

Die folgende Arbeit wurde im Rahmen eines Praktikums vom 5.8. bis 30.8.2013 am Climate Service Center in Hamburg von Manuel Dröse, Student der Meteorologie an der Leibniz Universität Hannover, erstellt. Sie ist thematisch im KLIMZUG-NORD Projekt angesiedelt, in dem Auswirkungen des Klimawandels und Möglichkeiten der Anpassung in der Metropolregion Hamburg untersucht werden. Die Arbeit wurde wissenschaftlich von Juliane Petersen, Nils Hempelmann und Diana Rechid betreut. Die verwendeten phänologischen Daten für die Metropolregion Hamburg wurden vom Deutschen Wetterdienst bereitgestellt. Die Beschaffung und Vermittlung der Daten sowie Bereitstellung thematisch bezogener Literatur erfolgte durch Christiane Schreck von der Biosphärenreservatsverwaltung Niedersächsische Elbtalaue, vielen Dank dafür. Für die technische Realisierung der Phänologiedatenbank danken wir Walter Sauf und Nils Hempelmann.

Diana Rechid, 23.9.2013

# **Auswertung phänologischer Zeitreihen der Metropolregion Hamburg**

Eine Arbeit von Manuel Dröse,  
Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover,  
Institut für Meteorologie und Klimatologie,  
im Rahmen eines Praktikums am Climate Service Center Germany

In der vorliegenden Arbeit wurden die phänologischen Phasen in der Metropolregion Hamburg untersucht. Es wurde ein Datenbank von phänologischen Zeitreihen ausgewertet, einige Zeitreihen wurden grafisch dargestellt und anschließend wurde das Ergebnis diskutiert, auch die Güte dieser Datenbank wurde untersucht.

In dieser Arbeit wird zunächst eine kurze Einführung in die Phänologie gegeben, in der beschrieben wird, was unter dem Begriff zu verstehen ist und welche Bedeutung die Phänologie für die Klimatologie darstellt. Außerdem werden die phänologischen Jahreszeiten genannt.

Im Anschluss werden die Methoden beschrieben mit denen die Daten gewonnen und die anschließenden Auswertungen erstellt wurden. Zudem wird etwas über die betrachtete Region, die Metropolregion Hamburg, erzählt.

Im Auswertungsteil werden phänologische Zeitreihen für einige Standorte in der Metropolregion sowie Zeitreihen über alle Orte gemittelt dargestellt, im Folgenden werden die sich hieraus ergebenden Erkenntnisse diskutiert und letztendlich wird ein Blick in die Zukunft gewagt.

## Einführung in die Phänologie

Die Phänologie beschreibt „die Lehre vom Einfluss des Wetters, der Witterung und des Klimas auf den jahreszeitlichen Entwicklungsgang und die Wachstumsphasen der Pflanzen und Tiere“ (Schirmer et al. 1987, S. 296) wobei allerdings im Nachfolgenden nur auf die Pflanzen eingegangen wird. Dabei werden zumeist Pflanzen betrachtet die allgemein verbreitet sind und dabei auffällige Phaseneintritte besitzen.

Verschiedene Phaseneintritte sind z.B. (vgl. Milašauskaitė, Rammert o.J.):

- Beginn der Blattentfaltung
- Beginn der Blüte
- Vollblüte
- Ende der Blüte
- erste reife Früchte
- Beginn der Blattverfärbung
- Beginn des Blattfalls
- Schnittrife bei Getreide

Zudem müssen langjährige, konsistente, valide Messreihen für mehrere Stationen vorliegen. So können Zeitreihen verschiedener Orte verglichen und eine zeitliche Entwicklung dargestellt werden.

Besonders häufig werden die Apfelblüte, die Johannisbeer- oder Süßkirschenreife, der Laubabfall der Rosskastanie und der Stieleiche sowie die Winterroggenblüte/-schnittrife herangezogen.

Die Pflanzenphänologie liefert somit räumliche Informationen über jährlich wiederkehrende Entwicklungsstufen bei Pflanzen (z.B. Öffnung der Knospen, Blühbeginn, Fruchtreife).

Es kann sich in den Eintrittsdaten der verschiedenen Phasen auch eine biologische Reaktion auf den Klimawandel widerspiegeln, denn insbesondere die Temperatur korreliert mit den phänologischen Phasen (z.B. führen wärmere Temperaturen im Frühling zu früherem Blütebeginn des Apfels) (vgl. Kreeb 1990, Braun et al. 2003).

Das Jahr kann in (meist neun) sogenannte phänologische Jahreszeiten eingeteilt werden, die jeweils durch phänologische Leitphasen bestimmter Indikatoren (Pflanzen) gekennzeichnet sind. Folgende Tabelle zeigt einen Überblick, wobei je nach Literatur auch andere Indikatoren herangezogen werden (vgl. DWD 1996-2013a):

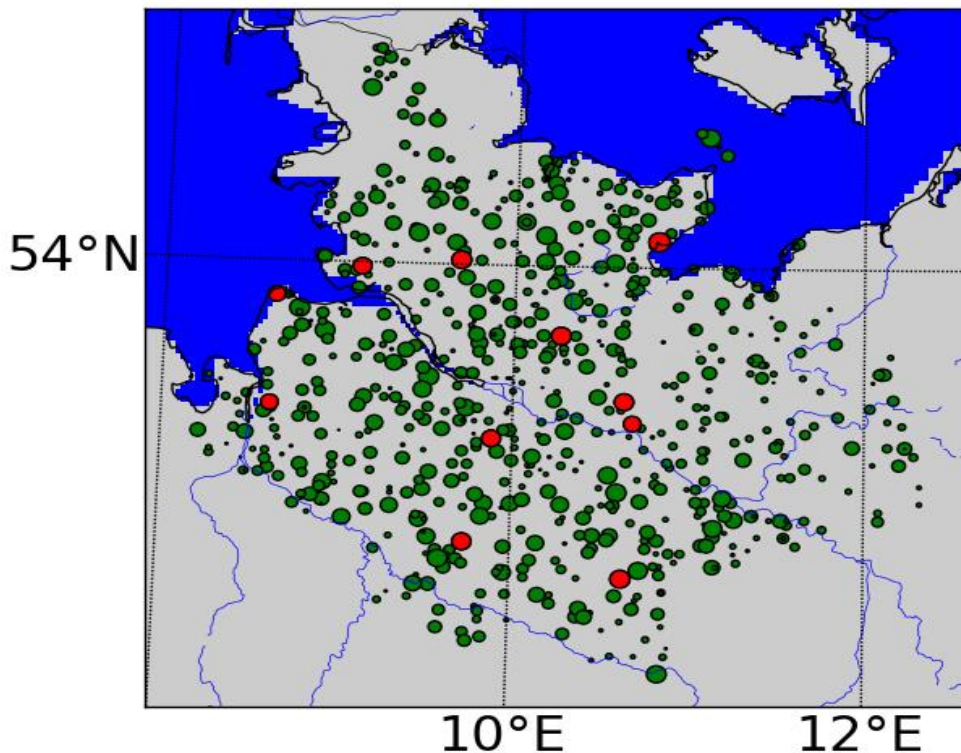
|                      |   |
|----------------------|---|
| <i>Vorfrühling:</i>  | Schneeglöckchenblüte                                |
| <i>Erstfrühling:</i> | Laubentfaltung der Stachelbeere                     |
| <i>Vollfrühling:</i> | Apfelblüte  |
| <i>Frühsommer:</i>   | Schwarzer Holunder (Blüte), Winterroggenblüte       |
| <i>Hochsommer:</i>   | Johannisbeerreife                                   |
| <i>Spätsommer:</i>   | Frühapfel (Fruchtreife)                             |
| <i>Frühherbst:</i>   | Schwarzer Holunder (Fruchtreife)                    |
| <i>Vollherbst:</i>   | Roskastanie (Fruchtreife), Stieleiche (Fruchtreife) |
| <i>Spätherbst:</i>   | Blattverfärbung Stieleiche                          |
| <i>Winter:</i>       | Blattfall Stieleiche                                |



vom DWD stammen. Um die Entwicklung der Eintrittsdaten der phänologischen Phasen zu untersuchen, mussten geeignete Stationen gefunden werden, für die langjährige Messreihen vorliegen. Die Daten wurden überprüft und gegebenenfalls korrigiert. Zusätzlich wurde darauf geachtet, dass die Stationen homogen in der Metropolregion verteilt sind, sodass eventuell auch regionale Unterschiede erkennbar werden.

Es wurden zuerst mithilfe des Datenbankverwaltungssystem „MySQL“ Standorte aus der Datenbank ausgewählt, die insgesamt besonders viele phänologische Daten enthalten (meist über 7000), um dann festzustellen, ob für die benötigten Phasen ausreichend Datenmaterial vorhanden ist, wobei besonders darauf geachtet wurde, dass die Messreihen spätestens Anfang der 1970er Jahre, bestenfalls in den 1960er oder 1950er Jahren beginnen und optimaler Weise lückenlos bis in das neue Jahrtausend reichen.

