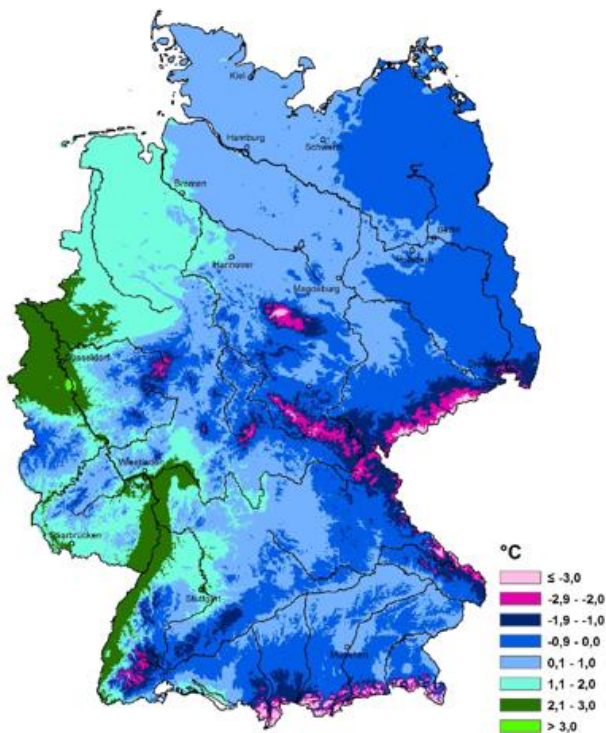


Phänologie - Journal

Nachträgliche Anmerkungen zu einem ungewöhnlichen Mildwinter in Deutschland

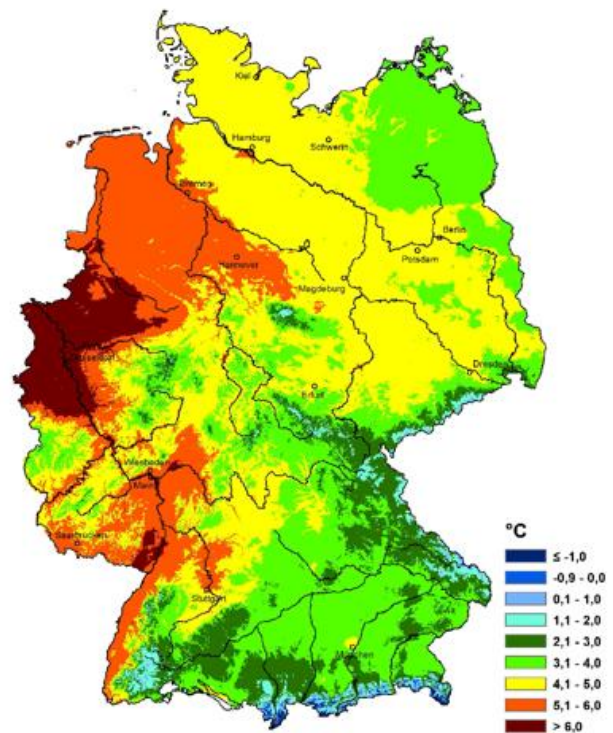
von Rainer Fleckenstein, unter Mitwirkung von Juliane Breyer,
DWD Referat Nationale Klimaüberwachung

Lufttemperatur 12/2012 - 03/2013



© Deutscher Wetterdienst 2014

Lufttemperatur 12/2013 - 03/2014



© Deutscher Wetterdienst 2014

Der vorangegangene Winter 2013/14 gehörte mit einer Durchschnittstemperatur von 3,3°C zu den mildesten Wintern seit Beginn regelmäßiger Wetteraufzeichnungen im Jahr 1881. Die Abweichung betrug vielerorts zwischen 2,5 und 3,5 K nach der derzeit international gültigen Referenzperiode 1961- 1990. Milder verliefen nur die Winter 2006/07, 1989/90 und 1974/75. Entlang des Rheins und in den Gebieten westlich davon war er sogar der zweit mildeste Winter nach 2006/07. Während die Nordosthälfte Deutschlands in der zweiten Januarhälfte für etwa 10 Tage in den Bereich arktischer Festlandsluft geriet, blieb ein nachhaltiger Kälteeinbruch an Rhein und Mosel, aber auch in Oberschwaben und Oberbayern aus.

In den Niederungen West- und Südwestdeutschlands verzeichneten viele Orte im meteorologischen Winter (1. Dezember 2013 - 28. Februar 2014) nicht einen Eis- bzw. Schneedeckentag. Beispiele dafür sind Saarbrücken, Aachen, Stuttgart und Frankfurt/Main.

In Frankfurt/Main-Flughafen ist dies seit Beginn der Wetteraufzeichnungen Ende der 1940er Jahre noch

nicht vorgekommen. Am Flughafen Saarbrücken-Ensheim bisher nur einmal im Winter 1974/75. Allerdings folgten an dem am Rande des Pfälzer Berglandes gelegenen Standort im kalten Frühjahr 1975 noch mehrere Schneedeckentage, die dieses Mal ebenfalls ausblieben, sodass dieser Winter an der Saar in Bezug auf Schneearmut und Wärme in die Historie eingehen wird.

Auch im Raum München und im nördlichen Oberbayern verlief der vorangegangene Winter sehr außergewöhnlich. Im Meteorologischen Winter gab es in der Münchner Innenstadt gerade mal zwei Schneedeckentage. Das ist in den vergangenen 60 Jahren, seit uns zusammenhängende Daten aus der Stadt zur Verfügung stehen, noch nicht vorgekommen. Allgemein ist in den letzten Jahren, vor allem im nördlichen Oberbayern ein Trend zu deutlich weniger Schneedeckentagen erkennbar.

Der Winter war in Deutschland auch deutlich zu trocken. Mit insgesamt 118,2 mm berechnet auf das gesamte Bundesgebiet beträgt die Differenz zur Periode

1961 - 1990 34,6 %. Das kam dem Sonnenschein zu Gute. Hier verzeichnete man deutschlandweit einen Überschuss von 23,8 % - ebenfalls ein krasser Unterschied zum Winter 2012/13 (s. Phäno-Journal Nr. 40). Gemittelt auf das gesamte Bundesgebiet schien die Sonne 191,3 Stunden zwischen dem 1. Dezember und 28. Februar.

Auch im Frühjahr 2014 setzte sich die erheblich zu milde Witterung in Deutschland weiter fort. Mit einem Durchschnittswert von 6,9°C lag der März 3,4 K über dem vieljährigen Durchschnittswert der Periode 1961 - 1990. Das war ein markanter Unterschied zum letztem Jahr. Der März 2013 präsentierte sich sehr winterlich. Er war der kälteste Geselle seit 1987 gewesen. Östlich der Elbe schrieb er in Bezug auf Eis- und Schnee-

deckentage Geschichte. Die Abbildungen der mittleren Temperatur der Winter 2012/13 und 2013/14 einschließlich des März zeigen deutlich die unterschiedliche Temperaturentwicklung auf.

