

# Klimawandel und Pflanzenphänologie in Hessen



## Ergebnisse

Prof. Dr. Ludger Grünhage  
Institut für Pflanzenökologie  
Justus-Liebig-Universität Gießen

13. April 2019



## **Inhaltsverzeichnis**

1	Belegungsgrad der Beobachtungsstationen bis 2017	4
2	Häufigkeitsverteilung der Veränderungen im mittleren Eintritt der Phänophasen 1991-2017 vs. 1961-1990	7
3	Zeitreihenanalyse	8
4	Trend in der Entwicklung der Hauptjahreszeiten	9
5	Trends in der Entwicklung verschiedener Kulturpflanzen	10
6	Trend in der Dauer der landwirtschaftlichen Vegetationsperiode	12
7	Trends in der Dauer der Wachstumsphase von Laubbäumen	13
8	Trend in der Dauer der Pollenflugsaison	13
9	Trend in der Dauer der Bienentracht	14

# 1 Belegungsgrad der Beobachtungsstationen bis 2017

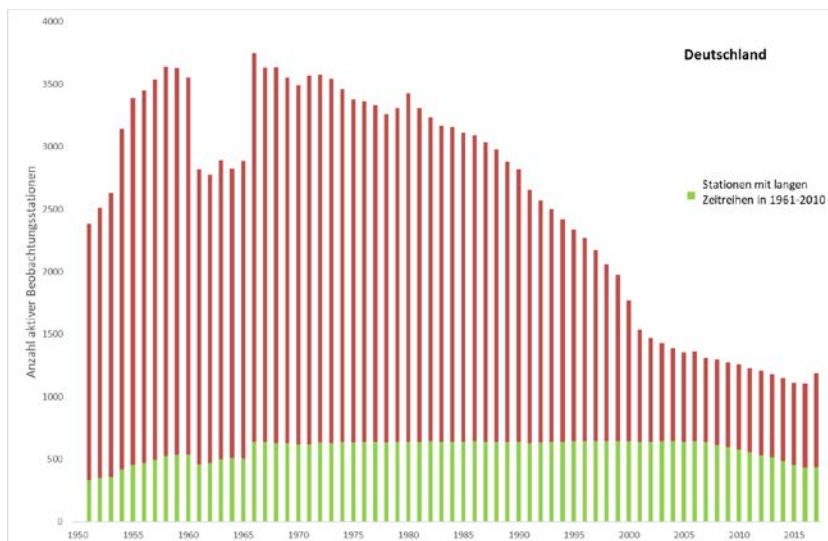
Es wurden keine benachbarten Stationen zusammengeführt, da nicht ausgeschlossen werden kann, dass durch die Verlegung der Beobachtungsstation ein "Bruch" in der Zeitreihe verursacht worden ist.

## Definition:

lange Zeitreihe = Station mit min. 7 Beobachtungsjahre pro Dekade im Zeitraum 1961 – 2010

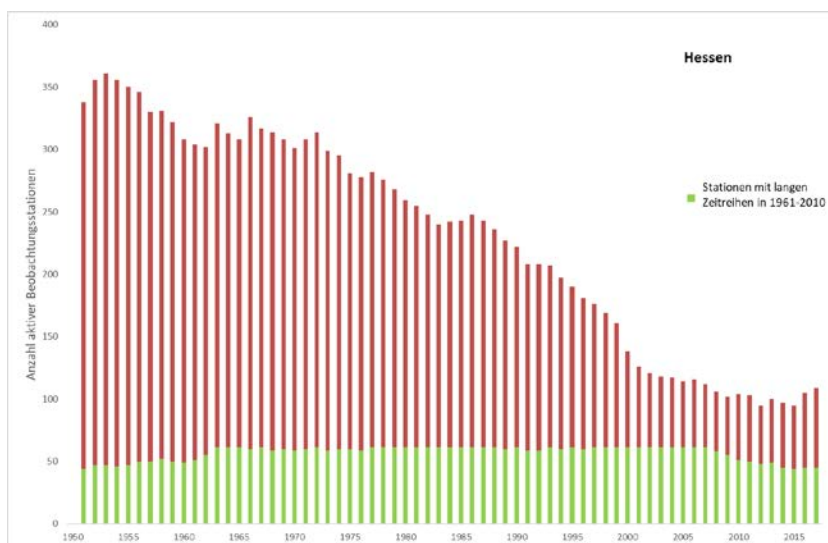
*In den neuen Bundesländern wurde das Kriterium für die 1960er Jahre auf min 5 Beobachtungsjahre abgeschwächt (vgl. Grafik für Deutschland).*

## Deutschland



Die Anzahl der Stationen mit langer Zeitreihe im Zeitraum 1961-2010 nahm seit Ende der 2000er Jahre von 643 Stationen auf 439 in 2017 ab.

## Hessen



Die Anzahl der Stationen mit langer Zeitreihe im Zeitraum 1961-2010 nahm seit Ende der 2000er Jahre von 61 Stationen auf 45 in 2017 ab.

Nachstehend ist der Belegungsgrad nach Höhenstufen zusammengestellt.

