

Indikator-Factsheet: Verschiebung agrarphänologischer Phasen

Verfasser*innen:	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler) i. A. des Umweltbundesamtes / KomPass, FKZ 3711 41 106	
Mitwirkung:	für 2015 und 2019: Justus-Liebig-Universität Gießen, Fachbereich Biologie und Chemie, Institut für Pflanzenökologie (Prof. Dr. Ludger Grünhage) Deutscher Wetterdienst (DWD), Zentrum für Agrarmeteorologische Forschung – ZAMF (Franz-Josef Löpmeier) für 2023: keine	
Letzte Aktualisierung:	06.05.2014	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler)
	10.12.2014	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler)
	28.05.2018	UBA I 1.6 (Petra van Rüth)
	06.11.2023	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Aktualisierung der Links
Nächste Fortschreibung:		

I Beschreibung

Interne Nr. LW-I-1	Titel: Verschiebung agrarphänologischer Phasen
Einheit: <u>Teil A:</u> Tag im Jahr <u>Teil B:</u> Tag im Jahr <u>Zusatz zu Teil A:</u> Tag im Jahr	Kurzbeschreibung des Indikators: <u>Teil A:</u> Mittlerer Zeitpunkt des Blühbeginns von Winterraps <u>Teil B:</u> Mittlerer Zeitpunkt des Blühbeginns von Apfel (frühe Reife) <u>Zusatz zu Teil A:</u> Beginn der Vollblüte des Winterrapses
	Berechnungsvorschrift: <u>Teil A:</u> Mittlerer Zeitpunkt des Blühbeginns von Winterraps = Summe aller Tage im Jahr, an denen an den einzelnen Stationen der Blühbeginn des Winterrapses (= Pflanzen ID: 205, Phasen ID: 5, Historische Phasenkenennung 144) gemeldet wird / Anzahl der im jeweiligen Jahr berücksichtigten Stationen <u>Teil B:</u> Daten werden als arithmetisches Mittel über alle Meldungen (Stationen) im jeweiligen Jahr vom DWD geliefert (= Pflanzen ID: 311, Phasen ID: 5, Historische Phasenkenennung 062) <u>Zusatz zu Teil A:</u> Daten können unmittelbar aus dem Klimaatlas des DWD übernommen werden (= BBCH 65).
Interpretation des Indikatorwerts:	<u>Teil A und Zusatz:</u> Je höher der Indikatorwert, desto später im Jahr tritt die phänologische Phase der Blüte des Winterrapses ein. <u>Teil B:</u> Je höher der Indikatorwert, desto später im Jahr tritt die phänologische Phase der Apfelblüte ein.

II Einordnung

Handlungsfeld:	Landwirtschaft
Themenfeld:	Agrophänologie
Thematischer Teilaspekt:	Verschiebung agrophänologischer Phasen bei Kulturpflanzen
DPSIR:	Impact

