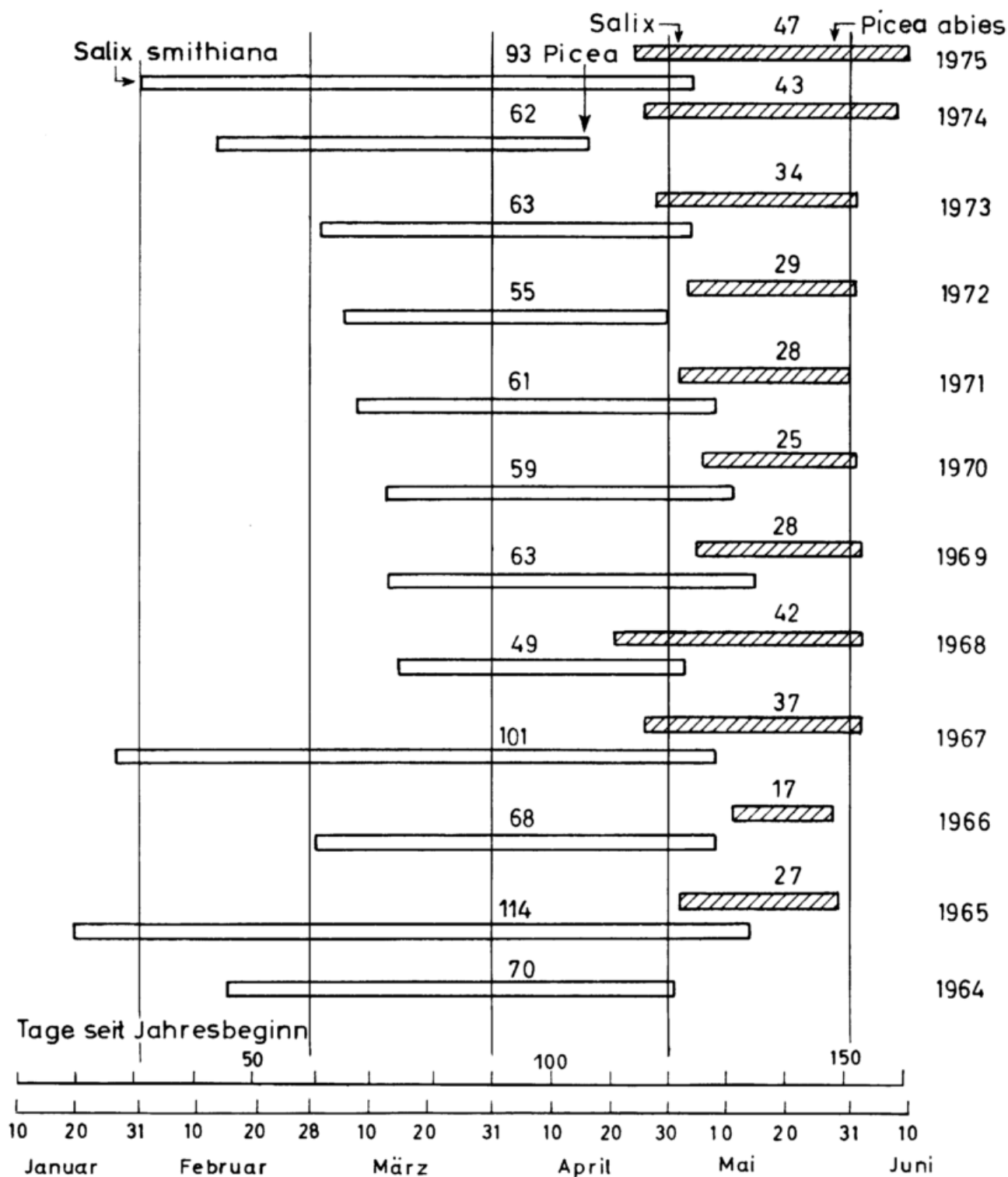




Abb. 7 Jahresunterschiede der Zeitspanne (Tage) zwischen den phänologischen Phasen *Salix smithiana* b und Mittel von 3 *Picea abies* M

 = im Garten Melle  
 = im Garten Piikkiö  
 in den Jahren 1964 bis 1975

Tab. 1 MITTLERER BEGINN DER FRÜHJAHRSPHASEN IN DEN INTERNATIONALEN PHÄNOLOGISCHEN GÄRTEN (Mittel 1966 - 1975)