Anzahl phänologischer Beobachtungsstationen nach Höhenstufe und regionaler Ebene

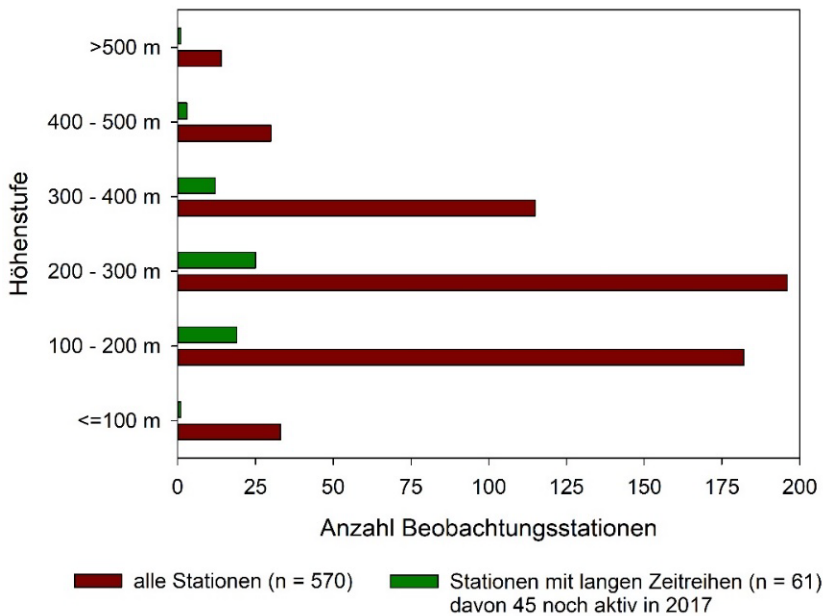
Regionale Ebene	Höhenstufe					
	≤100 m	100 – 200 m	200 – 300 m	300 – 400 m	400 – 500 m	>500 m
<b>Bundesland (n = 570)</b>						
Alle Stationen	33	182	196	115	30	14
Stationen mit langen Zeitreihen	1	19	25	12	3	1
Aktive Stationen in 2017 mit langen Zeitreihen	1	14	19	8	2	1
<b>Regierungsbezirk Darmstadt (n = 202)</b>						
Alle Stationen	33	93	40	24	10	2
Stationen mit langen Zeitreihen	1	8	5	1	0	0
Aktive Stationen in 2017 mit langen Zeitreihen	1	6	5	0	0	0
<b>Regierungsbezirk Gießen (n = 136)</b>						
Alle Stationen	0	48	57	19	9	3
Stationen mit langen Zeitreihen	0	6	7	1	2	0
Aktive Stationen in 2017 mit langen Zeitreihen	0	4	5	0	1	0
<b>Regierungsbezirk Kassel (n = 232)</b>						
Alle Stationen	0	41	99	72	11	9
Stationen mit langen Zeitreihen	0	5	13	10	1	1
Aktive Stationen in 2017 mit langen Zeitreihen	0	4	9	8	1	1
<b>Naturraumgruppe 14.. "Odenwald, Spessart und Südrhön" (n = 48)</b>						
Alle Stationen	0	15	19	6	7	1
Stationen mit langen Zeitreihen	0	3	3	0	0	0
Aktive Stationen in 2017 mit langen Zeitreihen	0	3	3	0	0	0
<b>Naturraumgruppe 22../23.. "Oberrheinisches Tiefland und Rhein-Main-Tiefland" (n = 115)</b>						
Alle Stationen	32	78	5	0	0	0
Stationen mit langen Zeitreihen	1	5	2	0	0	0
Aktive Stationen in 2017 mit langen Zeitreihen	1	3	2	0	0	0
<b>Naturraumgruppe 30.. "Taunus" (n = 45)</b>						
Alle Stationen	0	5	18	19	2	1
Stationen mit langen Zeitreihen	0	0	1	1	0	0
Aktive Stationen in 2017 mit langen Zeitreihen	0	0	1	0	0	0
<b>Naturraumgruppe 31.. "Lahntal und Limburgerbecken" (n = 12)</b>						
Alle Stationen	0	10	2	0	0	0
Stationen mit langen Zeitreihen	0	1	1	0	0	0
Aktive Stationen in 2017 mit langen Zeitreihen	0	1	0	0	0	0
<b>Naturraumgruppe 32.. "Westerwald" (n = 28)</b>						
Alle Stationen	0	2	15	9	2	0
Stationen mit langen Zeitreihen	0	2	2	0	0	0
Aktive Stationen in 2017 mit langen Zeitreihen	0	1	2	0	0	0

Fortsetzung nächste Seite

Anzahl phänologischer Beobachtungsstationen nach Höhenstufe und regionaler Ebene

Regionale Ebene	Höhenstufe					
	≤100 m	100 – 200 m	200 – 300 m	300 – 400 m	400 – 500 m	>500 m
<b>Naturraumgruppe 33.. "Bergisch-Säuerländisches Gebirge" (n = 14)</b>						
Alle Stationen	0	0	1	9	2	2
Stationen mit langen Zeitreihen	0	0	0	1	1	0
Aktive Stationen in 2017 mit langen Zeitreihen	0	0	0	0	1	0
<b>Naturraumgruppe 34.. "Westhessisches Berg- und Beckenland" (n = 139)</b>						
Alle Stationen	0	44	69	24	2	0
Stationen mit langen Zeitreihen	0	5	6	2	0	0
Aktive Stationen in 2017 mit langen Zeitreihen	0	4	4	2	0	0
<b>Naturraumgruppe 35.. "Osthessisches Bergland (Vogelsberg und Rhön)" (n = 157)</b>						
Alle Stationen	0	21	65	46	15	10
Stationen mit langen Zeitreihen	0	2	9	8	2	1
Aktive Stationen in 2017 mit langen Zeitreihen	0	1	6	6	1	1
<b>Naturraumgruppe 36../37.. "Oberes Weserbergland und Wese-Leinebergland" (n = 8)</b>						
Alle Stationen	0	6	2	0	0	0
Stationen mit langen Zeitreihen	0	1	1	0	0	0
Aktive Stationen in 2017 mit langen Zeitreihen	0	1	1	0	0	0

Die Mehrzahl der Stationen finden sich bis 400 m ü. NN.

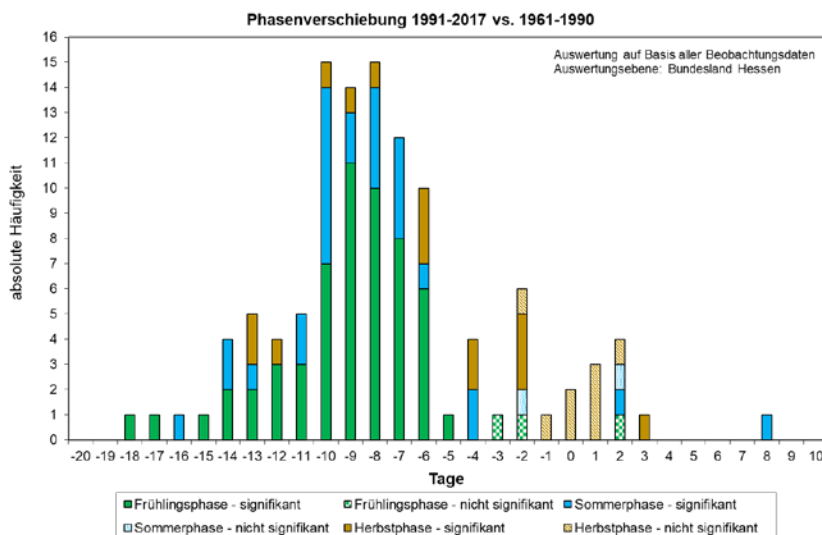


## 2 Häufigkeitsverteilung der Veränderungen im mittleren Eintritt der Phänophasen 1991-2017 vs. 1961-1990

Die Zuordnung zu den phänologischen Hauptjahreszeiten erfolgte über den mittleren Beginn der einzelnen Phasen im Referenzzeitraum 1961-1990. Dabei gilt:

- Frühlingsphase: mittlerer Phaseneintritt < *mittlerer Eintritt der Phase "Blüte Beginn" des Schwarzen Holunders*
- Sommerphase: *mittlerer Eintritt der Phase "Blüte Beginn" des Schwarzen Holunders* ≤ mittlerer Phaseneintritt < *mittlerer Eintritt der Phase "erste reife Früchte" des Schwarzen Holunders*
- Herbstphase: mittlerer Phaseneintritt ≥ *mittlerer Eintritt der Phase "erste reife Früchte" des Schwarzen Holunders*

Weiterhin wird visualisiert, ob die Phasenverschiebung statistisch signifikant ist oder nicht. Die Verschiebungen im Eintritt der 112 ausgewerteten Phänophasen ist nachstehend dargestellt. Es wird deutlich, dass es mit wenigen Ausnahmen in den letzten 27 Jahren im Mittel zu Verfrühungen im Phasenbeginn kam.

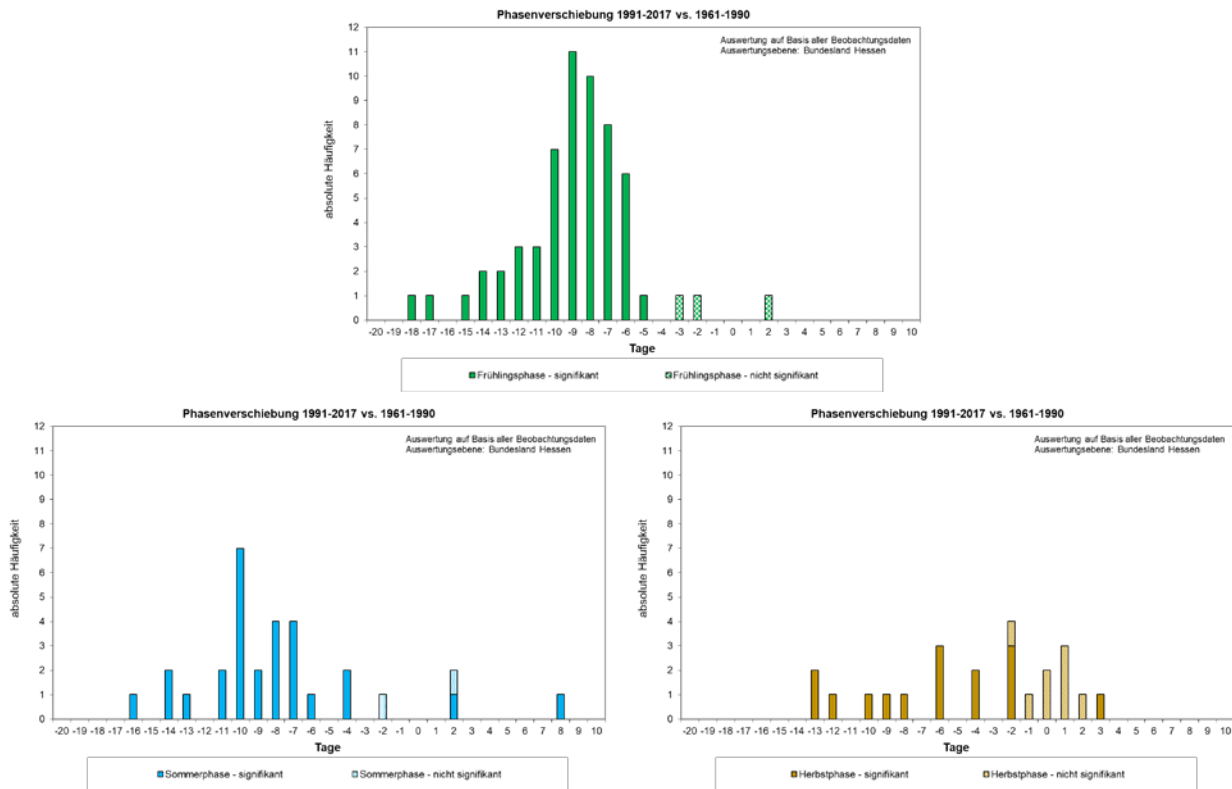


Analysiert man die Ergebnisse für die einzelnen Jahreszeiten getrennt, so zeigt sich für die 59 Phänophasen mit Eintritt in der Frühlingsphase mit vier Ausnahmen eine Verfrühung von sechs bis 18 Tagen.

Ein um zwei Tage späterer Eintritt ist für den 1. Heuschnitt zu verzeichnen. Eine Verfrühung um lediglich zwei Tage resultiert für die Bestellung des Hafers, eine Verfrühung um drei Tage für das Auflaufen des Hafers und eine Verfrühung um fünf Tage für die Bestellung von Mais.

