

Eintrittsdaten phänologischer Phasen und ihre Beziehung zu Witterung und Klima

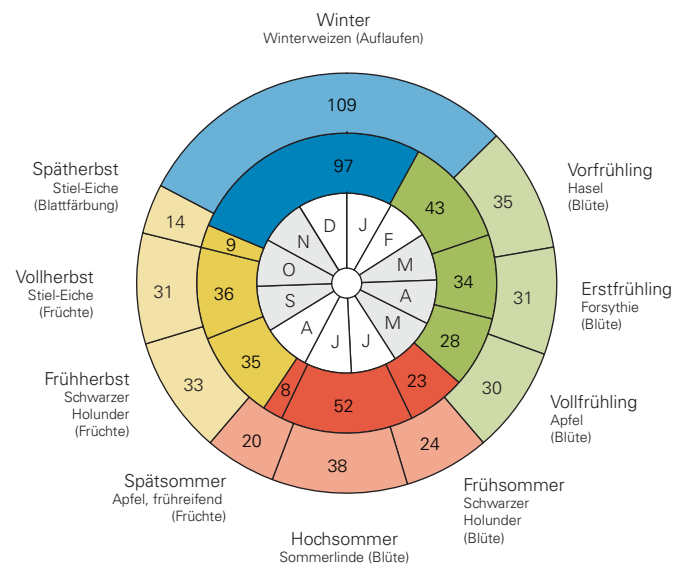
Darstellung und Auswertung phänologischer Langzeit-Beobachtungen des Deutschen Wetterdienstes in Baden-Württemberg

ID U96-U51-N10

Der 4. Statusbericht des IPCC (4AR) hat deutlich gemacht, dass der Klimawandel bereits begonnen hat und sich im Laufe des 21. Jahrhunderts fortsetzen und verstärken wird. Als mittel- bis langfristige Konsequenz ist damit zu rechnen, dass sich die Verbreitungsgebiete von Arten, die Zusammensetzung von Tier- und Pflanzen-gesellschaften und funktionelle Zusammenhänge in Ökosystemen verändern.

Das Einsetzen der Jahreszeiten, so wie sie in unserer Natur- und Kulturlandschaft zu beobachten sind, hat sich in den letzten Jahrzehnten verändert. Pflanzen sind integrierende biologische Messinstrumente für die Witterung und Klima. Einer der besten Bio-Indikatoren für den Anstieg der Temperaturen sind die Veränderungen des Eintrittszeitpunktes von phänologischen Phasen.

Ziel des vorliegenden Berichtes war die Darstellung und Auswertung phänologischer Langzeit-Beobachtungen des Deutschen Wetterdienstes in Baden-Württemberg im Zeitraum 1951 bis 2009. Den Schwerpunkt bildete der



Doppelte Phänologische Uhr (Winterweizen) für den „Nördlichen Oberrheingraben“ für die Zeiträume 1961-1990 (äußerer Ring) und 1991-2009 (innerer Ring), Daten: DWD.



Vergleich der Zeiträume 1961-1990 (Klimanormalperiode der WMO) und 1991-2009.

Der Bericht liefert eine detaillierte Übersicht über die vorhandenen Klima- und Phänologiedaten in Baden-Württemberg im Zeitraum 1951-2009. Die vorhandenen Ressourcen werden ausführlich dargestellt und durch ihre Aufarbeitung für eine wissenschaftliche Analyse besser erschlossen.

Die bereits sichtbaren Veränderungen werden mit Hilfe von phänologischen Uhren, phänologischen Kalendern und phänologischen Karten auf lokaler, regionaler und landesweiter Ebene dargestellt. Lokal werden die einzelnen Beobachtungstationen betrachtet und verglichen; regional sind ‚Naturräumliche Haupteinheiten‘, ‚Naturraumgruppen‘ und ‚ökologische Raumgruppen‘ Gegenstand der Betrachtung. Im Zentrum der Untersuchungen steht die detaillierte Analyse der Phänologischen Phasen der Wildpflanzen.

Austrieb, Blüte und Fruchtreife setzten im Frühling und Sommer immer früher ein und im Herbst sind Blattverfärbung und Blattfall teilweise verspätet. Blüte und Blattenfaltung verfrühten sich im Frühjahr bei einigen Arten um 3-5 Tage pro Dekade und die Vegetationsperiode dauert im Landesdurchschnitt mehr als eine Woche länger. Im Vergleich der Zeiträume 1961-1990 und 1991 bis 2009 treten die stärksten Verfrühungen (mindestens -10 Tage) bei den Phasen ‚Kornelkirsche – Blüte‘, ‚Heidekraut – Blüte‘, ‚Schwarz-Erle – Blüte‘, ‚Hasel – Blüte‘, ‚Eberesche – Früchte‘, ‚Esche – Blüte‘, ‚Sommer-Linde – Blüte‘, ‚Schlehe – Blüte‘, ‚Schwarzer Holunder – Früchte‘, ‚Forsythie – Blüte‘, ‚Schwarzer Holunder – Blüte‘, ‚Eberesche – Blüte‘ und ‚Hunds-Rose – Blüte‘ auf.

Diese Signale aus der Natur sind eindeutig auf die

Erwärmung durch den anthropogen verstärkten Treibhauseffekt zurückzuführen. Sie sind in allen Teilen Baden-Württembergs zubeobachten, wobei Regionen mit stärkerer Erwärmung in den letzten Jahrzehnten auch die grössten Veränderungen in der Pflanzenphänologie zeigen.

Besonders gute Einblicke in die lokalen, regionalen und landesweiten Unterschiede und Gemeinsamkeiten bieten die erstellten phänologischen Karten. Im Vergleich der Zeiträume 1961-1990 und 1991-2009 werden die Veränderungen augenfällig. Die Karten zeigen lokale Beobachtungen (phänologische Punktkarten) und regional differenzierte Trends für ganz Baden-Württemberg (phänologische Flächenkarten).

Die Analyse sehr langer phänologischer Zeitreihen der Station Hohenheim (1830 bis 2009) zeigt, dass die Verschiebungen der phänologischen Phasen nicht allein auf die letzten Jahrzehnte beschränkt sind. Sie haben sich aber vor allem in den letzten 20 Jahren sprunghaft verstärkt. Die Blüte der Schlehe setzt heute fast einen Monat (30 Tage) früher ein als noch vor 170 Jahren.

Um die konkreten Ursachen für das Einsetzen bestimmter phänologischer Phasen besser verstehen zu können ist die vertiefte Analyse des Zusammenhangs zwischen dem Eintrittsdatum einer Phase und konkreten Klimamessungen notwendig.

Die Nutzbarkeit des vorhandenen Datenmaterials für derartige Untersuchungen wird jedoch durch Lücken in den phänologischen und klimatischen Beobachtungsreihen eingeschränkt. Viele phänologische Beobachtungstationen werden ehrenamtlich betreut und bestehen deshalb nur über relativ kurze Zeiträume. Auch die Aufgabe zahlreicher Klimastationen des DWD in den 80er und

90er Jahren ist hier zu erwähnen.

Der Lufttemperatur (vor allem kumulativen Temperatursummen) kommt eine Schlüsselrolle beim Einsetzen vieler phänologischer Phasen zu, denn die Frühlings- und Sommerphasen werden im Wesentlichen von der Temperatur der vorangehenden Tage oder Monate beeinflusst. Andererseits gibt es auch Phasen, die kaum einen Zusammenhang mit den gemessenen Klimadaten zeigen. Ihr Einsetzen ist wahrscheinlich durch Tageslängen (Photoperiode) gesteuert und deshalb nicht durch den Wandel des Klimas beeinflusst.

Die vorliegenden Analysen des Zusammenhangs zwischen dem Eintrittsdatum einer Phase und konkreten Klimamessungen bilden eine wichtige Grundlage für die Entwicklung von artspezifischen Prognosemodellen bei einer Weiterführung des Projektes.

IMPRESSUM

HERAUSGEBER	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe, www.lubw.baden-wuerttemberg.de
BEARBEITUNG	Dr. Ingo Holz, Dr. Jürgen Franzaring, Dr. Reinhard Böcker & Prof. Dr. Andreas Fangmeier, Universität Hohenheim, Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie (320), 70599 Stuttgart. Für den Inhalt sind die Bearbeiter verantwortlich. Die geäußerten Interpretationen und Einschätzungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.
AUFTRAGGEBER	LUBW, Referat Medienübergreifende Umweltbeobachtung, Klimawandel; Projekt ID WV180 Kontakt: Dr. Harald Gebhardt, Harald.Gebhardt@lubw.bwl.de , Tel 0721/5600-1222
BEZUG	http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91063/ ID Umweltbeobachtung U96-U51-N10
STAND	November 2010, Internetausgabe Oktober 2011

Nachdruck und Verteilung für kommerzielle Zwecke – auch auszugsweise – ist nur mit Zustimmung des Herausgebers unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	1
2. Untersuchungsraum und Datenmaterial	5
2.1 Der Untersuchungsraum: seine naturräumliche und ökologische Gliederung	5
2.2 Die Phänologischen Daten des Deutschen Wetterdienstes	9
2.3 Die Klimadaten des Deutschen Wetterdienstes	21
2.4 Datenmanagement und -analyse	22
3. Phänologische Phasen und Phänologische Jahreszeiten	23
4. Phänologische Uhren und Kalender	26
4.1 Aufbau der Phänologischen Uhren	26
4.2 Phänologische Uhren einzelner Beobachtungsstationen	27
4.3 Phänologische Uhren der Naturräume und Naturraumgruppen	32
4.4 Phänologische Uhren der Ökologischen Raumgruppen	34
4.5 Phänologische Kalender der Naturraumgruppen	36
5. Phänologische Phasen der Wildpflanzen	38
6. Detaillierte Analyse und kartographische Darstellung ausgewählter Phänophasen	45
6.1 Hasel (<i>Corylus avellana</i>) – Beginn der Blüte (Phase ,001')	46
6.2 Schneeglöckchen (<i>Galanthus nivalis</i>) – Beginn der Blüte (Phase ,002')	48
6.3 Spitzahorn (<i>Acer platanoides</i>) – Beginn der Blüte (Phase ,005')	50
6.4 Apfel, frühreifend (<i>Malus domestica</i>) – Beginn der Blüte (Phase ,062')	52
6.5 Schwarz-Erle (<i>Alnus glutinosa</i>) – Beginn der Blüte (Phase ,112')	54
6.6 Schwarz-Erle (<i>Alnus glutinosa</i>) – Blättentfaltung (Phase ,113')	56
6.7 Kornelkirsche (<i>Cornus mas</i>) – Beginn der Blüte (Phase ,114')	58
6.8 Esche (<i>Fraxinus excelsior</i>) – Beginn der Blüte (Phase ,119')	60
6.9 Hunds-Rose (<i>Rosa canina</i>) – Erste reife Früchte (Phase ,177')	62
6.10 Eberesche (<i>Sorbus aucuparia</i>) – Erste reife Früchte (Phase ,178')	64
6.11 Phänologische Karten	66
6.12 Länge der Vegetationsperiode	88
7. Sehr lange Zeitreihen zur Phänologie in Baden-Württemberg	90

8.	Zusammenhang zwischen Phänologischen Beobachtungen und Klimamessungen	92
8.1	Auswahl geeigneter Stationen	92
8.2	Die Phänologische Beobachtungsstation „Buchen“ – Ein Beispiel	94
8.3.	Überblick über alle ausgewählten phänologischen Beobachtungsstationen	97
9.	Literatur	100
10.	Anhang	104
11.	Anlagen	112

Verzeichnis der Abkürzungen

APDB	Aktuelle Phänologische Datenbank des DWD (Daten nach 1950)
BW	Baden-Württemberg
DHM	Digitales Höhenmodell
DOY	Day of year
DWD	Deutscher Wetterdienst
IDW	Inverse distance weighting
HPDB	Historische Phänologische Datenbank des DWD (Daten vor 1951)
KNP	Klimanormalperiode, 1961-1990, Referenzzeitraum der WMO
JMT	Jahresmitteltemperatur
LUBW	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz BW
MT	Mittlere Temperatur
MUB	Medienübergreifende Umweltbeobachtung
MW	Mittelwert
RIPS	Räumliches Informations- und Planungssystem
ü.NN	über Normalnull
WGT	Wachstumsgradtage
WMO	World Meteorological Organization

1. Einleitung

Der Begriff **Phänologie** ist dem Griechischen (phainesthai ~ erscheinen) entlehnt und bedeutet übersetzt „*Lehre von den Erscheinungen*“. Heute wird der Begriff meist im Zusammenhang mit der periodischen Wiederkehr biologischer Phänomene (Wachstums- und Entwicklungserscheinungen von Pflanzen und Tieren) verwendet (Schnelle 1955, Seyfert 1960).

Um die Entwicklungsstadien von Tieren und Pflanzen untersuchen zu können, werden biologisch bedeutsame phänologische Phasen definiert. Bei Pflanzen sind dies beispielsweise ‚Beginn der Blattentfaltung‘, ‚volle Blattentfaltung‘, ‚Beginn der Blüte‘, ‚Vollblüte‘, ‚Ende der Blüte‘, ‚Fruchtreife‘, ‚Beginn der Blattfärbung‘ oder ‚Beginn des Blattfalls‘ (DWD 1991, BBCH 2006, Bruns et al. 2003).

Über eine reine Beobachtung von Phänomenen hinausgehend, ergründet die Phänologie auch Gesetzmässigkeiten des periodischen Wachstums. Sie forscht nach Zusammenhängen zwischen der Rhythmik biologischer Phänomene und Umwelteinflüssen, vor allem den Witterungs- und Klimaverhältnissen.

Die Eintrittsdaten phänologischer Phasen stehen oft in enger Beziehung zur Witterung und zum Klima. Da sich im Bereich von 0 bis 30°C die Reaktionsgeschwindigkeit von biochemischen Prozessen bei einer Temperaturzunahme von 10 K (Kelvin) verdoppelt, sind besonders höhere Temperaturen entscheidend für die Geschwindigkeit, mit der sich Pflanzen entwickeln können. Aufgrund der hohen Korrelation mit meteorologischen Parametern (vor allem der Temperatur) kann die Phänologie der Pflanzen als Wirkungsindikator des regionalen Klimas verwendet werden (Erasmí et al. 2003, Badeck et al. 2004, Chmielewski 2007). Mit Hilfe der Phänologie kann man die natürliche Vegetationszeit einer Region definieren, den Ablauf der jährlichen Pflanzenentwicklung darstellen und die Auswirkungen des Klimawandels aufzeigen (Sherry et al. 2007). Phänologische Daten haben deshalb in den letzten Jahren Eingang in der Klima- und Klimafolgenforschung gefunden (EEA 2008, Hudson & Keatley 2010). Die Klimaüberwachung mit Hilfe der Phänologie ist eine wertvolle und aussagekräftige Methode. Die Vorteile des Verfahrens liegen vor allem in seiner einfachen und mit geringem Aufwand verbundenen Umsetzung (UAK Klima-Biomonitoring 2007).

Die Vegetation Mitteleuropas ist in ihrer Rhythmik eng an den Wechsel der Jahreszeiten angepasst. Ihr Jahreszyklus mit Wachstum im Frühjahr und Sommer und einer Ruheperiode im Winter ist optimiert, bei möglichst langer Wachstumsperiode das Schädigungsrisiko durch Spätfrost gering zu halten. Diese Anpassung der Pflanzen an das Klima wird durch jahreszeitlichen Photo- und Thermoperiodismus gesteuert. Bei einer Klimaveränderung kann diese Anpassung gestört werden. Durch einen frühen Anstieg der mittleren Tagestemperatur kann eine verlängerte Vegetationsperiode mit verfrühtem Austrieb entstehen, die aber möglicherweise auch mit einer grösseren Spätfrostgefahr verbunden ist.

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) betreibt ein umfangreiches Programm zur Erfassung phänologischer Beobachtungen und unterhält ein phänologisches Netz von derzeit 1300 Stationen (bis Mitte der 1980er Jahre waren es noch über 3000).

Das Beobachtungsprogramm enthält weit verbreitete Wildpflanzen, Forst- und Ziergehölze, wichtige landwirtschaftliche Kulturen sowie häufig angebaute Obstgehölze und Weinreben. Die an den Pflanzen zu beobachtenden Entwicklungsphasen sind über die ganze Vegetationsperiode verteilt. Bei landwirtschaftlichen Kulturpflanzen werden neben ausgesuchten Entwicklungsstadien auch Daten zu Bestellung und Ernte erhoben. Ehrenamtliche Beobachter übermitteln die entsprechenden Angaben per Meldebogen einmal jährlich an den DWD. Diese Jahresmelder-Daten der phänologischen Stationen für den Zeitraum ab 1951 bis zum derzeitigen Vorjahr sind beim DWD archiviert (DWD 1991, Bruns 2007).

Der 4. Statusbericht des IPCC (4AR) hat deutlich gemacht, dass der Klimawandel bereits begonnen hat und sich im Laufe des 21. Jahrhunderts weiter fortsetzen wird (IPCC 2007). Aufgrund des Anstiegs der CO₂-Konzentrationen (von ca. 280 ppm in vorindustrieller Zeit bis etwa 380 ppm im Jahre 2006) und anderer Treibhausgase in der Atmosphäre sind eine Reihe klimatischer Veränderungen schon jetzt nachweisbar. Als mittel- bis langfristige Konsequenz ist damit zu rechnen, dass sich die Verbreitungsgebiete von Pflanzen- und Tierarten verschieben und funktionelle Zusammenhänge in Ökosystemen verändern (siehe z.B. Bakkenes et al. 2006, Root et al. 2003, Tamis et al. 2004, Thuiller et al. 2005, Walther et al. 2002).

Um Prognosen über Auswirkungen zukünftiger Klimaveränderungen machen zu können, ist das Wissen über die Reaktionen der Organismen auf die Umweltbedingungen der Vergangenheit wichtig (Sparks & Carey 1995). Als Informationsquelle können langjährige, phänologische Beobachtungen dienen (Chiemelowski & Henniges 2007, Menzel 2007).

Ziel dieses durch die LUBW geförderten Projektes ist die Darstellung und Auswertung phänologischer Langzeit-Beobachtungen des Deutschen Wetterdienstes in Baden-Württemberg im Zeitraum 1951 bis 2009. Den Schwerpunkt bildet der Vergleich der Zeiträume 1961-1990 (Klimanormalperiode der WMO) und 1991-2009. Die Eintrittsdaten phänologischer Phasen und ihre Beziehung zu Witterung und Klima sollen aufgezeigt und analysiert werden.

Der vorliegende Abschlussbericht fasst die Arbeiten zusammen. Er beinhaltet:

- Eine Übersicht über die für das Projekt vorhandenen Phänologischen Daten des Deutschen Wetterdienstes aus Baden-Württemberg
- Eine Übersicht über die für das Projekt vorhandenen Klimadaten des DWD aus Baden-Württemberg
- Phänologische Uhren für Phänologische Stationen, Naturräumliche Haupteinheiten, Naturraumgruppen und Ökologische Raumgruppen
- Phänologische Kalender der Naturraumgruppen sowie für die Phasen der Wildpflanzen in Baden-Württemberg
- Eine detaillierte Analyse der Phänologischen Daten der Wildpflanzen
- Phänologische Karten ausgewählter Phänophasen im Vergleich der Zeiträume 1961-1990 und 1991-2009
- Karten zum Vergleich der Länge der Vegetationsperiode in den Zeiträumen 1961-1990 auf der Basis phänologischer Phasen
- Erste Analysen von sehr langen phänologischen Zeitreihen (1837-2009) aus Baden-Württemberg

- Eine detaillierte Analyse des Zusammenhangs zwischen Phänologischen Beobachtungen und gemessenen Klimadaten des DWD

Wesentlicher Bestandteil des Berichtes ist die beiliegende DVD, die eine Vielzahl von Graphiken (Phänologische Uhren, Phänologische Kalender, Phänologische Karten) für verschiedene Beobachtungsstationen, Naturräumliche Haupteinheiten, Naturraumgruppen, Ökologische Raumgruppen und phänologische Phasen sowie ergänzende Listen und Tabellen enthält.

2. Untersuchungsraum und Datenmaterial

2.1 Der Untersuchungsraum: seine naturräumliche und ökologische Gliederung

Untersuchungsgebiet der vorliegenden Studie ist das Bundesland Baden-Württemberg im Süd-Westen der Bundesrepublik Deutschland. Die aus der grossen Reliefenergie und der geologischen Vielfalt resultierende hohe Diversität der baden-württembergischen Landschaften in Verbindung mit einer hohen Industrialisierungsrate, Bevölkerungs- und Verkehrsdichte des Landes erfordert eine aufwändige und regional differenzierte Umweltbeobachtung. Veränderungen (z.B. des Klimas) müssen deshalb in möglichst allen charakteristischen Ökosystemen und Landschaften erfasst werden (Gebhardt et al. 2003).

Relief

Der geologische Bau bildet die Basis für die starke orographische Gliederung des Landes (Abb. 1). Das differenzierte Relief (Höchste Erhebung: Feldberg im Schwarzwald 1.493 m ü.NN, Tiefster Punkt: Rheinpegel Mannheim 85 m ü.NN) und die Geologie haben ihrerseits einen grossen Einfluss auf die klimatischen, hydrologischen und edaphischen Bedingungen.

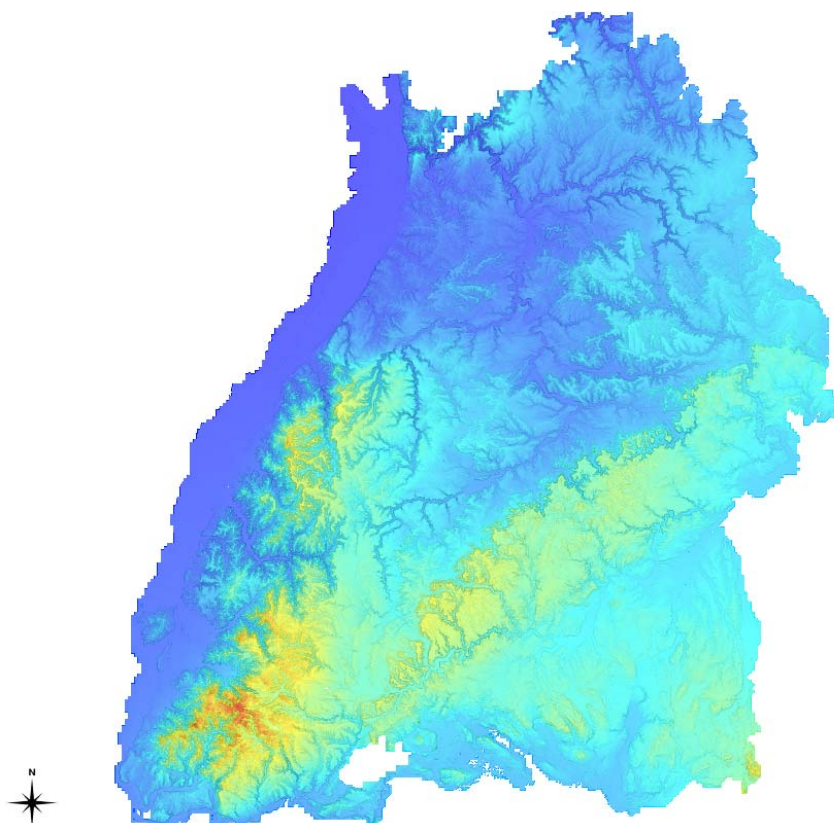


Abbildung 1. Relief von Baden-Württemberg. Datengrundlage: LUBW, RIPS (2007), vorliegende Daten im Projekt: ESRI-AsciiGridFile (Raster 100 x 100 m).

Naturräumliche Gliederung

Eine naturräumliche Gliederung ist die Einteilung der Landschaft in Raumeinheiten aufgrund von geologischen, ökologischen und klimatischen Merkmalen. Naturräumliche Einheiten sind individuelle Naturräume, die sich aufgrund von bestimmten Merkmalen von anderen benachbarten Räumen unterscheiden (Meyen & Schmithüsen 1962, Chen 1994, Gornik & Scharrer 1994).

Die hier verwendete Abgrenzung der Naturräume richtet sich nach dem „Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands“ (Meyen & Schmithüsen 1962, Gornik & Scharrer 1994), die anhand von geologischen, geomorphologischen und klimageographischen Parametern aufgestellt wurde. Der Untersuchungsraum Baden-Württemberg ist in 13 Naturraumgruppen bzw. 66 ‚naturräumliche Haupteinheiten‘ gegliedert (Tabelle 1). Die aufgegliederten Räume sind in ihren ökologischen Bedingungen in gewissen Grenzen homogen.

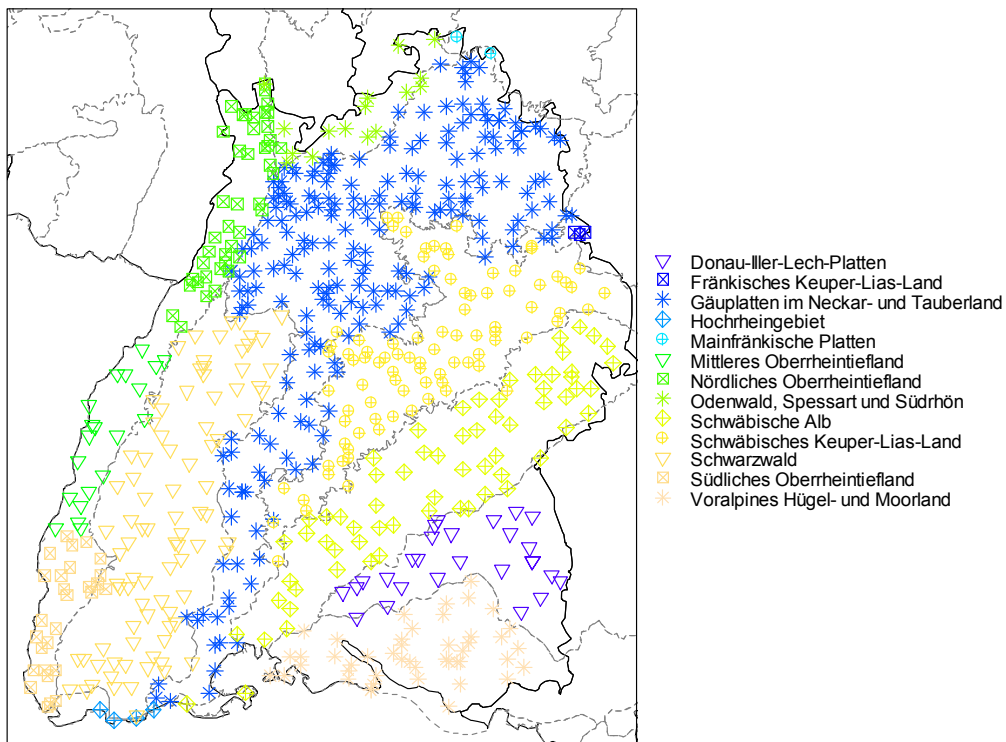


Abbildung 2. Lage der phänologischen Beobachtungsstationen des DWD in Baden-Württemberg und ihre Zuordnung zu den 13 Naturraumgruppen nach Meyen & Schmithüsen (1962).

Tabelle 1. Naturräumliche Haupteinheiten und Naturraumgruppen von Baden-Württemberg nach Meyen & Schmithüsen (1962).

<p>03 Südliches Alpenvorland (Voralpines Hügel- und Moorland) 030 Hegau 031 Bodenseebecken 032 Oberschwäbisches Hügelland 033 Westallgäuer Hügelland 034 Adelegg</p> <p>04 Donau-Iller-Lech-Platte 040 Donau-Ablach-Platten 041 Riß-Aitrach-Platten 042 Hügelland der unteren Riß 043 Holzstöcke 044 Unteres Illertal 045 Donauried</p> <p>20 Südliches Oberrheintiefend 200 Markgräfler Rheinebene 201 Markgräfler Hügelland 202 Freiburger Bucht 203 Kaiserstuhl</p> <p>21 Mittleres Oberrheintiefend 210 Offenburger Rheinebene 211 Lahr-Emmendinger Vorberge 212 Ortenau-Bühler Vorberge</p> <p>22 Nördliches Oberrheintiefend 222 Nördliche Oberrheinniederung 223 Hardtebenen 224 Neckar-Rhein-Ebene 225 Hessische Rheinebene 226 Bergstraße</p> <p>09 Schwäbische Alb 090 Randen (Klettgau- und Randenalb) 091 Hegualb 092 Baaralb und Oberes Donautal 093 Hohe Schwabenalb 094 Mittlere Kuppenalb 095 Mittlere Flächenalb 096 Albuch und Härtsfeld 097 Lonetal-Flächen Alb (Nieder Alb) 098 Riesalb</p>	<p>10 Schwäbisches Keuperland (Schwäbisches Keuper-Lias-Land) 100 Vorland der westlichen Schwäbischen Alb 101 Vorland der mittleren Schwäbischen Alb 102 Vorland der östlichen Schwäbischen Alb 103 Ries 104 Schönbuch und Glemswald 105 Stuttgarter Bucht 106 Filder 107 Schurwald und Welzheimer Wald 108 Schwäbisch-Fränkische Waldberge</p> <p>11 Fränkisches Keuperland 113 Mittelfränkisches Becken 114 Frankenhöhe</p> <p>12 Gäuplatten im Neckar- und Tauberland 120 Alb-Wutach-Gebiet 121 Baar 122 Obere Gäue 123 Neckarbecken 124 Strom- und Heuchelberg 125 Kraichgau 126 Kocher-Jagst-Ebenen 127 Hohenloher und Haller Ebene 128 Bauland 129 Tauberland</p> <p>13 Mainfränkische Platten 130 Ochsenfurter und Gollachgau 132 Marktheidenfelder Platte</p> <p>14 Odenwald, Spessart und Südrhön 141 Sandstein-Spessart 142 Sandstein-Odenwald 145 Kristalliner Odenwald</p> <p>15 Schwarzwald 150 Schwarzwald-Randplatten 151 Grindenschwarzwald und Enzhöhen 152 Nördlicher Talschwarzwald 153 Mittlerer Schwarzwald 154 Südöstlicher Schwarzwald 155 Hochschwarzwald</p> <p>16 Dinkelberg und Hochrheintal (Hochrheingebiet) 160 Hochrheintal 161 Dinkelberg</p>
---	--

Ökologische Raumgliederung

Im Jahre 2002 wurde im Rahmen eines F&E-Vorhabens des LUBW ein Konzept zur medienübergreifenden Umweltbeobachtung erarbeitet (Schröder et al. 2002). Auch dieses Konzept basiert auf der Raumgliederung nach geoökologischen Aspekten. Für die neue ökologische Raumgliederung Baden-Württembergs wurde ein Verfahren angewendet, das zur bundesweiten ökologischen Raumgliederung methodisch kompatibel ist (Schröder et al. 2001). Dieses Verfahren verwendet objektive Kriterien für eine Gliederung der Landschaft (Baden-Württemberg) in Teilräume, die hinsichtlich ihrer ökologischen Merkmale homogen sind und damit Rückschlüsse auf den Stoffhaushalt des betrachteten Raumausschnittes gestatten. Eingangsdaten für die Raumgliederung sind die potenziell natürliche Vegetation, die Höhe m ü. NN, die klimatischen Parameter Lufttemperatur, Niederschlag, Verdunstung und Globalstrahlung sowie die Bodenart und -gründigkeit. Als Ergebnis entstand eine statistisch nachvollziehbare, bearbeiterunabhängige landschaftsökologische Klassifikation von Baden-Württemberg (Abbildung 3).

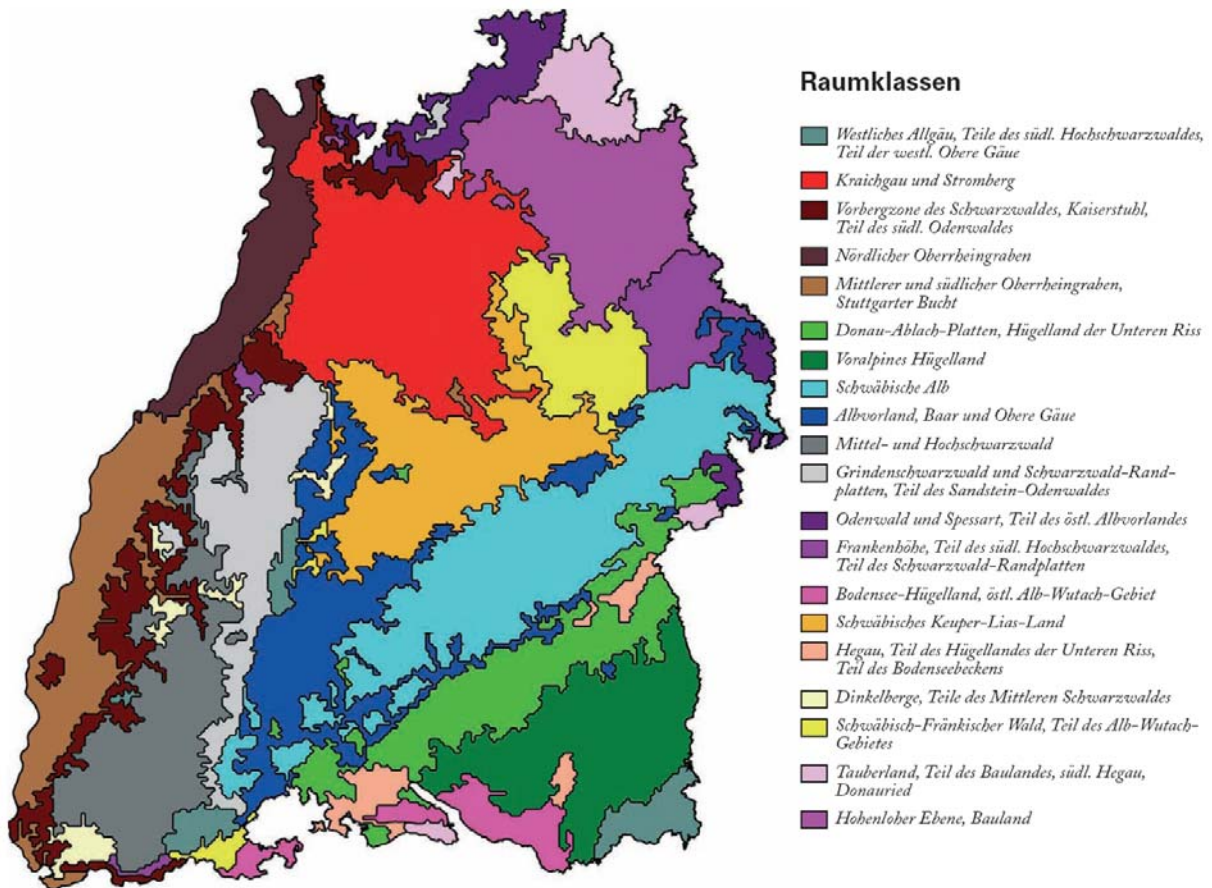


Abbildung 3. Ökologische Raumgliederung von Baden-Württemberg nach Schröder et al. (2002). Gliederung in 20 Raumklassen (rgl20). Quelle: LfU 2005.

Tabelle 2. Ökologische Raumgliederung von Baden-Württemberg nach Schröder et al. (2002). Gliederung in 20 Raumklassen (rgl20).

15	Westliches Allgäu
20	Kraichgau und Stromberg
21	Vorbergzone
22	Nördlicher Oberrheingraben
23	Mittlerer und südlicher Oberrheingraben
24	Donau-Ablach-Platten
25	Voralpines Hügelland
26	Schwäbische Alb
27	Albvorland, Baar und Obere Gäue
28	Mittel- und Hochschwarzwald
29	Grindenschwarzwald und Schwarzwald-Randplatten
32	Odenwald und Spessart
33	Frankenhöhe
35	Bodensee-Hügelland
36	Schwäbisches Keuper-Lias-Land
37	Molasse
38	Dinkelberge
39	Schwäbisch-Fränkischer Wald
68	Bauland
69	Hohenloher Ebene

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird Baden-Württemberg als Ganzes und auch in seinen Teilräumen (Naturräumliche Einheiten bzw. Ökologische Raumklassen) betrachtet.

2.2 Die Phänologischen Daten des Deutschen Wetterdienstes

Erfassung der Daten durch den DWD

Ende 2009 bestand das phänologische Grundbeobachtungsnetz des DWD bundesweit aus 1.300 Beobachtungsstationen, an denen ehrenamtliche Beobachter und Mitarbeiter des Deutschen Wetterdienstes die phänologischen Daten erfassen.

Den Beobachtern wird eine ausführliche „Anleitung für die phänologischen Beobachter des Deutschen Wetterdienstes“ (DWD 1991) zur Verfügung gestellt. In der Anleitung werden die Pflanzen sowohl von ihrer Biologie als auch von den Hauptanforderungen an die Umwelt, den Boden und die Kultur beschrieben. Jede Pflanze ist durch ein Habitus-Foto und jede Phase durch eine Aufnahme des jeweiligen Entwicklungsstadiums dargestellt. Wann ein Eintrittstermin zu melden ist, steht z.B. für die Blüte des Schneeglöckchens wie folgt in der Anleitung des DWD: „Sobald die ersten Schneeglöckchen ihre äusseren Blütenblätter abspreizen und innerhalb der inneren Blütenblätter die Staubgefässe zu sehen sind, ist der Termin zu melden“ (DWD 1991, S. 72).

In einem festgelegten Beobachtungsgebiet, welches zumeist in der Nähe des Wohnortes des ehrenamtlichen Beobachters oder DWD-Mitarbeiters liegt und die Gemeindeflur dieses Ortes umfasst, werden regelmässige Beobachtungsgänge durchgeführt (2- bis 3-mal pro Woche). Der Beobachter soll dabei den Wuchsort der einzelnen Pflanzen so wählen, dass er für das betreffende Gebiet charakteristisch ist und nicht mehr als 50 m von der vereinbarten mittleren Höhe des Beobachtungsgebietes abweicht, da das Klima und damit auch die Eintrittszeiten der Phasen stark von der Höhenlage geprägt sind. Des Weiteren sollten bestimmte Pflanzenarten nur an den für sie typischen Standorten beobachtet werden. Die phänologischen Beobachtungen sind über die ganze Vegetationszeit an derselben Pflanze vorzunehmen, wobei diese über viele Jahre beibehalten werden soll.

In der DWD-Datenbank finden sich für jede Station Angaben zu den geographischen Koordinaten (Länge, Breite), den Gauss-Krüger Koordinaten, der Höhe (m ü.NN) sowie Stationskennziffer, Beobachtungsort, Landkreis, Kennziffer und Bezeichnung des Naturraums (naturräumliche Haupteinheiten) und der Naturraumgruppe.

Das Beobachtungsprogramm des DWD enthält vier Gruppen von Pflanzen, an denen bestimmte phänologische Phasen (wie z.B. Blüte, Fruchtreife) beobachtet werden.

- Wildpflanzen, Forst- und Ziergehölze
- Landwirtschaftliche Kulturpflanzen
- Obstgehölze
- Weinreben

Diese Auswahl der Pflanzengruppen entstand aufgrund ihres Verbreitungsgrades und ihrer Bedeutung für die Agrarmeteorologie und Ökologie (Bruns 2007).

Das Messnetz des DWD in Baden-Württemberg

Für Baden-Württemberg liegen aus dem Zeitraum 1951 bis 2009 (einschliesslich) mehr als 2 Millionen Einzelbeobachtungen von insgesamt 652 Beobachtungsstationen vor.

Abbildung 3 (unten) zeigt die Anzahl der in Baden-Württemberg zwischen 1951 und 2009 besetzten Phänologischen Beobachtungsstationen. Während bis Anfang der 90er Jahre noch über 300 Stationen besetzt waren, sind es 2009 gerade noch die Hälfte davon (146). Damit liegt Baden-Württemberg im gleichen rückläufigen Trend wie das gesamte phänologische Beobachtungsnetz des DWD.

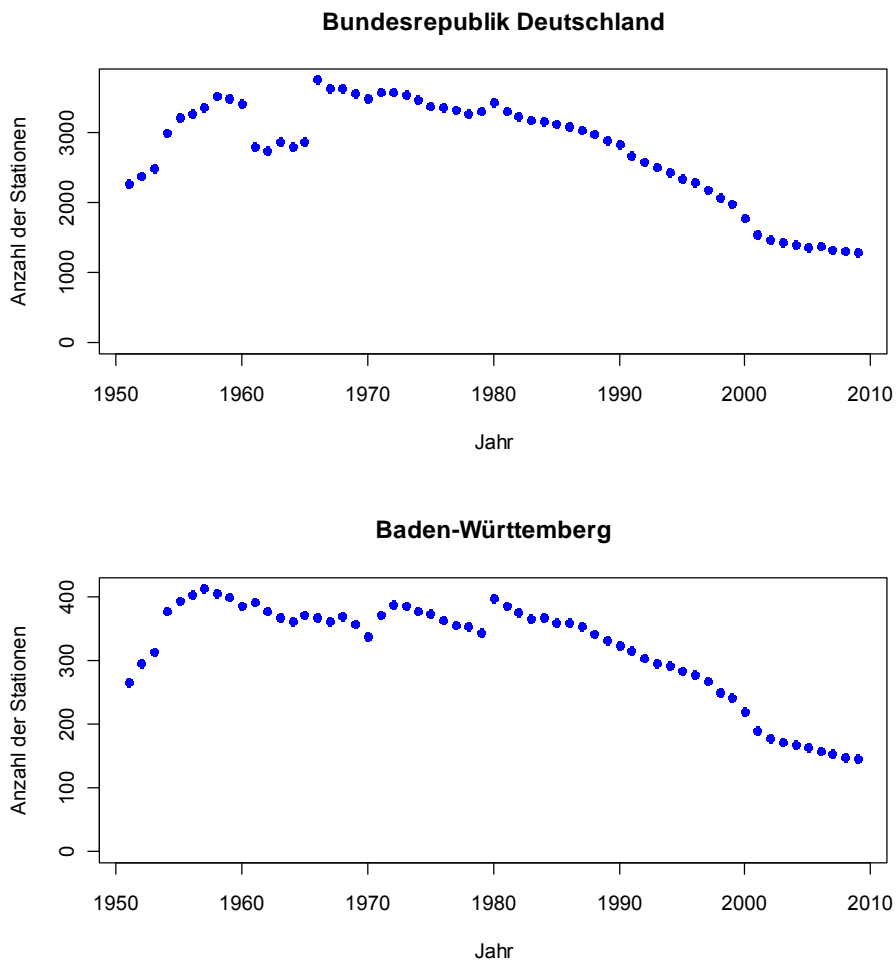


Abbildung 3. Anzahl der in der Bundesrepublik Deutschland (oben) und Baden-Württemberg (unten) zwischen 1951 und 2009 besetzten Phänologischen Beobachtungsstationen („Anzahl aktiver Beobachter“).

Einen Überblick über Lage, Verteilung und Höhe (m ü.NN) der phänologischen Beobachtungsstationen des Deutschen Wetterdienstes in Baden-Württemberg gibt Abbildung 4.

Abbildung 5 vermittelt einen ersten Eindruck über die Beobachtungsdauer (Anzahl der Jahre) an den 652 Stationen des DWD in Baden-Württemberg.

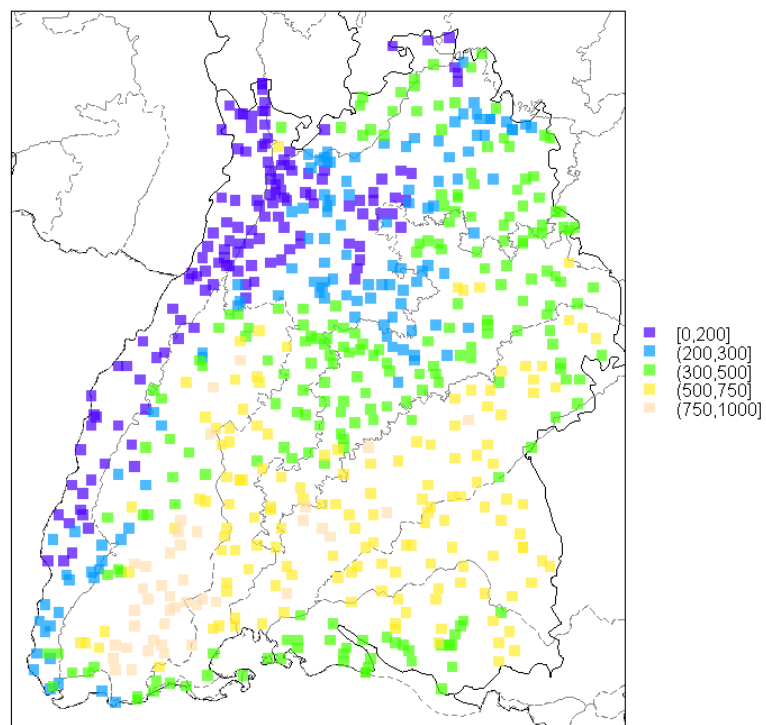


Abbildung 4. Lage, Verteilung und Höhe (m ü.NN) der 652 phänologischen Beobachtungsstationen (Zeitraum: 1951-2009) des Deutschen Wetterdienstes in Baden-Württemberg. Hintergrund: Naturraumgruppen, vereinfacht.

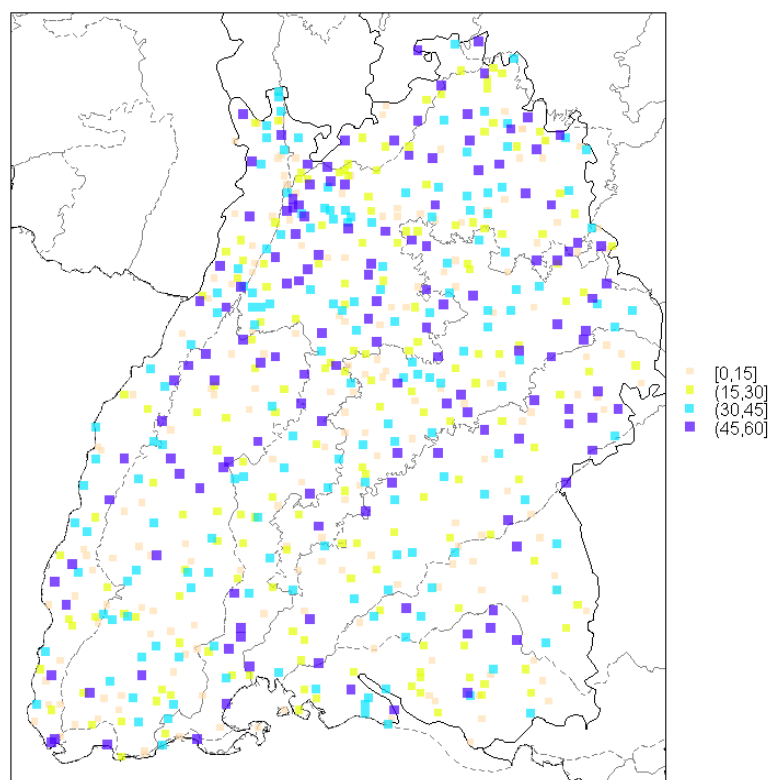


Abbildung 5. Laufzeit (in Jahren) der 652 phänologischen Beobachtungsstationen des Deutschen Wetterdienstes in Baden-Württemberg im Zeitraum 1951 bis 2009. Hintergrund: Naturraumgruppen.

Tabelle 3. Übersicht über die Phänologischen Beobachtungsstationen des DWD in Baden-Württemberg mit einer Laufzeit von mindestens 50 Jahren. Lediglich 21 Stationen haben eine maximale Laufzeit von 59 Jahren.

Nr.	Station	Jahre	Nr.	Station	Jahre
82321110	Adelsheim	58	81421350	Mergentheim, Bad	54
81471120	Altheim/Alb	50	81401260	Mönsheim	56
81321160	Backnang	50	82341420	Mörsch	59
83110000	Baden-Baden	58	82331380	Mühlhausen/Kraichgau	55
84311110	Balingen	56	81321410	Murrhardt	59
83401130	Bernau i. Schwarzwald	56	82331390	Neckargemünd	56
82381150	Berwangen	52	81471610	Nellingen	56
81411160	Bietigheim	52	81311440	Neubronn	54
83321160	Blumberg/Baden	50	81421410	Niederrimbach	57
81411180	Bönnigheim	55	81481120	Oberderdingen	56
81381480	Brackenheim-Hausen	53	82361500	Oberschefflenz	59
82321200	Buchen	59	82311360	Odenheim	50
84331280	Calmbach	52	83411390	Oppenau	55
81341180	Crailsheim	50	83411410	Peterstal, Bad	58
82391210	Dertingen	53	81421450	Pfizingen	52
82331160	Dielheim	53	83381640	Raich	53
83321180	Döggingen	53	81401300	Renningen	50
83321190	Donaueschingen	53	83481320	Schapbach	56
82321220	Dornberg	53	82321740	Schillingstadt	59
81391230	Dörzbach	56	82351330	Schriesheim	59
82331190	Eberbach/Baden	59	84321760	Schussenried, Bad	51
83471370	Eberfingen	57	81451360	Schwäbisch Gemünd	51
82341220	Eggenstein	59	81491590	Schwaikheim	58
84341230	Ehingen	56	81361610	Stötten (DWD)	59
81311240	Ellenberg	55	81120001	Stuttgart-Hohenheim	59
81311250	Ellwangen	59	82381530	Sulzfeld	57
82381230	Epfenbach	55	82331550	Tairnbach	59
82341230	Ettlingen	55	84461440	Tuttlingen	59
83421210	Gaggenau	56	81130000	Ulm	50
84401190	Genkingen	56	84401440	Urach, Bad	56
81341241	Gerabronn-Rückersshagen	58	81461530	Vellberg	59
81371250	Gerstetten	52	83461450	Villingen	50
82321310	Gommersdorf	58	83341610	Vogtsburg-Oberrotweil	54
84331490	Gültlingen	53	84391390	Waldsee, Bad	54
82311180	Heidelsheim	59	81341620	Waldtann	59
81371300	Heidenheim a.d. Brenz	55	82331570	Waldwimmersbach	51
82381310	Helmstadt	59	83381810	Weil a. Rhein	59
81331260	Herrenberg	51	81431550	Weilheim a.d. Teck	51
84321450	Ingerkingen	56	81382020	Weinsberg	59
83361461	Insel Mainau	53	81491560	Weinstadt-Schnait	53
83311220	Kappelrodeck	52	82391870	Werbach	58
81431290	Kirchheim unter Teck	57	82311470	Wiesental	58
81321370	Kleinaspach	57	81382040	Willsbach	52
82371290	Langenalb	59			
81471520	Langenau/Württ.	59			
82361320	Limbach/Baden	58			
83381541	Lörrach-Obertüllingen	58			
82130000	Mannheim-Gartenstadt	56			
81411430	Markgröningen	58			
82331340	Meckesheim	50			

Tabelle 3 gibt eine Übersicht über die Phänologischen Beobachtungsstationen des DWD in Baden-Württemberg mit einer Laufzeit von mindestens 50 Jahren. Die Tabelle enthält insgesamt 93 Stationen, von denen lediglich 21 eine maximale Laufzeit von 59 Jahren haben.

Abbildung 6 gibt einen Überblick über die Verteilung der 652 phänologischen Stationen des DWD in Baden-Württemberg auf die ‚Naturräumlichen Haupteinheiten‘. Die meisten Beobachtungen werden im Kraichgau durchgeführt, was mit der Bedeutung des Naturraumes für die Landwirtschaft begründet werden kann.



Abbildung 6. Verteilung der 652 phänologischen Beobachtungsstationen des Deutschen Wetterdienstes in Baden-Württemberg auf 58 Naturräumliche Haupteinheiten.

Die vom DWD erfassten phänologischen Phasen

Die 2.060.107 phänologischen Einzelbeobachtungen aus Baden-Württemberg im Zeitraum 1951 bis 2009 verteilen sich wie folgt auf vier Gruppen:

Anzahl der Einzelbeobachtungen	
Wildpflanzen	746.266
Landwirtschaftliche Kulturen	817.346
Obstgehölze	452.820
Wein	43.675
Summe	2.060.107

Insgesamt liegen aus Baden-Württemberg phänologische Beobachtungen von etwa 300 Phasen vor. Es gibt 322 Phasenkennungen, aber nicht alle Phasenkennungen entsprechen tatsächlich phänologischen Phasen; einige dienen z.B. auch zur Kennzeichnung von Obst- und Weinsorten.

Gemäss der wirtschaftlichen Bedeutung, liegen über landwirtschaftliche Kulturen die meisten Daten vor. Auch Beobachtungen von Obstgehölzen und Wein spielen in Baden-Württemberg eine grössere Rolle als in anderen Bundesländern.

Die folgenden Tabellen (Tabelle 4 bis 7) geben einen Überblick über die in Baden-Württemberg beobachteten phänologischen Phasen.

Tabelle 4. Phänologische Phasen der Wildpflanzen. Erfasst wurden 75 Phasen (Kennungen) an 37 Arten. Die Tabelle wurde sortiert nach Art (linke Seite) bzw. Anzahl der Beobachtungen (rechte Seite).