Garten	φ	λ	Höhe m	Salix smith. b	Mittel	Betula	Populus	Mittel
					alp.u. Salix aurita b	pubes- cens 80	canesc. und tremula 80	von 3 Picea abies M
1 Harstad - <u>Kvaefjord</u>	68°47'	16°20'E	20	-	156	-	156	172
2 Trondhjem - <u>Kvithamar</u>	63 29	10 53 E	65	110	133	132	144	148
3 Bergen - <u>Fana</u>	60 16	5 21 E	50	99	122	127	138	143
4 Oslo - <u>Ås - Vollebekk</u>	59 40	10 47 E	95	108	126	126	138	145
5 Lund - <u>Svalöf - Ekebo</u>	55 58	13 20 E	50	103	122	122	137	142
6 Stockholm - <u>Bogesund</u>	59 22	18 30 E	50	108	130	124	137	136
7 Utsjoki - <u>Kevo</u>	69 45	27 00 E	180	-	184	-	-	180
8 Oulu - <u>Pelonsuo</u>	64 31	26 27 E	115	-	153	157	167	163
9 Turku - <u>Piikkiö - Yltöinen</u>	60 23	22 33 E	10	120	137	140	150	153
10 København - <u>Hørsholm</u>	55 52	12 30 E	40	102	121	122	129	145
11 Købnh. - <u>Tastrup-Højbakkegård</u>	55 40	12 18 E	30	96	117	117	135	135
12 Aalborg - <u>Tylstrup</u>	57 14	9 55 E	20	108	124	(126)	134	139
13 Kerry - <u>Valentia Obs.</u>	51 56	10 15 W	14	75	111	95	126	113
14 CoWexford - <u>J.F.Kennedy Park</u>	52 20	6 35 W	80	64	105	100	116	125
15 Wexford - <u>Johnstown Castle</u>	52 18	6 31 W	60	70	110	103	122	126
16 Dublin - <u>Nat.Botan.Gardens</u>	53 23	6 20 W	30	78	115	118	116	117
17 Oxford - <u>Kennington</u>	51 40	1 18 W	60	-	113	-	122	137
18 London - <u>Farnham-Headly Park</u>	51 05	0 53 W	64	70	106	106	126	133
19 Gent - <u>Melle</u>	50 59	3 48 E	15	57	103	107	119	125
20 Bastogne - <u>Michamps</u>	50 00	5 44 E	500	104	119	120	130	141
21 <u>Wageningen</u>	51 59	5 40 E	25	76	106	108	121	120
22 Hamburg - <u>Schmalenbeck</u>	53 40	10 16 E	50	93	114	113	125	135
23 Hamburg - <u>Wulfsdorf</u>	53 39	10 12 E	46	92	117	114	122	132
24 Hannover - <u>Münden - Steinberg</u>	51 20	9 40 E	500	89	117	118	128	132
25 <u>Offenbach</u>	50 06	8 47 E	104	73	96	103	112	125
26 Wiesbaden - <u>Geisenheim</u>	49 59	7 58 E	109	-	99	-	-	-
27 <u>Irier</u>	49 45	6 40 E	265	68	105	104	116	127
28 Stuttgart - <u>Hohenheim</u>	48 43	9 13 E	380	75	107	109	118	126
29 Stuttgart - <u>Weilimdorf</u>	48 49	9 07 E	330	70	108	109	119	128
30 Kaiserstuhl - <u>Blankenhornsberg</u>	48 03	7 36 E	285	62	101	-	-	-
31 Kaiserstuhl - <u>Liliental</u>	48 04	7 41 E	265	74	111	109	114	129
32 <u>Freiburg</u> - Stadt	48 00	7 51 E	270	64	95	-	(109)	-
33 Freiburg - <u>Schauinsland</u>	47 55	7 54 E	1210	147	148	139	149	159
34 Freiburg - <u>Feldberg i.Schw.</u>	47 52	8 00 E	1485	-	150	-	-	166
35 <u>Donauschlingen</u>	47 57	8 31 E	680	(100)	-	130	138	137
36 München - <u>Grafrath</u>	48 11	11 10 E	540	76	117	119	132	140
37 Freising - <u>Weihenstephan</u>	48 24	11 44 E	460	80	106	111	119	127
38 Freyung - <u>Schönbrunn</u>	48 51	13 31 E	737	-	132	(126)	140	147
39 Freyung - <u>Klingenbrunn</u>	48 57	13 08 E	756	110	(118)	-	155	143
40 Freyung - <u>Waldhäuser</u>	48 56	13 20 E	956	90	132	(128)	147	146
41 <u>Quedlinburg</u>	51 57	11 08 E	123	76	-	109	122	126
42 Tharandt - <u>Hartha</u>	50 59	13 32 E	360	84	117	115	123	137
43 Poznań - <u>Kórnik</u>	52 15	17 06 E	74	89	109	103	101	130
44 <u>Mikołajki</u>	53 47	21 35 E	127	103	122	129	132	136
45 <u>Porto</u>	41 15	8 30 W	30	85	93	83	104	101
46 Nancy - <u>d'Amance</u>	48 45	6 21 E	250	(89)	(101)	-	(119)	129
47 Zürich - <u>Birmensdorf</u>	47 20	8 48 E	600	75	113	109	115	127
48 <u>Innsbruck</u> - Stadt	47 17	11 24 E	600	(60)	117	-	-	(119)
49 <u>Innsbruck</u> - <u>Rinn</u>	47 15	11 30 E	900	78	124	118	126	137
50 <u>Wien</u> - Stadt (Hohe Warte)	48 15	16 22 E	202	79	100	100	108	116
51 <u>Wien</u> - <u>Obersiebenbrunn</u>	48 15	16 45 E	150	83	104	101	106	123
52 <u>Wien</u> - <u>Kobenzl</u>	48 16	16 18 E	450	87	-	107	111	-
53 Slepčany - <u>Mlynany</u>	48 20	18 22 E	180	76	104	110	115	126
54 Zvolen - <u>Kysihybel - VULH</u>	48 27	18 56 E	540	(63)	(108)	109	117	128
55 Budapest - <u>Gödöllő</u>	47 36	19 21 E	220	(75)	105	(106)	107	112
56 Debreczin - <u>Püspökladány</u>	47 20	21 08 E	90	(84)	(93)	(87)	(104)	-
57 <u>Ljubljana</u>	46 04	14 30 E	310	79	104	108	118	114
58 Zagreb - <u>Krizevci</u>	46 02	16 34 E	146	67	100	103	111	110
59 <u>Sombor</u>	45 47	19 07 E	90	-	-	(102)	-	110
60 Sarajevo - <u>Ivan Sedlo</u>	43 45	18 01 E	1000	85	117	118	126	139