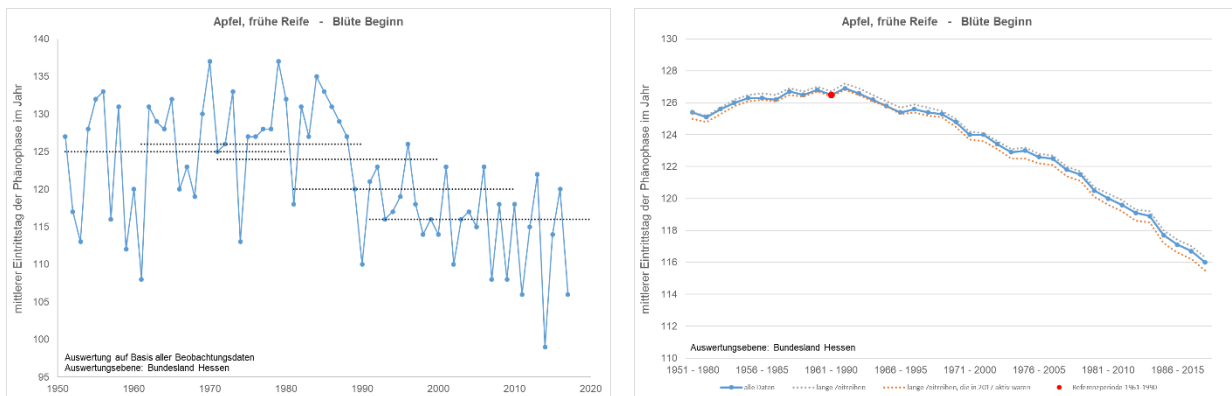
Die größte Verfrühung findet sich für die Haselblüte mit 18 Tagen, die zweitgrößte Verfrühung für den Beginn des Austriebs der Weinreben mit früher Reife. In der Mehrzahl der Fälle beträgt die Verfrühung sechs bis 10 Tage.

Weniger Eindeutig sind die Befunde für die 30 Phänophasen mit Eintritt in der Sommerphase und den 23 Phänophasen mit Eintritt in der Herbstphase.



### 3 Zeitreihenanalyse

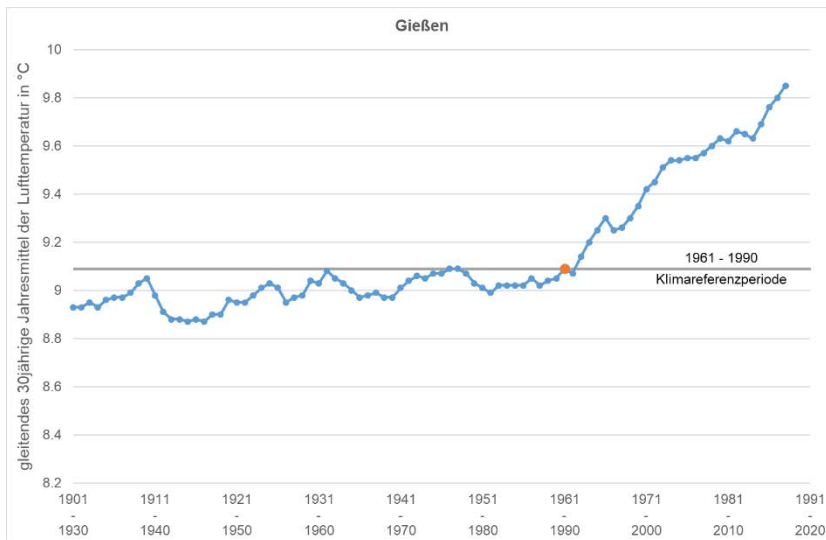
In 52,7 % aller ausgewerteter Phänophasen und in 78,9 % der ausgewerteten Phasen der Obstbäume ist für das 30jährige Mittel des Referenzzeitraumes 1961-1990 eine leichte Verzögerung im Vergleich zum Zeitraum 1951-1980 zu verzeichnen. Beispielhaft sei hier der Beginn der Apfelblüte angeführt.



Der einsetzende Beginn der starken Verfrühung im Beginn der Phänophasen mit Beginn der 1990er Jahre koinzidiert mit einer starken Zunahme der 30jährigen Mittel der Lufttemperatur wie nachstehend am Beispiel der Wetterstation Gießen illustriert. Während sich das 30jährige Mittel der Lufttemperatur seit Beginn des vergangenen Jahrhunderts bis zum Referenzzeitraum 1961-1990 lediglich um 0,16 K erhöht hat, ist danach ein Anstieg um 0,76 K zu verzeichnen.



Die Zeitreihenanalyse (*change-point*-Analyse) weist für die Frühlingsphasen in 76,4 % der Fälle einen Strukturbruch für das Jahr 1989 aus (die Spannweite liegt zwischen 1988 und 1993). Für die Sommer- und Herbstphasen ist dieses Ergebnis nicht so eindeutig.



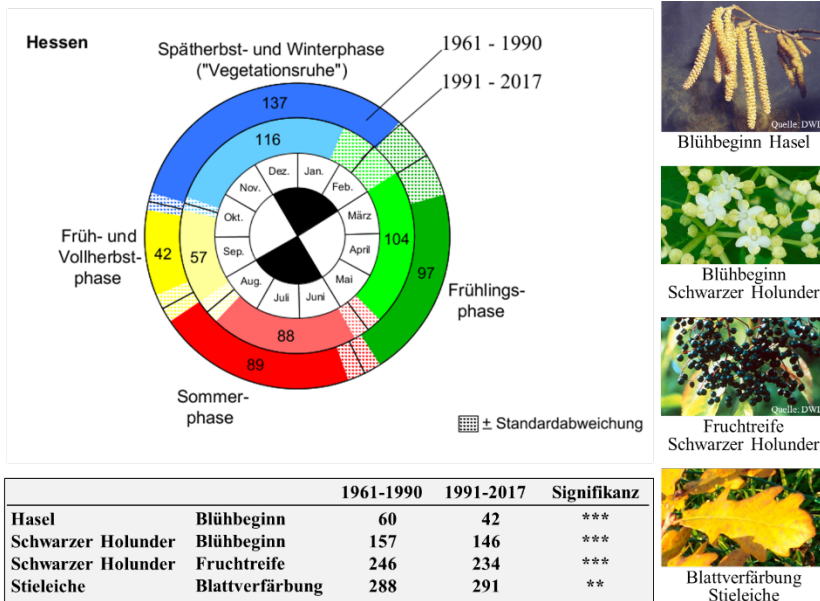
Diese Koinzidenz zwischen stark steigender Lufttemperatur und Verfrühungen im Eintritt von Phänophasen ist auf die steigende solare Einstrahlung an der Erdoberfläche seit Mitte der 1980er Jahre zurückzuführen. Sanchez-Lorenzo et al. (2015) zeigen, dass der Effekt steigender Globalstrahlung im Frühling am stärksten ausgeprägt ist. Zurückgeführt werden kann dieser Effekt auf die Verbesserung der lufthygienischen Verhältnisse hinsichtlich Schwefeldioxid und Schwebstaub zum Ende der 1980er Jahre (Wild 2012) <sup>1</sup>.