Nr	Kennung	Art	Phase	Beobachtungen	Kennung	Art	Phase	Beobachtungen
1	213	Beifuß	Beginn der Blüte	2415	002	Schneeglöckchen	Beginn der Blüte	17065
2	115	Busch-Windröschen	Beginn der Blüte	15088	015	Flieder	Beginn der Blüte	16847
3	131	Eberesche	Beginn der Blüte	11566	018	Schwarzer Holunder	Beginn der Blüte	16626
4	178	Eberesche	erste reife Früchte	12745	004	Sal-Weide	Beginn der Blüte	16550
5	214	Eberesche	Beginn des Austriebs	3468	116	Löwenzahn	Beginn der Blüte	16304
6	215	Eberesche	Beginn der Blüthenfaltung	3496	008	Roskastanie	Beginn der Blüte	16062
7	216	Eberesche	Blattfall	3193	011	Schlehe	Beginn der Blüte	15828
8	119	Esche	Beginn der Blüte	10597	001	Hasel	Beginn der Blüte	15798
9	120	Esche	Beginn der Blüthenfaltung	12330	007	Roskastanie	Beginn der Blüthenfaltung	15700
10	117	Europäische Lärche	Beginn der Nadelnfallung	13627	003	Hufattich	Beginn der Blüte	15500
11	118	Europäische Lärche	Beginn der Blüte	6155	009	Hänge-Birke	Beginn der Blüthenfaltung	15229
12	217	Europäische Lärche	Nadelverfärbung	3379	067	Schwarzer Holunder	erste Reife Früchte	15174
13	218	Europäische Lärche	Nadelfall	3320	006	Forsythie	Beginn der Blüte	15112
14	134	Falscher Jasmin	Beginn der Blüte	6412	115	Busch-Windröschen	Beginn der Blüte	15088
15	017	Fichte	Maitrieb	13479	069	Roskastanie	Blattverfärbung	14845
16	125	Fichte	Beginn der Blüte	5944	071	Rotbuche	Blattverfärbung	14654
17	015	Flieder	Beginn der Blüte	16847	068	Roskastanie	erste reife Früchte	14603
18	006	Forsythie	Beginn der Blüte	15112	074	Hänge-Birke	Blattverfärbung	14599
19	133	Goldregen	Beginn der Blüte	9669	012	Rotbuche	Blüthenfaltung	14541
20	009	Hänge-Birke	Beginn der Blüthenfaltung	15229	132	Hunds-Rose	Beginn der Blüte	14502
21	074	Hänge-Birke	Blattverfärbung	14599	020	Wiesen-Knäuelgras	Beginn der Vollblüte	14467
22	219	Hänge-Birke	Beginn des Austriebs	3632	019	Wiesen-Fuchsschwanz	Beginn der Vollblüte	14184
23	220	Hänge-Birke	Beginn der Blüte	3436	117	Europäische Lärche	Beginn der Nadelnfallung	13627
24	221	Hänge-Birke	Blattfall	3556	017	Fichte	Maitrieb	13479
25	001	Hasel	Beginn der Blüte	15798	013	Stiel-Eiche	Beginn der Blüthenfaltung	13359
26	065	Heidekraut	Beginn der Blüte	8658	073	Stiel-Eiche	Blattverfärbung	13249
27	066	Herbstzeitlose	Beginn der Blüte	11390	064	Sommer-Linde	Beginn der Blüte	13201
28	003	Hufattich	Beginn der Blüte	15500	016	Zweigfelliger Weißdorn	Beginn der Blüte	13199
29	132	Hunds-Rose	Beginn der Blüte	14502	177	Hunds-Rose	erste reife Früchte	13003
30	177	Hunds-Rose	erste reife Früchte	13003	178	Eberesche	erste reife Früchte	12745
31	128	Kiefer	Beginn der Blüte	9622	120	Esche	Beginn der Blüthenfaltung	12330
32	129	Kiefer	Maitrieb	11130	005	Spitz-Ahorn	Beginn der Blüte	12075
33	114	Kornelkirsche	Beginn der Blüte	9664	131	Eberesche	Beginn der Blüte	11566
34	222	Kornelkirsche	erste reife Früchte	2457	123	Robinie	Beginn der Blüte	11402
35	116	Löwenzahn	Beginn der Blüte	16304	066	Herbstzeitlose	Beginn der Blüte	11390
36	122	Robinie	Beginn der Blüthenfaltung	7469	129	Kiefer	Maitrieb	11130
37	123	Robinie	Beginn der Blüte	11402	112	Schwarz-Erle	Beginn der Blüte	11078
38	007	Roskastanie	Beginn der Blüthenfaltung	15700	119	Esche	Beginn der Blüte	10597
39	008	Roskastanie	Beginn der Blüte	16062	113	Schwarz-Erle	Blüthenfaltung	10353
40	068	Roskastanie	erste reife Früchte	14603	010	Sommer-Linde	Beginn der Blüthenfaltung	10181
41	069	Roskastanie	Blattverfärbung	14845	072	Stiel-Eiche	erste reife Früchte	10101
42	223	Roskastanie	Beginn des Austriebs	3711	133	Goldregen	Beginn der Blüte	9669
43	224	Roskastanie	Blattfall	3437	114	Kornelkirsche	Beginn der Blüte	9664
44	012	Rotbuche	Blüthenfaltung	14541	128	Kiefer	Beginn der Blüte	9622
45	070	Rotbuche	erste reife Früchte	6546	121	Winter-Linde	Beginn der Blüthenfaltung	8738
46	071	Rotbuche	Blattverfärbung	14654	065	Heidekraut	Beginn der Blüte	8658
47	124	Rotbuche	Beginn der Blüte	5501	175	Winter-Linde	Beginn der Blüte	8616
48	225	Rotbuche	Blattfall	3525	122	Robinie	Beginn der Blüthenfaltung	7469
49	004	Sal-Weide	Beginn der Blüte	16550	014	Stiel-Eiche	Beginn der Blüte	7303
50	011	Schlehe	Beginn der Blüte	15828	127	Tanne	Maitrieb	7080
51	135	Schneebeere	Beginn der Blüte	6085	070	Rotbuche	erste reife Früchte	6546
52	002	Schneeglöckchen	Beginn der Blüte	17065	134	Falscher Jasmin	Beginn der Blüte	6412
53	018	Schwarzer Holunder	Beginn der Blüte	16626	118	Europäische Lärche	Beginn der Blüte	6155
54	067	Schwarzer Holunder	erste Reife Früchte	15174	135	Schneebeere	Beginn der Blüte	6085
55	112	Schwarz-Erle	Beginn der Blüte	11078	125	Fichte	Beginn der Blüte	5944
56	113	Schwarz-Erle	Blüthenfaltung	10353	124	Rotbuche	Beginn der Blüte	5501
57	010	Sommer-Linde	Beginn der Blüthenfaltung	10181	130	Traubenkirsche	Beginn der Blüte	5136
58	064	Sommer-Linde	Beginn der Blüte	13201	126	Tanne	Beginn der Blüte	4205
59	005	Spitz-Ahorn	Beginn der Blüte	12075	223	Roskastanie	Beginn des Austriebs	3711
60	013	Stiel-Eiche	Beginn der Blüthenfaltung	13359	219	Hänge-Birke	Beginn des Austriebs	3632
61	072	Stiel-Eiche	erste reife Früchte	10101	227	Wiesen-Fuchsschwanz	Beginn der Blüte	3585
62	073	Stiel-Eiche	Blattverfärbung	13249	221	Hänge-Birke	Blattfall	3556
63	176	Stiel-Eiche	Johannistrieb	3459	225	Rotbuche	Blattfall	3525
64	226	Stiel-Eiche	Blattfall	3148	215	Eberesche	Beginn der Blüthenfaltung	3496
65	014	Stiel-Eiche	Beginn der Blüte	7303	214	Eberesche	Beginn des Austriebs	3468
66	126	Tanne	Beginn der Blüte	4205	176	Stiel-Eiche	Johannistrieb	3459
67	127	Tanne	Maitrieb	7080	224	Roskastanie	Blattfall	3437
68	130	Traubenkirsche	Beginn der Blüte	5136	220	Hänge-Birke	Beginn der Blüte	3436
69	019	Wiesen-Fuchsschwanz	Beginn der Vollblüte	14184	217	Europäische Lärche	Nadelverfärbung	3379
70	227	Wiesen-Fuchsschwanz	Beginn der Blüte	3585	218	Europäische Lärche	Nadelfall	3320
71	020	Wiesen-Knäuelgras	Beginn der Vollblüte	14467	216	Eberesche	Blattfall	3193
72	121	Winter-Linde	Beginn der Blüthenfaltung	8738	226	Stiel-Eiche	Blattfall	3148
73	175	Winter-Linde	Beginn der Blüte	8616	228	Zweigfelliger Weißdorn	erste reife Früchte	2903
74	016	Zweigfelliger Weißdorn	Beginn der Blüte	13199	222	Kornelkirsche	erste reife Früchte	2457
75	228	Zweigfelliger Weißdorn	erste reife Früchte	2903	213	Beifuß	Beginn der Blüte	2415

Tabelle 5. Phänologische Phasen der Landwirtschaftlichen Kulturpflanzen.
144 Phasen (Kennungen). Sortiert nach Art (hier: Kultur) bzw. Anzahl der Beobachtungen.

Nr	Phase		Art	Kennung	Beobachtungen	
	Kennung	Art			Kennung	Art
1	229	Beta-Rübe	2210	2210	2210	2210
2	042, 150, 289	Beta-Rübe	68	68	68	14817
3	043, 045, 290	Beta-Rübe	64	64	64	14486
4	044, 151, 291	Beta-Rübe	73	73	73	13944
5	098, 099, 292	Beta-Rübe	14817	14817	14817	13693
6	48	Dauergrünland	11384	11384	11384	13127
7	186	Dauergrünland	1345	1345	1345	12682
8	231	Dauergrünland	2387	2387	2387	12349
9	232	Dauergrünland	140	140	140	11621
10	233	Dauergrünland	850	850	850	11448
11	234	Dauergrünland	102	102	102	11384
12	293	Dauergrünland	92	92	92	11337
13	294	Dauergrünland	3504	3504	3504	11331
14	230	Dauergrünland	10828	10828	10828	11230
15	46	Feldarbeit	8844	8844	8844	11137
16	29	Frühkartoffel, nicht vorgekeimt	8275	8275	8275	10999
17	30	Frühkartoffel, nicht vorgekeimt	7005	7005	7005	10927
18	31	Frühkartoffel, nicht vorgekeimt	6536	6536	6536	10828
19	149	Frühkartoffel, nicht vorgekeimt	8263	8263	8263	10798
20	180	Frühkartoffel, nicht vorgekeimt	3136	3136	3136	10499
21	145	Frühkartoffel, vorgekeimt	2951	2951	2951	10113
22	146	Frühkartoffel, vorgekeimt	2538	2538	2538	10095
23	147	Frühkartoffel, vorgekeimt	2628	2628	2628	10045
24	148	Frühkartoffel, vorgekeimt	3262	3262	3262	10010
25	179	Frühkartoffel, vorgekeimt	9864	9864	9864	9959
26	45	Futterrübe	11621	11621	11621	9684
27	98	Futterrübe	10010	10010	10010	9479
28	150	Futterrübe	7008	7008	7008	9375
29	151	Futterrübe	4879	4879	4879	9178
30	155	Grünpfluck-Bohne	4646	4646	4646	9142
31	156	Grünpfluck-Bohne	3163	3163	3163	9134
32	157	Grünpfluck-Bohne	4796	4796	4796	8929
33	198	Grünpfluck-Bohne	4500	4500	4500	8844
34	152	Grünpfluck-Erbse	4287	4287	4287	8807
35	153	Grünpfluck-Erbse	4029	4029	4029	8573
36	154	Grünpfluck-Erbse	4275	4275	4275	8437
37	197	Grünpfluck-Erbse	14486	14486	14486	8375
38	21	Hafer	13944	13944	13944	8313
39	22	Hafer	10999	10999	10999	8275
40	23	Hafer	12349	12349	12349	8263
41	24	Hafer	9959	9959	9959	8244
42	95	Hafer	6808	6808	6808	8150
43	96	Hafer	6815	6815	6815	8063
44	97	Hafer	10927	10927	10927	7809
45	195	Hafer	2508	2508	2508	7748
46	235	Hafer	6348	6348	6348	7362
47	162	Luzerne	5968	5968	5968	7252
48	185	Luzerne	8313	8313	8313	7238
49	140	Mais	8150	8150	8150	7068
50	141	Mais	8150	8150	8150	7008
						7005

Tabelle 5. (Fortsetzung)

Nr.	Kenennung	Art	Phase	Beobachtungen	Kenennung	Art	Phase	Beobachtungen
51	142	Mais	Beginn des Rispenanschlebens	3568	92	Winterweizen	Beginn der Vollreife	6913
52	143	Mais	Beginn der Vollblüte	1168	91	Winterweizen	Beginn der Ernte von Hand oder mit einfachem Mähbinder	6825
53	196	Mais	Beginn der Ernte	7748	97	Hafer	Beginn der Vollreife	6815
54	236	Mais	FAO-Zahl	1806	96	Hafer	Beginn der Ernte von Hand oder mit einfachem Mähbinder	6808
55	237	Mais	Beginn des Längenwachstums	1721	84	Sommergerste	Beginn der Vollreife	6806
56	238	Mais	Beginn der Blüte	1832	83	Sommergerste	Beginn der Ernte von Hand oder mit einfachem Mähbinder	6745
57	239	Mais	Beginn der Milchreife	1710	144	Wintertraps	Beginn der Blüte	6547
58	240	Mais	Beginn der Teigreife	1644	149	Frühkartoffel, nicht vorgekeimt	Beginn der Blüte	6536
59	241	Mais	Beginn der Gelbreife	1328	161	Rotklee	1. Heuschmitt	6383
60	242	Mais	Kennung Ernteverfahren (1 = Silo-Ernte, 2 = CornCobMix, 3 = Körner-Ernte)	2676	162	Luzerne	1. Heuschmitt	6348
61	295	Mais (Ernteverfahren nicht gemeldet)	Beginn der Bestellung	1025	136	Sommerweizen	Beginn der Bestellung	6199
62	296	Mais (Ernteverfahren nicht gemeldet)	Beginn des Auflaufens	1051	181	Wintertraps	Beginn der Ernte	6040
63	297	Mais (Ernteverfahren nicht gemeldet)	Beginn des Längenwachstums	877	184	Rotklee	2. Heuschmitt	5993
64	298	Mais (Ernteverfahren nicht gemeldet)	Beginn des Rispenanschlebens	941	185	Luzerne	2. Heuschmitt	5968
65	299	Mais (Ernteverfahren nicht gemeldet)	Beginn der Blüte	926	182	Wintertraps	Beginn der Bestellung	5951
66	300	Mais (Ernteverfahren nicht gemeldet)	Beginn der Milchreife	843	137	Sommerweizen	Beginn des Aufgangs	5928
67	301	Mais (Ernteverfahren nicht gemeldet)	Beginn der Teigreife	800	201	Weidegang	Ende	5917
68	302	Mais (Ernteverfahren nicht gemeldet)	Beginn der Gelbreife	680	183	Wintertraps	Beginn des Auflaufens	5883
69	303	Mais (Ernteverfahren nicht gemeldet)	Beginn der Ernte	1421	39	Winterroggen	Beginn der Vollblüte	5778
70	161	Rotklee	1. Heuschmitt	6393	158	Tomate	Beginn des Pflanzens	5766
71	184	Rotklee	2. Heuschmitt	5993	42	Zuckerrübe	Beginn der Bestellung	5741
72	25	Sommergerste	Beginn der Bestellung	11230	99	Zuckerrübe	Beginn der Ernte	5729
73	26	Sommergerste	Beginn des Auflaufens	10798	86	Winterroggen	Beginn der Ernte von Hand oder mit einfachem Mähbinder	5610
74	27	Sommergerste	Beginn des Schossens	8244	43	Zuckerrübe	Beginn des Auflaufens	5519
75	28	Sommergerste	Beginn des Ahrenschiebens	10045	253	Winterroggen	Beginn der Blüte	5510
76	82	Sommergerste	Beginn der Gelbreife	7238	199	Tomate	Beginn der Ernte	5365
77	83	Sommergerste	Beginn der Ernte von Hand oder mit einfachem Mähbinder	6745	139	Sommerweizen	Beginn des Ahrenschiebens	5236
78	84	Sommergerste	Beginn der Vollreife	6806	79	Wintergerste	Beginn der Vollreife	5060
79	192	Sommergerste	Beginn der Ernte mit Mähdrescher	7609	155	Grünpflück-Bohne	Beginn der Bestellung	4879
80	136	Sommerweizen	Beginn der Bestellung	6199	189	Tomate	Beginn der Blüte	4874
81	137	Sommerweizen	Beginn des Aufgangs	5928	198	Grünpflück-Bohne	Beginn der Ernte	4796
82	138	Sommerweizen	Beginn des Schossens	4530	87	Winterroggen	Beginn der Vollreife	4718
83	139	Sommerweizen	Beginn des Ahrenschiebens	5236	200	Weißkohl	Beginn der Ernte	4650
84	187	Sommerweizen	Beginn der Gelbreife	4048	156	Grünpflück-Bohne	Beginn des Auflaufens	4646
85	188	Sommerweizen	Beginn der Ernte von Hand oder mit einfachem Mähbinder	3128	190	Sommerweizen	Beginn der Ernte mit Mähdrescher	4637
86	189	Sommerweizen	Beginn der Vollreife	3928	138	Sommerweizen	Beginn des Schossens	4530
87	190	Sommerweizen	Beginn der Ernte mit Mähdrescher	4637	44	Zuckerrübe	Bestand geschlossen	4509
88	243	Sonnenblume	Bestellung	894	152	Grünpflück-Erbse	Beginn der Bestellung	4500
89	244	Sonnenblume	Beginn des Auflaufens	907	160	Weißkohl	Beginn des Pflanzens	4470
90	245	Sonnenblume	Beginn der Blattbildung	860	153	Grünpflück-Erbse	Beginn des Auflaufens	4287
91	246	Sonnenblume	Beginn der Knospenbildung	883	187	Grünpflück-Erbse	Beginn der Ernte	4275
92	247	Sonnenblume	Beginn der Blüte	1027	78	Wintergerste	Beginn der Ernte von Hand oder mit einfachem Mähbinder	4166
93	248	Sonnenblume	Ernte	967	187	Sommerweizen	Beginn der Gelbreife	4048
94	32	Spalkartoffel	Beginn der Bestellung	11137	154	Grünpflück-Erbse	Beginn der Blüte	4029
95	33	Spalkartoffel	Beginn des Auflaufens	10499	189	Sommerweizen	Beginn der Vollreife	3928
96	34	Spalkartoffel	Bestand geschlossen	8573	142	Mais	Beginn des Rispenanschlebens	3568
97	75	Spalkartoffel	Beginn der Blüte	9142	230	Dauergrünland	Beginn des Ergrünnens	3504
98	76	Spalkartoffel	Beginn der Ernte	11337	179	Frühkartoffel, vorgekeimt	Beginn der Ernte	3262
99	158	Tomate	Beginn des Pflanzens	5766	157	Grünpflück-Bohne	Beginn der Blüte	3163
100	159	Tomate	Beginn der Blüte	4874	145	Frühkartoffel, vorgekeimt	Beginn der Bestellung	3136

Tabelle 5. (Fortsetzung)

Nr.	Kennung	Art	Phase	Beobachtungen	Kennung	Art	Phase	Beobachtungen
101	199	Tomate	Beginn der Ernte	5365	188	Sommerweizen	Beginn der Ernte von Hand oder mit einfachem Mähbinder	3128
102	47	Weidengang	Beginn	7252	146	Frühkartoffel, vorgekeimt	Beginn des Auflaufens	2951
103	201	Weidengang	Ende	5917	242	Mais	Kennung Ernteverfahren (1 = Silo-Ernte, 2 = CornCobMix, 3 = Körner-Ernte)	2676
104	160	Weißkohl	Beginn des Pflanzens	4470	148	Frühkartoffel, vorgekeimt	Beginn der Blüte	2626
105	200	Weißkohl	Beginn der Ernte	4650	254	Winterweizen	Bestand geschlossen	2561
106	35	Wintergerste	Beginn des Schossens	8375	147	Frühkartoffel, vorgekeimt	Beginn der Milchreife	2538
107	36	Wintergerste	Beginn des Ahrenschiebens	9134	235	Hafer	Beginn der Milchreife	2508
108	77	Wintergerste	Beginn der Gelbreife	8063	232	Dauergrünland	1. Schnitt, Kennung Ernteverfahren (1 = Heu, 2 = Silage)	2387
109	78	Wintergerste	Beginn der Ernte von Hand oder mit einfachem Mähbinder	4166	229	Beta-Rübe	Sortenkennung (1 = Zuckerrübe, 2 = Futterrübe)	2210
110	79	Wintergerste	Beginn der Vollreife	5060	250	Winterrap	Beginn der Knospenbildung	2202
111	80	Wintergerste	Beginn der Bestellung	9479	249	Winterrap	Beginn des Längenwachstums	2144
112	81	Wintergerste	Beginn des Auflaufens	9178	251	Winterrap	Beginn der Vollreife	2124
113	191	Wintergerste	Beginn der Ernte mit Mährescher	8807	252	Winterrap	Beginn der Rosettenbildung	1886
114	144	Winterrap	Beginn der Blüte	6547	238	Mais	Beginn der Blüte	1832
115	181	Winterrap	Beginn der Ernte	6040	236	Mais	FAO-Zahl	1806
116	182	Winterrap	Beginn der Bestellung	5951	237	Mais	Beginn des Längenwachstums	1721
117	183	Winterrap	Beginn des Auflaufens	5883	239	Mais	Beginn der Milchreife	1710
118	249	Winterrap	Beginn des Längenwachstums	2144	240	Mais	Beginn der Teigreife	1644
119	250	Winterrap	Beginn der Knospenbildung	2202	303	Mais (Ernteverfahren nicht gemeldet)	Beginn der Ernte	1421
120	251	Winterrap	Beginn der Vollreife	2124	231	Dauergrünland	1. Silageschnitt	1345
121	252	Winterrap	Beginn der Rosettenbildung	1886	241	Mais	Beginn der Gelbreife	1328
122	37	Winterroggen	Beginn des Schossens	8437	143	Mais	Beginn der Vollblüte	1168
123	38	Winterroggen	Beginn des Ahrenschiebens	10095	296	Mais (Ernteverfahren nicht gemeldet)	Beginn des Auflaufens	1051
124	39	Winterroggen	Beginn der Vollblüte	5778	247	Sonnenblume	Beginn der Blüte	1027
125	85	Winterroggen	Beginn der Gelbreife	7065	295	Mais (Ernteverfahren nicht gemeldet)	Beginn der Bestellung	1025
126	86	Winterroggen	Beginn der Ernte von Hand oder mit einfachem Mähbinder	5610	248	Sonnenblume	Ernte	967
127	87	Winterroggen	Beginn der Vollreife	4718	298	Mais (Ernteverfahren nicht gemeldet)	Beginn des Rispienschiebens	941
128	88	Winterroggen	Beginn der Bestellung	9375	299	Mais (Ernteverfahren nicht gemeldet)	Beginn der Blüte	926
129	89	Winterroggen	Beginn des Auflaufens	8929	244	Sonnenblume	Beginn des Auflaufens	907
130	193	Winterroggen	Beginn der Ernte mit Mährescher	7362	243	Sonnenblume	Bestellung	894
131	253	Winterroggen	Beginn der Blüte	5510	246	Sonnenblume	Beginn der Knospenbildung	883
132	40	Winterweizen	Beginn des Schossens	11448	297	Mais (Ernteverfahren nicht gemeldet)	Beginn des Längenwachstums	877
133	41	Winterweizen	Beginn des Ahrenschiebens	13127	245	Sonnenblume	Beginn der Blattbildung	860
134	90	Winterweizen	Beginn der Gelbreife	10113	234	Dauergrünland	2. Schnitt, Kennung Ernteverfahren (1 = Heu, 2 = Silage)	850
135	91	Winterweizen	Beginn der Ernte von Hand oder mit einfachem Mähbinder	6825	300	Mais (Ernteverfahren nicht gemeldet)	Beginn der Milchreife	843
136	92	Winterweizen	Beginn der Vollreife	6913	301	Mais (Ernteverfahren nicht gemeldet)	Beginn der Teigreife	800
137	93	Winterweizen	Beginn der Bestellung	13693	302	Mais (Ernteverfahren nicht gemeldet)	Beginn der Gelbreife	680
138	94	Winterweizen	Beginn des Auflaufens	12682	233	Dauergrünland	2. Silageschnitt	140
139	194	Winterweizen	Beginn der Ernte mit Mährescher	11331	293	Dauergrünland	1. Schnitt (Ernteverfahren nicht gemeldet)	102
140	254	Winterweizen	Beginn der Milchreife	2561	294	Dauergrünland	2. Schnitt (Ernteverfahren nicht gemeldet)	92
141	42	Zuckerrübe	Beginn der Bestellung	5741	098, 099, 292	Beta-Rübe	Beginn der Ernte	73
142	43	Zuckerrübe	Beginn des Auflaufens	5519	042, 150, 289	Beta-Rübe	Beginn der Bestellung	68
143	44	Zuckerrübe	Bestand geschlossen	4509	044, 151, 291	Beta-Rübe	Bestand geschlossen	65
144	99	Zuckerrübe	Beginn der Ernte	5729	043, 045, 290	Beta-Rübe	Beginn des Auflaufens	64

Tabelle 6. Phänologische Phasen des Obstes.
73 Phasen (Kennungen). Sortiert nach Art bzw. Anzahl der Beobachtungen.

Nr	Kennung	Art	Phase	Beobachtungen	Kennung	Art	Phase	Beobachtungen
1	062	Apfel, frühreifend	Beginn der Blüte	14446	062	Apfel, frühreifend	Beginn der Blüte	14446
2	063	Apfel, frühreifend	Ende der Blüte	12711	100	Rote Johannisbeere	Beginn der Pflückreife	14213
3	109	Apfel, frühreifend (Sorte nicht gemeldet)	Beginn der Pflückreife	11428	051	Rote Johannisbeere	Beginn der Blüte	14200
4	167	Apfel, frühreifend	Beginn der Vollblüte	13276	060	Birne	Beginn der Blüte	13883
5	255	Apfel, frühreifend	Sortenkennung*	3132	054	Süßkirsche	Beginn der Blüte	13481
6	256	Apfel, frühreifend	Beginn des Austriebs	2597	053	Stachelbeere	Beginn der Blüte	13450
7	257	Apfel, frühreifend	Blattfall	2354	167	Apfel, frühreifend	Beginn der Vollblüte	13276
8	304	Apfel, frühreifend (Sorte nicht gemeldet)	Beginn des Austriebs	330	166	Birne	Beginn der Vollblüte	12735
9	305	Apfel, frühreifend (Sorte nicht gemeldet)	Beginn der Blüte	358	063	Apfel, frühreifend	Ende der Blüte	12711
10	306	Apfel, frühreifend (Sorte nicht gemeldet)	Beginn der Vollblüte	349	111	Apfel, spätreifend	Beginn der Pflückreife	12693
11	307	Apfel, frühreifend (Sorte nicht gemeldet)	Ende der Blüte	326	163	Süßkirsche	Beginn der Vollblüte	12359
12	308	Apfel, frühreifend (Sorte nicht gemeldet)	Beginn der Pflückreife	322	052	Stachelbeere	Beginn der Blattentfaltung	12288
13	309	Apfel, frühreifend (Sorte nicht gemeldet)	Blattfall	254	061	Birne	Ende der Blüte	12214
14	110	Apfel, mittlere Reife	Beginn der Pflückreife	8461	055	Süßkirsche	Ende der Blüte	12030
15	111	Apfel, spätreifend	Beginn der Pflückreife	12693	056	Sauerkirsche	Beginn der Blüte	11605
16	258	Apfel, spätreifend	Sortenkennung*	3450	109	Apfel, frühreifend	Beginn der Pflückreife	11428
17	259	Apfel, spätreifend	Austrieb	2715	101	Stachelbeere	Beginn der Pflückreife	11357
18	260	Apfel, spätreifend	Beginn der Blüte	2904	058	Pflaume	Beginn der Blüte	10912
19	261	Apfel, spätreifend	Beginn der Vollblüte	2866	164	Sauerkirsche	Beginn der Vollblüte	10911
20	262	Apfel, spätreifend	Ende der Blüte	2825	057	Sauerkirsche	Ende der Blüte	10613
21	263	Apfel, spätreifend	Blattfall	2561	104	Sauerkirsche	Beginn der Pflückreife	10483
22	310	Apfel, spätreifend (Sorte nicht gemeldet)	Austrieb	502	165	Pflaume	Beginn der Vollblüte	9780
23	311	Apfel, spätreifend (Sorte nicht gemeldet)	Beginn der Blüte	543	168	Erdbeere	Beginn der Blüte	9714
24	312	Apfel, spätreifend (Sorte nicht gemeldet)	Beginn der Vollblüte	534	202	Erdbeere	Beginn der Pflückreife	9533
25	313	Apfel, spätreifend (Sorte nicht gemeldet)	Ende der Blüte	519	059	Pflaume	Ende der Blüte	9364
26	314	Apfel, spätreifend (Sorte nicht gemeldet)	Beginn der Pflückreife	520	203	Himbeere	erste reife Früchte	9149
27	315	Apfel, spätreifend (Sorte nicht gemeldet)	Blattfall	453	108	Birne, spätreifend	Beginn der Pflückreife	9148
28	049	Aprikose	Beginn der Blüte	2842	106	Pflaume, spätreifend	Beginn der Pflückreife	8894
29	060	Birne	Beginn der Blüte	13883	107	Birne, frühreifend	Beginn der Pflückreife	8567
30	061	Birne	Ende der Blüte	12214	110	Apfel, mittlere Reife	Beginn der Pflückreife	8461
31	166	Birne	Beginn der Vollblüte	12735	103	Süßkirsche, spätreifend	Beginn der Pflückreife	8387
32	264	Birne	Sortenkennung*	3415	105	Pflaume, frühreifend	Beginn der Pflückreife	8141
33	316	Birne (Sorte nicht gemeldet)	Beginn der Blüte	668	169	Himbeere	Beginn der Blüte	7943
34	317	Birne (Sorte nicht gemeldet)	Beginn der Vollblüte	637	102	Süßkirsche, frühreifend	Beginn der Pflückreife	7551
35	318	Birne (Sorte nicht gemeldet)	Ende der Blüte	594	204	Brombeere	Beginn der Pflückreife	7242
36	319	Birne (Sorte nicht gemeldet)	Beginn der Pflückreife	497	170	Brombeere	Beginn der Blüte	6276
37	107	Birne, frühreifend	Beginn der Pflückreife	8567	050	Pfirsich	Beginn der Blüte	6161
38	108	Birne, spätreifend	Beginn der Pflückreife	9148	258	Apfel, spätreifend	Sortenkennung*	3450
39	170	Brombeere	Beginn der Blüte	6276	264	Birne	Sortenkennung*	3415
40	204	Brombeere	Beginn der Pflückreife	7242	269	Süßkirsche	Sortenkennung*	3321
41	168	Erdbeere	Beginn der Blüte	9714	268	Stachelbeere	Beginn des Austriebs	3259
42	202	Erdbeere	Beginn der Pflückreife	9533	265	Rote Johannisbeere	Sortenkennung*	3158
43	169	Himbeere	Beginn der Blüte	7943	255	Apfel, frühreifend	Sortenkennung*	3132
44	203	Himbeere	erste reife Früchte	9149	260	Apfel, spätreifend	Beginn der Blüte	2904
45	050	Pfirsich	Beginn der Blüte	6161	261	Apfel, spätreifend	Beginn der Vollblüte	2866
46	058	Pflaume	Beginn der Blüte	10912	049	Aprikose	Beginn der Blüte	2842
47	059	Pflaume	Ende der Blüte	9364	262	Apfel, spätreifend	Ende der Blüte	2825
48	165	Pflaume	Beginn der Vollblüte	9780	266	Sauerkirsche	Sortenkennung*	2755
49	105	Pflaume, frühreifend	Beginn der Pflückreife	8141	259	Apfel, spätreifend	Austrieb	2715
50	106	Pflaume, spätreifend	Beginn der Pflückreife	8894	256	Apfel, frühreifend	Beginn des Austriebs	2597
51	051	Rote Johannisbeere	Beginn der Blüte	14200	263	Apfel, spätreifend	Blattfall	2561
52	100	Rote Johannisbeere	Beginn der Pflückreife	14213	257	Apfel, frühreifend	Blattfall	2354
53	265	Rote Johannisbeere	Sortenkennung*	3158	270	Süßkirsche	Blattfall	2235
54	056	Sauerkirsche	Beginn der Blüte	11605	320	Süßkirsche (Sorte nicht gemeldet)	Beginn der Blüte	957
55	057	Sauerkirsche	Ende der Blüte	10613	321	Süßkirsche (Sorte nicht gemeldet)	Beginn der Vollblüte	925
56	104	Sauerkirsche	Beginn der Pflückreife	10483	322	Süßkirsche (Sorte nicht gemeldet)	Ende der Blüte	871
57	164	Sauerkirsche	Beginn der Vollblüte	10911	324	Süßkirsche (Sorte nicht gemeldet)	Blattfall	673
58	266	Sauerkirsche	Sortenkennung*	2755	316	Birne (Sorte nicht gemeldet)	Beginn der Blüte	668
59	052	Stachelbeere	Beginn der Blattentfaltung	12288	317	Birne (Sorte nicht gemeldet)	Beginn der Vollblüte	637
60	053	Stachelbeere	Beginn der Blüte	13450	318	Birne (Sorte nicht gemeldet)	Ende der Blüte	594
61	101	Stachelbeere	Beginn der Pflückreife	11357	311	Apfel, spätreifend (Sorte nicht gemeldet)	Beginn der Blüte	543
62	268	Stachelbeere	Beginn des Austriebs	3259	312	Apfel, spätreifend (Sorte nicht gemeldet)	Beginn der Vollblüte	534
63	054	Süßkirsche	Beginn der Blüte	13481	314	Apfel, spätreifend (Sorte nicht gemeldet)	Beginn der Pflückreife	520
64	055	Süßkirsche	Ende der Blüte	12030	313	Apfel, spätreifend (Sorte nicht gemeldet)	Ende der Blüte	519
65	163	Süßkirsche	Beginn der Vollblüte	12359	310	Apfel, spätreifend (Sorte nicht gemeldet)	Austrieb	502
66	269	Süßkirsche	Sortenkennung*	3321	319	Birne (Sorte nicht gemeldet)	Beginn der Pflückreife	497
67	270	Süßkirsche	Blattfall	2235	315	Apfel, spätreifend (Sorte nicht gemeldet)	Blattfall	453
68	320	Süßkirsche (Sorte nicht gemeldet)	Beginn der Blüte	957	305	Apfel, frühreifend (Sorte nicht gemeldet)	Beginn der Blüte	358
69	321	Süßkirsche (Sorte nicht gemeldet)	Beginn der Vollblüte	925	306	Apfel, frühreifend (Sorte nicht gemeldet)	Beginn der Vollblüte	349
70	322	Süßkirsche (Sorte nicht gemeldet)	Ende der Blüte	871	304	Apfel, frühreifend (Sorte nicht gemeldet)	Beginn des Austriebs	330
71	324	Süßkirsche (Sorte nicht gemeldet)	Blattfall	673	307	Apfel, frühreifend (Sorte nicht gemeldet)	Ende der Blüte	326
72	102	Süßkirsche, frühreifend	Beginn der Pflückreife	7551	308	Apfel, frühreifend (Sorte nicht gemeldet)	Beginn der Pflückreife	322
73	103	Süßkirsche, spätreifend	Beginn der Pflückreife	8387	309	Apfel, frühreifend (Sorte nicht gemeldet)	Blattfall	254

Tabelle 7. Phänologische Phasen des Weines.

30 Phasen (Kennungen), 4 Sorten. Sortiert nach Art (oben) bzw. Anzahl der Beobachtungen (unten).

Nr	Kennung	Art	Phase	Beobachtungen
1	171	Weinrebe (Müller-Thurgau, ersatzweise Faber)	Beginn des Austriebs	4193
2	172	Weinrebe (Müller-Thurgau, ersatzweise Faber)	Beginn der Blüte	4087
3	173	Weinrebe (Müller-Thurgau, ersatzweise Faber)	Beginn der Vollblüte	3784
4	174	Weinrebe (Müller-Thurgau, ersatzweise Faber)	Ende der Blüte	3083
5	205	Weinrebe (Müller-Thurgau, ersatzweise Faber)	Lese	3292
6	209	Weinrebe (Müller-Thurgau, ersatzweise Faber)	Blattfall	2887
7	271	Weinrebe (Müller-Thurgau, ersatzweise Faber)	Sortenkennung (1 = Müller-Thurgau, 2 = Faber)	894
8	272	Weinrebe (Müller-Thurgau, ersatzweise Faber)	Erstes Bluten	859
9	273	Weinrebe (Müller-Thurgau, ersatzweise Faber)	Beginn der Blattentfaltung	900
10	274	Weinrebe (Müller-Thurgau, ersatzweise Faber)	Beginn der Reife	841
11	275	Weinrebe (Müller-Thurgau, ersatzweise Faber)	Blattverfärbung	862
12	285	Weinrebe (Müller-Thurgau, ersatzweise Faber)	Höhenlage der Parzelle in m ü. NN	932
13	286	Weinrebe (Müller-Thurgau, ersatzweise Faber)	Kennziffer Leseart/Hangrichtung/Hangneigung*	636
14	207	Weinrebe (Riesling, ersatzweise Scheurebe)	Lese	2314
15	211	Weinrebe (Riesling, ersatzweise Scheurebe)	Blattfall	1840
16	276	Weinrebe (Riesling, ersatzweise Scheurebe)	Sortenkennung (1 = Riesling, 2 = Scheurebe)	660
17	277	Weinrebe (Riesling, ersatzweise Scheurebe)	Erstes Bluten	641
18	278	Weinrebe (Riesling, ersatzweise Scheurebe)	Beginn des Austriebs	657
19	279	Weinrebe (Riesling, ersatzweise Scheurebe)	Beginn der Blattentfaltung	674
20	280	Weinrebe (Riesling, ersatzweise Scheurebe)	Beginn der Blüte	688
21	281	Weinrebe (Riesling, ersatzweise Scheurebe)	Beginn der Vollblüte	675
22	282	Weinrebe (Riesling, ersatzweise Scheurebe)	Ende der Blüte	673
23	283	Weinrebe (Riesling, ersatzweise Scheurebe)	Beginn der Reife	630
24	284	Weinrebe (Riesling, ersatzweise Scheurebe)	Blattverfärbung	647
25	287	Weinrebe (Riesling, ersatzweise Scheurebe)	Höhenlage der Parzelle in m ü. NN	704
26	288	Weinrebe (Riesling, ersatzweise Scheurebe)	Kennziffer Leseart/Hangrichtung/Hangneigung*	482
27	208	Weinrebe (vorwiegend Portugieser/blauer Spätburgunder)	Lese	1140
28	212	Weinrebe (vorwiegend Portugieser/blauer Spätburgunder)	Blattfall	800
29	206	Weinrebe (vorwiegend Silvaner/ Weißburgunder)	Lese	1798
30	210	Weinrebe (vorwiegend Silvaner/ Weißburgunder)	Blattfall	1401

Nr	Kennung	Art	Phase	Beobachtungen
1	171	Weinrebe (Müller-Thurgau, ersatzweise Faber)	Beginn des Austriebs	4193
2	172	Weinrebe (Müller-Thurgau, ersatzweise Faber)	Beginn der Blüte	4087
3	173	Weinrebe (Müller-Thurgau, ersatzweise Faber)	Beginn der Vollblüte	3784
4	205	Weinrebe (Müller-Thurgau, ersatzweise Faber)	Lese	3292
5	174	Weinrebe (Müller-Thurgau, ersatzweise Faber)	Ende der Blüte	3083
6	209	Weinrebe (Müller-Thurgau, ersatzweise Faber)	Blattfall	2887
7	207	Weinrebe (Riesling, ersatzweise Scheurebe)	Lese	2314
8	211	Weinrebe (Riesling, ersatzweise Scheurebe)	Blattfall	1840
9	206	Weinrebe (vorwiegend Silvaner/ Weißburgunder)	Lese	1798
10	210	Weinrebe (vorwiegend Silvaner/ Weißburgunder)	Blattfall	1401
11	208	Weinrebe (vorwiegend Portugieser/blauer Spätburgunder)	Lese	1140
12	285	Weinrebe (Müller-Thurgau, ersatzweise Faber)	Höhenlage der Parzelle in m ü. NN	932
13	273	Weinrebe (Müller-Thurgau, ersatzweise Faber)	Beginn der Blattentfaltung	900
14	271	Weinrebe (Müller-Thurgau, ersatzweise Faber)	Sortenkennung (1 = Müller-Thurgau, 2 = Faber)	894
15	275	Weinrebe (Müller-Thurgau, ersatzweise Faber)	Blattverfärbung	862
16	272	Weinrebe (Müller-Thurgau, ersatzweise Faber)	Erstes Bluten	859
17	274	Weinrebe (Müller-Thurgau, ersatzweise Faber)	Beginn der Reife	841
18	212	Weinrebe (vorwiegend Portugieser/blauer Spätburgunder)	Blattfall	800
19	287	Weinrebe (Riesling, ersatzweise Scheurebe)	Höhenlage der Parzelle in m ü. NN	704
20	280	Weinrebe (Riesling, ersatzweise Scheurebe)	Beginn der Blüte	688
21	281	Weinrebe (Riesling, ersatzweise Scheurebe)	Beginn der Vollblüte	675
22	279	Weinrebe (Riesling, ersatzweise Scheurebe)	Beginn der Blattentfaltung	674
23	282	Weinrebe (Riesling, ersatzweise Scheurebe)	Ende der Blüte	673
24	276	Weinrebe (Riesling, ersatzweise Scheurebe)	Sortenkennung (1 = Riesling, 2 = Scheurebe)	660
25	278	Weinrebe (Riesling, ersatzweise Scheurebe)	Beginn des Austriebs	657
26	284	Weinrebe (Riesling, ersatzweise Scheurebe)	Blattverfärbung	647
27	277	Weinrebe (Riesling, ersatzweise Scheurebe)	Erstes Bluten	641
28	286	Weinrebe (Müller-Thurgau, ersatzweise Faber)	Kennziffer Leseart/Hangrichtung/Hangneigung*	636
29	283	Weinrebe (Riesling, ersatzweise Scheurebe)	Beginn der Reife	630
30	288	Weinrebe (Riesling, ersatzweise Scheurebe)	Kennziffer Leseart/Hangrichtung/Hangneigung*	482

2.3 Die Klimadaten des Deutschen Wetterdienstes

Neben den Phänologischen Beobachtungen des DWD wurden durch die LUBW die Klimadaten von 194 Stationen des sogenannten KL-Messnetzes des DWD (Datenbank MIRAKEL) bereitgestellt (Abb. 7). Das KL-Messnetz des DWD umfasst in Baden-Württemberg insgesamt 214 Klimastationen. Die Daten, im Zeitraum von 1950 bis 2009, wurden als Tageswerte (Tagesmittelwerte der Temperatur, Tagessummen des Niederschlages, etc.) bereitgestellt.

Eine genaue Übersicht über die vorhandenen Daten gibt **Anhang 1**. Dort befindet sich (am Ende der Tabelle) auch eine genaue Übersicht über die vom DWD bereitgestellten Klimatelemente (Temperaturen, Niederschlag, etc.).

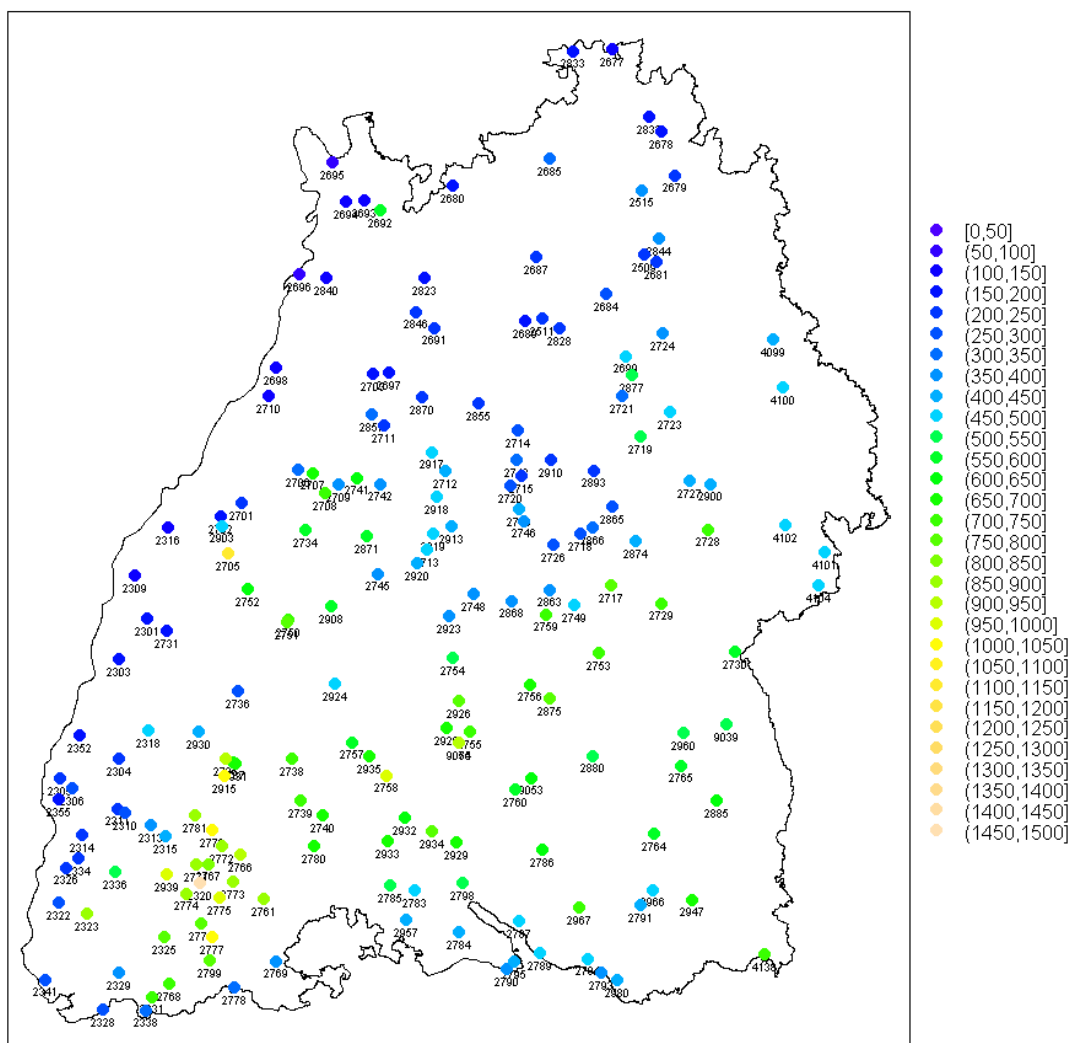


Abbildung 7. Lage der 194 Wetterstationen des DWD (KL-Messnetz), von denen Daten durch die LUBW für das Projekt bereitgestellt wurden (Liste der Stationen im Anhang 1). Die Farbe der Punkte entspricht der Meereshöhe der Stationen (m ü.NN). Nummern der Stationen = „alte Nummer“ des DWD.

2.4 Datenmanagement und -analyse

Im vorliegenden Projekt wurden über 2 Millionen phänologische Einzelbeobachtungen sowie die Klimadaten von etwa 200 Messstationen aus dem Zeitraum von 1951 bis 2009 ausgewertet (59 Jahre * 365 Tage * 200 Stationen * Anzahl der Klimaelemente).

Um die Analyse der Daten zu effektivieren, wurden alle Daten (soweit möglich) auf Plausibilität geprüft und in relationale Datenbanken eingelesen. Als ‚Relationale Datenbank‘ wurde die ‚Open source-Software‘ **SQLite** (www.sqlite.org) verwendet (Owens 2006). SQLite nutzt SQL (‚*Structured Query Language*‘), eine weit verbreitete Datenbanksprache zur Definition, Abfrage und Manipulation von Daten in relationalen Datenbanken.

Alle (geo-)statistischen Analysen sowie die Erstellung von Graphiken und Karten wurden mit der ‚Open source-Software‘ **R** (www.r-project.org) durchgeführt (Venables & Ripley 2002, R Development Core Team 2010). Dabei kann unter R mit Hilfe verschiedener *libraries* (DBI, R Special Interest Group on Databases 2009, RSQLite, James 2010) direkt auf die vorhandenen SQLite-Datenbanken zugegriffen werden (siehe z.B. Spector 2008).

Die geostatistische Analyse der Daten mit R basiert auf einer Vielzahl von R-Programmbibliotheken (*libraries*), die an dieser Stelle nicht detailliert dargestellt werden können. Eine Übersicht über die Analyse und Darstellung geostatistischer Daten mit R bieten Bivand et al. (2008).

Soweit zum Verständnis der Auswertungen, Graphiken und Karten notwendig, wird in den einzelnen Kapiteln näher auf methodische Aspekte der Datenanalyse eingegangen.

3. Phänologische Phasen und Phänologische Jahreszeiten

Das Phänologische Jahr wird in zehn physiologisch-biologisch begründete "phänologische Jahreszeiten" eingeteilt. In einem phänologischen Kalender werden die Eintrittszeiten charakteristischer Entwicklungsphasen (sogenannte phänologische Phasen oder kurz Phänophasen) festgehalten.

Pflanzenarten, die den Beginn phänologischer Jahreszeiten anzeigen, werden vom DWD als sog. Zeigerpflanzen definiert (Tabelle 8). Diese ‚Leitphasen‘ sind gut sichtbare Veränderungen der Pflanze als Ausdruck eines Wechsels in ihrem physiologischen Zustand. Im Allgemeinen sind für die einzelnen phänologischen Jahreszeiten mehrere Pflanzenphasen charakteristisch. Die jeweils zuerst genannte Art in der Tabelle (Leitphase) wird zur Charakterisierung der zugehörigen "phänologischen Jahreszeit" bevorzugt. Die zweite Phase dient als Ersatz (Ersatzphase).

Tabelle 8. Phänologische Jahreszeiten und ihre Zeigerpflanzen (Quelle: www.dwd.de). Weitere Erläuterungen im Text.

Phänologische Jahreszeit	Leitphase	Ersatzphase
Vorfrühling	Hasel (Blüte)	Schneeglöckchen (Blüte)
Erstfrühling	Forsythie (Blüte)	Stachelbeere (Blattentfaltung)
Vollfrühling	Apfel (Blüte)	Stiel-Eiche (Blattentfaltung)
Frühsommer	Schwarzer Holunder (Blüte)	Robinie (Blüte)
Hochsommer	Sommer-Linde (Blüte)	Rote Johannisbeere (Früchte)
Spätsommer	Apfel, frühreifend (Früchte)	Eberesche (Früchte)
Frühherbst	Schwarzer Holunder (Früchte)	Kornelkirsche (Früchte)
Vollherbst	Stiel-Eiche (Früchte)	Roskastanie (Früchte)
Spätherbst	Stiel-Eiche (Blattverfärbung)	Eberesche (Blattfall)
Winter	Stiel-Eiche (Blattfall)	1. Apfel, spätreifend (Blattfall) 2. Europ. Lärche (Nadelfall)

Jede phänologische Jahreszeit beginnt mit dem Eintritt der entsprechenden Phase und endet mit dem Beginn der nächsten phänologischen Jahreszeit. Zum Beispiel wird der Frühling in Vorfrühling, Erstfrühling und Vollfrühling eingeteilt. Der Vorfrühling beginnt mit dem Erblühen der Haselnuss und endet mit der Blüte der Forsythie, wobei der Erstfrühling gleichzeitig beginnt und mit der Apfelblüte wieder endet. Im Gegensatz zu den astronomischen oder kalendarischen Jahreszeiten ist das Eintreten der phänologischen Jahreszeiten lokal deutlich unterschiedlich und variiert auch in den verschiedenen Jahren. Die phänologischen Jahreszeiten sind abhängig von den Jahr für Jahr zu unterschiedlichen Terminen einsetzenden Entwicklungen in der Natur.

Als Indikator für die langfristige Temperaturentwicklung wird von der Länderinitiative für einen länderübergreifenden Kernindikatorsetz (LIKI) der Beginn der Apfelblüte als Anzeiger des Eintritts des Vollfrühlings gewählt (HLUG 2007). Der Beginn der landwirtschaftlichen Vegetationsperiode wird durch den Blühbeginn der Salweide, das Ende durch die Blattverfärbung der Stieleiche indiziert.

Übersicht über das phänologische Jahr

Hinweis: Das folgende Kapitel gibt einen Überblick über das phänologische Jahr und seine Leitphasen. Die Darstellung folgt einer Übersicht auf der Homepage des Deutschen Wetterdienstes (www.dwd.de).

Das "phänologische Jahr" wird in Anlehnung an Schnelle (1955) in 10 physiologisch-biologisch begründete "phänologische Jahreszeiten" eingeteilt, gekennzeichnet durch spezielle phänologische Indikatoren (Leitphasen).

Frühling

Vorfrühling

- * Haselnuss (Beginn der Blüte, Phase ,001')
- * Schneeglöckchen (Beginn der Blüte, Phase ,002')

Der Vorfrühling beginnt, wenn Ende Februar oder im Laufe des März die Schneeglöckchen blühen und die Kätzchen der Haselsträucher stäuben. Wenige Tage danach fängt der Landwirt mit den Arbeiten auf dem Felde an, sobald die überschüssige Winterfeuchtigkeit verschwunden und der Boden genügend abgetrocknet ist. In diesen Tagen blüht auch die Schwarzerle. Wenn einige Zeit darauf die Blüten der Sal-Weide erscheinen und auf dem Felde die Aussaat des Sommergetreides beginnt, geht diese Jahreszeit zu Ende.

Erstfrühling

- * Forsythie (Beginn der Blüte, Phase ,006')
- * Stachelbeere (Beginn der Blattentfaltung, Phase ,052')

Das Aufbrechen der Stachelbeerknospen ist ein sicheres Zeichen für den Anfang des Erstfrühlings. Bald geht auch das Sommergetreide auf, und mit den Stachel- und Johannisbeeren beginnt die Obstblüte. Anschliessend folgen dann nacheinander Kirsche, Pflaume und Birne. Zur Zeit der Süsskirsche blühen auch Schlehdorn und Ahorn, während sich die anderen Laubbäume noch nicht regen. Der Landwirt bestellt jetzt Kartoffeln und sät Futterrüben aus. Erst einige Zeit darauf fangen Rosskastanie und Birke mit der Laubentfaltung an. Etwa eine weitere Woche später folgen dann noch Rotbuche, Linde und Ahorn mit dem Entfalten der Blätter und zeigen an, dass der Beginn der nächsten Jahreszeit bevorsteht.

Vollfrühling

- * Apfel, frühreifend (Beginn der Blüte, Phase ,062')
- * Stiel-Eiche (Beginn der Blattentfaltung, Phase ,013')

Mit der Apfel- und Fliederblüte hält der Vollfrühling seinen Einzug. In den kommenden Wochen gehen Futterrüben und Kartoffeln auf, und die Halme des Wintergetreides schossen. Häufig kommen auch schon die ersten Ähren des Winterroggens aus der obersten Blattscheide heraus, während die Apfelblüte zu Ende geht und kurz darauf die Himbeerblüte beginnt.

Sommer

Frühsommer

- * Schwarzer Holunder (Beginn der Blüte, Phase ,018')
- * Robinie (Beginn der Blüte, Phase ,123')

Mit dem Blühbeginn der Gräser setzt der Frühsommer ein. Auf den Wiesen blüht zuerst der Wiesenfuchsschwanz und auf den Getreidefeldern der Winterroggen, womit auch die Hauptzeit des Heuschnupfens anfängt. Leichter erkennbar als die Gräserblüten sind die weissen Dolden der Holunderbüsche und die Blütentrauben der Akazie (Robinie). In diese Zeit des Frühsommers fällt auch die Heuernte und das Erscheinen der ersten Ähren bzw. Rispen bei den übrigen Getreidearten.

Hochsommer

- * Sommer-Linde (Beginn der Blüte, Phase ,064')
- * Johannisbeere (Beginn der Pflückreife, Phase ,100')

Wenn die Linden und Kartoffeln blühen und im Garten die Johannisbeeren reifen, dann kommt der Hochsommer, der im Zeichen der Getreideernte steht. Schon in den nächsten Tagen fängt zuerst die Frühgetreide-Ernte mit dem Schnitt von Winterraps an, und wenige Zeit danach ist auch die Wintergerste schnittreif. Die zweite Hälfte dieser Jahreszeit wird von den Spätgetreide-Ernten beherrscht, die mit dem Winterroggen beginnt und mit dem Hafer endet. Der phänologische Jahresablauf steht an der Wende zum Spätsommer, wenn sich die ersten Blüten des Heidekrautes zeigen und wenn der Wind wieder über die Haferstoppeln geht. Nach dem Abschluss der Getreideernte folgt, sofern geeignetes Wetter herrscht, Grummeternte, und bald reifen dann auch die Frühzwetschen.

Spätsommer

- * Apfel, frühreifend (Beginn der Pflückreife, Phase ,109')
- * Eberesche (erste reife Früchte, Phase ,178')

Herbst

Frühherbst

- * Schwarzer Holunder (erste reife Früchte, Phase ,067')
- * Kornelkirsche (erste reife Früchte, Phase ,222')

Der Frühherbst beginnt, wenn die Herbstzeitlose blüht und die Holunderbeeren reifen. In den kommenden Wochen werden vor allem die Birnen geerntet und gegen Ende dieser Jahreszeit die Hauszwetschen.

Vollherbst

- * Stiel-Eiche (erste reife Früchte, Phase ,072')
- * Rosskastanie (erste reife Früchte, Phase ,068')

Wenn die Rosskastanien, Eicheln, Buschhecken und Wallnüsse reifen, dann hält der Vollherbst seinen Einzug. In der Landwirtschaft liegt am Anfang dieser Jahreszeit die Haupternte der Spätkartoffeln und die Aussaat des Wintergetreides. Mit der Apfelernte findet die Obsternte ihren Abschluss. Die zweite Hälfte des Vollherbstes ist gekennzeichnet durch die allgemein einsetzende Laubverfärbung bei allen wildwachsenden Bäumen (z.B. Rosskastanie, Rotbuche, Birke, Eiche, Esche) und durch den Blattfall bei den Obstbäumen. Gegen Ende dieses Zeitabschnittes beginnen die Rübenernte und der Aufgang des Wintergetreides.

Spätherbst

- * Stiel-Eiche (Blattverfärbung, Phase ,073')
- * Eberesche (Blattfall, Phase ,216')
- * Rosskastanie (Blattverfärbung, Phase ,069')

Der Spätherbst beginnt, sobald die wildwachsenden Bäume ihr Laub abwerfen. Die Rüben werden dann geerntet, und Wintergetreide geht bald auf. Wenn dann mit dem Pflug die Winterfurche gezogen wird, läuft das phänologische Jahr seinem Ende entgegen, bis stärkeres Frostwetter die Einstellung der Feldarbeiten erzwingt. Mit dem Ende der Feldarbeiten findet der Spätherbst seinen Abschluss.

Winter

- * Stiel-Eiche (Blattfall, Phase ,226')
- * Apfel, spätreifend (Blattfall, Phase ,263')
- * Europäische Lärche (Nadelfall, Phase ,218')
- * Winterweizen (Beginn des Auflaufens, Phase ,094')

Nach dem Blattfall beginnt die Vegetationsruhe.

4. Phänologische Uhren und Kalender

4.1 Aufbau der Phänologischen Uhren

Wie bereits in Kapitel 3 erläutert, wird das Jahr in 10 physiologisch-biologisch begründete ‚*Phänologische Jahreszeiten*‘ eingeteilt. Diese phänologischen Jahreszeiten lassen sich übersichtlich als ‚**Phänologischen Uhren**‘ darstellen (siehe Abb. 8).

Phänologische Uhren können für einzelne Beobachtungsstationen aber auch für grössere Gebiete (z.B. Naturräume) erstellt werden. Voraussetzung für die Darstellung der Mittelwerte eines Ortes als Phänologische Uhr ist, dass die Daten vollständig für alle notwendigen Phasen vorliegen. Es ist sinnvoll für die Darstellung, Mittelwerte eines möglichst langen Zeitraumes zu wählen, weil sich die mittleren Verhältnisse eines Ortes bzw. Gebietes nur dann wirklich beschreiben lassen (Bissolli et al. 2007).