III Herleitung und Begründung

Referenzen auf andere Indikatorenssysteme:	<p>Länderinitiative Kernindikatoren, LIKI-Indikator 25 - Klimaentwicklung</p> <p>a) Phänologie - Veränderung des Beginns der Apfelblüte</p> <p>b) Phänologie - Veränderung der Dauer der Vegetationsperiode</p> <p>Indikatoren zur Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt: Indikator „Klimawandel und Frühlingsbeginn“: Beginn der Apfelblüte (Beginn des phänologischen Vollfrühlings)</p> <p>EEA 2008 (Impacts of Europe's changing climate, 2008 indicator-based assessment): Plant phenology</p> <p>Klimafolgenmonitoring NRW: 8.1 Beginn der Apfelblüte</p> <p>Monitoring zu Klimawandelfolgen in Baden-Württemberg: I-LW-1 Blüte von Winterraps</p> <p>Klimafolgenmonitoring Thüringen: I-LW-1 Dauer der landwirtschaftlichen Vegetationsperiode, I-LW-2 Blüte von Winterraps</p> <p>Klimawandelfolgenmonitoring Schleswig-Holstein: Dauer der Vegetationsperiode</p> <p>Klimafolgen-Indikatoren für Sachsen-Anhalt: Blühbeginn Apfel, Dauer Vegetationsperiode</p> <p>Klimawandelmonitoring Brandenburg: Ü-1 Klimawandel und Vegetationsentwicklung (Beginn der Apfelblüte und Dauer der Vegetationsperiode)</p>
Begründung:	<p>Die landwirtschaftliche Nutzung ist wie kaum eine andere Nutzung in die natürlichen jahreszeitlichen Rhythmen eingebunden. Die Landwirte müssen mit der Planung und Durchführung ihrer Bearbeitungsgänge in den jeweiligen Kulturen auf die jährlich wechselnden Witterungsbedingungen und die jeweils aktuellen Wetterverhältnisse reagieren. Veränderungen können dabei sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf die Kulturen haben. Höhere Wärmesummen fördern das Pflanzenwachstum, wenn gleichzeitig eine ausreichende Wasserversorgung gesichert ist. Allerdings können zu hohe Temperatursummen oder Trockenheit auch dazu führen, dass bestimmte Wachstums- und Entwicklungsphasen landwirtschaftlicher Kulturen wie z. B. die Kornfüllungsphase beim Getreide zu schnell durchlaufen werden und es infolgedessen durch eine zu frühe Abreifung zu Ertragseinbußen kommt. Von einer Verlängerung der Vegetationsperiode profitieren insbesondere das Grünland und mehrjährige Kulturen, die auch nach Erreichen der Reifephase weiter wachsen können.</p> <p>Die Veränderung natürlicher jahreszeitlicher Rhythmen und die damit verbundenen zeitlichen Verschiebungen in der Entwicklung von Pflanzen lassen sich über die Beobachtung des Eintretens definierter phänologischer Phasen erfassen. In das phänologische Beobachtungsnetz des DWD sind sowohl Kultur- als auch Wildpflanzen eingebunden.</p> <p>Der Zusammenhang zwischen der Klimaveränderung und der Verschiebung phänologischer Phasen wird in der Literatur inzwischen umfangreich diskutiert und beschrieben (u. a. Chmielewski et al. 2005, Chmielewski 2007, EEA 2008,</p>

	<p>Menzel 2006, Parmesan & Yohe 2003, Streiffert & Grünhage 2009). Die Veränderung der phänologischen Phasen gilt dabei als einer der besten Bioindikatoren für Veränderungen des Klimas, speziell der Temperatur. Ein besonders starker Zusammenhang zwischen Temperatur(-summe) und dem Eintrittszeitpunkt einer phänologischen Phase besteht im Falle der Frühjahrs- und Sommerphasen. Das bedeutet zugleich, dass sich entsprechende phänologische Änderungen in dieser Zeit primär auf klimatische Änderungen zurückführen lassen und andere relevante Einflüsse wie beispielsweise erhöhte atmosphärische CO₂-Konzentration ausgeschlossen werden können (Menzel 2006).</p> <p>Zur wirkungsseitigen Beschreibung phänologischer Auswirkungen des Klimawandels (Impact) lassen sich innerhalb der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen nur wenige Zeigerpflanzen nutzen, da das Eintreten der phänologischen Phasen wie Bestellung, Reife und Ernte in den meisten Fällen stark von den landwirtschaftlichen Bewirtschaftungspraktiken abhängt (z. B. Einfluss der Vorkultur und des Erntezeitpunkts derselben, Aussaatzeitpunkte, im landwirtschaftlichen Betrieb einsetzbare Erntetechnik, angestrebte Weiterverarbeitung, Sortenverwendung).</p> <p>Die Blüte des Winterrapses (Teil A des Indikators) reflektiert die Witterungsentwicklungen vergleichsweise unmittelbar, da bewirtschaftungsbedingte Einflüsse für den Zeitpunkt der Blüte eine nur untergeordnete Rolle spielen (die Aussaat des Winterrapses erfolgt im Vorjahr, so dass davon ausgegangen werden kann, dass die Blüte relativ unabhängig von landwirtschaftlichen Bewirtschaftungseinflüssen im Folgejahr hauptsächlich von der Witterung beeinflusst ist). Außerdem ist der Winterraps eine bundesweit verbreitete landwirtschaftliche Kultur. Die Rapsblüte ist dabei eine sehr gut sichtbare phänologische Phase, die auch von der Bevölkerung gut wahrgenommen werden kann. Mit der Blüte von Winterraps nutzt man einen Frühjahrsindikator, dessen Entwicklung überwiegend von der Entwicklung der Temperatursumme im jeweiligen Jahr abhängig ist und der daher als Impact-Indikator fungieren dann.</p> <p>Im Teil B des Indikators wird zusätzlich der Zeitpunkt der Apfelblüte abgebildet. Er markiert den Beginn des phänologischen Vollfrühlings und kann zuverlässig und standardisiert erfasst werden. Er ist auch Indikationsgegenstand im Indikatorensystem der LIKI und der NBS. Eine durch Klimaveränderungen zeitlich vorgeschobene Blüte beim Apfel kann zu einer erhöhten Spätfrostgefährdung der Kulturen führen. Die Landwirte reagieren hier bereits vielerorts mit Frostschutzberegnung.</p> <p>Beide Indikator-Teile stehen stellvertretend für die Beschreibung der sich verändernden natürlichen jahreszeitlichen Rhythmen. Unmittelbare Rückschlüsse auf das Ertragspotenzial der Fruchtarten im jeweiligen Jahr sind nicht möglich.</p> <p>Der Indikator errechnet sich basierend auf Daten des phänologischen Beobachtungsnetzes. In diesen Daten spiegeln sich zumindest beim Raps auch züchterische Bemühungen zur zeitlichen Vorverlegung des Blühtermins des Rapses. Die Beobachtungsdaten werden daher in einem Indikatorzusatz ergänzt durch modellierte Daten des Klimaatlas des DWD, die aus Daten zur Lufttemperatur generiert werden. In die Berechnung des Entwicklungsstadiums Vollblüte gehen Daten ab dem Drilltermin Ende August des Vorjahres ein.</p>
<p>Einschränkungen:</p>	<p>Das Meldeprogramm und das Netz der phänologischen Beobachtungsstationen sind über die Jahre nicht stabil. Grundsätzlich wird darauf geachtet, dass die räumliche Repräsentanz der Stationen in jedem Jahr gegeben ist. Dies kann aber trotz der großen Anzahl der Beobachtungsstandorte (im Jahr 2009 gab es in Deutschland für den Winterraps knapp 850 aktive Meldestationen) nicht immer garantiert werden. Dies liegt auch darin begründet, dass das Meldenetzwirk hauptsächlich von ehrenamtlichen Helfern aufrechterhalten wird und nicht von jeder Station das komplette Beobachtungsprogramm gemeldet werden kann. Für die Indikatorberechnung bedeutet dies, dass das Kollektiv jährlich wechselt. Bei Beschränkung der Auswertung auf diejenigen Stationen,</p>

