

1 Phänologie

Das Wort **Phänologie** ist dem Griechischen entlehnt und bedeutet in wörtlicher Übersetzung **"Lehre von den Erscheinungen"**. Gemeint sind die periodischen Wachstums- und Entwicklungserscheinungen aller pflanzlichen und tierischen Lebewesen in ihren zeitlichen Abhängigkeiten. Die Phänologie untersucht die Entwicklung der Pflanzen und Tiere im Jahresablauf, indem sie die Eintrittszeiten auffälliger Erscheinungen notiert. Bei Pflanzen sind dies beispielsweise Daten für Blattentfaltung, Blüte oder Fruchtreife und bei Tieren Daten für periodische Wanderungen oder bestimmte Verhaltensweisen zur Fortpflanzung. Über die reine Beobachtung hinausgehend, versucht die Phänologie die Gesetzmäßigkeiten im periodischen Wachstumsablauf zu ergründen. Sie erforscht also auch die Zusammenhänge zwischen der biologischen Rhythmik und den Umwelteinflüssen, insbesondere den Witterungs- und Klimaverhältnissen.

Von **Tierphänologie** spricht man, wenn bestimmte Lebenserscheinungen bei Tieren datiert und ihre ökologischen Abhängigkeiten studiert werden. Die Erforschung der Zusammenhänge zwischen dem Auftreten von Vogelschwärmen in Abhängigkeit von der Großwetterlage und den sich jahreszeitlich ändernden Brut- und Nahrungsbedingungen dient beispielsweise der Flugsicherung zur Vermeidung des "Vogelschlags" (Zusammenstöße zwischen Vögeln und Flugzeugen). Aber auch die Erforschung der Witterungs- und Klimaabhängigkeit von Nutztieren und Schädlingen ist eine Aufgabe der Tierphänologie.

Die ältesten uns bekannten **vieljährigen phänologischen Beobachtungsdaten** werden in den Archiven des Kaiserlichen Hofes von Japan aufbewahrt. Es sind Daten für den Beginn der Kirschbaumblüte seit dem Jahre 705 nach Christus. Erwähnenswert sind auch pflanzen- und tierphänologische Beobachtungen, die von vier Generationen einer englischen Familie über knapp zwei Jahrhunderte, von 1736 bis 1926, in der Umgebung von Norwich aufgezeichnet und von Ivan D. MARGARY 1926 veröffentlicht wurden.

Den Grundstein für **phänologische Beobachtungsnetze**, das sind Stationen, an denen regelmäßig nach denselben Richtlinien phänologische Beobachtungen gemacht werden, legte Carl von LINNÉ. Er errichtete in Schweden ein Netz mit 18 Stationen, das allerdings nur von 1752 bis 1755 bestand. Das **erste internationale phänologische Beobachtungsnetz** wurde von der Pfälzischen Meteorologischen Gesellschaft, *Societas Meteorologica Palatina*, von 1780 bis

1792 betrieben. In Deutschland und Österreich-Ungarn erfuhr die Phänologie einen deutlichen Aufschwung durch den in Wien wirkenden Karl FRITSCH. Er erließ im April 1853 für meteorologische Stationen eine "Instruction für Vegetationsbeobachtungen". Die Beobachter erhielten alljährlich Beobachtungsformulare, die am Jahresende ausgefüllt zurückgeschickt wurden. Hermann HOFFMANN und Egon IHNE sammelten und veröffentlichten von 1879 bis 1941 nach einheitlicher Methode regelmäßig phänologische Daten von zahlreichen europäischen und einigen außereuropäischen Stationen. Untersuchungen zeigten, daß Pflanzen in ihrer Entwicklung, gleichsam als Universal-Meßinstrumente, auf die Gesamtheit der Witterungseinflüsse ansprechen und mithin alle meteorologischen Faktoren "registrieren". Dies führte dazu, daß die Phänologie neben der Klimatologie bei den Wetterdiensten vieler Länder eingerichtet wurde.