Obwohl eine Phänologische Uhr nur eine Auswahl der vom Deutschen Wetterdienst erfassten Phänophasen enthält, ist ihre Aussagekraft sehr gross. Zugrunde gelegt für einen 30-jährigen Zeitraum (z.B. die Klimanormalperiode) werden immerhin „30 * 10 * Anzahl der Stationen“ Einzeldaten (ergibt z.B. 300 Daten für eine einzelne Beobachtungsstation). Dieser Datensatz beschreibt zuverlässig die phänologischen Jahreszeiten und somit den chronologischen Vegetationsverlauf.

In der Regel werden „Phänologische Uhren“ vom Deutschen Wetterdienst für die Vergleichsperiode 1961 bis 1990 (die aktuelle Klimanormalperiode der WMO) erstellt, aber auch andere Zeiträume sind möglich.

Zur Verdeutlichung von Klimaänderungen, wie sie sich etwa in den letzten beiden Jahrzehnten ergeben haben, kann eine so genannte ‚**Doppelte Phänologische Uhr**‘ verwendet werden (vgl. Abb. 8). In dieser ‚Doppelten Phänologischen Uhr‘ werden zwei Zeiträume gegenübergestellt, z.B. die Jahre 1961-1990 und 1991-2009.

Da im Zentrum der ‚Doppelten Phänologischen Uhr‘ oft auch zum Vergleich die Monate des Jahres und die Klimatologischen Jahreszeiten dargestellt werden, wird gelegentlich auch von ‚**Dreifachen Phänologischen Uhren**‘ gesprochen (z.B. Henniges et al. 2005).

Im Rahmen diese Projektes werden für Baden-Württemberg ‚Doppelte Phänologische Uhren‘ für alle Phänologischen Beobachtungsstationen, alle Naturräume, alle Naturraumgruppen und alle Ökologischen Raumklassen erstellt.

Üblicherweise wird als Leitphase für den Beginn des Winters die Phänophase „Stieleiche, Beginn des Blattfalls“, oder die in Tabelle 7 genannten Ersatzphasen verwendet. Leider liegen für Baden-Württemberg von keiner dieser Phasen ausreichende Datensätze für die Erstellung von Phänologischen Uhren vor (siehe Tabellen 4 - 7). Deshalb wurde als Beginn des Winters die Phänophase „Winterweizen, Beginn des Auflaufens“ ausgewählt.

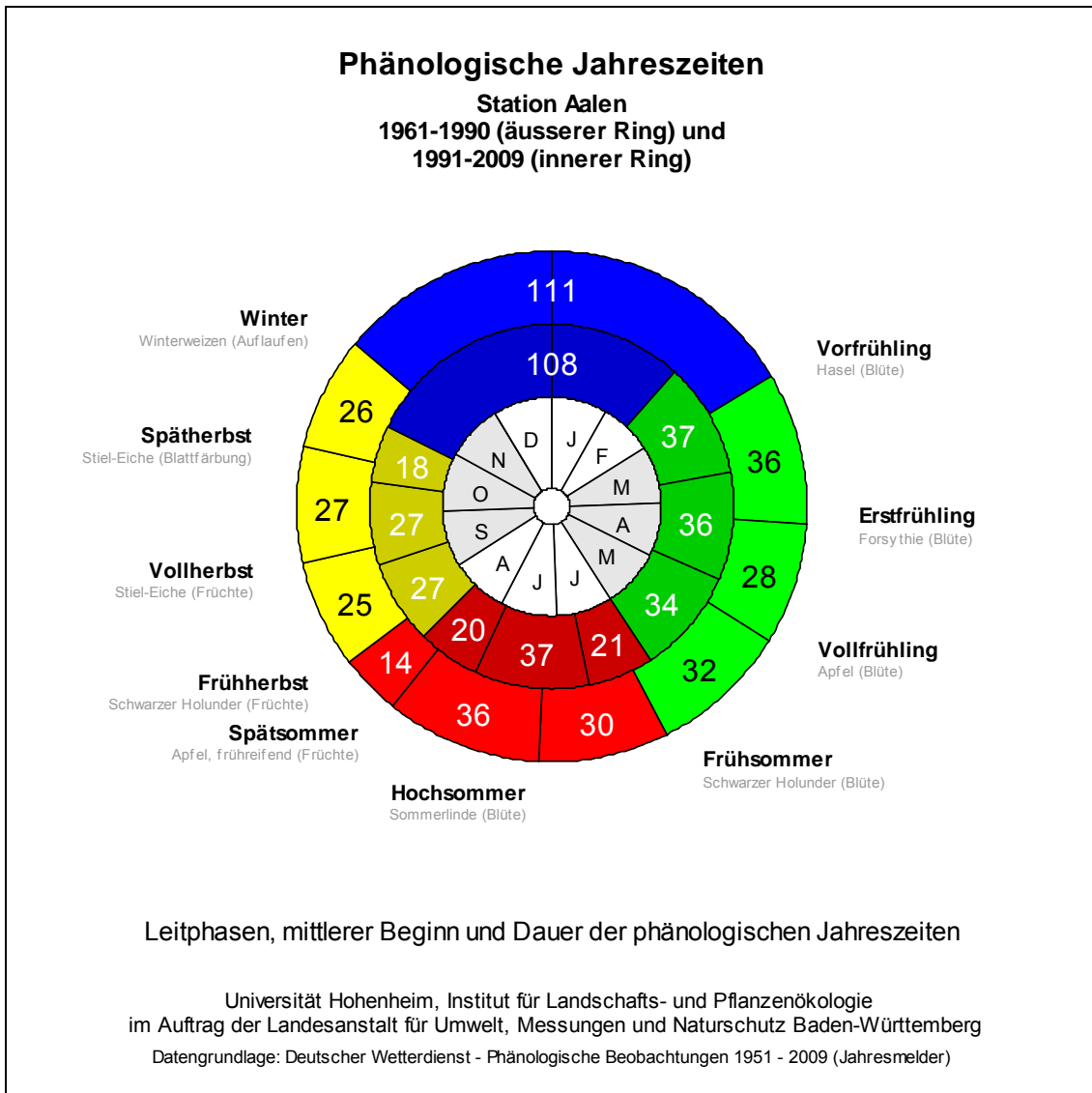


Abbildung 8. Doppelte Phänologische Uhr der phänologischen Beobachtungsstation ‚Aalen‘ (Stations-Nr. 81311110) für die Zeiträume 1961-1990 (Klimanormalperiode, innerer Ring) und 1991 bis 2009 (äusserer Ring). Weitere Erläuterungen im Text.

4.2 Phänologische Uhren einzelner Beobachtungsstationen

Im Rahmen des Projektes wurden Doppelte Phänologische Uhren möglichst vieler Beobachtungsstationen aus Baden-Württemberg erstellt. Um die verschiedenen Stationen vergleichen zu können, wurden für ganz Baden-Württemberg die gleichen Leitphasen der Phänologischen Uhr gewählt (siehe 4.1).

Die Doppelten Phänologischen Uhren beziehen sich auf die Zeiträume 1961-1990 (Klimanormalperiode) und 1991-2009.

Insgesamt konnten Doppelte Phänologische Uhren für 187 phänologische Beobachtungsstationen erstellt werden (Tabelle 10). Voraussetzung für die Erstellung einer Doppelten Phänologischen Uhr ist, dass aus jedem der betrachteten Zeiträume von jeder Leitphase Beobachtungen aus mindestens einem Jahr

vorliegen. Je mehr Beobachtungsjahre vorhanden sind, desto aussagekräftiger ist natürlich der gebildete Mittelwert für die Beobachtungszeiträume. Um die Qualität der Mittelwerte besser beurteilen zu können, wurde zu jeder Doppelten Phänologischen Uhr eine Raport-Datei erstellt, die Auskunft über die Anzahl der verwendeten Beobachtungsjahre je Leitphase gibt (siehe Tabelle 9).

Tabelle 9. Aufbau einer Raport-Datei über die Ausgangsdaten einer Doppelten Phänologischen Uhr am Beispiel der Station Aalen (Stations-Nr. 81311110).

\$titel								
[1]	"Station Aalen"							(Name der Station)
\$nr								
[1]	"Station Nr. 81311110"							(Nummer der Station)
\$tit.in								
[1]	"1991-2009"							(inner Kreis)
\$tit.au								
[1]	"1961-1990"							(äusserer Kreis)
\$daten								(berechnete Daten)
	innen	aussen	art	phase	innen.n	aussen.n		
1	44	61	Hasel	Blüte	10	25		
2	81	97	Forsythie	Blüte	10	27		
3	117	125	Apfel	Blüte	10	26		
4	151	157	Schwarzer Holunder	Blüte	10	28		
5	172	187	Sommerlinde	Blüte	10	26		
6	209	223	Apfel, frühreifend	Früchte	10	24		
7	229	237	Schwarzer Holunder	Früchte	8	25		
8	256	262	Stiel-Eiche	Früchte	8	24		
9	283	289	Stiel-Eiche	Blattfärbung	10	24		
10	301	315	Winterweizen	Auflaufen	8	25		

Erläuterungen für den Abschnitt: Daten

innen = Mittelwert (DOY, day of year) der Phase für den Zeitraum des inneren Kreises

innen.n = Anzahl der vorhandenen Beobachtungen im Zeitraum des inneren Kreises

aussen = Mittelwert (DOY, day of year) der Phase für den Zeitraum des äusseren Kreises

aussen.n = Anzahl der vorhandenen Beobachtungen im Zeitraum des äusseren Kreises

art, phase = Name der Art und die Phänophase für die Phasen der Phänologischen Uhr

Die erstellten Doppelten Phänologischen Uhren wurden in verschiedenen Graphikformaten gespeichert (*.eps, *.wmf, *.pdf). Ausserdem existiert zu jeder Station eine Raport-Datei im Textformat (siehe Tabelle 9, *.txt).

Tabelle 10 gibt einen Überblick über die 187 Phänologischen Stationen in Baden-Württemberg, von denen Phänologische Uhren erstellt werden konnten.

Die Graphik- und Raport-Dateien der einzelnen phänologischen Beobachtungsstationen befinden sich auf beiliegender DVD (Folder: >PhaenoUhren\Stationen\). Die einzelnen Dateien sind mit dem Namen der Station benannt.

Tabelle 10. Liste der Phänologischen Stationen von Baden-Württemberg, von denen Phänologische Uhren erstellt werden konnten. Mit Angabe der Stationsnummer, Höhe (m ü.NN.) und Landkreis. Die Graphik- und Raport-Dateien der einzelnen phänologischen Beobachtungsstationen befinden sich auf beiliegender DVD (Folder: >PhaenoUhren\Stationen)

Ort	Station	Hoehe	Landkreis
Aalen	81311110	430	Ostalbkreis
Aglasterhausen	82361110	210	Neckar-Odenwald-Kreis
Albbruck	83471120	330	Waldshut
Allensbach	83361110	400	Konstanz
Altenheim	83351110	140	Ortenaukreis
Altheim/Alb	81471120	610	Alb-Donau-Kreis
Altshausen	84421140	580	Ravensburg
Baienfurt	84391120	460	Ravensburg
Balingen	84311110	520	Zollernalbkreis
Ballenberg	82321130	300	Neckar-Odenwald-Kreis
Bavendorf	84391341	510	Ravensburg
Berwangen	82381150	210	Heilbronn
Bieberehren-Buch	82321190	370	Main-Tauber-Kreis
Bietigheim	81411160	200	Ludwigsburg
Bleibach	83331150	300	Emmendingen
Bondorf	81331150	460	Böblingen
Bonfeld	81381180	200	Heilbronn
Bönnigheim	81411180	220	Ludwigsburg
Brackenheim-Hausen	81381480	200	Heilbronn
Bruchsal	82311120	130	Karlsruhe
Brühl/Baden	82351120	100	Rhein-Neckar-Kreis
Buchen	82321200	340	Neckar-Odenwald-Kreis
Bühl	83311140	140	Rastatt
Burgstall	81321180	300	Rems-Murr-Kreis
Crailsheim	81341180	410	Schwäbisch Hall
Crailsheim-Onolzheim	81341460	420	Schwäbisch Hall
Daugendorf	84421280	530	Biberach
Dertingen	82391210	180	Main-Tauber-Kreis
Dettingen	81371190	580	Heidenheim
Dielheim	82331160	140	Rhein-Neckar-Kreis
Döggingen	83321180	760	Schwarzwald-Baar-Kreis
Dornberg	82321220	410	Neckar-Odenwald-Kreis
Dörzbach	81391230	240	Hohenlohekreis
Eberbach/Baden	82331190	130	Rhein-Neckar-Kreis
Eberfingen	83471370	450	Waldshut
Eggenstein	82341220	110	Karlsruhe
Ehingen	84341230	510	Alb-Donau-Kreis
Eisental	83311160	180	Rastatt
Ellenberg	81311240	570	Ostalbkreis
Ellmendingen	82371180	200	Enzkreis
Ellrichshausen	81341200	450	Schwäbisch Hall
Endingen	83331230	190	Emmendingen
Epfenbach	82381230	210	Rhein-Neckar-Kreis
Esslingen-Zell	81351400	270	Esslingen
Esslingen	81351210	240	Esslingen
Forchtenberg	81441220	220	Hohenlohekreis
Frankenbach	81381360	170	Heilbronn
Freiburg i. Breisgau (Kerngemeinde)	83120000	290	kreisfreie Stadt Freiburg
Freudenberg/Baden	82391310	140	Main-Tauber-Kreis
Freudenstadt (Ost)	84351260	650	Freudenstadt
Gaildorf	81321260	330	Schwäbisch Hall
Geifertshofen	81461250	410	Schwäbisch Hall
Genkingen	84401190	800	Reutlingen
Gerabronn-Rückershagen	81341241	440	Schwäbisch Hall
Gerstetten	81371250	620	Heidenheim
Giengen	81371260	460	Heidenheim
Gommersdorf	82321310	240	Hohenlohekreis
Grissheim	83391250	220	Breisgau-Hochschwarzwald
Grötzingen	82341310	120	Karlsruhe
Gründelhardt	81341270	450	Schwäbisch Hall
Gschwend	81321300	530	Ostalbkreis
Gültlingen	84331490	450	Calw

Tabelle 10. (Fortsetzung)

Habsthal	84431290	640	Sigmaringen
Haslach	83481160	220	Ortenaukreis
Heidenheim a.d. Brenz	81371300	490	Heidenheim
Helmstadt	82381310	180	Rhein-Neckar-Kreis
Herrenberg	81331260	440	Böblingen
Heubach/Württ.	81451210	460	Ostalbkreis
Hilzingen	83361400	480	Konstanz
Horb a. Neckar	84371340	560	Freudenstadt
Hüfingen	83321380	690	Tuttlingen
Igersheim-Harthausen	81421270	330	Main-Tauber-Kreis
Ingelfingen	81391290	220	Hohenlohekreis
Ingerkingen	84321450	520	Biberach
Inneringen	84431400	810	Sigmaringen
Inzigkofen	84431410	620	Sigmaringen
Kadelburg	83471510	330	Waldshut
Kandern-Holzen	83381470	300	Lörrach
Killer	84361380	630	Zollernalbkreis
Kirchardt	82381350	230	Heilbronn
Kirchheim unter Teck	81431290	310	Esslingen
Kleinaspach	81321370	290	Rems-Murr-Kreis
Konstanz-Litzelstetten	83361760	440	Konstanz
Korntal	81401220	300	Ludwigsburg
Krauchenwies	84431480	590	Sigmaringen
Ladenburg	82351210	100	Rhein-Neckar-Kreis
Lahr	83371270	170	Ortenaukreis
Lampoldshausen	81381600	250	Heilbronn
Langenalb	82371290	370	Enzkreis
Langenau/Württ.	81471520	460	Alb-Donau-Kreis
Lauchheim	81311400	490	Ostalbkreis
Lauffen	81381610	170	Heilbronn
Leibertingen-Thalheim	83441360	705	Sigmaringen
Limbach/Baden	82361320	390	Neckar-Odenwald-Kreis
Lossburg	84351420	670	Freudenstadt
Ludwigsburg	81411410	290	Ludwigsburg
Magstadt	81331320	430	Böblingen
Mangoldsall	81441320	340	Hohenlohekreis
Markgröningen	81411430	280	Ludwigsburg
Martinsmoos	84331630	630	Calw
Meckesheim	82331340	140	Rhein-Neckar-Kreis
Merdingen	83341510	200	Breisgau-Hochschwarzwald
Mergentheim, Bad	81421350	250	Main-Tauber-Kreis
Metzdorf	81441601	310	Hohenlohekreis
Möggingen	83361480	420	Konstanz
Mönsheim	81401260	350	Enzkreis
Mörsch	82341420	120	Karlsruhe
Mössingen	84451360	480	Tübingen
Mühlhausen/Kraichgau	82331380	140	Rhein-Neckar-Kreis
Müllheim	83391380	270	Breisgau-Hochschwarzwald
Mutlangen	81451300	450	Ostalbkreis
Neckargemünd	82331390	130	Rhein-Neckar-Kreis
Neresheim	81311430	520	Ostalbkreis
Neubronn	81311440	470	Ostalbkreis
Neuffen	81431390	410	Esslingen
Neufrach	83451520	440	Bodenseekreis
Neuhengstett	84331700	530	Calw
Niederrimbach	81421410	300	Main-Tauber-Kreis
Niederstotzingen	81371400	470	Heidenheim
Nordrach	83481260	400	Ortenaukreis
Oberderdingen	81481120	190	Karlsruhe
Oberkirch	83411350	190	Ortenaukreis
Oberschefflenz	82361500	290	Neckar-Odenwald-Kreis
Oberschwarzach	82361510	220	Neckar-Odenwald-Kreis
Obersteinbach	81441410	460	Hohenlohekreis
Ochsenhausen (West)	84321640	590	Biberach
Odenheim	82311360	160	Karlsruhe
Offenburg	83411370	160	Ortenaukreis
Orsenhausen	84321650	520	Biberach
Östringen-Eichelberg	82381200	240	Karlsruhe

Tabelle 10. (Fortsetzung)

Pfalzgrafeweiler	84351460	640	Freudenstadt
Pfizingen	81421450	370	Main-Tauber-Kreis
Rangendingen	84361410	420	Zollernalbkreis
Reinstetten	84321670	560	Biberach
Renningen	81401300	410	Böblingen
Rettigheim	82331430	140	Rhein-Neckar-Kreis
Ringingen	84341570	560	Alb-Donau-Kreis
Rottweil	84411500	600	Rottweil
Ruit	81351330	410	Esslingen
Saulgau	84421870	590	Sigmaringen
Schillingstadt	82321740	340	Neckar-Odenwald-Kreis
Schlierbach/Württ.	81361570	350	Göppingen
Schmalegg	84391330	570	Ravensburg
Schömburg	84331900	630	Calw
Schonach	81421221	420	Main-Tauber-Kreis
Schopfheim	83381740	360	Lörrach
Schramberg	84411520	710	Rottweil
Schussenried, Bad	84321760	570	Biberach
Schwäbisch Gemünd	81451360	320	Ostalbkreis
Schwaigern	81381890	210	Heilbronn
Schwetzingen	82351340	100	Rhein-Neckar-Kreis
Schwörstadt	83431520	300	Lörrach
Sindelfingen	81331450	450	Böblingen
Sölingen	82341560	150	Karlsruhe
Spaichingen	84461390	660	Tuttlingen
Stuttgart-Hohenheim	81120001	391	kreisfreie Stadt Stuttgart
Sulzfeld	82381530	200	Karlsruhe
Tairnbach	82331550	180	Rhein-Neckar-Kreis
Tengen	83361640	650	Konstanz
Torkenweiler	84391191	470	Ravensburg
Tübingen	84451560	340	Tübingen
Tuttlingen	84461440	650	Tuttlingen
Ulm	81130000	480	kreisfreie Stadt Ulm
Unteribental	83341780	540	Breisgau-Hochschwarzwald
Vellberg	81461530	370	Schwäbisch Hall
Veringenstadt	84431810	640	Sigmaringen
Villingen-Schwenningen	84411530	700	Sigmaringen
Vogtsburg-Oberrotweil	83341610	220	Breisgau-Hochschwarzwald
Walddorf	84451580	410	Tübingen
Waldkirch	83331610	270	Emmendingen
Waldsee, Bad	84391390	590	Ravensburg
Waldtann	81341620	460	Schwäbisch Hall
Waldwimmersbach	82331570	220	Rhein-Neckar-Kreis
Walldürn	82321890	400	Neckar-Odenwald-Kreis
Wart	84332080	590	Calw
Wasseralfingen	81311710	430	Ostalbkreis
Weiler	82371420	210	Enzkreis
Weilheim a.d. Teck	81431550	380	Esslingen
Welzheim	81491690	500	Rems-Murr-Kreis
Widdern	81382030	190	Heilbronn
Wiesental	82311470	110	Karlsruhe
Willsbach	81382040	200	Heilbronn
Wittendorf	84351580	600	Freudenstadt
Wittental	83341830	380	Breisgau-Hochschwarzwald
Wyhl	83331660	170	Emmendingen
Zeutern	82311480	130	Karlsruhe
Zöbingen	81311750	500	Ostalbkreis

4.3 Phänologische Uhren der Naturräume und Naturraumgruppen

Ähnlich wie für die einzelnen phänologischen Beobachtungsstationen können phänologische Uhren auch für grössere Räume, z.B. Naturräume oder Naturraumgruppen, erstellt werden. Einen Überblick über die naturräumliche Gliederung von Baden-Württemberg gibt Kap. 2.1.

Insgesamt wurden Doppelte Phänologische Uhren für 52 (von 66) Naturräumliche Haupteinheiten und für 13 (von 13) Naturraumgruppen erstellt. Einen Überblick über die Phänologischen Uhren der 13 Naturraumgruppen des Landes Baden-Württemberg gibt Abbildung 9.

Bei Betrachtung dieser Doppelten Phänologischen Uhren ist zu erkennen, dass sich die Jahreszeiten allgemein verschoben haben und die phänologischen Erscheinungen früher besser mit den klimatologischen Jahreszeiten übereingestimmt haben. In allen Gebieten von Baden-Württemberg verschieben sich die phänologischen Jahreszeiten.

Die Doppelten Phänologischen Uhren für die 13 Naturraumgruppen des Landes Baden-Württemberg zeigen in der Zusammenfassung der einzelnen phänologischen Jahreszeiten zu den Oberbegriffen Frühling, Sommer, Herbst und Winter (Abb. 9, vgl. Kap. 3) für die Gesamtauswertung tendenziell eine Verfrühung des Frühlings, eine Verlängerung des Herbstes sowie eine Verkürzung des Winters. Die Auswirkungen der Klimaänderung können je nach Naturraum aber recht unterschiedlich sein.

Die Graphik- und Raport-Dateien für die einzelnen Naturräume und Naturraumgruppen befinden sich auf beiliegender DVD (Folder: >PhaenoUhren\NR\ bzw. >PhaenoUhren\NRG\).

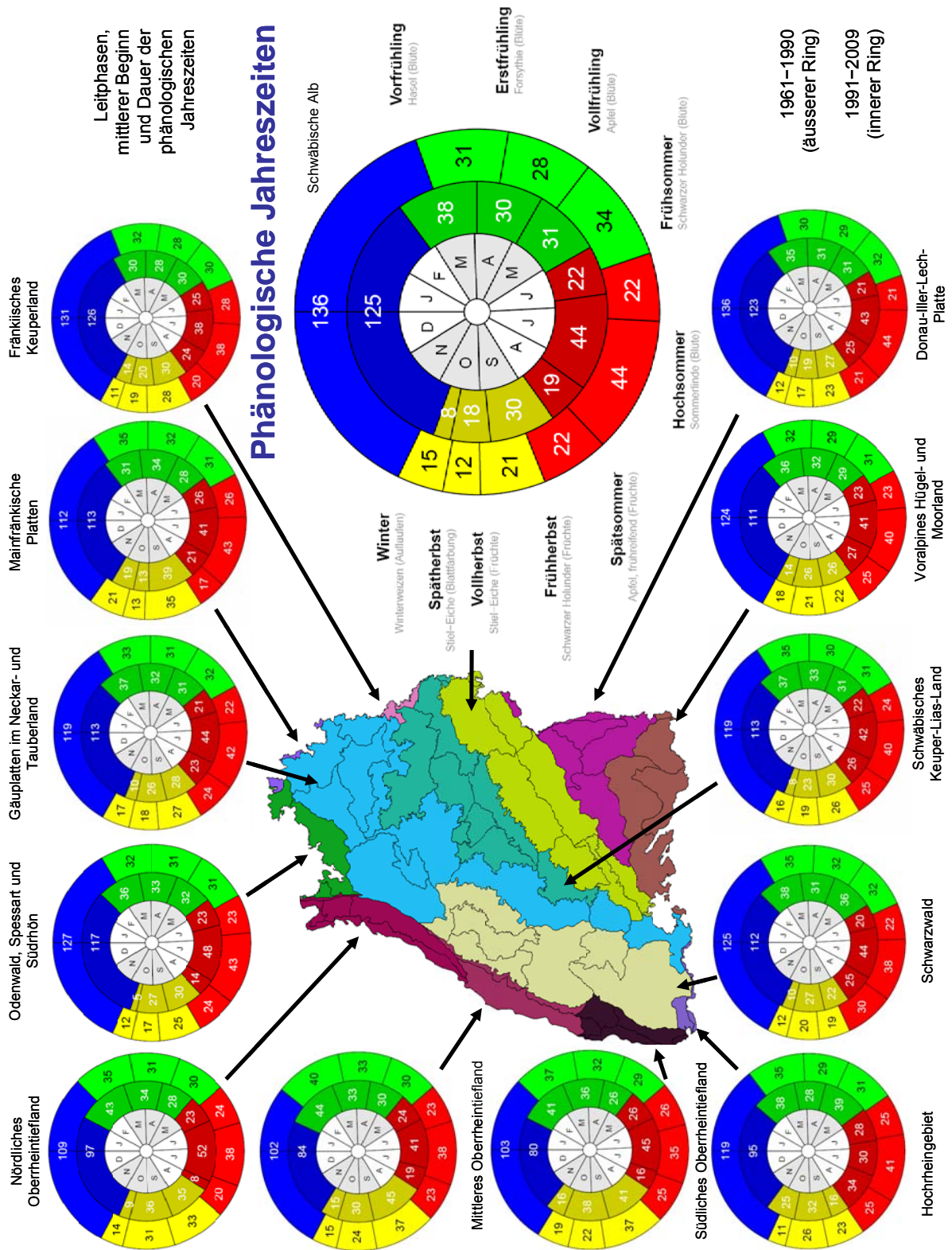


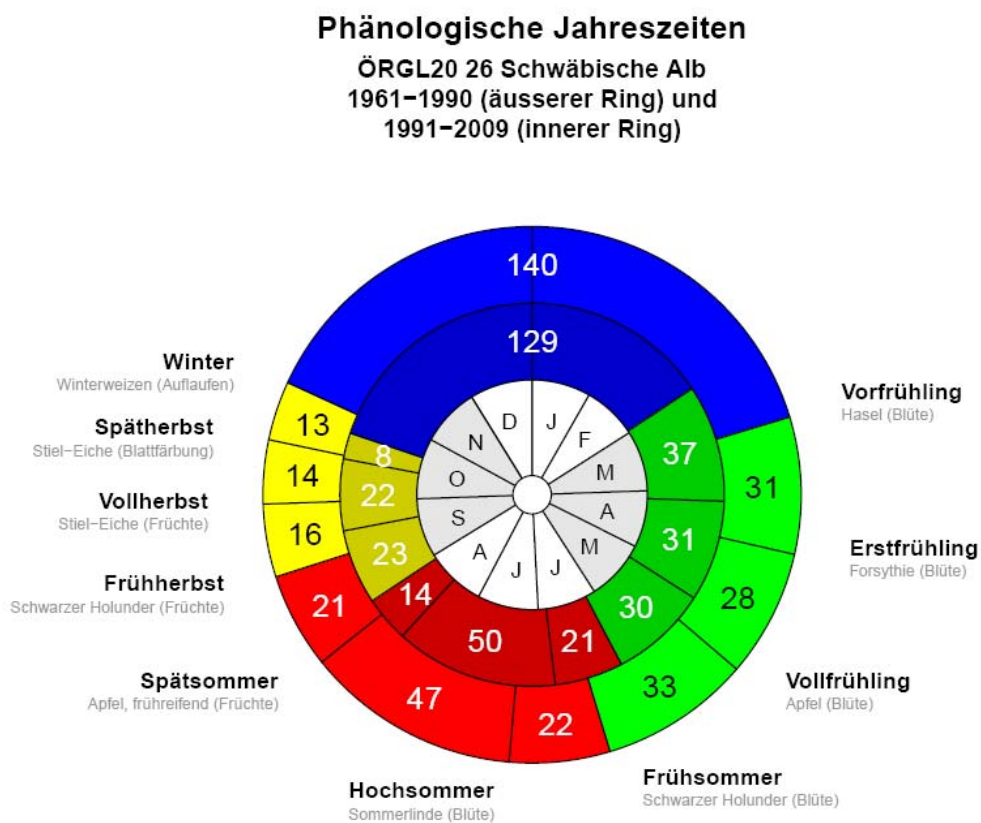
Abbildung 9. Doppelte Phänologische Uhren der 13 Naturraumgruppen Baden-Württembergs für die Zeiträume 1961-1990 (Klimanormalperiode, innerer Ring) und 1991 bis 2009 (äusserer Ring).

4.4 Phänologische Uhren der Ökologischen Raumklassen

Schröder et al. (2002) unterteilen Baden-Württemberg in Ökologische Raumklassen (rdl20, siehe Kap. 2.1). Ebenso wie für die Naturräumlichen Haupteinheiten und die Naturraumklassen wurden ‚Doppelte Phänologische Uhren‘ für die 20 in Kapitel 2.1 dargestellten Ökologische Raumklassen erstellt.

Die Graphik- und Raport-Dateien der einzelnen Ökologischen Raumklassen befinden sich auf beiliegender DVD (Folder: >PhaenoUhren\rgl20\).

Exemplarisch sollen an dieser Stelle die ‚Doppelten Phänologischen Uhren‘ für die Ökologische Raumklasse ‚26 Schwäbische Alb‘ (siehe Abb. 10) und ‚22 Nördlicher Oberrheingraben‘ (siehe Abb. 11) wiedergegeben werden.

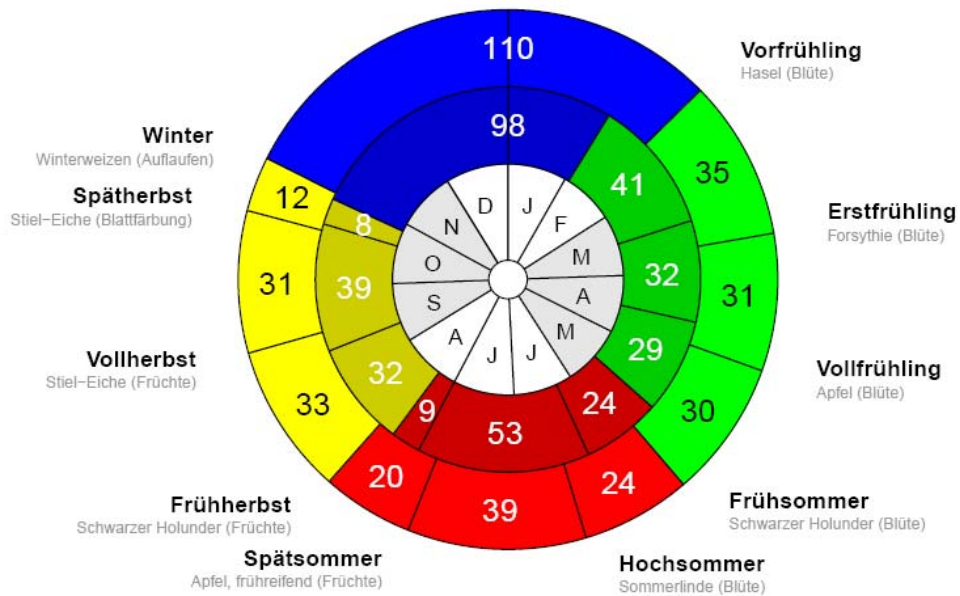


Leitphasen, mittlerer Beginn und Dauer der phänologischen Jahreszeiten

Universität Hohenheim, Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie
im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
Datengrundlage: Deutscher Wetterdienst – Phänologische Beobachtungen 1951 – 2009 (Jahresmelder)

Abbildung 10. Doppelte Phänologische Uhr der Ökologischen Raumklasse „26 Schwäbische Alb“ für die Zeiträume 1961-1990 (Klimanormalperiode, innerer Ring) und 1991 bis 2009 (äusserer Ring).

Phänologische Jahreszeiten
ÖRGL20 22 Nördlicher Oberrheingraben
1961–1990 (äusserer Ring) und
1991–2009 (innerer Ring)



Leitphasen, mittlerer Beginn und Dauer der phänologischen Jahreszeiten

Universität Hohenheim, Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie
im Auftrag der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
Datengrundlage: Deutscher Wetterdienst – Phänologische Beobachtungen 1951 – 2009 (Jahresmelder)

Abbildung 11. Doppelte Phänologische Uhr der Ökologischen Raumklasse „22 Nördlicher Oberrheingraben“ für die Zeiträume 1961-1990 (Klimanormalperiode, innerer Ring) und 1991 bis 2009 (äusserer Ring).

4.5 Phänologische Kalender der Naturraumgruppen

Eine alternative zur ‚Phänologischen Uhr‘ stellt die Darstellung als ‚**Phänologischer Kalender**‘ dar. Auch in einem phänologischen Kalender können verschiedene Zeiträume miteinander verglichen werden. Der Vorteil dieser Darstellungsart ist, dass neben den Mittelwerten (hier der Median) auch die Variabilität der einzelnen Phasen dargestellt werden kann. Die Boxplots zeigen die Schwankungsbreite des jährlich variierenden Eintrittsdatums innerhalb des betrachteten Zeitraumes. Dies geht wesentlich über die Mittelwertinformation hinaus.

Abbildung 12 zeigt exemplarisch einen phänologischen Kalender für die Naturraumgruppe „3 Voralpines Hügel- und Moorland“.

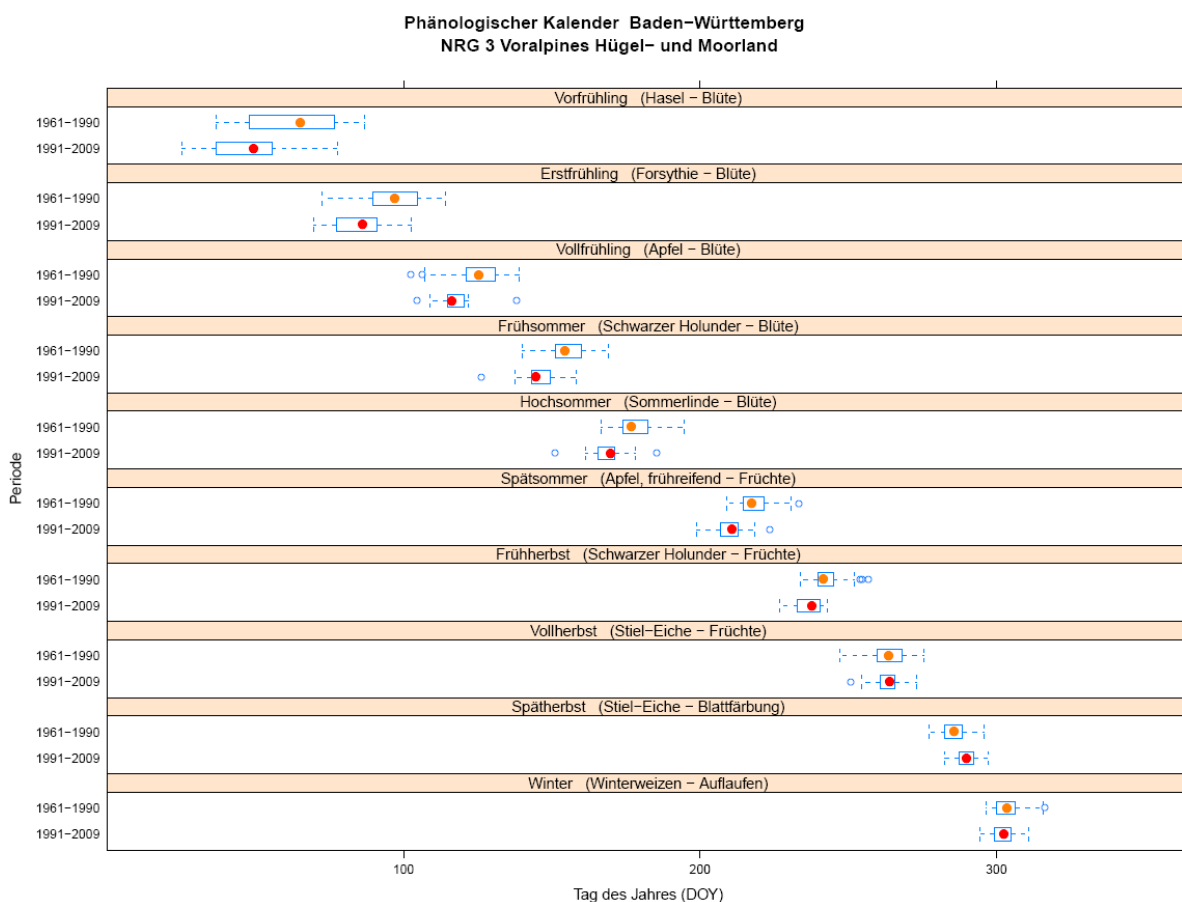


Abbildung 12. Phänologischer Kalender der Naturraumgruppe „3 Voralpines Hügel- und Moorland“ für die Zeiträume 1961-1990 (orange) und 1991 bis 2009 (rot). Die Variabilität der Phasen wurde durch einen Box-Plot dargestellt.

Abbildung 12 zeigt eindrucksvoll, dass sich die Jahreszeiten im Vergleich zwischen den Zeiträumen 1961-1990 und 1991-2009 deutlich nach vorne verschoben haben. Am stärksten gilt dies für die Frühlingsphasen und nimmt zum Sommer und Frühherbst ab. Im Spätherbst tritt die Blattverfärbung sogar später ein als in Zeitraum der Klimanormalperiode (1961-1990).

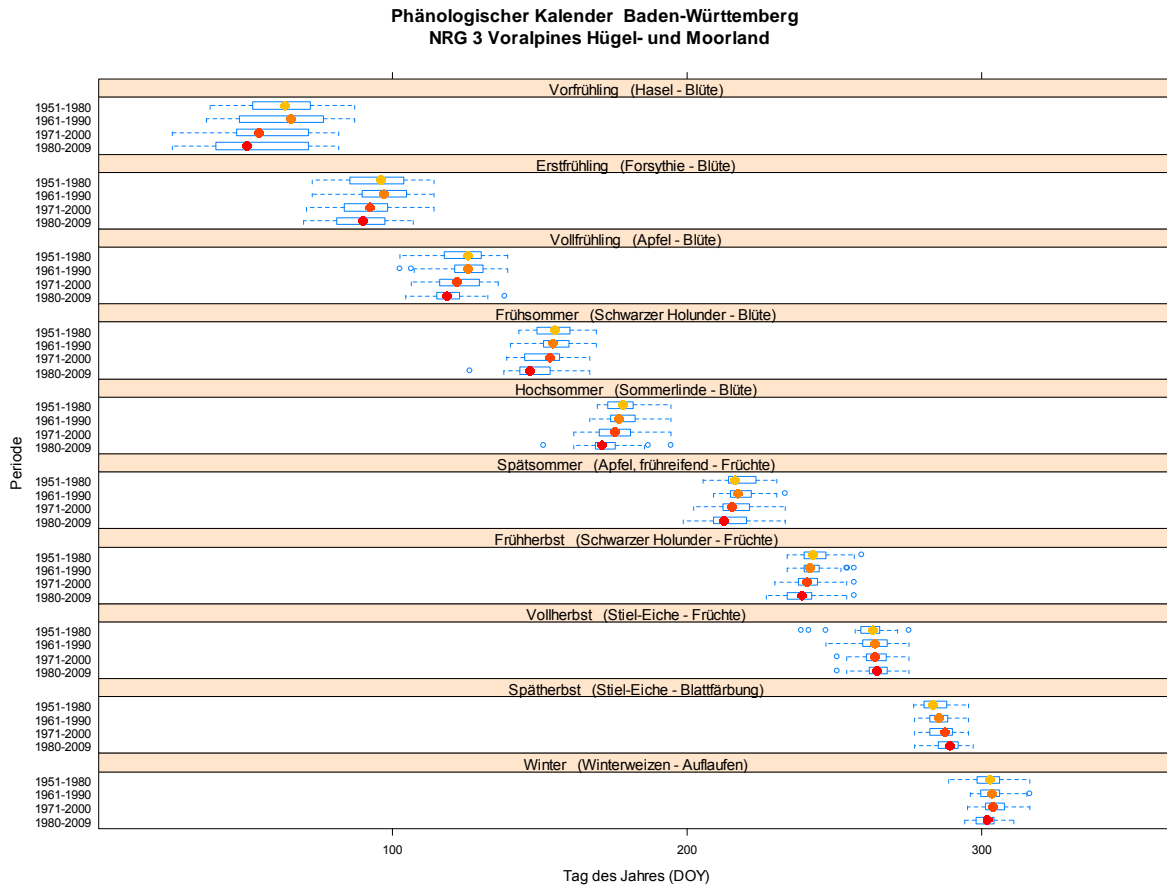


Abbildung 13. Phänologischer Kalender der Naturraumgruppe „3 Voralpines Hügel- und Moorland“ für die Zeiträume 1951-1980 (orange), 1961-1990, 1971-2000 und 1980 bis 2009 (rot). Die Variabilität der Phasen wurde durch einen Box-Plot dargestellt.

Abbildung 13 zeigt eine für drei Zeiträume vorgenommene Differenzierung eines phänologischen Kalenders für die Naturraumgruppe „3 Voralpines Hügel- und Moorland“. Sie macht deutlich, dass die Verschiebung der Phasen erst seit den 90er Jahren des letzten Jahrhunderts beginnt.

Phänologische Kalender wie der in Abbildung 12 dargestellte, wurden für alle Naturraumgruppen in Baden-Württemberg erstellt. Die Graphikdateien der einzelnen Naturraumgruppen befinden sich auf beiliegender DVD (Folder: >PhaenoKalender\).

Phänologische Kalender können aber auch für andere Arten als die der phänologischen Uhr zusammengestellt werden.

Ein solcher Kalender lässt sich hinsichtlich spezieller Nutzungen auch für ganz bestimmte Pflanzenarten erstellen, z. B. für alle Phasen bestimmter Weinreben oder Getreidesorten, die sich dann leichter bestimmten landwirtschaftlichen Arbeiten zuordnen lassen.

Beispiele für Phänologische Kalender der Wildpflanzen in Baden-Württemberg finden sich in Kapitel 5 (Abb. 14 und 15).

5. Phänologische Phasen der Wildpflanzen

An dieser Stelle sollen besonders die vom Deutschen Wetterdienst an Wildpflanzen erfassten Arten und Phasen betrachtet werden.

Tabelle 11 gibt einen Überblick über statistische Kennzahlen der phänologischen Phasen der Wildpflanzen in Baden-Württemberg im Vergleich der Zeiträume 1961 – 1990 und 1991 – 2009. Für jedes Beobachtungsjahr wurden Mittelwerte über alle Beobachtungsstationen in Baden-Württemberg berechnet. Die statistischen Kennzahlen (Minimum, 1. Quartil, Median, Mittelwert, 3. Quartil, Maximum, Spannweite) beziehen sich auf diese landesweiten Mittelwerte.

Tabelle 12 fasst wichtige Parameter einer linearen Regression zwischen Beobachtungsjahr und Eintrittstag der Phänologischen Phasen der Wildpflanzen in Baden-Württemberg zusammen. Verglichen werden jeweils die Zeiträume 1951-2009, 1961-2009, 1961-1990 und 1991 - 2009. Angegeben für jede Phase sind Steigung, Bestimmtheitsmass (R^2), Irrtumswahrscheinlichkeit (p-Wert) und das Vorliegen einer signifikanten Veränderung (* bei $p < 0.05$). In Teiltabelle 12 A) sind die Phasen sortiert nach der Phasenkenntung (Nummer) und in Teiltabelle 12 B) nach der Steigung in verschiedenen Zeiträumen.

Sowohl Tabelle 11 als auch Tabelle 12 machen deutlich, dass bei praktisch allen Phasen der Wildpflanzen ein früheres Auftreten beobachtet werden kann. Generell ist dieser Trend stärker bei den Frühlingsphasen und nimmt zum Herbst hin ab. Lediglich bei der Blattverfärbung der Stieleiche kann eine leichte Verspätung des Eintrittsdatums beobachtet werden. Die stärksten Verfrühungen (mindestens 10 Tage) treten bei den Phasen ‚Kornelkirsche – Blüte‘, ‚Heidekraut – Blüte‘, ‚Schwarz-Erle – Blüte‘, ‚Hasel – Blüte‘, ‚Eberesche – Früchte‘, ‚Esche – Blüte‘, ‚Sommer-Linde – Blüte‘, ‚Schlehe – Blüte‘, ‚Schwarzer Holunder – Früchte‘, ‚Forsythie – Blüte‘, ‚Schwarzer Holunder – Blüte‘, ‚Eberesche – Blüte‘ und ‚Hunds-Rose – Blüte‘ auf.

Abbildung 14 zeigt einen phänologischen Kalender aller Wildpflanzen in Baden-Württemberg. Dargestellt ist ein Vergleich der Zeiträume 1961-1990 (offene, schwarze Kreise) und 1991 bis 2009 (geschlossene, rote Kreise). Verglichen wird der Median über alle phänologischen Beobachtungsstationen (Spalte Median in Tabelle 13). Obwohl der Median über alle Stationen von Baden-Württemberg dargestellt ist (also über ein sehr grosses Spektrum an verschiedenen Naturräumen und Höhenstufen) wird deutlich, dass bei fast allen Phasen, für die Beobachtungen aus beiden Zeiträumen (1961-1990 und 1991-2009) vorliegen, eine Verschiebung zu beobachten ist. Generell setzen die Phasen im Zeitraum 1991 bis 2009 früher ein. Lediglich die „Herbstphasen“ (in der Regel „Blattverfärbungen“) haben sich kaum oder gar nicht verändert.

Abbildung 15 stellt die Daten im Boxplot dar und vermittelt einen Eindruck über die mitunter grosse Schwankungsbreite. Diese ist im Wesentlichen durch die unterschiedliche Höhenlage der Beobachtungsstationen bedingt.

Abbildung 16 stellt analog zu Abbildung 14 einen phänologischer Kalender der Wildpflanzen für die naturräumliche Haupteinheit ‚155 Hochschwarzwald‘ dar.

Tabelle 11. Statistische Kennzahlen der Phänologischen Phasen der Wildpflanzen in Baden-Württemberg. Vergleich der Zeiträume 1961-1990 und 1991 - 2009. Für jedes Beobachtungsjahr wurden Mittelwerte der Eintrittsdaten (DOY, day of year) über alle Stationen berechnet. Für die Zeiträume sind jeweils die Minima, Maxima, Quartile (1. und 3.), Mediane, Mittelwerte (Mean) und Spannweite (Range) dieser Jahresmittelwerte angegeben. Der letzte Block (Differenz) zeigt die Veränderungen zwischen den beiden Zeiträumen.

Phase		1961 - 1990						1991 - 2009						Differenz								
		Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	Range	Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	Range	Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.	Range
1	Hasel - Blüte	37	46	63	59	70	86	48	26	35	39	45	55	73	48	-11	-11	-23	-14	-15	-12	0
2	Schneeglöckchen - Blüte	40	48	60	59	68	83	43	35	41	50	50	58	69	34	-5	-7	-10	-9	-10	-14	-9
112	Schwarz-Erle - Blüte	54	74	80	80	90	99	46	46	57	62	65	71	86	40	-7	-16	-18	-15	-19	-13	-6
3	Hufattich - Blüte	55	66	77	76	86	96	41	59	65	72	71	75	90	31	4	-1	-6	-5	-11	-6	-10
4	Sal-Weide - Blüte	55	69	81	79	87	95	40	57	65	71	72	74	90	33	2	-4	-9	-7	-13	-5	-7
114	Kornelkirsche - Blüte	64	77	88	88	98	109	46	57	65	71	72	79	93	36	-7	-12	-18	-16	-19	-16	-10
6	Forsythie - Blüte	64	84	94	93	102	111	47	67	75	82	83	88	102	35	3	-8	-12	-10	-14	-9	-12
115	Busch-Windröschen - Blüte	73	87	94	94	100	110	37	76	81	83	85	90	99	23	3	-7	-11	-8	-11	-11	-14
223	Roskastanie - Austrieb								84	90	92	92	94	104	20							
214	Eberesche - Austrieb								83	91	94	93	96	105	21							
219	Hänge-Birke - Austrieb								85	92	94	95	97	106	21							
117	Europäische Lärche - Nadelentfaltung	89	104	109	107	113	119	31	88	97	100	99	102	110	22	-1	-7	-9	-8	-11	-9	-9
11	Schlehe - Blüte	84	104	111	109	117	126	42	87	94	98	99	101	114	27	4	-10	-12	-11	-16	-11	-15
215	Eberesche - Blattentfaltung								98	104	106	106	109	114	16							
116	Löwenzahn - Blüte	89	105	110	110	116	124	35	89	99	101	101	103	114	25	0	-6	-9	-9	-12	-10	-10
5	Spitz-Ahorn - Blüte	88	107	112	111	117	123	35	90	99	101	101	104	112	22	2	-8	-11	-9	-13	-11	-13
220	Hänge-Birke - Blüte								101	106	107	108	111	117	16							
9	Hänge-Birke - Blattentfaltung	94	108	112	110	115	121	27	96	102	104	104	107	113	16	3	-6	-8	-6	-8	-8	-11
113	Schwarz-Erle - Blattentfaltung	97	109	113	112	117	123	26	96	100	102	103	104	112	16	-1	-9	-10	-9	-13	-11	-10
7	Roskastanie - Blattentfaltung	97	107	112	111	115	122	25	98	103	105	105	106	113	15	1	-5	-7	-6	-10	-9	-10
118	Europäische Lärche - Blüte	94	111	115	114	119	127	32														
119	Esche - Blüte	100	118	122	120	125	131	31	102	106	108	108	110	115	13	2	-12	-14	-12	-14	-16	-18
12	Rotbuche - Blattentfaltung	105	117	119	119	122	127	22	106	112	114	113	115	117	12	1	-5	-6	-6	-7	-10	-10
10	Sommer-Linde - Blattentfaltung	104	116	120	119	124	129	25														
13	Stiel-Eiche - Blattentfaltung	111	122	126	125	129	133	22	110	117	119	118	121	124	14	-2	-5	-8	-7	-9	-10	-8
121	Winter-Linde - Blattentfaltung	108	121	125	124	129	134	26														
130	Traubenkirsche - Blüte	106	122	127	125	130	136	30														
120	Esche - Blattentfaltung	118	128	130	130	132	137	19	115	121	123	123	125	130	15	-3	-6	-7	-7	-8	-8	-4
8	Roskastanie - Blüte	110	126	131	129	134	140	29	114	122	125	125	128	136	22	3	-4	-5	-4	-5	-4	-7
17	Fichte - Maitrieb	115	128	131	130	134	140	25	115	121	123	123	125	129	14	0	-7	-9	-8	-9	-11	-11
15	Flieder - Blüte	110	128	132	130	136	142	32	110	121	123	123	126	133	23	0	-7	-9	-7	-10	-9	-9
227	Wiesen-Fuchsschwanz - Blüte								116	128	130	130	132	142	26							
129	Kiefer - Maitrieb	116	130	134	134	138	142	27	118	123	125	126	128	132	14	2	-7	-9	-8	-10	-11	-13
14	Stiel-Eiche - Blüte	117	128	133	131	135	139	23														
124	Rotbuche - Blüte	120	129	132	132	135	140	20														
127	Tanne - Maitrieb	118	130	133	132	136	143	24														
16	Zweiggriffeliger Weißdorn - Blüte	118	132	136	136	141	148	29	115	126	128	128	129	137	22	-3	-6	-8	-8	-11	-10	-7
122	Robinie - Blattentfaltung	120	130	135	134	138	143	23														
131	Eberesche - Blüte	125	135	139	138	142	149	24	121	125	129	129	132	138	17	-5	-10	-10	-10	-10	-12	-7
125	Fichte - Blüte	120	134	138	137	141	148	28														
128	Kiefer - Blüte	124	136	140	140	143	149	25	127	133	135	135	138	144	17	3	-3	-6	-5	-6	-5	-8
126	Tanne - Blüte	123	136	141	139	143	149	27														
133	Goldregen - Blüte	118	136	141	140	144	151	33														
19	Wiesen-Fuchsschwanz - Vollblüte	134	143	146	146	149	154	21	122	135	136	136	139	149	27	-12	-8	-10	-9	-10	-5	6
123	Robinie - Blüte	140	148	154	153	156	166	26	128	142	145	145	147	161	33	-12	-6	-9	-8	-9	-5	7
20	Wiesen-Knäuelgras - Vollblüte	143	151	153	154	156	162	19	133	144	147	147	150	160	27	-10	-6	-6	-6	-6	-2	8
18	Schwarzer Holunder - Blüte	139	152	155	155	160	167	28	128	141	145	145	149	159	31	-11	-10	-10	-10	-11	-8	3
132	Hunds-Rose - Blüte	143	155	157	157	161	168	25	133	145	147	148	150	162	29	-9	-9	-10	-10	-11	-6	4
134	Falscher Jasmin - Blüte	146	155	158	159	161	170	24														
135	Schneebeere - Blüte	147	157	159	159	162	168	21														
64	Sommer-Linde - Blüte	168	175	178	178	181	188	20	156	163	167	167	171	179	23	-12	-11	-11	-11	-10	-9	3
176	Stiel-Eiche - Johannistrieb	176	180	184	184	185	196	20														
175	Winter-Linde - Blüte	175	182	185	185	188	195	20														
213	Beifuß - Blüte								189	195	197	197	199	203	13							
65	Heidekraut - Blüte	220	225	226	227	229	236	16	200	208	212	211	215	219	19	-20	-17	-15	-16	-14	-17	3
178	Eberesche - Früchte	217	225	228	229	233	239	22	207	211	215	215	217	227	20	-10	-14	-13	-14	-15	-11	-2
222	Kornelkirsche - Früchte								222	230	232	232	233	244	22							
67	Schwarzer Holunder - Früchte	232	239	242	243	246	254	22	222	230	233	233	236	246	24	-11	-10	-9	-10	-10	-9	2
228	Zweiggriffeliger Weißdorn - Früchte								232	238	242	242	245	256	25							
66	Herbstzeitlose - Blüte	236	241	244	244	246	253	17														
177	Hunds-Rose - Früchte	238	245	249	249	251	261	23	231	238	241	241	243	252	21	-7	-7	-8	-8	-8	-9	-2
68	Roskastanie - Früchte	259	261	264	264	266	271	11	251	258	261	261	264	270	19	-8	-3	-3	-3	-2	0	8
72	Stiel-Eiche - Früchte	263	266	269	269	271	276	13	255	260	263	262	265	267	13	-9	-6	-6	-6	-6	-9	0
70	Rotbuche - Früchte	261	265	266	267	269	275	14														
69	Roskastanie - Blattverfärbung	271	274	277	277	279	282	11	269	272	273	274	275	282	13	-2	-3	-3	-3	-4	0	2
74	Hänge-Birke - Blattverfärbung	276	279	281	281	283	286	10	276	279	280	281	283	289	13	-1	1	-1	0	0	3	3
71	Rotbuche - Blattverfärbung	278	281	283	284	286	290	12	276	280	282	283	286	290	14	-2	-1	-1	-1	-1	0	2
73	Stiel-Eiche - Blattverfärbung	283	286	287	288	290	293	10	281	286	289	289	291	295	14	-2	0	2	1	1	2	4
216	Eberesche - Blattfall								284	287	289	290	292	296	12							
217	Europäische Lärche - Nadelverfärbung								288	290	293	293	295	299	11							
224	Roskastanie - Blattfall								288	290												

Tabelle 12A. Wichtige Parameter der linearen Regression zwischen Beobachtungsjahr und Eintrittstag der phänologischen Phasen der Wildpflanzen in Baden-Württemberg. Vergleich der Zeiträume 1951-2009, 1961-2009, 1961-1990 und 1991 - 2009. Angegeben sind für jede Phase Steigung, Bestimmtheitsmass (R^2), p-Wert und Signifikanz ($p < 0.05$).
Sortiert nach der Phasenkenntung

