

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie

Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel

Band: 40 (1999)

Heft: 2

Artikel: Bioindikation klimaökologischer Verhältnisse durch phänologische Kartierungen in Basel

Autor: Jäger, Daniel

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088507>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 14.01.2026

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

Bioindikation klimaökologischer Verhältnisse durch phänologische Kartierungen in Basel

Daniel Jäger

Zusammenfassung

Im Frühjahr 1998 wurde in Basel eine phänologische Kartierung mit Forsythien durchgeführt. 321 Planquadrate mit 250 m Seitenlänge teilten das Gebiet auf, in denen 969 Pflanzen kartiert wurden. Die dadurch gewonnenen Daten des Blühbeginns, welche in Kartenform vorliegen, wurden mit meteorologischen und stadtstrukturellen Parametern in Zusammenhang gebracht. Deutlich festzustellen ist eine Abhängigkeit des Eintrittstermins des Blühbeginns von der Temperatur und der Sonnenscheindauer. Eine räumliche Differenzierung innerhalb der Stadt lässt sich zwar feststellen, die Abhängigkeit von stadtstrukturellen Merkmalen ist jedoch nicht so deutlich ausgeprägt wie ursprünglich erwartet.

1 Einleitung

Phänologische Untersuchungen erfassen die räumlichen Unterschiede des zeitlichen Eintretens auffälliger Erscheinungen im jahreszeitlichen Entwicklungsgang der Pflanzen (Baumgartner 1952, Schnelle 1955, Dickel 1966, Erlenbach & Weber 1987). Geeignete Untersuchungsphasen sind z. B. der Blühbeginn, die erste Blattentfaltung, die Fruchtreife, die Laubfärbung oder der Laubfall. In diesem Zusammenhang wird die Tatsache genutzt, dass Pflanzen als Bioindikatoren das Zusammenwirken zahlreicher Umweltbedingungen, wie z. B. Lufthygiene, Wasserhaushalt, Klima und Bodeneigenschaften, anzeigen, aber auch auf eine plötzliche Änderung einer wichtigen Faktorenkombination reagieren (Schreiber 1983, 386).

Klassische Einsatzgebiete der Phänologie sind die kleinmassstäbige Gelände-klimatologie und die Agrarmeteorologie. Seit langem ist bekannt, dass die Vegetationsentwicklung innerhalb gröserer Siedlungen mit einer zeitlichen Differenz zum Umland erfolgt. Der Entwicklungszustand einer Pflanze wird in der Regel durch

Adresse des Autors: Daniel Jäger, Institut für Natur-, Landschafts- und Umweltschutz (NLU-Biogeographie), Universität Basel, St. Johanns-Vorstadt 10, CH-4056 Basel

Schätzen ermittelt und ist daher mit einem Schätzfehler verbunden, der nicht beliebig reduziert werden kann. In kleinen Untersuchungsgebieten treten meist Entwicklungsunterschiede von nur wenigen Tagen auf, so dass phänologische Untersuchungen hier bereits bei der Datenerfassung an eine kritische Grenze stossen. Auch Entwicklungsunterschiede, die nur auf individuellen physiologischen Unterschieden beruhen und nicht auf exogene Ursachen zurückgeführt werden können, erlangen bei geringer Gesamtstreuung des phänologischen Datenmaterials eine nicht zu vernachlässigende Bedeutung. Zusätzlich treten in Stadtgebieten vielfältige und kleinräumig stark variable Faktoren auf, die die Entwicklungsvorgänge einer Pflanze beeinflussen können.

Im Mittelpunkt neuerer Arbeiten zur Stadtphänologie (*Karsten* 1986, *Hartenstein* 1994) steht daher die Frage nach den Ursachen phänologischer Differenzierungen in Stadtgebieten und die Bestimmung der Trennschärfe dieser Methodik bei der Indikation mesoklimatischer, insbesondere thermischer Strukturen in dicht besiedelten Räumen. Eine Klärung dieser Fragen ist zur Bestimmung der Einsatzmöglichkeiten der Phänologie im Bereich der Stadtplanung von grossem Interesse, da man hier Informationen über komplexe bioklimatische Muster benötigt, die durch instrumentelle Messtechniken derzeit nur mit hohem finanziellem und zeitlichem Aufwand gewonnen werden können.