In Abbildung 2 sind alle Stationen abgebildet, für die in der Datenbank phänologische Daten vorliegen. Die Größe der Punkte ist proportional zur Menge der Daten an einer Station. Auffällig ist die relativ schlechte Datenlage in der Stadt Hamburg. Einzig die Station Hamburg-Lombardsbrücke hat eine langjährige Zeitreihe der Forsythienblüte.



**Abb. 2:** Karte der Stationen mit phänologischen Daten

Es wurden Zeitreihen dargestellt, in denen von den phänologischen Leitphasen alle zur Verfügung stehenden Orte zusammengefasst wurden (Abb. 3 bis 11). Für jedes Jahr wurde der Median des Eintrittsdatums der jeweiligen Phase errechnet und zusätzlich die Perzentile, innerhalb derer 90% bzw. 30% der Daten liegen, gegen die Jahre 1951-2011 aufgetragen. Dabei sind für die meisten Phasen für jedes Jahr Daten von etwa 200-300 Stationen vorhanden. Des Weiteren wurde ein linearer Fit zur Trendanalyse eingezeichnet um

festzustellen ob, und wenn ja, um wieviele Tage pro Jahr/Jahrzehnt sich die phänologische Phase in den letzten Jahrzehnten verschoben hat.

Für die rot markierten Stationen wurden ausgewählte Zeitreihen genauer untersucht (Abb. 12 bis 20):

|                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| Cuxhaven-Sahlenburg     | (53° 52` N, 08° 38` O) |
| Loxstedt-Stotel         | (53° 27` N, 08° 37` O) |
| Buchholz i.d. Nordheide | (53° 20` N, 09° 53` O) |
| Bad-Fallingbostel-Riepe | (52° 56` N, 09° 44` O) |
| Lüder-Röhrsen           | (52° 48` N, 10° 38` O) |
| Büchen                  | (53° 29` N, 10° 38` O) |
| Bargteheide             | (53° 44` N, 10° 16` O) |
| Lockstedt               | (54° 01` N, 09° 41` O) |
| St.Michaelisdonn        | (53° 59` N, 09° 07` O) |
| Neustadt i.H.           | (54° 06` N, 10° 49` O) |
| Boizenburg              | (53° 24` N, 10° 41` O) |

Für diese Untersuchung wurde das Eintrittsdatum einer bestimmten Phase gegen die letzten Jahrzehnte aufgetragen und der Trend zwischen 1960 und 2011 und zwischen 1991 und 2011 ermittelt. Dort, wo die Daten nicht bis ins Jahr 1960 zurückreichen, wurde stattdessen der Trend zwischen dem ersten zur Verfügung stehenden Jahr und 2011 verwendet.

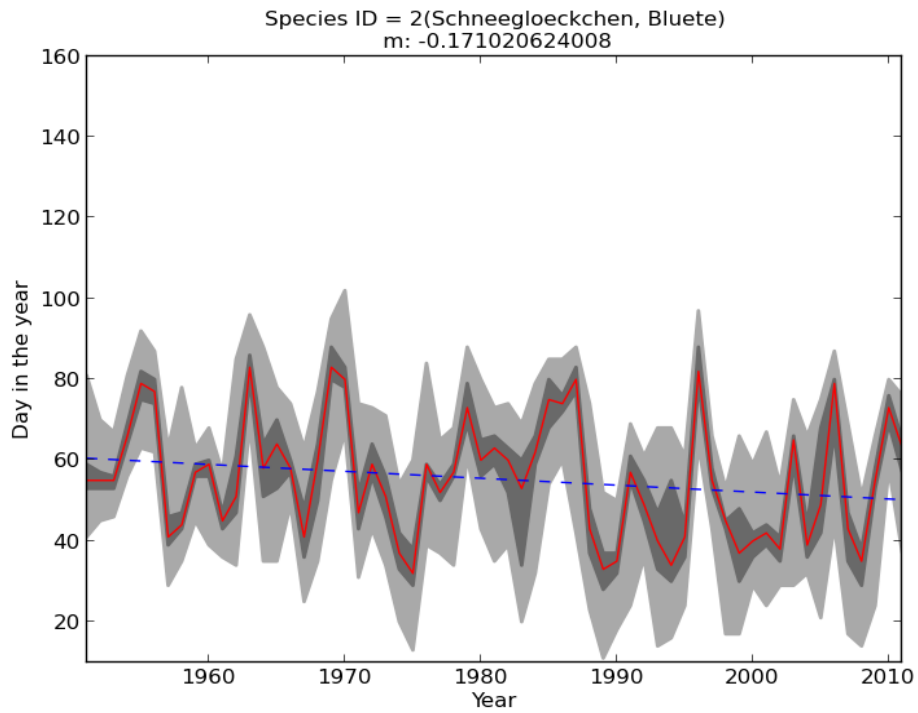
In der Datenbank waren weder über die Winter-Leitphase (Blattfall der Stieleiche) noch über die Winter-Ersatzphasen genügend Daten vorhanden, so dass über das Eintrittsdatum des phänologischen Winters keine Informationen gewonnen werden konnten.

## Auswertung

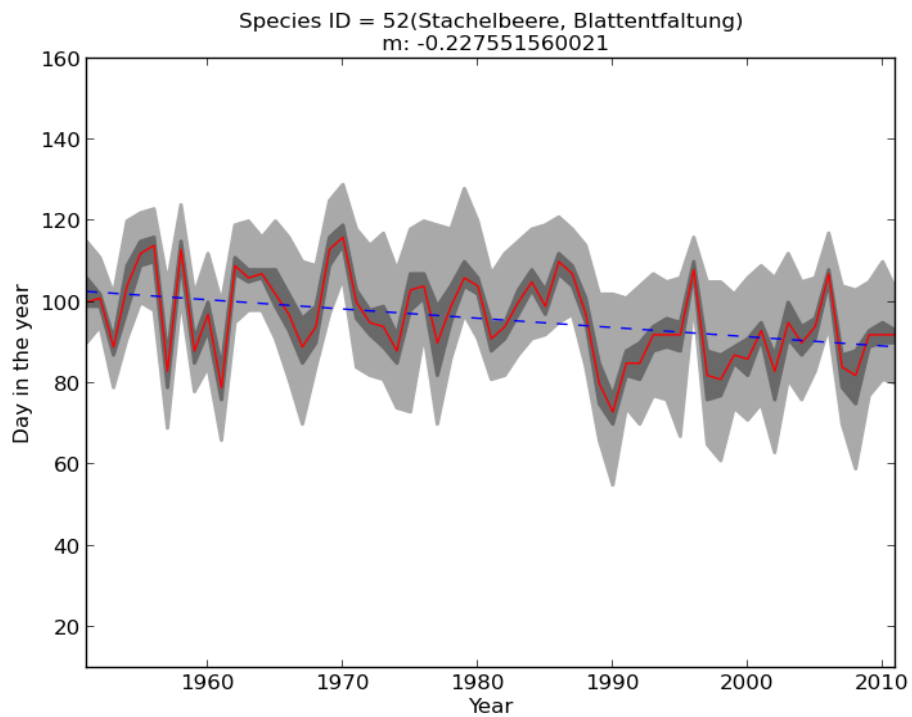
### Zusammengefasste Zeitreihen:

In den folgenden Abbildungen wird jeweils der Tag im Jahr, an dem eine bestimmte Phase eintrat, gegen die letzten Jahrzehnte aufgetragen. Dabei entspricht Tag 1 dem 1. Januar. Die rote Linie stellt den Median da, im dunkelgrauen Bereich befinden sich 30%, im hellgrauen Bereich 90% der Daten.

Die blaue gestrichelte Gerade gibt den linearen Trend an. M ist die Steigung der Trendgeraden. M= -0,5 z.B. würde bedeuten, dass die Phase von 1951 bis 2011 im Mittel pro Jahr etwa 0,5 Tage, somit pro Jahrzehnt etwa 5 Tage, früher eintritt.