Auch in **Deutschland** gehört das Aufgabengebiet der Phänologie seit 1936 zum Wetterdienst und wurde seitdem maßgeblich von Fritz SCHNELLE beeinflusst. Zu Beginn des zweiten Weltkrieges berichteten etwa 10.000 Mitarbeiter über wildwachsende Pflanzen, landwirtschaftliche Kulturpflanzen, Obst, Pflanzenschädlinge und Pflanzenkrankheiten. Nach Beendigung des Krieges war die Phänologie zunächst den Wetterdiensten der verschiedenen Besatzungszonen angegliedert. In der Bundesrepublik ist die Phänologie seit 1953 Bestandteil des Deutschen Wetterdienstes (DWD) und stützt sich auf ca. 2.200 ehrenamtliche Mitarbeiter. Im Gebiet der ehemaligen DDR wurde durch den Meteorologischen Dienst (MD) ebenfalls ein phänologisches Beobachtungsnetz mit ca. 800 Mitarbeitern betrieben.

Ausdauernde Pflanzen stellen die Mehrzahl der Beobachtungsobjekte. Die an den Pflanzen zu beobachtenden Entwicklungserscheinungen, in dieser Anleitung als **"Phasen"** bezeichnet, sind über die ganze Vegetationsperiode verteilt. Diese Phasen sind gut sichtbare Veränderungen der Pflanze als Ausdruck eines Wechsels in ihrem physiologischen Zustand.

Die Eintrittszeiten phänologischer Phasen spiegeln alle **Umwelteinflüsse** wider. Daher kann aus diesen Daten der Einfluß veränderter Umweltbedingungen auf die Vegetationsentwicklung ermittelt werden. Langjährige Datenreihen von Wildpflanzen haben dabei einen hohen Stellenwert, weil sie Ausdruck der natürlichen Wachstumsbedingungen einschließlich der klimatischen Verhältnisse sind.

2 Phänologie beim Deutschen Wetterdienst (DWD)

Im Zentralamt des DWD befaßt man sich in der Abteilung Agrarmeteorologie mit den Auswirkungen der Witterung auf die Vegetation und im **Referat Phänologie, Agrarklimatologie** speziell mit der Pflanzenphänologie.

Anmerkung: Die phänologische Beobachtung beim DWD - die Datierung bestimmter Entwicklungserscheinungen an Pflanzen - ist nicht identisch mit der Feststellung von prozentualen phänologischen Zuständen zu beliebigen Terminen. Derartige Erhebungen werden beim ein- oder mehrmaligen Abfahren einer Route (ELLENBERG, SCHREIBER) oder bei häufigen Geländebegehungen (ZACHARIAS) vorgenommen. Mit den phänologischen Daten des DWD sind diese phänologischen Daten nicht direkt vergleichbar, auch wenn sie für Wuchsklimakarten und phänologische Kalender Verwendung finden.

Im folgenden werden die verschiedenen **Arbeiten** erläutert, die, ausgehend von der **phänologischen Beobachtung bis zur Nutzung der Beobachtungsergebnisse**, durchzuführen sind.

2.1 Beobachtung, Erfassung und Prüfung der Daten

Jeder phänologische **Beobachter** führt seine Beobachtungsgänge in einem festgelegten Gebiet durch. Diesem Gebiet wird vom Netzverwalter eine "Stationskennzahl" zugewiesen. Sobald die zu beobachtenden Phasen eintreten, notiert der Beobachter die Termine im "Tagebuch für die phänologischen Beobachtungen". Diese Daten schickt er am Ende der Vegetationsperiode, nachdem er sie in den Meldebogen übertragen hat, zur weiteren Bearbeitung nach Offenbach.

Im Zentralamt des DWD werden jahrgangsweise die von den einzelnen Beobachtern gemeldeten Kalenderdaten erfaßt und anhand der Stationskennzahl in die phänologische **Datenbank** eingespeichert. Diese enthält die Beobachtungsdaten aller phänologischen Stationen seit 1951 sowie die Namen der Orte und Landkreise, geographische und Gauß-Krüger-Koordinaten und die Höhe des Beobachtungsgebietes.