Seit 1951 besteht in der Schweiz ein phänologisches Beobachtungsnetz mit rund 140 Stationen in verschiedenen Regionen und Höhenlagen, wo regelmässig 70 Phänophasen an 37 Pflanzenarten beobachtet werden (*Defila* 1991, 31). Darüber hinaus haben *Schreiber et al.* (1977) und *Primault* (1984) phänologische Aufnahmen für die gesamte Schweiz in einem relativ weitmaschigen Beobachtungsnetz durchgeführt. Dabei konnte festgestellt werden, dass sich Basel deutlich als Wärmeinsel von seinem Umland hervorhebt. Da heute die Modellvorstellungen allerdings von einem mehrkernigen Wärmearchipel ausgehen (*Eriksen* 1976, 370), wurden in Basel die phänologischen Untersuchungen (Aufblühtermine der Forsythie) in einem kleineren Raster durchgeführt. Auf dieser Grundlage sowie stadtstrukturellen (Baustruktur, Versiegelungsgrad etc.) und meteorologischen Daten wurde der Frage nachgegangen, ob innerhalb der Stadt Basel räumliche Unterschiede beim Aufblühen der Forsythie auftreten.

2 Methoden

Für die Untersuchung in Basel wurde die Forsythie (*Forsythia suspensa*) ausgewählt. Sie ist ein bekannter Zierstrauch, der leicht zu bestimmen ist, eindeutige phänologische Phasen aufweist, in der Stadt (Vorgärten, Grünflächen) häufig vorkommt und somit eine flächendeckende Kartierung mit hoher räumlicher Auflösung ermöglicht.

In der Literatur werden verschiedene phänologische Arbeitsmethoden unterschieden (*Kreeb* 1954, *Zacharias* 1972, *Karsten* 1986). Das sehr engmaschige Untersuchungsnetz in Basel bedingte die homochrone Methode, bei der mehrere

Beobachter an verschiedenen Punkten im gleichen Zeitraum Beobachtungen vornahmen. Die durch den Einsatz von verschiedenen Beobachtern entstandenen subjektiven Schätzfehler mussten bei der Datenauswertung berücksichtigt werden.

Über die Stadt Basel wurde ein Rasternetz mit einer Kantenlänge von 250 m gelegt, wobei in jedem Raster idealerweise drei regelmässig verteilte Standorte mit jeweils drei Forsythien zu untersuchen waren. In 321 von 418 entstandenen Planquadraten wurden somit insgesamt 762 Standorte mit 969 Forsythien kartiert.

Es wurden insgesamt fünf vollständige Messfahrten Ende Februar / Anfang März 1998 durchgeführt (18.2., 21.2., 24.2., 5.3., 11.3.). Am 27.2. und 2.3. wurden nur 16 gleichmässig über das Stadtgebiet verteilte Raster kartiert.

Dabei wurde unterschieden zwischen fünf Phasen bei geschlossener Blüte (Tab. 1) sowie acht Phasen im Blühzustand (Anteil der offenen Blüten) (Tab. 2).

Bei der Verwendung der homochronen Beobachtungsmethode beschränkt sich die Datenerhebung darauf, an jedem Standort den Eintrittszeitpunkt einer definierten Phase festzustellen. Man spricht in diesem Fall von einer isophasischen Kartierung (Hartenstein 1994, 12). Es entsteht eine dynamische Darstellung der räumlichen Differenzierung des Eintrittszeitpunktes einer bestimmten Phase.

Fehlende Schätzwerte des Entwicklungszustandes wurden durch Interpolation auf der Schätzskala ermittelt. Um den Schätzfehler zu reduzieren, erfolgte die Auswertung durch Mittelwertbildung der Standorte innerhalb der 500 m Raster und durch Eliminierung von Extremwerten. Auf dem kleineren 250 m Raster war ein sehr heterogenes Muster des Blühbeginns entstanden. Die Mittelwertbildung bildete die Basis für die Isophanen-Darstellung (s. Abb. 2). Isophanen grenzen Gebiete ab, in denen eine Phänophase innerhalb des gleichen Zeitraumes eingetreten ist.

Da die klimatischen Faktoren vor allem im Frühling eine überragende Rolle bei der phänologischen Entwicklung spielen (Larcher 1994, 222ff.), wurden Temperaturen und Sonnenscheindauer für die Periode von Anfang Februar bis Mitte März 1998 der Meteorologischen Station Basel-Binningen in die Untersuchungen miteinbezogen.

Tab. 1 Schätzskala der Blütenentwicklung bei geschlossenen Blüten von *Forsythia suspensa*.