Dadurch ist im Vergleich zu letztem Jahr die Vegetation viel früher. Die Jahresmeldedaten der phänologischen Beobachter stehen erst im Februar 2015 in vollem Umfang zur Verfügung, eine Auswertung der online gemeldeten Daten bestätigen aber schon eine sehr frühe Entwicklung. Die Obstblüte war so früh wie noch nie seit 1951.

Ab 1951 sind die phänologischen Daten auf elektronischen Datenträgern gespeichert und damit auswertbar. Die SOFORTmeldedaten sind seit 1992 so gespeichert, sie zeigen das gleiche Bild.

Fachliche Mitteilungen

Die Meldung früh- und spätreifender Obstsorten

Der nachfolgende Text ist eine Auskunft an den Beobachter Herbert Rühl in Geiselwind (Bayern) auf seine Frage mit dem Meldebogen 2013. Da die Beantwortung seiner Frage von allgemeiner Bedeutung ist, wird sie hier – unter Weglassung der persönlichen Passagen – wieder gegeben:

„Die großen Unterschiede in den Reifegruppen der Obstsorten haben Sie angesprochen. Sie betragen hinsichtlich der **Pflückreife** beim Apfel zwischen einer frühreifenden (z.B. ‚Klarapfel‘) und einer extrem spätreifenden Sorte (z.B. ‚Granny Smith‘) 90 Tage und mehr (Quelle: „Apfelsorten“ von *Silbereisen, Ulmer Verlag, dritte Auflage*). Bei den Kirschen und beim Beerenobst sind die Unterschiede zwischen den früh- und spätreifenden Sorten geringer.

Beim Apfel hat der Beobachter in der Regel eine größere Auswahl an Sorten, weil der Apfel sowohl was den Anbau als auch den Verzehr angeht, die beliebteste und verbreitetste Obstart in Deutschland ist. Da die Unterschiede bezüglich der Pflückreife zwischen den Sorten sehr groß und aufgrund der Sortenvielfalt fließend sind, wurde bei der Kreierung des Programms vom Apfel **sowohl** eine frühreifende Sorte **als auch** eine spätreifende Sorte hineingenommen. Mittelfrühe und mittelspäte Sorten wurden wegen überlappenden Reifezeiten nicht berücksichtigt. Mit der jetzigen Regelung wird zumindest beim Apfel eine ganz klare Trennung der Reifegruppen „garantiert“.

Von der Birne und den anderen Obstgehölzen im Programm werden in der Regel weniger Exemplare angebaut, so dass die Auswahl an Sorten hier deutlich geringer ist als beim Apfel (viele Beobachter beobachten das Obst im eigenen Garten). Deshalb wurde hier folgende Regelung getroffen:

Gemeldet wird von der Obstart Birne und Süßkirsche **entweder** eine frühe Sorte **oder** eine späte Sorte. Auch hier sind die mittelfrühen Sorten wegen der „fließenden“ Reife ausgeschlossen, denn bei der Auswertung der Pflückreife soll ja eine Vergleichbarkeit gegeben sein. Und die ist innerhalb einer Reifegruppe gegeben, unter verschiedenen Reifegruppen (vor allem zwischen früh- und spätreifenden Sorten) aber nicht.

Der Sauerkirschenanbau wird von der ‚Schattenmorelle‘ dominiert, 66 % der gemeldeten Daten kommen von dieser Sorte (s. Phäno-Journal Nr. 34). Unter den Sauerkirschen reift die ‚Schattenmorelle‘ spät, deshalb ist von dieser Obstart (bei dem hohen Anteil der spätreifenden Schattenmorelle) nur eine spätreifende Sorte gefragt. Außerdem gibt es nur wenige frühreifende Sauerkirschenarten und diese werden nur selten angebaut, sie spielen in Deutschland keine Rolle.

Bei den Beerenobstarten „Rote Johannisbeeren“ und „Stachelbeeren“ sind bezüglich der Reifezeit auch Unterschiede vorhanden, allerdings sind sie weniger ausgeprägt als bei Apfel und Birne. Eine gewisse Ausnahme spielt die Rote Johannisbeersorte ‚Heinemanns Rote Spätlese‘ (Synonym: ‚Macherauchs späte Riesentraube‘). Sie ist die einzige Sorte, bei der das „Spät“ auch im Namen enthalten ist. Da sie sich mit der Reife von den anderen Sorten „absetzt“, wurde sie ausgeschlossen und so steht es auch unter der Sortentabelle im Tagebuch auf Seite 46.

Wenn Sie ganz sicher sein wollen und die Möglichkeit dazu haben, dann suchen Sie für die phänologische Meldung die sogenannten „**Standardsorten des Phänologischen Dienstes**“ aus. Diese Sorten werden am häufigsten gemeldet und sind im Tagebuch auf den Seiten 40 bis 47 in den Sortentabellen als solche gekennzeichnet.

Wenn Sie zu einer Obstart keine Standardsorte für die Beobachtung in Reichweite haben, dann sollten Sie möglichst eine Sorte aus der Sortentabelle auswählen. Aber auch das ist nicht immer möglich. In diesem Falle geben Sie dann bitte die Sorte an, damit der DWD prüfen kann, ob die Sorte auch in eine der Reifegruppen früh- oder spätreifend „passt“. Wenn sie nicht hineinpasst, dann wird die Pflückreife bei den Auswertungen nicht berücksichtigt.

Die **Online-Melder**, die nicht mehr per Meldebogen melden, **können** jetzt zu allen Obstarten, bei denen es eine Unterscheidung nach früh- und spätreifend gibt, **beide Reifegruppen melden**. Die doppelte Meldung wird hier nicht unterdrückt. Es ist davon auszugehen, dass Beobachter, die für die phänologische Beobachtung „geeignete“ Sorten vor der Haustür haben, diese auch melden wollen. Das zu unterdrücken wäre „kont-

raproduktiv“, denn dann würden wahrscheinlich Vorschläge kommen, dies doch zu ermöglichen. Das geltende Programm wird allen Beobachtern – auch den Online-Meldern – jährlich als Meldebogen zugeschickt. Dass die Onlinemelder von den Obstartern zwei Sorten melden können, obwohl im Meldebogen nur die Meldung von einer Sorte verlangt

wird, ist „systembedingt“ (siehe vorherigen Abschnitt). Und es gibt noch eine Ausnahme: Obwohl die Sonnenblume nicht mehr im offiziellen Programm ist, kann sie weiterhin freiwillig von den Online-Meldern eingegeben werden, um Anschluss an die bereits gewonnene Sonnenblumen-Reihen zu halten.“

Netzverwaltung

Die Tierbeobachtungen

der phänologischen Beobachter für den österreichischen Wetterdienst ZAMG in Wien befinden sich im 10. Beobachtungsjahr. Die erste Teilnehmerin war bereits 2004 Frau Heidi Schöninger aus Lauter im LK Traunstein. Sie schrieb der Netzverwaltung nach einem Beitrag der ZAMG im Phäno-Journal Dez. 2003 über die österreichischen Tierbeobachtungen sinngemäß: „... da würde ich auch gerne mitmachen...“. Frau Dr. Elisabeth Koch, die Verantwortliche bei der ZAMG, reagierte unbürokratisch und ermöglichte allen Interessenten beim DWD die Teilnahme. So sieht unkomplizierte Zusammenarbeit aus!