#### 4 Trend in der Entwicklung der Hauptjahreszeiten

Der Beginn des phänologischen Frühlings wird durch den Blühbeginn der Hasel angezeigt, der Beginn des phänologischen Sommers durch den Beginn der Blüte des Schwarzen Holunders und der phänologische Herbstbeginn durch die Fruchtreife des Schwarzen Holunders. Der Beginn der Blattverfärbung der Stiel-Eiche indiziert das Ende der aktiven Wachstumsperiode und damit den Übergang zur "Vegetationsruhe". Da der Blattfall der Stiel-Eiche erst seit 1991 in der Datenbank des Deutschen Wetterdienstes dokumentiert ist, werden in der nachstehenden phänologischen Uhr für die Hauptjahreszeiten die Spätherbst- und Winterphase zusammengefasst. Während für den Übergang in die "Vegetationsruhe" eine leichte Verzögerung zu verzeichnen ist, verfrüht sich der Beginn der anderen phänologischen Jahreszeiten in den letzten 27 Jahren im Vergleich zur Referenzperiode 1961-1990 signifikant. Dies resultiert in einer Verkürzung der "Vegetationsruhe" im Hessenmittel um 21 Tage.

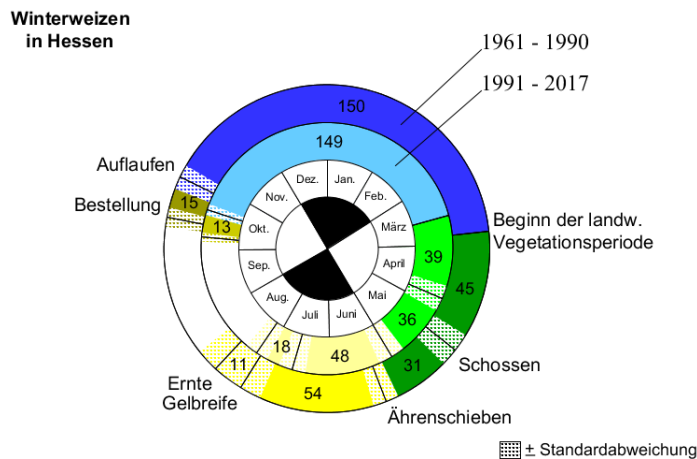
<sup>1</sup> Wild, M., 2012: Enlightening Global Dimming and Brightening. *Bulletin of the American Meteorological Society* 93: 27–37.

Sanchez-Lorenzo, A., Wild, M., Brunetti, M., Guijarro, J.A., Hakuba, M.Z., Calbó, J., Mystakidis, S. & Bartok, B. (2015): Reassessment and update of long-term trends in downward surface shortwave radiation over Europe (1939–2012). *Journal Geophysical Research Atmosphere* 120: 9555–9569, doi:10.1002/2015JD023321.



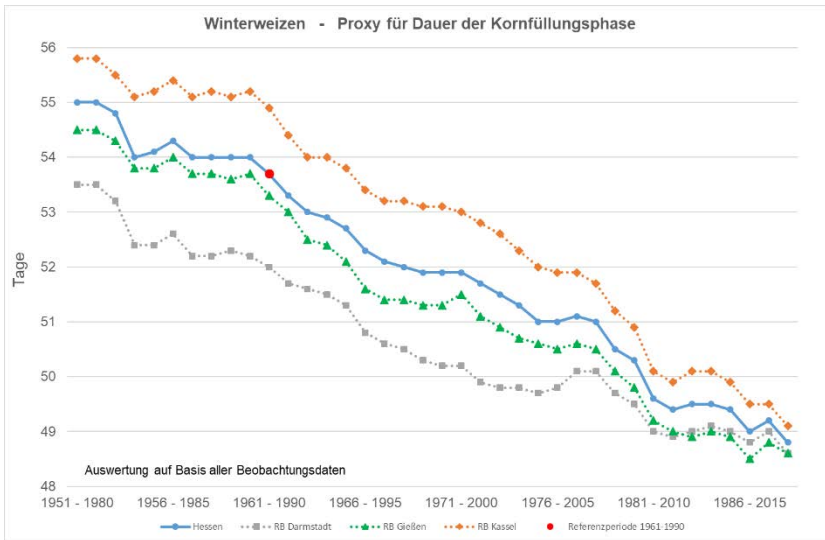
## 5 Trends in der Entwicklung verschiedener Kulturpflanzen

Nachstehend dargestellt ist die phänologische Uhr für Winterweizen. Auffällig ist eine Verfrühung in der Bestellung um sechs Tage und im nachfolgenden Auflaufen des Winterweizens um 8 Tage im Zeitraum 1991-2017 (innerer Ring) im Vergleich zur Referenzperiode 1961-1990 (äußerer Ring). Diese Verfrühung in der Bestellung sollte nicht als Indiz des Klimawandels interpretiert werden. Der frühere Beginn der Bestellung ist vielmehr eine Managemententscheidung.