Phase	Beschreibung
0	Knospen erkennbar, in Winterruhe
I	Knospen leicht angeschwollen
II	Knospen leicht angeschwollen, Ansätze von Grün erkennbar
III	Knospen stark angeschwollen, grüne Spitzen gut erkennbar
IV	Ansätze der gelben Blüte erkennbar
V	Blüte entwickelt, vor dem Aufblühen

Tab. 2 Schätzskala der Blütenentwicklung bei offenen Blüten von *Forsythia suspensa*.

Schätzindex	1	2	3	4	5	6	7	8
Leitstadium (Anteil offener Blüten in %)	10	20	33	50	66	80	90	100

Tab. 3 Karte der Varianzfaktoren der näheren und weiteren Umgebung der Pflanze.

Varianzfaktoren	Beispiel (Masseinheit)
Individuelle Varianzfaktoren	<ul style="list-style-type: none"> Pflanzenhöhe PFH (m) Vitalität der Pflanze VIT (gut ↔ schlecht)
Topologische Varianzfaktoren	<ul style="list-style-type: none"> Gebäudedistanz GD (m) Gebäudehöhe GH (m) Relative Gebäudehöhe RGH (GH / GD) Reduzierung des Strahlungsinputs durch Horizontbegrenzung RS (keine ↔ sehr hoch) Strassendistanz SD (m) Strassenbreite SB (m) Verkehrsdichte VD (wenig befahrene Strasse ↔ sehr stark befahrene Strasse) Versiegelungsgrad VG im Bereich eines Kreises um die Pflanze mit Durchmesser 3 m und 10 m (%)
Chorologische Varianzfaktoren	<ul style="list-style-type: none"> Baudichte BD, ausgedrückt als Anteil überbauter Fläche pro Baublock (%) Grünflächenanteil GF, ausgedrückt als Anteil Grünflächen pro Baublock (%)

Darüber hinaus wurden stadtstrukturelle Varianzfaktoren während der Standortaufnahme kartiert (Tab. 3), da prinzipiell alle Merkmale der näheren und weiteren Umgebung der Pflanze Einfluss auf ihre Wachstumsbedingungen nehmen können. Es war eine sinnvolle Auswahl an Parametern nötig, die mutmasslich in die endogene Steuerung der Entwicklungsvorgänge eingreifen.

3 Ergebnisse

Nach Karsten (1986, 51) ist die Auslösung einer Frühjahrsphase meist mit ein oder zwei "Reizen" in Form von Maxima der Temperatur und/oder der Sonnenschein-dauer verbunden. Das erste Maximum gilt als phasenvorbereitend, es tritt normalerweise ca. fünf bis zehn Tage vor den frühesten Terminen auf. Das zweite Maximum findet sich in der Regel direkt zu Beginn der Phasenkurve, es löst die Phase unmittelbar aus.

Abb. 1 zeigt die Anzahl Forsythien, die in Abhängigkeit von der Tagesmitteltemperatur und der täglichen Sonnenscheindauer im Frühjahr 1998 an einem bestimmten Tag den Blühbeginn erreicht haben. Deutlich zu erkennen ist ein markanter Temperaturanstieg zwischen dem 5. Februar und dem 15. Februar. Dieses erste Maximum trat vier Tage vor den frühesten Aufblühterminen auf und kann somit als phasenvorbereitend angesehen werden. Das zweite Maximum am 21. Februar trat zwei Tage vor Beginn der Phasenkurve ein und löste somit den Blühbeginn aus, wobei um den 25. Februar ein Grossteil der Forsythien fast explosionsartig diese Phase erreichten. Die tägliche Sonnenscheindauer war zwischen dem 8. Februar und dem 15. Februar mit durchschnittlich 8.7 Stunden sehr