	<p>die im Abbildungszeitraum kontinuierlich betrieben wurden, wären jedoch nur Daten von 23 Stationen auswertbar. Mit dieser Stationsanzahl wäre das Bundesgebiet aber nicht repräsentativ abgedeckt. Außerdem wäre in diesem Falle zu befürchten, dass sich die Zahl der langjährig betriebenen Messstationen in den kommenden Jahren sukzessive weiter eingrenzen wird.</p> <p>Sinnvoll wäre es grundsätzlich, die phänologischen Daten differenziert für die naturräumlichen Haupteinheiten (Großräume) Deutschlands darzustellen. Die naturräumliche Gliederung orientiert sich hauptsächlich an geomorphologischen und hydrographischen Parametern und stellt sicher, dass nur Daten aus klimatisch ähnlichen Regionen zu einer Auswertungseinheit zusammengeführt werden. Damit würde die Indikatorarstellung aber unübersichtlich (6 Zeitreihen pro Teilindikator). Im Falle des Winterrapses ergab eine statistische Trendanalyse der Zeitreihen für die sechs Naturgroßräume, dass die Trends im Wesentlichen identisch sind (in allen Fällen ergibt sich für die komplette Zeitreihe 1961 bis 2009 ein quadratischer Trend mit Richtungswechsel). Auf dieser Basis wurde entschieden, zur Verbesserung der Übersichtlichkeit eine auf Bundesebene aggregierte Zusammenstellung zu präsentieren.</p> <p>Die beobachtbare zeitliche Vorverlegung der Blüte des Winterrapses (Teil A) ist wesentlich auch Ergebnis züchterischer Erfolge, da die frühe Blüte für die Landwirte mit mehreren Vorteilen für das Schaderregermanagement und die Fruchtfolge verbunden ist.</p> <p>Der Indikator ist grundsätzlich schwierig zu interpretieren. Aus seiner Entwicklung lassen sich höchstens Aussagen dahingehend treffen, dass sich durch den Klimawandel grundsätzlich Veränderungsnotwendigkeiten für die landwirtschaftliche Planung ergeben. Aussagen, ob mit den beobachtbaren Entwicklungen eher positive oder nachteilige Auswirkungen auf die Ertragssicherheit verbunden sind, sind dagegen nicht möglich.</p>
Rechtsgrundlagen, Strategien:	Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel 2008 (DAS)
In der DAS beschriebene Klimawandelfolgen:	DAS, Kap. 3.2.6: Zusätzlich könnten Schäden durch häufigere Starkniederschläge und Hagel sowie – vor allem im Obstanbau – die Frostgefährdung durch frühere Blüte zunehmen.
Ziele:	keine
Berichtspflichten:	keine