Im Beitrag zu den Zugvögeln im Vogtland werden zwar keine deutschen Daten der ZAMG verwendet, das Thema passt aber zum Jubiläumsjahr.

Die beiden Wetterdienste

ZAMG und DWD arbeiten überhaupt bestens zusammen: Bei einem der regelmäßigen bilateralen Treffen der Direktoren des DWD (Deutscher Wetterdienst) und der ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik) fand kürzlich die feierliche symbolische Übergabe historischer phänologischer Aufzeichnungen statt. Präsident Gerhard Adrian (DWD) übergab dabei Direktor Michael Staudinger (ZAMG) die Beobachtungsbögen. Die Daten stammen aus der Zeit von 1927 bis 1944 und kommen aus fast allen Bundesländern. Die drei Aktenkisten werden in den nächsten Wochen den Weg nach Wien finden und dann in die Datenbanken eingespielt werden.

Die ZAMG dankt dem DWD für die Restitution dieser Beobachtungsformulare.

Quelle: http://zacost.zamg.ac.at/phaeno_portal/was-solos-ist.html

Gute Beziehungen

werden aber auch zu unseren tschechischen Nachbarn gepflegt, die eine vergleichbare „phänologische Tradition“ haben:

Am 20. November 2013 erhielt der DWD Besuch von drei Mitarbeitern des tschechischen Wetterdienstes und es fand eine Übergabe der noch im DWD vorliegenden phänologischen Unterlagen aus dieser Region statt. Der DWD verfügte über Beobachtungen aus den Jahren 1936 – 1944 von 824 Standorten. Insgesamt handelte es sich dabei um drei Kartons mit archivierten Beobachtungen. Das CHMI strebt eine Digitalisierung der Daten an und wird diese Daten dann auch dem DWD zur Verfügung stellen. Die Besucher haben außerdem die Gelegenheit genutzt, sich in der Abteilung Agrarmeteorologie zu informieren, wie dort phänologische Beobachtungen bei der Beratung der Landwirtschaft zum Einsatz kommen.



Übergabe der Aufzeichnungen vom DWD an Mitarbeiter des CHMI: (von links): Claudia Rubart (DWD), Lenka Hájková (CHMI), Dr. Frank Kaspar (DWD), Dr. Martin Mozny (CHMI), Jan David Reitschläger (CHMI).

Notizen zu den phänologischen Phasen

Die Online-Melder und die Melder an die Wetterwarten werden gebeten, die Möglichkeit der Phasen-Notizen zu nutzen. Typische Notizen wären z.B.:

| | |
|--------------------|--|
| Beta-Rübe AU | Bodenverschlammung, ungleicher Aufgang |
| Frühreif. Apfel EB | starke Spätfrostschäden |
| Dauergrünland HS1 | Heuschnitt wegen Nässe um ca. 3 Wochen verzögert |
| Wintergerste E | Kümmerkorn (Notreife) |
| Winterweizen GR | Weizen verbreitet im Lager |
| Müller-Thurgau F | Hagelschäden am ... |
| Futterrüben E | Verluste durch Frühfröste |
| Stiel-Eiche BF | BF ü.Nacht durch Sturm am ... |

Die hier aufgezählten Beispiele beziehen sich auf die phänologischen Phasen oder stehen „in enger Beziehung“ dazu. In einigen Fällen könnten die Notizen auch zu einer anderen Phase gegeben werden, so z.B. kann die „Notreife“ bei der Wintergerste auch schon bei der Gelbreife stehen.

Es sollten jedoch keine Bemerkungen gemacht werden, die mit der Phase oder dem Beobachtungsobjekt nichts zu tun haben, wie z.B. „**verspätete Meldung** wegen Urlaub“ oder „**versäumt, rechtzeitig zu melden**“. Solche Notizen sind keine Nutzer-Informationen.

Die Überarbeitung der Anleitung (VuB17)

geht voran. Die Beobachter erhalten mit diesem Journal Austauschseiten mit wesentlichen Änderungen. Sobald die Überarbeitung abgeschlossen ist, wird die überarbeitete Version in Gänze Online gestellt.

Untersuchungen zu den klimatischen Ursachen der veränderten Erstantkunftszeiten von Zugvögeln im Frühjahr im Vogtland

von Werner Friedel, ehemals Forschungsinstitut für Balneologie und Kurortwissenschaften Bad Elster, unter Mitwirkung von Falk Böttcher, DWD Abteilung Agrarmeteorologie, Außenstelle Leipzig

Vorbemerkung

Die vorliegende Arbeit ist die Bündelung einiger Erkenntnisse aus der Zusammenführung langjähriger tierphänologischer – hier ornithologischer – Beobachtungen und meteorologischer Messungen, die im Rahmen der klimatologischen Untersuchungen des Vogtlandes vom Autor unternommen und in der Beitragsreihe zur Witterung und zum Klima im mittleren Vogtland veröffentlicht werden. In Heft 12 der Reihe werden die Arbeiten zu den Zusammenhängen zwischen Klima und Zugvogelverhalten im Vogtland sehr ausführlich präsentiert, aus denen hier nur ein kleiner Ausschnitt gezeigt werden kann.

Einführung

In allen Epochen der Erdgeschichte hatten Witterung und Klima ursächlichen Einfluss auf die Tier- und Pflanzenwelt. Umgekehrt wirken sich die Vegetationsstrukturen, der Bewuchs unserer Landschaft wie auch die Tierpopulationen auf das regionale Klima eines Gebietes, hier des Vogtlandes, eines Landstriches im Vierländereck Bayern, Sachsen, Thüringen und Tschechische Republik aus. Es besteht also ein Rückkopplungsverhältnis.