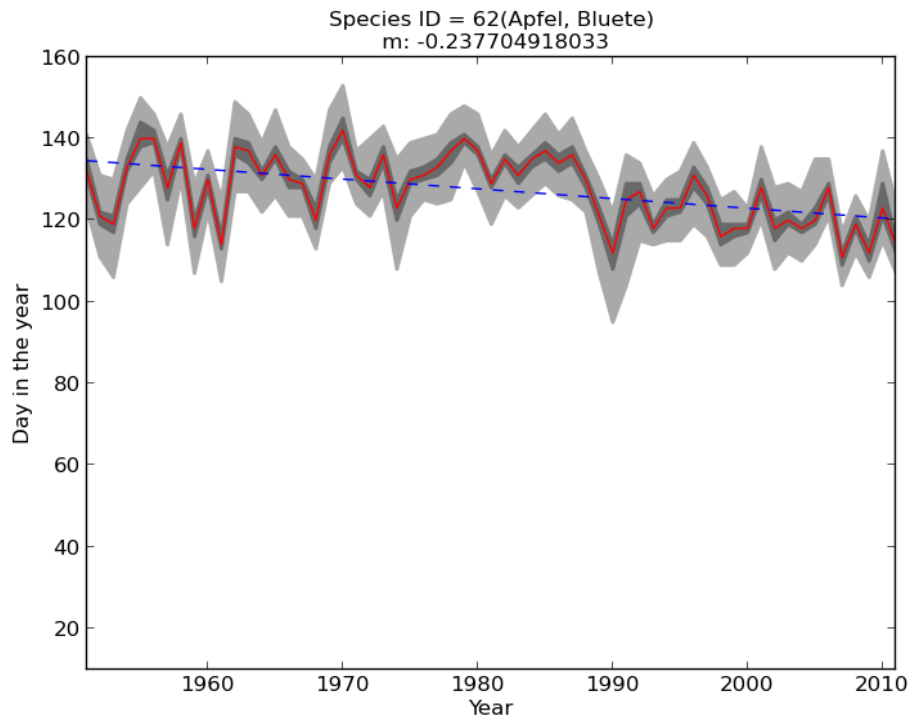


**Abb. 3:** Indikator für Vorfrühling: Blüte des Schneeglöckchens.



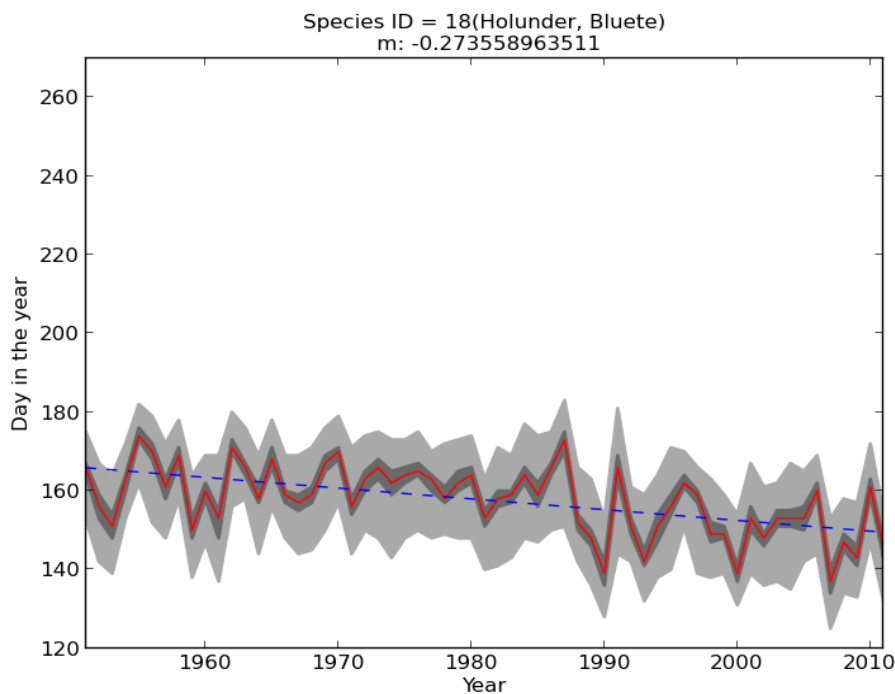
**Abb. 4:** Indikator für Erstfrühling: Blattentfaltung der Stachelbeere.



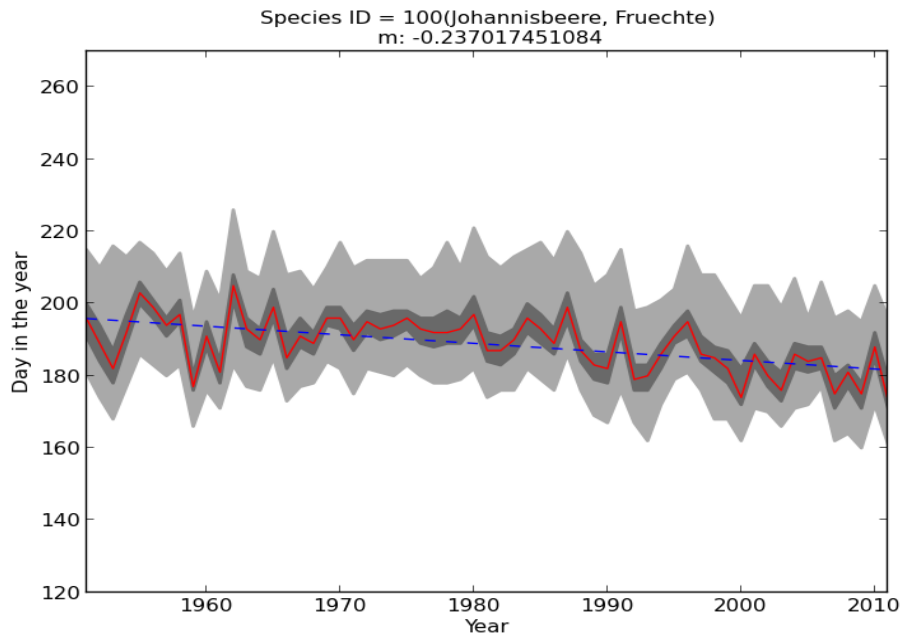


**Abb. 5:** Indikator für Vollfrühling: Beginn der Apfelblüte.

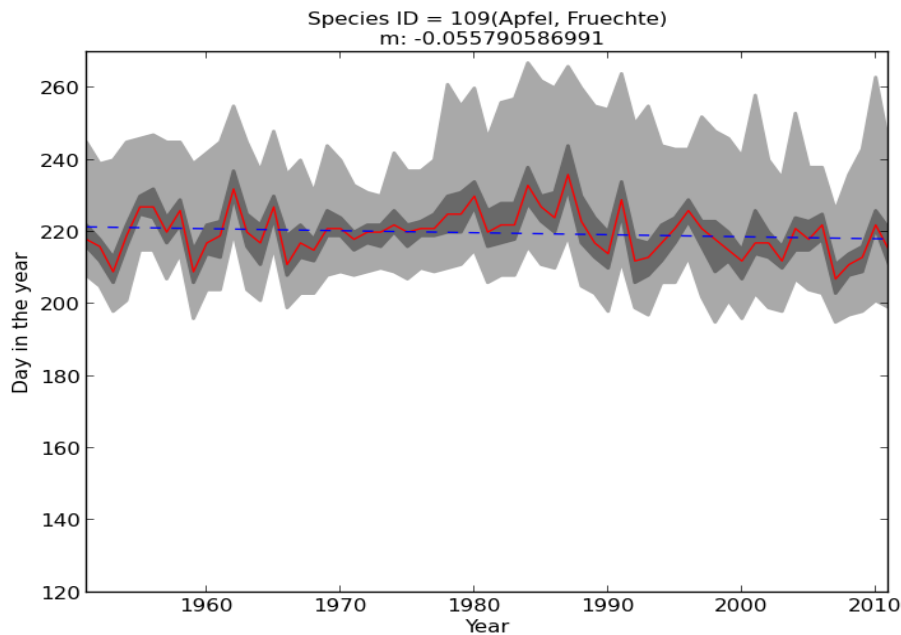
Für die verschiedenen Phasen des Frühlings wurden folgende phänologischen Indikatoren untersucht: Blüte des Schneeglöckchens für den Vorfrühling (Abb. 3), Blattentfaltung der Stachelbeere für den Erstfrühling (Abb. 4) und Apfelblüte für den Vollfrühling (Abb. 5). Es fällt auf, dass alle Phasen eher eintreten. Die Phase des Vorfrühlings tritt etwa 10,3 Tage, die Phase des Erstfrühlings rund 13,7 Tage und die des Vollfrühlings etwa 14,3 Tage früher ein als vor 60 Jahren.