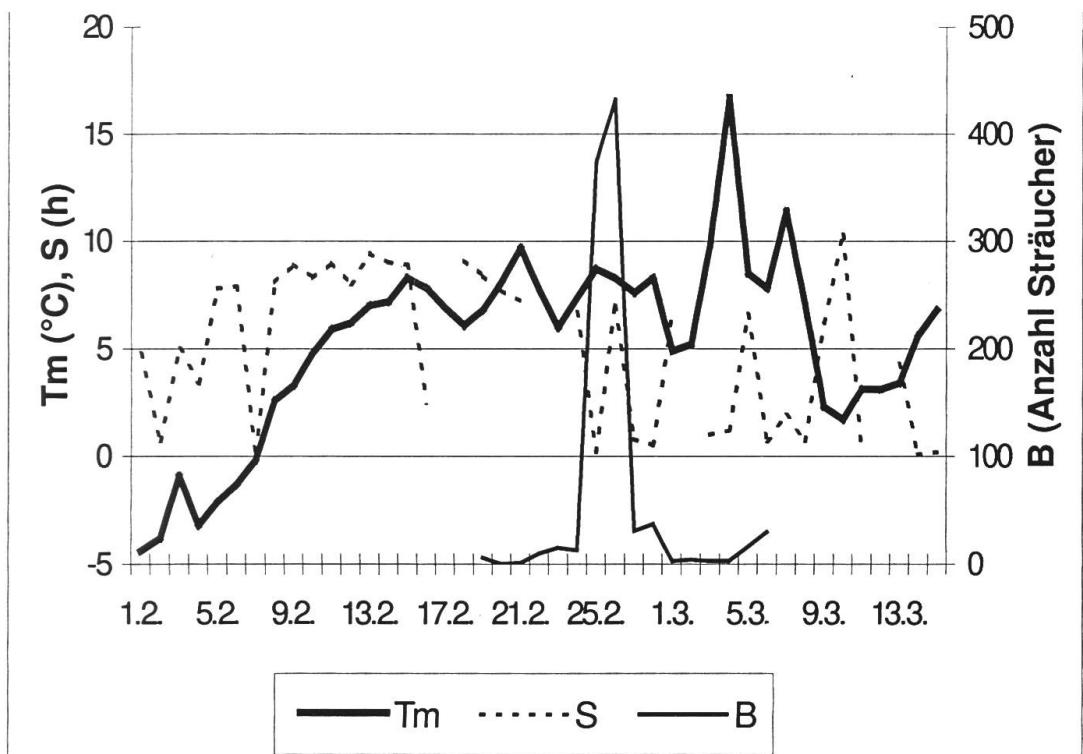


Abb. 1 Verlaufskurve des Blühbeginns (B) der Forsythie (dargestellt ist die Anzahl der Pflanzen, die am jeweiligen Tag den kritischen Zustand erreichen) sowie Tagesmitteltemperatur (T_m) und tägliche Sonnenscheindauer (S) im Zeitraum vom 1.2.98 bis zum 15.3.98 an der Meteorologischen Station Basel-Binningen.

hoch. Zusammen mit dem kontinuierlichen Temperaturanstieg war auch sie für die schnelle Entwicklung des Blühbeginns verantwortlich. Somit zeigt sich hier ein starker Zusammenhang zwischen der Phänophase und dem Witterungsverlauf.

Abb. 2 zeigt die Isophanen-Darstellung des Blühbeginns der Forsythie. Der Altstadtbereich verzeichnete ein verfrühtes Aufblühen. Im dicht bebauten Kleinbasel, im Industriegebiet Nord in Grossbasel sowie im Nordwesten der Stadt konnte ebenfalls ein frühes Aufblühen festgestellt werden. Im Gundeldinger-Quartier kam es im Bereich des Dreispitzes zu einem verfrühten Aufblühen.

Südlich des Rheins im Bereich des Gellert-Quartiers und des St. Alban Teiches war eine deutliche Verspätung des Blühbeginns festzustellen. Ebenfalls spätere Termine wurden in Richtung Riehen verzeichnet. Auch die Gleisanlagen von DB und SBB sowie das Gebiet Klosterfichten auf dem Bruderholz zeigten einen späteren Phaseneintritt.

Der Einfluss der Varianzfaktoren auf den Blühbeginn wurde mit Mitteln der analytischen Statistik geprüft. Da die Variablen die Bedingung der Normalverteilung nicht vollständig erfüllen, wurde dem Produktmoment-Korrelationskoeffizienten nach *Pearson* der Rangplatz-Korrelationskoeffizient nach *Spearman* gegenübergestellt (Tab. 4).