Phase	1951-2009				1961-2009				1961-1990				1991-2009			
	Steigung	R^2	p-Wert	Signifikant	Steigung	R^2	p-Wert	Signifikant	Steigung	R^2	p-Wert	Signifikant	Steigung	R^2	p-Wert	Signifikant
1	Hasel - Blüte	-0.36	0.17	0.00	*	-0.47	0.18	0.00	*	-0.26	0.03	0.40	-0.04	0.00	0.95	
2	Schneeglöckchen - Blüte	-0.26	0.15	0.00	*	-0.32	0.15	0.01	*	-0.24	0.03	0.33	-0.12	0.00	0.80	
3	Hufflattich - Blüte	-0.15	0.07	0.05	*	-0.17	0.06	0.10		-0.21	0.03	0.39	-0.18	0.01	0.64	
4	Sal-Weide - Blüte	-0.18	0.08	0.03	*	-0.24	0.09	0.03	*	-0.17	0.02	0.51	0.21	0.02	0.61	
5	Spitz-Ahorn - Blüte	-0.30	0.33	0.00	*	-0.35	0.33	0.00	*	-0.32	0.11	0.08	-0.24	0.06	0.31	
6	Forsythie - Blüte	-0.23	0.11	0.01	*	-0.32	0.14	0.01	*	-0.11	0.01	0.68	0.05	0.00	0.91	
7	Roskastanie - Blüthenfaltung	-0.17	0.17	0.00	*	-0.21	0.20	0.00	*	-0.14	0.03	0.36	-0.05	0.01	0.76	
8	Roskastanie - Blüte	-0.05	0.02	0.32		-0.13	0.09	0.03	*	0.05	0.01	0.69	-0.38	0.21	0.05	
9	Hänge-Birke - Blüthenfaltung	-0.16	0.14	0.00	*	-0.19	0.16	0.00	*	-0.11	0.02	0.48	-0.02	0.00	0.90	
10	Sommer-Linde - Blüthenfaltung									-0.02	0.00	0.90				
11	Schlehe - Blüte	-0.24	0.15	0.00	*	-0.35	0.22	0.00	*	-0.13	0.01	0.58	-0.14	0.01	0.64	
12	Rotbuche - Blüthenfaltung	-0.12	0.14	0.00	*	-0.18	0.24	0.00	*	0.01	0.00	0.95	-0.26	0.21	0.05	*
13	Stiel-Eiche - Blüthenfaltung	-0.17	0.22	0.00	*	-0.23	0.31	0.00	*	-0.06	0.01	0.59	-0.26	0.16	0.09	
14	Stiel-Eiche - Blüte									-0.04	0.00	0.72				
15	Flieder - Blüte	-0.12	0.07	0.04	*	-0.23	0.19	0.00	*	0.03	0.00	0.87	-0.46	0.28	0.02	*
16	Zweigförmiger Weißdorn - Blüte	-0.17	0.16	0.00	*	-0.26	0.26	0.00	*	-0.04	0.00	0.79	-0.51	0.31	0.01	*
17	Fichte - Maitrieb	-0.18	0.25	0.00	*	-0.24	0.30	0.00	*	-0.04	0.00	0.77	-0.20	0.11	0.16	
18	Schwarzer Holunder - Blüte	-0.24	0.26	0.00	*	-0.36	0.37	0.00	*	-0.12	0.02	0.41	-0.59	0.25	0.03	*
19	Wiesen-Fuchsschwanz - Vollblüte	-0.26	0.43	0.00	*	-0.35	0.51	0.00	*	-0.21	0.12	0.06	-0.59	0.37	0.01	*
20	Wiesen-Knäuelgras - Vollblüte	-0.18	0.27	0.00	*	-0.25	0.35	0.00	*	-0.13	0.05	0.22	-0.56	0.32	0.01	*
64	Sommer-Linde - Blüte	-0.22	0.26	0.00	*	-0.34	0.42	0.00	*	-0.03	0.00	0.80	-0.49	0.23	0.04	*
65	Heidekraut - Blüte	-0.32	0.46	0.00	*	-0.47	0.60	0.00	*	0.08	0.05	0.24	-0.64	0.48	0.00	*
66	Herbstzeitlose - Blüte									0.00	0.00	0.97				
67	Schwarzer Holunder - Früchte	-0.29	0.44	0.00	*	-0.37	0.51	0.00	*	-0.18	0.09	0.11	-0.59	0.32	0.01	*
68	Roskastanie - Früchte	-0.07	0.10	0.02	*	-0.11	0.14	0.01	*	0.02	0.00	0.76	-0.30	0.17	0.08	
69	Roskastanie - Blattverfärbung	-0.07	0.12	0.01	*	-0.11	0.20	0.00	*	-0.05	0.03	0.40	-0.11	0.04	0.42	
70	Rotbuche - Früchte									0.03	0.01	0.66				
71	Rotbuche - Blattverfärbung	0.03	0.01	0.38		-0.03	0.02	0.34		-0.04	0.02	0.51	0.06	0.01	0.71	
72	Stiel-Eiche - Früchte	-0.15	0.29	0.00	*	-0.22	0.42	0.00	*	-0.06	0.02	0.48	-0.34	0.29	0.02	*
73	Stiel-Eiche - Blattverfärbung	0.08	0.15	0.00	*	0.03	0.02	0.37		-0.01	0.00	0.84	0.13	0.05	0.37	
74	Hänge-Birke - Blattverfärbung	0.02	0.02	0.31		0.01	0.00	0.86		-0.04	0.02	0.46	0.25	0.17	0.08	
112	Schwarz-Erle - Blüte	-0.48	0.37	0.00	*	-0.57	0.36	0.00	*	-0.50	0.14	0.04	* -0.17	0.01	0.70	
113	Schwarz-Erle - Blüthenfaltung	-0.30	0.41	0.00	*	-0.33	0.39	0.00	*	-0.27	0.12	0.06	-0.04	0.00	0.82	
114	Kornelkirsche - Blüte	-0.38	0.25	0.00	*	-0.53	0.30	0.00	*	-0.24	0.03	0.34	-0.09	0.00	0.85	
115	Busch-Windröschen - Blüte	-0.14	0.07	0.05	*	-0.26	0.15	0.01	*	-0.07	0.00	0.74	-0.01	0.00	0.99	
116	Löwenzahn - Blüte	-0.20	0.16	0.00	*	-0.29	0.23	0.00	*	-0.15	0.02	0.42	-0.18	0.03	0.48	
117	Europäische Lärche - Nadelentfaltung	-0.22	0.21	0.00	*	-0.27	0.22	0.00	*	-0.18	0.04	0.32	0.11	0.01	0.65	
118	Europäische Lärche - Blüte									-0.16	0.03	0.35				
119	Esche - Blüte	-0.29	0.37	0.00	*	-0.40	0.49	0.00	*	-0.17	0.05	0.22	-0.13	0.04	0.43	
120	Esche - Blüthenfaltung	-0.13	0.16	0.00	*	-0.21	0.31	0.00	*	0.04	0.00	0.71	-0.27	0.20	0.05	
121	Winter-Linde - Blüthenfaltung									0.01	0.00	0.96				
122	Robinie - Blüthenfaltung									-0.03	0.00	0.79				
123	Robinie - Blüte	-0.16	0.13	0.00	*	-0.29	0.28	0.00	*	-0.05	0.00	0.74	-0.64	0.27	0.02	*
124	Rotbuche - Blüte									0.06	0.01	0.57				
125	Fichte - Blüte									0.06	0.01	0.63				
126	Tanne - Blüte									-0.01	0.00	0.94				
127	Tanne - Maitrieb									-0.06	0.01	0.60				
128	Kiefer - Blüte	-0.09	0.08	0.03	*	-0.14	0.14	0.01	*	0.02	0.00	0.86	-0.29	0.15	0.10	
129	Kiefer - Maitrieb	-0.15	0.18	0.00	*	-0.23	0.27	0.00	*	0.10	0.02	0.43	-0.27	0.18	0.07	
130	Traubenkirsche - Blüte									-0.04	0.00	0.82				
131	Eberesche - Blüte	-0.24	0.35	0.00	*	-0.32	0.43	0.00	*	-0.12	0.03	0.36	-0.30	0.16	0.09	
132	Hunds-Rose - Blüte	-0.25	0.33	0.00	*	-0.36	0.45	0.00	*	-0.19	0.08	0.14	-0.57	0.28	0.02	*
133	Goldregen - Blüte									0.19	0.06	0.19				
134	Falscher Jasmin - Blüte									-0.09	0.01	0.63				
135	Schneebeere - Blüte									0.04	0.01	0.69				
175	Winter-Linde - Blüte									-0.11	0.04	0.29				
176	Stiel-Eiche - Johannistrieb									-0.13	0.06	0.20				
177	Hunds-Rose - Früchte	-0.29	0.54	0.00	*	-0.34	0.57	0.00	*	-0.35	0.34	0.00	* -0.67	0.50	0.00	*
178	Eberesche - Früchte	-0.42	0.68	0.00	*	-0.50	0.68	0.00	*	-0.32	0.28	0.00	* -0.48	0.22	0.04	*
213	Beifuß - Blüte												0.14	0.05	0.35	
214	Eberesche - Austriebs												0.07	0.00	0.77	
215	Eberesche - Blüthenfaltung												0.02	0.00	0.92	
216	Eberesche - Blattfall												-0.05	0.01	0.71	
217	Europäische Lärche - Nadelverfärbung												0.16	0.08	0.25	
218	Europäische Lärche - Nadelfall												0.16	0.07	0.26	
219	Hänge-Birke - Austriebs												0.07	0.01	0.75	
220	Hänge-Birke - Blüte												-0.17	0.05	0.35	
221	Hänge-Birke - Blattfall												0.15	0.05	0.36	
222	Kornelkirsche - Früchte												-0.50	0.30	0.01	*
223	Roskastanie - Austriebs												-0.05	0.00	0.81	
224	Roskastanie - Blattfall												-0.22	0.15	0.10	
225	Rotbuche - Blattfall												-0.05	0.00	0.80	
226	Stiel-Eiche - Blattfall												0.07	0.01	0.68	
227	Wiesen-Fuchsschwanz - Blüte												-0.58	0.39	0.00	*
228	Zweigförmiger Weißdorn - Früchte												-0.89	0.67	0.00	*

Tabelle 12B. Wichtige Parameter der linearen Regression zwischen Beobachtungsjahr und Eintrittstag der phänologischen Phasen der Wildpflanzen in Baden-Württemberg. Vergleich der Zeiträume 1951-2009, 1961-2009, 1961-1990 und 1991 - 2009. Angegeben sind für jede Phase Steigung, Bestimmtheitsmass (R^2), p-Wert und Signifikanz ($p < 0.05$).
Sortiert nach der Steigung in verschiedenen Zeiträumen (hellblau unterlegt)

Phase	1951-2009				1961-2009				1961-1990				1991-2009				
	Steigung	R^2	p-Wert	Signifikant	Steigung	R^2	p-Wert	Signifikant	Steigung	R^2	p-Wert	Signifikant	Steigung	R^2	p-Wert	Signifikant	
112	Schwarz-Erle - Blüte	-0.48	0.37	0.00	*	-0.57	0.36	0.00	*	-0.50	0.14	0.04	*	-0.17	0.01	0.70	
178	Eberesche - Früchte	-0.42	0.68	0.00	*	-0.50	0.68	0.00	*	-0.32	0.28	0.00	*	-0.48	0.22	0.04	*
114	Kornelkirsche - Blüte	-0.38	0.25	0.00	*	-0.53	0.30	0.00	*	-0.24	0.03	0.34		-0.09	0.00	0.85	
1	Hasel - Blüte	-0.36	0.17	0.00	*	-0.47	0.18	0.00	*	-0.26	0.03	0.40		-0.04	0.00	0.95	
65	Heidekraut - Blüte	-0.32	0.46	0.00	*	-0.47	0.60	0.00	*	0.08	0.05	0.24		-0.64	0.48	0.00	*
5	Spitz-Ahorn - Blüte	-0.30	0.33	0.00	*	-0.35	0.33	0.00	*	-0.32	0.11	0.08		-0.24	0.06	0.31	
113	Schwarz-Erle - Blattentfaltung	-0.30	0.41	0.00	*	-0.33	0.39	0.00	*	-0.27	0.12	0.06		-0.04	0.00	0.82	
177	Hunds-Rose - Früchte	-0.29	0.54	0.00	*	-0.34	0.57	0.00	*	-0.35	0.34	0.00	*	-0.67	0.50	0.00	*
119	Esche - Blüte	-0.29	0.37	0.00	*	-0.40	0.49	0.00	*	-0.17	0.05	0.22		-0.13	0.04	0.43	
67	Schwarzer Holunder - Früchte	-0.29	0.44	0.00	*	-0.37	0.51	0.00	*	-0.18	0.09	0.11		-0.59	0.32	0.01	*
19	Wiesen-Fuchsschwanz - Vollblüte	-0.26	0.43	0.00	*	-0.35	0.51	0.00	*	-0.21	0.12	0.06		-0.59	0.37	0.01	*
2	Schneeglöckchen - Blüte	-0.26	0.15	0.00	*	-0.32	0.15	0.01	*	-0.24	0.03	0.33		-0.12	0.00	0.80	
132	Hunds-Rose - Blüte	-0.25	0.33	0.00	*	-0.36	0.45	0.00	*	-0.19	0.08	0.14		-0.57	0.28	0.02	*
131	Eberesche - Blüte	-0.24	0.35	0.00	*	-0.32	0.43	0.00	*	-0.12	0.03	0.36		-0.30	0.16	0.09	
18	Schwarzer Holunder - Blüte	-0.24	0.26	0.00	*	-0.36	0.37	0.00	*	-0.12	0.02	0.41		-0.59	0.25	0.03	*
11	Schlehe - Blüte	-0.24	0.15	0.00	*	-0.35	0.22	0.00	*	-0.13	0.01	0.58		-0.14	0.01	0.64	
6	Forsythie - Blüte	-0.23	0.11	0.01	*	-0.32	0.14	0.01	*	-0.11	0.01	0.68		0.05	0.00	0.91	
117	Europäische Lärche - Nadelentfaltung	-0.22	0.21	0.00	*	-0.27	0.22	0.00	*	-0.18	0.04	0.32		0.11	0.01	0.65	
64	Sommer-Linde - Blüte	-0.22	0.26	0.00	*	-0.34	0.42	0.00	*	-0.03	0.00	0.80		-0.49	0.23	0.04	*
116	Löwenzahn - Blüte	-0.20	0.16	0.00	*	-0.29	0.23	0.00	*	-0.15	0.02	0.42		-0.18	0.03	0.48	
17	Fichte - Maitrieb	-0.18	0.25	0.00	*	-0.24	0.30	0.00	*	-0.04	0.00	0.77		-0.20	0.11	0.16	
20	Wiesen-Knäuelgras - Vollblüte	-0.18	0.27	0.00	*	-0.25	0.35	0.00	*	-0.13	0.05	0.22		-0.56	0.32	0.01	*
4	Sal-Weide - Blüte	-0.18	0.08	0.03	*	-0.24	0.09	0.03	*	-0.17	0.02	0.51		0.21	0.02	0.61	
16	Zweigfelliger Weißdorn - Blüte	-0.17	0.16	0.00	*	-0.26	0.26	0.00	*	-0.04	0.00	0.79		-0.51	0.31	0.01	*
7	Roskastanie - Blattentfaltung	-0.17	0.17	0.00	*	-0.21	0.20	0.00	*	-0.14	0.03	0.36		-0.05	0.01	0.76	
13	Stiel-Eiche - Blattentfaltung	-0.17	0.22	0.00	*	-0.23	0.31	0.00	*	-0.06	0.01	0.59		-0.26	0.16	0.09	
123	Robinie - Blüte	-0.16	0.13	0.00	*	-0.29	0.28	0.00	*	-0.05	0.00	0.74		-0.64	0.27	0.02	*
9	Hänge-Birke - Blattentfaltung	-0.16	0.14	0.00	*	-0.19	0.16	0.00	*	-0.11	0.02	0.48		-0.02	0.00	0.90	
3	Hufflattich - Blüte	-0.15	0.07	0.05	*	-0.17	0.06	0.10		-0.21	0.03	0.39		0.18	0.01	0.64	
129	Kiefer - Maitrieb	-0.15	0.18	0.00	*	-0.23	0.27	0.00	*	0.10	0.02	0.43		-0.27	0.18	0.07	
72	Stiel-Eiche - Früchte	-0.15	0.29	0.00	*	-0.22	0.42	0.00	*	-0.06	0.02	0.48		-0.34	0.29	0.02	*
115	Busch-Windröschen - Blüte	-0.14	0.07	0.05	*	-0.26	0.15	0.01	*	-0.07	0.00	0.74		-0.01	0.00	0.99	
120	Esche - Blattentfaltung	-0.13	0.16	0.00	*	-0.21	0.31	0.00	*	0.04	0.00	0.71		-0.27	0.20	0.05	
12	Rotbuche - Blattentfaltung	-0.12	0.14	0.00	*	-0.18	0.24	0.00	*	0.01	0.00	0.95		-0.26	0.21	0.05	*
15	Flieder - Blüte	-0.12	0.07	0.04	*	-0.23	0.19	0.00	*	0.03	0.00	0.87		-0.46	0.28	0.02	*
128	Kiefer - Blüte	-0.09	0.08	0.03	*	-0.14	0.14	0.01	*	0.02	0.00	0.86		-0.29	0.15	0.10	
68	Roskastanie - Früchte	-0.07	0.10	0.02	*	-0.11	0.14	0.01	*	0.02	0.00	0.76		-0.30	0.17	0.08	
69	Roskastanie - Blattverfärbung	-0.07	0.12	0.01	*	-0.11	0.20	0.00	*	-0.05	0.03	0.40		-0.11	0.04	0.42	
8	Roskastanie - Blüte	-0.05	0.02	0.32		-0.13	0.09	0.03	*	0.05	0.01	0.69		-0.38	0.21	0.05	
74	Hänge-Birke - Blattverfärbung	0.02	0.02	0.31		0.01	0.00	0.86		-0.04	0.02	0.46		0.25	0.17	0.08	
71	Rotbuche - Blattverfärbung	0.03	0.01	0.38		-0.03	0.02	0.34		-0.04	0.02	0.51		0.06	0.01	0.71	
73	Stiel-Eiche - Blattverfärbung	0.08	0.15	0.00	*	0.03	0.02	0.37		-0.01	0.00	0.84		0.13	0.05	0.37	
118	Europäische Lärche - Blüte									-0.16	0.03	0.35					
176	Stiel-Eiche - Johannistrieb									-0.13	0.06	0.20					
175	Winter-Linde - Blüte									-0.11	0.04	0.29					
134	Falscher Jasmin - Blüte									-0.09	0.01	0.63					
127	Tanne - Maitrieb									-0.06	0.01	0.60					
14	Stiel-Eiche - Blüte									-0.04	0.00	0.72					
130	Traubenkirsche - Blüte									-0.04	0.00	0.82					
122	Robinie - Blattentfaltung									-0.03	0.00	0.79					
10	Sommer-Linde - Blattentfaltung									-0.02	0.00	0.90					
126	Tanne - Blüte									-0.01	0.00	0.94					
66	Herbstzeitlose - Blüte									0.00	0.00	0.97					
121	Winter-Linde - Blattentfaltung									0.01	0.00	0.96					
70	Rotbuche - Früchte									0.03	0.01	0.66					
135	Schneebeere - Blüte									0.04	0.01	0.69					
124	Rotbuche - Blüte									0.06	0.01	0.57					
125	Fichte - Blüte									0.06	0.01	0.63					
133	Goldregen - Blüte									0.19	0.06	0.19					
228	Zweigfelliger Weißdorn - Früchte													-0.89	0.67	0.00	*
227	Wiesen-Fuchsschwanz - Blüte													-0.58	0.39	0.00	*
222	Kornelkirsche - Früchte													-0.50	0.30	0.01	*
224	Roskastanie - Blattfall													-0.22	0.15	0.10	
220	Hänge-Birke - Blüte													-0.17	0.05	0.35	
216	Eberesche - Blattfall													-0.05	0.01	0.71	
223	Roskastanie - Austriebs													-0.05	0.00	0.81	
225	Rotbuche - Blattfall													-0.05	0.00	0.80	
215	Eberesche - Blattentfaltung													0.02	0.00	0.92	
226	Stiel-Eiche - Blattfall													0.07	0.01	0.68	
214	Eberesche - Austriebs													0.07	0.00	0.77	
219	Hänge-Birke - Austriebs													0.07	0.01	0.75	
213	Beifuß - Blüte													0.14	0.05	0.35	
221	Hänge-Birke - Blattfall													0.15	0.05	0.36	
218	Europäische Lärche - Nadelfall													0.16	0.07	0.26	
217	Europäische Lärche - Nadelverfärbung													0.16	0.08	0.25	

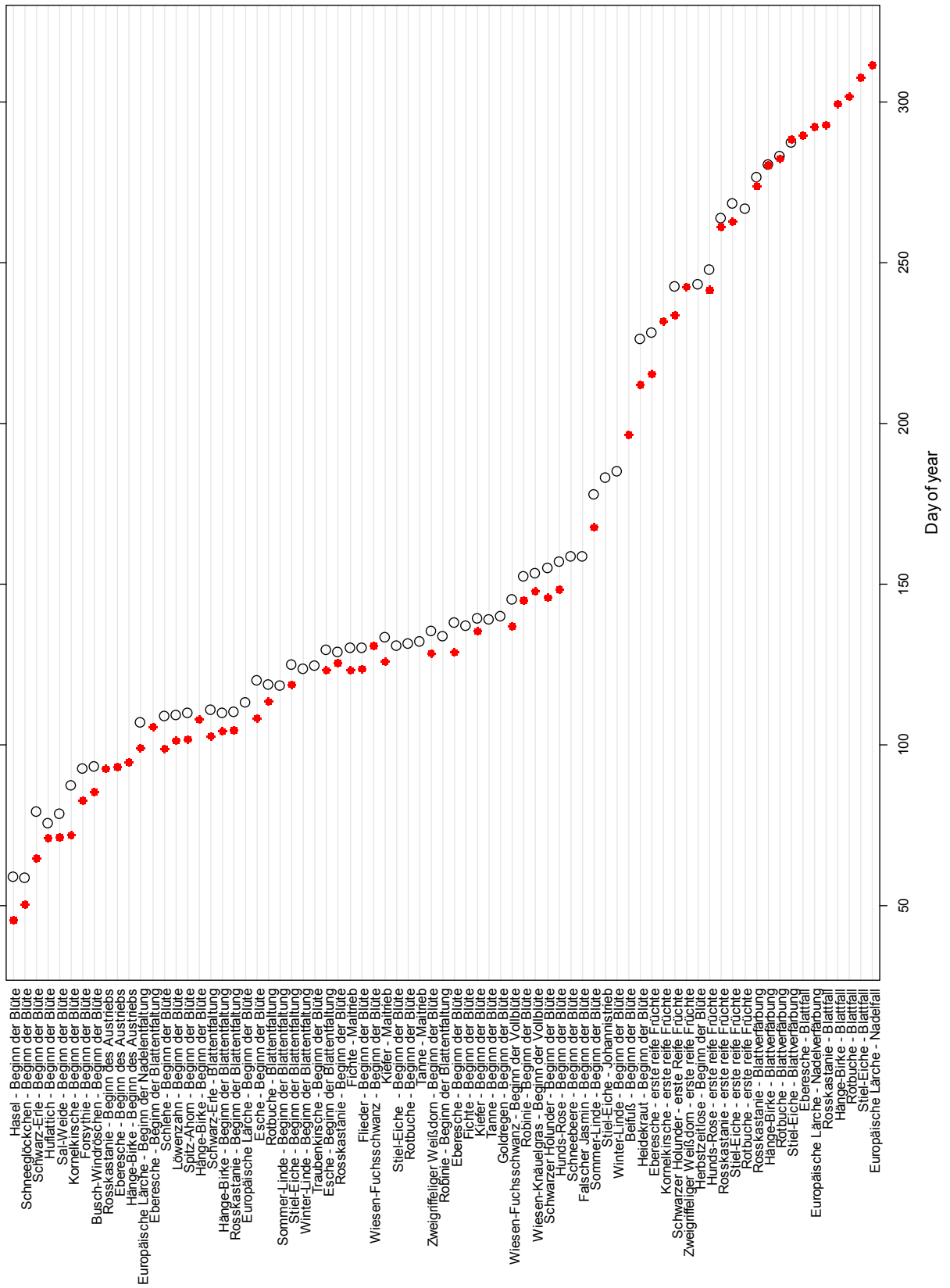


Abbildung 14. Phänologischer Kalender der Wildpflanzen in Baden-Württemberg – Vergleich der Zeiträume 1961-1990 (offene, schwarze Kreise) und 1991 - 2009 (geschlossene, rote Kreise). Dargestellt ist der Mittelwert über alle phänologischen Beobachtungsstationen.

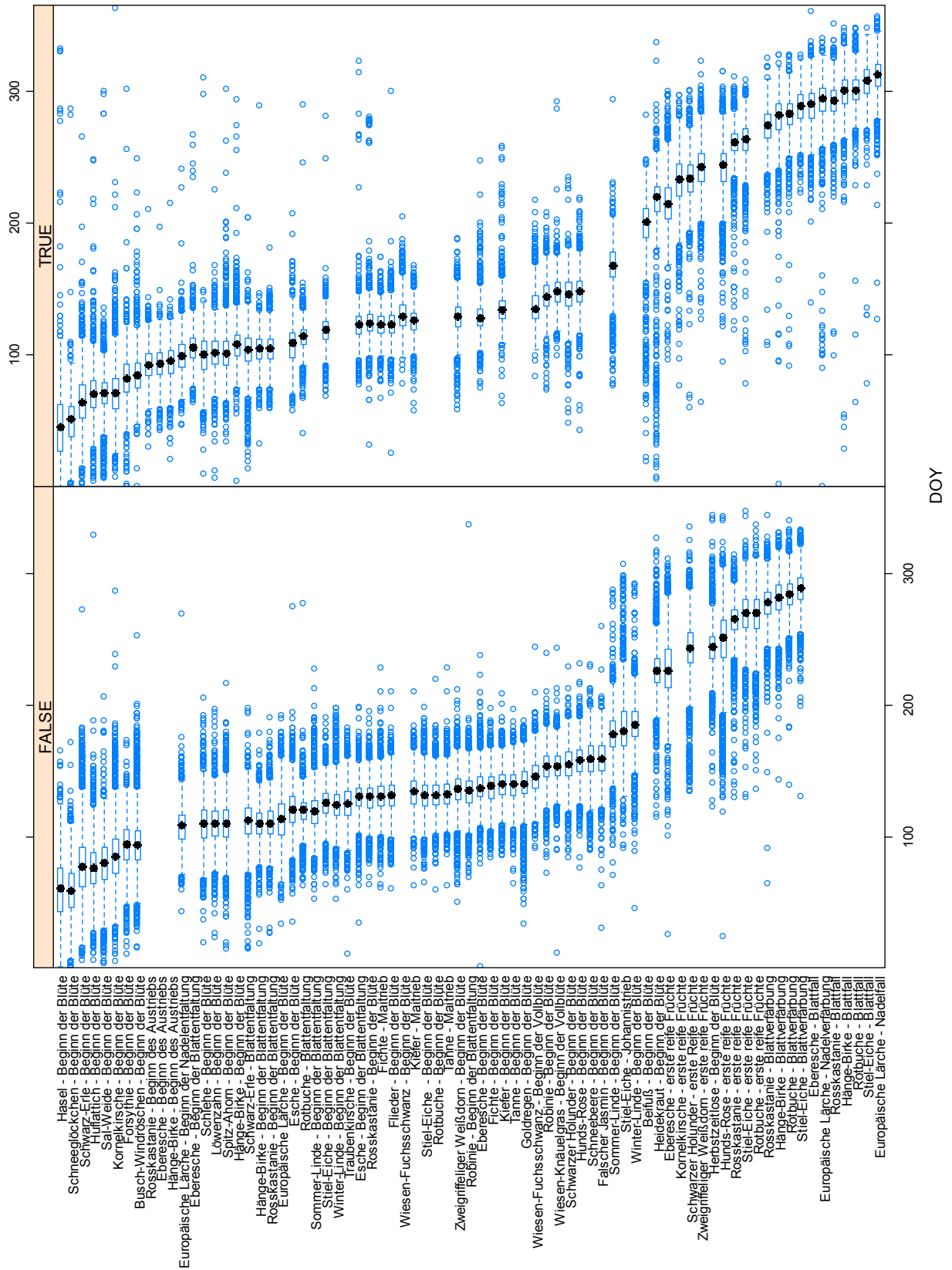


Abbildung 15. Phänologischer Kalender der Wildpflanzen in Baden-Württemberg – Vergleich der Zeiträume 1961-1990 (linke Spalte, FALSE) und 1991 - 2009 (rechte Spalte, TRUE). Dargestellt sind Boxplots über alle phänologischen Beobachtungsstationen. Der zentrale schwarze Punkt im Boxplot stellt nicht den Mittelwert, sondern den Median dar.

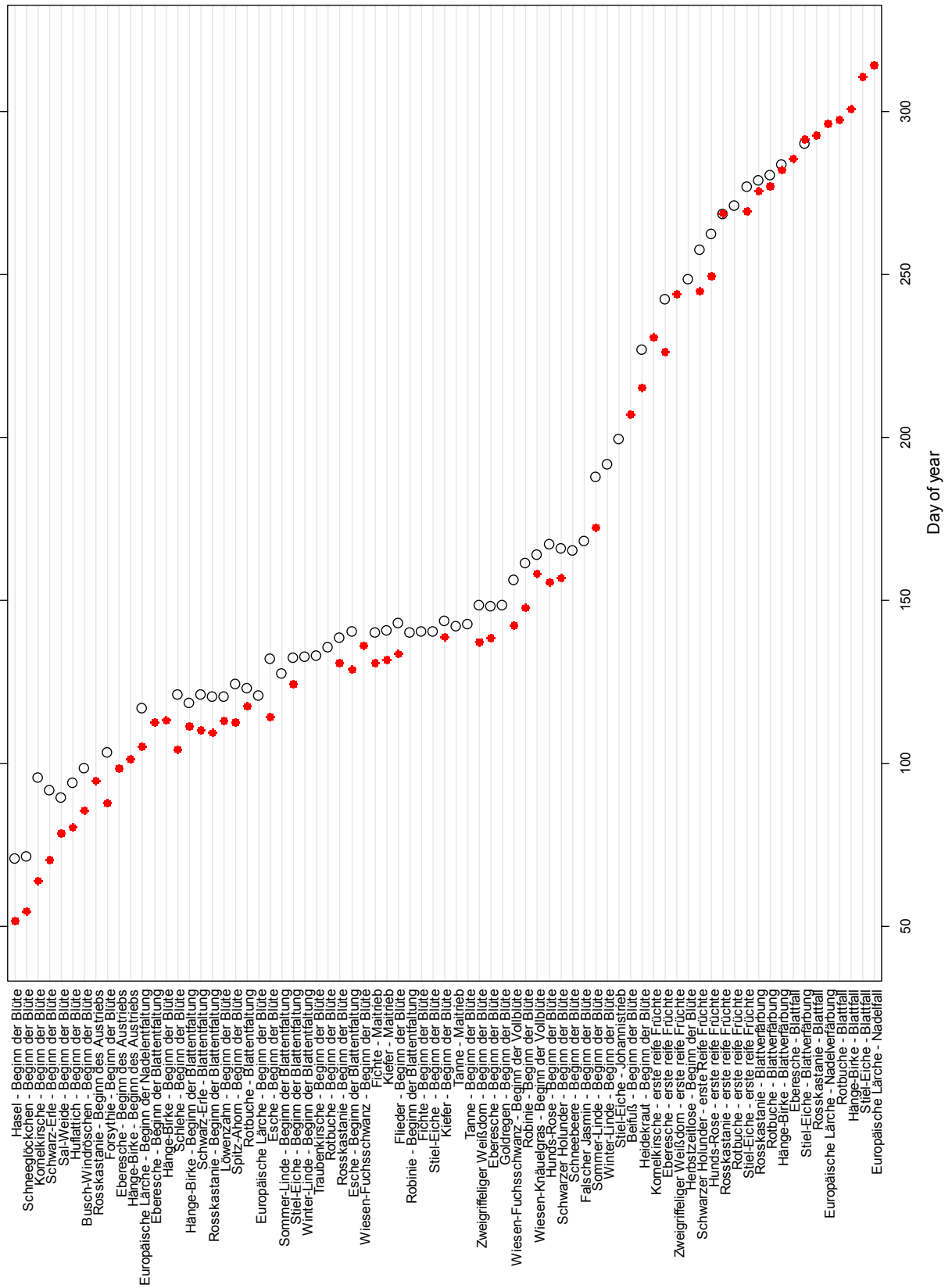


Abbildung 16. Phänologischer Kalender der Wildpflanzen in der Naturräumlichen Haupteinheit ‚155 Hochschwarzwald‘ – Vergleich der Zeiträume 1961-1990 (offene, schwarze Kreise) und 1991 - 2009 (geschlossene, rote Kreise). Dargestellt ist der Mittelwert über alle phänologischen Beobachtungsstationen.

6. Detaillierte Analyse und kartographische Darstellung ausgewählter Phänophasen

Im Folgenden wird eine detaillierte Analyse von zehn ausgewählten Phänophasen vorgenommen. Im Vordergrund stehen dabei die Wildpflanzen des Phänologischen Beobachtungsprogramms mit starken Veränderungen des Phaseneintritts. Diese werden durch aussagekräftige Leit- und Ersatzphasen der phänologischen Jahreszeiten (siehe Kapitel 3) ergänzt.

In Kapitel 6.11 werden Phänologische Karten der vorgestellten Phasen für die Zeiträume 1961-1990 und 1991-2009 einander gegenübergestellt.

Bei der Darstellung der einzelnen Phasen wird auch auf die statistischen Auswertungen aus Kapitel 5 (vor allem Tabelle 11 und 12) zurückgegriffen.

Als erster Schritt der Analyse wurde für jede Phase der Verlauf der Eintrittstage der Phase (DOY, day of year) im Beobachtungszeitraum (i.d.R. 1951 – 2009) sowie die Abhängigkeit des Eintrittstages von der Höhe (m ü.NN) dagesellt. Hierzu wurde für jede Phase der Wildpflanzen eine dreiteilige Graphik erstellt (siehe Abbildungen 17 – 26).

Die erste Teilgraphik (**Oben**) zeigt den Verlauf der arithmetischen Mittelwerte der Eintrittsdaten einer Phase (DOY, day of year) über alle Stationen in Baden-Württemberg für die einzelnen Beobachtungsjahre (--o--o--). Die Darstellung wird ergänzt durch das laufende 5 bzw. 10 Jahresmittel (rot bzw. grün gestrichelt). Ebenfalls dargestellt sind die Mittelwerte für die Zeiträume 1961-1990 und 1991-2009 (schwarze Linien) sowie der lineare Trend für den gesamten Beobachtungszeitraum (i.d.R. 1951-2009, blau gestrichelt). Desweiteren zeigen die Graphiken den Mittelwert für den gesamten Beobachtungszeitraum (schwarz gestrichelt) sowie die einfache und doppelte Standardabweichung von diesem Mittelwert (grau gestrichelt).

Die zweite Teilgraphik (**Mitte**) zeigt die Beziehung zwischen der Höhe der Beobachtungsstationen (m ü.NN) und dem Eintrittsdatum einer bestimmten Phase. Alle Beobachtungsstationen sind als Einzelpunkte dargestellt. Die blaue Linie stellt den linearen Trend dar.

Die dritte Teilgraphik (**Unten**) zeigt die gleiche Beziehung wie die zweite Teilgraphik. Allerdings wurde hier nicht jede Beobachtungsstation eingetragen, sondern ein Mittelwert für alle Stationen einer bestimmten Höhenlage berechnet.

Derartige Übersichtsgraphiken wurden für alle Phasen der Wildpflanzen in Baden-Württemberg erstellt. Die Graphikdateien hierzu befinden sich auf beiliegender DVD (Folder: >PhaenoPhasen\).

6.1 Hasel (*Corylus avellana*) – Beginn der Blüte (Phase ,001')

„Die Haselsträucher beginnen in den meisten Jahren noch vor den Schneeglöcken zu blühen. Es ist die erste Phase des phänologischen Beobachtungsprogramms. Sie tritt im zeitigen Vorfrühling meist mehrere Wochen vor der Belaubung auf.

Der Zeitpunkt ist gekommen, wenn sich die ersten Kätzchen vollständig gestreckt haben und gelben Blütenstaub abgeben.

(...) In Jahren mit extremen Witterungsverhältnissen können Haselsträucher bereits im Spätherbst blühen. (...)“ (DWD 1991).

Abb. 17 (oben) zeigt die Zeitreihe des Beginns der Haselblüte in Baden-Württemberg für den Zeitraum 1951–2009. Die Zeitreihe zeigt starke Schwankungen um den Mittelwert. Dieser ist für den Zeitraum 1951–2009 der 24. Februar (DOY 55). Die Einzelwerte können jedoch bis zu etwa 2 Monate vom Mittelwert abweichen. Diese Phase gehört zu denjenigen, die besonders starke Jahr-zu-Jahr-Schwankungen aufweisen, wie überhaupt die Schwankungen bei Phasen im zeitigen Frühjahr grösser sind als mit fortschreitender Jahreszeit.

Betrachtet man die Verteilung der Jahre mit relativ frühem und relativ spätem Eintrittsdatum, so treten zwar über den gesamten Zeitraum immer wieder Zeitabschnitte mit frühem und spätem Datum auf, doch offenbar häufen sich die Jahre mit spätem Eintrittsdatum mehr am Beginn des Beobachtungszeitraumes, die Jahre mit frühem Datum dagegen mehr am Ende der Reihe. Seit 1988 war in fast allen Jahren das Eintrittsdatum früher als der Mittelwert. Vergleicht man die Mittelwerte der Zeiträume 1961-1990 und 1991-2009 (Tabelle 11), so setzt die Blüte der Hasel im letzten Zeitraum etwa 14 Tage früher ein.

Der lineare Trend ($y = -0.3617x + 771.1308$, $p=0.001324$, $R^2 = 0.1667$) zeigt, dass die Phase im Beobachtungszeitraum (1951-2009) eine Verfrühung von 3,6 Tagen pro Dekade aufweist. Folgende Übersicht fasst die Berechnung des linearen Trends zusammen:

```
Call:
lm(formula = DOY ~ Jahr, data = Corylus)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-19.439 -12.693  -1.534   11.435   25.969

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  771.1308   212.0595   3.636 0.000596 ***
Jahr         -0.3617    0.1071  -3.377 0.001324 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 14.01 on 57 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.1667,    Adjusted R-squared:  0.1521
F-statistic: 11.41 on 1 and 57 DF,  p-value: 0.001324
```

Abb. 17 (Mitte und unten) zeigt einen klaren Zusammenhang des Phaseneintritts mit der Höhe (m ü.NN) der Beobachtungsstation. Die mittlere Teilgraphik zeigt die starke Streuung der Werte einer bestimmten Höhenstufe. Die Abweichungen vom Trend in der unteren Teilgrafik ergeben sich vor allem aus der Ungleichverteilung der Stationen. Vor allem hochgelegene Stationen sind unterrepräsentiert.

Hasel - Beginn der Blüte in Baden-Württemberg

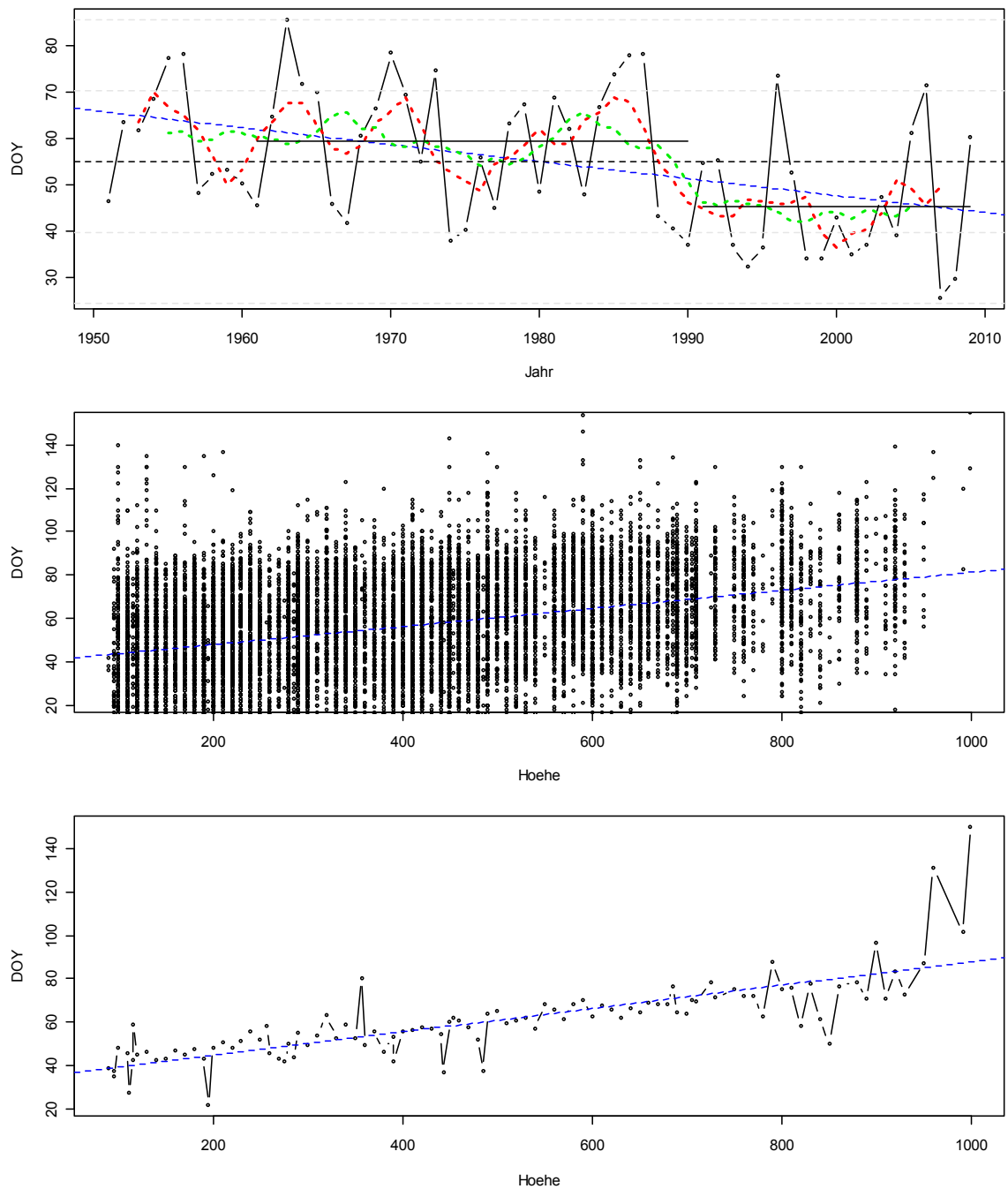


Abbildung 17. Hasel (*Corylus avellana*) – Beginn der Blüte (DOY, day of year) in Baden-Württemberg. Oben: Verlauf der arithmetischen Mittelwerte für die einzelnen Beobachtungsjahre über alle Stationen in Baden-Württemberg (--o--o--). Laufendes 5 Jahresmittel (rot gestrichelt), laufendes 10 Jahresmittel (grün gestrichelt). Linearer Trend für den Zeitraum 1951-2009 (blau gestrichelt). Mittelwert über alle Jahre (schwarz gestrichelt) und Mittelwerte für die Zeiträume 1961-1990 und 1991-2009 (schwarze Linien). Mittelwert über alle Jahre ± 1 (bzw. 2) * die Standardabweichung (grau gestrichelt). Mitte: Beziehung zwischen Höhe (m ü.NN) der Station und dem Blühbeginn. Alle Stationen als Punkt dargestellt. Unten: Beziehung zwischen Höhe (m ü.NN) der Station und dem Blühbeginn. Dargestellt sind die Mittelwerte aus allen Stationen einer bestimmten Höhe.

6.2 Schneeglöckchen (*Galanthus nivalis*) – Beginn der Blüte (Phase ,002')

"Bereits bei den ersten wärmenden Sonnenstrahlen werden die spitzen Blütenknospen, in denen die Blütenblätter noch zusammengefaltet sind, aus den Blattscheiden herausgeschoben. Dies geschieht of schon unter der Schneedecke.

Sobald die ersten Schneeglöckchen ihre äusseren Blütenblätter abspreizen und innerhalb der inneren Blütenblätter die Staubgefäße zu sehen sind, ist der Termin zu melden.

Sollte das Schneeglöckchen bereits im Dezember blühen, so ist der Termin in den Meldebogen des neuen Jahres einzutragen" (DWD 1991).

Der Vorfrühling beginnt, wenn die Schneeglöckchen blühen. Die widerstandsfähigen Frühblüher sind die ersten Frühlingsboten und aufgrund ihrer sehr frühen Blüte eine wichtige Nahrungsquelle für Insekten. Der grüne Fleck auf ihrer Blüte, das so genannte "Saftmal", dient den Insekten als Orientierung, es führt sie zu Nektar und Pollen der Schneeglöckchen.

Im Mittel über den Zeitraum 1951 bis 2009 setzt die Blüte des Schneeglöckchens in Baden-Württemberg am 25. Februar ein. Im Vergleich der Mittelwerte für die Zeiträume 1961-1990 und 1991 bis 2009 (Tab. 11) hat sich der Blühbeginn etwa 9 Tage verfrüht.

Der lineare Trend ($y = -0.2556x + 562.36091$, $p=0.002745$, $R^2 = 0.1468$) zeigt, dass die Phase im Beobachtungszeitraum (1951-2009) eine Verfrühung von 2,6 Tagen pro Dekade aufweist. Folgende Übersicht fasst die Berechnung des linearen Trends zusammen:

```
Call:
lm(formula = DOY ~ Jahr, data = Galanthus)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-16.0841  -9.0625  -0.6618   9.1168  22.7758

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  562.36091   161.62216   3.479  0.00097 ***
Jahr         -0.25560    0.08162  -3.131  0.00274 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 10.68 on 57 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.1468,    Adjusted R-squared:  0.1318
F-statistic: 9.806 on 1 and 57 DF,  p-value: 0.002745
```

Abb. 18 (Mitte und unten) zeigt einen klaren Zusammenhang des Phaseneintritts mit der Höhe (m ü.NN) der Beobachtungsstation. Die Abweichungen vom Trend in der unteren Teilgrafik ergeben sich vor allem aus der Ungleichverteilung der Stationen.

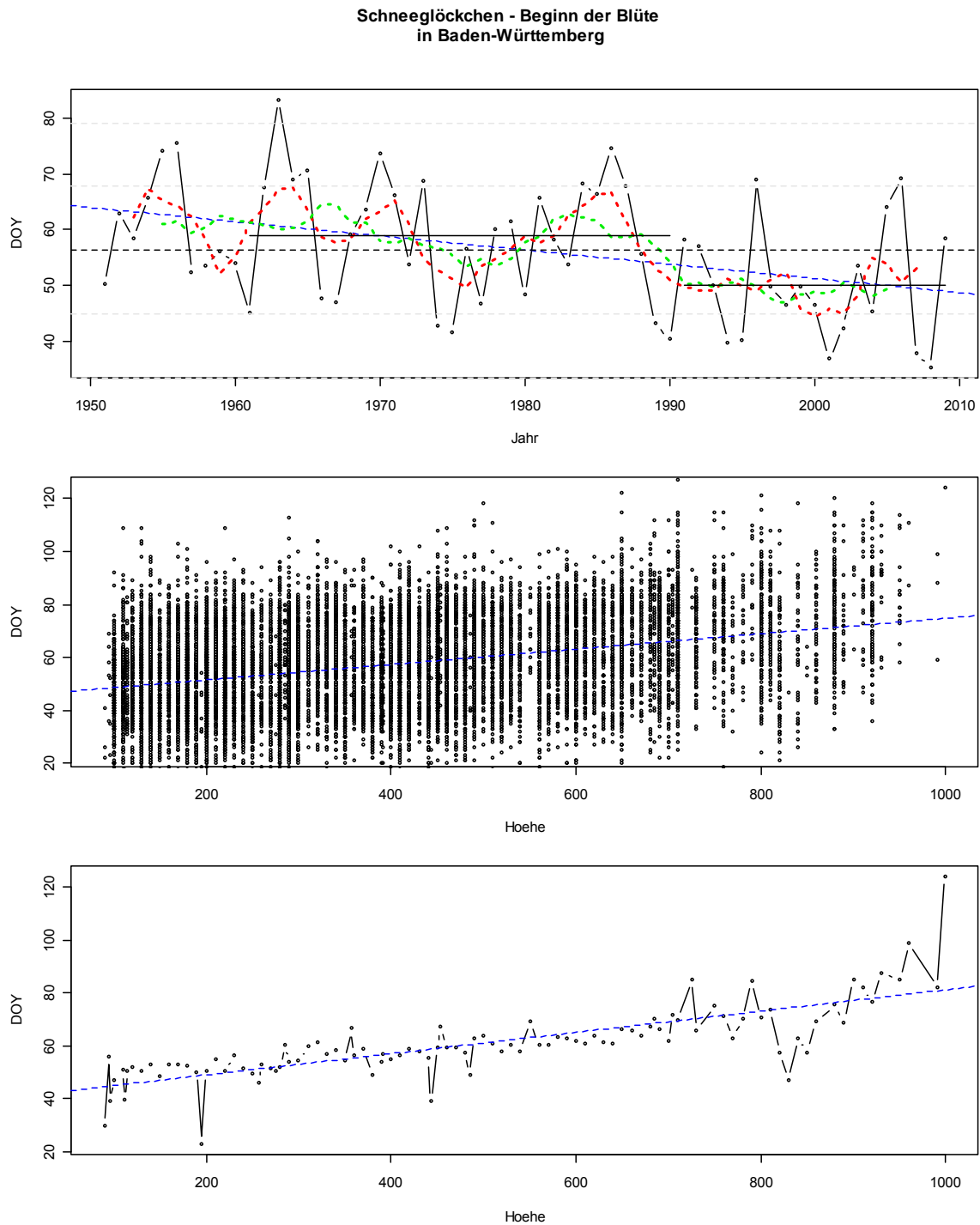


Abbildung 18. Schneeglöckchen (*Galanthus nivalis*) – Beginn der Blüte (DOY, day of year) in Baden-Württemberg. Oben: Verlauf der arithmetischen Mittelwerte für die einzelnen Beobachtungsjahre über alle Stationen in Baden-Württemberg (–o–o–). Laufendes 5 Jahresmittel (rot gestrichelt), laufendes 10 Jahresmittel (grün gestrichelt). Linearer Trend für den Zeitraum 1951-2009 (blau gestrichelt). Mittelwert über alle Jahre (schwarz gestrichelt) und Mittelwerte für die Zeiträume 1961-1990 und 1991-2009 (schwarze Linien). Mittelwert über alle Jahre ± 1 (bzw. 2) * die Standardabweichung (grau gestrichelt). Mitte: Beziehung zwischen Höhe (m ü.NN) der Station und dem Blühbeginn. Alle Stationen als Punkt dargestellt. Unten: Beziehung zwischen Höhe (m ü.NN) der Station und dem Blühbeginn. Dargestellt sind die Mittelwerte aus allen Stationen einer bestimmten Höhe.

6.3 Spitz-Ahorn (*Acer platanoides*) – Beginn der Blüte (Phase ‚005‘)

„Mitten im Erstfrühling treten, zunächst etwas unscheinbar, die gelbgrünen Blüten aus den sich öffnenden, klebrigen rotbraunen Schuppen hervor. Diese Klappen meist erst einige Zeit nach dem Blühbeginn herunter.“

Die Phase ist erreicht, wenn die ersten Blüten der doldenförmigen Blütenstände völlig aufgeblüht sind, so dass man die freistehenden Staubgefäße gut erkennen kann.

Die zahlreichen Gartenformen des Spitz-Ahorns, die in Blattform und -färbung sowie der Wuchsform variieren, sind nicht zur phänologischen Beobachtung geeignet.“ (DWD 1991).

Durch den frühen Blühtermin sind die Blüten des Spitzahorns eine wichtige und gut besuchte Bienenweide, jedoch ist die Menge des Nektars und dessen Zuckergehalt geringer als beim später blühenden Bergahorn. Die Bienen sind auch die häufigsten Blütenbestäuber für den Spitzahorn. Nach der Befruchtung schliesst sich die Blütenhülle wieder, um die sich entwickelnde Frucht zu schützen.

Im Mittel über den Zeitraum 1951 bis 2009 setzt die Blüte des Spitz-Ahorns in Baden-Württemberg am 18. April ein. Im Vergleich der Mittelwerte für die Zeiträume 1961-1990 und 1991 bis 2009 (Tab. 11) ist das Einsetzen der Blüte etwa 9 - 10 Tage früher.

Der lineare Trend ($y = -0.30447x + 711.03976$, $p=0.000001764$, $R^2 = 0.3324$) zeigt, dass die Phase im Beobachtungszeitraum (1951-2009) eine Verfrühung von 3 Tagen pro Dekade aufweist. Das Bestimmtheitsmass des linearen Trends ist höher als bei den zuvor behandelten Frühblühern. Folgende Übersicht fasst die Berechnung des linearen Trends zusammen:

```
Call:
lm(formula = DOY ~ Jahr, data = Acer)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-17.0396  -5.2192   0.7154   6.2760  12.8313

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 711.03976  113.16943   6.283 4.93e-08 ***
Jahr        -0.30447    0.05715  -5.327 1.76e-06 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 7.476 on 57 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.3324,    Adjusted R-squared:  0.3207
F-statistic: 28.38 on 1 and 57 DF,  p-value: 1.764e-06
```

Der Beginn der Blüte beim Spitzahorn zeigt eine klare Abhängigkeit von der Höhe (ü.NN).

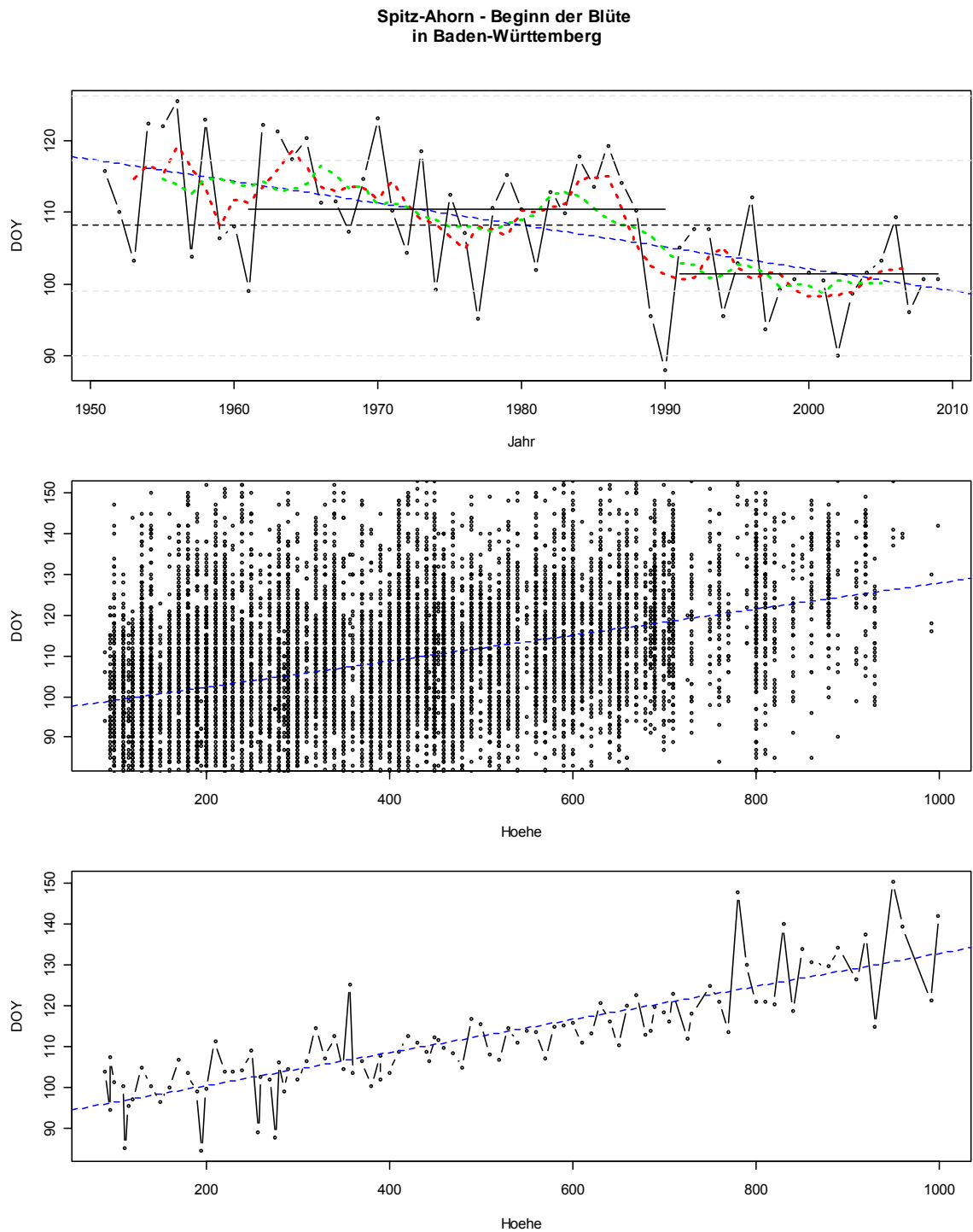


Abbildung 19. Spitz-Ahorn (*Acer platanoides*) – Beginn der Blüte (DOY, day of year) in Baden-Württemberg. Oben: Verlauf der arithmetischen Mittelwerte für die einzelnen Beobachtungsjahre über alle Stationen in Baden-Württemberg (–o–o–). Laufendes 5 Jahresmittel (rot gestrichelt), laufendes 10 Jahresmittel (grün gestrichelt). Linearer Trend für den Zeitraum 1951-2009 (blau gestrichelt). Mittelwert über alle Jahre (schwarz gestrichelt) und Mittelwerte für die Zeiträume 1961-1990 und 1991-2009 (schwarze Linien). Mittelwert über alle Jahre ± 1 (bzw. 2) * die Standardabweichung (grau gestrichelt). Mitte: Beziehung zwischen Höhe (m ü.NN) der Station und dem Blühbeginn. Alle Stationen als Punkt dargestellt. Unten: Beziehung zwischen Höhe (m ü.NN) der Station und dem Blühbeginn. Dargestellt sind die Mittelwerte aus allen Stationen einer bestimmten Höhe.