61	Dubrovnik - <u>Trsteno</u>	42°43'	17°59'E	64	75	85	90	91	114
62	<u>Bar</u>	42 05	19 05 E	5	-	-	(87)	101	111
63	<u>Beograd-Stadt-Zelene Brdo</u>	44 47	20 32 E	245	(67)	(68)	-	105	116
64	<u>Smederevska - Palanka</u>	44 22	20 57 E	121	(64)	(93)	(94)	(112)	(131)
65	<u>Skopje</u>	41 59	21 24 E	240	69	98	101	104	132
66	Vidin - <u>Bojuritza</u>	43 49	22 51 E	150	(91)	-	-	-	132
67	<u>Sofia</u>	42 41	23 20 E	564	(77)	-	-	-	132
68	Velinograd - <u>Yundola</u>	42 04	23 51 E	1490	138	151	-	151	161
69	Saloniki - <u>Serrai - Lailia</u>	41 15	23 37 E	1550	79	78	113	138	149
Mittel von 40 Gärten:					85	112	112	124	130

Tab. 2 BEGINN DER FRÜHJAHRSPHASEN UND ZAHL DER TAGE ZWISCHEN DIESEN PHASEN IM MITTEL VON 40 GÄRTEN SOWIE IN GÄRTEN IN GÜNSTIGER UND UNGÜNSTIGER LAGE

	Salix smith. b	Mittel Ribes alp. u. Salix aurita b	Betula pubescens 80	Mittel Populus canescens u. tremula 80	Mittel von 3 Picea abies M	Zahl der Tage zwischen der frühesten und spätesten Phase
Mittel von 40 Gärten Gärten mit berechneten 10jährigen Mittelwerten in allen 5 Phasen bzw. Phasengruppen						
Tage seit Jahresbeginn Kalenderdaten	85 26.III.	112 22.IV.	112 22.IV.	124 4.V.	130 10.V.	
Tage zwischen den Phasen		27	0	12	6	45
Garten in günstiger Lage mit frühem Phasenbeginn in West-Europa: Gent - <u>Melle</u>						
Tage seit Jahresbeginn Kalenderdaten	57 26.II.	103 13.IV.	107 17.IV.	119 29.IV.	125 5.V.	
Tage zwischen den Phasen		46	4	12	6	68
Garten in ungünstiger Lage mit spätem Phasenbeginn in Nord-Ost-Europa: Turku - <u>Piikkiö</u>						
Tage seit Jahresbeginn Kalenderdaten	120 30.IV.	137 17.V.	140 20.V.	150 30.V.	153 2.VI.	
Tage zwischen den Phasen		17	3	10	3	33
Garten in ungünstiger Höhenlage mit spätem Phasenbeginn in Mittel-Europa: Freiburg - <u>Schauinsland</u> (1210 m)						
Tage seit Jahresbeginn Kalenderdaten	147 27.V.	148 28.V.	139 19.V.	149 29.V.	159 8.VI.	
Tage zwischen den Phasen		1	-9	10	10	20