Für wesentliche Entscheidungen in Fragen Umwelt ist es wichtig zu wissen, welche gegenseitig wirkenden Faktoren existieren in welcher Größenordnung. So soll in diesem Beitrag der Fragestellung nachgegangen werden, inwieweit festgestellte Veränderungen der klimatischen Randbedingungen der letzten Jahre das Zugverhalten von Vogelarten, die im Frühjahr in das Vogtland zurückkehren, beeinflussen könnte. Die dazu verwendeten ornithologischen Datenreihen veröffentlichte Stephan Ernst unter dem Titel „Veränderung der Ankunftszeiten von 25 häufigen Zugvogelarten im sächsischen Vogtland in den Jahren 1967 bis 2011“ in den Mitteilungen des Vereins Sächsischer Ornithologen im Oktober 2013.

Mit diesen Daten ist die Möglichkeit gegeben, den funktionalen Zusammenhang zwischen Änderungen der Klimaparameter und Ankunftszeiten von Zugvogelarten mittels mathematisch statistischer Methoden zu untersuchen.

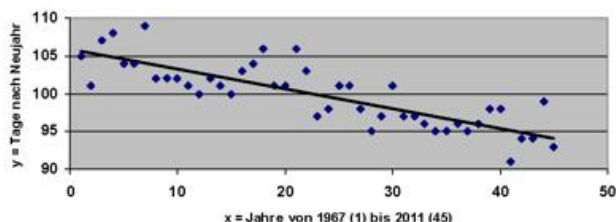


Abb. 1: Funktionaler linearer Zusammenhang $y = -0,2628x + 105,91$ zwischen der mittleren Erstantkunft von 25 Zugvogelarten im Vogtland in Tage nach Neujahr (y) und der jährlichen Folge von 1967 bis 2011 (x) (Bestimmtheitsmaß $r^2 = 0,6695$, Korrelationskoeffizient $r = -0,82$, Regressionskoeffizient $b = -0,2628$)

Es wird versucht zu ermitteln, ob es auf die Erstantkunft der Zugvögel – neben thermischen Einflussgrößen wie

den Spätwinter- und Frühlingstemperaturen (Februar – April) und den Kältesummen in der Region – einen Einfluss der Großwettertypen gibt, der sich über die Nordatlantkoszillation (NAO) ausdrückt (beschrieben in Osborn, Tim: Winter NAO-Index (Dezember – März nach P. D. Jones et al. (1997), aktualisiert bis Winter 2012/13).

Spätwinter- und Frühjahrstemperaturen

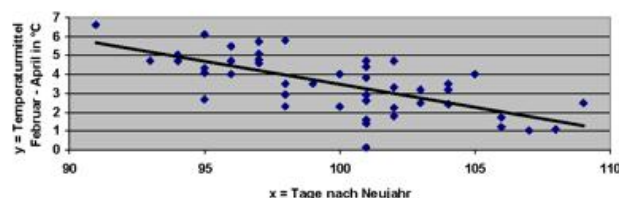


Abb. 2: Funktionaler linearer Zusammenhang $y = -0,2436x + 27,812$ zwischen dem Temperaturmittel in °C von Februar bis April an der Wetterstation Plauen (y) und der mittleren Erstantkunft von 25 Zugvogelarten im Vogtland in Tagen nach Neujahr (x). (Bestimmtheitsmaß $r^2 = 0,4592$, Korrelationskoeffizient $r = -0,678$, Regressionskoeffizient $b = -0,2436$)

Der Abbildung 2 ist zu entnehmen, dass zwischen den x- und den y-Werten eine deutliche funktionale Abhängigkeit zu vermuten ist, was bedeuten würde, dass erhöhte Spätwinter- und Frühjahrstemperaturen zur Verfrühung der Ankunftszeiten von Zugvögeln führen. Umgekehrt verzögern kalte Monate Februar bis April die Ankunftszeit, das heißt, die Zugvögel treffen dann allgemein später ein.

Ordnet man die 45 vorliegenden Wertepaare der jährlichen Ankunftszeit von Zugvögeln im Vogtland in Tagen nach Neujahr und die mittlere jährliche Temperatur in °C von Februar – April zwischen 1967 und 2011 in die so genannte Vierfeld- oder Kontingenztafel ein, so ergibt sich die in der Tabelle 1 dargestellte Verteilung.

Tab 1: Vierfeldtafel zur Untersuchung der Abhängigkeit früher oder später Ankunftszeiten der 25 Zugvogelarten im Vogtland von kalten oder warmen Spätwinter- und Frühlingstemperaturen

| y (Ankunft) | x (Mon. 2-4) kalt | x (Mon. 2-4) warm | Su. |
|-------------|-------------------|-------------------|-----|
| früh | 3 | 17 | 20 |
| spät | 18 | 7 | 25 |
| Summe | 21 | 24 | 45 |

Wie sofort zu erkennen ist, häufen sich bei warmen Frühlingstemperaturen die Frühankünfte. Ist es dagegen kalt, kommen die Zugvögel allgemein später an. Aus den Zahlenwerten der Kontingenztafel errechnet sich relativ einfach der so genannte Chi-Quadrat-Testwert. Dieser beträgt in unserem Fall $\chi^2 = 14,5$. Auf der Basis statistischer Lehrbücher (hier: Weber, Erna: Grundriss der biologischen Statistik, 6. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1967) kann der ermittelte χ^2 -Wert interpretiert werden und zeigt, dass der Zusammenhang zwischen der Spätwintertemperatur

und der Erstankunftszeit der Zugvögel hochsignifikant ist.

Kältesummen

Der Einfluss der Kältesummen im Winter ist wie bei den Spätwinter- und Frühjahrstemperaturen unter a) untersucht worden. Dabei kann festgestellt werden, dass es einen wesentlich schwächeren statistischen Zusammenhang gibt. Der Korrelationskoeffizient beträgt 0,344 und die Irrtumswahrscheinlichkeit liegt bei 5%.

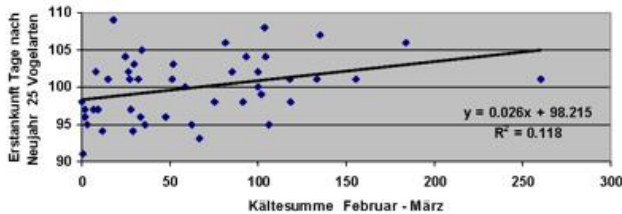


Abb. 3: Zusammenhang zwischen der Kältesumme und der Erstankunft von 25 Zugvogelarten im Vogtland.