IV Technische Informationen

Datenquelle:	Teil A und B: Phänologisches Beobachtungsnetz des Deutschen Wetterdienstes (DWD) Zusatz: Deutscher Klimaatlas des DWD – Landwirtschaft	
Räumliche Auflösung:	flächenhaft	NUTS 0 auf der Basis ausgewählter Punktdaten
Geographische Abdeckung:	ganz Deutschland auf der Grundlage ausgewählter Einzelstationen, repräsentative Abdeckung der Naturgroßräume (naturräumliche Haupteinheiten) Nordostdeutsches Tiefland, Nordwestdeutsches Tiefland, Westliches Mittelgebirge, Östliches Mittelgebirge, Südwestliches Mittelgebirge / Schichtstufenland, Alpenvorland und Alpen	
Zeitliche Auflösung:	jährlich, seit 1970	
Beschränkungen:	Im Falle des Winterrapses wurden die phänologischen Daten zahlreicher ostdeutscher Stationen aus dem Zeitraum 1951 bis 1960 inzwischen nacherfasst,	

	so dass sich für den Winterraps auch eine längere Zeitreihe abbilden ließe. Für den Apfel wäre ebenfalls eine Zeitreihe ab 1951 möglich.
Verweis auf Daten-Factsheet:	LW-I-1_Daten_Agrophaenologie.xlsx

V Zusatz-Informationen

Glossar:	<p>Phänologie: Phänologie ist die Lehre vom Einfluss des Wetters, der Witterung und des Klimas auf die im Jahresablauf periodisch wiederkehrenden Wachstums- und Entwicklungserscheinungen der Pflanzen und Tiere. Phänologische Phasen bei Pflanzen sind gut beobachtenden Entwicklungserscheinungen wie z. B. die Blattentfaltung, die Blüte oder die Fruchtreife, die Ausdruck eines Wechsels in ihrem physiologischen Zustand sind. Bei Tieren werden beispielsweise der Vogelzug und die Paarungszeit als phänologische Phasen verstanden.</p> <p>In Deutschland werden phänologische Daten seit 1951 vom DWD erfasst und archiviert. Heute erfolgen die Aufzeichnungen an ca. 1.400 Beobachtungsstandorten in Deutschland systematisch und methodisch standardisiert. Mit dem Klimawandel hat die phänologische Beobachtung an Bedeutung gewonnen. Wachstum und Entwicklung von Pflanzen und das Verhalten von Tieren ist integrierter Ausdruck des Wetter- und Witterungsgeschehens über längere Zeiträume. Sie sind damit auch eine hilfreiche Ergänzung zur reinen Wetterbeobachtung.</p> <p>Codierung der phänologischen Phasen: Der Blühbeginn des Winterrapses und der Blühbeginn des frühreifenden Apfels gehören zu den vom DWD beschriebenen phänologischen Phasen. Die Blüte des Winterrapses setzt dann ein, wenn etwa 5 % der gelben Blüten geöffnet sind, die Blüte des Apfels, wenn an mind. drei Stellen des Beobachtungsobjektes die ersten Blüten vollständig geöffnet. Die phänologischen Phasen werden durch den DWD über Kennziffern eindeutig definiert. Die Pflanzen ID kennzeichnet die unter Beobachtung stehende Pflanze (z. B. Winterraps oder frühreifender Apfel), die Phasen ID die jeweils zu erfassende Phase (z. B. Blühbeginn, Vollblüte, Beginn Pflückreife, Blattfall). In der Historischen Phasenkenntung sind beide Faktoren in einer Kennziffer zusammengefasst. Auch diese wird vom DWD weiterhin verwendet. Parallel zu der DWD-Codierung existiert die BBCH-Codierung (Codierung der Biologischen Bundesanstalt, des Bundessortenamts und des Industrieverbands Agrar für die chemische Industrie). Die Phasenbeschreibung kann mit der des DWD übereinstimmen, aber auch von dieser abweichen. Außerdem kann die BBCH-Skala Phasen beinhalten, die vom DWD nicht beschrieben sind. Die Vollblüte vom Raps ist vom DWD nicht als phänologische Phase beschrieben. Im BBCH-Code entspricht der Beginn der Vollblüte des Rapses dem Stadium, in dem ca. 50 % der Blüten am Haupttrieb offen sind und erste Blütenblätter bereits abfallen (= BBCH 65). www.jki.bund.de/de/startseite/veroeffentlichungen/bbch-codes.html)</p>
Weiterführende Informationen:	<p>Augustin J. & Erasmi S. 2008: Klimawandel - Apfelblüte macht das Regional-klima sichtbar. In: Nationalatlas aktuell 5 (05/2008), Leipzig: Leibniz-Institut für Länderkunde (IfL). http://aktuell.nationalatlas.de/wp-content/uploads/08_05_Klimawandel.pdf</p> <p>Chmielewski F. M., Müller A., Kuchler W. 2005: Possible impacts of climate change on natural vegetation in Saxony (Germany). Int J Biometeorol (2005) 50: 96-104.</p> <p>Chmielewski F. 2007: Phänologie – ein Indikator zur Beurteilung der Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Biosphäre. promet 33, Nr. 1/2: 28-35.</p>