**Abb. 6:** Indikator für Fröhsommer: Holunderblüte.

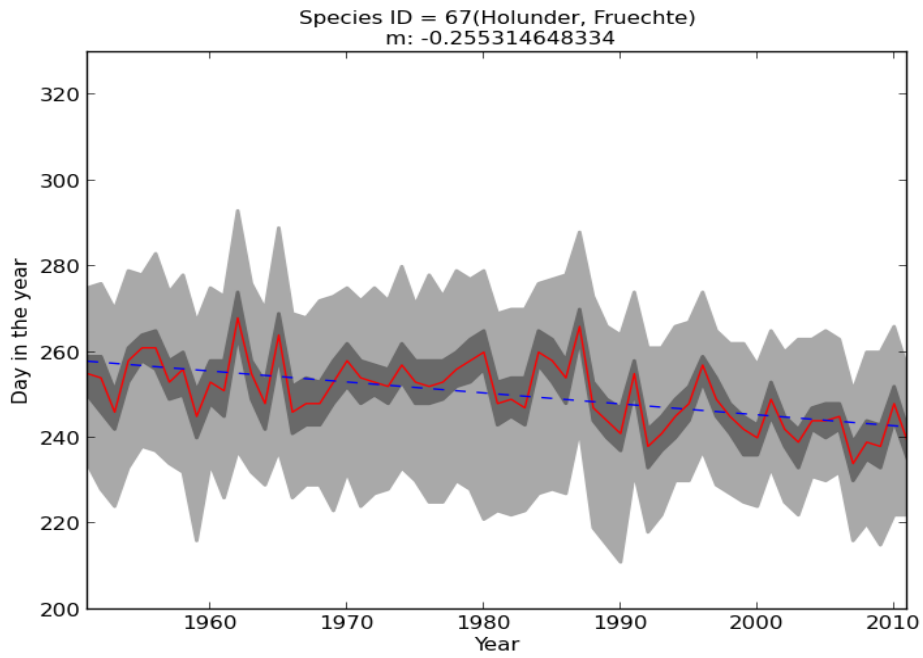


**Abb. 7:** Indikator für Hochsommer: Johannisbeerreife.

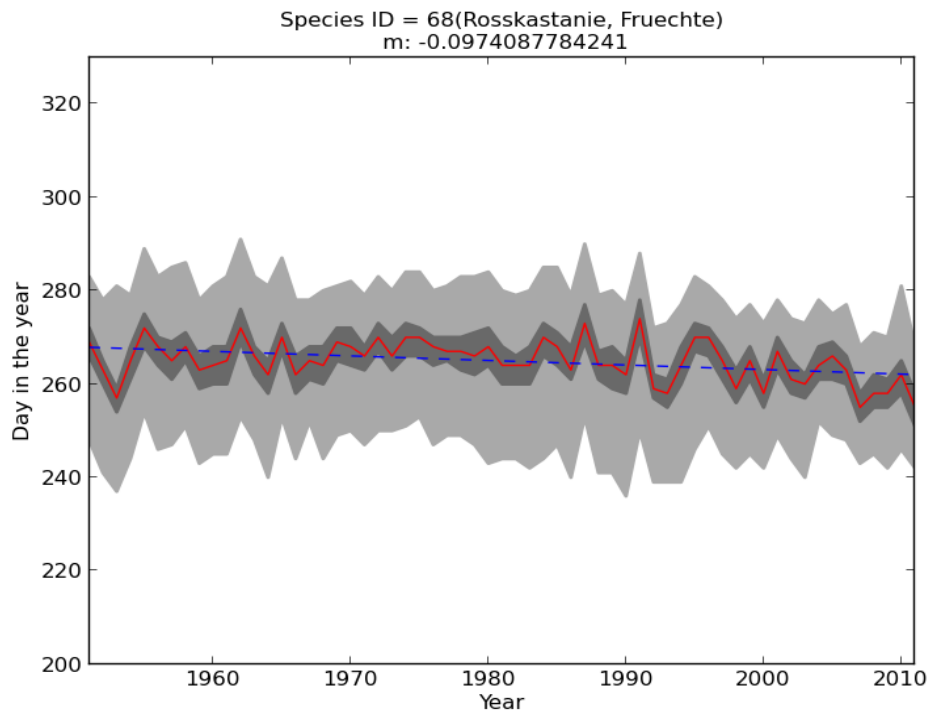


**Abb. 8:** Indikator für Spätsommer: Apfelreife (frühreifend).

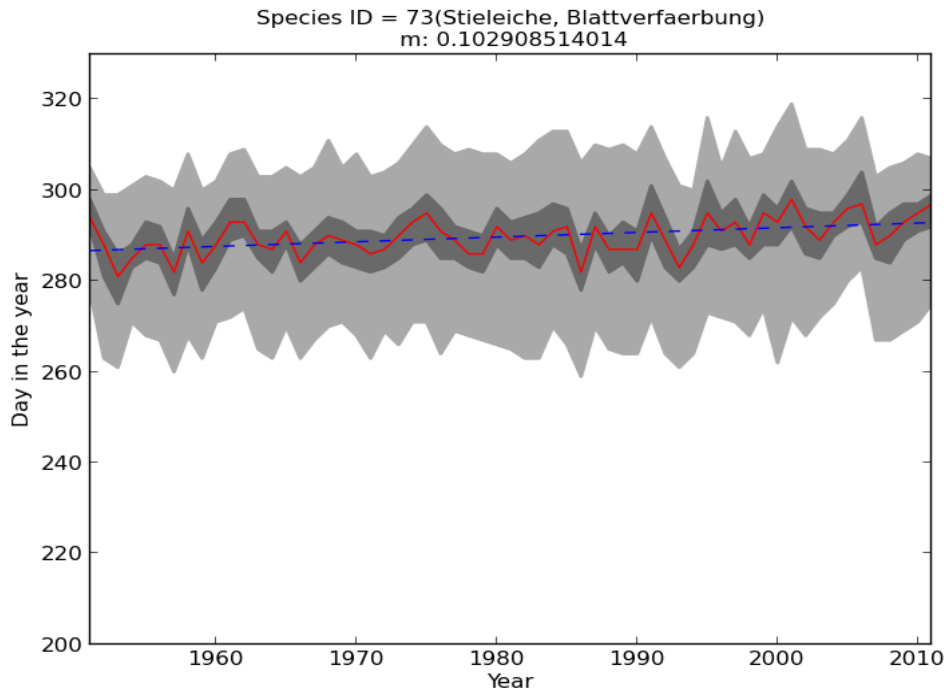
Für die verschiedenen Phasen des Sommers wurden folgende phänologischen Indikatoren untersucht: Holunderblüte für den Frühsommer (Abb. 6), Johannisbeerreife für den Hochsommer (Abb. 7) und Apfelreife für den Spätsommer (Abb. 8). Es fällt auf, dass alle Phasen eher eintreten. Die Phase des Frühsommers tritt etwa 16,7 Tage, die Phase des Hochsommers rund 14,2 Tage und die des Spätsommers etwa 3,3 Tage früher ein als vor 60 Jahren.



**Abb. 9:** Indikator für Frühherbst: Holunderfrüchte.



**Abb. 10:** Indikator für Vollherbst: Roskastanienfrüchte.



**Abb. 11:** Indikator für Spätherbst: Blattverfärbung der Stieleiche.

Für die verschiedenen Phasen des Herbstes wurden folgende phänologischen Indikatoren untersucht: Holunderfruchtreife für den Frühherbst (Abb. 9), Rosskastanienreife für den Vollherbst (Abb. 10) und die Blattverfärbung der Stieleiche für den Spätherbst (Abb. 11).

Es fällt auf, dass die Phase des Frühherbstes etwa 15,3 Tage eher, die Phase des Spätherbstes aber rund 6,2 Tage später eintritt als vor 60 Jahren. Die Phase des Vollherbstes tritt etwa 5,8 Tage eher ein als vor 60 Jahren.

Für alle Indikatoren gut zu sehen, ist die große Variabilität des Eintrittsdatums in den einzelnen Jahren.

Die phänologischen Leitphasen, die mit diesen Indikatoren analysiert wurden, haben sich in den letzten 60 Jahren verändert. Während sich die Zeit von der Schneeglöckchenblüte bis zur Holunderblüte (der phänologische Frühling) insgesamt um etwa 6,4 Tage, also eine knappe Woche, verkürzt hat, hat sich die Zeit von der Holunderblüte bis zur Fruchtreife des Holunders (phänologischer Sommer) kaum verändert (+1,4 Tage).

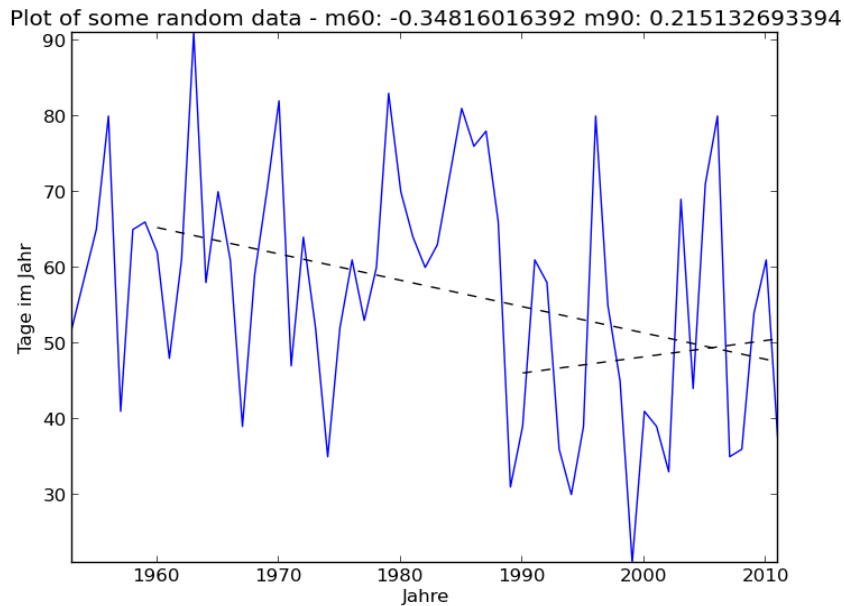
Für den phänologischen Herbst kann keine Angabe in Tagen gemacht werden, da keine Daten für den Winterbeginn vorlagen. Da der Frühherbst um 15,3 Tage verfrüht eintritt und der Spätherbst um 6,2 Tage verspätet beginnt, ist die Phase des phänologischen Herbstes verlängert.