Es zeigten sich Zusammenhänge zwischen dem Blühbeginn und den Varianzfaktoren Baudichte, Grünflächenanteil und Flächenversiegelung (VG3 und VG10). Bei einer hohen Baudichte und einer hohen Flächenversiegelung ist ein verfrühter

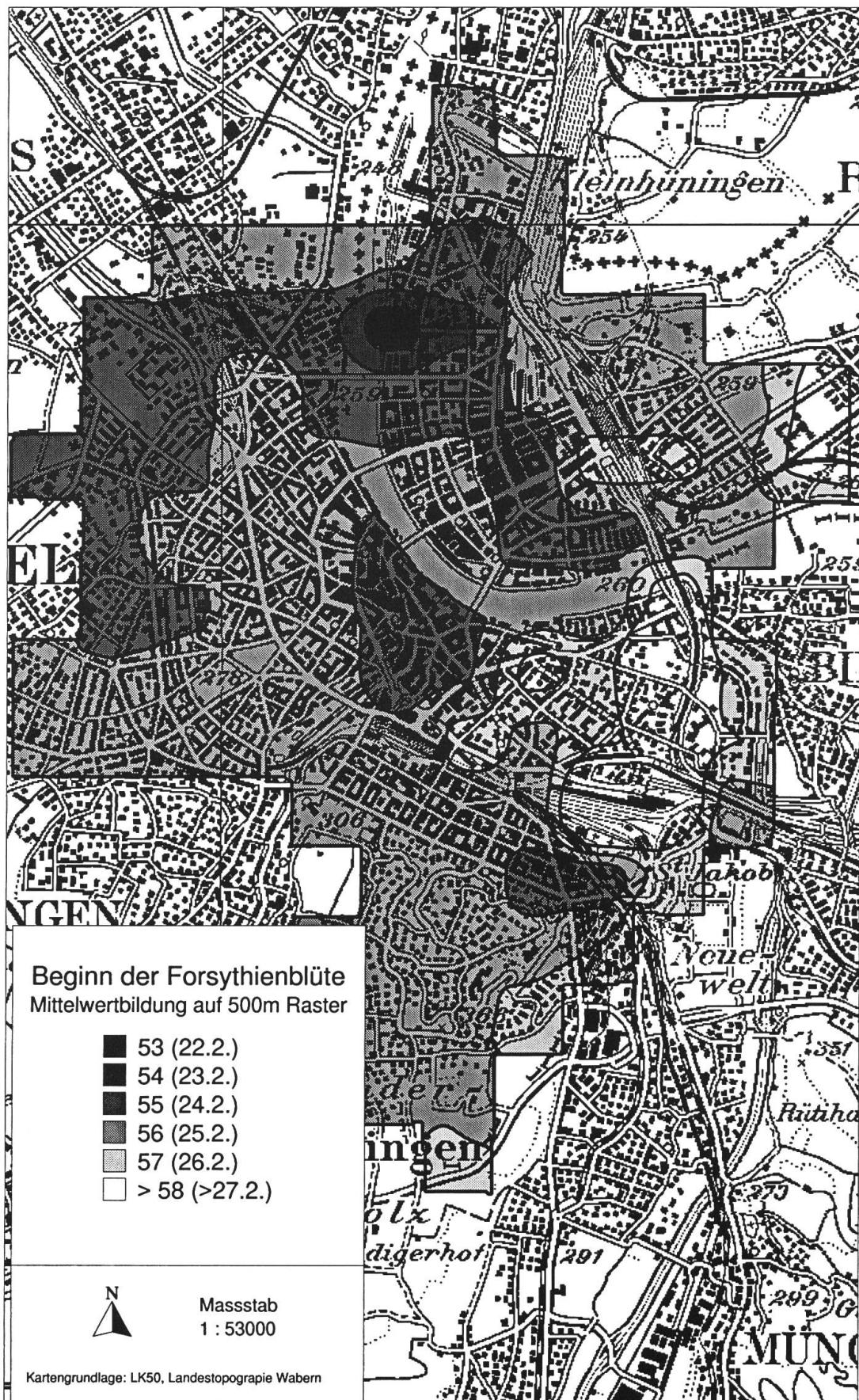


Abb. 2 Isophane-Darstellung des Blühbeginns der Forsythie in Basel im Frühjahr 1998. Die Zahlen bedeuten den Eintrittszeitpunkt der Blüte in Tagen nach Jahresanfang.

Tab. 4 Korrelationskoeffizienten zwischen den Varianzfaktoren und dem Blühbeginn der Forsythie auf einem Signifikanz-Niveau von 0,05 (oben: *Spearman*, unten: *Pearson*).
 * = nicht signifikant, – = nicht anwendbar.