NAO-Index

Der NAO-Index (North Atlantic Oscillation Index) beschreibt im Allgemeinen die Variation der Druckunterschiede zwischen dem Islandtief und dem Azorenhoch. Der älteste und heute noch für unsere mitteleuropäischen Belange sinnvolle Ansatz ist durch die Differenz des normierten Luftdruckes an den Stationen Gibraltar und dem südlichen Island definiert. Hauptsächlich im Winterhalbjahr besteht erfahrungsgemäß eine sehr enge korrelative Beziehung zwischen der NAO und den mittleren Temperaturen der kalten Jahreszeit.

Im Vergleich zur Beziehung zwischen den Spätwinter- und Frühjahrstemperaturen ist der Zusammenhang zwischen dem NAO-Index und der Erstankunft der Zugvögel schwächer ausgeprägt. Es konnte ein Korrelationskoeffizient von -0,312 festgestellt werden bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5%.

Partielle Korrelation der Thermischen Größen und des NAO-Index mit der Erstankunft der Zugvögel

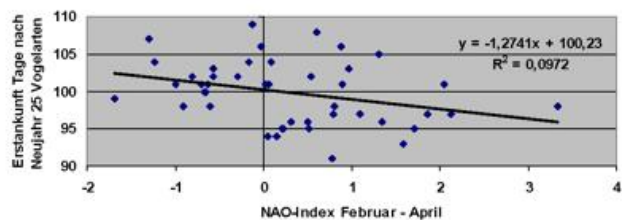


Abb. 4: Zusammenhang zwischen dem NAO-Index (Februar-April) und der Erstankunft von 25 Zugvogelarten

Um etwas differenzierter Aussagen zu erhalten, werden die Methoden der „Partiellen Korrelation“ angewendet. Wenn die Klimaelemente NAO-Index, Kältesumme sowie mittlere Temperatur mehr oder weniger den Vogelzug beeinflussen, so muss die Frage erlaubt sein, ob der festgestellte Zusammenhang eines einzelnen Faktors mit der Erstankunft nicht erst durch das Wirken einer weiteren Einflussgröße entstand? Schließt man diese Größe im Testverfahren aus, so kann das Ergebnis durchaus den vormalig statistisch gesicherten Zusammenhang verneinen.

Das partielle Testverfahren ist dem Test des einfachen Korrelationskoeffizienten übergeordnet, also von höherer Aussagekraft. Der genaue Rechenweg kann bspw. bei Weber (siehe vorn) nachvollzogen werden. Schließt man also nach diesem Testverfahren den Einfluss der Mitteltemperatur von Februar – April rechnerisch aus, so verschwinden alle mit dem einfachen Korrelationskoeffizienten statistisch gesicherten Zusammenhänge zwischen Erstankunft und NAO beziehungsweise der Kältesumme. Es muss demzufolge eine weitere Einflussgröße (in unserem Fall die Mitteltemperatur Februar – April) auf die jeweilige Beziehung eingewirkt haben. Dem entgegen konnten alle Abhängigkeiten der Erstankunft von der Mitteltemperatur auch mit dem partiellen Korrelationskoeffizienten hochsignifikant ($\alpha < 0,01$) statistisch gesichert werden.

Dieses relativ eindeutige mathematisch statische Ergebnis sollte man dennoch mit aller Vorsicht interpretieren. Warum übt z.B. die Kältesumme, die in direkter funktionaler Beziehung zur Mitteltemperatur steht, nicht den gleichwertigen Einfluss auf die Erstankunft der Zugvögel aus? Das hat damit etwas zu tun, dass die Kältesumme nur einen Teil des Temperaturniveaus charakterisiert, während in das Temperaturmittel sowohl die Anteile unter als auch über Null Grad eingehen. Die Kältesumme gleich Null im März 2012 beispielsweise sagt nichts über die Höhe der enormen Wärmesumme von 195 Kelvin aus. Und das ist das Problem. Ebenso würde die alleinige Angabe der Wärmesumme alle Kältegrade verschweigen.

Aber warum stellten die statistischen Verfahren der partiellen Korrelation keine gesicherte Beziehung zwischen der Erstankunft von Zugvögeln im Vogtland und dem NAO-Index Gibraltar-Südland fest, stets jedoch die Abhängigkeit zur regionalen Mitteltemperatur von Februar – April? Der mittlere NAO-Index sagt nichts Konkretes darüber aus, ob sich eine über dem Atlantik festgestellte Westwinddrift (starker positiver Druckgradient) auch bis Mitteleuropa durchsetzen konnte. Oftmals gehen schon positive NAO-Werte mit milder Witterung im Vogtland einher, insbesondere im Winterhalbjahr. Doch es gibt auch genügend andere Beispiele. Ein positiver NAO-Index kann u.a. für Südosteuropa und Vorderasien durchaus Kälteperioden bringen.

Schlussbemerkungen

Es wird wohl auch zukünftig nicht so eindeutig der Zusammenhang zwischen Vogelzug und meteorologischen Parametern abzuschätzen sein. Die vorangegangenen Untersuchungen des Zusammenhanges zwischen der Erstankunft von 25 Zugvogelarten im Vogtland und den Klimaelementen Temperaturmittel, NAO-Index sowie Kältesumme während der Spätwinter- und Frühjahrsmonate erbrachte die relativ klare Aussage, dass die Erstankunft in erster Linie mit dem regionalen Temperaturniveau in Beziehung steht. Dagegen konnte die Abhängigkeit von NAO-Index und der Kältesumme mit dem partiellen Korrelationskoeffizienten nicht statistisch gesichert werden. Vermutlich würde die aufwändige Einbeziehung der Häufigkeitsverteilung von Großwetterlagen eher einen detaillierten Einblick in das Verhältnis von Vogelzug und Klima gewähren, als es durch mittlere jahreszeitliche Werte möglich war.

Es lenzt nicht, ehe es gewintert hat

von Julia Laube, Anja Thole, Clemens Kramer und Prof. Dr. Annette Menzel, Fachgebiet Ökoklimatologie, Technische Universität München

2013/2014 folgte ein warmes Frühjahr einem warmen Winter. Wie reagieren Bäume und Sträucher darauf?

Nach Angaben des DWD führten die Temperaturen der Monate Dezember 2013 bis Februar 2014 in Deutschland zum viertwärmsten Winter seit Beginn der Aufzeichnungen 1881. Die Wintertemperaturen lagen im Schnitt 3.1°C über dem langjährigen Mittelwert, und auch die ersten Frühjahrsmonate waren deutlich zu warm (März und April jeweils $+3.5^{\circ}\text{C}$).

Auf diese ungewöhnlich hohen Temperaturen reagierten auch die Bäume mit einem frühen Frühjahrsaustrieb. Nach Angaben des phänologischen Netzwerks des DWD war 2014 z.B. die Haselblüte 19 Tage früher als im langjährigen Schnitt, der Blühbeginn der Erle erfolgte 22 Tage früher. Andere Baumarten reagierten dagegen weniger stark auf das warme Frühjahr, was sich z.B. am Blühbeginn der Esche (6 Tage früher, noch unvollständige Daten) oder an der Blattentfaltung bei Rotbuche (14 Tage früher) zeigt.