Somit hat sich die Phase des phänologischen Winters (Blattfall der Stieleiche bis zur Schneeglöckchenblüte), genauso wie der Frühling, verkürzt.

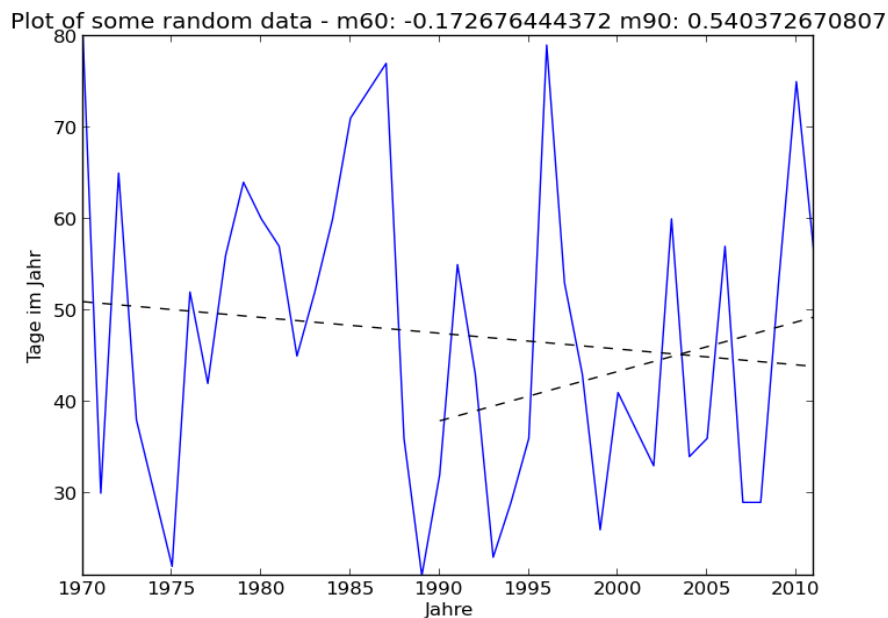
Zeitreihen einzelner Stationen ausgewählter Phasen:

In den folgenden Abbildungen (Abb. 12 –20) sind Zeitreihen verschiedener Stationen in der Metropolregion Hamburg für jeweils eine bestimmte phänologische Phase verglichen um regionale Unterschiede oder Gemeinsamkeiten festzustellen. Als Beispiele sind im Folgenden jeweils zwei oder drei Zeitreihen im Diagramm dargestellt. \_

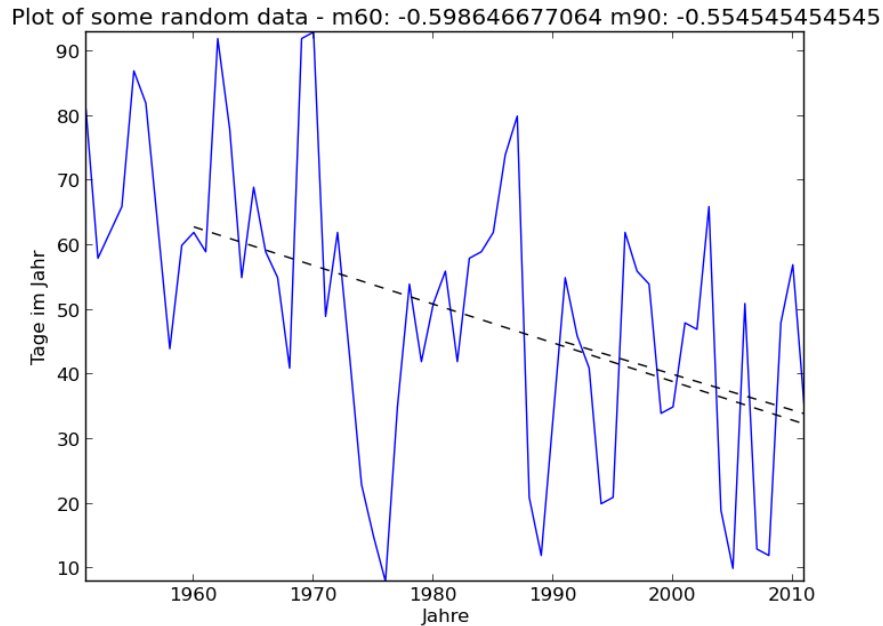
M60 bezeichnet den linearen Trend von 1960 bzw. vom ersten verfügbaren Jahr bis 2011, m90 den linearen Trend von 1990 bis 2011.



**Abb. 12:** Station Boizenburg. Indikator für Vorfrühling: Blüte des Schneeglöckchens.



**Abb. 13:** Station Cuxhaven-Sahlenburg. Indikator für Vorfrühling: Blüte des Schneeglöckchens.



**Abb. 14:** Station Uelzen. Indikator für Vorfrühling: Blüte des Schneeglöckchens.

Es wurden für insgesamt zehn Stationen die phänologische Phase Vorfrühling mit dem Indikator des Blütebeginns vom Schneeglöckchen betrachtet: Büchen, Lockstedt, Uelzen, Stotel Bargteheide, Boizenburg, Bad-Fallingbostel, St.Michaelisdonn, Röhren und Cuxhaven-Sahlenburg.

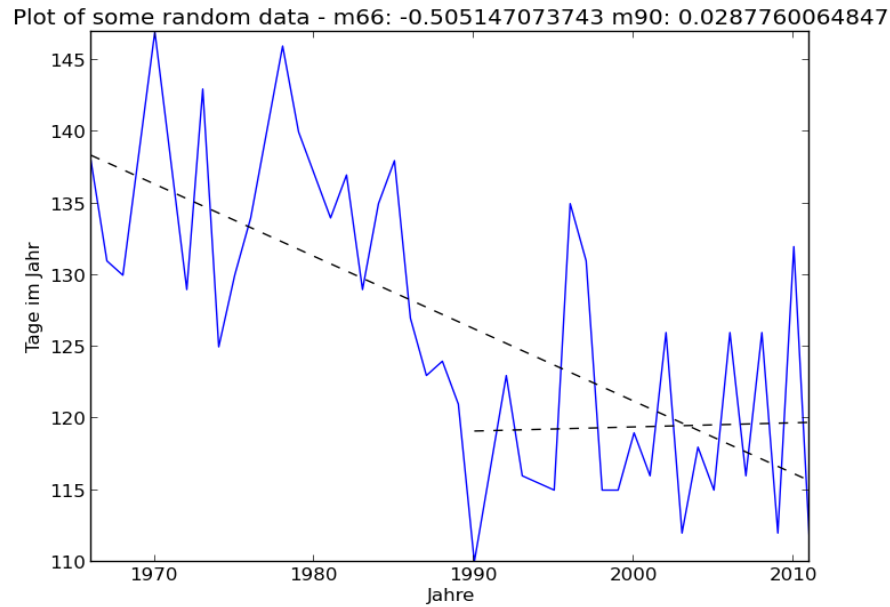
An allen zehn Standorten ist der langfristige Trend negativ, also hin zu einer Verfrühung des Blütebeginns des Schneeglöckchens.

Der kurzfristige Trend 1990-2011 ist an den Stationen Büchen und Lockstedt neutral (unter 1 Tag Änderung pro Jahrzehnt), in Uelzen und Stotel negativ und an den restlichen Standorten positiv, also gegen den langfristigen Trend gerichtet. Dabei ist keine regionale Struktur erkennbar.