	BD	GF	GD	GH	RGH	RS	SD	VD	SB	VG3	VG10	PFH	VIT
B	-0.29	0.29	0.25	-0.15	-0.30	*	0.12	*	*	-0.76	-0.64	*	*
B	-0.22	0.23	0.24	-0.13	-0.24	–	0.14	*	*	-0.58	-0.54	*	–

Blühbeginn zu erwarten, wobei der Zusammenhang bei der Baudichte weniger signifikant ist als bei der Flächenversiegelung. Im Gegensatz dazu stehen die Grünflächen, die mit zunehmendem Flächenanteil spätere Eintrittstermine des Blühbeginns bedingen, wobei der Zusammenhang nicht sehr stark ist.

Gebäudehöhe und Gebäudedistanz zeigen auch nur einen schwach signifikanten Zusammenhang mit dem Blühbeginn. Es ist jedoch eine gegensätzliche Einflussrichtung zu beobachten, wobei es zu einer leichten Verfrühung des Blühbeginns kommt, je näher sich ein Gebäude am Wuchsorit der Forsythie befindet und je höher dieses Gebäude ist. Es ist daher naheliegend, aus beiden Grössen die relative Gebäudehöhe ($RGH = GH / GD$) des nächstliegenden Gebäudes zu berechnen. Sie zeigt eine stärkere Abhängigkeit vom Blühbeginn. Je kleiner die relative Gebäudehöhe ist, um so später tritt der Blühbeginn der Forsythie ein.

Bei einer grossen Distanz zur nächsten Strasse tritt der Blühbeginn nur schwach signifikant später ein. Die Abhängigkeiten zwischen allen weiteren Varianzfaktoren und dem Blühbeginn sind nicht signifikant.

4 Diskussion

Im Altstadtbereich, in Kleinbasel und im Industriegebiet Nord hat die Baustruktur einen erheblichen Einfluss auf das verfrühte Eintreten des Blühbeginns. In diesen Gebieten herrschen eine dichte Bebauung, eine starke Horizontbegrenzung sowie ein geringer Grünflächenanteil vor.

Grosse Freiflächen sowie abfliessende Kaltluft sind für die späten Aufblühtermine im Bereich des Gellert-Quartiers und des St. Alban Teiches verantwortlich.

Bei dem ebenfalls später einsetzenden Blühbeginn in Richtung Riehen spielen sicher die Grünflächen einen entscheidenden Faktor für die Verzögerung der Phänophase, da hier die Temperaturen nicht so stark wie in der bebauten Stadt ansteigen. Die grossräumigen Freiflächen im Bereich der Gleisanlagen von DB und SBB sind für die verspäteten Blühtermine verantwortlich. Somit spielen die Schotterkörper, die sich tagsüber bei hoher Einstrahlung stark aufzuwärmen vermögen, eine weniger bedeutende Rolle. Zu einem ähnlichen Ergebnis kam Durwen (1978) in Münster. Auch hier zeigten sich die Gleisanlagen des Hauptbahnhofes als Kühlezonen.

Im Gegensatz dazu steht das Bruderholz, wo aufgrund der Topographie, der Bebauung (Ein- und Zweifamilienhäuser) und einem hohen Grünflächenanteil ein späterer Blühbeginn erwartet wurde. Hier erweist sich der Einfluss der Topographie

und des Grünflächenanteils auf den Blühbeginn als gering. Der geringere Einfluss der Grünflächen und der Baudichte auf den Blühbeginn zeigt sich ebenfalls in Nordwesten Basels.

Die räumliche Verteilung der Aufblühtermine deckt sich nur teilweise mit den Vorstellungen des innerstädtischen, mehrkernigen Wärmechipels. Es ergab sich eine Übereinstimmung mit den Ergebnissen von *Liechti* (1990, 102f.), der durch Temperaturmessfahrten feststellen konnte, dass der Altstadtbereich sowie das Zentrum des Gundeldinger-Quartiers Wärmezentren darstellen. Ebenfalls in Übereinstimmung mit den phänologischen Daten bezeichnet er die Freiflächen um den St. Alban Teich als "klimaökologisch bedeutsame Ausgleichsflächen", von denen Kaltluft in die angrenzenden Quartiere abfliesst. Keine Übereinstimmung besteht jedoch im Nordwesten Basels, der durch unregelmässigen Kaltlufteinfluss als "mehrheitlich klimaökologisch begünstigtes" Gebiet bezeichnet wird. Hier wurden jedoch sehr frühe Aufblühtermine kartiert. Es kann angenommen werden, dass dieser "unregelmässige" Kaltlufteintrag während der Kartierungsphase sehr klein gewesen ist und sich somit das Aufblühen der Forsythien verfrühte.