Seit einigen Jahren ist bereits bekannt, dass es oftmals frühe phänologische Stadien bzw. sich früh entwickelnde Pflanzenarten sind, die am stärksten auf Temperaturerhöhungen im Frühjahr reagieren. Der Grund für dieses Phänomen ist bislang größtenteils ungeklärt.

Die Reaktion der Baum- und Straucharten auf Temperaturanomalien ist dabei nicht nur wissenschaftlich interessant, sondern im Hinblick auf den Klimawandel auch von Interesse für den Obst- und Weinbau oder die Forstwirtschaft. Werden „flexible“ Arten in Zukunft häufiger von Spätfrost betroffen sein? Haben „unflexible“ Arten in Zukunft Nachteile, weil sie zu spät austreiben, und daher wertvolle Wochen des Wachstums verpassen? Welche Baumarten reagieren „flexibel“, und warum?

Am Fachgebiet Ökoklimatologie der TU München sind wir dieser letzten, grundlegenden Frage nachgegangen. Ein Experiment in Klimakammern sollte klären, wie sich verkürzte Winter auf den Zeitpunkt des Knospenaufbruchs auswirken.

Hintergrund: Winterruhe, Frühjahrs-Wärmemengen und Tageslänge beeinflussen den Frühjahrsaustrieb.

Allgemein ist der Zeitpunkt, an dem unsere heimischen Gehölze ein phänologisches Entwicklungsstadium erreichen, vor allem vom Ende der Winterruhe, den erhaltenen Wärmemengen im Frühjahr, und auch von der Tageslänge abhängig:

- **Frühjahrs-Wärmemengen:** Die erhaltenen Wärmemengen bestimmen die Entwicklung der Knospen. Die Wärmemengen werden gewöhnlich als Temperatursummentage gezählt, d.h. als eine Kombination aus Tagestemperaturen und der Anzahl an warmen Tagen ($^{\circ}\text{CTage}$, Temperatur multipliziert mit Anzahl der Tage). Der Entwicklungszustand der Knospen hängt also zum einen von der für die Entwicklung geeigneten Zeit ab (gewöhnlich die Anzahl an Tagen über 0°C). Zum anderen spielt die mögliche Entwicklungsgeschwindigkeit eine Rolle, da bei höheren Temperaturen eine schnellere Entwicklung erfolgen kann als bei

niedrigen. Die Wärmemengen geben beides wieder, z.B. $10 \text{ Tage} \times 15^{\circ}\text{C} = 15 \text{ Tage} \times 10^{\circ}\text{C} = 150^{\circ}\text{CTage}$.

- **Winterruhe:** Nach dem Eintritt in die Winterruhe im Herbst benötigen viele Holzgewächse eine ausreichende Kälteperiode, um vom dormanten, inaktiven Winterzustand zurück in den aktiven Zustand zu wechseln. Ist die Winterruhe nicht vollständig beendet, brauchen die Bäume höhere Wärmemengen bis zum Knospenaufbruch, d.h. bei zu kurzen Kälteperioden entwickeln sie sich verzögert (Abb. 1 links).

- Einige Holzgewächse reagieren zudem auf die Tageslänge. Dabei ist jedoch bislang nicht geklärt, ob die Knospenentwicklung erst ab einer gewissen minimalen Tageslänge beginnt, oder ob längere Tage die Entwicklung lediglich beschleunigen (Abb. 1 rechts).

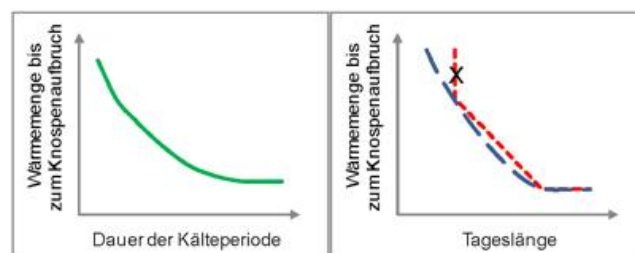


Abb. 1: Links: längere Kälteperioden führen dazu, dass sich die Bäume schneller entwickeln (Knospenaufbruch bereits bei geringeren Wärmemengen). Nach vollständigem Abschluss der Winterruhe spielen zusätzliche Kältereize keine Rolle mehr (Kurve verflacht sich). Rechts: eine längere Tageslänge führt zu einer schnelleren Entwicklung der Knospen (grün), bzw. eine zu kurze Tageslänge kann die Knospenentwicklung auch vollständig verhindern (rot, Kreuz).

Verschiedene Arten haben dabei unterschiedliche Ansprüche an die Dauer der Kälteperiode und reagieren auch unterschiedlich auf die Tageslänge. Dies kann dazu führen, dass zwei Arten unterschiedlich auf dieselben Frühjahrstemperaturen reagieren, und den Zeitpunkt des Knospenaufbruchs nicht parallel zueinander verschieben (Abb. 2).

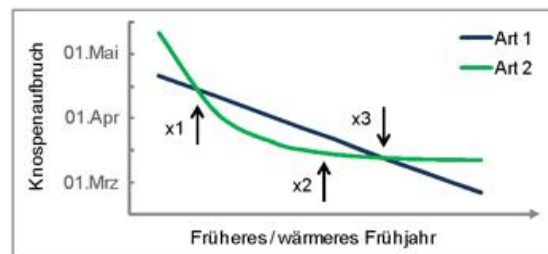


Abb. 2: Schema zum Zeitpunkt des Knospenaufbruchs mit zunehmend wärmeren und/oder früheren Frühjahrsen. Die hypothetische „Art 1“ reagiert nicht auf die Tageslänge, und hat nur minimale Ansprüche an die Kälteperiode. Unabhängig von vorangegangenen Winterverhältnissen und aktuellen Tageslängen ist der Zeitpunkt des Knospenaufbruchs direkt von der Frühjahrstemperatur bestimmt ($x1 - x3$). Beispielart „Art 2“ benötigt eine lange Kälteperiode, um die Winterruhe zu brechen und/oder reagiert auf die Tageslänge. Bei kühlen bzw. späten Frühjahrsen ist die Winterruhe komplett abgeschlossen ($x1$), und die Art reagiert direkt auf

steigende Frühjahrs Temperaturen. Ein zunehmend früheres/wärmeres Frühjahr (x2) führt dazu, dass die Winterruhe nicht mehr vollständig beendet werden kann, bzw. dass die Tageslänge noch nicht ausreichend ist. Die Art kann daher trotz Wintermilde und Frühjahrswärme nicht beliebig früh austreiben. Je nach dem Bedürfnis der Arten nach Kälteperiode bzw. Tageslänge kommt entweder die Art 1 oder Art 2 zuerst zum Knospenaufbruch (Reihenfolge wechselt bei x1 bzw. x3).