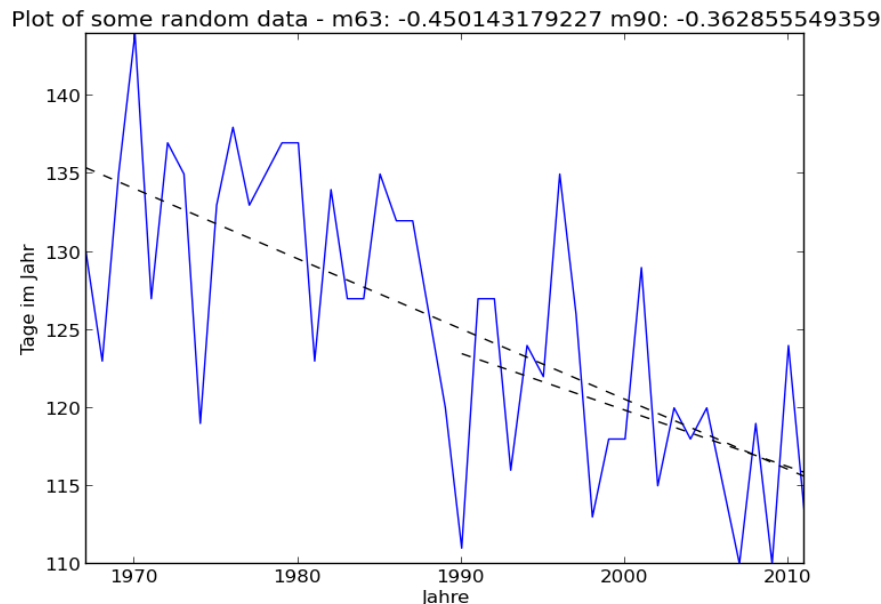
Im Mittel ergeben sich folgende Werte für die beiden Trends:

**M\_lang = -4.2 Tage/Jahrzehnt**

**M\_kurz = +1.8 Tage/Jahrzehnt**



**Abb. 15:** Station Lockstedt. Indikator für Vollfrühling: Beginn der Apfelblüte.



**Abb. 16:** Station Buchholz. Indikator für Vollfrühling: Beginn der Apfelblüte.

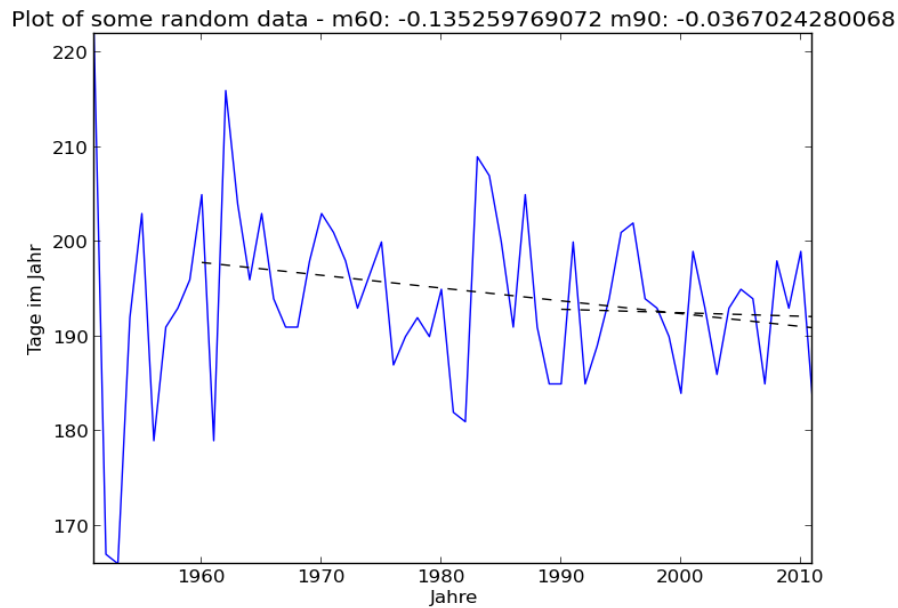
Es wurden für insgesamt sechs Stationen die phänologische Phase Vollfrühling mit dem Indikator des Beginns der Apfelblüte betrachtet: Büchen, Bargteheide, Buchholz, Bad-Fallingbostel, St. Michaelisdonn und Lockstedt.

Auch hier ist an allen sechs Standorten der langfristige Trend negativ, also hin zu einer Verfrühung des Blütebeginns.

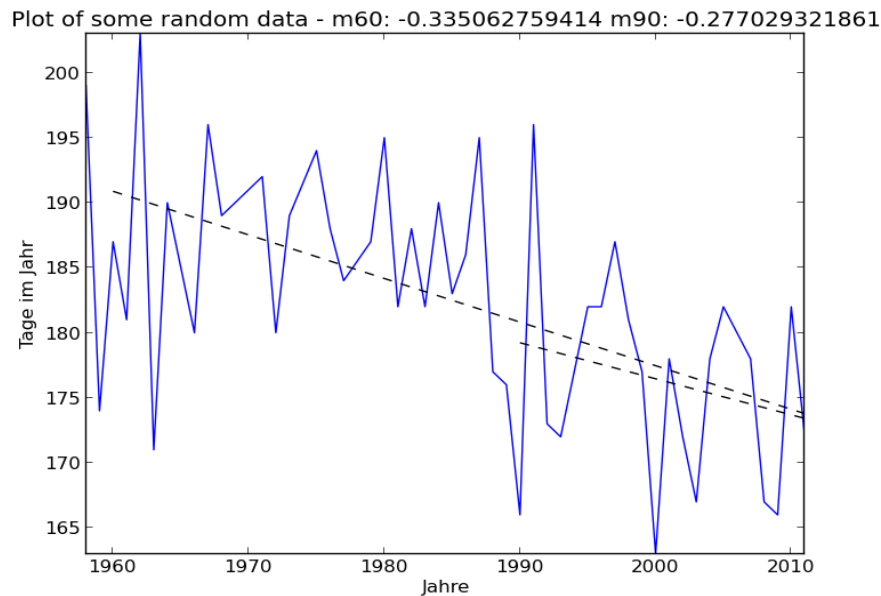
Im Unterschied zu der Schneeglöckchenblüte ist der kurzfristige Trend bis auf eine Ausnahme (Lockstedt) allerdings auch negativ.

Im Mittel ergeben sich folgende Werte:

**M\_lang = -3,9 Tage / Jahrzehnt**  
**M\_kurz = -2,8 Tage / Jahrzehnt**



**Abb. 17:** Station Neustadt i.H. Indikator für Hochsommer: Johannisbeerreife.



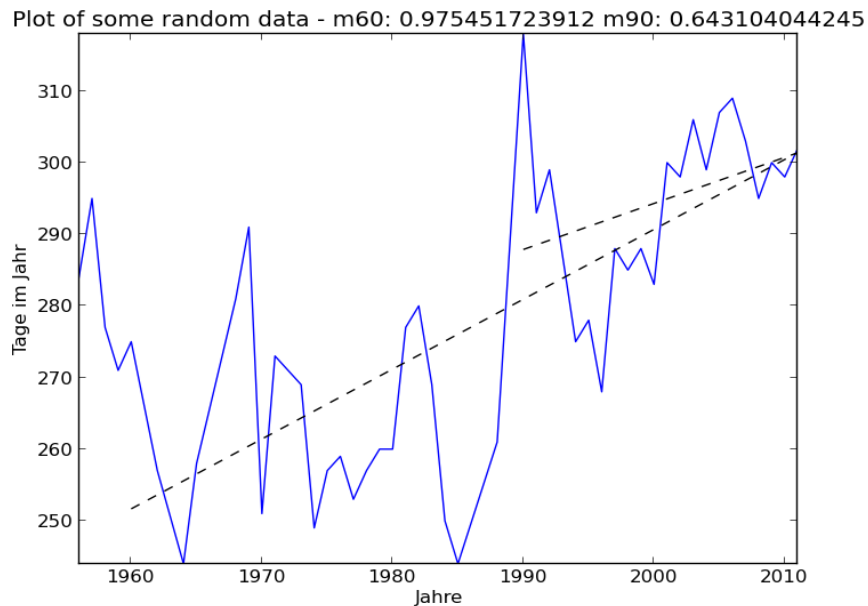
**Abb. 18:** Station Lockstedt. Indikator für Hochsommer: Johannisbeerreife.

Es wurden für insgesamt sechs Stationen die phänologische Phase Hochsommer mit dem Indikator der Johannisbeerreife betrachtet: Lockstedt, Neustadt i.H., Boizenburg, Büchen, Buchholz, Cuxhaven-Sahlenburg.  
 Die langfristigen Trends aller Standorte sind negativ.

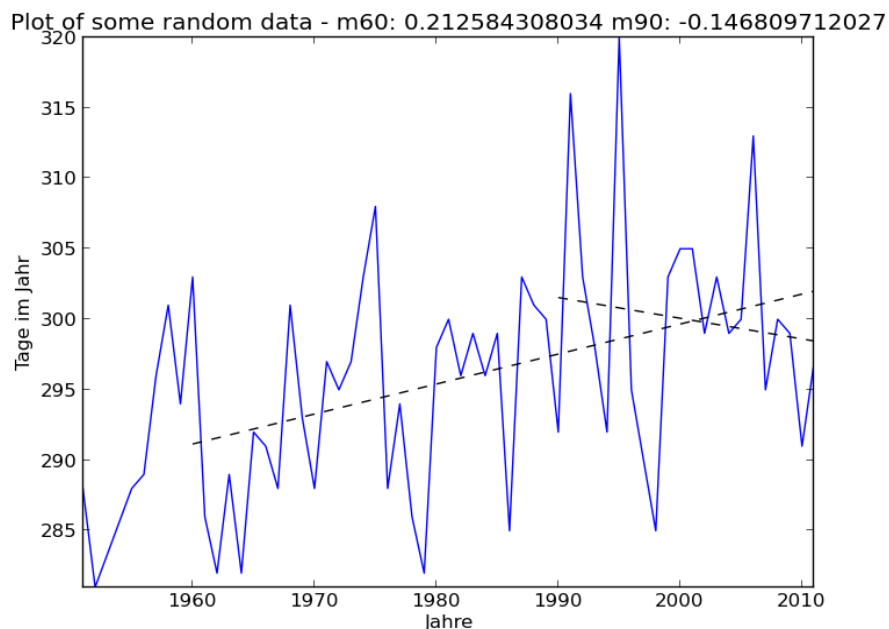


Die kurzfristigen Trends der Standorte Cuxhaven und Neustadt sind neutral (weniger als 1 Tag Änderung / Jahrzehnt), die aller anderen Standorte ebenfalls negativ. Im Mittel ergeben sich folgende Werte:

**M\_lang = -3,6 Tage / Jahrzehnt**  
**M\_kurz = -2.8 Tage / Jahrzehnt**



**Abb. 19:** Station Röhrsen. Indikator für Spätherbst: Blattverfärbung der Stieleiche.



**Abb. 20:** Station Boizenburg. Spätherbst: Blattverfärbung der Stieleiche.

Es wurden für insgesamt sieben Stationen die phänologische Phase Spätherbst mit dem Indikator der Blattverfärbung der Stieleiche betrachtet:  
 Boizenburg, Röhrsen, Buchholz, Cuxhaven-Sahlenburg, Fallingbostel, Lockstedt und

Neustadt.