Tab. 3 REGIONALE UNTERSCHIEDE DER FRÜHJAHRSPHASEN AUF WEST-OST-SCHNITTEN

Abweichungen der Phasen:

- = Tage vor, + = Tage nach dem Mittel der 40 Gärten mit 10jährigen

Mittelwerten in allen 5 Phasen bzw. Phasengruppen

b = Beginn der Blüte, BO = Beginn der Blattentfaltung, M = Maitrieb

Gebiet	Garten	$\lambda$	Höhe m	Salix smith. b	Mittel Ribes alp.u. Salix aurita b	Betula pubes- cens BO	Mittel Populus canesc. und tremula BO	Mittel von 3 Picea abies M	Mittel Salix picea ( ) = nicht 5Phasen
Gärten um den 69. Breitengrad ( $\varphi: 68^{\circ}47'$ und $69^{\circ}45'$ )									
N-Norwegen	Kvaefjord	16 <sup>0</sup> 20'E	20		+44		+32	+42	(+39,3)
N-Finnland	Kevo	27 00'E	180		+72			+50	(+61,0)
Gärten um den 64. Breitengrad ( $\varphi: 63^{\circ}29'$ und $64^{\circ}31'$ )									
Mittel-Norwegen	Kvithamar	10 <sup>0</sup> 53'E	65	+25	+21	+20	+20	+18	+20,8
Mittel-Finnland	Pelsoisuo	26 20 E	115		+41	+45	+43	+33	(+40,5)
Gärten um den 60. Breitengrad ( $\varphi: 59^{\circ}20'$ bis $60^{\circ}24'$ )									
SW-Norwegen	Fana	5 <sup>0</sup> 21'E	50	+14	+10	+15	+14	+13	+13,2
SE-Norwegen	Ås-Vollebekk	10 47 E	95	+23	+14	+14	+14	+15	+16,0
Mittel-Schweden	Bogesund	18 30 E	10	+23	+18	+12	+13	+6	+14,4
SW-Finnland	Piikkiö	22 33 E	10	+35	+25	+28	+26	+23	+27,4
Gärten um den 56. Breitengrad ( $\varphi: 55^{\circ}40'$ bis $57^{\circ}14'$ )									
Dänemark-N-Jütland	Tylstrup	9 <sup>0</sup> 55'E	20	+23	+12	+14	+10	+9	+13,6
Dänemark-Seeland	Højbakkegård	12 18 E	30	+11	+5	+5	+11	+5	+7,4
Dänemark-Seeland	Hørsholm	12 30 E	40	+17	+9	+10	+5	+15	+11,2
S-Schweden	Ekebo	13 20 E	50	+18	+10	+10	+13	+12	+12,6
Gärten zwischen dem 53. und 54. Breitengrad ( $\varphi: 53^{\circ}23'$ bis $53^{\circ}47'$ )									
E-Irland	Dublin	6 <sup>0</sup> 20'W	30	-7	+3	+6	-8	-13	-3,8
N-BRDeutschland	Wulfsdorf	10 12 E	46	+7	+5	+2	-2	+2	+2,8
N-BRDeutschland	Schmalenbeck	10 16 E	50	+8	+2	+1	+1	+5	+3,4
N-Polen	Mikołajki	21 35 E	127	+18	+10	+17	+8	+6	+11,8
Gärten zwischen dem 50. und 52. Breitengrad ( $\varphi: 49^{\circ}45'$ bis $52^{\circ}20'$ )									
SW-Irland	Valentia Obs.	10 <sup>0</sup> 15'W	14	-10	-1	-17	+2	-17	-9,4
SE-Irland	J.F.Kennedy Park	6 35 W	80	-21	-7	-12	-8	-5	-10,6
SE-Irland	Johnstown Castle	6 31 W	60	-15	-2	-9	-2	-4	-6,4
Mittel-England	Kennington	1 18 W	60		+1		-2	+7	(+2,0)
S-England	Headly Park	0 53 W	84	-15	-6	-6	+2	+3	-4,4
NE-Belgien	Melle	3 48 E	15	-28	-9	-5	-5	-5	-10,4
SE-Niederlande	Wageningen	5 40 E	25	-9	-6	-4	-3	-10	-6,4
SE-Belgien	Michamps	5 44 E	500	+19	+7	+8	+6	+11	+10,2
W-BRDeutschland	Trier	6 40 E	265	-17	-7	-8	-8	-3	-8,6
Mitte-BRDeutschland	Geisenheim	7 58 E	109		-13				(-13,0)
Mitte-BRDeutschland	Offenbach	8 47 E	104	-12	-16	-9	-12	-5	-10,8
N-BRDeutschland	Steinberg	9 40 E	500	+4	+5	+5	+4	+2	+4,0
W-Deutsche DR	Quedlinburg	11 08 E	123	-9		-3	-2	-4	(-3,6)
S-Deutsche DR	Tharandt	13 32 E	360	-1	+5	+3	-1	+7	+2,6
W-Polen	Kórnik	17 06 E	74	+4	-3	-9		0	(-1,6)
Gärten zwischen dem 48. und 49. Breitengrad ( $\varphi: 47^{\circ}52'$ bis $48^{\circ}57'$ )									
SW-BRDeutschland	Blankenhornsberg	7 <sup>0</sup> 36'E	285	-23	-11				(-17,0)
SW-BRDeutschland	Liliental	7 41 E	265	-11	-1	-3	-10	-1	-5,2
SW-BRDeutschland	Freiburg	7 51 E	270	-21	-17		(-15)		(-17,7)
SW-BRDeutschland	Schauinsland	7 54 E	1210	+62	+36	+27	+25	+29	+35,8
SW-BRDeutschland	Feldberg	8 00 E	1485		+38			+36	(+37,0)
SW-BRDeutschland	Donaueschingen	8 31 E	680	(+15)		+18	+14	+7	+13,5
SW-BRDeutschland	Weilimdorf	9 07 E	330	-15	-4	-3	-5	-2	-5,8
SW-BRDeutschland	Hohenheim	9 13 E	380	-10	-5	-3	-6	-4	-5,6