6.4 Apfel, frühreifend (*Malus domestica*) – Beginn der Blüte (Phase ,062')

"Dies ist eine der ältesten Phasen in den phänologischen Beobachtungsprogrammen, zu der von vielen Orten verhältnismässig lange Zeitreihen vorliegen. Mit der Apfelblüte beginnt der phänologische Vollfrühling.

Es ist der Tag zu notieren, an dem die ersten Blüten vollständig geöffnet sind. Bezogen auf den Blütenstand öffnet sich zuerst die Mittelblüte.

Im Durchschnitt beginnt die Apfelblüte etwa eine Woche vor der Birnenblüte, die noch zum phänologischen Erstfrühling gerechnet wird" (DWD 1991).

Im Mittel über den Zeitraum 1951 bis 2009 setzt die Apfelblüte in Baden-Württemberg am 29. April ein. Im Vergleich der Mittelwerte für die Zeiträume 1961-1990 und 1991 bis 2009 ist das Einsetzen dieser Phase etwa 10 Tage früher.

Auch die Apfelblüte zeigt eine starke Variabilität des Eintrittsdatums, wenn auch nicht so extrem wie bei der Haselblüte. Das Datum schwankt als Mittelwert für Baden-Württemberg aber zwischen dem 13. April (Tag 103) und dem 16. Mai (Tag 136). Auch bei dieser Phase häufen sich die Jahre mit frühem Eintrittsdatum mehr am Ende der Zeitreihe, insbesondere ab Ende der achtziger Jahre.

Für den gesamten 59-jährigen Zeitraum (1951-2009) ist ein leichter linearer Trend zu einem früheren Eintrittsdatum zu erkennen. Der lineare Trend ($y = -0.15362x + 423.84636$, $p=0.01283$, $R^2 = 0.08808$) zeigt, dass die Phase im Beobachtungszeitraum eine Verfrühung von 1,5 Tagen pro Dekade aufweist. Folgende Übersicht fasst die Berechnung des linearen Trends zusammen:

```
Call:
lm(formula = DOY ~ Jahr, data = Malus.frueh)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-19.86225  -5.22181  -0.06787   5.44903  16.16502

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  423.84636   118.38455   3.580  0.00071 ***
Jahr         -0.15362    0.05979  -2.569  0.01283 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 7.821 on 57 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.1038,    Adjusted R-squared:  0.08808
F-statistic: 6.602 on 1 and 57 DF,  p-value: 0.01283
```

Wegen der überlagerten starken Jahr-zu-Jahr-Schwankungen ergibt sich jedoch nur ein relativ geringer Wert für das Bestimmtheitsmass R^2 (Quadrat des linearen Korrelationskoeffizienten). Teilt man die Reihe jedoch in zwei Teilintervalle auf (1951–1985 und 1986–2009) und berechnet dann wiederum die Trends, so zeigt sich zunächst ein leicht ansteigender Trend für den früheren Zeitraum, dann aber ein starker Rückgang für die letzten 23 Jahre.

Abb. 20 (Mitte und unten) zeigt einen klaren Zusammenhang des Phaseneintritts mit der Höhe (m ü.NN) der Beobachtungsstation. Die Abweichungen vom Trend in der unteren Teilgrafik ergeben sich vor allem aus der Ungleichverteilung der Stationen.

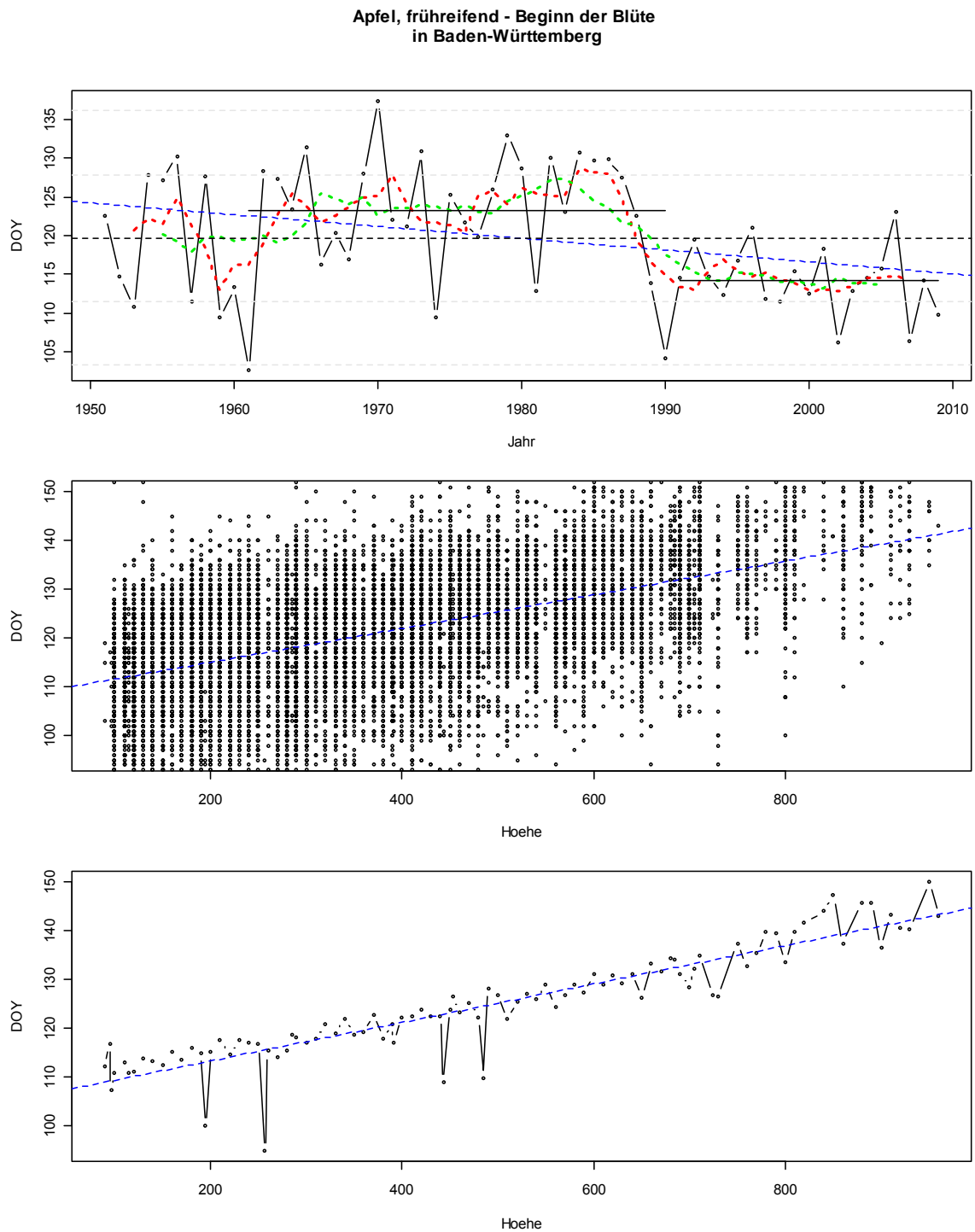


Abbildung 20. Apfel, frühreifend (*Malus domestica*) – Beginn der Blüte (DOY, day of year) in Baden-Württemberg. Oben: Verlauf der arithmetischen Mittelwerte für die einzelnen Beobachtungsjahre über alle Stationen in Baden-Württemberg (–o–o–). Laufendes 5 Jahresmittel (rot gestrichelt), laufendes 10 Jahresmittel (grün gestrichelt). Linearer Trend für den Zeitraum 1951-2009 (blau gestrichelt). Mittelwert über alle Jahre (schwarz gestrichelt) und Mittelwerte für die Zeiträume 1961-1990 und 1991-2009 (schwarze Linien). Mittelwert über alle Jahre ± 1 (bzw. 2) * die Standardabweichung (grau gestrichelt). Mitte: Beziehung zwischen Höhe (m ü.NN) der Station und dem Blühbeginn. Alle Stationen als Punkt dargestellt. Unten: Beziehung zwischen Höhe (m ü.NN) der Station und dem Blühbeginn. Dargestellt sind die Mittelwerte aus allen Stationen einer bestimmten Höhe.

6.5 Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*) – Beginn der Blüte (Phase ,112')

„Die Erlenblüte tritt im Vorfrühling ein, in extrem milden Jahren kann dies schon im Dezember oder Januar der Fall sein. ...

Der Beginn der Blüte ist zu notieren, wenn die braunvioletten Deckschuppen der männlichen Kätzchen soweit auseinandergerückt sind, dass bei Bewegung Blütenstaub freigegeben wird.

Die Streckung der männlichen Kätzchen und die nachfolgende eigentliche Blüte reagieren auf mehrfachen Witterungswechsel oft in voneinander isolierten Entwicklungsschüben, die sich über längere Zeit hinziehen.“ (DWD 1991).

Im Jahresverlauf gehört die Schwarz-Erle zu den am frühesten blühenden heimischen Baumarten. Die unscheinbaren Blüten der Erle sind windbestäubt, eingeschlechtig und einhäusig. Die weiblichen grünlichen Kätzchenblüten sind ca. 0,5 cm lang und befinden sich unter den männlichen violetten Kätzchen, die mit 5 bis 10 cm Länge wesentlich grösser sind. Nach der Bestäubung durch den Wind bilden sich durch Verholzung der Früchte kleine Fruchtzapfen.

Im Mittel über den Zeitraum 1951 bis 2009 setzt die Blüte der Schwarz-Erle in Baden-Württemberg am 17. März ein. Im Vergleich der Mittelwerte für die Zeiträume 1961-1990 und 1991 bis 2009 ist das Einsetzen dieser Phase etwa 15 Tage früher.

Der lineare Trend ($y = -0.47701 x + 1020.19487$, $p=0.0000002866$, $R^2 = 0.3725$) zeigt, dass die Phase im Beobachtungszeitraum (1951-2009) eine Verfrühung von 4,8 Tagen pro Dekade aufweist. Folgende Übersicht fasst die Berechnung des linearen Trends zusammen:

```
Call:
lm(formula = DOY ~ Jahr, data = Alnus.112)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-18.3019  -9.0112  -0.8234   9.6655  22.7018

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 1020.19487  162.38036   6.283 4.93e-08 ***
Jahr        -0.47701    0.08201  -5.817 2.87e-07 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 10.73 on 57 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.3725,    Adjusted R-squared:  0.3615
F-statistic: 33.83 on 1 and 57 DF,  p-value: 2.866e-07
```

Mit einer Verfrühung von 4,8 Tagen pro Dekade zeigt die Schwarz-Erle in Baden-Württemberg die stärkste Veränderung im Zeitraum 1951-2009. Dies ist weit mehr als die Verfrühung bei der häufig untersuchte Phase „Apfel, frühreifend - Beginn der Blüte“ (1,5 Tage pro Dekade).

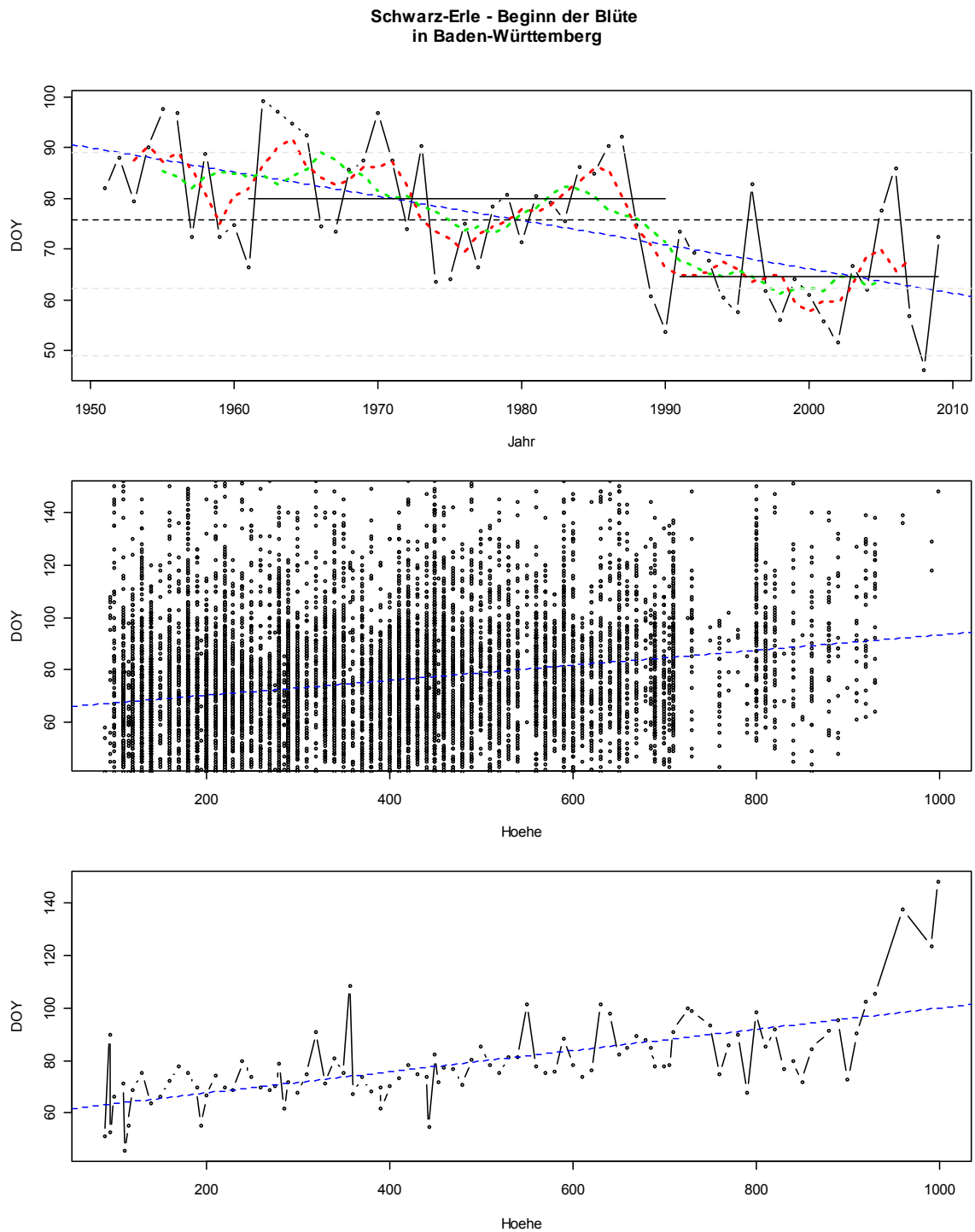


Abbildung 21. Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*) – Beginn der Blüte (DOY, day of year) in Baden-Württemberg. Oben: Verlauf der arithmetischen Mittelwerte für die einzelnen Beobachtungsjahre über alle Stationen in Baden-Württemberg (–o–o–). Laufendes 5 Jahresmittel (rot gestrichelt), laufendes 10 Jahresmittel (grün gestrichelt). Linearer Trend für den Zeitraum 1951-2009 (blau gestrichelt). Mittelwert über alle Jahre (schwarz gestrichelt) und Mittelwerte für die Zeiträume 1961-1990 und 1991-2009 (schwarze Linien). Mittelwert über alle Jahre ± 1 (bzw. 2) * die Standardabweichung (grau gestrichelt). Mitte: Beziehung zwischen Höhe (m ü.NN) der Station und dem Blühbeginn. Alle Stationen als Punkt dargestellt. Unten: Beziehung zwischen Höhe (m ü.NN) der Station und dem Blühbeginn. Dargestellt sind die Mittelwerte aus allen Stationen einer bestimmten Höhe.

6.6 Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*) – Blattentfaltung (Phase ,113')

"Etwa einen Monat nach der Blüte, mitten im Erstfrühling, beginnen sich die Schwarz-Erlen zu belauben.

Die Phase ist eingetreten, wenn sich die ersten Blätter aus den gestielten Knospen herausgeschoben und völlig entfaltet haben.

Im Erscheinungsbild sind sich Schwarz- und Grau-Erle ähnlich. Die Grauerle ist nur in Teilen von Süddeutschland heimisch. Da sie aber an vielen Nassstellen gepflanzt wird, ist sie in allen Landesteilen anzutreffen." (DWD 1991).

Wie beim Beginn der Blüte der Schwarz-Erle hat sich auch ihre Blattenfaltung in den letzten 60 Jahren stark verfrüht. Damit gehört die Schwarz-Erle zu den Arten, die sehr stark auf den Klimawandel reagieren.

Im Mittel über den Zeitraum 1951 bis 2009 setzt die Blattentfaltung bei der Schwarz-Erle in Baden-Württemberg am 19. April ein. Im Vergleich der Mittelwerte für die Zeiträume 1961-1990 und 1991 bis 2009 ist das Einsetzen dieser Phase etwa 9 Tage früher.

Der lineare Trend ($y = - 0.29983 x + 703.04607$, $p=0.00000005748$, $R^2 = 0.406$) zeigt, dass die Phase im Beobachtungszeitraum (1951-2009) eine Verfrüfung von 3,0 Tagen pro Dekade aufweist. Folgende Übersicht fasst die Berechnung des linearen Trends zusammen:

```
Call:
lm(formula = DOY ~ Jahr, data = Alnus.113)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-13.6233  -4.4613   0.3385   5.3464  10.7411

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 703.04607    95.10440   7.392 7.06e-10 ***
Jahr        -0.29983     0.04803  -6.242 5.75e-08 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 6.283 on 57 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.406,    Adjusted R-squared:  0.3956
F-statistic: 38.97 on 1 and 57 DF,  p-value: 5.748e-08
```

Auch die Blattentfaltung der Schwarzerle zeigt eine starke Abhängigkeit von der Höhe.

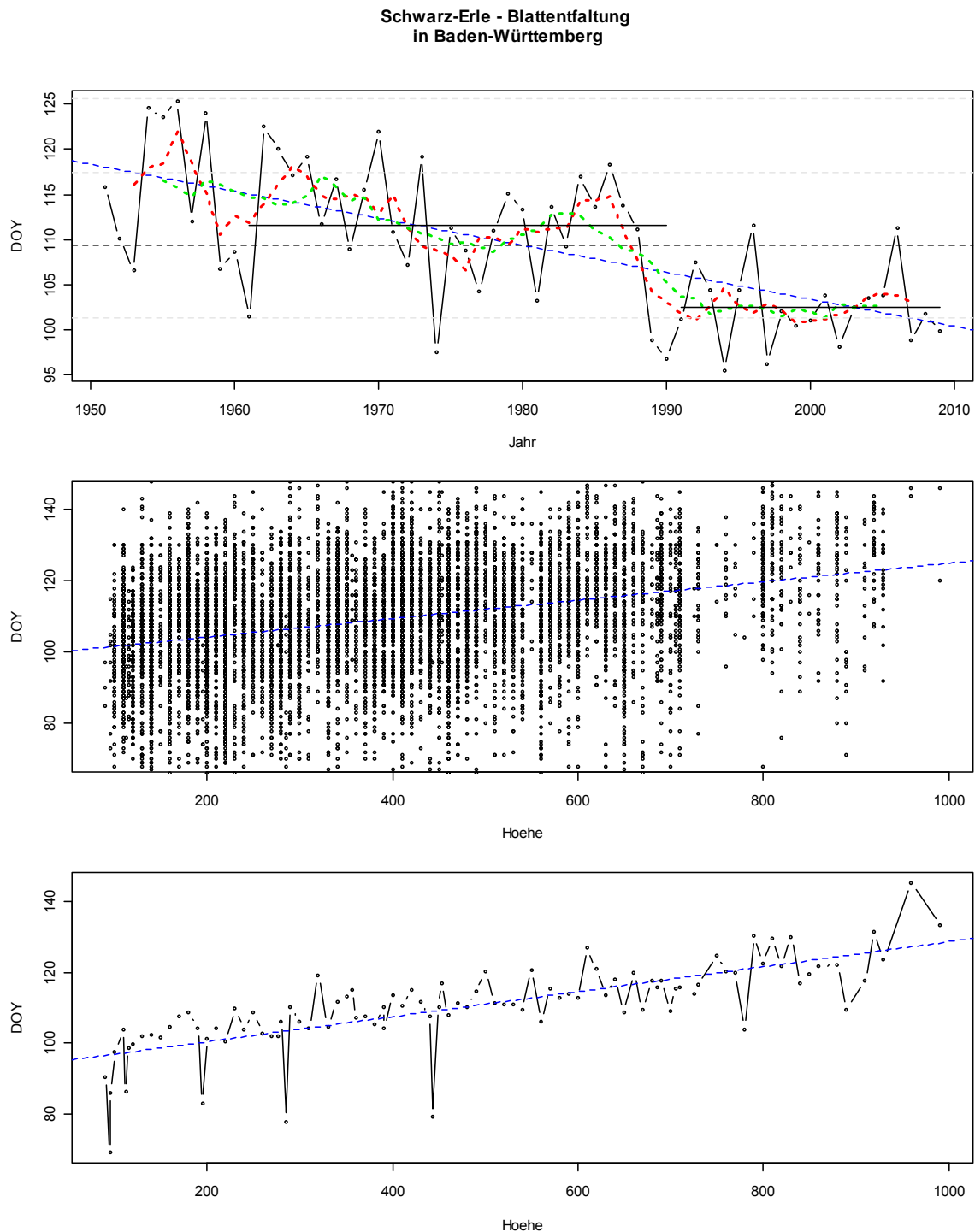


Abbildung 22. Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*) – Blattentfaltung (DOY, day of year) in Baden-Württemberg. Oben: Verlauf der arithmetischen Mittelwerte für die einzelnen Beobachtungsjahre über alle Stationen in Baden-Württemberg (–o–o–). Laufendes 5 Jahresmittel (rot gestrichelt), laufendes 10 Jahresmittel (grün gestrichelt). Linearer Trend für den Zeitraum 1951-2009 (blau gestrichelt). Mittelwert über alle Jahre (schwarz gestrichelt) und Mittelwerte für die Zeiträume 1961-1990 und 1991-2009 (schwarze Linien). Mittelwert über alle Jahre ± 1 (bzw. 2) * die Standardabweichung (grau gestrichelt). Mitte: Beziehung zwischen Höhe (m ü.NN) der Station und dem Blühbeginn. Alle Stationen als Punkt dargestellt. Unten: Beziehung zwischen Höhe (m ü.NN) der Station und dem Blühbeginn. Dargestellt sind die Mittelwerte aus allen Stationen einer bestimmten Höhe.

6.7 Kornelkirsche (*Cornus mas*) – Beginn der Blüte (Phase ,114')

„Bereits im Vorfrühling lässt sich das Schwellen der Blütenknospen beobachten. Vereinzelt brechen dabei auch die gelben Hüllblätter der Trugdolden auf. An der Wende zum Erstfrühling beginnt dann der noch blattlose Strauch der Kornelkirsche zu blühen.

Die Phase ist eingetreten, wenn die ersten Einzelblüten geöffnet und ihre Staubgefäße zu sehen sind.

“ (DWD 1991).

Im Mittel über den Zeitraum 1951 bis 2009 setzt die Blüte der Kornelkirsche in Baden-Württemberg am 24. März ein. Im Vergleich der Mittelwerte für die Zeiträume 1961-1990 und 1991 bis 2009 ist das Einsetzen der Blüte der Kornelkirsche etwa 16 Tage früher. Damit zeigt diese Phase eine der stärksten Verschiebungen bei den phänologischen Phasen der Wildpflanzen (Tab. 11).

Der lineare Trend ($y = -0.3751x + 825.4456$, $p=6.488e-05$, $R^2 = 0.246$) zeigt, dass die Phase im Beobachtungszeitraum (1951-2009) eine Verfrühung von 3,7 Tagen pro Dekade aufweist. Folgende Übersicht fasst die Berechnung des linearen Trends zusammen:

```
Call:
lm(formula = DOY ~ Jahr, data = Cornus)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-21.16771 -10.24969  0.02320  9.07971  20.25828

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  825.4456   172.2647    4.792 1.22e-05 ***
Jahr         -0.3751    0.0870   -4.312 6.49e-05 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 11.38 on 57 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.246,    Adjusted R-squared:  0.2327
F-statistic: 18.59 on 1 and 57 DF,  p-value: 6.488e-05
```

Abb. 23 (Mitte und unten) zeigt einen klaren Zusammenhang des Phaseneintritts mit der Höhe (m ü.NN) der Beobachtungsstation. Die starken Abweichungen vom Trend in der unteren Teilgrafik ergeben sich vor allem aus der Ungleichverteilung der Stationen. Vor allem hoch gelegene Stationen sind offensichtlich unterrepräsentiert.

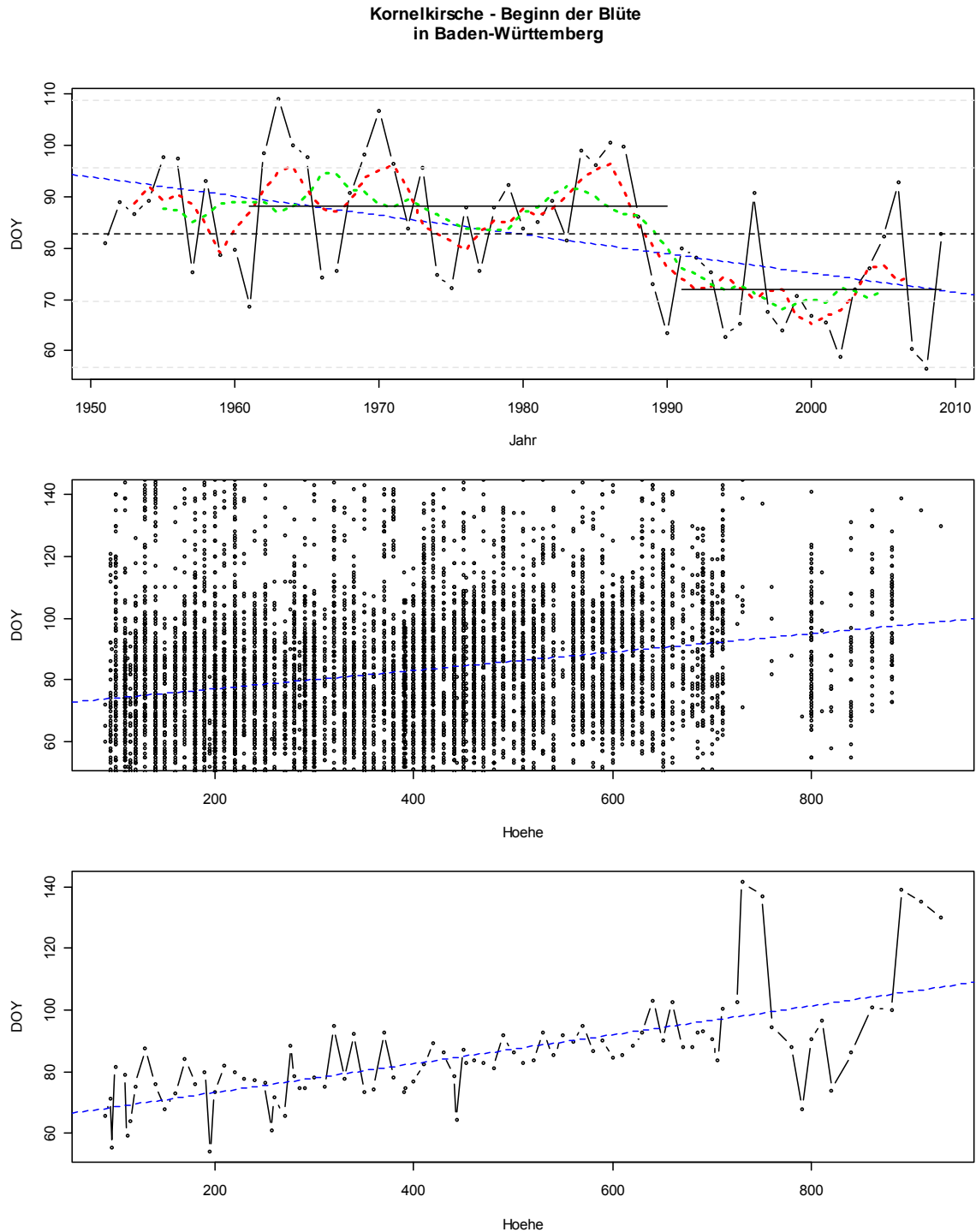


Abbildung 23. Kornelkirsche (*Cornus mas*) – Beginn der Blüte (DOY, day of year) in Baden-Württemberg. Oben: Verlauf der arithmetischen Mittelwerte für die einzelnen Beobachtungsjahre über alle Stationen in Baden-Württemberg (--o--o--). Laufendes 5 Jahresmittel (rot gestrichelt), laufendes 10 Jahresmittel (grün gestrichelt). Linearer Trend für den Zeitraum 1951-2009 (blau gestrichelt). Mittelwert über alle Jahre (schwarz gestrichelt) und Mittelwert für die Zeiträume 1961-1990 und 1991-2009 (schwarze Linien). Mittelwert über alle Jahre ± 1 (bzw. 2) * die Standardabweichung (grau gestrichelt). Mitte: Beziehung zwischen Höhe (m ü.NN) der Station und dem Blühbeginn. Alle Stationen als Punkt dargestellt. Unten: Beziehung zwischen Höhe (m ü.NN) der Station und dem Blühbeginn. Dargestellt sind die Mittelwerte aus allen Stationen einer bestimmten Höhe.

6.8 Esche (*Fraxinus excelsior*) – Beginn der Blüte (Phase ,119')

"An der Wende vom phänologischen Erst- zum Vollfrühling erscheinen noch vor dem Blattaustrieb die Blüten.

Die Phase ist eingetreten, wenn die ersten purpurroten Staubbeutel von männlichen oder zwittrigen Blüten aufbrechen und Pollen abgeben.

Die markanten Blütenbüschel sind an dem noch blattlosen Baum von unten mit einem Fernglas gut zuerkennen. Während der Blüte nehmen die aufrecht stehenden Blütenstände eine gelbe Färbung an." (DWD 1991).

Obwohl die Gemeine Esche windblütig ist, wird sie gerne von Honigbienen besucht, die den Pollen sammeln und in ihre Stöcke tragen. Die Blütenstaubproduktion wird auf 12.000 Pollenkörner je Staubblatt und 1,6 Millionen je Blütenstand geschätzt.

Die Blühsaison der Esche ist relativ kurz und meist auf etwa zwei Wochen beschränkt. Meist gibt es nur einen kurzen Höhepunkt der Blüte, der in der Regel mit dem ersten Gipfel der Birkenpollensaison zusammenfällt.

Im Mittel über den Zeitraum 1951 bis 2009 setzt die Blüte der Esche in Baden-Württemberg am 26. April ein. Im Vergleich der Mittelwerte für die Zeiträume 1961-1990 und 1991 bis 2009 ist das Einsetzen der Blüte der Esche etwa 12 Tage früher.

Der lineare Trend ($y = -0.29011x + 690.73366$, $p=0.0000003274$, $R^2 = 0.3696$) zeigt, dass die Phase im Beobachtungszeitraum (1951-2009) eine Verfrühung von 2,9 Tagen pro Dekade aufweist. Folgende Übersicht fasst die Berechnung des linearen Trends zusammen:

```
Call:
lm(formula = DOY ~ Jahr, data = Fraxinus)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-18.0835  -4.0524   0.3222   4.7159  11.8167

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  690.73366    99.36402   6.952 3.83e-09 ***
Jahr         -0.29011     0.05018  -5.781 3.27e-07 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 6.564 on 57 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.3696,    Adjusted R-squared:  0.3586
F-statistic: 33.42 on 1 and 57 DF,  p-value: 3.274e-07
```

Esche - Beginn der Blüte in Baden-Württemberg

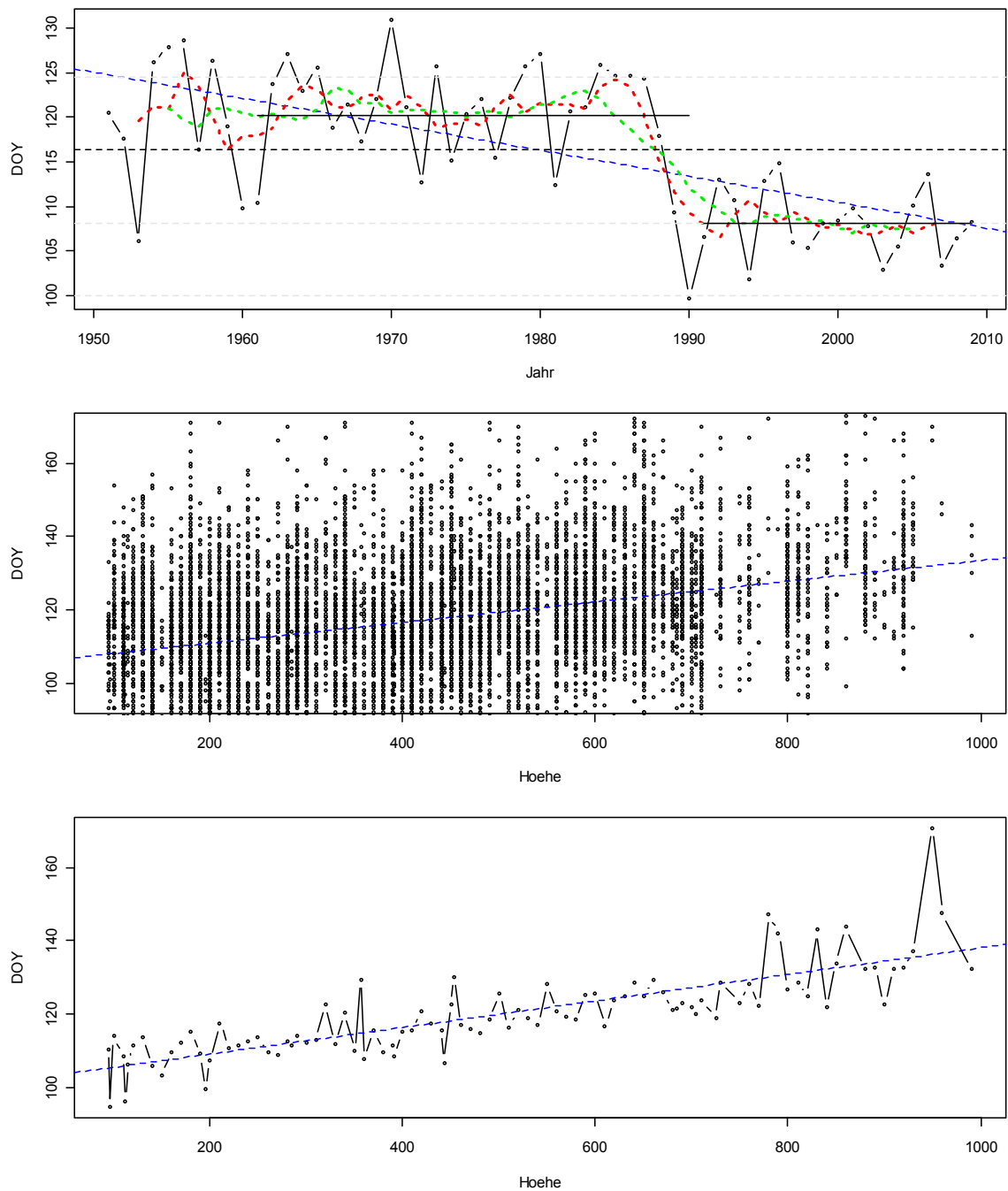


Abbildung 24. Esche (*Fraxinus excelsior*) – Beginn der Blüte (DOY, day of year) in Baden-Württemberg. Oben: Verlauf der arithmetischen Mittelwerte für die einzelnen Beobachtungsjahre über alle Stationen in Baden-Württemberg (--o--o--). Laufendes 5 Jahresmittel (rot gestrichelt), laufendes 10 Jahresmittel (grün gestrichelt). Linearer Trend für den Zeitraum 1951-2009 (blau gestrichelt). Mittelwert über alle Jahre (schwarz gestrichelt) und Mittelwerte für die Zeiträume 1961-1990 und 1991-2009 (schwarze Linien). Mittelwert über alle Jahre ± 1 (bzw. 2) * die Standardabweichung (grau gestrichelt). Mitte: Beziehung zwischen Höhe (m ü.NN) der Station und dem Blühbeginn. Alle Stationen als Punkt dargestellt. Unten: Beziehung zwischen Höhe (m ü.NN) der Station und dem Blühbeginn. Dargestellt sind die Mittelwerte aus allen Stationen einer bestimmten Höhe.

6.9 Hunds-Rose (*Rosa canina*) – erste reife Früchte (Phase ,177')

"Bevorzugte Standorte der Hunds-Rose sind Feldhecken, Waldränder, buschige und steile Hänge. ...

Wenn die ersten Hagebutten ihre entgültige, scharlachrote Färbung erreicht haben, ist die Phase eingetreten.

In höheren Lagen sollte dieses Entwicklungsstadium sehr aufmerksam verfolgt werden, da sich die Rotfärbung durch Frühfröste über Nacht vertiefen kann. Diese Intensivierung der Farbe hängt aber nicht mit der eigentlichen Fruchtreife, sondern mit der frostbedingten Veränderung der Zellsaftkonzentration zusammen" (DWD 1991).

Die Hundsrose vermehrt sich ungeschlechtlich. Eine Erscheinung, die wissenschaftlich als Heterogamie bezeichnet wird. Sie ist bei den Rosen nur von den Caninae (den Hundsrosen) bekannt, und konnte erst mit der Verfeinerung der Forschungsmethoden der Chromosomenbotanik nachgewiesen werden. Die Hundsrose bildet in den Samenanlagen lebensfähige Embryonen, ohne dass eine Befruchtung stattgefunden hätte.

Bei den Wildpflanzen gehört sie zu den wenigen Arten, bei denen die Fruchtreife als phänologische Phase erfasst wird. Von den Arten, bei denen die Fruchtreife erfasst wird, zeigt sie neben Eberesche und Schwarzem Holunder eine der stärksten phänologischen Reaktionen auf den Klimawandel.

Im Mittel über den Zeitraum 1951 bis 2009 setzt die Fruchtreife bei der Hundsrose in Baden-Württemberg am 3. September ein. Im Vergleich der Mittelwerte für die Zeiträume 1961-1990 und 1991 bis 2009 ist das Einsetzen der Fruchtreife der Hundsrose etwa 8 Tage früher.

Der lineare Trend ($y = -0.29128x + 823.28355$, $p=0.0000000004206$, $R^2 = 0.5369$) zeigt, dass die Phase im Beobachtungszeitraum (1951-2009) eine Verfrühung von 2,9 Tagen pro Dekade aufweist. Folgende Übersicht fasst die Berechnung des linearen Trends zusammen:

```
Call:
lm(formula = DOY ~ Jahr, data = Rosa)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-9.5884 -2.9964 -0.3621  2.4307  9.6998

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 823.28355   70.95466  11.603 < 2e-16 ***
Jahr        -0.29128    0.03583  -8.129 4.21e-11 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 4.687 on 57 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5369,    Adjusted R-squared:  0.5287
F-statistic: 66.07 on 1 and 57 DF,  p-value: 4.206e-11
```

Auch bei der Fruchtreife der Hundsrose zeigt sich eine auffallende Abhängigkeit von der Höhe (ü.NN) der Standorte.

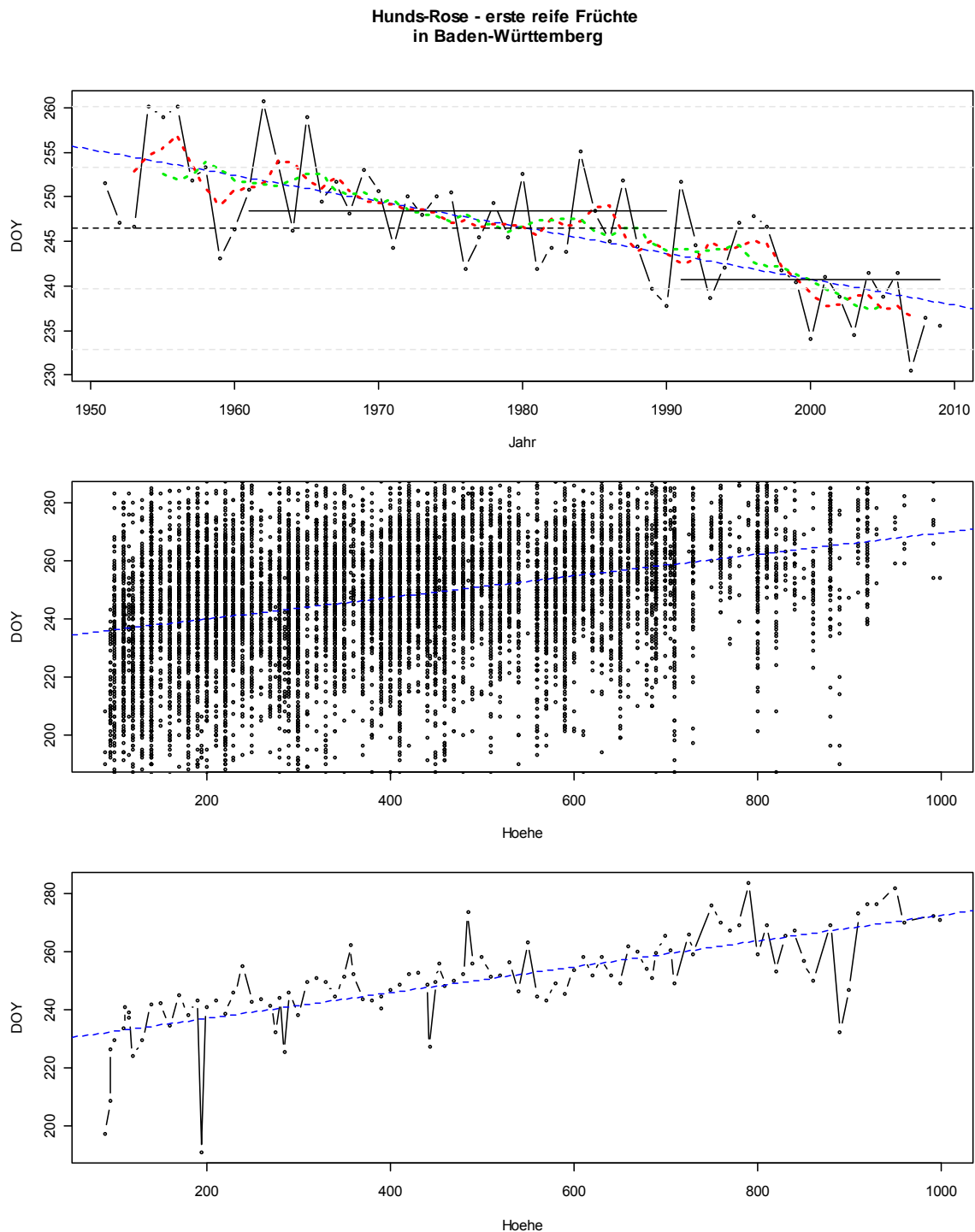


Abbildung 25. Hunds-Rose (*Rosa canina*) – erste reife Früchte (DOY, day of year) in Baden-Württemberg. Oben: Verlauf der arithmetischen Mittelwerte für die einzelnen Beobachtungsjahre über alle Stationen in Baden-Württemberg (--o--o--). Laufendes 5 Jahresmittel (rot gestrichelt), laufendes 10 Jahresmittel (grün gestrichelt). Linearer Trend für den Zeitraum 1951-2009 (blau gestrichelt). Mittelwert über alle Jahre (schwarz gestrichelt) und Mittelwerte für die Zeiträume 1961-1990 und 1991-2009 (schwarze Linien). Mittelwert über alle Jahre ± 1 (bzw. 2) * die Standardabweichung (grau gestrichelt). Mitte: Beziehung zwischen Höhe (m ü.NN) der Station und dem Blühbeginn. Alle Stationen als Punkt dargestellt. Unten: Beziehung zwischen Höhe (m ü.NN) der Station und dem Blühbeginn. Dargestellt sind die Mittelwerte aus allen Stationen einer bestimmten Höhe.

6.10 Eberesche (*Sorbus aucuparia*) – erste reife Früchte (Phase ,178')

"In den phänologischen Spätsommer fällt die Reife der kleinen, apfelähnlichen Scheinfrüchte. Die Beobachtung dieser Phase erfordert erhöhte Aufmerksamkeit, da sich die Färbung von gelb bis scharlachrot über einen längeren Zeitraum hinzieht.

Es soll möglichst der Zeitpunkt festgestellt werden, wenn an der am weitesten ausgereiften Dolde alle Einzelfrüchte die höchste Farbtintensität erreicht haben.

Dieser Phase kommt besondere Bedeutung zu, da es an der Wende vom Spätsommer zum Frühherbst bei wildwachsenden Pflanzen verhältnismässig wenig markante Phasen zu beobachten gibt" (DWD 1991).

Ökologisch bedeutsam ist die Eberesche für die heimische Tierwelt, insbesondere als Nahrungsquelle für eine Vielzahl von Vögeln und Säugetieren. Die Eberesche zählt zu den Baumarten, die von den meisten Vögeln genutzt werden. Über 60 Vogelarten, ernähren sich von ihren Früchten und nutzen die Bäume als Nistgehölz.

Im Mittel über den Zeitraum 1951 bis 2009 setzt die Fruchtreife bei der Eberesche in Baden-Württemberg am 13. August ein. Im Vergleich der Mittelwerte für die Zeiträume 1961-1990 und 1991 bis 2009 ist das Einsetzen der Fruchtreife der Hundsrose etwa 14 Tage früher.

Der lineare Trend ($y = -0.42329x + 1062.96262$, $p=0.0000000000000001498$, $R^2 = 0.6754$) zeigt, dass die Phase im Beobachtungszeitraum (1951-2009) eine Verfrühung von 4,2 Tagen pro Dekade aufweist. Folgende Übersicht fasst die Berechnung des linearen Trends zusammen:

```
Call:
lm(formula = DOY ~ Jahr, data = Sorbus)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-10.6942  -3.6350   0.4812   2.9925  12.4925

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 1062.96262    76.95386   13.81 < 2e-16 ***
Jahr        -0.42329     0.03886  -10.89 1.50e-15 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 5.084 on 57 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6754,    Adjusted R-squared:  0.6697
F-statistic: 118.6 on 1 and 57 DF,  p-value: 1.498e-15
```

Mit 4,2 Tagen pro Dekade ist die Eberesche diejenige Art die die stärkste Veränderung bei der phänologischen Phase ,erste reife Früchte' zeigt.

Auch die Fruchtreife bei der Eberesche zeigt einen klaren Zusammenhang zur Meereshöhe ihrer Standorte.

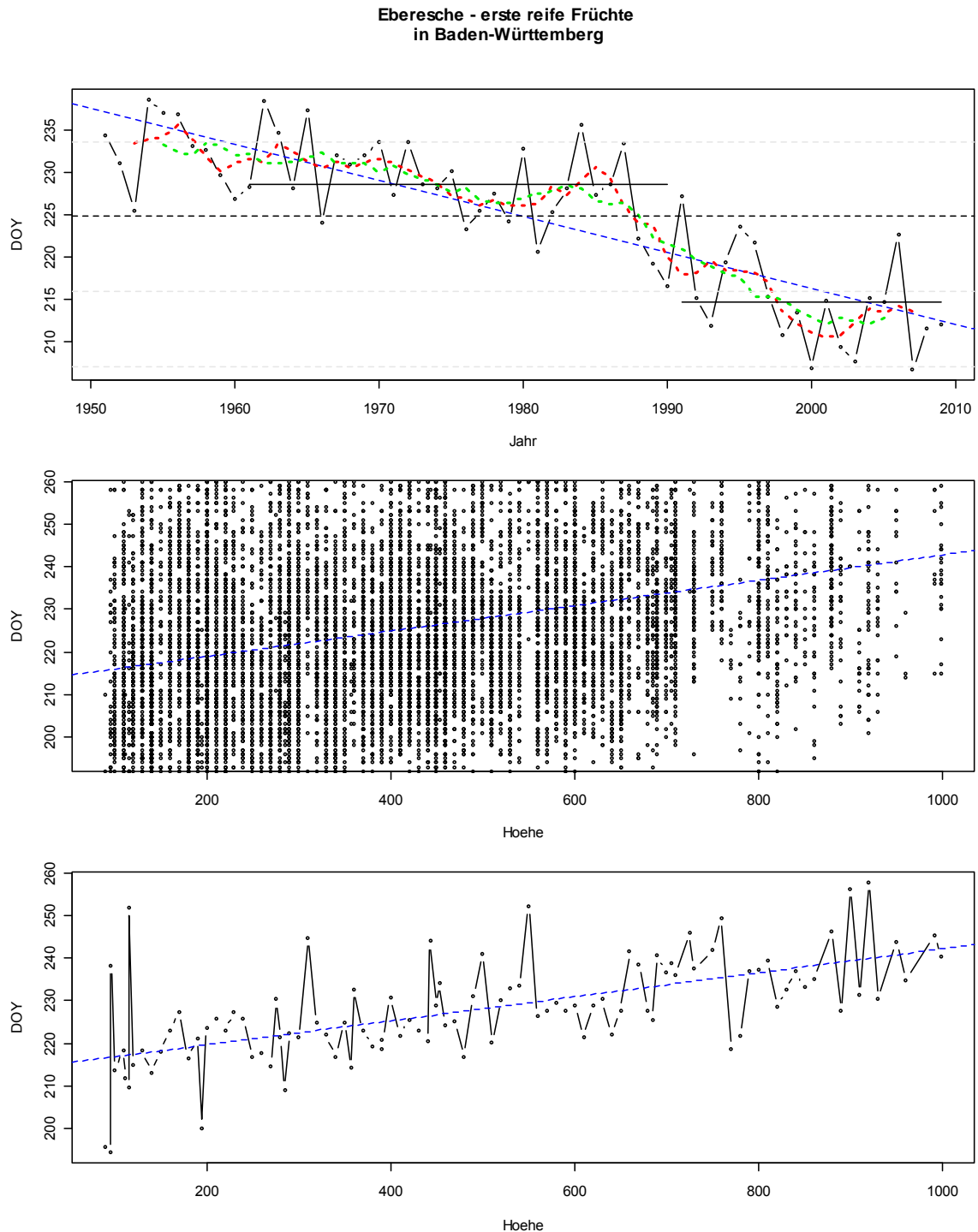


Abbildung 26. Eberesche (*Sorbus aucuparia*) – erste reife Früchte (DOY, day of year) in Baden-Württemberg. Oben: Verlauf der arithmetischen Mittelwerte für die einzelnen Beobachtungsjahre über alle Stationen in Baden-Württemberg (--o--o--). Laufendes 5 Jahresmittel (rot gestrichelt), laufendes 10 Jahresmittel (grün gestrichelt). Linearer Trend für den Zeitraum 1951-2009 (blau gestrichelt). Mittelwert über alle Jahre (schwarz gestrichelt) und Mittelwerte für die Zeiträume 1961-1990 und 1991-2009 (schwarze Linien). Mittelwert über alle Jahre ± 1 (bzw. 2) * die Standardabweichung (grau gestrichelt). Mitte: Beziehung zwischen Höhe (m ü.NN) der Station und dem Blühbeginn. Alle Stationen als Punkt dargestellt. Unten: Beziehung zwischen Höhe (m ü.NN) der Station und dem Blühbeginn. Dargestellt sind die Mittelwerte aus allen Stationen einer bestimmten Höhe.

6.11 Phänologische Karten

Für die in Kapitel 6.1 bis 6.10 dargestellten Phasen werden an dieser Stelle phänologische Karten präsentiert. Dabei werden jeweils die Zeiträume 1961-1990 (KNP) und 1991 bis 2009 gegenübergestellt. Grundlage aller Karten sind die Mittelwerte der jeweiligen Phasen an den einzelnen Beobachtungsstationen im entsprechenden Beobachtungszeitraum.

Für jede Phase werden jeweils 4 Karten abgebildet. Die ersten beiden Karten jeder Phase sind Punktkarten und stellen die Stationsmittelwerte für die beiden Zeiträume dar. Es sind die tatsächlich beobachteten Werte für die Stationen.

Die letzten beiden Karten stellen flächendeckende Verbreitungskarten der Phasen für ganz Baden-Württemberg dar. Diese Karten wurden aus den Punktkarten interpoliert. Die Karten sind das Ergebnis einer Flächen- und Höheninterpolation. Sie beruhen auf den Stationsmittelwerten und einem digitalen Höhenmodell (DHM) mit einer Rasterauflösung von 500 m x 500 m.

Für die Interpolation der Karten werden zwei Methoden in Kombination genutzt:

- die **höhenabhängige Regression** mit Ausgleich der Residuen durch eine Trendfläche als vertikale Interpolation;
- die **abstandsgewichtende Interpolation** (IDW – Inverse-Distance-Weighting Interpolation) als horizontale Interpolation.

Die höhenabhängige Regression bietet sich für alle Größen an, die eine ausgeprägte Höhenabhängigkeit aufweisen. Gerade in gebirgigen Gebieten sind die höhenbedingten Änderungen dieser Größen im Allgemeinen weit wichtiger und deutlicher als die horizontalen Änderungen.

Für jede Station wird die sogenannte Anomalie berechnet. Sie ist die Differenz zwischen dem Messwert (tatsächlicher Stationsmittelwert) und dem sich aus der Regressionsbeziehung ergebenden Schätzwert. Es handelt sich also um die Residuen der linearen Regression.

Die abstandsgewichtende Interpolation geht davon aus, dass der Wert einer Messgröße an einer Interpolationsstelle durch die Entfernungen der Interpolationsstelle zu den verschiedenen Stützstellen – in der Praxis also zu den phänologischen Beobachtungsstationen – und deren Messwerte beschrieben werden kann. Die Abhängigkeit des Interpolationswertes von der Entfernung der Stützstellen ist umgekehrt proportional, d.h. mit grösser werdender Entfernung der Stützstelle zur Interpolationstelle nimmt deren Einfluss auf den Interpolationswert ab. Durch die Potenzierung der inversen Entfernung mit einem festzulegenden Exponenten kann die Abnahme des Gewichtes mit der Entfernung gesteuert werden. Der Interpolationswert ergibt sich aus der Summe aller beitragenden gewichteten Stützstellenwerte.

Mit Hilfe der abstandsgewichteten Interpolation (IDW) werden die Anomalien in die Fläche übertragen. Der abschliessende Schritt prägt jedem Gitterpunktwert, entsprechend seiner Höhe, den Regressionswert wieder auf.

Das hier angewandte Verfahren kann als „local trend surface prediction“ bezeichnet werden (Bivandt et al. 2008). ‚Local‘ bedeutet dabei, dass für die Erstellung der Regressionsgeraden (Höheninterpolation) nicht alle Stationen (Stützstellen) des Gesamtgebietes, sondern nur eine Auswahl von in der Nähe des Betrachtungspunktes liegenden Stationen genutzt wird. Dieses Vorgehen führt zu einer lokalen/regionalen Differenzierung des Höhengradienten. Dies bedeutet, dass der Gradient im westlichen Schwarzwald nicht notwendigerweise der Gleiche ist wie östlich der Schwäbischen Alb.

Unter den dargestellten Punkt- bzw. Flächenkarten werden jeweils die Mittelwerte für die betrachteten Phasen aufgeführt. Diese Mittelwerte sind nicht identisch. Bei den Mittelwerten unterhalb der Punktkarten handelt es sich um das arithmetische Mittel aller Beobachtungsstationen. Bei den Mittelwerten unterhalb der Flächenkarten jedoch um einen mit den Flächenanteilen der einzelnen Höhenlagen gewichteten Mittelwert.

