

Phänologie-Indikator Vögel

Verändert sich die Periode der höchsten Entdeckbarkeit bei den Brutvögeln in der Schweiz?

Nicolas Strebel
Hans Schmid
Thomas Sattler



Bericht zuhanden der Abteilung Klima,
Bundesamt für Umwelt BAFU



vogelwarte.ch

Impressum

Phänologie-Indikator Vögel

Bericht zuhanden der Abteilung Klima, Bundesamt für Umwelt BAFU

Autoren

Nicolas Strebel, Hans Schmid, Thomas Sattler

Mitarbeit

Marc Kéry, Fränzi Korner-Nievergelt

Zitiervorschlag

N. Strebel, H. Schmid & T. Sattler (2016): Phänologie-Indikator Vögel. Schweizerische Vogelwarte, Sempach.

Kontakt

Nicolas Strebel, Schweizerische Vogelwarte, Seerose1, 6204 Sempach

Tel.: 041 462 97 94, nicolas.strebel@vogelwarte.ch

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Einleitung	4
1. Datengrundlage und Vorgehen	4
1.1 Erhebung der Daten	4
1.2 Datenauswahl	4
Allgemeine Selektion der Daten	4
Datenselektion: Arten	5
Datenselektion innerhalb der Saison	7
Datenselektion nach Jahren	8
1.3 Zunahme der Meldetätigkeit über die Zeit	8
1.4 Artengruppen	9
2. Statistische Analyse	9
2.1 Einzelarten	9
2.2 Index-Berechnung	10
Berechnung der Indexwerte	10
3. Ergebnisse	11
3.1 Datum der höchsten Entdeckbarkeit	11
3.2 Veränderung des Datums der höchsten Entdeckbarkeit	11
3.3 Index	12
4. Diskussion	13
4.1 Vergleich der Vogel-Phänologie mit der Frühlingstemperatur	13
Phänologie-Indices vs. Frühjahrs-Temperatur	14
Phänologie einzelner Arten vs. Frühjahrs-Temperatur	15
4.2 Vergleich mit Phänologie-Daten von Pflanzen	16
4.3 Robustheit	17
Literatur	18
Anhang	19
Anhang 1: Berücksichtigte Arten	19
Anhang 2: Indexwerte, mittlere Schätzung und Vertrauensintervall	20
Anhang 3: Anzahl berücksichtigter Arten pro Jahr	21
Anhang 4: Veränderung der Indexwerte bei Weglassen einer Art, am Beispiel des Langstreckenzieher- Index	22

Zusammenfassung

Bei vielen Vogelarten ist das saisonale Muster der Gesangsaktivität eng an das Brutgeschehen gekoppelt. Zu Beginn der Brutzeit singen Vögel am intensivsten. Dann steht die Chance für einen Beobachter am besten, eine Brutvogelart auch tatsächlich zu entdecken. Diese Periode der höchsten Entdeckbarkeit verwenden wir als phänologisches Mass für den Phänologie-Indikator Vögel.

Nach einem Beobachtungsgang füllen Ornithologen oft sogenannte vollständige Beobachtungslisten aus, in welchen sie sämtliche festgestellten Arten aufführen. Während der Periode der höchsten Entdeckbarkeit einer Art ist entsprechend auch der Anteil an Listen mit der entsprechenden Art am grössten. In einem ersten Schritt ermittelten wir diese Periode, separat für jedes Jahr, für ein möglichst grosses Artenset. Nach umfassender Datenselektion konnten 34 Arten berücksichtigt werden. Nur bei wenigen Arten sind bereits seit den späten 1980er-Jahren genügend Daten für die entsprechende Berechnung vorhanden. Bei den meisten ist dies spätestens ab der Einführung des Meldeportals ornitho.ch im Jahr 2007 der Fall. Basierend auf den vorhandenen Daten kann ein Phänologie-Indikator Vögel ab 1996 berechnet werden.

Wir legten das Jahr 2010 als Basisjahr für den Index fest. Für jede Art berechneten wir anschliessend die jährliche Differenz der Periode der höchsten Entdeckbarkeit zum Wert des Jahres 2010. So erhielten wir für jede Art die phänologische Abweichung zum Jahr 2010. Die Indexwerte für die einzelnen Jahre berechneten wir dann, indem wir die artweisen phänologischen Differenzen zum Basisjahr mittelten. Wir berechneten einen Index für das gesamte Artenset sowie je einen separat für die Langstrecken- und die Kurzstreckenzieher. Der Indexwert wird nur für diejenigen Jahre ausgewiesen, in welchen Daten von mehr als fünf Arten verfügbar waren (alle Arten: ab 1996, Langstreckenzieher: ab 2001, Kurzstreckenzieher: ab 2007).