Tab. 3 (Fortsetzung)

Gebiet	Garten	$\lambda$	Höhe m	Salix smith.	Mittel Ribes alp.u. Salix aurita b	Betula pubes- cens BO	Mittel Populus canesc. und tremula BO	Mittel von 3 Picea abies M	Mittel Salix picea ( ) = nicht 5Phasen
S-BRDeutschland	Grafrath	11°10'E	540	- 9	+ 5	+ 7	+ 8	+10	+ 4,2
S-BRDeutschland	Weihenstephan	11 44 E	460	- 5	- 6	- 1	- 5	- 3	- 4,0
SE-BRDeutschland	Schönbrunn	13 31 E	737		+20	(+14)	+16	+17	(+16,7)
SE-BRDeutschland	Klingenbrunn	13 08 E	756	+25	+ 6	(+39)	+31	+13	+22,8
SE-BRDeutschland	Waldhäuser	13 20 E	956	+ 5	+20	(+16)	+23	+16	+16,0
Österreich	Wien	16 22 E	202	- 6	-12	-12	-16	-14	-11,8
Österreich	Kobenzl	16 18 E	450	+ 2		- 5	-13		(- 3,2)
Österreich	Obersiebenbrunn	16 30 E	150	- 2	- 8	-11	-18	- 7	- 9,2
SE-CSSR	Mlynany	18 22 E	180	- 9	- 8	- 2	- 9	- 4	- 6,4
SE-CSSR	Zvolen-Kysihybel	18 56 E	540	(-22)		- 3	- 7	- 2	(- 8,5)
Mittel-Ungarn	Gödöllő	19 21 E	220	(-10)	- 7	(- 6)	-17	-18	-11,6
E-Ungarn	Püspökladány	21 08 E	90	- 1	(-19)	(-25)	(-20)		(-13,0)
Gärten um den 46. und 47. Breitengrad ( $\varphi$ :46°02' bis 47°20')									
N-Schweiz	Birmensdorf	8°28'E	600	-10	+ 1	- 3	- 9	- 3	- 4,8
Österreich-Tirol	Innsbruck	11 24 E	600		+ 5			(-11)	(- 3,0)
Österreich-Tirol	Rinn	11 30 E	900	- 7	+12	+ 6	+ 2	+ 7	+ 4,0
NW-Jugoslavien	Ljubljana	14 30 E	310	- 6	- 8	- 4	- 6	-16	- 8,0
N-Jugoslavien	Krizevci	16 34 E	146	-18	-12	- 9	-13	-20	-14,4
N-Jugoslavien	Sombor	19 07 E	90			(-10)			(-10,0)
Gärten um den 44. Breitengrad ( $\varphi$ :43°45' bis 44°47')									
SW-Jugoslavien	Ivan Sedlo	18 01 E	1000	0	+ 5	+ 6	+ 2	+ 9	+ 4,4
Mittel-Jugoslavien	Beograd	20 32 E	245	(-18)			-19	-14	(-17,0)
Mittel-Jugoslavien	Smederevska- Palanka	20 57 E	121	(-21)	(-19)	(-18)	(-12)	(+ 1)	-13,8
N-Bulgarien	Bojuritza	22 51 E	150	(+ 6)				+ 2	(+ 4,0)
Gärten zwischen dem 41. und 43. Breitengrad ( $\varphi$ :41°15' bis 42°48')									
N-Portugal	Porto	8°30'W	30	0	-19	-29	-20	-29	-19,4
SW-Jugoslavien	Trsteno	17 59 E	64	-10	-27	-22	-33	-16	-21,8
SW-Jugoslavien	Bar	19 05 E	5			-25	-23	-19	(-22,3)
S-Jugoslavien	Skopje	21 24 E	240	-16	-14	-11	-20	+ 2	-11,8
Bulgarien	Sofia	23 20 E	564	- 8				+ 2	(- 3,0)
Bulgarien	Yundola	23 51 E	1490	+53	+39		+26	+31	(+29,8)
N-Griechenland	Serrai-Lailia	23 37 E	1550	- 6	-34	+ 1	+14	+19	- 1,6