Der langfristige Trend ist für die Stationen Fallingbistel und Neustadt negativ, für alle anderen Stationen allerdings positiv.

Der kurzfristige Trend ist für die einzelnen Stationen sehr unterschiedlich.

Für Boizenburg und Fallingbistel ist er negativ, für Neustadt neutral und für die anderen vier Standorte positiv.

Im Mittel ergeben sich folgende Werte:

**M\_lang = +1,9 Tage / Jahrzehnt**

**M\_kurz = +2.7 Tage / Jahrzehnt**

## Diskussion und Ausblick

Nachdem nun die phänologischen Phasen für einzelne Stationen und zusammengefasst über alle verfügbaren Stationen dargestellt und analysiert wurden, können nun Schlussfolgerungen gezogen werden.

Die phänologischen Phaseneintritte korrelieren hoch mit der Temperatur. In dieser Arbeit wird davon ausgegangen, dass in der Metropolregion in den letzten Jahrzehnten eine Erhöhung der Temperatur stattgefunden hat.

Die Durchschnittstemperatur in Europa ist zwischen den Jahren 1901 und 2005 um 0,9 °C (vgl. Alcamo et al 2007). Dabei gibt es starke regionale Unterschiede, so wurde im Landkreis Altes Land an der Station Jork seit 1976 (bis 2007) ein Temperaturanstieg von etwa 1,7 K gemessen, wobei sich die stärksten Veränderungen in den Monaten Januar, Februar, April und August vollziehen (2,8 K -3,2 K Temperaturanstieg) (vgl. Henniges et al. 2007).

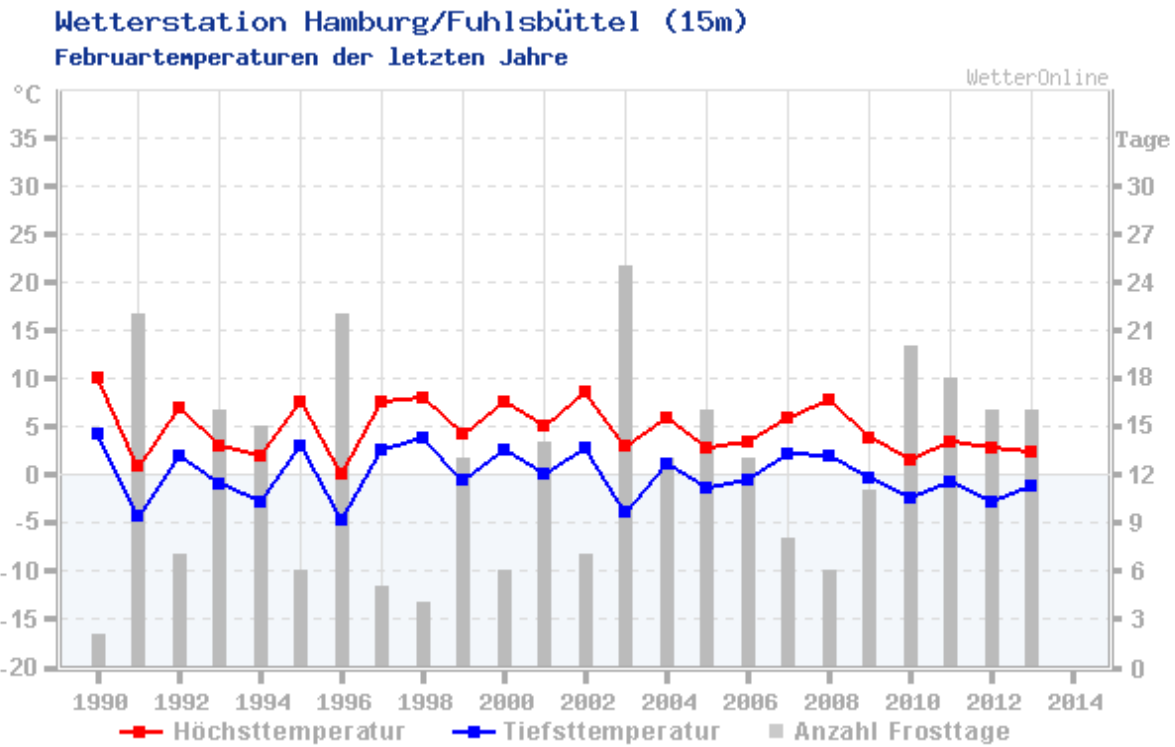
Der Klimawandel ist schon jetzt in der Metropolregion Hamburg zu spüren, die Temperaturerhöhung in den letzten 60 Jahren macht sich auch in den phänologischen Phasen bemerkbar, die durch wärmere Temperaturen besonders im Frühling und im Sommer verfrüht und im Spätherbst (z.B. bei der Blattverfärbung der Stieleiche) verspätet auftreten.

Somit verlängert sich insbesondere der phänologische Herbst (Fruchtreife des Holunders bis zum Blattfall der Stieleiche), während sich der Frühling (Schneeglöckchenblüte bis Holunderblüte) um etwa eine Woche verkürzt. Auf die Länge des phänologischen Sommers (von Holunderblüte bis zur Fruchtreife des Holunders) haben die klimatischen Veränderungen bisher nur eine geringe Auswirkung (+ 1,4 Tage), allerdings hat er sich um etwa 11,4 Tage nach vorne verschoben.

Bei einem Vergleich zwischen den beiden Trends der phänologischen Phasen von 1960-2011 und 1990-2011 für einzelne Stationen stechen besonders die Unterschiede beim Blütebeginn des Schneeglöckchens heraus. Während sich der langfristige Trend hin zu einer Verfrühtung des Eintrittsdatums ins Bild fügt, schwächt sich der Trend der letzten 20 Jahre deutlich ab und geht sogar ins Gegenteil, es findet im Mittel eine leichte Verspätung von etwa 1,8 Tagen pro Jahrzehnt an den zehn hier herangezogenen Stationen statt.

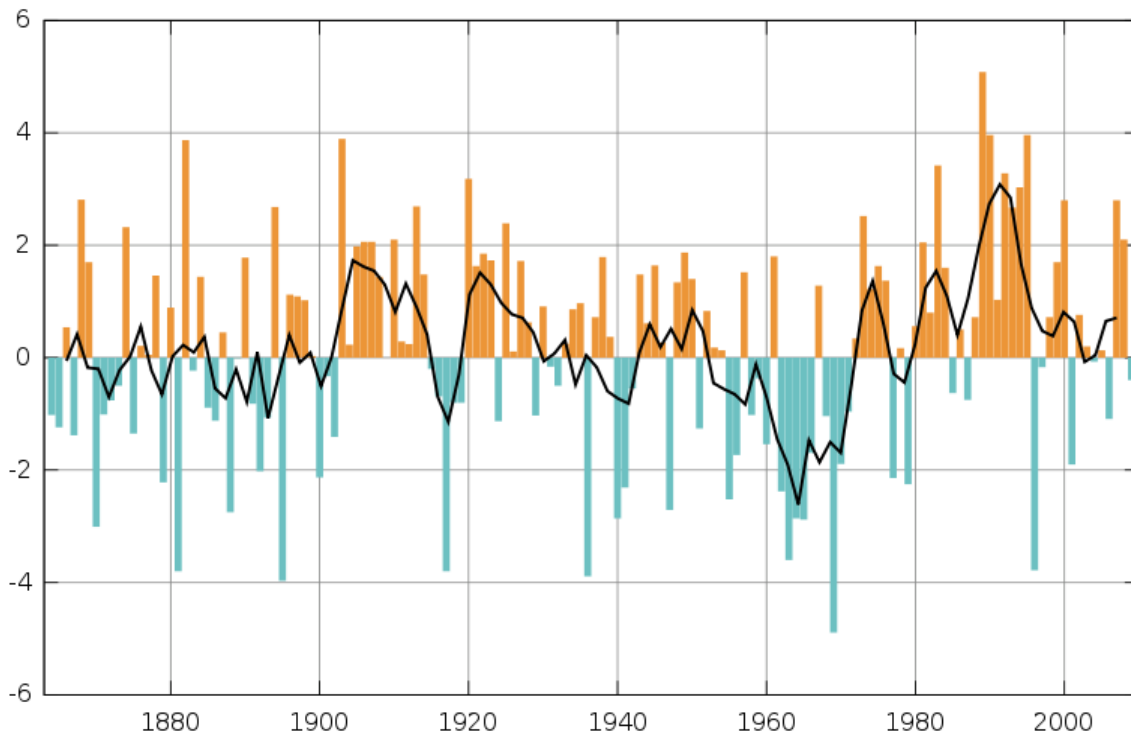
Bei einer Betrachtung der Temperaturentwicklung im Winter in den letzten beiden Jahrzehnten (Abb. 21) für die Station Hamburg Fuhlsbüttel fällt auf, dass die