Um die Jahrtausendwende hat sich der Index um gut fünf Tage in Richtung spätere Phänologie verschoben. Danach fluktuiert er, ein Trend ist nicht erkennbar. Berücksichtigt man nur die Langstreckenzieher, so zeigt der Trend seit 2001 eher in Richtung frühere Phänologie. Allerdings scheinen jährliche Schwankungen über kurze Zeiträume von fünf und weniger Jahren zu dominieren, was Aussagen zu Trends erschwert. Dies gilt insbesondere auch für den Index der Kurzstreckenzieher, den wir erst ab 2007 berechnen können.

Die gefundenen Muster scheinen unter anderem von der jeweiligen Frühlings-Temperatur beeinflusst zu sein. Folglich bildet der Index zurzeit eher kurzfristige Reaktionen denn längerfristige Trends ab. Es ist davon auszugehen, dass die berücksichtigte Periode eher kurz ist, um längerfristige phänologische Veränderungen von kurzfristigen, möglicherweise witterungsbedingten Schwankungen unterscheiden zu können. Ein auf phänologischen Daten von Pflanzen basierenden Index zeigt innerhalb derselben Periode ebenfalls deutliche kurzfristigen Schwankungen, ein klarer Trend ist nicht festzustellen.

Einleitung

Klimatische Schwankungen beeinflussen die Umwelt und führen zu Veränderungen im Jahresablauf von Tieren und Pflanzen. Beispielsweise wurde gezeigt, dass der Brutbeginn von Vögeln mit der Frühlingstemperatur korreliert und sich über längere Zeiträume nach vorne verschoben hat (Walther et al. 2002). Das Klima-Indikatorenset des Bundes (Bericht „Klimaänderung in der Schweiz“, BAFU 2013) enthält unter anderem ein auf der Bestandsentwicklung von Brutvogelarten basierender Index (Zbinden et al. 2012). Als weitere Ergänzung dieses Indikatorensets erstellt die Schweizerische Vogelwarte Sempach mit dem vorliegenden Bericht und im Auftrag der Abteilung Klima des BAFU den *Phänologie-Indikator Vögel*. Als phänologisches Mass verwenden wir hier den Frühjahrs-Peak der Entdeckbarkeit, der bei vielen Arten zeitlich eng an den Brutbeginn gebunden ist.

Als Entdeckbarkeit bezeichnen wir hier die Wahrscheinlichkeit, dass eine Vogelart von einem Beobachter auf einem Beobachtungsgang auch tatsächlich festgestellt wird. Die Entdeckbarkeit ändert sich bei vielen Arten im Jahresverlauf und ist oft eng an das Brutgeschehen gekoppelt. Bei Zugvögeln ist das saisonale Muster der Entdeckbarkeit zudem abhängig vom Eintreffen in den Brutgebieten. Viele Vögel zeigen vor allem zu Beginn der Brutzeit eine erhöhte Gesangsaktivität (Lehikoinen 2013) und weitere auffällige Verhaltensweisen, was zu einer höheren Entdeckbarkeit führt. Folglich ist davon auszugehen, dass zeitliche Verschiebungen im Brutgeschehen in einer zeitlichen Veränderung der Periode der höchsten Entdeckbarkeit resultieren. Mit geeigneten statistischen Methoden lassen sich solche Veränderungen quantifizieren.

Basierend auf dem umfangreichen Datenmaterial in der Datenbank des Ornithologischen Informationsdienstes (ID) der Schweizerischen Vogelwarte können wir so für verschiedene Vogelarten die jährliche Periode der höchsten Entdeckbarkeit sowie deren Veränderung über die Jahre ermitteln.