Bei den Untersuchungen von *Durwen* (1978) in Münster, *Hartenstein* (1994) in Karlsruhe und *Schlepütz* (1995) in Leverkusen konnten präzisere Abhängigkeiten zwischen Stadtstruktur und Phänophase festgestellt werden. In Basel lassen sich zwar auch Zusammenhänge feststellen. Der Witterungsverlauf spielt jedoch den entscheidenden Faktor. Dies zeigt sich an dem raschen Eintreten des Blühbeginns innerhalb kurzer Zeit aufgrund des markanten Temperaturanstiegs innerhalb weniger Tage.

Die Flächenversiegelung übt den grössten Einfluss auf das Eintreten der Blüte aus (s. Tab. 4). Forsythien, die an einem stark versiegelten Standort vorkommen, erreichen deutlich früher den Blühbeginn. Durch diese Bodenversiegelung kann es zu einer verstärkten Erwärmung des Wurzelraumes und der bodennahen Luft kommen.

Die relative Gebäudehöhe ist ebenfalls ein wichtiger Faktor, der den Blühbeginn der Forsythie beeinflusst. Der Einfluss ist jedoch nicht so stark wie die Bodenversiegelung. Grosse, relative Gebäudehöhen bedeuten, dass das Gebäude vom Standort aus einen grossen Teil der Himmelsfläche verdeckt. Die Wirkung dieser Abschattung beruht teilweise auf der Modifikation der Strahlungsverhältnisse. Bei grossen relativen Gebäudehöhen kommt es am Standort zu einer Verringerung des kurzweligen direkten und indirekten Strahlungsangebotes, das nur teilweise durch verstärkte Reflexstrahlung ausgeglichen werden kann. Dass es aber trotz dieser Verringerung zu einer phänologischen Verfrühung kommt, lässt darauf schliessen, dass die Wirkung der relativen Gebäudehöhe auf den Blühbeginn stärker von der Modifikation der langwelligen Strahlung und der thermischen Verhältnisse durch die Gebäude in der unmittelbaren Umgebung bestimmt wird.

Es lassen sich auch keine klaren Abhängigkeiten zwischen dem Blühbeginn, der Baudichte und dem Grünflächenanteil feststellen. Ein verfrühtes oder verspätetes Einsetzen des Blühbeginns lässt sich nicht in jedem Fall mit der Dichte der Bebauung oder der Ausdehnung bzw. dem Anteil an Grünflächen in Beziehung setzen.

Aufgrund unterschiedlicher Witterungsverläufe in verschiedenen Jahren können in jedem Jahr unterschiedliche räumliche Verteilungsmuster entstehen. Aus diesem Grund sollte möglichst die mittlere phänologische Verteilung mehrerer Jahre untersucht werden. Dies wurde erst von *Zacharias* (1972) und *Karsten* (1986) durchgeführt. Die Beobachtungen von *Karsten* (1986, 50ff.) enthalten erste wichtige Hinweise, in welcher Form der Witterungsverlauf das räumliche Verteilungsmuster der Phasentermine beeinflusst. Ein Phasenschub (phasenauslösendes Maximum nicht kleiner als das vorbereitende, geringe bis keine Depression in der Vorbereitungsphase) kann einen stark nivellierenden Effekt auf die phänologische Differenzierung in den Randbereichen des Siedlungsgebietes ausüben, während das Muster in den Zentralbereichen weitgehend unbeeinflusst bleibt. Hiermit liesse sich die geringe Differenzierung auf dem Bruderholz und im Südwesten Basels erklären.

5 Fazit

In Basel wurden erstmals phänologische Kartierungen auf einem sehr engmaschigen Beobachtungsnetz durchgeführt. Es entstand eine Isophanenkarte des Aufblühtermins der Forsythie.