Neben den in diesem Abschlussbericht abgedruckten phänologischen Karten wurden weitere Karten für folgende Phasen erstellt:

6	Forsythie – Beginn der Blüte
11	Schlehe – Beginn der Blüte
18	Schwarzer Holunder – Beginn der Blüte
19	Wiesen-Fuchsschwanz – Vollblüte
67	Schwarzer Holunder – Erste reife Früchte
131	Eberesche – Beginn der Blüte
132	Hunds-Rose – Beginn der Blüte

Die Graphikdateien aller erstellten Karten befinden sich auf beiliegender DVD (Folder: >PhaenoKarten\).

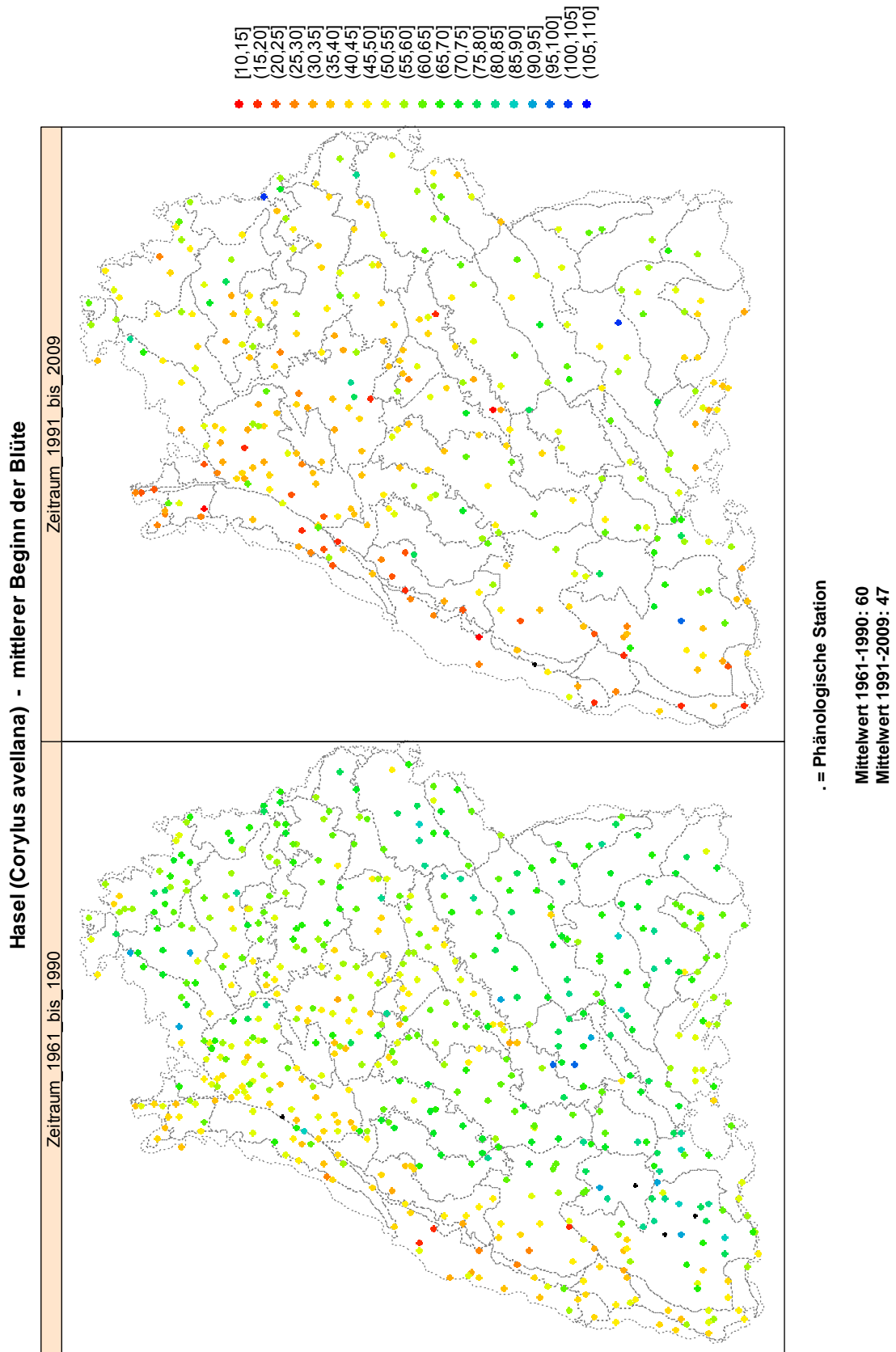


Abbildung 28. Phänologische Punktkarten für den Beginn der Blüte bei der Hasel (*Corylus avellana*) – Dargestellt sind die Stationsmittelwerte der Eintrittsdaten der Phase (DOY, day of year) für die Zeiträume 1961 – 1990 und 1991 – 2009. Schwarze Punkte liegen ausserhalb des in der Legende dargestellten Wertebereiches. Die angegebenen Mittelwerte sind die Mittelwerte über alle Stationen.

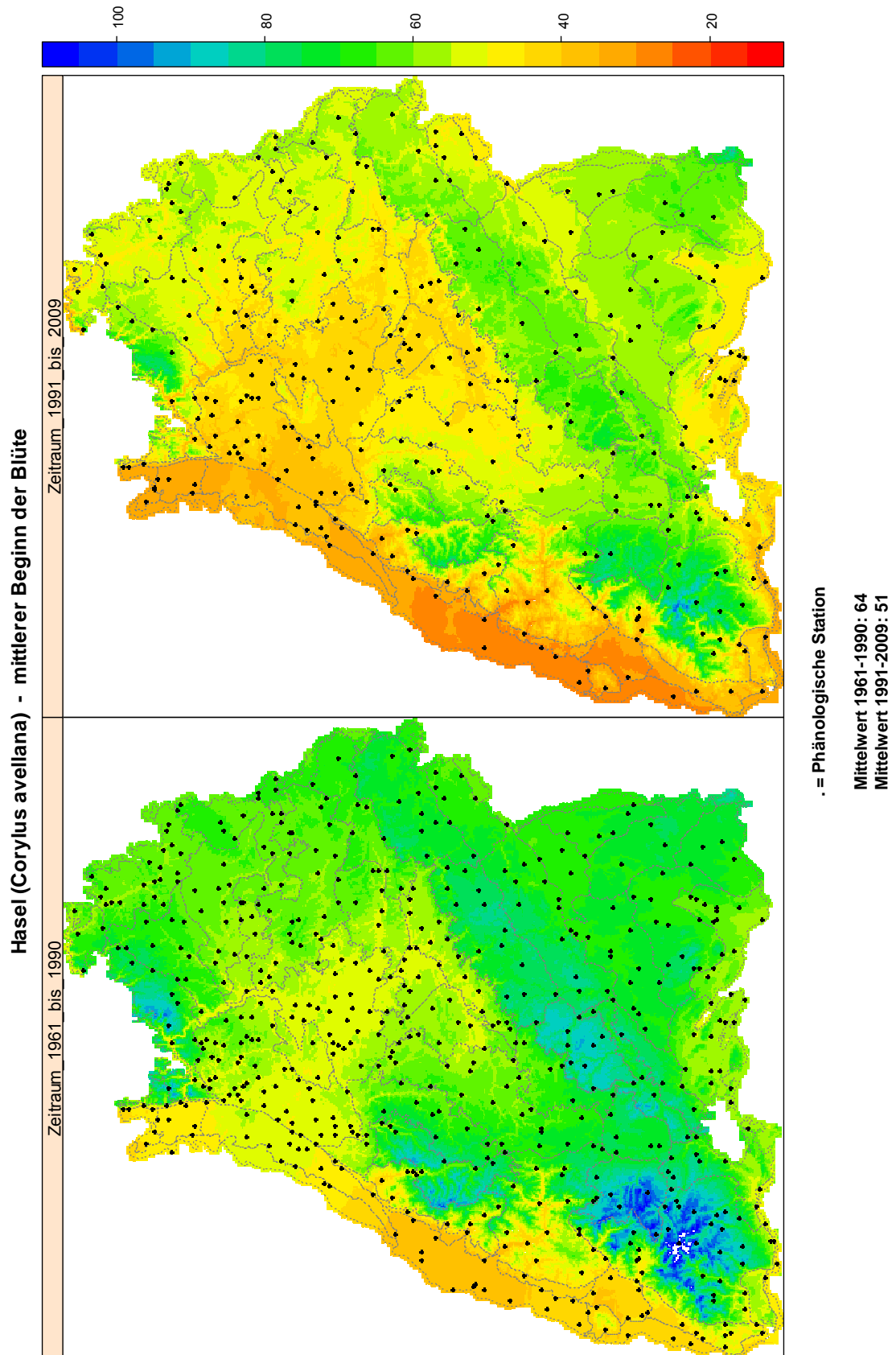


Abbildung 29. Phänologische Flächenkarten für den Beginn der Blüte bei der Hasel (*Corylus avellana*) – Dargestellt sind die Eintrittsdaten der Phase (DOY, day of year) für die Zeiträume 1961 – 1990 und 1991 – 2009. Schwarze Punkte markieren die Lage der zugrundeliegenden Beobachtungsstationen. Die angegebenen Mittelwerte sind die Flächenmittelwerte für Baden-Württemberg.

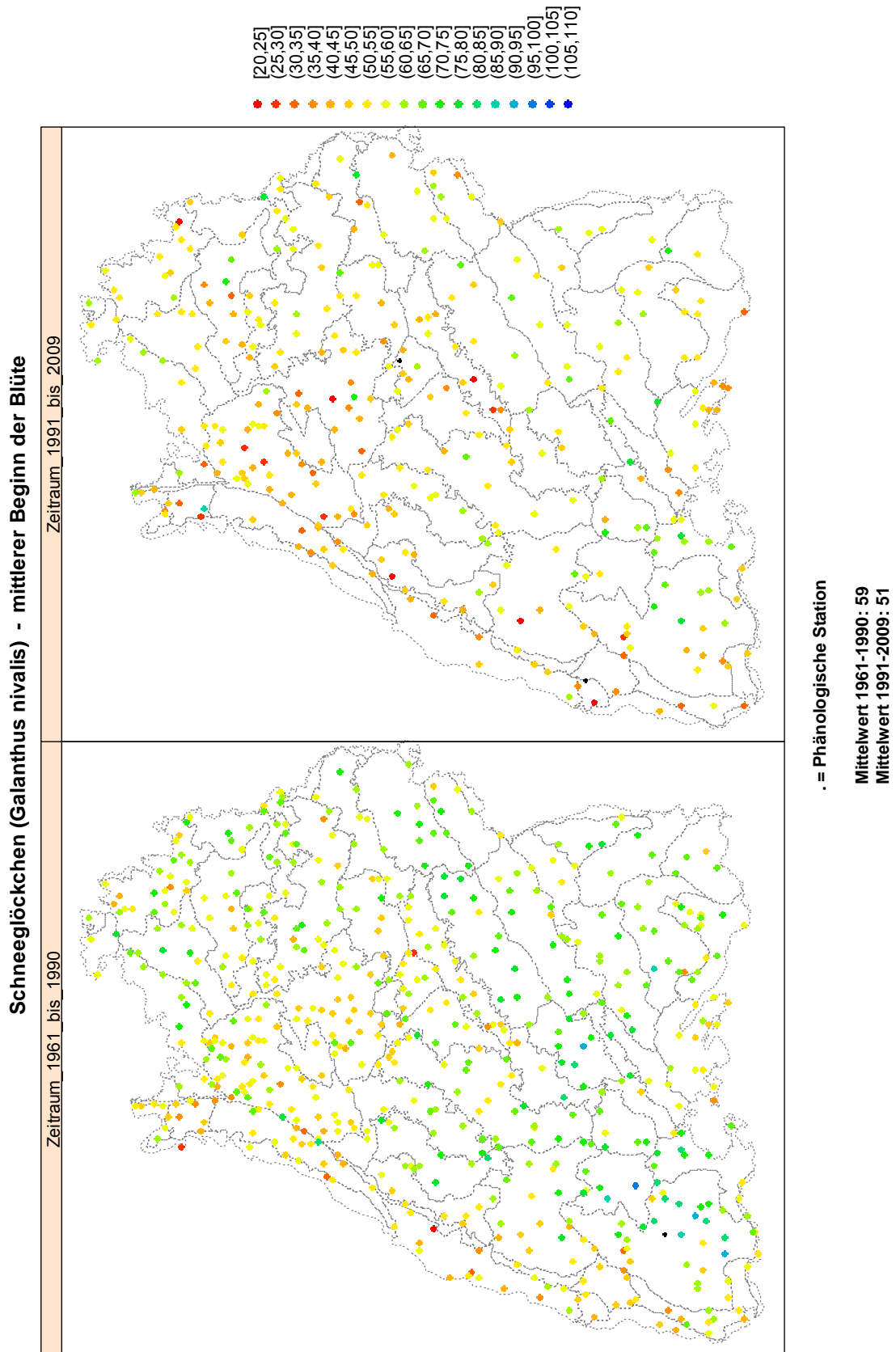


Abbildung 30. Phänologische Punktkarten für den Beginn der Blüte beim Schneeglöckchen (*Galanthus nivalis*) – Dargestellt sind die Stationsmittelwerte der Eintrittsdaten der Phase (DOY, day of year) für die Zeiträume 1961 – 1990 und 1991 – 2009. Schwarze Punkte liegen ausserhalb des in der Legende dargestellten Wertebereiches. Die angegebenen Mittelwerte sind die Mittelwerte über alle Stationen.

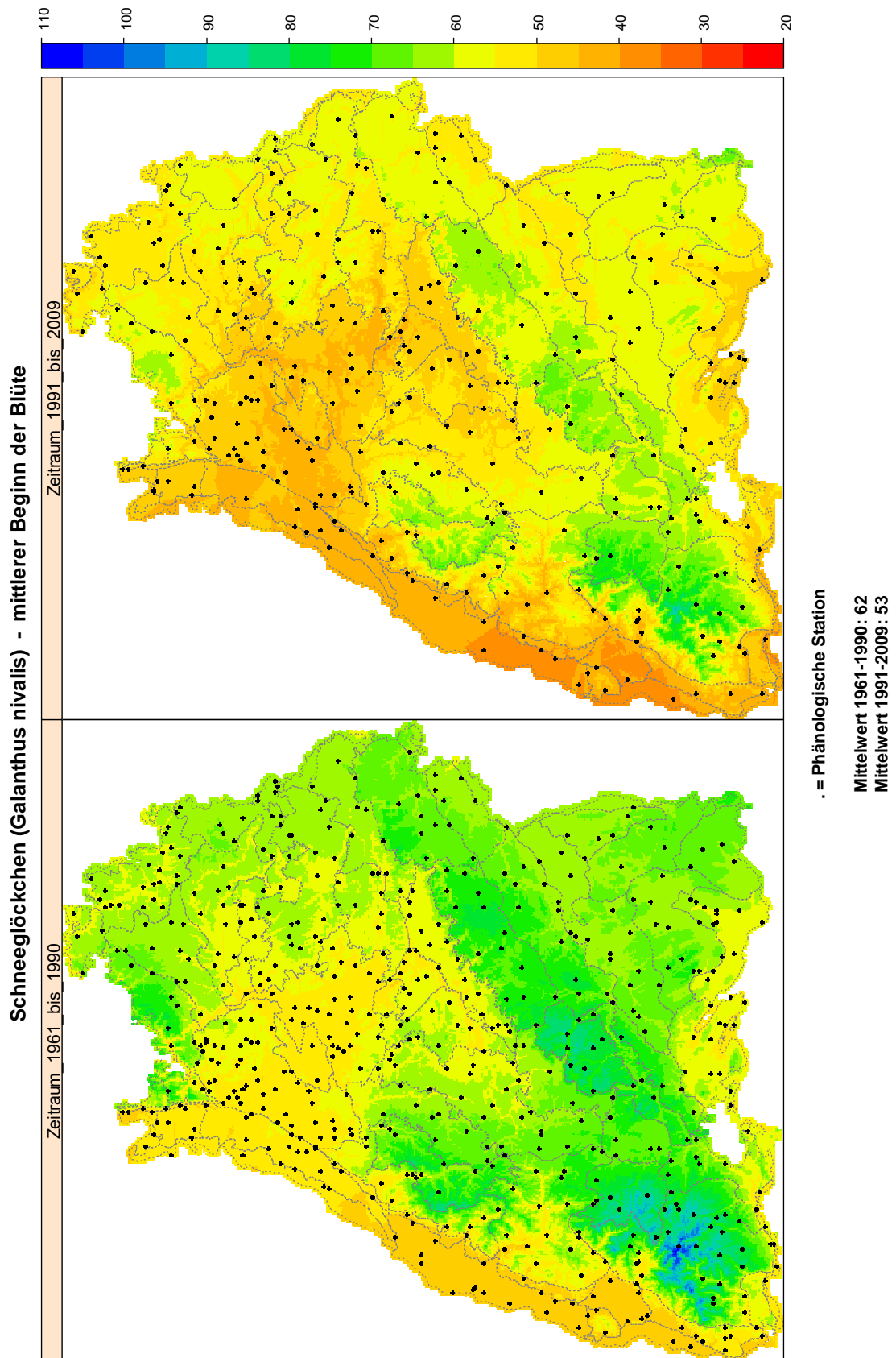


Abbildung 31. Phänologische Flächenkarten für den Beginn der Blüte beim Schneeglöckchen (*Galanthus nivalis*) – Dargestellt sind die Eintrittsdaten der Phase (DOY, day of year) für die Zeiträume 1961 – 1990 und 1991 – 2009. Schwarze Punkte markieren die Lage der zugrundeliegenden Beobachtungsstationen. Die angegebenen Mittelwerte sind die Flächenmittelwerte für Baden-Württemberg.

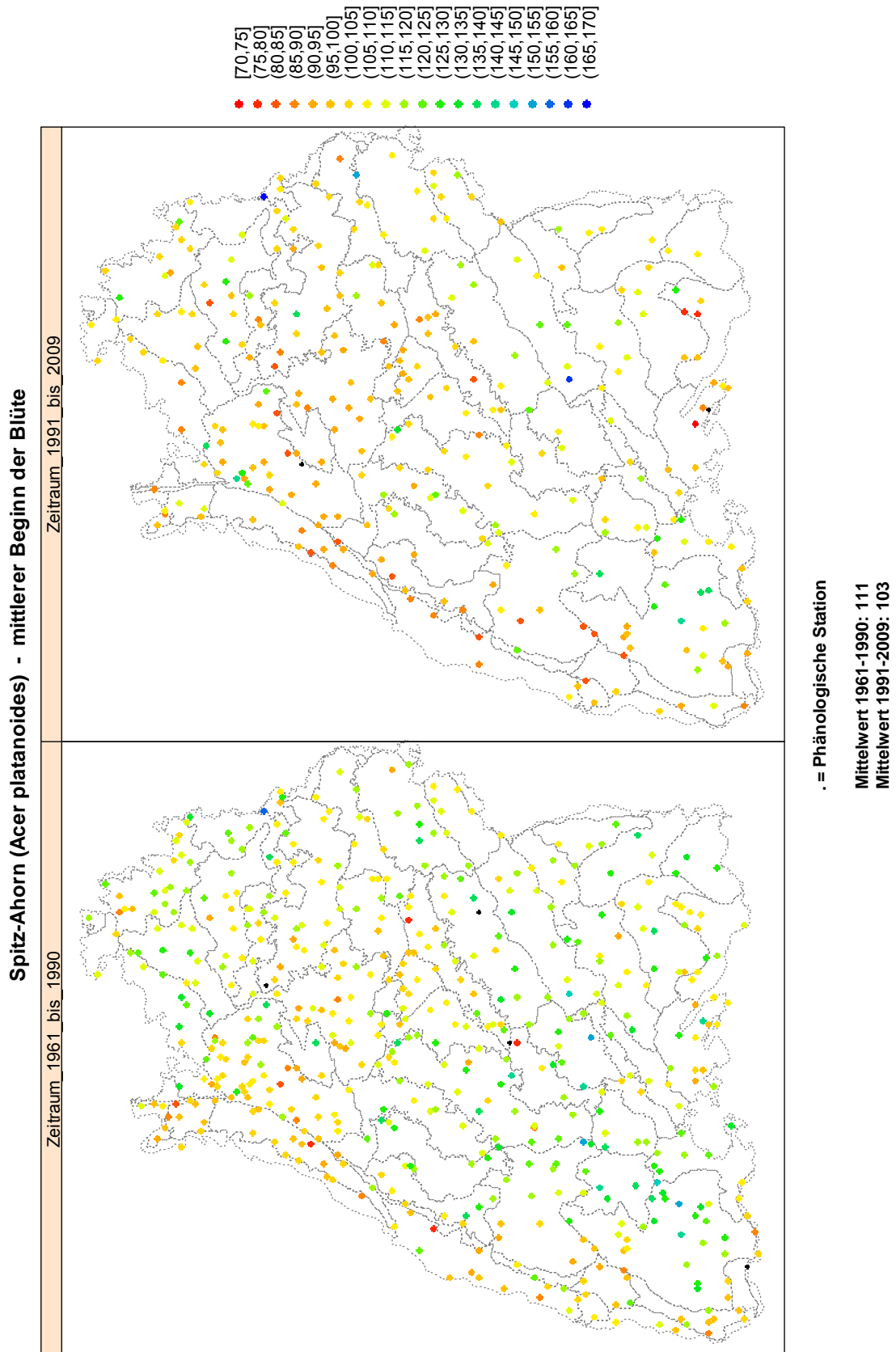


Abbildung 32. Phänologische Punktkarten für den Beginn der Blüte beim Spitz-Ahorn (*Acer platanoides*) – Dargestellt sind die Stationsmittelwerte der Eintrittsdaten der Phase (DOY, day of year) für die Zeiträume 1961 – 1990 und 1991 – 2009. Schwarze Punkte liegen ausserhalb des in der Legende dargestellten Wertebereiches. Die angegebenen Mittelwerte sind die Mittelwerte über alle Stationen.

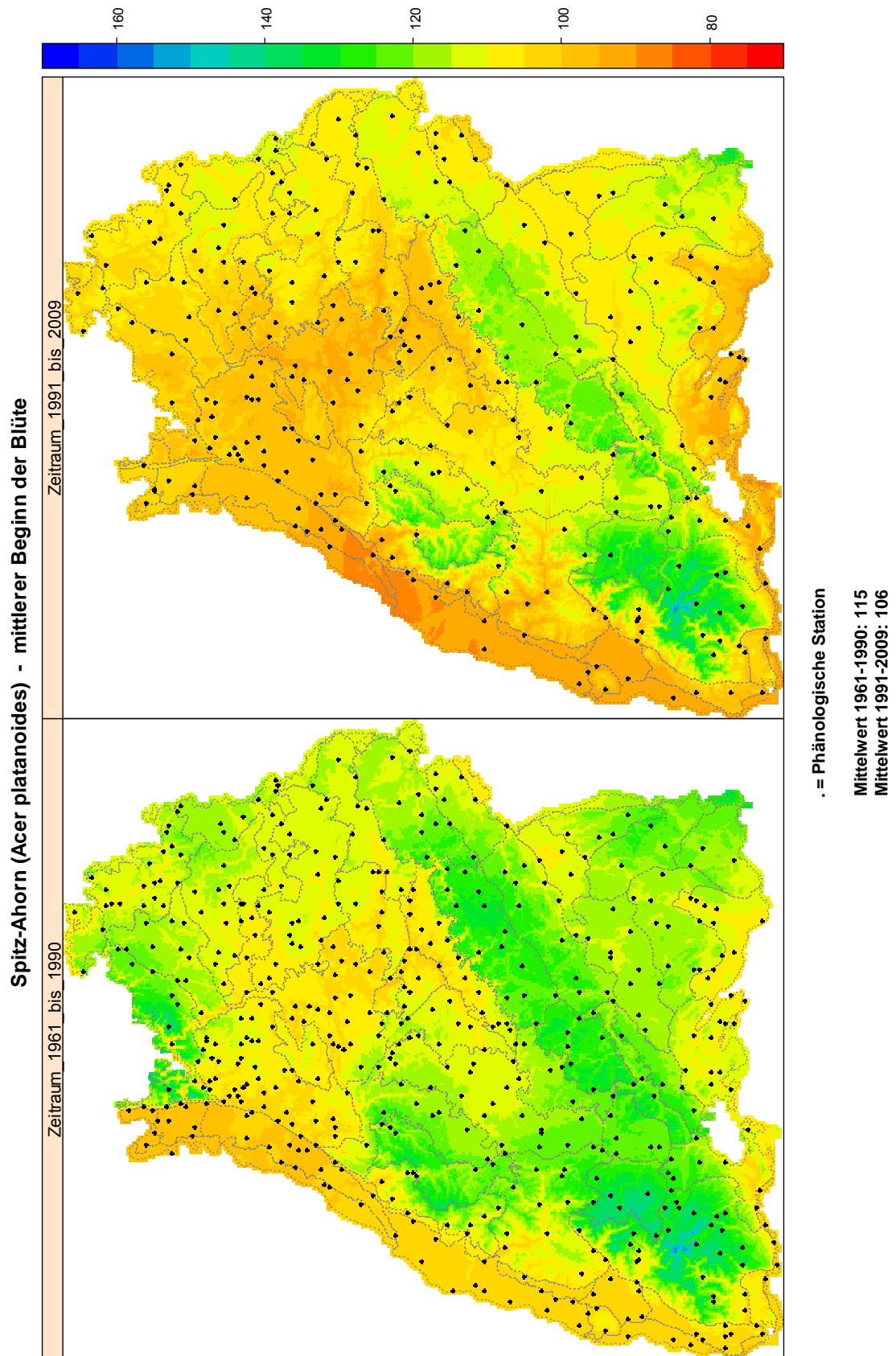


Abbildung 33. Phänologische Flächenkarten für den Beginn der Blüte beim Spitz-Ahorn (*Acer platanoides*) – Dargestellt sind die Eintrittsdaten der Phase (DOY, day of year) für die Zeiträume 1961 – 1990 und 1991 – 2009. Schwarze Punkte markieren die Lage der zugrundeliegenden Beobachtungsstationen. Die angegebenen Mittelwerte sind die Flächenmittelwerte für Baden-Württemberg.

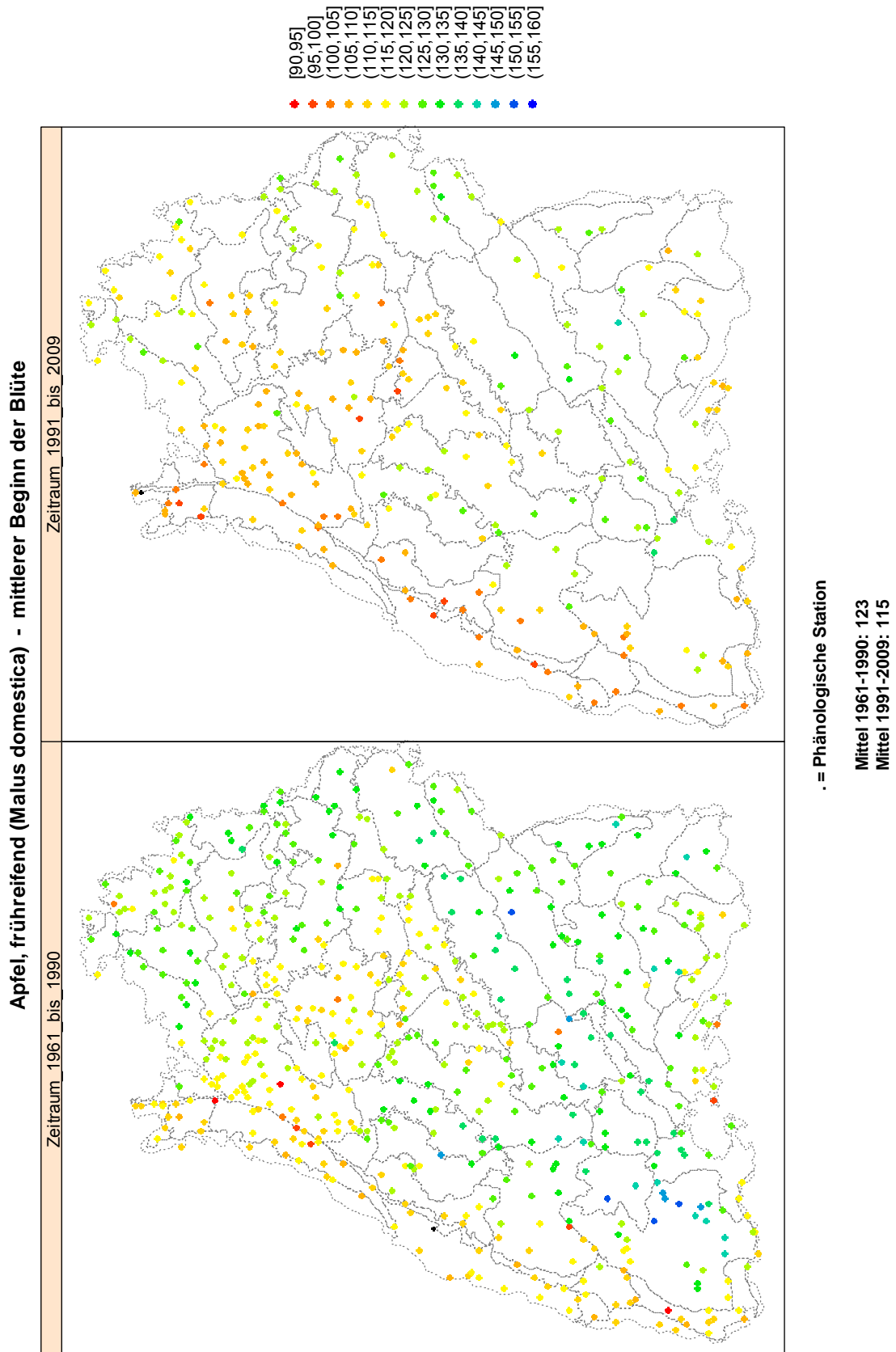


Abbildung 34. Phänologische Punktkarten für den Beginn der Blüte beim Apfel (frühreifend, *Malus domestica*) – Dargestellt sind die Stationsmittelwerte der Eintrittsdaten der Phase (DOY, day of year) für die Zeiträume 1961 – 1990 und 1991 – 2009. Schwarze Punkte liegen ausserhalb des in der Legende dargestellten Wertebereiches. Die angegebenen Mittelwerte sind die Mittelwerte über alle Stationen.

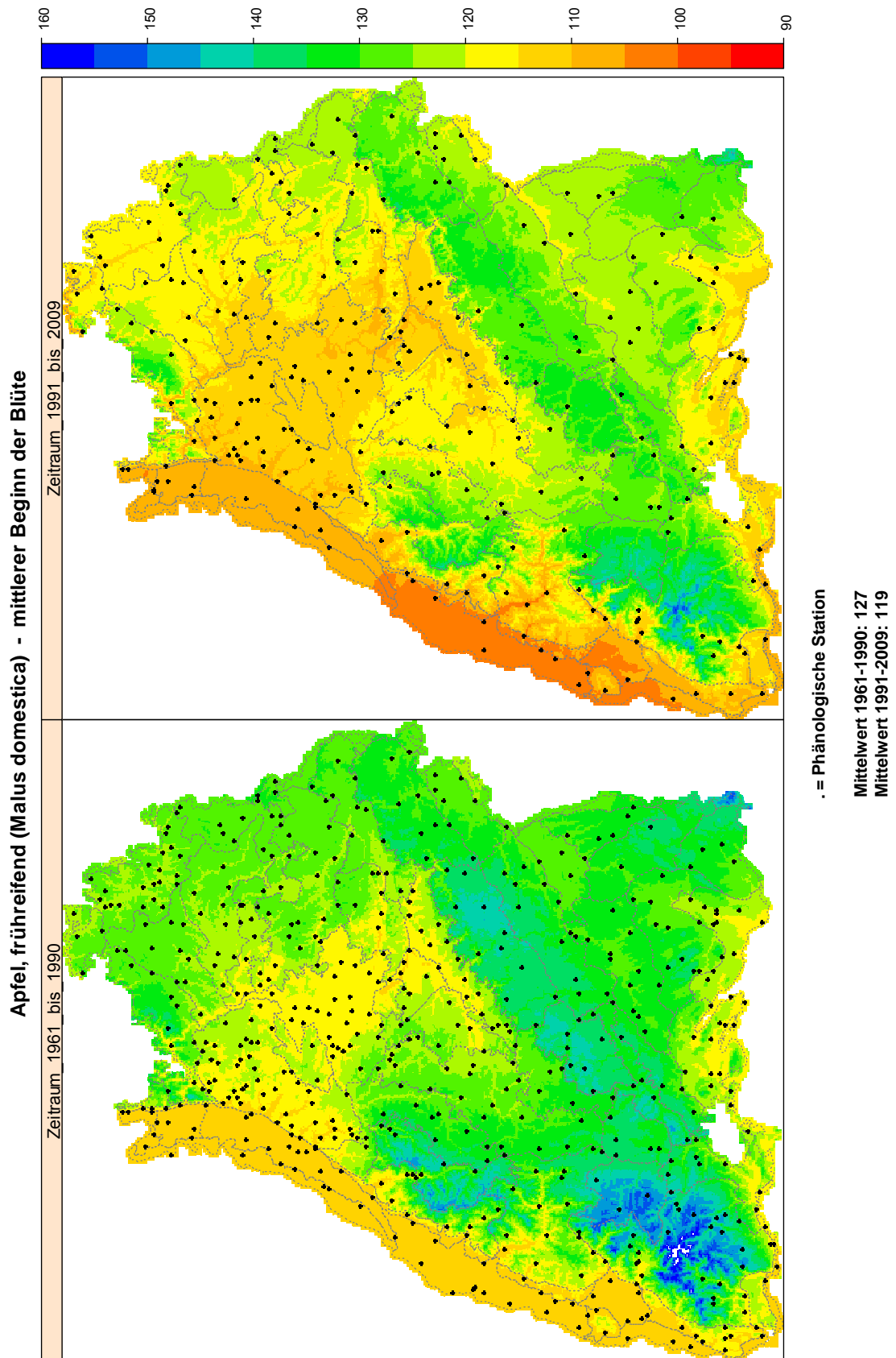


Abbildung 35. Phänologische Flächenkarten für den Beginn der Blüte beim Apfel (frühreifend, *Malus domestica*) – Dargestellt sind die Eintrittsdaten der Phase (DOY, day of year) für die Zeiträume 1961 – 1990 und 1991 – 2009. Schwarze Punkte markieren die Lage der zugrundeliegenden Beobachtungsstationen. Die angegebenen Mittelwerte sind die Flächenmittelwerte für Baden-Württemberg.

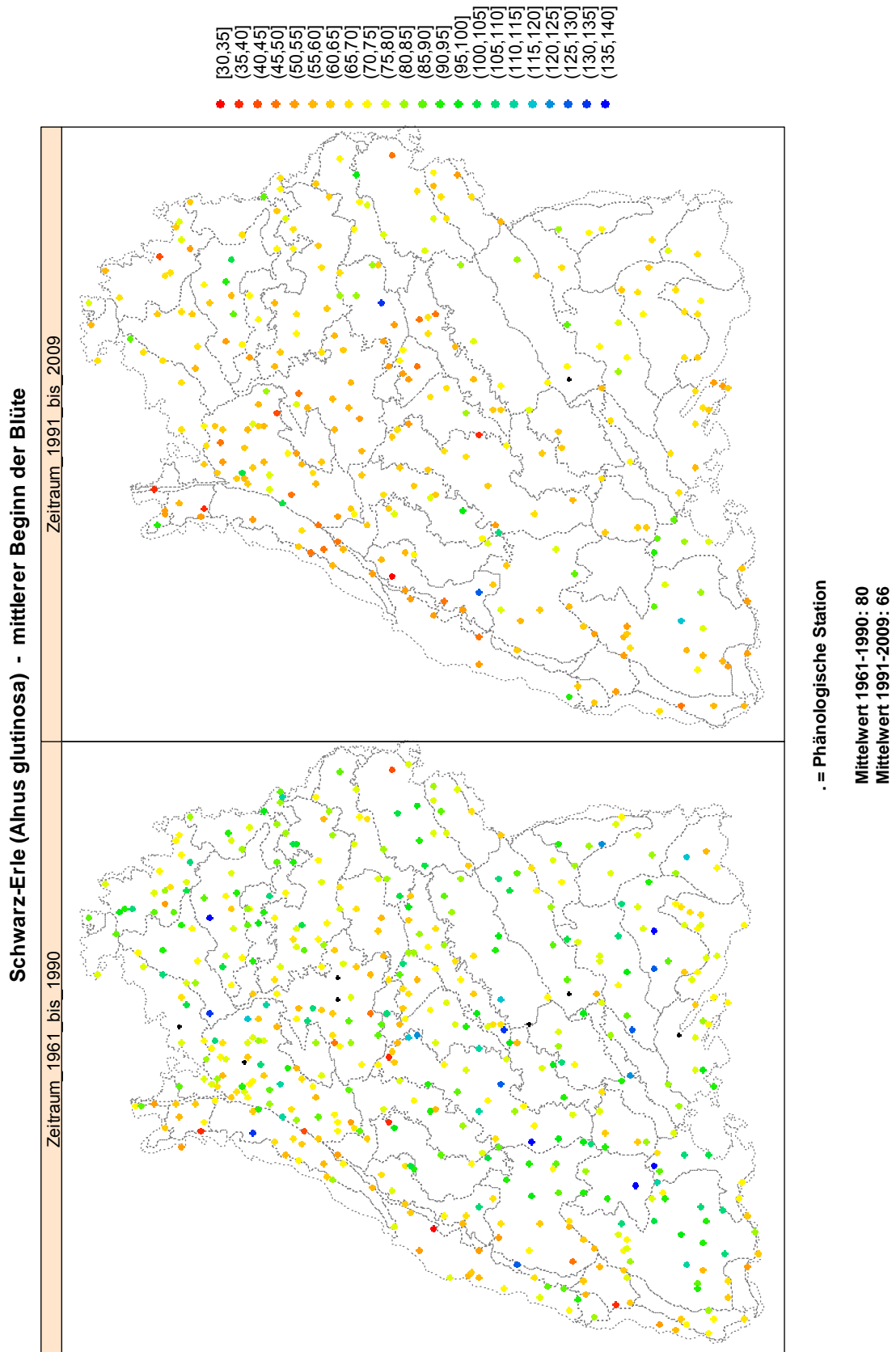


Abbildung 36. Phänologische Punktkarten für den Beginn der Blüte bei der Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*) – Dargestellt sind die Stationsmittelwerte der Eintrittsdaten der Phase (DOY, day of year) für die Zeiträume 1961 – 1990 und 1991 – 2009. Schwarze Punkte liegen ausserhalb des in der Legende dargestellten Wertebereiches. Die angegebenen Mittelwerte sind die Mittelwerte über alle Stationen.

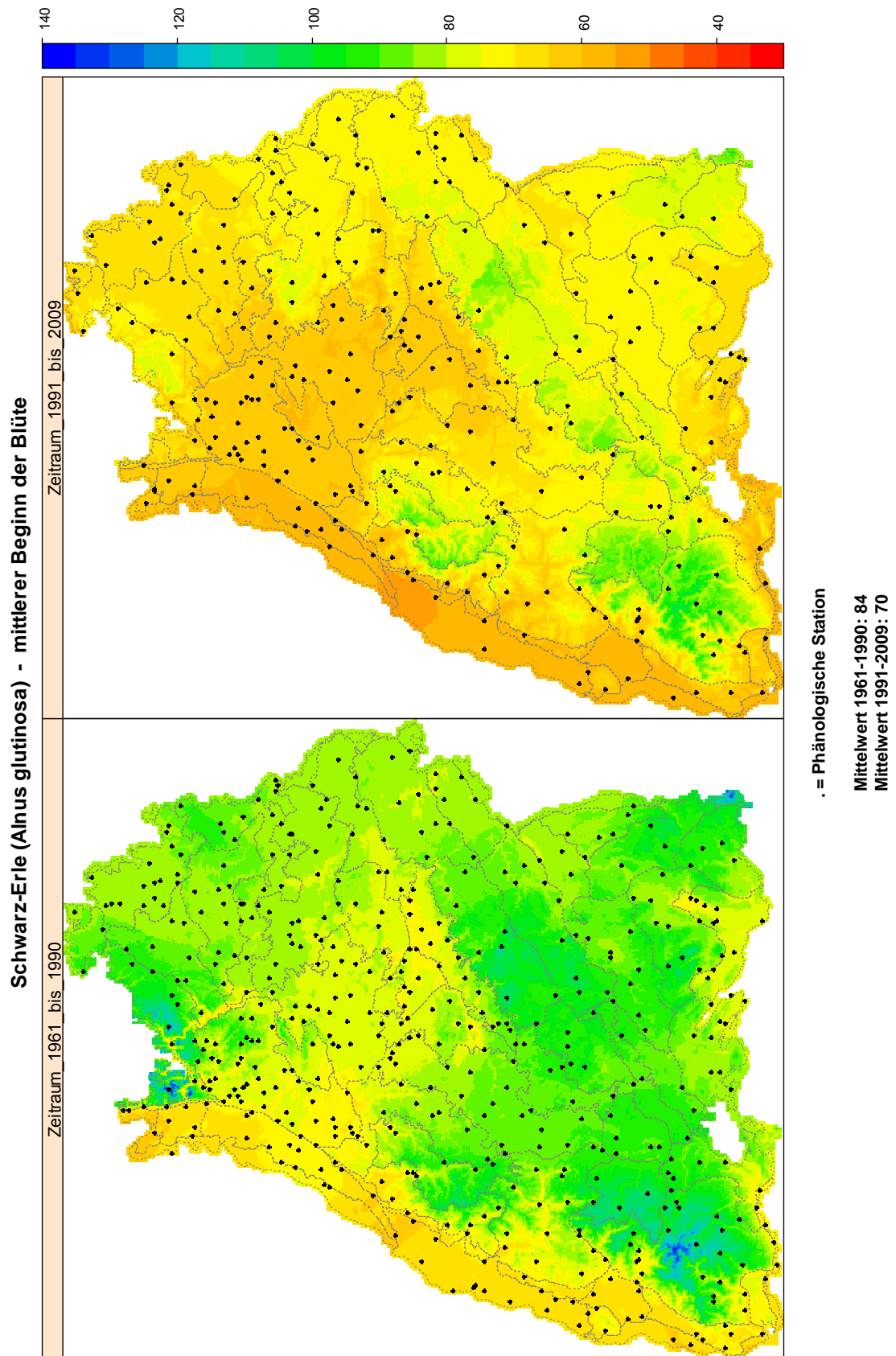


Abbildung 37. Phänologische Flächenkarten für den Beginn der Blüte bei der Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*) – Dargestellt sind die Eintrittsdaten der Phase (DOY, day of year) für die Zeiträume 1961 – 1990 und 1991 – 2009. Schwarze Punkte markieren die Lage der zugrundeliegenden Beobachtungsstationen. Die angegebenen Mittelwerte sind die Flächenmittelwerte für Baden-Württemberg.

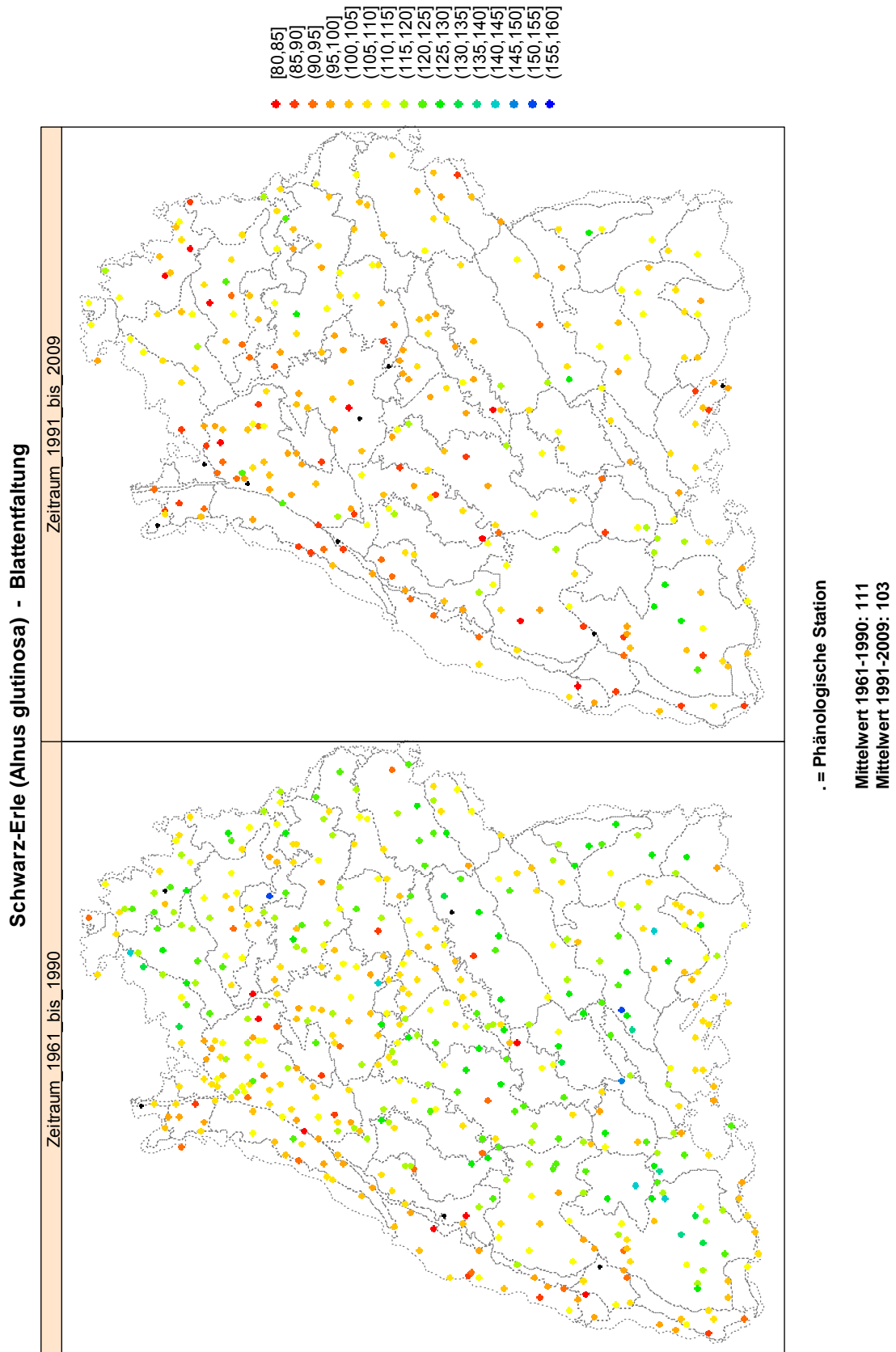


Abbildung 38. Phänologische Punktkarten für die Blattentfaltung bei der Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*) – Dargestellt sind die Stationsmittelwerte der Eintrittsdaten der Phase (DOY, day of year) für die Zeiträume 1961 – 1990 und 1991 – 2009. Schwarze Punkte liegen ausserhalb des in der Legende dargestellten Wertebereiches. Die angegebenen Mittelwerte sind die Mittelwerte über alle Stationen.

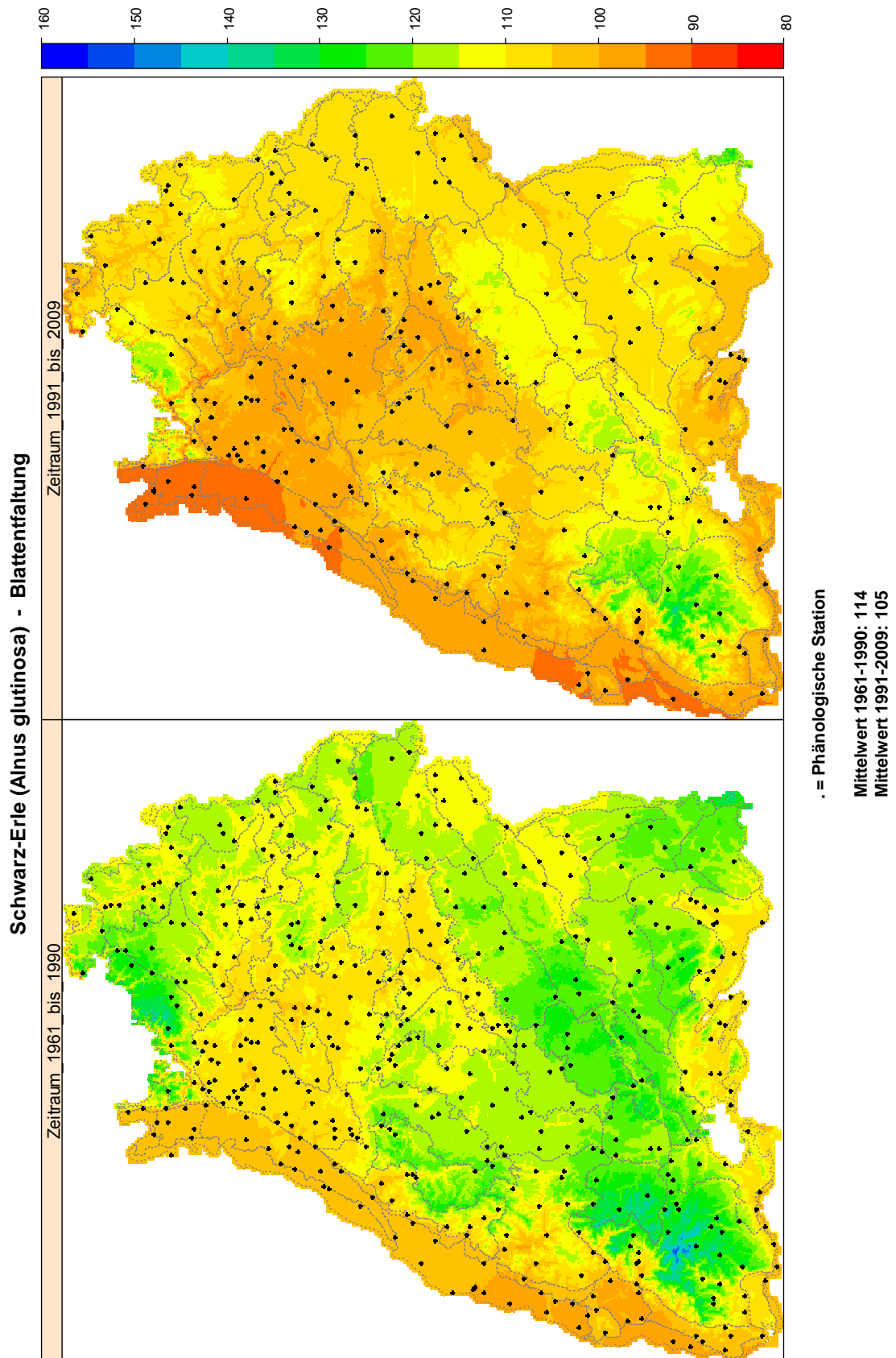


Abbildung 39. Phänologische Flächenkarten für die Blattentfaltung bei der Schwarz-Erle (*Alnus glutinosa*) – Dargestellt sind die Eintrittsdaten der Phase (DOY, day of year) für die Zeiträume 1961 – 1990 und 1991 – 2009. Schwarze Punkte markieren die Lage der zugrundeliegenden Beobachtungsstationen. Die angegebenen Mittelwerte sind die Flächenmittelwerte für Baden-Württemberg.

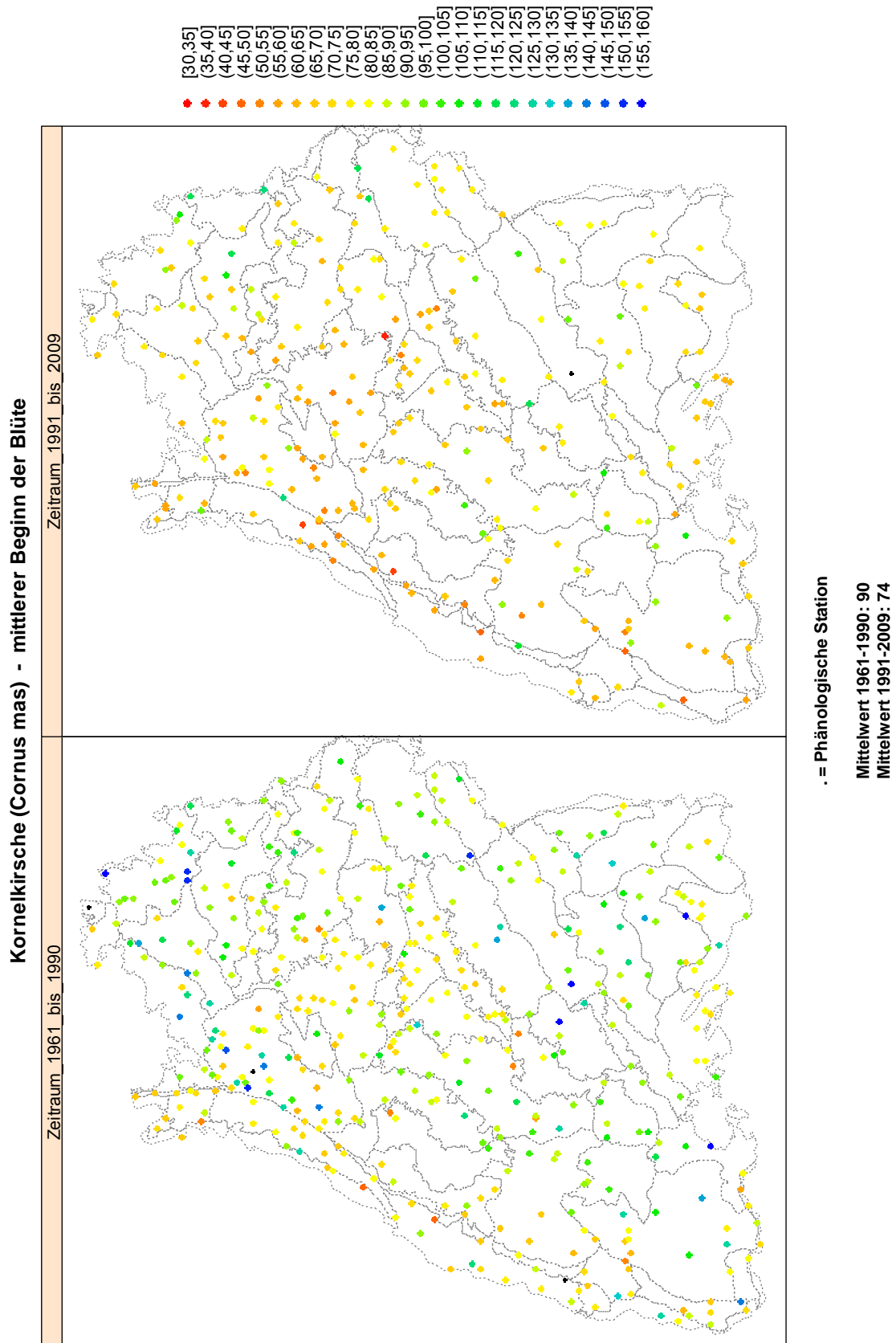


Abbildung 40. Phänologische Punktkarten für den Beginn der Blüte bei der Kornelkirsche (*Cornus mas*) – Dargestellt sind die Stationsmittelwerte der Eintrittsdaten der Phase (DOY, day of year) für die Zeiträume 1961 – 1990 und 1991 – 2009. Schwarze Punkte liegen ausserhalb des in der Legende dargestellten Wertebereiches. Die angegebenen Mittelwerte sind die Mittelwerte über alle Stationen.