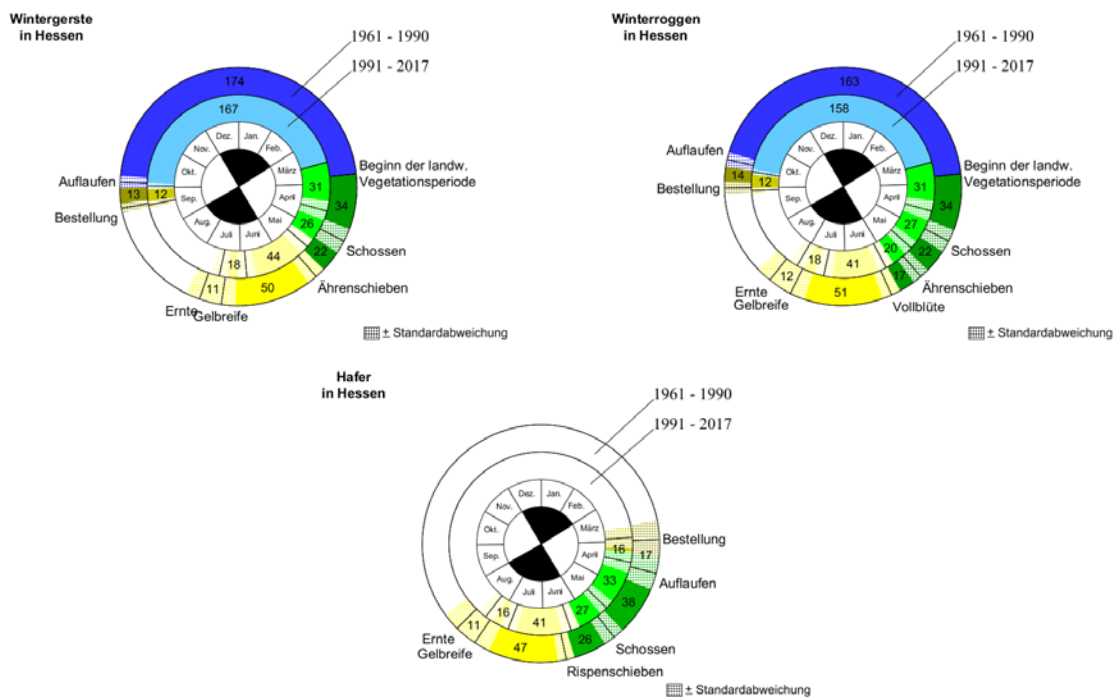
Der Beginn der landwirtschaftlichen Vegetationsperiode wird nach LIKI über den Blühbeginn der Sal-Weide definiert. Die Verfrühung liegt hier im Mittel bei neun Tagen. Auch der nachfolgende Beginn der weiteren Entwicklungsstadien des Winterweizens verfrühen sich: der Beginn des Schossens um 15 Tage, der Beginn des Ährenschiebens um 10 Tage, der Beginn der Gelbreife um 16 Tage und der Beginn der Ernte um 9 Tage.

Als Proxy für die Dauer der Kornfüllungsphase kann der Zeitraum zwischen Beginn des Ährenschiebens und Beginn der Gelbreife angesetzt werden. Hier ist eine mittlere Verkürzung der Kornfüllungsphase um 6 Tage zu verzeichnen. Wie nachfolgend dargestellt findet diese Verkürzung der Kornfüllungsphase mehr oder weniger kontinuierlich in den letzten 67 Jahren statt. Neben Auswirkungen des Klimawandels sind hier vermutlich auch Veränderungen im Anbau von Sorten verantwortlich.

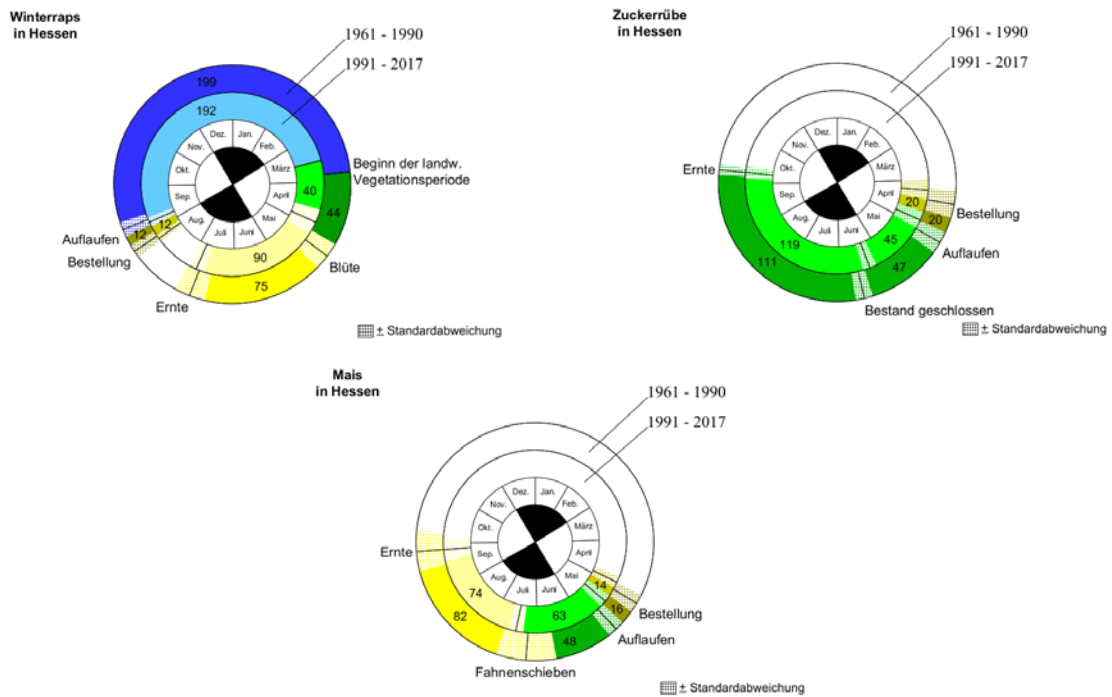


Wie bei anderen Phänophasen spiegelt die zeitliche Gang des Proxys für die Kornfüllungsphase im Regierungsbezirk Gießen die von Hessen wider. Die Daten für den Regierungsbezirk Darmstadt liegen generell unter denen, die Daten für den RB Kassel über denen des RB Gießen.

Wie nachstehend zu entnehmen, gleicht die zeitliche Verschiebung in der Entwicklung von Wintergerste, Winterroggen und Hafer der des Winterweizens.