Bei der routinemäßigen **Überprüfung** der Daten wird neben der Plausibilität (z.B. richtige zeitliche Reihenfolge der Phasen) auch die Qualität der Daten aufgrund von räumlichen Vergleichen überprüft.

2.2 Aufbereitung der Daten

Die maschinell überprüften und, falls erforderlich, auch manuell korrigierten Daten sind die Basis für die Aufbereitung von phänologischen Beobachtungsergebnissen.

Ein Teil der eingegangenen Daten wird im **Deutschen Meteorologischen Jahrbuch** veröffentlicht. Es handelt sich hier um die Beobachtungsergebnisse ausgewählter Phasen von 300 Stationen. Darüberhinaus enthält das Jahrbuch 4 phänologische Karten (Beginn der Blüte für Schneeglöckchen und Apfel sowie Vollblüte und Gelbreife für Winterroggen). In diese Karten sind Linien gleicher Eintrittszeiten (Iso-phänen) im Abstand von 10 Tagen eingetragen.

Phänologische Karten, sei es, daß sie für einzelne Jahre oder für mehrjährige Zeiträume gezeichnet sind, weisen wegen der dicht gelegenen Stationen eine feine räumliche Differenzierung auf. Regionale Unterschiede im Einfluß der Witterung oder des Klimas auf Pflanzenentwicklungszeiten sind aus ihnen gut abzulesen.

Neben der Veröffentlichung und Abgabe von Einzeldaten werden auch verschiedene **statistische Auswertungen** durchgeführt. Hierzu zählt unter anderem die Erstellung von phänologischen Kalendern für einzelne Orte oder Regionen. Diese Kalender teilen das Jahr in **10** physiologisch-biologisch begründete **phänologische Jahreszeiten** ein (s. Anlage 2):

Nach dem **Winter** fällt das Erwachen der Natur mit dem Aufblühen der ersten Kräuter und Holzpflanzen in den phänologischen **Vorfrühling**. Im **Erstfrühling** setzen bei vielen Holzpflanzen Blüte und Belaubung ein, und im **Vollfrühling** stehen die meisten Gehölze in voller Blüte und die Wälder im frischen Laub. Die erste phänologische Jahreszeit des Sommers, der **Frühsommer**, beginnt mit der Blüte des Schwarzen Holunders und endet, wenn die ersten Beeren zu reifen beginnen. **Hoch-** und **Spätsommer** sind die phänologischen Jahreszeiten, in denen die meisten Garten- und Feldfrüchte voll ausreifen und geerntet werden. Während im **Frühherbst** noch Kernfrüchte reifen, beginnt im **Vollherbst** die Laubverfärbung. Mit dem **Spätherbst**, wenn das letzte Wintergetreide bestellt wird und sich die Bäume entlauben, geht die Vegetationsperiode dem Ende entgegen.

2.3 Verwendung phänologischer Daten

Die beschriebenen Möglichkeiten zur Bereitstellung phänologischer Beobachtungsergebnisse eröffnen der Phänologie vielfältige **Anwendungsbereiche**. Sie gehen weit über die Nutzung im Rahmen der Aufgaben des DWD hinaus. Im folgenden werden nur einige Anwendungsmöglichkeiten beschrieben, die heute von allgemeinem Interesse sind.

Im Rahmen der **Agrarklimatologie** werden für die Land- und Forstwirtschaft phänologische Daten in recht unterschiedlicher Art, meistens kombiniert mit meteorologischen Daten, aufbereitet:

- **Planungen** basieren auf Karten, die phänologische Früh- und Spätgebiete oder die Dauer der Vegetationsperiode ausweisen.

Die **Vegetationszeit** (Anzahl der Tage zwischen mittlerem Beginn der Hafer-Aussaat und mittlerem Ende einer Tagesmitteltemperatur von 5 °C) dauert im südlichen Oberrheinland mehr als 240 Tage, in der Schleswig-Holsteiner Geest 200 bis 210 Tage und in den höchsten Mittelgebirgslagen weniger als 180 Tage.