Zwar sind die generellen Auswirkungen der drei unterschiedlichen Umweltreize (Kälteperiode, Frühjahrs-Wärmemenge und Tageslänge) seit längerem bekannt, aber die Effektgrößen und mögliche Interaktion der einzelnen Faktoren konnten bislang nicht eindeutig geklärt werden.

Diese Wissenslücke erschwert die Auswertung und Interpretation von Langzeit-Beobachtungen, wie die des phänologischen Netzwerks des DWD. Aber auch Vorhersagen in Bezug auf den Klimawandel bleiben eher vage, solange die Wirkung der einzelnen Faktoren unklar ist. Künftig werden die Winter wärmer, die Kälteperiode also kürzer. Die Frühjahre werden ebenfalls wärmer, die Wärmemengen also höher. Die Verschiebung der phänologischen Jahreszeiten führt zudem gleichzeitig zu „dunkleren“ phänologischen Frühjahren mit kürzeren Tageslängen.

Experiment: Barbarazweige in Klimakammern.

Da sich bei Daten aus phänologischen Beobachtungen die Effekte aus Wintertemperaturen, Frühjahrs temperaturen und Tageslänge überlagern, sind Experimente nötig, um die einzelnen Wirkungen klar voneinander zu trennen. Gerade bei Holzgewächsen stoßen Experimente aber schnell an finanzielle und praktische Grenzen. Eine künstliche Veränderung von Wintertemperaturen und Tageslängen ist bei ausgewachsenen Bäumen nur unter erheblichem Aufwand realisierbar. Studien an Jungbäumen, z.B. im Gewächshaus, erlauben zwar die Durchführung von Experimenten unter kontrollierten Bedingungen - es ist jedoch bekannt, dass sich die Frühjahrsphänologie von Jungwuchs und adulten Bäumen unterscheidet.

Eine Forschergruppe der Universität Basel (Prof. Dr. Körner, Dr. Vitasse, Dr. Basler) konnte kürzlich zeigen, dass die Frühjahrsphänologie anhand von abgeschnittenen Zweigen untersucht werden kann (ähnlich der Tradition der „Barbarazweige“). Damit ergibt sich erstmals eine kostengünstige und schnelle Methode, die Phänologie von Holzgewächsen unter klar definierten, experimentellen Bedingungen zu testen.

In der hier vorgestellten Studie wurde die Frühjahrsentwicklung an Zweigen von 36 Baum- und Straucharten unter jeweils 9 unterschiedlichen Behandlungen beobachtet (Abb. 3).

Die Kälteperiode wurde künstlich verkürzt, d.h. die Zweige wurden zu 3 Zeitpunkten (Mitte Dezember, Ende Januar und Mitte März) im Weltwald Freising „geerntet“. Zu jedem der drei Zeitpunkte wurden die Zweige in Klimakammern mit 3 unterschiedlichen Tageslängen aufgeteilt (8h, 12h und 16h). Bei den insgesamt 9 Behandlungen (3 Kälteperioden und je 3 unterschiedliche Tageslängen) herrschten dabei identische, sukzessive wärmer werdende Temperaturen (7 bis 27°C). Die Entwicklung der Zweige wurde über einen

Zeitraum von 6 Wochen 3-mal wöchentlich erfasst. Ausgewertet wurde der Einfluss von Kälteperiode und Tageslänge auf die benötigten Wärmemengen bis zum Knospenaufbruch.



Abb. 3: Blick in eine Klimakammer. Die Zweige stehen in mit Leitungswasser gefüllten 0,1 l Flaschen. Im 2-wöchigen Abstand wurden die Zweige neu angeschnitten und das Wasser gewechselt. Pro Art und Behandlung wurden 10 Zweige verwendet, insgesamt also über 3000 Proben.

Ergebnisse: Eine verkürzte Kälteperiode verzögert die Entwicklung - bei fast allen Arten - sehr stark. Eine kurze Tageslänge verzögert die Entwicklung - bei einigen Arten - leicht.

- Holzgewächse benötigen eine Kälteperiode, fast alle Arten (34 von 36) entwickeln sich schneller, wenn sie länger winterlichen Temperaturen ausgesetzt sind. Die Wärmemengen bis zum Knospenaufbruch verringerten sich bei langer Kälteperiode im Schnitt um 200°C Tage.

- Die benötigte Kälteperiode unterscheidet sich je nach Art. Die Winterruhe war z.B. bei Rotbuche Ende Januar sicher nicht, und Mitte März vermutlich noch nicht vollständig beendet. Andere Arten, wie z.B. Hasel, hatten geringere Ansprüche an die Dauer der Kälteperiode, die Dormanz war bereits Mitte Januar beendet (Abb. 4).

- Viele der Pionierarten benötigen eine kürzere Kälteperiode als die Klimaxarten. Auch nach beendeter Winterruhe benötigen viele der Klimaxarten höhere Wärmemengen, d.h. sie entwickeln sich insgesamt langsamer (Abb. 4). (Klimaxarten: schattentolerante Arten, die sich in Waldbeständen langfristig durchsetzen können, z.B. Rotbuche oder Esche. Pionierarten: schattenintolerante Arten, oft Erstbesiedler oder Vorwaldarten, z.B. Hasel oder Hänge-Birke.)

- Invasive Arten (nicht-einheimische Arten, die sich ungewollt ausbreiten, z.B. Robinie oder Rot-Eiche) benötigen vergleichbare Wärmemengen wie heimische Arten. Ihr Verhalten ähnelt dem der heimischen Pionierarten, viele benötigen nur relativ kurze Kälteperioden und eher geringe Wärmemengen im Frühjahr.

- Unter den experimentellen Bedingungen waren die artspezifischen Reaktionen so unterschiedlich, dass sich die Reihenfolge des Knospenaufbruchs veränderte. Der Ausknospungszeitpunkt der Rotbuche lag bei der langen Kälteperiode etwa im Mittelfeld, bei der kurzen war sie die zweitletzte Art.

- 12 der 36 Arten entwickelten sich unter 16h signifikant schneller als unter 8h Tageslänge. Die Stärke der Reaktion war artspezifisch, am stärksten reagierte die Rotbuche. Insgesamt war der Einfluss der Tageslänge auf die Frühjahrsentwicklung eher gering, im Schnitt entwickelten sich die Zweige unter 16h Tageslicht nur 20°C Tage schneller als Zweige unter 8h Tageslicht.
- Eine Reaktion auf die Tageslänge war nur bei unvollständig beendeter Winterruhe zu beobachten (Abb. 4). Während bei kurzer Kälteperiode 9 Arten auf die Tageslänge reagierten, waren es bei mittlerer und langer Kälteperiode nur noch 3.