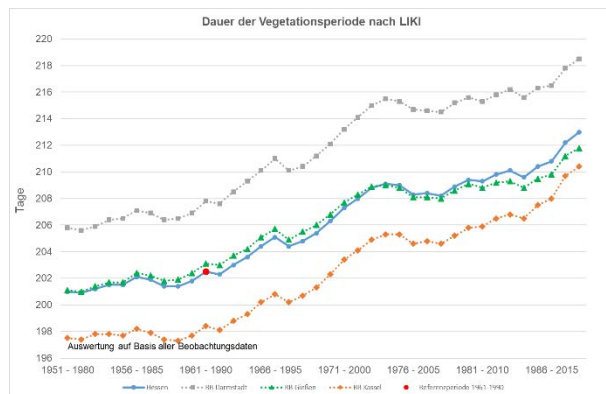
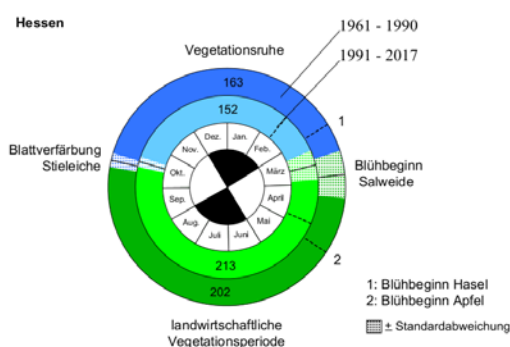


Etwas verschieden dazu sind die phänologischen Uhren für Winterraps, Mais und Zuckerrübe. Auch hier erfolgt im Mittel die Bestellung und damit verbunden das Auflaufen der Pflanzen in den letzten 27 Jahren im Vergleich zur Referenzperiode etwas früher. Eine Verfrühung ist auch bei den beobachteten Stadien Beginn der Blüte des Winterraps (13 Tage) und Bestand geschlossen bei Zuckerrübe (acht Tage) zu verzeichnen. Der Beginn des Fahnenschiebens von Mais verzögert sich dagegen um acht Tage. Anders als bei den vorher beschriebenen Kulturen (Winterweizen, Wintergerste, Winterroggen und Hafer) ist keine Verschiebung zu einem früheren Erntebeginn für Winterraps, Zuckerrübe und Mais zu verzeichnen.



## 6 Trend in der Dauer der landwirtschaftlichen Vegetationsperiode

Nach Länderinitiative Kernindikatoren (LIKI; <https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php>) wird die Dauer der Vegetationsperiode über den Zeitraum zwischen Blühbeginn der Sal-Weide und Blattverfärbung der Stiel-Eiche definiert. Dieser Zeitraum kann als Proxy für die Dauer der landwirtschaftlichen Vegetationsperiode angesehen werden.

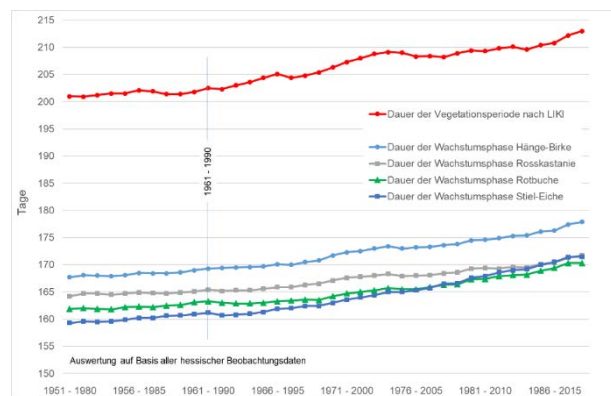
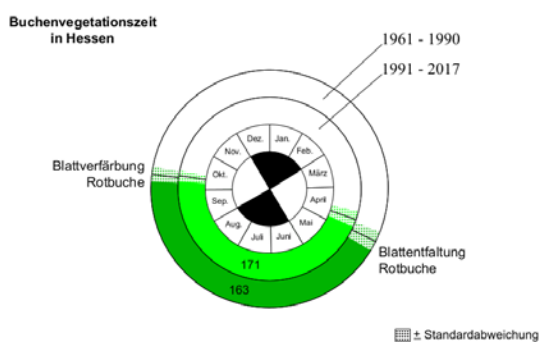


Wie vorstehend illustriert, verlängert sich die Dauer der landwirtschaftlichen Vegetationsperiode in den letzten 27 Jahren im Vergleich zur Referenzperiode 1961-1990 im Mittel um 11 Tage in Hessen. Entsprechend verkürzt sich die Dauer der Vegetationsruhe.

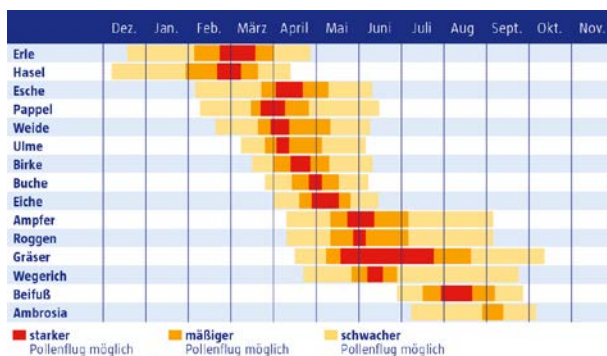
Diese Verlängerung der Vegetationsdauer findet kontinuierlich in den letzten 27 Jahren statt, wobei in der Dauer regionale Unterschiede entsprechend der Temperatur für Nord-, Mittel- und Südhessen zu verzeichnen sind. In Nordhessen liegt dabei die Dauer der Vegetationszeit derzeit in der Größenordnung der Dauer der Vegetationszeit in Südhessen vor 50 Jahren.

## 7 Trends in der Dauer der Wachstumsphase von Laubbäumen

Eine im Hinblick des stattfindenden Klimawandels wichtige Ökosystemdienstleistung unserer Bäume/Wälder ist die Speicherung von Kohlenstoff. Auf Grund des früheren Beginns der Wachstumsperiode verlängert sich die Dauer der Wachstumsphase und damit die Zeit, in der Kohlenstoff gebunden werden kann. Als Dauer der Wachstumsphase ist hier der Zeitraum zwischen Beginn der Blattentfaltung und dem Beginn der herbstlichen Blattverfärbung definiert. Diese Verlängerung in den letzten 27 Jahren im Vergleich zur Referenzperiode 1961-1990 beträgt derzeit bei der Buche acht Tage, bei der Stiel-Eiche 11 Tage, bei der Hänge-Birke neun Tage und bei der Rosskastanie sieben Tage.