Februartemperatur in den letzten beiden Jahrzehnten kaum zugenommen, sondern eher abgenommen hat. Auch eine Zunahme der Frosttage in diesem Zeitraum konnte beobachtet werden. Dies passt somit gut zu dem Trend zum Einsetzen der Schneeglöckchenblüte und somit zum verspäteten Einsetzen des phänologischen Erstfrühlings in den letzten 20 Jahren.



**Abb. 21:** Höchsttemperatur, Tiefsttemperatur sowie die Anzahl der Frosttage im Februar von 1990 bis 2013 an der Wetterstation in Hamburg – Fuhlsbüttel (vgl. Wetteronline o.J.).

Die leichte Abnahme der Wintertemperaturen in den letzten 20 Jahren entgegen der globalen Klimaerwärmung lässt sich vermutlich auf natürliche Schwankungen unter anderem der Nordatlantischen Oszillation (NAO) zurückführen. Die Abbildung 22 zeigt die Schwankungen des NAO-Indexes in den letzten 150 Jahren.



**Abb. 22:** NAO-Index 1864 – 2009 mit gleitendem Mittel (vgl. Wikipedia 2011).

Die Nordatlantische Oszillation (NAO) hat einen großen Einfluss besonders auf den europäischen Winter. Ein positiver NAO-Index bedeutet eine starke Westwindzirkulation, die für milde Winter und reichlich Niederschlag über Europa sorgt, ein negativer NAO-Index sorgt stattdessen für kalte und trockenere Winter (vgl. Wiki Bildungsserver 2013).

Wie an der Abbildung 22 zu erkennen ist, schwankt der NAO-Index stark und besitzt ein besonders großes Maximum mit tendenziell milderem Wintern um 1990.

Während der letzten 20 Jahre hat der Index deutlich abgenommen, was auch die leichte Abnahme der Februartemperaturen in Hamburg – Fuhsbüttel sowie den verspäteten Blühbeginn des Schneeglöckchens in der Metropolregion Hamburg erklären könnte.

Im Rahmen einer ausführlicheren Arbeit könnte man die Temperatur der letzten 60 Jahre, für die an den Stationen ebenfalls umfangreiches Datenmaterial vorliegt, mit den phänologischen Zeitreihen vergleichen und Gemeinsamkeiten oder Unterschiede analysieren.

Nun kann man einen Ausblick in die Zukunft wagen und sich überlegen, wie sich die phänologischen Phasen und damit die Jahreszeiten verändern werden.

Es kann und wird immer natürliche Schwankungen wie die der NAO geben und somit auch Schwankungen in der Entwicklung der phänologischen Phase.

Diese Schwankungen werden allerdings überlagert von der globalen Erwärmung. Projektionen für den künftigen Temperaturanstieg sind immer mit gewissen Unsicherheiten verbunden, je nach Emissionsszenario von Treibhausgasen wird eine unterschiedlich starke Erwärmung projiziert. In dem Bericht „Regionale Klimaprojektionen für Europa und Deutschland“ (Jacob et al o.J.) wurden für die Metropolregion Hamburg in Bandbreiten die verschiedenen Klimaentwicklungen auf Basis der Szenarien A1B, A2 und B1 für die Metropolregion Hamburg dargestellt. Für Ende des Jahrhunderts (2071-2100) wird im Winter eine Zunahme der 2m- Temperatur von 3,3 Kelvin (K) (mit einer Bandbreite von 2,4 K bis 4,3

K) und im Sommer eine Zunahme von 2,1 K (mit einer Bandbreite von 1,4 K bis 2,9 K) projiziert.

Unter diesen Annahmen kann mit einer weiteren, deutlichen Veränderung der phänologischen Phasen und der phänologischen Jahreszeiten zu rechnen sein, da die Temperaturänderung noch stärker als bisher ausfallen wird.

## Quellenverzeichnis

Alcamo, J., Moreno, J.M., Nováky, B., Bindi, M., Corobov, R., Devoy, R.J.N., Giannakopoulos, C., Martin, E., Olesen, J.E., Shvidenko, A. (2007): Europe. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 541-580.

Braun, P., Brügger, R., Bruns, E., Clever, J., Estreguil, C., Flechsig, M., De Groot, R.S., Grutters, M., Harrewijn, J., Jeanneret, F., Martens, P., Menne, B., Menzel, A., Sparks, T. (2003): European Phenology Network. Nature's Calendar on the move. Wageningen University, Netherlands.

DWD (1996-2013a): Phänologische Jahreszeiten.

[http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop/?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=dwdwww\\_result\\_page&portletMasterPortlet\\_i1gsbDocumentPath=Navigation%2FOeffentlichkeit%2FKlima\\_\\_Umwelt%2FPhaenologie%2Fprodukte%2Fhome\\_\\_jahreszeiten\\_\\_node.html%3F\\_\\_nnn%3Dtrue](http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop/?_nfpb=true&_pageLabel=dwdwww_result_page&portletMasterPortlet_i1gsbDocumentPath=Navigation%2FOeffentlichkeit%2FKlima__Umwelt%2FPhaenologie%2Fprodukte%2Fhome__jahreszeiten__node.html%3F__nnn%3Dtrue) (30.08.2013)

DWD (1996-2013b): Die Phänologischen Beobachtungssätze.

[http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=\\_dwdwww\\_klima\\_umwelt\\_phaenologie&T94007gsbDocumentPath=Navigation%2FOeffentlichkeit%2FKlima\\_\\_Umwelt%2FPhaenologie%2Fbeobachtungsnetze%2Fnetzuebersicht\\_\\_node.html%3F\\_\\_nnn%3Dtrue](http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=_dwdwww_klima_umwelt_phaenologie&T94007gsbDocumentPath=Navigation%2FOeffentlichkeit%2FKlima__Umwelt%2FPhaenologie%2Fbeobachtungsnetze%2Fnetzuebersicht__node.html%3F__nnn%3Dtrue) (30.08.2013)

Henniges, Y., Vollmer, I., Weber, R.W.S., Görgens, M., Chmielewski, F.-M. (2007): Der Klimawandel, eine Herausforderung für den norddeutschen Obstbau. Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes 62: 156-160.

Milašauskaitė, E., Rammert, U. (o.J.): Phänologie für Schulen.

<http://www.heimatbund.de/umweltschutz/index.php> (30.08.2013)

Jacob et al. (o.J.) : Regionale Klimaprojektionen für Deutschland und Europa. CSC Report 6. Climate Service Center, Germany.

[http://www.climate-service-center.de/imperia/md/content/csc/csc\\_report6.pdf](http://www.climate-service-center.de/imperia/md/content/csc/csc_report6.pdf) (30.08.2013)

KLIMZUG-NORD (2009): KLIMZUG-NORD: Ein Leitprojekt der Metropolregion Hamburg.

<http://klimzug-nord.de/index.php/page/2009-03-30-REGION> (30.08.2013)

Kreeb, K.H. (1990): Methoden zur Pflanzenökologie und Bioindikation. Fischer. Stuttgart-New York.

Schirmer, H., Buschner, W., Cappel, A., Matthäus, H.-G., Schlegel, M. (1987): Meyers kleines Lexikon Meteorologie. Meyers Lexikonverlag, Mannheim, Wien, Zürich.

Wetteronline (o.J.): Klima in der Region Hamburg.

[http://www.wetteronline.de/?pcid=pc\\_rueckblick\\_climate&gid=10147&pid=p\\_rueckblick\\_climatehistory&sid=Temperature&month=02&iid=10147](http://www.wetteronline.de/?pcid=pc_rueckblick_climate&gid=10147&pid=p_rueckblick_climatehistory&sid=Temperature&month=02&iid=10147) (30.08.2013)

Wiki Bildungsserver (2013): Nordatlantische Oszillation.

[http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Nordatlantische\\_Oszillation](http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Nordatlantische_Oszillation) (30.08.2013)

Wikipedia (2011): Winter-NAO-Index.

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Winter-NAO-Index.svg> (30.08.2013)