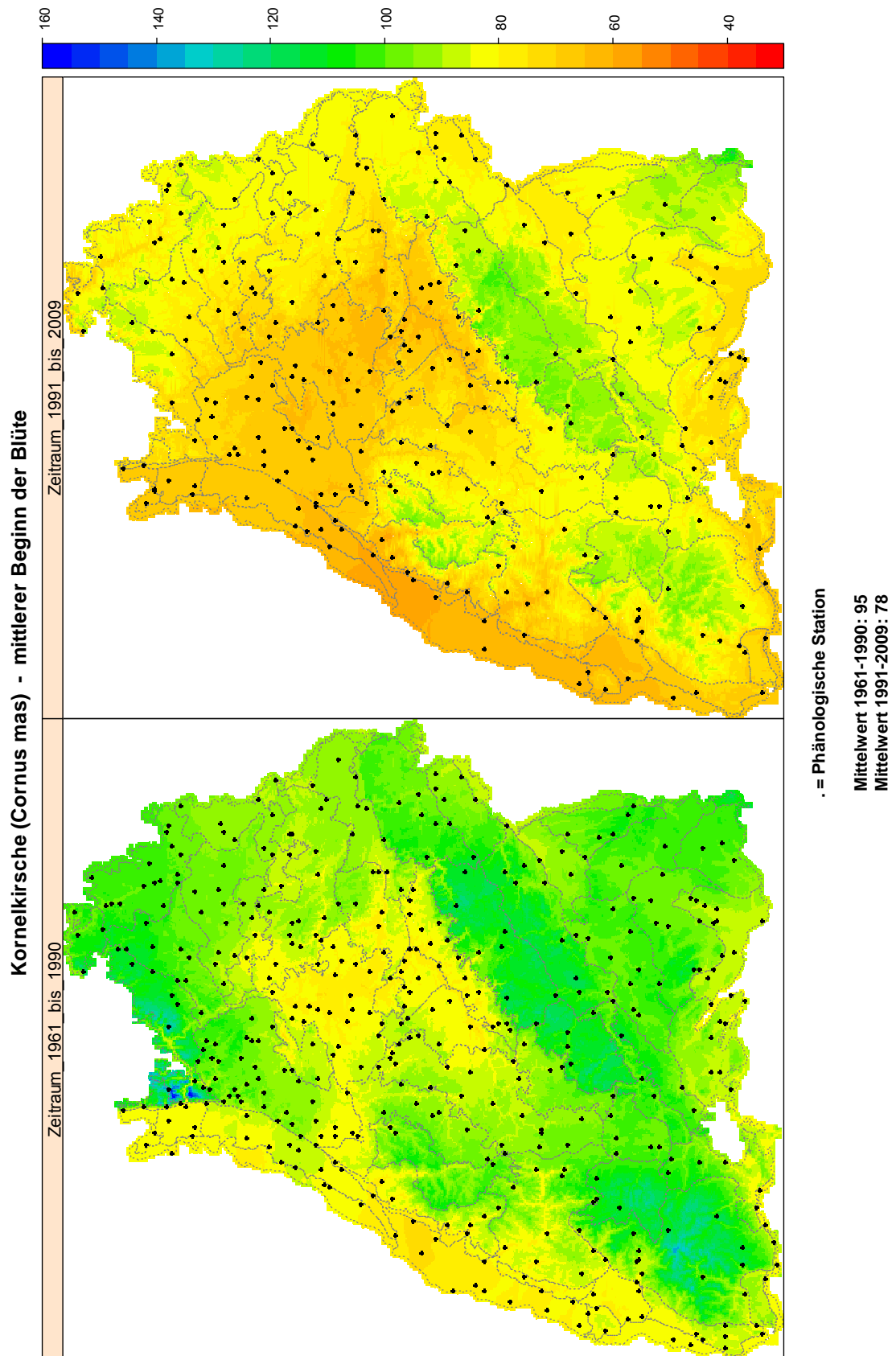


Abbildung 41. Phänologische Flächenkarten für den Beginn der Blüte bei der Kornelkirsche (*Cornus mas*) – Dargestellt sind die Eintrittsdaten der Phase (DOY, day of year) für die Zeiträume 1961 – 1990 und 1991 – 2009. Schwarze Punkte markieren die Lage der zugrundeliegenden Beobachtungsstationen. Die angegebenen Mittelwerte sind die Flächenmittelwerte für Baden-Württemberg.

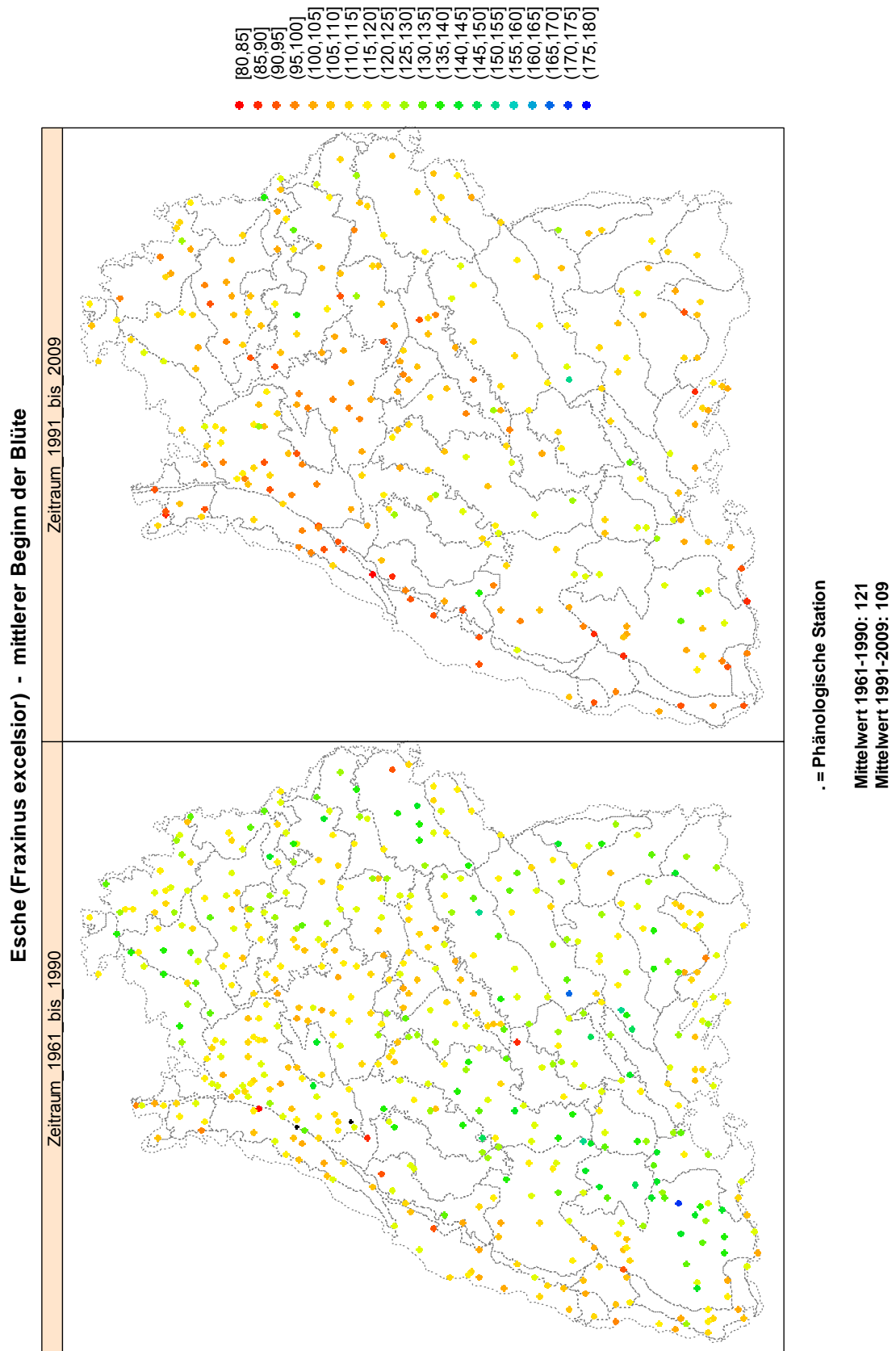


Abbildung 42. Phänologische Punktkarten für den Beginn der Blüte bei der Esche (*Fraxinus excelsior*) – Dargestellt sind die Stationsmittelwerte der Eintrittsdaten der Phase (DOY, day of year) für die Zeiträume 1961 – 1990 und 1991 – 2009. Schwarze Punkte liegen ausserhalb des in der Legende dargestellten Wertebereiches. Die angegebenen Mittelwerte sind die Mittelwerte über alle Stationen.

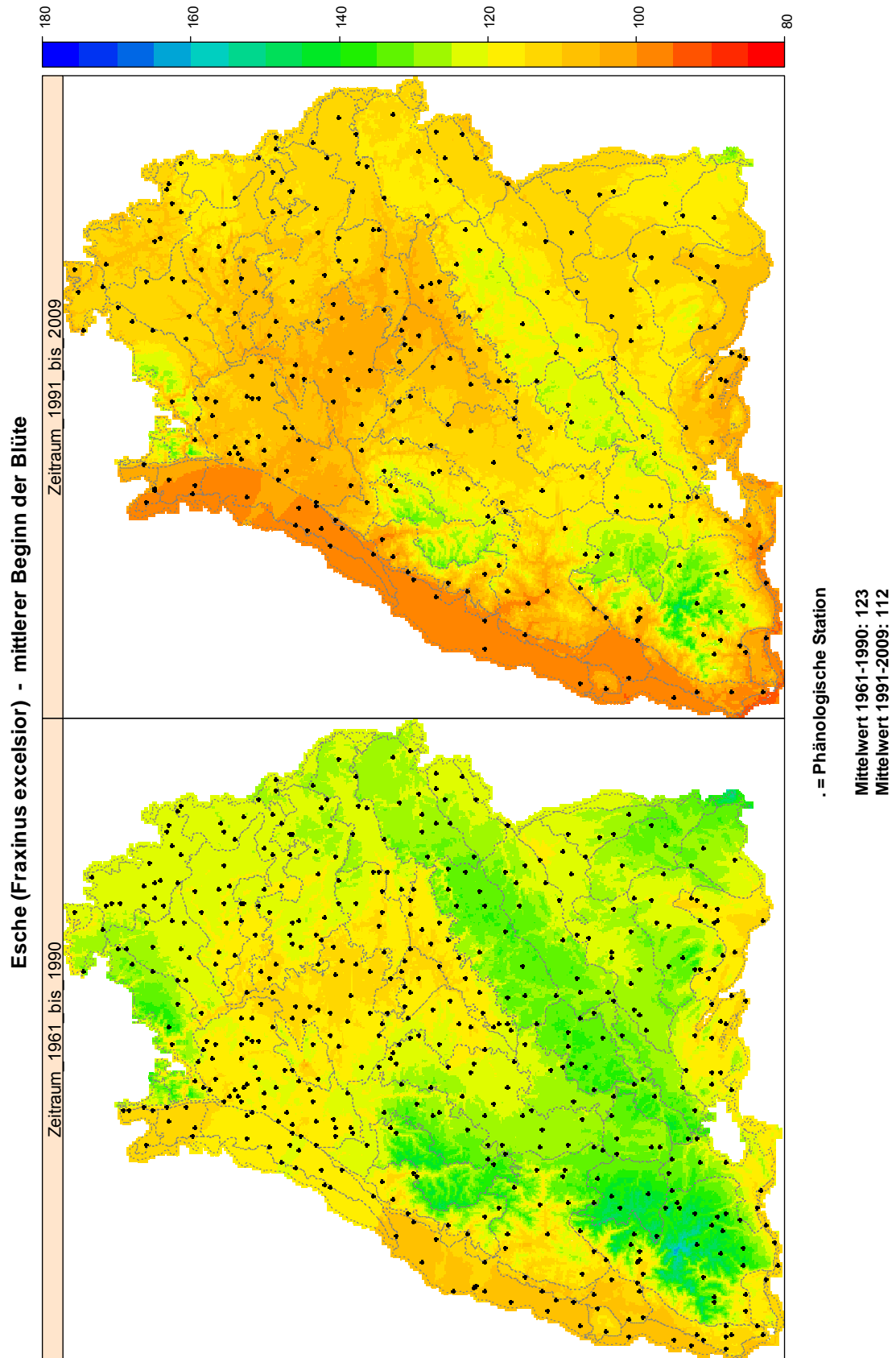


Abbildung 43. Phänologische Flächenkarten für den Beginn der Blüte bei der Esche (*Fraxinus excelsior*) – Dargestellt sind die Eintrittsdaten der Phase (DOY, day of year) für die Zeiträume 1961 – 1990 und 1991 – 2009. Schwarze Punkte markieren die Lage der zugrundeliegenden Beobachtungsstationen. Die angegebenen Mittelwerte sind die Flächenmittelwerte für Baden-Württemberg.

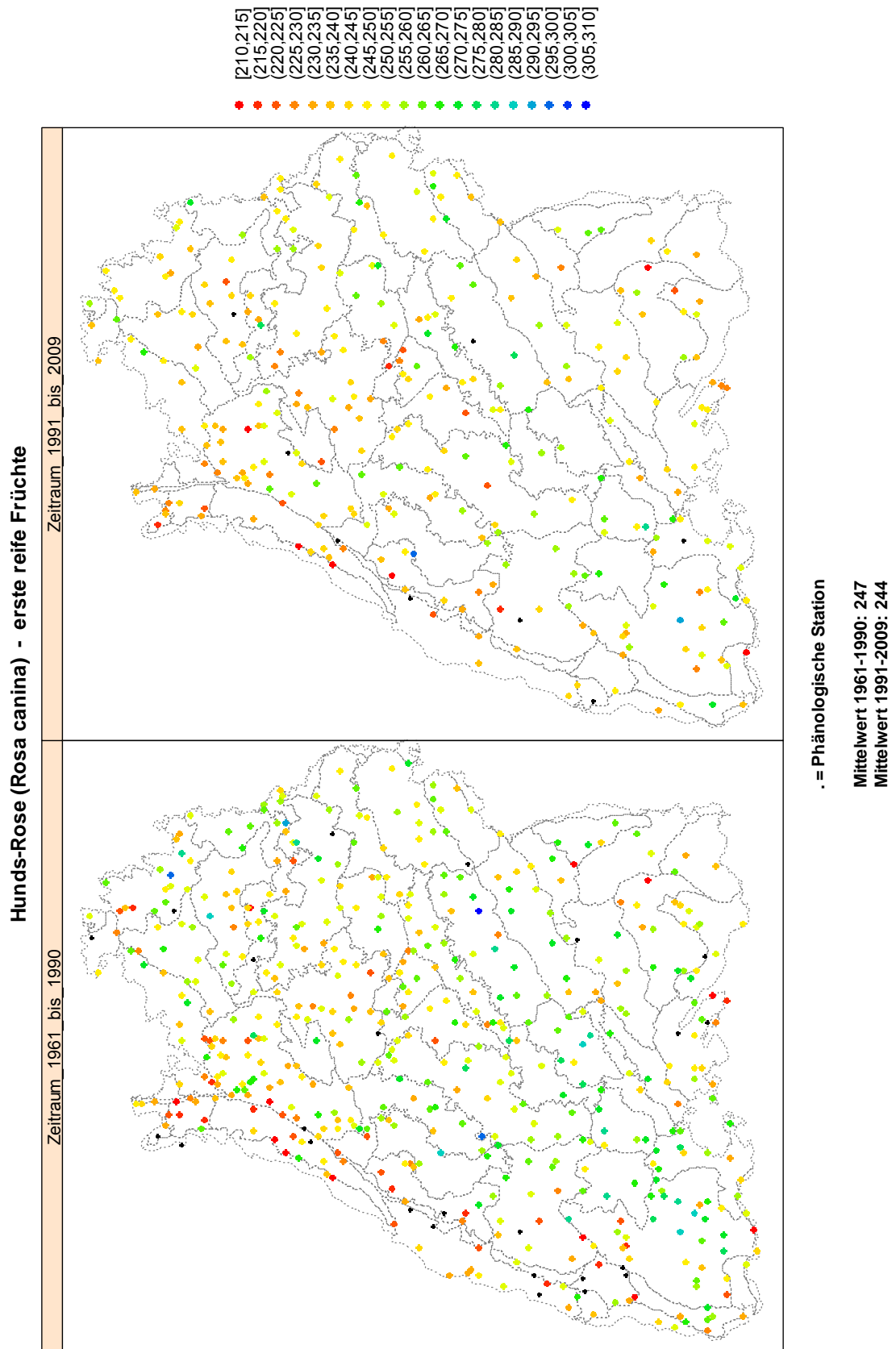


Abbildung 44. Phänologische Punktkarten für die ersten reifen Früchte bei der Hundsrose (*Rosa canina*) – Dargestellt sind die Stationsmittelwerte der Eintrittsdaten der Phase (DOY, day of year) für die Zeiträume 1961 – 1990 und 1991 – 2009. Schwarze Punkte liegen ausserhalb des in der Legende dargestellten Wertebereiches. Die angegebenen Mittelwerte sind die Mittelwerte über alle Stationen.

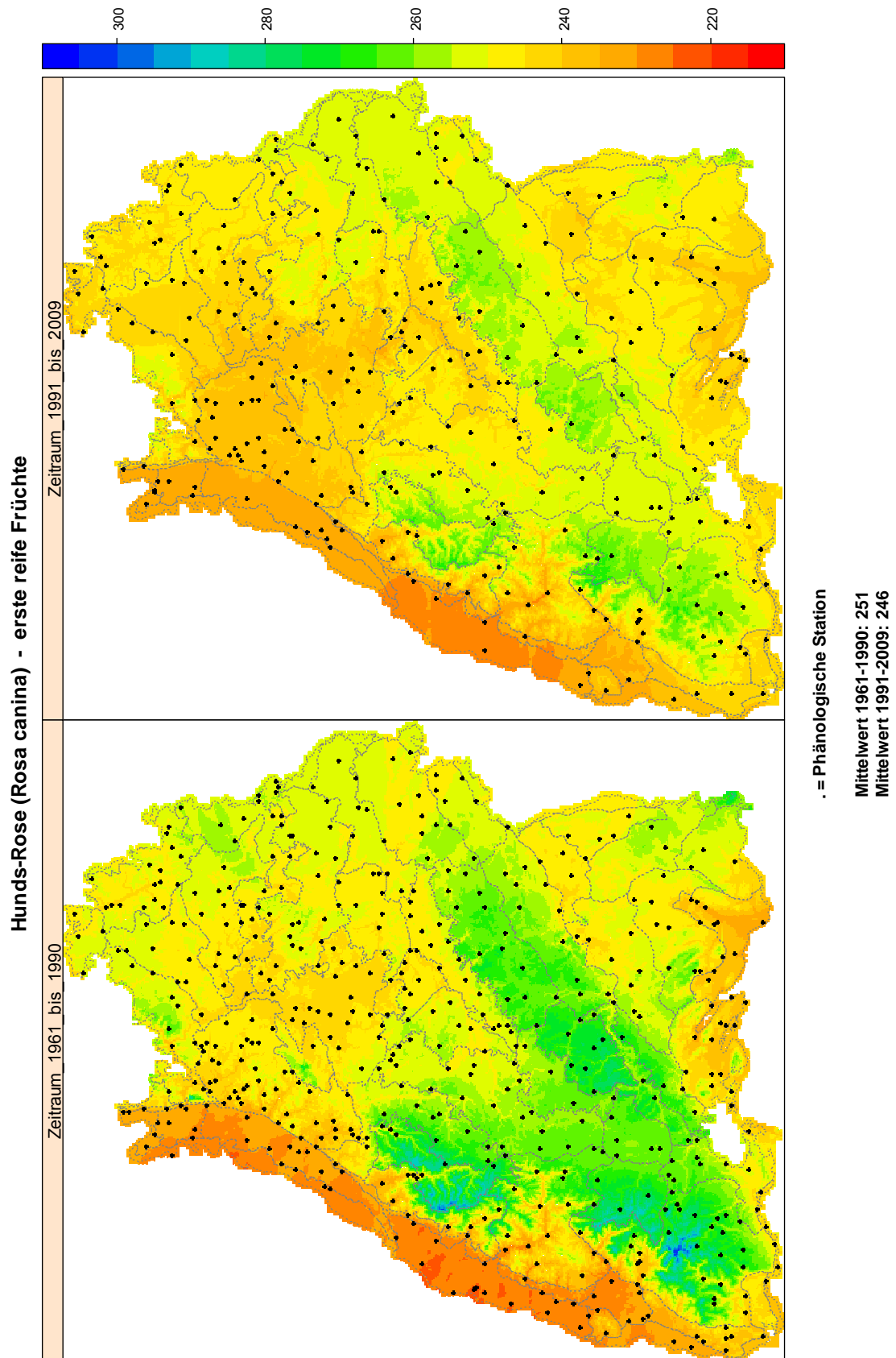


Abbildung 45. Phänologische Flächenkarten für die ersten reifen Früchte bei der Hunds-Rose (*Rosa canina*) – Dargestellt sind die Eintrittsdaten der Phase (DOY, day of year) für die Zeiträume 1961 – 1990 und 1991 – 2009. Schwarze Punkte markieren die Lage der zugrundeliegenden Beobachtungsstationen. Die angegebenen Mittelwerte sind die Flächenmittelwerte für Baden-Württemberg.

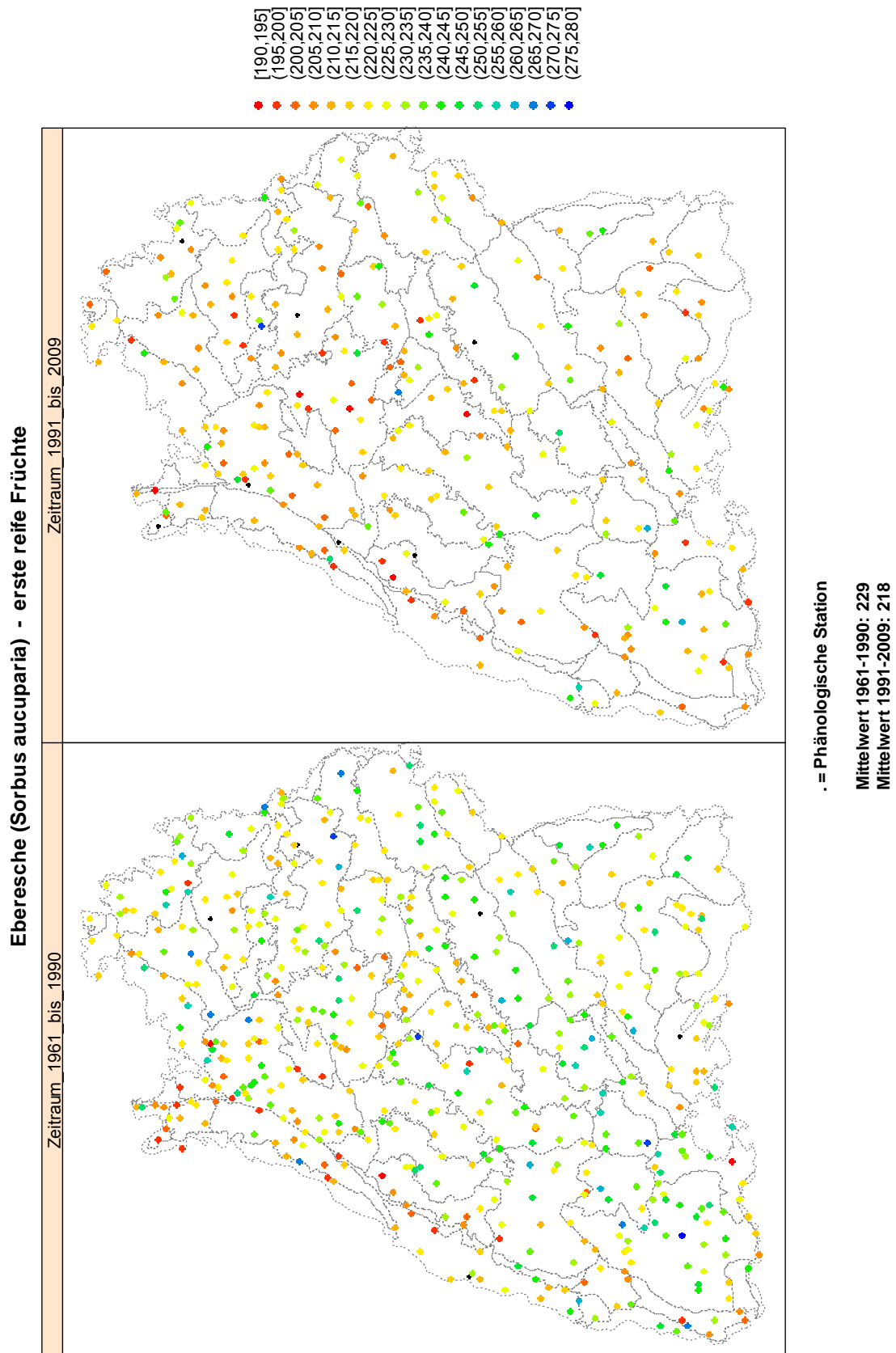


Abbildung 46. Phänologische Punktkarten für die ersten reifen Früchte bei der Eberesche (*Sorbus aucuparia*) – Dargestellt sind die Stationsmittelwerte der Eintrittsdaten der Phase (DOY, day of year) für die Zeiträume 1961 – 1990 und 1991 – 2009. Schwarze Punkte liegen ausserhalb des in der Legende dargestellten Wertebereiches. Die angegebenen Mittelwerte sind die Mittelwerte über alle Stationen.

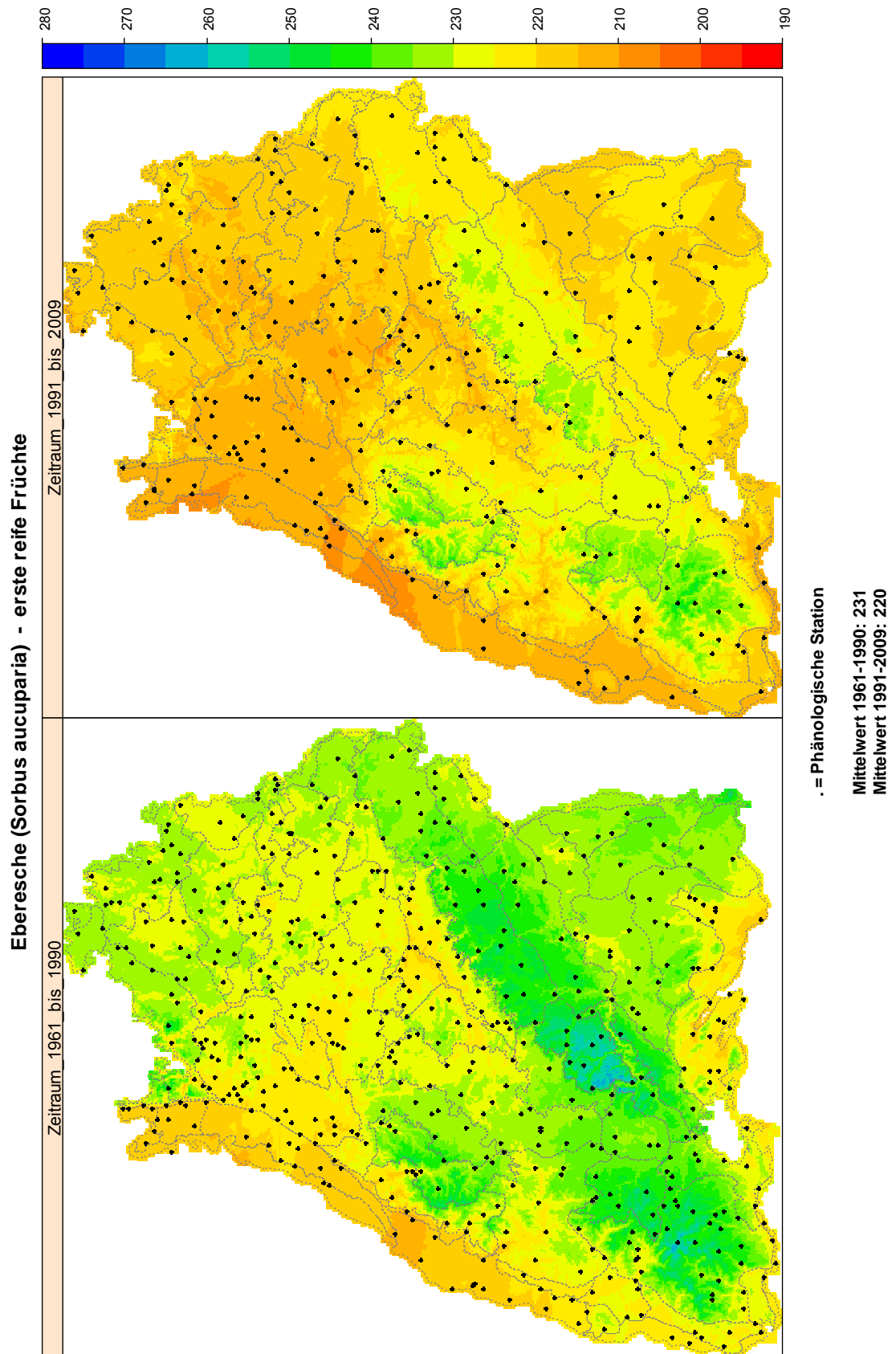


Abbildung 47. Phänologische Flächenkarten für die ersten reifen Früchte bei der Eberesche (*Sorbus aucuparia*) – Dargestellt sind die Eintrittsdaten der Phase (DOY, day of year) für die Zeiträume 1961 – 1990 und 1991 – 2009. Schwarze Punkte markieren die Lage der zugrundeliegenden Beobachtungsstationen. Die angegebenen Mittelwerte sind die Flächenmittelwerte für Baden-Württemberg.

6.6 Länge der Vegetationsperiode

Für die Klimatologie und die Landwirtschaft sind nicht nur einzelne Phäno-Phasen von Bedeutung, sondern z.B. auch die Länge einer phänologischen Jahreszeit oder der gesamten Vegetationsperiode.

Die Vegetationsperiode ist der sich rhythmisch wiederholende Teil des Jahres, in dem Pflanzen aktiv wachsen und sich entfalten. Der restliche Teil des Jahres, in dem die Pflanzen nicht wachsen, wird als Vegetationsruhe bezeichnet. Die kühle Jahreszeit ist aber dennoch für die Entwicklungsphysiologie vieler Pflanzen bedeutsam, beispielsweise für die Blühinduktion oder das Keimen von Samen.

In der Landwirtschaft grenzt die Vegetationsperiode den Zeitraum im Jahr ab, der für das Wachstum und die Ertragsbildung von Kulturpflanzen zur Verfügung steht. Verschiebungen in der Dauer der Vegetationsperiode können in der landwirtschaftlichen Produktion Veränderungen in der Bewirtschaftung bewirken und damit ökonomische Bedeutung erlangen. Die Länge der Vegetationsperiode ist aber auch für viele natürliche Ökosysteme eine wichtige Größe. Eine Verlängerung der Vegetationszeit führt beispielsweise zu einer höheren Produktivität von Wäldern und Wiesen.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, den Beginn und das Ende der Vegetationsperiode zu definieren. Phänologisch kann die Vegetationsperiode im einfachsten Fall durch die Differenz zwischen einer Frühjahrs- und einer Herbstphase ermittelt werden. Häufig wird sie als die Zeitspanne zwischen dem Beginn der Blüte der Sal-Weide und dem Blattfall der Stiel-Eiche verstanden. Um diese Definition anzuwenden, liegen für Baden-Württemberg aber nicht genug Beobachtungen zum Blattfall der Stiel-Eiche vor.

Es ist unter Umständen auch sinnvoller, Beginn und Ende der Vegetationsperiode jeweils als Mittelwert über mehrere Frühlings- bzw. Herbstphasen zu definieren.

An dieser Stelle, soll für Baden-Württemberg die Vegetationsperiode als die Differenz zwischen dem Mittelwert aus 4 Herbstphasen (Blattverfärbung bei Rosskastanie, Rotbuche, Stiel-Eiche und Hängebirke) und 3 Frühlingsphasen (Beginn der Blüte bei Huflattich, Sal-Weide und Schwarzerle) definiert werden.

Abbildung 48 zeigt Karten der Länge der so definierten Vegetationsperiode in Baden-Württemberg. Verglichen werden die Zeiträume 1961-1990 und 1991-2009.

Als Flächenmittel für Baden-Württemberg ergibt sich bei dieser Definition eine Verlängerung der Vegetationsperiode um 7 Tage. Diese ist im Wesentlichen auf ein früheres Einsetzen der Frühlingsphasen zurückzuführen.

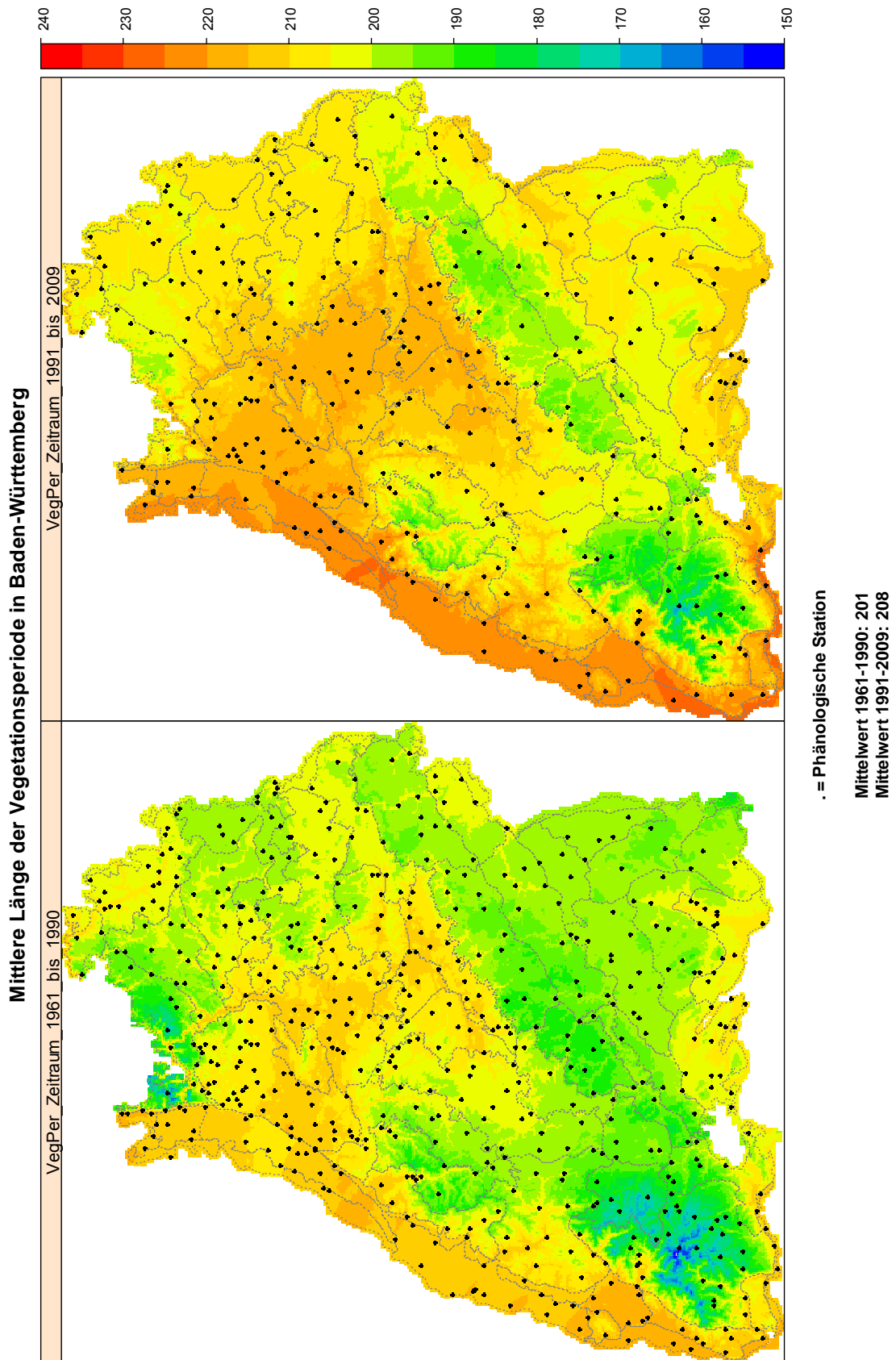


Abbildung 48. Länge der Vegetationsperiode in Baden-Württemberg. Vergleich der Zeiträume 1961 – 1990 und 1991 – 2009. Die Länge der Vegetationsperiode ist definiert als Differenz zwischen dem Mittelwert aus 4 Herbstphasen und dem Mittelwert aus 3 Frühlingsphasen. Schwarze Punkte markieren die Lage der zugrundeliegenden Beobachtungsstationen.

7. Sehr lange Zeitreihen zur Phänologie in Baden-Württemberg

Die im Rahmen des Projekts ausgewerteten Phänologischen Daten decken in der Regel den Zeitraum 1951 bis 2009 ab. Für einige Stationen oder Phasen sind auch nur Daten für einen kürzeren Zeitraum vorhanden.

Von einigen Stationen in Deutschland liegen aber Zeitreihen vor, die deutlich über diesen Zeitraum hinausgehen. Dies sind zum Beispiel „Hasel - Beginn der Blüte in Geisenheim“ (1896-2009) oder der „Forsythien-Kalender für den Standort Hamburger Lobardsbrücke“ (1945-2009).

Bei der Suche nach vergleichbaren Datenreihen aus Baden-Württemberg wurden in der „Historischen Phänologischen Datenbank (HPDB)“ des DWD Beobachtungen vom Standort Hohenheim aufgefunden. Leider sind diese Datenreihen jedoch nicht kontinuierlich. Trotzdem stellen sie die längsten Beobachtungsreihen aus Baden-Württemberg dar.

Exemplarisch sollen an dieser Stelle der Beginn der Blüte bei der Schlehe (*Prunus spinosa*) und beim Schwarzen Holunder (*Sambucus nigra*) dargestellt werden (Abb. 49 und 50).

Die vorhandenen Datenreihen beginnen in der Regel im Jahr 1837. Sie haben Lücken in den Zeiträumen 1867-1888 und 1920 bis 1950. Es wäre zu hoffen, dass diese Lücken durch weitere Recherchen in noch nicht ausgewerteten Archiven geschlossen werden können.

Zumindest für die dargestellten, lückenhaften Datenreihen (*Prunus* und *Sambucus*) wird deutlich, dass sich die Phasen von 1837 bis 1990 leicht verfrüht haben und dann seit Anfang der 1990er Jahre eine sprunghafte Verfrühung der Phasen stattgefunden hat.

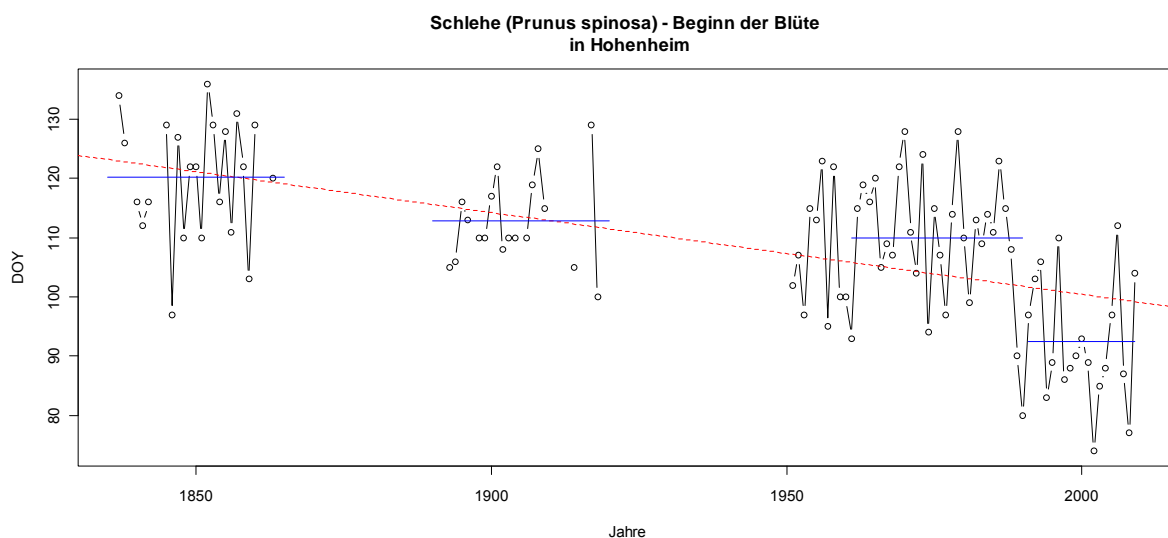


Abbildung 49. Verlauf des Eintrittsdatums (DOY, day of year) für die phänologische Phase „Schlehe – Beginn der Blüte“ in Hohenheim. Die blauen Linien stellen Mittelwerte für die entsprechenden Zeiträume (1837-1867, 1890-1920, 1961-1990 und 1991-2009) dar. Die rot-gestrichelte Linie zeigt den linearen Trend für den Gesamtzeitraum 1837-2009.

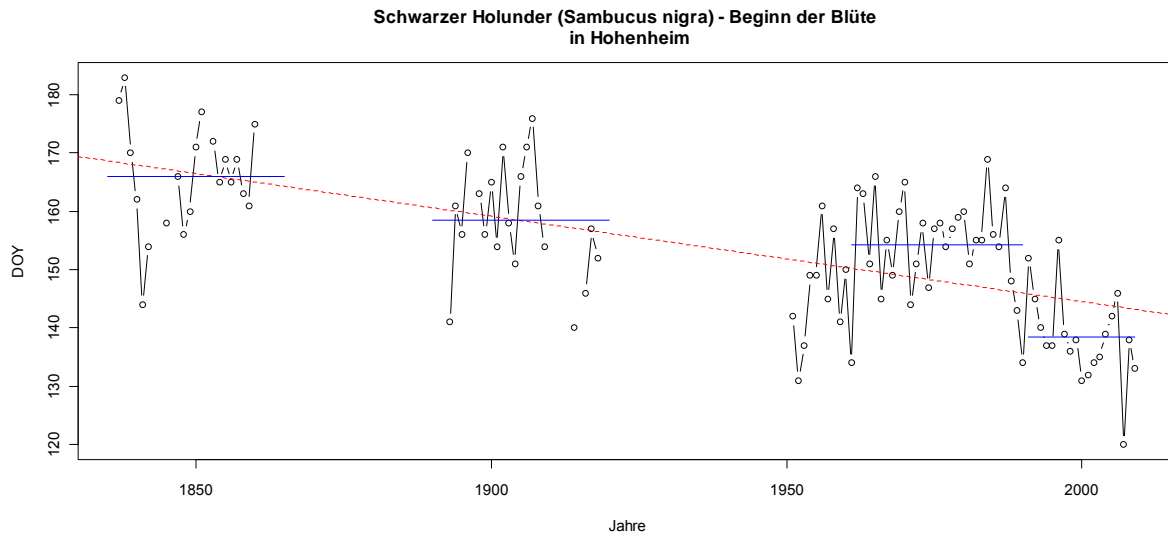


Abbildung 50. Verlauf des Eintrittsdatums (DOY, day of year) für die phänologische Phase „Schwarzer Holunder – Beginn der Blüte“ in Hohenheim. Die blauen Linien stellen Mittelwerte für die entsprechenden Zeiträume (1837-1867, 1890-1920, 1961-1990 und 1991-2009) dar. Die rot-gestrichelte Linie zeigt den linearen Trend für den Gesamtzeitraum 1837-2009.

Beide Phasen setzten mittlerweile fast **einen Monat** (Schlehe ca. 30 Tage, Holunder ca. 25 Tage) früher mit der Blüte ein als noch vor etwa 170 Jahren.

8. Zusammenhang zwischen Phänologischen Beobachtungen und Klimamessungen

8.1 Auswahl geeigneter Stationen

Insgesamt liegen aus Baden-Württemberg Beobachtungen von 652 phänologischen Stationen und 194 Klimastationen (KL-Messnetz des DWD) vor. Um geeignete Stationen für die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen phänologischen Beobachtungen und konkreten Klimamesswerten zu finden, wurden folgende Auswahlkriterien festgelegt:

- In der Nähe der phänologischen Station soll eine Klimastation vorhanden sein (maximale Distanz: 2 km).
- Die phänologische Station soll eine Mindestlaufzeit von 40 Jahren haben.
- Von der phänologischen Station sollen mindestens Beobachtungen von 50 verschiedenen phänologischen Phasen der Wildpflanzen vorliegen.

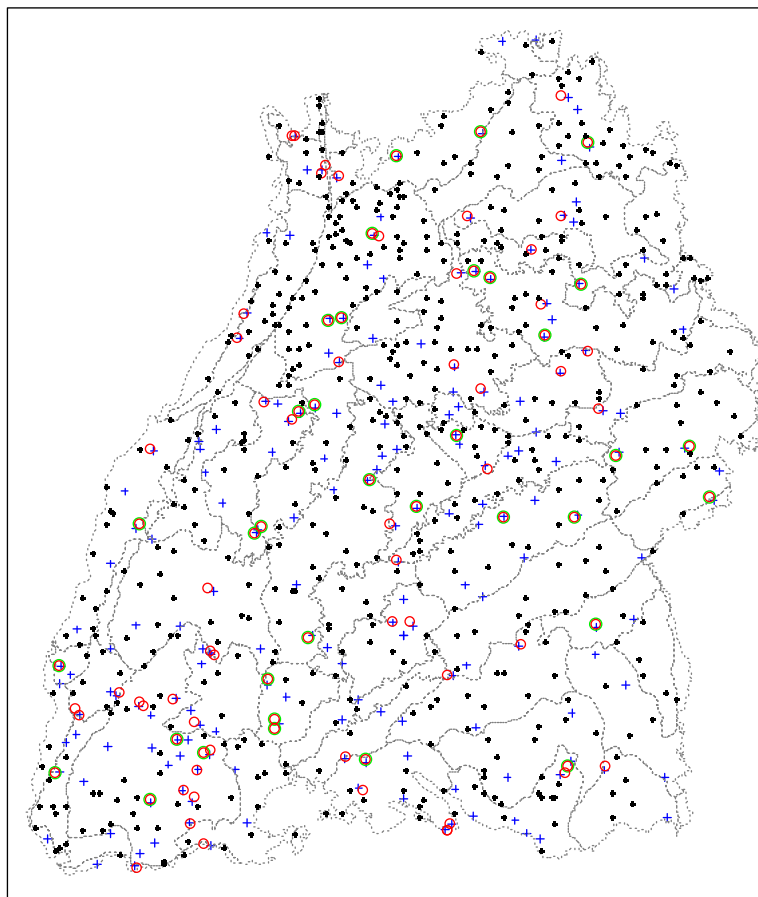


Abbildung 51. Lage von Phänologischen Beobachtungsstationen und Klimastationen des DWD in Baden-Württemberg. Blaue Kreuze – Klimastation des DWD, schwarze Punkte – Phänologische Beobachtungstation mit einer Entfernung von mehr als 2 km zur nächsten Klimastation, offene rote Kreise – Phänologische Beobachtungstation mit einer Entfernung von weniger als 2 km zur nächsten Klimastation, offene grüne Kreise – wie offene rote Kreise, Phänologische Beobachtungstation mit einer Beobachtungsreihe von mindestens 40 Jahren (vgl. Tabelle 14).

Das Ergebniss dieser Selektion zeigt Abb. 51. Die ausgewählten phänologischen Stationen und die zugehörigen Klimastationen werden in Tabelle 14 zusammengefasst.

Tabelle 14. Für die Untersuchung des Zusammenhangs von Klimamessungen und phänologischen Beobachtungen potentiell geeignete Phänologische Stationen. Die Tabelle enthält alle phänologischen Stationen mit einer Laufzeit von mindestens 40 Jahren, die nicht weiter als 2 km von einer Klimastation des DWD entfernt sind. Die Phänologischen Stationen sind sortiert nach der Länge ihrer Laufzeit (Spalte ‚Jahre‘). Für Phäno- und Klimastationen wird die Höhe (m ü.NN) angegeben. In der Spalte ‚Hoehe.diff‘ wird der Höhenunterschied angegeben (Höhenunterschiede mit weniger als 20 m wurden blau hervorgehoben). Für die Klimastationen wird die Laufzeit der Station (von / bis) angegeben. In der Spalte ‚OK‘ sind 13 geeignet erscheinende Stationen ausgewiesen.

Nr	Phänostation	Hoehe	Jahre	ID	Klimastation	DWDNr	Hoehe	von	bis	Distanz	Hoehe.diff	OK
81120001	Stuttgart-Hohenheim	391	59	4931	Stuttgart-Echterdingen	2746	371	01.01.1953	31.12.2009	2000.00	-20.00	1
81321410	Murrhardt	290	59	3425	Murrhardt	2721	344	01.01.1951	31.05.2004	682.50	54.00	
81361610	Stötten (DWD)	685	59	4887	Stötten	2728	734	01.01.1950	31.12.2009	1562.47	49.00	
81382020	Weinsberg	220	59	5429	Weinsberg	2511	219	01.01.1953	30.06.1984	372.16	-1.00	
82321200	Buchen	340	59	755	Buchen, Kr. Neckar-Odenwald	2685	340	01.01.1950	31.12.2009	378.43	0.00	2
82331190	Eberbach/Baden	130	59	1093	Eberbach/Neckar	2680	176	01.01.1951	31.10.2005	546.26	46.00	
84321450	Ingerkingen	520	56	4433	Schemmerhofen-Ingerkingen	2960	519	01.01.1987	31.12.2004	636.32	-1.00	
84401440	Urach, Bad	460	56	5174	Urach, Bad	2749	471	01.01.1975	31.12.2005	360.56	11.00	
81371300	Heidenheim a. d. Brenz	490	55	2088	Heidenheim/Brenz	4102	500	01.01.1950	30.04.2005	1690.00	10.00	3
81421350	Mergentheim, Bad	250	54	3257	Mergentheim, Bad-Neunkirchen	2679	250	01.10.1950	31.12.2009	1484.89	0.00	4
83341610	Vogtsburg-Oberrotweil	220	54	5250	Vogtsburg-Oberrotweil	2305	223	01.01.1950	31.12.2003	420.48	3.00	5
83321190	Donaueschingen	690	53	1018	Donaueschingen	2780	677	01.01.1951	31.12.2004	1699.21	-13.00	6
81382040	Willsbach	200	52	3734	Obersulm-Willsbach	2828	230	01.07.2004	31.12.2009	572.25	30.00	
84331280	Calmbach	400	52	5559	Wildbad, Bad-Calmbach	2709	385	01.01.1950	30.06.2001	490.92	-15.00	
813331260	Herrenberg	440	51	2159	Herrenberg	2920	430	01.04.1978	31.03.1985	711.69	-10.00	
83461450	Villingen	710	50	5229	Villingen-Schwenningen	2739	720	01.01.1950	31.12.2009	1793.54	10.00	7
81481290	Knittlingen	200	49	2654	Knittlingen	2697	200	01.01.1951	31.10.1983	240.83	0.00	
82341150	Bretten	180	49	710	Bretten	2703	185	01.11.1983	31.12.2003	1061.70	5.00	
83321380	Hüfingen	690	49	1018	Donaueschingen	2780	677	01.01.1951	31.12.2004	1991.81	-13.00	8
83411370	Offenburg	160	48	3777	Offenburg	2301	153	01.01.1958	31.12.2003	1972.84	-7.00	
84351261	Freudenstadt (DWD)	800	48	1468	Freudenstadt	2751	796.5	01.01.1950	31.12.2009	714.94	-3.50	9
83391380	Müllheim	270	47	259	Müllheim	2322	273	01.01.1950	31.12.2009	1138.15	3.00	10
83441110	Aach	480	46	1	Aach	2783	478	01.01.1950	30.06.1986	689.64	-2.00	
84331900	Schömburg	630	46	4517	Schömburg, Kr. Calw	2741	635	01.01.1950	31.12.2004	550.00	5.00	11
84351260	Freudenstadt (Ost)	650	46	1467	Freudenstadt-Kurgarten	2750	736	01.01.1950	31.12.2005	1417.67	86.00	
82381500	Sinsheim	150	45	4719	Sinsheim	2823	169	01.01.1998	28.08.2007	632.92	19.00	
83401370	Lenzkirch	810	45	2953	Lenzkirch-Ruhbühl	2773	852	01.01.1961	31.12.2009	1542.92	42.00	
84411500	Rottweil	600	44	4300	Rottweil	2757	588	01.02.1957	31.12.2009	1448.24	-12.00	
83401330	Hinterzarten	880	43	2228	Hinterzarten	2771	883	01.01.1950	31.03.2005	196.47	3.00	12
84381440	Laichingen	760	43	2814	Laichingen	2729	747	01.01.1951	31.12.2009	989.88	-13.00	13
84391120	Baienfurt	460	43	273	Baindt	2966	467	01.12.1986	30.04.1990	1634.90	7.00	
84451560	Tübingen	340	41	5120	Tübingen	2748	370	01.01.1950	30.04.1982	233.24	30.00	
81371400	Niederstotzingen	470	40	3605	Niederstotzingen	4104	451	01.01.1951	31.10.1980	1315.90	-19.00	
81461440	Schwäbisch Hall	300	40	4582	Schwäbisch Hall-Teurershof	2724	365	01.04.1983	31.07.2001	977.19	65.00	
83431550	Todtmoos	820	40	5059	Todtmoos	2325	781	01.10.1982	31.12.2002	648.06	-39.00	

Tabelle 14 enthält Informationen zu 35 potentiell geeignete phänologischen Stationen und den in ihrer Nähe liegenden Klimastationen. Da bereits geringe Höhenunterschiede einen Einfluss auf phänologische Beobachtungen haben können, wurde die Höhendifferenz zwischen der phänologischen Station und der Klimastation (Spalte ‚Hoehe.diff‘) berechnet. Bei einigen Klimastationen ist die Laufzeit (Spalten ‚von‘, ‚bis‘) für eine Analyse zu kurz. Die nächstgelegene DWD Klimastation zur phänologischen Station Stuttgart-Hohenheim ist eigentlich die Klimastation Stuttgart-Hohenheim. Diese wird aber seit 1977 nicht mehr vom DWD betrieben. Deshalb wurde hier die Station Stuttgart-Echterdingen als Referenzstation genutzt.

Insgesamt konnten 13 phänologischen Stationen ausgewählt werden, die für die Analyse des Zusammenhangs zwischen phänologischen Beobachtungen und konkreten Klimamesswerten als geeignet erscheinen. Die Stationen wurden in Tabelle 14, Spalte ‚OK‘ mit einer laufenden Nummer versehen.

8.2 Die Phänologische Beobachtungsstation „Buchen“ – Ein Beispiel

Für jede der 13 in Kapitel 8.1 (siehe Tabelle 14, Spalte ‚OK‘) ausgewählten phänologischen Stationen wurden mit Hilfe linearer Regressionen detaillierte Analysen des Zusammenhangs zwischen dem Eintritt der phänologischen Phasen und vorhandenen Klimaparametern durchgeführt. Hierbei wurden folgende Klimaparameter berücksichtigt:

Tabelle 15. Untersuchte Klimaparameter

Kurz	Beschreibung des Parameters
Tmit	Tagesmitteltemperatur beim Eintritt der Phase
cumTmit	kumulative Summe der mittleren Tagestemperaturen bis zum Eintritt der Phase
cumTmit0	kumulative Summe der mittleren Tagestemperaturen über 0°C bis zum Eintritt der Phase
cumTmit5	kumulative Summe der mittleren Tagestemperaturen über 5°C bis zum Eintritt der Phase
cumTmax0	kumulative Summe der maximalen Tagestemperaturen über 0°C bis zum Eintritt der Phase
Frosttage	Anzahl der Tage mit Frost bis zum Eintritt der Phase Frosttag: $T_{min} \leq 0^\circ\text{C}$
FfTage	Anzahl der Tage ohne Frost bis zum Eintritt der Phase Frostfreier Tag: $T_{min} > 0^\circ\text{C}$
Eistage	Anzahl der Eistage bis zum Eintritt der Phase Eistag: $T_{max} \leq 0^\circ\text{C}$
Sommertage	Anzahl der Sommertage bis zum Eintritt der Phase Sommertag: $T_{max} > 25^\circ\text{C}$
HeisseTage	Anzahl der heißen Tage bis zum Eintritt der Phase Heisser Tag: $T_{max} > 30^\circ\text{C}$
NN1	Anzahl der Tage mit mindestens 1 mm Niederschlag bis zum Eintritt der Phase (Regentage)
NN10	Anzahl der Tage mit mindestens 10 mm Niederschlag bis zum Eintritt der Phase (Starkregentage)

Das Ergebnis dieser Analysen soll hier am Beispiel der phänologischen Station Buchen dargestellt werden (Tabelle 16).

Die Tabelle 16 enthält alle 75 an der phänologischen Station Buchen erfasste phänologische Phasen der Wildpflanzen. Für jede Phase werden Artname (Art), Bezeichnung der Phase (Phase_txt), Nummer der Phase (Phase), Anzahl der Beobachtungsjahre (Jahre) sowie das mittlere Eintrittsdatum der Phase als Tag des Jahres (DOY, day of year) angeben. Darüberhinaus enthält die Tabelle die Bestimmtheitsmasse (R^2) einer linearen Regression zwischen dem Eintrittstag der Phase (DOY) und den in Tabelle 15 dargestellten Klimaparametern.

Derartige Tabellen wurden für alle 13 ausgewählten phänologischen Stationen zusammengestellt. Die einzelnen Tabellen sind diesem Bericht auf der beiliegenden DVD (Folder: >Auswahl) zugefügt. Die auf der DVD beigefügten Tabellen enthalten neben dem Bestimmtheitsmass (R^2) auch die Steigungen der jeweiligen Regressionsgeraden.