	<p>Deutscher Klimaatlas – Landwirtschaft: Beginn der Vollblüte Winterraps, Erläuterungen der dargestellten Größen: www.dwd.de/DE/leistungen/deutscher-klimaatlas/erlaeuterungen/allgemein/allgemein_node.html</p> <p>DWD – Deutscher Wetterdienst: Informationen zum phänologischen Beobachtungsprogramm (Landwirtschaftliche Kulturpflanzen): www.dwd.de => Klima + Umwelt => Phänologie => Beobachtungsprogramm => Landwirtschaftliche Kulturpflanzen</p> <p>DWD (Hg.) 2007: Phänologie. promet 33, Nr. 1/2</p> <p>EEA – European Environment Agency 2008: Impact of Europe's changing climate - 2008 indicator based assessment. EEA Report No. 4, Copenhagen, 246 S.</p> <p>Menzel A. 2007: Phänologische Modelle. promet 33, Nr. 1/2: 20-27.</p> <p>Menzel A. 2006: Zeitliche Verschiebungen von Austrieb, Blüte, Fruchtreife und Blattverfärbung im Zuge der rezenten Klimaerwärmung. Forum für Wissen 2006, Freising: 47-53.</p> <p>Parmesan C. & Yohe G. 2003: A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. Nature 421: 37-42.</p> <p>Streitfert A. 2005: Einfluss steigender Temperaturen und CO₂-Konzentrationen auf Pflanzenphänologie und -anatomie. Diplomarbeit angefertigt im Fachbereich Biologie am Institut für Pflanzenökologie der Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen, 88 S.</p> <p>Streitfert A., Grünhage L., Dörger G., Hanewald K., Wolf H. (HLUG) 2008: Klima-Biomonitoring: Klimawandel und Pflanzenphänologie in Hessen. Wiesbaden, 4 S. www.hlnug.de/static/klimawandel/monitor/dokumente/klimabiomonitoring_nov08.pdf</p> <p>Streitfert A. & Grünhage L. 2009: Klimawandel und Pflanzenphänologie in Hessen. INKLIM 2012 Baustein II plus. Gießen, 46 S. www.hlug.de/static/klimawandel/inklimate_plus/dokumente/berichte/phaenologie.pdf</p>
--	--

VI Umsetzung – Aufwand und Verantwortlichkeiten

Aufwands-schätzung:	Datenbeschaffung:	1	nur eine datenhaltende Institution
	Datenverarbeitung:	2	Es müssen mehrere Datensätze zusammengestellt werden
	<u>Erläuterung:</u> Für die Teile A und B werden die Daten als arithmetisches Mittel vom DWD geliefert. Der Aufwand für die Fortschreibung des Indikators, inkl. des Indikatorzusatzes, wird auf ca. 3 Stunden geschätzt.		
Datenkosten:	keine		
Zuständigkeit:	Koordinationsstelle		
	<u>Erläuterung:</u> keine		

VII Darstellungsvorschlag