**Tab. 4 FRÜHESTE UND SPÄTESTE TERMINE UND ZAHL DER TAGE ZWISCHEN  
FRÜHESTEN UND SPÄTESTEN TERMINEN  
(Mittel der Jahre 1966 - 1975)**

	Salix smith.  b	Mittel Ribes alp.u. Salix aurita b	Betula pubes- cens  80	Mittel Populus canescens und tremula 80	Mittel von 3 Picea abies  M	Zahl der Tage zwischen der frühesten und spätesten Phase
Alle Gärten						
Frühester Termin	57	85	83	91	101	44
Spätester Termin (ohne Kvaefjord u.Kevo)	147	153	157	167	166	19
Tage zwischen frühestem und spätestem Termin	90	68	74	76	65	
Gärten auf den West-Ost-Schnitten um den 60. Breitengrad (Fana bis Piikkiö)						
Frühester Termin	99	122	124	137	136	37
Spätester Termin	120	137	140	150	153	33
Tage zwischen frühestem und spätestem Termin	21	15	16	13	17	
Zwischen dem 53. und 54. Breitengrad (Dublin bis Mikołajki)						
Frühester Termin	78	114	113	116	117	39
Spätester Termin	103	122	129	132	136	33
Tage zwischen frühestem und spätestem Termin	25	8	16	16	19	
Zwischen dem 50. und 52. Breitengrad (Valentia Obs. bis Kórnik)						
Frühester Termin	57	96	95	101	113	56
Spätester Termin	104	119	120	130	141	37
Tage zwischen frühestem und spätestem Termin	47	23	25	29	28	
Spätester Termin (ohne Gär- ten in höherer Lage)	89	117	118	126	137	48
Tage zwischen fr.u.sp.Termin	32	21	23	25	24	
Zwischen dem 48. und 49. Breitengrad (Kaiserstuhl bis Püspökladány)						
Frühester Termin	62	93	100	106	112	50
Spätester Termin	147	150	151	155	166	19
Tage zwischen fr.u.sp.Termin	85	57	51	49	54	
Spätester Termin (ohne Gär- ten in höherer Lage)	84	117	119	132	140	56
Tage zwischen fr.u.sp.Termin	22	24	19	26	28	
Zwischen dem 41. und 47. Breitengrad (Porto bis Yundola)						
Frühester Termin	64	78	83	91	101	37
Spätester Termin	138	151	118	151	161	23
Tage zwischen fr.u.sp.Termin	74	73	35	60	60	
Spätester Termin (ohne Gär- ten in höherer Lage)	91	104	108	118	132	41
Tage zwischen fr.u.sp.Termin	27	26	25	27	31	

**Tab. 5** EXTREM FRÜHESTE UND SPÄTESTE TERMINE UND ZAHL DER TAGE  
ZWISCHEN DEN EXTREM FRÜHESTEN UND SPÄTESTEN TERMINEN  
IN DEN EINZELJAHREN DES 10JÄHRIGEN ZEITRAUMES 1966 - 1975

	Salix smith. b	Ribes alp. b	Salix aurita b	Betula pubes- cens 80	Populus canes- cens 80	Populus tremula 80	Picea abies früh spät nord. M M Herkunft M		
Alle Gärten									
Frühester Termin	31	82	81	83	76	85	86	86	82
Spätester Termin	157	186	165	159	168	166	172	174	179
Tage zwischen frühestem und spätestem Termin	126	104	84	76	92	81	86	88	97
Gärten ohne Kvaefjord und Kevo und ohne Gärten in höherer Lage									
Spätester Termin	131	145	145	159	160	166	167	174	167
Tage zwischen frühestem und spätestem Termin	100	63	64	76	84	81	81	88	85