Die Analyseergebnisse in Tabelle 16 ergeben folgendes Bild:

- Insgesamt besteht erwartungsgemäss bei allen frühen Frühlingsphasen ein starker Zusammenhang zur Anzahl der Frosttage (je mehr Frosttage, desto später tritt die Phase ein).
- Bei der Hasel gibt es ausserdem einen starken Zusammenhang zur kumulativen Temperatursumme der Tage mit einer maximalen Temperatur $> 0^{\circ}\text{C}$. Offenbar reichen nur wenige warme Stunden am Tag aus um die Hasel zum Blühen anzuregen.
- Die Schwarz-Erle zeigt starke Zusammenhänge mit den verschiedenen berechneten kumulativen Temperatursummen sowie der Anzahl der frostfreien Tage. Damit die Schwarzerle mit der Blüte einsetzt benötigt sie einige warme Tage. Wenige warme Stunden am Tag, wie bei der Hasel, sind nicht ausreichend.
- Viele Phasen des späten Frühlings und Sommers zeigen starke Beziehungen zu den berechneten kumulativen Temperatursummen. Dies gilt für den ‚Beginn der Blüte‘ sowie die für die ‚ersten reifen Früchte‘ dieser Arten.
- Bei Arten, die keine Beziehung zu den kumulativen Temperatursummen zeigen, ist anzunehmen, dass die Induktion der jeweiligen Phase eher durch Tageslängen (Photoperiode), als durch Temperaturen gesteuert wird.
- Für die Phasen ‚Blattfall‘ bzw. ‚Nadelfall‘ kann bei keiner der Arten ein Zusammenhang mit den untersuchten Klimaparametern festgestellt werden. Es ist die Frage, ob und bei welchen Arten der Blatt- bzw. Nadelfall durch kürzer werdende Tage oder durch abnehmende Temperaturen gesteuert wird. Einsetzender Frost kann den Blatt- bzw. Nadelfall beschleunigen, ist aber vermutlich nicht der ausschlaggebende Faktor für das Einsetzen der Phase. Dies wird in Jahren mit einem milden Spätherbst (ohne Nachfröste) deutlich.
- Nur sehr wenige Phasen zeigen einen leichten Zusammenhang mit den berechneten Niederschlagsparametern.

Auffallend ist auch, dass diejenigen Phasen, bei denen ein starker Zusammenhang zwischen dem Eintritt der Phase und kumulativen Temperatursummen besteht, auch zu den Phasen gehören, bei denen die stärksten Veränderungen des Phaseneintritts durch den Klimawandel zu beobachten sind. Ein besonders augenfälliges Beispiel ist der ‚Beginn der Blüte‘ bei der Schwarz-Erle.

Insgesamt zeigen die berechneten kumulativen Temperatursummen bis zum Eintritt der Phase einen wesentlich stärkeren Zusammenhang mit dem Eintritt der jeweiligen Phase als die in anderen Untersuchungen häufig verwendeten Jahresmitteltemperaturen.

8.3 Überblick über alle ausgewählten phänologischen Beobachtungsstationen

Nach der Betrachtung der einzelnen ausgewählten phänologischen Beobachtungsstationen wurden die Daten aller Stationen zusammengefasst um einen Vergleich der einzelnen Phasen über alle untersuchten Stationen durchführen zu können.

Eine Vergleichstabelle über alle 13 ausgewählten phänologischen Beobachtungsstationen und alle 75 phänologischen Phasen der Wildpflanzen findet sich auf der dem Bericht beiliegenden DVD (Folder: >Auswahl/) in der Excel-Datei „Vergleich.xls“. Dieser Vergleich wird in Tabelle 17 auszugsweise am Beispiel der phänologischen Phase 178 (Eberesche, erste reife Früchte) wiedergegeben.

Tabelle 17. Vergleich der Untersuchungen zum Zusammenhang von Phänologischen Beobachtungen und Klimamessungen an verschiedenen Stationen am Beispiel der Phase 178 (Eberesche, erste reife Früchte). Die Spalte ‚Jahre‘ enthält die Anzahl der Beobachtungsjahre für die Phase 178 an der jeweiligen Station. Die Spalte ‚meanDOY‘ enthält das mittlere Eintrittsdatum der Phase (DOY, day of year) an der jeweiligen Station. Die Tabelle enthält die Bestimmtheitsmasse (R^2) einer linearen Regression zwischen dem Eintrittstag der Phase und dem jeweiligen Klimaparameter. Zur Erläuterung der Klimaparameter siehe Tabelle 15.

Station	Art	Phase_txt	Phase	Jahre	meanDOY	Tmit.R2	cumTmit.R2	cumTmit0.R2	cumTmit5.R2	cumTmax0.R2	Frosttage.R2	FFtage.R2	Eistage.R2	Sommerstage.R2	HeisseTage.R2	NN1.R2	NN10.R2
Müllheim	Eberesche	erste reife Früchte	178	40	201	0.04	0.28	0.4	0.39	0.35	0.06	0.11	0.05	0.19	0.2	0.08	0.08
Buchen	Eberesche	erste reife Früchte	178	55	214	0	0.47	0.58	0.56	0.55	0.05	0.44	0	0.29	0.1	0.17	0.15
Hohenheim	Eberesche	erste reife Früchte	178	54	221	0.02	0.51	0.62	0.64	0.6	0	0.4	0	0.34	0.3	0.12	0.11
Schömberg	Eberesche	erste reife Früchte	178	42	222	0.03	0.41	0.59	0.54	0.55	0.04	0.35	0	0.17	0.1	0.22	0.07
Mergentheim	Eberesche	erste reife Früchte	178	52	223	0.11	0.59	0.73	0.7	0.7	0.06	0.53	0.01	0.37	0.2	0.21	0
Donaueschingen	Eberesche	erste reife Früchte	178	40	230	0.43	0.27	0.61	0.48	0.58	0.22	0.6	0.29	0.07	0.1	0.25	0.06
Vogtsburg	Eberesche	erste reife Früchte	178	31	232	0.45	0.84	0.86	0.81	0.85	0.01	0.85	0	0.37	0.1	0.44	0.37
Heidenheim	Eberesche	erste reife Früchte	178	53	235	0.13	0.11	0.3	0.3	0.23	0.07	0.18	0.1	0.04	0	0.09	0.14
Freudenstadt	Eberesche	erste reife Früchte	178	41	239	0.14	0.21	0.32	0.19	0.33	0.02	0.45	0.03	0	0	0.13	0.1
Hinterzarten	Eberesche	erste reife Früchte	178	40	240	0.37	0.39	0.6	0.34	0.56	0.3	0.68	0.09	0.07	0.1	0.31	0.04
Villingen	Eberesche	erste reife Früchte	178	48	241	0.3	0.28	0.58	0.48	0.58	0.04	0.45	0.12	0.11	0	0.18	0.08
Laichingen	Eberesche	erste reife Früchte	178	40	245	0.09	0.18	0.36	0.22	0.37	0.02	0.45	0	0.01	0	0.24	0.23
Hüfingen	Eberesche	erste reife Früchte	178	40	270	0.22	0.66	0.75	0.65	0.74	0.07	0.79	0.01	0.1	0	0.27	0.11

Insgesamt zeigt der Vergleich, dass es trotz genereller Übereinstimmungen erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Stationen gibt. Ursache dieser Unterschiede sind vermutlich lokale Klimaphänomene. Trotz der Nähe zwischen Phäno- und Klimastation führen diese lokalen Phänomene (z.B. Exposition, Beschattung, lokale Kältesenken, etc.) zu erheblichen Abweichungen zwischen den Stationen.

In einem letzten Schritt wurden die Daten aller ausgewählten phänologischen Beobachtungsstationen zusammengeführt und gemeinsam analysiert. Das Ergebnis dieser Analyse zeigt Tabelle 18.

Bei der Betrachtung der Analyseergebnisse in Tabelle 18 zeigen sich ähnliche Resultate wie bei der Betrachtung der Tabelle 16 für die Station Buchen (siehe Kapitel 8.2). Insgesamt sind die Beziehungen zwischen dem Eintrittsdatum einer Phase und einem bestimmten Klimaparameter jedoch schwächer. Dies ist in der grösseren Varianz über alle Standorte und ggf. vorhandenen lokalklimatischen Besonderheiten begründet.

Auffallend ist jedoch der stärkere Zusammenhang zwischen dem Eintritt einiger Blatt- und Nadelfallphasen und den kumulativen Temperatursummen.

Zusätzlich sind in Tabelle 18 die mittleren Eintrittstage der Phasen (meanDOY) sowie die mittleren Wachstumsgradtage (cumTmit5) und ihre Standardabweichungen über alle Stationen berechnet worden.

Abb. 52 zeigt die Beziehung zwischen den mittleren Wachstumsgradtagen (WGT) der Eintrittsdaten der phänologischen Phasen der Wildpflanzen (meanWGT) und dem Verhältnis der Standardabweichungen der WGT zum Mittelwert der WGT (sdWGT/meanWGT).

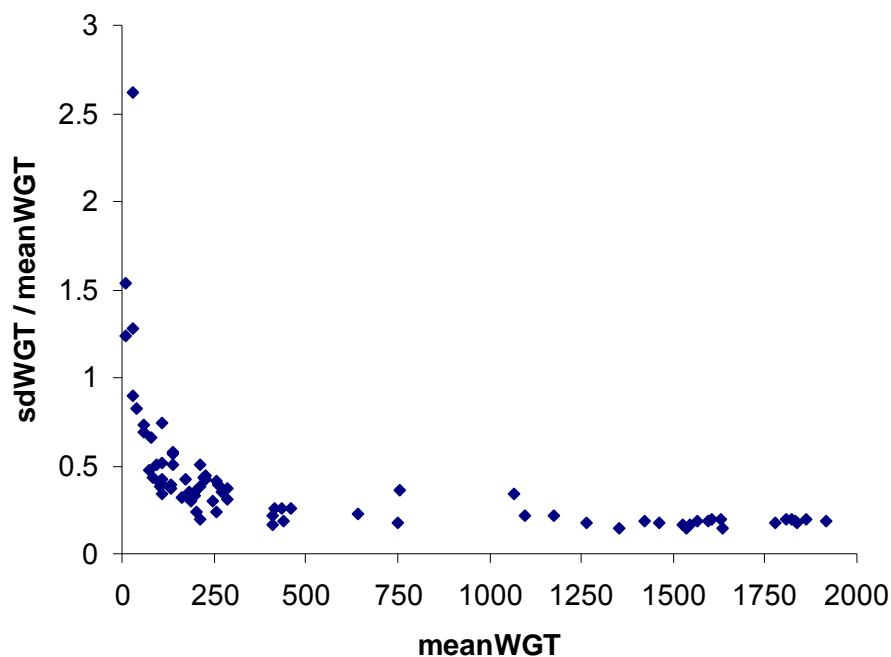


Abbildung 52. Beziehung zwischen den mittleren Wachstumsgradtagen (WGT) der Eintrittsdaten der phänologischen Phasen der Wildpflanzen (meanWGT) und dem Verhältnis der Standardabweichungen der WGT zum Mittelwert der WGT (sdWGT/meanWGT, s.g. Varianzkoeffizient).

Die Abbildung macht deutlich, dass kumulative Temperatursummen, wie z.B. die hier dargestellten Wachstumsgradtage, grundsätzlich zur Prognose des Phaseneintritts geeignet sind. Der relative Prognosefehler (Varianzkoeffizient) wird mit zunehmender ‚meanWGT‘ geringer.

9. Literatur

- Badeck, F.-W., Bondeau, A., Böttcher, K., Doktor, D., Lucht, W., Schaber, J. & S. Sitch (2004): Response of spring phenology to climate change.- *New Phytologist* 162: 295-309.
- Bakkenes, M., Eickhout, B., Alkemade, R. (2006): Impacts of different climate stabilisation scenarios on plants species in Europe. *Global Environmental Change* 16: 19–28.
- BBCH, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Bundessortenamt und Chemische Industrie (2006): BBCH – Phänologische Entwicklungsstadien wichtiger landwirtschaftlicher Kulturen einschliesslich Blattgemüse und Unkräuter.- Verlag Agromedia GmbH, Clenze.
- Bissolli, P., Müller-Westermeier, G. & C. Polte-Rudolf (2007): Aufbereitung und Darstellung phänologischer Daten.- *Promet* 33 (1/2): 14-19.
- Bivand, R.S., Pebesma, E.J. & V. Gómez-Rubio (2008): *Applied Spatial Data Analysis with R*.- 374 Seiten, Springer Verlag, New York.
- Bruns, E., Chmielewski, F.-M. & Van Vliet, A.J.H. (2003): The global phenological monitoring concept – towards international standardisation of phenological networks.- In: Schwartz, M. D. (ed.) *Phenology: An Integrative Environmental Science*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 93-104.
- Bruns, E. (2007): Phänologische Beobachtungsnetze heute und gestern.- *Promet* 33 (1/2): 2-6.
- Chen, X. (1994): Untersuchungen zur zeitlich-räumlichen Ähnlichkeit von phänologischen und klimatologischen Parametern in Westdeutschland und zum Einfluss geoökologischer Faktoren auf die phänologische Entwicklung im Gebiet des Taunus. *Berichte des deutschen Wetterdienstes*, Nr. 189, Offenbach am Main.
- Chmielewski, F.-M. (2007): Phänologie – ein Indikator zur Beurteilung der Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Biosphäre.- *Promet* 33 (1/2): 28
- Chmielewski, F.-M. & Henniges, Y. (2007): Phänologische Modelle als Grundlage zur Abschätzung des Klimaimpakts.- In: Matzarakis, A. & Mayer, H. (Hrsg.): *Proceedings zur 6. Fachtagung BIOMET des Fachausschusses 35 Biometeorologie der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft e.V. Berichte des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg*, 16, 229-235..
- DWD, Deutscher Wetterdienst (1991): *Anleitung für die phänologischen Beobachter des Deutschen Wetterdienstes (BAPH)*.- Vorschriften und Betriebsunterlagen Nr. 17 (VuB 17), 3. Aufl., Selbstverlag des DWD, Offenbach am Main.
- EEA (2008): *Impacts of Europe's changing climate - 2008 indicator-based assessment*. EEA Report No 4/2008; http://reports.eea.europa.eu/eea_report_2008_4/en.
- Erasmi, S., Feiden, K. & M. Kappas (2003): Wild- und Kulturpflanzen als Indikatoren für das Regionalklima.- In: *Leibniz-Institut für Länderkunde (Hrsg.): Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland. Bd. 3: Klima, Pflanzen- und Tierwelt*. Heidelberg, Berlin, S. 64-65.
- Gebhardt, H., Broecker, F. & K.T. von der Trenk (2003): *Aufbau eines Systems zur medienübergreifenden Umweltbeobachtung für Baden-Württemberg*.- In: *Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): Medienübergreifende Umweltbeobachtung, Stand und Perspektiven*.- Tagungsband, Karlsruhe, S. 61-63.

- Gornik, W. & Scharrer, H. (1994): Naturräumliche Gliederung für die Bundesrepublik Deutschland. Offenbach/Main: DWD.
- Henniges, Y., Danzeisen, H. & R.-D. Zimmermann (2005): Regionale Klimatrends mit Hilfe der phänologischen Uhr, dargestellt am Beispiel von Rheinland-Pfalz.- Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung – Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie 17: 28-34.
- Hudson, I.L. & M.R. Keatly (2010) (Hrsg.): Phenological Research. Methods for Environmental and Climate Change Analysis.- 521 Seiten, Springer Verlag, New York.
- HLUG, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2007): Umweltindikatoren - Bundesland Hessen. Schriftenreihe des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie 351. <www.hlug.de/medien/nachhaltigkeit/dokumente/umweltindikatoren_web.pdf>
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (2007): Fourth Assessment Report.- Cambridge University Press.
- James, D.A. (2010): RSQLite: SQLite interface for R. R package version 0.9-1. <http://CRAN.R-project.org/package=RSQLite>.
- LfU (Landesamt für Umweltschutz Baden-Württemberg) (2005): Signale aus der Natur. 20 Jahre biologische Umweltbeobachtung.- Karlsruhe.
- Maak, K. & H. v.Storch (1997): Statistical downscaling of monthly mean air temperature to the beginning of flowering of *Galanthus nivalis* L. in Northern Germany.- Int. J. Biometeorol. 41: 5-12.
- Menzel, A. (2006): Zeitliche Verschiebungen von Austrieb, Blüte, Fruchtreife und Blattverfärbung im Zuge der rezenten Klimaerwärmung.- Forum für Wissen 2006: 47-53.
- Menzel, A. (2007): Phänologische Modelle.- Promet 33 (1/2): 20-27.
- Menzel, A. & A.J. Testka (2001): Beispiele phänologischer Reihen des 20. Jahrhunderts.- Klimastatusbericht 2001: 58-66.
- Owens, M. (2006): The Definitive Guide to SQLite.- 440 Seiten, Apress, New York.
- R Development Core Team (2010): R: A language and environment for statistical computing.- R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- R Special Interest Group on Databases (R-SIG-DB) (2009). DBI: R Database Interface. R package version 0.2-5. <http://CRAN.R-project.org/package=DBI>.
- RIPS (2007): Daten aus dem Räumlichen Informations- und Planungssystem (RIPS) der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), 28.11.2007, <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de>.
- Root, T.L., Price, J.T., Hall, K.R. et al. (2003): Fingerprints of global warming on wild animals and plants.- Nature 421: 57–60.
- Sherry, R.A., Zhou, X., Gu, S., Arnone, J.A., Schimel, D.S., Verburg, P.S. (2007): Divergence of reproductive phenology under climate warming. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 104:198-202.
- Schnelle, F. (1955): Pflanzen-Phänologie. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Porting K.-G., Leipzig.
- Schröder, W., Broecker, F. & G. Schmidt (2002): Pilotvorhaben zur integrierenden ökologischen Umweltbeobachtung. Modellentwicklung für eine medienübergreifende Interpretation von Messdaten. - F&E-Vorhaben im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe, 115 S.
- Schröder, W., Pesch, R. & G. Schmidt (2007): Phänologische Änderungen bei Obstbäumen und anderen Pflanzen sowie weitere mögliche Folgen des Klimawandels für die Landwirtschaft.- Landinfo 5/2007: 15-27.

- Schröder, W., Schmidt, G. & Hasenclever (2004): Korrelation meteorologischer und pflanzenphänologischer Indikatoren des Klimawandels.- Statistische Analyse am Beispiel Baden-Württemberg.- Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie 2004 (OnlineFirst): 1-12.
- Schröder, W., Schmidt, G. & Hasenclever (2006): Geostatistical analysis of data on air temperature and plant phenology from Baden-Württemberg (Germany) as a basis for regional scaled models of climate change.- Environmental Monitoring and Assessment 120: 27-43.
- Schröder, W., Schmidt, G., Pesch, R. & Th. Eckstein (2001): Konkretisierung des Umweltbeobachtungsprogramms im Rahmen eines Stufenkonzepts der Umweltbeobachtung des Bundes und der Länder. Teilvorhaben 3 – Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Forschungsbericht 299 82 212 im Auftrag des Umweltbundesamtes, Vechta, 182 S.
- Schübler, G. (1831): Jahresbericht über die Witterungsverhältnisse Württembergs – Jahrgang 1830.- Correspondenzblatt des Württembergischen Landwirtschaftlichen Vereins 9: 185-232.
- Seyfert, F. (1960): Phänologie.- A. Ziemsen-Verlag, Wittenberg Lutherstadt.
- Sparks, T.H. & Carey, P.D. (1995): The responses of species to climate over two centuries: an analysis of the Marsham phenological record, 1736-1947. Journal of Ecology 83, 321-329.
- Spector, Ph. (2008): Data Manipulation with R.- 152 Seiten, Springer Verlag, New York.
- Tamis, W.L.M., van't Zelfde, M., van der Meijden, R., de Haas, H.A.U. (2004): Changes in vascular plant biodiversity in the Netherlands in the 20th century explained by their climatic and other environmental characteristics. Climatic Change 72:37-56.
- Thuiller, W., Lavorel, S., Araújo, M.B., Sykesand, M.T., Prentice, I.C. (2005): Climate change threatens plant diversity in Europe. The Proceedings of the National Academy of Sciences US 102: 8245–8250.
- UAK Klima-Biomonitoring (2007): Monitoring von Klimaveränderungen und deren Auswirkungen mit Bioindikatoren (Klima-Biomonitoring). Konzept, Bestandsaufnahme, Ergebnisse, Empfehlungen.- Konzept des UAK Klima-Biomonitoring des Arbeitskreises Bioindikation / Wirkungsermittlung der Landesämter und –anstalten für Umweltschutz.
- Venables, W.N. & B.D. Ripley (2002): Modern Applied Statistics with S.- 4. Auflage, 495 Seiten, Springer Verlag, New York.
- Walther, G.R., Post, E., Convey, P. et al. (2002): Ecological responses to recent climate change. Nature, 416, 389–395.

Links zu phänologischen Informationsquellen

Phänologie in Baden-Württemberg, Übersichtskarten

http://www2.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/abt5/klimaatlas_bw/klima/karten/temp/index7.html

Phänologie in Deutschland, Umweltbundesamt

<http://www.umweltbundesamt-umwelt-deutschland.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeIdent=2357>

Menzel., A., in Waldwissen:

http://www.waldwissen.net/themen/waldoekologie/pflanzenoekologie/lwf_klimawandel_pflanzentierwelt_2003_DE

COST 725: Establishing a European Phenological Data Platform for Climatological Applications

<http://topshare.wur.nl/cost725>

European Phenology Network (EPN)

<http://www.dow.wur.nl/msa/epn/>

Übersichten zu Phänologischen Netzwerken beim PIK Potsdam

<http://www.pik-potsdam.de/~rachimow/epn/html/frameok.html>

Phänologische Beobachtungen beim Schweizerischen Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie (MeteoSwiss)

<http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/klima/klimaentwicklung/phaenologie.html>

Phänologische Beobachtungen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) Österreich

http://zacost.zamg.ac.at/phaeno_portal/informationen.html

Historische Phänologische Datenbank (HPDB) des DWD

http://www.dwd.de/de/FundE/Klima/KLIS/daten/nkdz/fachdatenbank/datenkollektive/phaenologie/extra/historisch_phdb.htm

Anleitung für die phänologischen Beobachter des DWD

http://www.dwd.de/de/FundE/Klima/KLIS/daten/nkdz/fachdatenbank/datenkollektive/phaenologie/beob_programm/beobachtungsanleitung.htm

Phänologie an der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin (Prof. Chmielewski)

http://www.agrar.hu-berlin.de/struktur/institute/pfb/struktur/agrarmet/phaenologie/index_html?set_language=de&cl=de

USA National Phenology Network (USA-NPN)

<http://www.uwm.edu/Dept/Geography/npn/index.html>

10. Anhang

	Seite
Anhang 1:	
Liste der im Rahmen dieses Berichtes ausgewerteten Klimastationen des DWD	74
Anhang 2:	
Jahrestagszahlen	80

Anhang 1:

Liste der im Rahmen dieses Berichtes ausgewerteten Klimastationen des DWD

Erläuterungen siehe am Ende der Tabelle.

Nr.	ID	Stationsname	Lat	Lon	Höhe	alte Nr.	vorh	von	bis
1	1	Aach	47.84	8.85	478	2783	1	1950-01-01	1986-06-30
2	6167	Aalen-Röthardt (Kurort)	48.85	10.08	557	128	0		
3	70	Albstadt-Ebingen	48.21	9.04	712	2755	1	1973-06-01	1986-09-30
4	71	Albstadt-Lautlingen	48.21	8.96	698	2928	1	1986-11-01	2003-12-31
5	72	Albstadt-Onstmettingen	48.28	9	794	2926	1	1978-10-01	1995-05-31
6	4189	Altheim, Kreis Biberach	48.15	9.46	533	2880	1	2004-08-01	2009-12-31
7	7107	Argenbühl (AKKst)	47.68	9.95	674	2975	0		
8	238	Aulendorf-Spiegler	47.97	9.67	560	2764	1	1951-01-01	2004-12-31
9	257	Baden-Baden-Geroldsau	48.73	8.25	240	2701	1	1950-01-01	2009-12-31
10	268	Baiersbronn-Obertal	48.53	8.27	622	2752	1	1954-01-01	1996-12-31
11	273	Baindt	47.84	9.66	467	2966	1	1986-12-01	1990-04-30
12	576	Böblingen	48.68	8.97	445	2913	1	1987-08-01	2003-12-31
13	594	Boll, Bad (KKst)	48.64	9.61	425	2874	1	1993-01-01	2000-02-29
14	604	Bonndorf/Schwarzwald	47.82	8.34	875	2761	1	1971-01-01	2005-10-31
15	634	Boxberg-Seehof	49.45	9.65	373	2515	1	1980-03-01	1991-03-31
16	710	Bretten	49.03	8.7	185	2703	1	1983-11-01	2003-12-31
17	755	Buchen, Kr. Neckar-Odenwald	49.52	9.32	340	2685	1	1950-01-01	2009-12-31
18	757	Buchenbach	47.96	8	445	2315	1	1990-10-01	2009-12-31
19	772	Bühlertal	48.7	8.18	190	2702	1	1950-01-01	1986-04-30
20	772	Bühlertal	48.7	8.18	190	2702	0		
21	773	Bühlertal-Obertal	48.68	8.18	478	2903	1	1986-05-01	2004-12-31
22	881	Crailsheim-Alexandersreut	49.1	10.1	423	4099	1	1950-01-01	2003-12-31
23	931	Deggenhausertal-Azenweiler	47.8	9.41	708	2967	1	1989-08-01	2003-12-31
24	998	Dobel	48.8	8.49	696	2707	1	1950-01-01	2001-10-31
25	1018	Donaueschingen	47.94	8.51	677	2780	1	1951-01-01	2004-12-31
26	1076	Dürrheim, Bad	48.01	8.54	692	2740	1	1950-01-01	2000-11-30
27	1093	Eberbach/Neckar	49.46	8.98	176	2680	1	1951-01-01	2005-10-31
28	1102	Ebersbach/Fils	48.72	9.53	300	2865	1	1987-11-01	2002-12-31
29	1146	Ehningen	48.66	8.91	487	2919	1	1985-07-01	1987-07-31
30	1169	Eimeldingen	47.63	7.6	264	2341	1	1976-02-01	1999-09-30
31	1197	Ellwangen-Rindelbach	48.99	10.13	460	4100	1	1950-01-01	2009-12-31
32	1197	Ellwangen-Rindelbach	48.99	10.13	460	4100	0		
33	1214	Elzach-Fisnacht	48.2	8.11	440	2930	1	1987-11-01	2009-12-31
34	1224	Emmendingen-Mundingen	48.14	7.84	201	2304	1	1975-11-01	2009-12-31
35	1239	Engen/Hegau	47.85	8.77	540	2785	1	1986-08-01	2007-12-31
36	1243	Eningen	48.47	9.3	705	2759	1	1976-01-01	1985-09-30
37	5840	Enzklosterle	48.67	8.47	600	2734	1	1974-06-01	2005-03-31
38	1254	Eppingen	49.13	8.92	210	2691	1	1950-01-01	2002-11-30
39	1255	Eppingen-Elsenz	49.17	8.85	220	2846	1	2002-12-01	2009-12-31
40	1276	Eriskirch-Mariabrunn	47.64	9.54	408	2980	1	1980-08-01	2002-12-31
41	706	Eschbach	47.89	7.66	234	2326	1	1971-05-01	2004-12-31
42	1347	Feldberg-Altglashütten	47.86	8.12	962	2939	1	1980-02-01	1987-01-31
43	1346	Feldberg/Schwarzwald	47.88	8	1486	2320	1	1950-01-01	2009-12-31
44	1440	Freiamt-Ottoschwanden	48.2	7.93	481	2318	1	1971-05-01	2003-12-31
45	1443	Freiburg	48.02	7.84	236.3	2311	1	1950-01-01	2009-12-31
46	1447	Freiburg im Breisgau-Herdern	48.01	7.86	255	2310	1	1950-01-01	1985-06-30
47	7187	Freudenberg/Main-Boxtal	49.76	9.41	193	2833	1	2004-12-01	2009-12-31
48	1468	Freudenstadt	48.45	8.41	796.5	2751	1	1950-10-09	2009-12-31

49	1468	Freudenstadt	48.45	8.41	796.5	2751	0		
50	1467	Freudenstadt-Kurgarten	48.46	8.42	736	2750	1	1950-01-01	2005-12-31
51	1481	Friedenweiler	47.92	8.26	928	2766	1	1971-01-01	1998-12-31
52	1490	Friedrichshafen	47.65	9.49	394	2793	1	1950-01-01	1980-11-30
53	6258	Friedrichshafen-Unterraderach	47.69	9.44	459	2794	1	2003-01-01	2009-12-31
54	6259	Grosserlach-Mannenweiler	49.02	9.6	523	2877	1	2004-06-01	2009-12-31
55	1875	Gschwend, Kr. Ostalb	48.94	9.74	492	2723	1	1951-01-01	2002-12-31
56	2074	Hechingen	48.38	8.98	522	2754	1	1950-01-01	2009-12-31
57	2074	Hechingen	48.38	8.98	522	2754	0		
58	2080	Heidelberg	49.42	8.67	110	2693	1	1950-01-01	2009-12-31
59	2081	Heidelberg (Königstuhl)	49.24	8.44	561	2692	1	1950-01-01	1960-12-31
60	2083	Heidelberg-Grenzhof	49.42	8.61	110	2694	1	1950-01-01	1958-12-31
61	2088	Heidenheim/Brenz	48.67	10.13	500	4102	1	1950-01-01	2005-04-30
62	2095	Heilbronn	49.15	9.23	167	2689	1	1950-01-01	2003-10-31
63	7331	Hermaringen-Allewind	48.61	10.27	468	4101	1	2005-09-01	2009-12-31
64	2158	Herrenalb, Bad	48.81	8.44	350	2706	1	1951-01-01	2005-09-30
65	2158	Herrenalb, Bad	48.81	8.44	350	2706	0		
66	2159	Herrenberg	48.59	8.86	430	2920	1	1978-04-01	1985-03-31
67	2228	Hinterzarten	47.9	8.11	883	2771	1	1950-01-01	2005-03-31
68	2244	Höchenschwand	47.73	8.16	1008	2777	1	1950-01-01	1999-09-30
69	2349	Hornisgrinde	48.61	8.2	1125	2705	1	1953-01-01	2005-08-31
70	2352	Hottingen	47.62	8.02	712	2768	1	1957-01-01	1971-08-31
71	2388	Ihringen	48.04	7.63	193	2355	1	1990-06-01	2003-12-31
72	2406	Ingelfingen	49.3	9.65	209	2509	1	1980-07-01	2002-11-30
73	6260	Ingelfingen-Stachenhausen	49.33	9.71	385	2844	1	2002-12-01	2009-12-31
74	2423	Isny	47.69	10.04	712	4138	1	1950-01-01	2004-04-30
75	2477	Jungholz (Kühmoos)	47.59	7.96	728	2331	1	1970-04-01	2007-12-31
76	2522	Karlsruhe	49.04	8.37	111.6	2698	1	1950-01-01	2007-12-31
77	2546	Kehl-Odelshofen	48.56	7.88	141	2309	1	1988-10-01	2003-12-31
78	2575	Kirchberg/Jagst-Herboldshausen	49.18	9.98	426	2838	1	2007-05-22	2009-12-31
79	5885	Kirchheim/Teck-Ötlingen	48.66	9.42	289	2718	1	1951-01-01	1977-05-31
80	2638	Klippeneck	48.11	8.76	973	2758	1	1950-01-01	2009-12-31
81	2654	Knittlingen	49.03	8.76	200	2697	1	1951-01-01	1983-10-31
82	2677	Königsfeld/Schwarzwald	48.14	8.43	730	2738	1	1951-01-01	2000-12-31
83	2712	Konstanz	47.68	9.19	442.5	2795	1	1972-11-01	2009-12-31
84	2713	Konstanz (Stadtgärtnerei)	47.66	9.16	398	2790	1	1950-01-01	1974-12-31
85	2757	Krozingen, Bad	47.91	7.7	238	2334	1	1961-01-01	1983-12-31
86	2775	Künzelsau	49.28	9.69	225	2681	1	1950-01-01	1980-06-30
87	2775	Künzelsau	49.28	9.69	225	2681	0		
88	2812	Lahr	48.37	7.83	155	2303	1	1950-01-01	2009-12-31
89	2814	Laichingen	48.5	9.7	747	2729	1	1951-01-01	2009-12-31
90	2879	Lauda-Königshofen-Gerlachsheim	49.58	9.72	199	2678	1	1951-01-01	1985-12-31
91	2886	Laupheim	48.22	9.92	539	9039	1	2000-07-01	2009-12-31
92	2949	Lenningen-Schopfloch	48.54	9.53	758	2717	1	1950-01-01	2002-01-31
93	2953	Lenzkirch-Ruhbühl	47.86	8.23	852	2773	1	1961-01-01	2009-12-31
94	7403	Leutkirch-Herlazhofen	47.8	10.03	671.7	4397	1	2007-04-11	2009-12-31
95	2996	Liebenzell, Bad	48.77	8.73	352	2742	1	1950-01-01	1960-12-31
96	3001	Liliental	48.07	7.68	284	2306	1	1965-01-01	1990-05-31
97	5898	Ludwigsburg	48.9	9.21	287	2714	1	1950-01-01	1984-06-30
98	3135	Mainhardt-Ziegelbronn	49.07	9.58	473	2699	1	1955-05-01	1983-03-31
99	1492	Malsburg-Marzell-Friedrichsheim	47.78	7.74	852	2323	1	1958-01-01	2003-12-31
100	5906	Mannheim	49.51	8.56	96.1	2695	1	1950-01-01	2009-12-31
101	3223	Meersburg	47.7	9.28	460	2789	1	1950-01-01	1977-09-30
102	3257	Mergentheim, Bad-Neunkirchen	49.48	9.76	250	2679	1	1950-01-01	2009-12-31
103	3268	Messstetten	48.18	9	920	9054	1	2000-06-01	2009-12-31
104	3278	Metzingen-Neuhausen	48.53	9.32	370	2863	1	2003-01-01	2009-12-31

105	3362	Mühlacker	48.97	8.87	244	2870	1	1998-01-01	2009-12-31
106	259	Müllheim	47.81	7.64	273	2322	1	1950-01-01	2009-12-31
107	259	Müllheim	47.81	7.64	273	2322	0		
108	3402	Münsingen-Apfelstetten	48.39	9.48	750	2753	1	1950-01-01	2009-12-31
109	3702	Münstertal-Obermünstertal	47.88	7.83	515	2336	1	1972-01-01	2006-12-31
110	3425	Murrhardt	48.97	9.57	344	2721	1	1951-01-01	2004-05-31
111	3425	Murrhardt	48.97	9.57	344	2721	0		
112	3432	Nagold	48.57	8.72	380	2745	1	1950-01-01	1995-03-31
113	3432	Nagold	48.57	8.72	380	2745	0		
114	5562	Neubulach-Oberhaugstett	48.65	8.68	570	2871	1	1995-04-01	2009-12-31
115	3486	Neudenaу	49.29	9.27	212	2687	1	1950-01-01	2004-12-31
116	6208	Neuenbürg-Waldrennach	48.83	8.61	554	173	0		
117	3518	Neuhausen ob Eck	47.98	8.91	793	2934	1	1981-10-01	1993-11-30
118	3519	Neuhausen ob Eck-Unterschwandorf	47.95	8.99	663	2929	1	1993-12-01	2003-12-31
119	3603	Niederstetten	49.38	9.97	473	9075	1	2000-07-01	2009-12-31
120	3605	Niederstotzingen	48.53	10.24	451	4104	1	1951-01-01	1980-10-31
121	6275	Notzingen	48.67	9.46	325	2866	1	2004-07-01	2009-12-31
122	3672	Nufringen	48.62	8.89	455	2713	1	1950-01-01	1954-12-31
123	3671	Nürtingen	48.63	9.33	280	2726	1	1955-01-01	1991-03-31
124	3705	Oberndorf/Neckar-Aistaig	48.32	8.57	480	2924	1	1982-07-01	2004-12-31
125	3734	Obersulm-Willsbach	49.13	9.35	230	2828	1	2004-07-01	2009-12-31
126	3751	Ochsenhausen-Mittelbuch	48.05	9.88	626	2885	1	1988-06-01	1997-12-31
127	3777	Offenburg	48.46	7.93	153	2301	1	1958-01-01	2003-12-31
128	1602	Ohlsbach	48.43	7.99	176	2731	1	1970-01-01	2009-12-31
129	1602	Ohlsbach	48.43	7.99	176	2731	0		
130	3761	Öhringen	49.21	9.52	275.9	2684	1	1950-01-01	2009-12-31
131	3924	Pforzheim-Eutingen	48.91	8.74	246	2711	1	1950-01-01	2005-08-31
132	3925	Pforzheim-Ispringen	48.93	8.7	333	2857	1	2005-09-01	2009-12-31
133	3927	Pfullendorf	47.94	9.29	630	2786	1	1958-01-01	2009-12-31
134	3929	Philippensburg	49.25	8.44	100	2696	1	1950-01-01	1985-09-30
135	4053	Radolfzell-Markelfingen	47.75	9	407	2784	1	1953-01-01	1996-12-31
136	4077	Rastatt	48.85	8.19	114	2890	0		
137	4152	Remetschwil	47.68	8.15	760	2799	1	1971-01-01	1977-12-31
138	4160	Renningen-Ihinger Hof	48.74	8.93	478	2918	1	2004-07-01	2009-12-31
139	4166	Reutlingen-Betzigen	48.51	9.18	360	2868	1	1988-05-01	2002-12-31
140	4169	Rheinau-Memprechtshofen	48.67	8	131	2316	1	1958-01-01	2009-12-31
141	4175	Rheinfeldен	47.56	7.79	287	2328	1	1953-09-01	2009-12-31
142	4177	Rheinstetten-Forchheim	48.97	8.34	116	2710	1	1950-01-01	2009-12-31
143	7435	Rickenbach	47.62	7.99	761	2339	0		
144	4189	Riedlingen	48.15	9.46	533	2880	0		
145	4294	Rottenburg-Kiebingen	48.47	8.97	360	2923	1	1979-07-01	2002-10-31
146	4300	Rottweil	48.18	8.64	588	2757	1	1957-02-01	2009-12-31
147	4330	Rutesheim	48.8	8.96	449	2712	1	1952-01-01	1980-03-31
148	4349	Sachsenheim	48.96	9.07	250	2855	1	1987-11-01	2009-12-31
149	4350	Säckingen, Bad	47.56	7.94	339	2338	1	1966-01-01	2007-12-31
150	4386	Sankt Blasien	47.76	8.13	795	2776	1	1950-01-01	2006-12-31
151	4386	Sankt Blasien	47.76	8.13	795	2776	0		
152	3253	Sankt Blasien-Menzenschwand	47.83	8.07	885	2774	1	1961-01-01	2006-12-31
153	4390	Sankt Märgen	48.01	8.1	896	2781	1	1963-01-01	2004-12-31
154	6180	Sasbachwalden (Kurort)	48.05	8.13	278	197	0		
155	4419	Schallstadt-Mengen	47.96	7.71	215	2314	1	1950-01-01	2004-12-31
156	4433	Schemmerhofen-Ingerkingen	48.2	9.77	519	2960	1	1987-01-01	2004-12-31
157	4477	Schluchsee	47.82	8.19	993	2775	1	1957-01-01	2005-09-30
158	4517	Schömbеrg, Kr. Calw	48.79	8.65	635	2741	1	1950-01-01	2004-12-31
159	4556	Schonach	48.14	8.2	904	2735	1	1973-01-01	2000-08-31

160	4549	Schönwald/Schwarzwald	48.1	8.2	1021	2915	1	1977-05-01	2009-12-31
161	4557	Schopfheim-Eichen	47.65	7.84	400	2329	1	1953-01-01	2002-10-31
162	4581	Schwäbisch Gmünd-Strassdorf	48.78	9.8	415	2727	1	1951-01-01	2002-10-31
163	6262	Schwäbisch Gmünd-Weiler	48.77	9.88	410	2900	1	2002-10-31	2009-12-31
164	4582	Schwäbisch Hall-Teurershof	49.12	9.71	365	2724	1	1983-04-01	2001-07-31
165	4702	Sigmaringen (Flugplatz)	48.1	9.25	645	9053	1	2000-07-02	2007-06-29
166	4703	Sigmaringen-Laiz	48.07	9.2	580	2760	1	1951-01-01	2009-12-31
167	6263	Singen	47.77	8.82	445	2957	1	2004-07-01	2009-12-31
168	4719	Sinsheim	49.25	8.88	169	2823	1	1998-01-01	2007-08-28
169	4837	Stegen	47.99	7.95	363	2313	1	1985-12-01	1990-09-30
170	4881	Stockach	47.86	9.02	532	2798	1	1977-10-01	1994-07-31
171	4887	Stötten	48.67	9.87	734	2728	1	1950-01-01	2009-12-31
172	4926	Stuttgart (Neckartal)	48.79	9.22	223	2715	1	1950-01-01	2009-12-31
173	4928	Stuttgart (Schnarrenberg)	48.83	9.2	314.3	2743	1	1958-01-01	2009-12-31
174	4931	Stuttgart-Echterdingen	48.69	9.23	371	2746	1	1953-01-01	2009-12-31
175	4933	Stuttgart-Hohenheim	48.71	9.21	401	2716	1	1950-01-01	1977-06-30
176	4927	Stuttgart-Stadt	48.77	9.18	286	2720	1	1951-01-01	1984-07-31
177	4987	Tauberbischofsheim-Dittigheim	49.61	9.68	179	2832	1	1986-05-01	2004-06-30
178	5047	Titisee-Neustadt-Langenordnach	47.94	8.19	870	2772	1	1950-01-01	1995-12-31
179	5049	Titisee-Neustadt-Titisee	47.9	8.15	846	2767	1	1957-01-01	2005-02-28
180	5059	Todtmoos	47.73	8	781	2325	1	1982-10-01	2002-12-31
181	5094	Triberg	48.13	8.23	683	2737	1	1950-01-01	2001-12-31
182	5094	Triberg	48.13	8.23	683	2737	0		
183	5095	Triberg (Kurpark)	48.13	8.23	700	2931	1	1975-07-01	1988-06-30
184	5105	Trochtelfingen	48.31	9.25	700	2756	1	1950-01-01	1973-02-28
185	5107	Trochtelfingen-Wilsingen	48.28	9.31	769	2875	1	1988-06-01	2003-12-31
186	5120	Tübingen	48.52	9.05	370	2748	1	1950-01-01	1982-04-30
187	5127	Tuttlingen	48.01	8.82	649	2932	1	1991-02-01	2003-12-31
188	5128	Tuttlingen-Möhringen	47.96	8.76	675	2933	1	1981-06-01	1990-12-31
189	5138	Überlingen/Bodensee	47.77	9.21	477	2787	1	1950-01-01	2003-12-31
190	5155	Ulm	48.38	9.95	566.8	2730	1	1950-01-01	2009-12-31
191	5174	Urach, Bad	48.5	9.4	471	2749	1	1975-01-01	2005-12-31
192	5229	Villingen-Schwenningen	48.05	8.46	720	2739	1	1950-01-01	2009-12-31
193	5250	Vogtsburg-Oberrotweil	48.09	7.64	223	2305	1	1950-01-01	2003-12-31
194	5275	Waghäusel-Kirrlach	49.25	8.54	105	2840	1	1985-10-01	2009-12-31
195	5284	Waiblingen	48.83	9.32	224	2910	1	1978-01-01	1991-12-31
196	13674	Waibstadt	49.3	8.91	236.6	2824	1	2007-07-31	2009-12-31
197	5289	Waldachtal-Lützenhardt	48.49	8.56	595	2908	1	1983-01-01	2007-12-31
198	5291	Waldau-Jostal	47.98	8.16	1005	2770	1	1950-01-01	1961-12-31
199	5320	Waldshut	47.62	8.24	330	2778	1	1953-01-01	1991-06-30
200	474	Warthausen-Birkenhard	48.13	9.77	599	2765	1	1959-01-01	1986-09-30
201	4094	Weingarten, Kr. Ravensburg	47.81	9.62	440	2791	1	1950-01-01	2009-12-31
202	5429	Weinsberg	49.15	9.29	219	2511	1	1953-01-01	1984-06-30
203	5429	Weinsberg	49.15	9.29	219	2511	0		
204	5435	Weissach	48.85	8.91	455	2917	1	1981-01-01	2003-12-31
205	5453	Weisweil-Waldeckhof	48.19	7.7	173	2352	1	1992-06-01	2003-12-31
206	5460	Wellendingen	48.15	8.7	655	2935	1	1978-12-01	1984-07-31
207	5971	Welzheim (A)	48.88	9.64	510	2719	1	1951-01-01	1963-02-28
208	5498	Wertheim-Eichel	49.77	9.54	140	2677	1	1950-01-01	2004-11-30
209	5559	Wildbad, Bad-Calmbach	48.77	8.58	400	2709	1	1950-01-01	2001-06-30
210	5560	Wildbad, Bad-Sommerberg	48.75	8.54	740	2708	1	1950-01-01	2003-11-30
211	5560	Wildbad, Bad-Sommerberg	48.75	8.54	740	2708	0		
212	5609	Winterbach, Rems-Murr-Kreis	48.8	9.47	240	2893	1	1994-08-01	2002-03-31
213	5664	Wolfach	48.3	8.24	291	2736	1	1958-01-01	2009-12-31
214	5665	Wolfegg	47.82	9.8	677	2947	1	1979-10-01	2004-12-31
215	5731	Wutöschingen-Oftringen	47.68	8.38	398	2769	1	1961-01-01	2009-12-31

Erläuterungen zur Liste der Klimastationen:

Nr.	laufende Nummer in der Liste
ID	neue Stationsnummern des DWD (DWD-ID)
	Stationsname
Lat	geographische Breite
Lon	geographische Länge
Höhe	Höhe der Station über Normalnull (m ü.NN)
alte Nr.	
vorh	0 = nein, 1 = ja; die Daten der Klimastation sind als Tageswerte vorhanden
von	Beginn der Messreihe
bis	Ende der Messreihe

Es liegen für alle Stationen (vorh = 1) die Tageswerte vom 01.01.1950 (bzw. vom Betriebsbeginn der Station) bis zum 31.12.2009 (bzw. bis zur Auflösung der Station) vor (siehe Spalte: Daten bis). Innerhalb der einzelnen Messreihen gibt es (vereinzelt) fehlende Werte, die hier nicht näher ausgewiesen werden.

Folgende Klimaelemente liegen (soweit beim DWD vorhanden) als Tageswerte vor:

Satzbeschreibung für die Klimadaten nach DWD

```

*****
* SATZBESCHREIBUNG FUER DIE DATEIEN KL_XXXXXXXXX_DAT*
* -----
* INHALT : KLIMADATEN
* STAT. : SIEHE BITTE BESTAND
* ZEITR. : 01.01.1950 - 31.12.2009
*****
CODE = ASCII
-----
I FELD.NR.:CHAR.VON-BIS:Z.D.CHAR.: I N H A L T I
I-----I
I 1 : 1 - 5 : 5 :STATIONSNUMMER I
I 2 : 6 - 9 : 4 :JAHR I
I 3 : 10 - 11 : 2 :MONAT I
I 4 : 12 - 13 : 2 :TAG I
I 5 : 14 : 1 :LEERSPALTE I
I 6 : 15 - 18 : 4 :TAEGL.MAXIMUM DER LUFTTEMPERATUR IN 0.1 C I
I 7 : 19 : 1 :LEERSPALTE I
I 8 : 20 - 23 : 4 :TAEGL.MINIMUM DER LUFTTEMPERATUR IN 0.1 C I
I 9 : 24 : 1 :LEERSPALTE I
I 10 : 25 - 28 : 4 :LUFTTEMPERATUR TAGESMITTEL IN 0.1 C I
I 11 : 29 : 1 :LEERSPALTE I
I 12 : 30 - 33 : 4 :LUFTTEMPERATUR AM ERDBODEN IN 0.1 C I
I 13 : 34 : 1 :LEERSPALTE I
I 14 : 35 - 37 : 3 :REL. FEUCHTE TAGESMITTEL IN % I
I 15 : 38 : 1 :LEERSPALTE I
I 16 : 39 - 40 : 2 :SICHTWEITE TERMIN 1 CODE ,SIEHE TABELLE I
I 17 : 41 : 1 :LEERSPALTE I
I 18 : 42 - 43 : 2 :SICHTWEITE TERMIN 2 CODE ,SIEHE TABELLE I
I 19 : 44 : 1 :LEERSPALTE I
I 20 : 45 - 46 : 2 :SICHTWEITE TERMIN 3 CODE ,SIEHE TABELLE I
I 21 : 47 : 1 :LEERSPALTE I
I 22 : 48 - 49 : 2 :WETTERERSCHINUNGEN TERMIN 1 SIEHE TABELLE I
I 23 : 50 : 1 :LEERSPALTE I
I 24 : 51 - 52 : 2 :WETTERERSCHINUNGEN TERMIN 2 SIEHE TABELLE I
I 25 : 53 : 1 :LEERSPALTE I
I 26 : 54 - 55 : 2 :WETTERERSCHINUNGEN TERMIN 3 SIEHE TABELLE I
I 27 : 56 : 1 :LEERSPALTE I
I 28 : 57 - 59 : 3 :TAGESSUMME DER SONNENSCHINDAUER IN 0.1 STDI I
I 29 : 60 : 1 :LEERSPALTE I
I 30 : 61 - 64 : 4 :TAEGL. NIEDERSCHLAGSHOEHE IN 0.1 MM I

```

```

I   31   :   65       :           1 :ART DES NIEDERSCHLAGS           I
I       :           :           :0 = KEIN REGEN                   I
I       :           :           :1 = REGEN                         I
I       :           :           :7 = SCHNEE                       I
I       :           :           :8 = GEFALL. FEST+FLUESSIGER NIEDERSCHLAG I
I       :           :           :9 = FEHLKENNUNG                 I
-----

```

Die Klimatermine entsprachen vom MESSBEGINN - 31.03.2001:
Termin 1 07:30 MEZ, Termin 2 14:30 MEZ, Termin 3 21:30 MEZ
Tageswerte von 07:30 Vortag bis 07:30 MEZ

Seit 01.04.2001 entsprechen die Klimatermine:
Termin 1 07 MEZ , Termin 2 13 MEZ, Termin 3 19 MEZ
Tageswerte von 07 MEZ Vortag bis 07 MEZ

WENN IM FELD ART DES NIEDERSCHLAGS EINE 0 STEHT UND IM FELD SUMME EINE 1,
ist die Menge des Niederschlages <0.01 MM

WENN IM FELD ART DES NIEDERSCHLAGS EINE 4 STEHT UND IM FELD SUMME EIN WERT,
IST DIE ART NICHT FESTSTELLBAR

Vom Anfang bis 12/1985 werden Hagel, Griesel und Graupel als Regen gewertet,
ab 01/1986 als Schnee

TABELLE FUER DIE SICHTWEITE

```

0           SICHTWEITE < 50 M
1   50 M <= SICHTWEITE < 200 M
2   200 M <= SICHTWEITE < 500 M
3   500 M <= SICHTWEITE < 1 KM
4     1 KM <= SICHTWEITE < 2 KM
5     2 KM <= SICHTWEITE < 4 KM
6     4 KM <= SICHTWEITE < 10 KM
7    10 KM <= SICHTWEITE < 20 KM
8    20 KM <= SICHTWEITE < 50 KM
9           SICHTWEITE >= 50 KM
-9           NICHT BESTIMMBAR

```

Codetabelle fuer Wettererscheinungen aus Klima

```

0 kein signifikantes Wetter
4 Nebel
5 Spruehregen
6 Regen
7 Schnee
8 Schauer
9 Gewitter
45 Spruehregen und Nebel
46 Regen und Nebel
47 Schnee und Nebel
48 Schauer und Nebel
49 Gewitter und nebel
-9 Fehlkennung

```

Anhang 2:

Jahrestagszahlen

Jahrestagszahlen

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember												
1	1	1	32	1	60	1	91	1	121	1	152	1	182	1	213	1	244	1	274	1	305	1	335 (-31)
2	2	2	33	2	61	2	92	2	122	2	153	2	183	2	214	2	245	2	275	2	306	2	336 (-30)
3	3	3	34	3	62	3	93	3	123	3	154	3	184	3	215	3	246	3	276	3	307	3	337 (-29)
4	4	4	35	4	63	4	94	4	124	4	155	4	185	4	216	4	247	4	277	4	308	4	338 (-28)
5	5	5	36	5	64	5	95	5	125	5	156	5	186	5	217	5	248	5	278	5	309	5	339 (-27)
6	6	6	37	6	65	6	96	6	126	6	157	6	187	6	218	6	249	6	279	6	310	6	340 (-26)
7	7	7	38	7	66	7	97	7	127	7	158	7	188	7	219	7	250	7	280	7	311	7	341 (-25)
8	8	8	39	8	67	8	98	8	128	8	159	8	189	8	220	8	251	8	281	8	312	8	342 (-24)
9	9	9	40	9	68	9	99	9	129	9	160	9	190	9	221	9	252	9	282	9	313	9	343 (-23)
10	10	10	41	10	69	10	100	10	130	10	161	10	191	10	222	10	253	10	283	10	314	10	344 (-22)
11	11	11	42	11	70	11	101	11	131	11	162	11	192	11	223	11	254	11	284	11	315	11	345 (-21)
12	12	12	43	12	71	12	102	12	132	12	163	12	193	12	224	12	255	12	285	12	316	12	346 (-20)
13	13	13	44	13	72	13	103	13	133	13	164	13	194	13	225	13	256	13	286	13	317	13	347 (-19)
14	14	14	45	14	73	14	104	14	134	14	165	14	195	14	226	14	257	14	287	14	318	14	348 (-18)
15	15	15	46	15	74	15	105	15	135	15	166	15	196	15	227	15	258	15	288	15	319	15	349 (-17)
16	16	16	47	16	75	16	106	16	136	16	167	16	197	16	228	16	259	16	289	16	320	16	350 (-16)
17	17	17	48	17	76	17	107	17	137	17	168	17	198	17	229	17	260	17	290	17	321	17	351 (-15)
18	18	18	49	18	77	18	108	18	138	18	169	18	199	18	230	18	261	18	291	18	322	18	352 (-14)
19	19	19	50	19	78	19	109	19	139	19	170	19	200	19	231	19	262	19	292	19	323	19	353 (-13)
20	20	20	51	20	79	20	110	20	140	20	171	20	201	20	232	20	263	20	293	20	324	20	354 (-12)
21	21	21	52	21	80	21	111	21	141	21	172	21	202	21	233	21	264	21	294	21	325	21	355 (-11)
22	22	22	53	22	81	22	112	22	142	22	173	22	203	22	234	22	265	22	295	22	326	22	356 (-10)
23	23	23	54	23	82	23	113	23	143	23	174	23	204	23	235	23	266	23	296	23	327	23	357 (-9)
24	24	24	55	24	83	24	114	24	144	24	175	24	205	24	236	24	267	24	297	24	328	24	358 (-8)
25	25	25	56	25	84	25	115	25	145	25	176	25	206	25	237	25	268	25	298	25	329	25	359 (-7)
26	26	26	57	26	85	26	116	26	146	26	177	26	207	26	238	26	269	26	299	26	330	26	360 (-6)
27	27	27	58	27	86	27	117	27	147	27	178	27	208	27	239	27	270	27	300	27	331	27	361 (-5)
28	28	28	59	28	87	28	118	28	148	28	179	28	209	28	240	28	271	28	301	28	332	28	362 (-4)
29	29			29	88	29	119	29	149	29	180	29	210	29	241	29	272	29	302	29	333	29	363 (-3)
30	30			30	89	30	120	30	150	30	181	30	211	30	242	30	273	30	303	30	334	30	364 (-2)
31	31			31	90	31	151			31	212	31	243			31	304			31	365 (-1)		

11. Anlagen

Alle Anlagen auf der dem Bericht beiliegenden DVD

Anlage 1:

Phänologische Uhren für die Beobachtungsstationen in Baden-Württemberg
(Übersicht über die Stationen in Tabelle 10, Seite 29)

Auf DVD im Folder: >PhaenoUhren\Stationen\ (748 Dateien)

Anlage 2:

Phänologische Uhren für die Naturräumlichen Haupteinheiten in Baden-Württemberg

Auf DVD im Folder: >PhaenoUhren\NR\ (208 Dateien)

Anlage 3:

Phänologische Uhren für die Naturraumgruppen in Baden-Württemberg

Auf DVD im Folder: >PhaenoUhren\NRG\ (52 Dateien)

Anlage 4:

Phänologische Uhren für die Ökologischen Raumgruppen in Baden-Württemberg

Auf DVD im Folder: >PhaenoUhren\rgl20\ (76 Dateien)

Anlage 5:

Phänologische Kalender für die Naturraumgruppen in Baden-Württemberg

Auf DVD im Folder: >PhaenoKalender\ (2 * 39 Dateien)

Anlage 6:

Graphiken zu den Phänologischen Phasen der Wildpflanzen in Baden-Württemberg

Auf DVD im Folder: >PhaenoPhasen\ (225 Dateien)

Anlage 7:

Karten zu ausgewählten Phänologischen Phasen in Baden-Württemberg (incl. Vegetationsperiode)

Auf DVD im Folder: >PhaenoKarten\ (109 Dateien)

Anlage 8:

Tabellen und Karten zu ausgewählten phänologischen Beobachtungsstationen (zu Kapitel 8)

Auf DVD im Folder: >Auswahl\ (32 Dateien)