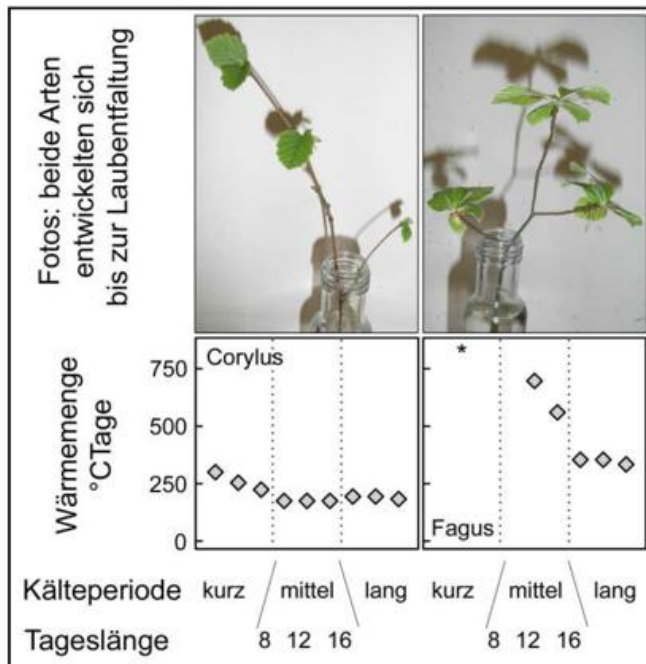


Abb. 4: Benötigte Wärmemengen (Mediane) bis zum Knospenaufbruch für Hasel (*Corylus avellana*) bzw. Rotbuche (*Fagus sylvatica*) mit verschiedenen Kälteperioden und Tageslängen. Die benötigten Wärmemengen verringern sich mit längerer Kälteperiode. Im Gegensatz zur Rotbuche ist bei Hasel zwischen mittlerer und langer Kälteperiode kein Unterschied erkennbar, d.h. die Art hatte ihre Winterruhe bereits Ende Januar beendet. Für Hasel verringerte sich die benötigte Wärmemenge mit steigender Tageslänge bei kurzer Kälteperiode, während Rotbuche noch bei einer mittleren Kälteperiode auf die Tageslänge reagierte. Unabhängig von der Länge der Kälteperiode benötigte Rotbuche höhere Wärmemengen als Hasel, um zum Knospenaufbruch zu kommen. *Bei der kurzen Kälteperiode entwickelte sich die Rotbuche erst nach den 6 Wochen Laufzeit des Experiments (>800°C Tage).

Insgesamt zeigte sich, dass die meisten Holzgewächse eine angemessene Kälteperiode benötigen, um im Frühjahr schnell ausknospen zu können. Die Länge der Kälteperiode ist ebenso wie die benötigte Wärmemenge im Frühjahr artspezifisch. Die Länge der Kälteperiode wirkt sich insgesamt viel stärker als die Tageslänge aus. Einige Arten reagieren auch auf die Tageslänge, aber nur solange die Winterruhe nicht vollständig abgeschlossen ist.

Ausblick und Einschätzung: Warum reagieren einige Baumarten besonders „flexibel“ auf warme Winter und Frühjahre?

Arten, die eine nur kurze Winterruhe benötigen, können direkt, und bereits im sehr zeitigen Frühjahr auf warme Temperaturen reagieren, und die Knospen uneingeschränkt entwickeln. Arten, die auf eine längere Kälteperiode angewiesen sind, sind im sehr zeitigen Frühjahr noch nicht komplett aus der inaktiven Winterruhe befreit. Bei warmen Temperaturen können sie zwar ebenfalls mit der Knospenentwicklung beginnen, diese ist aber verlangsamt. Im Fall von warmen Wintern und frühzeitig warmen Temperaturen können Arten ohne langes Winterruhebedürfnis also schneller und „flexibler“ auf warme Temperaturen antworten und besonders frühzeitig austreiben.

Einerseits könnten diese „flexiblen“ Arten daher vom Klimawandel profitieren (sowohl wärmere Winter als auch frühere Temperaturerhöhung im Frühjahr), weil sie bereits einige Tage oder Wochen zum Wachstum nutzen können, während „unflexible“ Arten noch kein Laub tragen. Andererseits gehen sie dabei auch ein höheres Risiko in Bezug auf Spätfröste ein.

Neben einem ausgeprägten Bedürfnis nach Winterruhe spielt bei der Vermeidung von Frostschäden auch die Wärmemenge eine Rolle, die einzelne Arten bis zum Knospenaufbruch benötigen. Werden hohe Wärmemengen benötigt, dann erfolgt der Knospenaufbruch meist erst relativ spät im Frühjahr, wenn die Häufigkeit von Nachfrösten bzw. die Gefahr von Spätfrösten geringer ist.

Wie unsere Ergebnisse vermuten lassen, sichern sich viele unserer Klimaxarten wie Rotbuche oder Esche also doppelt vor zu frühem Austrieb und Frostschäden ab: zum einen durch eine lange Winterruhe, zum anderen durch hohe benötigte Wärmemengen. Die Reaktion der Arten auf die Tageslänge spielt dabei eine eher untergeordnete Rolle.

Dank

Wir danken dem Team des Gewächshauslaborzentrums Dürnast, insbesondere M. Reith, Y. Jüttner und F. Steinbacher. Desweiteren danken wir den bayerischen Staatsforsten, Forstbetrieb Freising, Dr. A. Fuchs und H. Rudolf, für Erlaubnis zur Nutzung von Bäumen im Weltwald Freising. Mit Unterstützung des Institute for Advanced Study - Technische Universität München, finanziert aus Geldern der Deutschen Exzellenz-Initiative.

Die vollständigen Ergebnisse der Studie wurden auf Englisch veröffentlicht:

Laube J, Sparks TH, Estrella N, Höfler J, Ankerst DP, Menzel A. (2014): Chilling outweighs photoperiod in preventing precocious spring development. *Global Change Biology* 20: 170–182. doi: 10.1111/gcb.12360.

Herausgeber: Deutscher Wetterdienst, Ref. Messnetze (TI21)
 Redakteur: Ekko Bruns Auflage: 1.600 Exemplare
 Deutscher Wetterdienst Tel.: 069 / 8062 - 2022 / - 2946
 Frankfurter Straße 135 Fax: 069 / 8062 - 3809
 63067 Offenbach /M. E-Mail: phaenologie@dwd.de
 www.dwd.de/phaenologie www.agrowetter.de