1. Datengrundlage und Vorgehen

1.1 Erhebung der Daten

Als Datengrundlage dienen die im Rahmen des Projekts «Monitoring seltene Brut- und Gastvögel» gesammelten Daten. Diese werden der Vogelwarte von über 2000 freiwilligen Mitarbeitern zur Verfügung gestellt. Bei diesen Mitarbeitern handelt es sich um Fachleute mit guten feldornithologischen Kenntnissen. Detaillierte Informationen zum Projekt finden sich auf der Homepage der Vogelwarte (www.vogelwarte.ch/de/projekte/ueberwachung/freiwillige-mitarbeit/monitoring-seltene-brut-und-gastvoegel/).

1.2 Datenauswahl

Allgemeine Selektion der Daten

Aus der grossen Datenmenge (aktuell über 1 Mio. Meldungen pro Jahr) müssen die relevanten Beobachtungen selektioniert werden. Dabei kamen hier folgende Überlegungen und daraus resultierenden Kriterien zur Anwendung:

- Homogene Daten erleichtern die Interpretation der Ergebnisse. Auf Grund der geografischen Bedingungen ist die Brut-Phänologie vieler Vogelarten in der Schweiz jedoch recht heterogen. Auf einer tiefer gelegenen Fläche brütet dieselbe Art früher als auf einer höher gelegenen Fläche, südlich der Alpen früher als nördlich der Alpen. Daher verwenden wir nur Meldungen aus Kilometer-Quadraten, welche unterhalb von 800 m ü.M. liegen. Weiter werden Meldungen von

der Alpensüdseite weggelassen. Insgesamt sind davon nur rund 20% der Meldungen betroffen, da für höher gelegene Flächen weit weniger Daten vorhanden sind als für tiefer gelegene Flächen (Abb. 1). Der Index repräsentiert folglich hauptsächlich die tiefen und mittleren Lagen nördlich der Alpen.

- Die freiwilligen Mitarbeiter der Vogelwarte können sich zwischen verschiedenen Meldevarianten entscheiden. Nach einer Exkursion melden sie entweder alle beobachteten Arten (Vollständige Beobachtungsliste) oder nur die Beobachtungen von Arten aus einem vorgegebenen, reduzierten Artenset. Daraus resultieren Artenlisten je Kilometerquadrat, Tag und Beobachter. Meldungen aus dem vorgegebenen, reduzierten Artenset werden seit den 1980er-Jahren erfasst. Für die vorliegende Analyse beschränkten wir uns auf Meldungen ab dem Jahr 1987. Die Erfassung vollständiger Artenlisten wurde durch die Einführung der Meldeplattform ornitho.ch 2007 deutlich gestärkt.

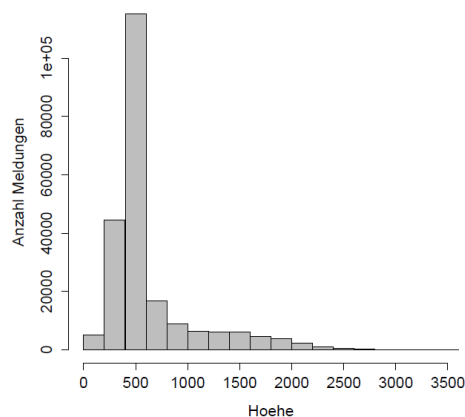


Abbildung 1: Höhenverteilung der Meldungen der freiwilligen Mitarbeiter aus dem Zeitraum März–Juni 2015.

Datenselektion: Arten

Basierend auf den vollständigen Artenlisten respektive den Meldungen aus dem festgelegten Artenset berechneten wir für jede Art den täglichen Anteil an Beobachtungsgängen mit Feststellungen der Art.

Das Vorgehen wird hier am Beispiel der Singdrossel beschrieben: Zehn Beobachter füllten am 1. April 2010 eine vollständige Artenliste aus, die Singdrossel war auf fünf dieser Listen vertreten. Der Anteil an Feststellungen der Singdrossel am 1. April 2010 betrug also 50%. In einem vorhergehenden Schritt beschränkten wir das berücksichtigte Gebiet auf diejenigen Kilometerquadrate, in welchen die Singdrossel seit 1987 mindestens einmal während der Brutzeit beobachtet wurde (=potenzielle Bruthabitate).

Für alle Arten bildeten wir den jährlichen Verlauf des Anteils an Beobachtungsgängen mit Feststellungen der Art ab. In Abhängigkeit davon, ob ein Aktivitätspeak zu entdecken war, nahmen wir eine erste Artenselektion vor.