Es zeigt sich ein räumlicher Unterschied des Blühbeginns der Forsythie, allerdings nicht in dem erwarteten Ausmass. Gründe dafür können sein, dass die Fläche der Stadt Basel zu klein sowie zu kleinräumig ist und sich somit keine prägnanten Unterschiede ausbilden können. Auch nimmt die Zahl der brauchbaren Standorte zum dichtbebauten Stadtkern stark ab, so dass nur auf wenige Pflanzen zurückgegriffen werden kann und somit ihre Repräsentativität nicht gewährleistet ist. Es bestehen Zusammenhänge zwischen dem Blühbeginn, der Baustruktur, dem Grünflächenanteil, der relativen Gebäudehöhe und dem Versiegelungsgrad, wobei bei letzterem der Zusammenhang sehr stark ist. Die Abhängigkeit von der Baustruktur und dem Grünflächenanteil ist jedoch nicht so stark, da der Witterungsverlauf durch einen Phasenschub (s. Kap. 4) das räumliche Verteilungsmuster stark nivellierte und somit die stadtstrukturellen Elemente überlagert. Um die zwischenjährliche Variabilität bzw. die Stabilität der Ergebnisse festzustellen, wäre es wünschenswert, die gleiche Kartierung mehrfach durchzuführen.

Literatur

Baumgartner A. 1952. Zur Phänologie von Laubhölzern und ihre Anwendung bei lokalklimatischen Untersuchungen. In: *Bericht des Deutschen Wetterdienstes in der US-Zone* 42: 69-73.

Defila C. 1991. *Pflanzenphänologie der Schweiz*. Veröffentlichung der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt 50, Diss. Uni Zürich: 1-235.

- Dickel H. 1966. *Probleme phänologischer Methodik am Beispiel einer naturräumlichen Gliederung des Kreises Marburg / Lahn*. Marburger Geographische Schriften 31: 1-150.
- Durwen R. 1978. *Kartierung der relativen Wärmeverhältnisse Münsters mittels phänologischer Spektren*. Diplomarbeit, Universität Münster, 1-84, unveröffentlicht.
- Ellenberg H. 1954. Naturgemäße Anbauplanung, Melioration und Landespflege. In: *Landwirtschaftliche Pflanzensoziologie* 3: 1-109.
- Eriksen W. 1976. Die städtische Wärmeinsel. Neuere Erkenntnisse zur Gliederung, Genese und Bedeutung des innerstädtischen Temperaturfeldes. In: *Geographische Rundschau* 28: 368-373.
- Erlenbach W. & Weber H. 1987. Internationales Phänologie-Symposium Wien, 17.-20. September 1986. In: *Erdkunde* 41: 146-149.
- Hartenstein M. 1994. *Phänologische Analysen im Stadtgebiet von Karlsruhe*. Karlsruher Berichte zur Geographie und Geoökologie 5: 1-68.
- Karsten M. 1986. *Eine Analyse der phänologischen Methode in der Stadtklimatologie am Beispiel der Kartierung Mannheims*. Heidelberger Geographische Arbeiten 84: 1-136.
- Kreeb K. 1954. Phänologische Untersuchungen auf kleinem Raum. In: *Meteorologische Rundschau* 7(7/8): 95-100 u. 133-137.
- Larcher W. 1994. *Ökophysiologie der Pflanzen*. Stuttgart, 221-354.
- Liechti H.-J. 1990. *Die thermischen Verhältnisse in Basel mit besonderer Berücksichtigung der Entstehung und Struktur der städtischen Wärmeinsel von Grossbasel*. Diplomarbeit, Universität Basel, 1-106, unveröffentlicht.
- Primault B. 1984. Phänologie (Frühling, Frühsommer). In: Schweizerische Meteorologische Anstalt (Hrsg.): *Klimaatlas der Schweiz*, Kap. 13.
- Schlepütz E. 1995. Phänologisch-klimatologische Untersuchungen am Beispiel der Stadt Leverkusen. In: *Kölner Geographische Arbeiten* 65: 105-117.
- Schnelle F. 1955. *Pflanzenphänologie*. Leipzig, 1-299.
- Schreiber K.-F. et al. 1977. *Wärmegliederung der Schweiz aufgrund von phänologischen Geländeaufnahmen in den Jahren 1969 bis 1973*. Bern, 1-69.
- Schreiber K.-F. 1983. Die phänologische Entwicklung der Pflanzendecke als Bio-indikator für natürliche und anthropogen bedingte Differenzierungen der Wärmeverhältnisse in Stadt und Land. In: *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie* (Festschrift Ellenberg) 11: 385-396.
- Zacharias F. 1972. *Blühphaseneintritt an Strassenbäumen (insbesondere Tilia x euchlora KOCH) und Temperaturverteilung in Westberlin*. Dissertation, Berlin, 1-309.