Sehr anspruchsvolle Kulturen, wie Weinrebe und Körnermais, liefern nur in klimatisch günstigen Landschaften, also in Zonen mit früh beginnender und langandauernder Vegetationsperiode, quantitativ und qualitativ gute Erträge.

- Die **Klimaansprüche** einzelner Kulturpflanzen werden in Form von phäno-klimatologischen Unterlagen berücksichtigt, um bei deren Anbau Fehlinvestitionen zu vermeiden. Für besonders kritische Wachstumsabschnitte ist die Information zu Klimadaten, wie Temperatur, Luftfeuchte und Niederschlag erforderlich, die auf phänologische Zeiteinheiten bezogen sind.
- Zur Abschätzung der **Anbauwürdigkeit von Nach- und Zwischenfrüchten** dienen phänologische Zeitspannenkarten für Unterabschnitte der Vegetationsperiode, die durch die Eintrittszeiten zweier phänologischer Phasen abgegrenzt werden.
- Bei vielen **agrarbiologischen Modellen**, die auch durch meteorologische Daten gespeist werden, haben phänologische Daten die Funktion von "Zeitgebern". Mit ihnen wird der Einfluß der Witterung auf verschiedene Entwicklungsstadien von Kulturpflanzen berechnet.
- Im **Pflanzenschutz** sind die Termine zur Bekämpfung von Pilzkrankheiten und tierischen Schädlingen nicht allein von deren Entwicklung abhängig. In vielen Fällen richten sich die Maßnahmen

zum Schutz der Pflanzen auch nach dem Entwicklungsstadium, in dem sich die befallenen Kulturen oder andere Wirtspflanzen der Schädiger befinden. Besonders der integrierte Pflanzenschutz greift auf phänologische Daten zurück.

- Die aktuellen phänologischen Daten aus dem Netz der Sofortmelder bilden in Verbindung mit Daten von Temperatur, Niederschlag und relativer Luftfeuchte die Grundlage verschiedenartiger **Warn- und Beratungsdienste** für die Landwirtschaft.
Beispielsweise wird zur Bekämpfung der Kartoffelkraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*), ausgehend vom Aufgangstermin der Kartoffel, eine Witterungsbewertungsziffer berechnet und der Zeitpunkt vorhergesagt, von dem ab genaue Befallskontrollen und eventuell auch Spritzungen notwendig werden.
- In der **Pflanzenzüchtung** und bei der Prüfung neuer Sorten spielen phänologische Daten für die Entwicklungsstadien der einzelnen Gewächse eine ebenso wichtige Rolle wie die Witterungsverhältnisse in phänologisch definierten Zeitabschnitten.
- Kulturpflanzen haben in bestimmten Entwicklungsstadien einen erhöhten Wasserverbrauch. Niederschlagsaufzeichnungen, die für phänologische Zeitspannen aufbereitet sind, geben Auskunft, für welche Kulturen das **natürliche Wasserangebot** ausreicht.
- Auch die **Steuerung der Feldberegnung** ist auf den Entwicklungsstand der zu beregnenden Kulturen abgestimmt und stützt sich auf phänologische Daten, um die Wassergaben im Hinblick auf die Ertragssicherung gezielt einzusetzen.
- Für eine **Abschätzung der voraussichtlichen Erntetermine und Ernteerträge** sind phäno-klimatologische Berechnungen erforderlich, um den Einsatz von Arbeitskräften und Maschinen unter wirtschaftlichen Aspekten vorplanen zu können. In diese Modelle gehen langjährige mittlere sowie aktuelle Daten ein, die aus phänologischen, meteorologischen und agrarwissenschaftlichen Erhebungen stammen.
- Unterlagen zur **Frostgefährdung** müssen auf phänologische Phasen oder Zeitspannen in den kritischen Entwicklungsabschnitten der frostempfindlichen Kulturen ausgerichtet sein, um beim Anbau von Sonderkulturen Entscheidungshilfen zu bieten.