**Tab. 6** HORIZONTALER WANDERUNGSGESCHWINDIGKEIT (TAGE JE 100 KM)  
DES FRÜHLINGSEINZUGS IN SÜD-NORD-RICHTUNG AUF ZWEI SCHNITTEN:  
MITTEL-NORD-EUROPA UND SÜDOST-NORDOST-EUROPA

	Ent- fernung km	Salix smithiana Tage je 100 km	Mittel Ribes alp. bis Populus tremula Tage je 100 km	Mittel 3 Picea abies Tage je 100 km
Schnitt: Mittel - Nord - Europa				
Offenbach - Hamburg	409	4,6	3,2	2,2
Hamburg - Kopenhagen	246	2,8	2,4	2,4
Kopenhagen - Ås-Vollebeck (Oslo)	420	2,1	1,6	1,2
Ås-Vollebeck (Oslo) - Kvithamar (Trondhjem)	430	0,5	1,4	0,7
Offenbach - Kopenhagen	655	4,0	2,9	2,3
Offenbach - Kvithamar (Trondhjem)	1505	2,4	2,1	1,5
Schnitt: Südost - Nordost - Europa				
Krizevci (Zagreb) - Mikołajki	860	4,2	2,7	3,0
Mikołajki - Piikkiö (Turku)	720	2,4	1,9	2,4
Piikkiö (Turku) - Pelsonsuo (Oulu)	510		3,3	2,0
Krizevci (Zagreb) - Piikkiö (Turku)	1580	3,4	2,3	2,7
Krizevci (Zagreb) - Pelsonsuo (Oulu)	2090		2,6	2,5

Tab. 7 VERTIKALE WANDERUNGSGESCHWINDIGKEIT PHÄNOLOGISCHER FRÜHJAHRSPHASEN (TAGE JE 100 M HÖHE)

Gärten in tieferer Lage	Höhe m	Gärten in höherer Lage	Höhe m	Mittlerer Höhenunterschied m	Salix smith. Tage je 100 m	Mittel Ribes alp. bis Populus tremula Tage je 100 m	Mittel 3 Picea abies Tage je 100 m
Melle Trier	15 265	Michamps	500	360	11,7	4,2	4,2
Quedlinburg Offenbach	123 104	Steinberg	500	386	3,9	3,4	1,8
Liliental	265	Schauinsland	1215	950	7,7	3,6	3,2
Krizevci Trsteno Beograd	146 64 245	Ivan Sedlo	1000	848	1,8	2,9	3,4
Skopje	240	Yundola	1490	1250	4,9	4,0	2,3
Skopje Trsteno	240 64	Serrai-Lailia	1550	1398	0,7	1,1	1,9

Tab. 8 VERGLEICH DER GÄRTEN IN HÖHENLAGEN MIT GÄRTEN IN NÖRDLICHEN GEBIETEN

Der Beginn der Phasen in den Höhenlagen entspricht dem Beginn in niederen nördlichen Lagen

Garten	Höhe m	Phänologische Phase	Tage seit Jahresbeginn	Entsprechende nördliche Lage $\varphi$	Gebiet	Entfernung vom Garten km	Verhältnis Gartenhöhe zu Entfernung vom Garten
Süd - Nord - Schnitte							
Steinberg	500	Salix smithiana	89	53°00'	Südlich Hamburg	175	1 : 350
		Mittel: Ribes-Populus	121	54 30	Südlich Flensburg	375	1 : 750
		Mittel: 3 Picea abies	132	53 40	Hamburg	200	1 : 400
Schauinsland	1210	Mittel: Ribes-Populus	145	66 00	Norwegen Nähe Polarkreis	2000	1 : 1653
		Mittel: 3 Picea abies	159	66 00	Norwegen Nähe Polarkreis	2000	1 : 1653
Südost - Nordost - Schnitte							
Ivan Sedlo	1000	Salix smithiana	85	50°00'	Krakau	725	1 : 725
		Mittel: Ribes-Populus	120	51 00	Breslau	800	1 : 800
		Mittel: 3 Picea abies	139	54 45	Königsberg	1300	1 : 1300
Yundola	1490	Mittel: Ribes-Populus	151	63 10	Finnland: Vaasa	2300	1 : 1544
		Mittel: 3 Picea abies	161	63 10	Finnland: Vaasa	2300	1 : 1544
Serrai-Lailia	1550	Salix smithiana	79	48 20	Hohe Tatra Südrand	900	1 : 581
		Mittel: 3 Picea abies	149	60 23	Finnland: Piikkiö	2100	1 : 1355