## 8 Trend in der Dauer der Pollenflugsaison

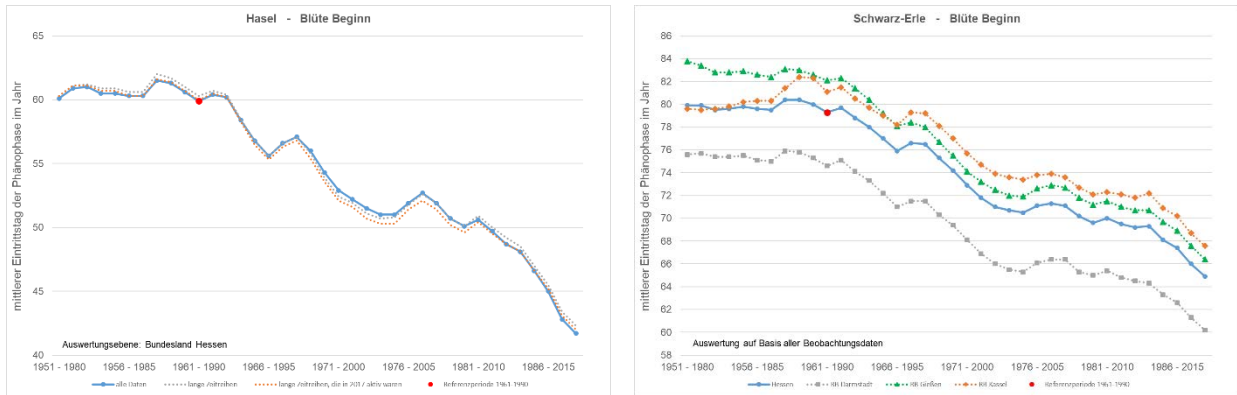


Quelle: WetterOnline; Datenzeitraum 2013-2017  
<https://allergie.hexal.de/pollenflug/pollenflugkalender/>

Von gesundheitlicher Bedeutung sind die Verschiebungen im Auftreten allergogener Blütenstaubs. Der nebenstehende Pollenflugkalender zeigt, dass das Auftreten allergogener Blütenstaubs von Dezember mit dem Beginn der Blüte von Hasel und Erle bis in den Oktober mit der Blüte der Ambrosie reichen kann. Vom Blühbeginn letzterer liegen derzeit noch keine langen Datenreihen vor. Da derzeit vom Beifuß lediglich Daten seit 1991 in der phänologischen Datenbank des DWD

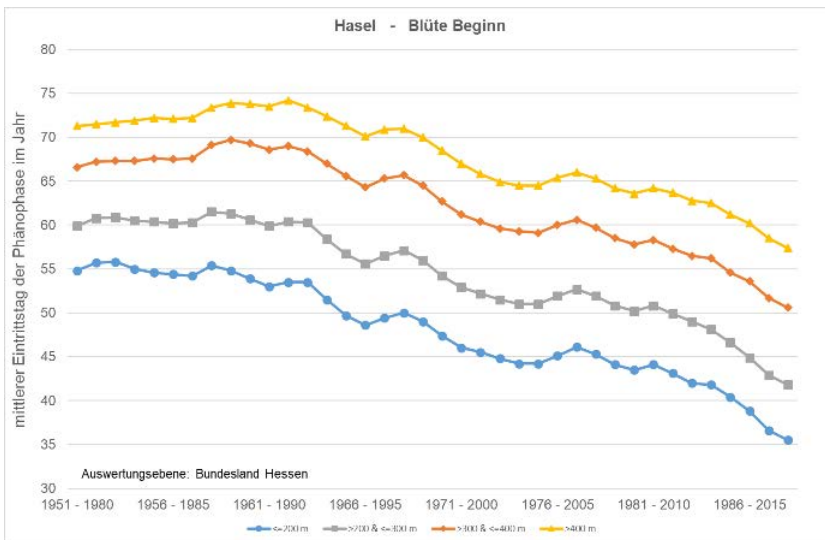
dokumentiert sind, ist eine Erstellung einer phänologischen Uhr für die Pollenflugsaison nicht möglich.

Dargestellt wird deshalb die zeitliche Entwicklung von Hasel und Erle in Hessen.



Der Beginn der Haselblüte liegt im Mittel ca. drei Wochen vor dem Beginn der Blüte der Erle, wobei eine starke Verfrühung im Blühbeginn seit Beginn der 1990er Jahre zu verzeichnen ist. Am Beispiel der Erle sei gezeigt, dass der Pollenflug in Südhessen im Mittel ca. eine Woche früher beginnt als in Nordhessen.

Wie nachstehend am Beispiel der Hasel gezeigt, weist der Beginn des Pollenflugs gleichzeitig eine Höhenabhängigkeit auf. Bemerkenswert hierbei ist, dass der Beginn des Pollenflugs in der Höhenstufe zwischen 300 und 400 m ü. NN derzeit vergleichbar dem Zeitraum ist, in der der Pollenflug vor 40/50 Jahren in Höhen unter 200 m begann.



## 9 Trend in der Dauer der Bienentracht

Von großer Bedeutung für die Bestäubung unserer heimischen Pflanzen sind die Bienen. Mit der Blüte der Hasel beginnt die sog. Entwicklungstracht. Die Massentracht endet dabei mit der Blüte der Winter-Linde (vgl. INKLIM-A-Projekt "Honigbienen im Klimawandel", Zwischenbericht 2018). Der



Beginn der Blüte der Winter-Linde beginnt dabei ca. sieben Tage nach dem Beginn der Sommer-Linde (siehe pdf-Datei "6 – Laubbäume.pdf", Seite 61). Analog zum INKLIM-A-Projekt "Honigbienen im Klimawandel" wurde das Ende der Blüte der Winter-Linde berechnet über den Beginn der Blüte der Sommer-Linde plus 21 Tage.

Nachstehend ist die phänologische Uhr zur Dauer der Bienentracht in Hessen dargestellt. Diese verlängerte sich in den letzten 27 Jahren im Mittel um 8 Tage, wobei sich der Start des Bienenflugs und das Ende der Massentracht signifikant verfrühen.