Auch im Bereich der **Umweltwissenschaften** werden zunehmend phänologische Daten des DWD zu Untersuchungen herangezogen:

- Zur **Rekonstruktion früherer Klima- und Vegetationsbedingungen** finden Pflanzenbeobachtungen aus vergangenen Jahrhunderten, als es noch keine instrumentellen Aufzeichnungen für die Witterung gab, Verwendung (PFISTER 1985, LAUER u. FRANKENBERG 1986). In dem auf historische Daten ausgerichteten Teil der phänologischen Datenbank des DWD sind Beobachtungsdaten von etwa 500 Pflanzen seit 1530 für zahlreiche europäische Stationen gespeichert. Diese vornehmlich an Wildpflanzen beobachteten Eintrittszeiten gewähren Einblick in den Vegetationsrhythmus einzelner Jahre oder auch längerer Perioden.
- Bei der Ursachenforschung neuartiger **Waldschäden** bietet das relativ dichte Netz phänologischer Stationen Hilfestellung. So wird die gebietsweise festgestellte Tendenz zur früheren Laubverfärbung nicht mehr nur als Folge von Absenkungen des Grundwasserspiegels, sondern auch als Auswirkung recht komplexer Umwelteinflüsse diskutiert.
- Forschungen ergaben, daß sich die Umweltbelastung unter anderem in der vegetativen und generativen Entwicklung von Pflanzen und demzufolge auch in der **zeitlichen Verschiebung von phänologischen Phasen** äußert.
- Ökologen fordern die **Ausweitung internationaler phänologischer Beobachtungsnetze**, um vergleichbare langjährige Datenreihen für größere Landflächen zu gewinnen. Aus derartigen phänologischen Datensätzen hofft man Klimaänderungen, wie sie durch zunehmende Spurengaskonzentrationen der Atmosphäre zu erwarten sind, in ihren Auswirkungen auf die Vegetations- und Anbaubedingungen ableiten zu können.

Außer für die Bereiche Agrarklimatologie und Umweltwissenschaft stellt der DWD mit den Ergebnissen der phänologischen Beobachtungen noch vielen **anderen Bereichen** Informationen und Arbeitsunterlagen zur Verfügung:

- **Medien** und **Reiseunternehmen** sind an der phänologischen Prognose, insbesondere an der Obst- und Heideblüte oder an der Laubverfärbung interessiert.
- In der **Medizin** ist die Vorhersage der Blütezeit von Pflanzen mit allergieauslösenden Pollen gefragt, damit die Allergiker rechtzeitig Schutzmaßnahmen einleiten können.

- Die **Imker**, unter denen es viele phänologische Beobachter gibt, "führen" ihre Völker nach phänologischen Jahreszeiten, damit die Bienen das größtmögliche Pollen- und Nektarangebot ausnutzen und eine optimale Bestäubungsleistung erzielen können.
- **Wildbiologische Forschungen** und der praktische Jagdbetrieb stützen sich auf eine Verflechtung von tier- und pflanzenphänologischen Daten, um jahreszeitlich bedingte Äsungseingänge durch die Schaffung von Wildäckern und -wiesen zu vermeiden.
- In Form von Daten und Gutachten werden phänologische Beobachtungsergebnisse **Hochschulinsti-tuten** und **Behörden**, aber auch **Privatpersonen, Firmen, Versicherungen** oder **Gerichten** zur Verfügung gestellt.

Die Anforderungen an die Phänologie haben sich im Laufe des letzten Jahrzehnts gewandelt und erhöht. Die Verwendung phänologischer Daten ist vielseitig und noch ausbaufähig.

Dank der Mitarbeit der vielen ehrenamtlichen phänologischen Beobachter beim DWD kann sich die Phänologie zu einer vielgefragten Umweltwissenschaft weiterentwickeln.