Tab. 9 PHÄNOLOGISCHE INTERZEPTION

Wechsel in der Folge phänologischer Phasen  
bei *Populus canescens* und *Populus tremula*  
in verschiedenen Gebieten Europas

	Mittlere Höhe der Gärten m	<i>Populus canescens</i> 80	<i>Populus tremula</i> 80	Differenz <i>P. canescens</i> - <i>P. tremula</i> Tage
Nördliche Gebiete (nördlich 59., in Polen 53. Breitengrad) in tieferen Lagen				
Mittel von 5 Gärten in Norwegen, Schweden, Finnland und N-Polen	89	142	139	+ 3
Südliche Gebiete (zwischen 48. und 49. Breitengrad) in höheren Lagen				
Mittel von 4 Gärten im Süden der BRDeutschland im Schwarzwald und Bayerischen Wald	915	149	146	+ 3
Mittlere Gebiete (zwischen 50. und 52. Breitengrad) in mittleren Höhenlagen				
Mittel von 2 Gärten in Belgien (Michamps) und BRDeutschland (Steinberg)	500	130	128	+ 2
Westliche Gebiete (zwischen 51. und 54. Breitengrad) in tieferen Lagen				
Mittel von 7 Gärten in Irland, England, Belgien und Niederlande	41	119	123	- 4
Mittelwestliche Gebiete (zwischen 48. und 50. Breitengrad) in tieferen Lagen				
Mittel von 5 Gärten im Westen und Südwesten der BRDeutschland	269	113	118	- 5
Südöstliche Gebiete (zwischen 46. und 49. Breitengrad) in tieferen Lagen				
Mittel von 6 Gärten in Nieder-Öster- reich, CSSR, Ungarn und Jugoslawien	201	109	113	- 4
Südliche Gebiete (zwischen 43. und 48. Breitengrad) in höheren Lagen				
Mittel von 4 Gärten in der Schweiz, in Österreich, Jugoslawien und Griechenland	1012	123	130	- 7

Tab. 10 ZEITSPANNE (TAGE) ZWISCHEN DEN PHÄNOLOGISCHEN FRÜHJAHRSPHASEN  
SALIX SMITHIANA b UND MITTEL DER 3 PICEA ABIES M

	Garten	Höhe	Salix smith. b	Mittel 3 Picea abies M	Zeitspanne zwischen Salix u. Picea Tage
Nördliche Gebiete in tieferen Lagen					
Mittel von 5 Gärten in Norwegen, Schweden, Finnland und N-Polen	Kvithamar	65	110	148	38
	Fana	50	99	143	44
	Ås-Vollebekk	95	108	145	37
	Piikkiö	10	120	153	33
	Mikołajki	127	103	136	33
					37,0
Westliche Gebiete in tieferen Lagen					
Mittel von 7 Gärten in Irland, England, Belgien und Niederlande	Valentia Obs.	14	75	113	38
	J.F.Kennedy Park	80	64	125	61
	Johnstown Castle	60	70	137	67
	Dublin	30	78	117	39
	Headly Park	64	70	133	63
	Gent-Melle	15	57	125	68
	Wageningen	25	76	120	44
					54,3
Gärten in mittelhoher Lage					
Mittel von 2 Gärten in Belgien und BRDeutschland	Michamps	500	104	141	37
	Steinberg	500	89	132	43
					40,0
Gärten in hoher Lage					
Mittel von 2 Gärten in BRDeutsch- land und Bulgarien	Schauinsland	1210	147	159	12
	Yundola	1490	138	161	23
					17,5
Mittelwestliche Gebiete in tieferen Lagen					
Mittel von 5 Gärten im Westen und Südwesten der BRDeutschland	Offenbach	104	73	125	52
	Trier	265	68	127	59
	Weilimdorf	330	70	128	58
	Liliental	265	74	129	55
	Hohenheim	380	75	126	51
					55,0
Südliche Gebiete in tieferen Lagen					
Mittel von 5 Gärten in Süd-Jugoslavien und Bulgarien	Trsteno	64	75	114	39
	Beograd	245	67	116	49
	Skopje	240	69	132	63
	Bojuritza	150	91	132	41
	Sofia	564	77	132	55
					49,4
Südöstliche Gebiete in tieferen Lagen					
Mittel von 5 Gärten in Nieder-Österreich, N-Jugoslavien und Ungarn	Wien	202	79	116	37
	Obersiebenbrunn	150	83	123	40
	Ljubljana	310	79	114	35
	Krizevci	146	67	110	43
	Gödöllő	220	75	112	37
					38,4