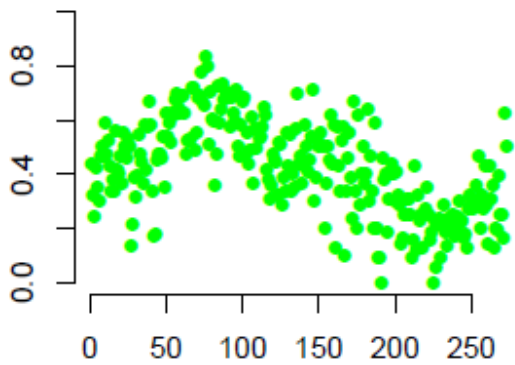


Abbildung 2: Anteil vollständiger Artenlisten mit einem Nachweis des Zaunkönigs im Frühling / Sommer 2014. Die y-Achse entspricht dem Anteil vollständiger Artenlisten, welche eine Meldung des Zaunkönigs enthalten. Die x-Achse entspricht dem Datum (1 = 1. Jan.). Beim Zaunkönig ist die Entdeckbarkeit in der zweiten Märzhälfte (~Tag 80) am höchsten.

- Einige Arten werden hauptsächlich optisch entdeckt, beispielsweise Wasservögel. Diese Arten zeigen oft keinen Peak in der Entdeckbarkeit zu Beginn der Brutsaison. Solche Arten wurden für den Phänologie-Indikator daher nicht berücksichtigt (Abb. 3).

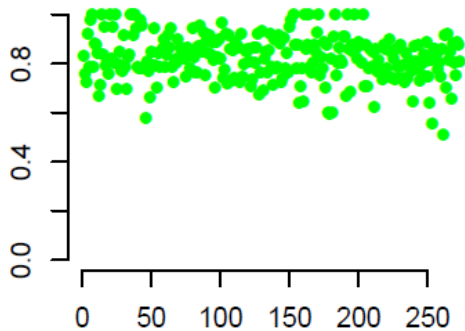


Abbildung 3: Anteil vollständiger Artenlisten mit einem Nachweis der Stockente im Frühling / Sommer 2014. Die y-Achse entspricht dem Anteil vollständiger Artenlisten, welche eine Meldung der Stockente enthalten. Die x-Achse entspricht dem Datum (1 = 1. Jan.). Bei der Stockente ist kein klares saisonales Muster in der Entdeckbarkeit zu erkennen. Diese Art kann folglich nicht zur Berechnung des Phänologie-Indikators verwendet werden.

- Gewisse Arten kommen in hoher Dichte vor und sind einfach zu finden, beispielsweise die Amsel. Die Entdeckbarkeit liegt bei solchen Arten nahe 100% und variiert nur wenig innerhalb der Saison. Diese Arten konnten für die Auswertung nicht berücksichtigt werden (Abb. 4).

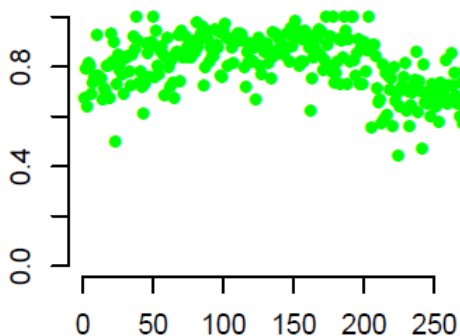


Abbildung 4: Anteil vollständiger Artenlisten mit einem Nachweis der Amsel im Frühling/Sommer 2014. Die y-Achse entspricht dem Anteil vollständiger Artenlisten, welche eine Meldung der Amsel enthalten. Die x-Achse entspricht dem Datum (1 = 1. Jan.).

Während der Brutzeit (März bis Juli) ist kein Muster erkennbar, die Amsel wird auf den meisten Beobachtungsgängen nachgewiesen.

Datenselektion innerhalb der Saison

In einem nächsten Schritt stellten wir den Anteil an erfolgreichen Beobachtungen innerhalb der Saison als geglättete Linie dar. Wir verwendeten zwei verschiedene Glättungs-Techniken, eine mit hoher und eine mit weniger hoher Auflösung. So können kurzzeitige Schwankungen von Auge vom saisonalen Muster unterschieden werden. Für die hohe Auflösung wählten wir einen Box Kernel-Smoother mit einer Bandweite von 7 Tagen (Funktionen *ksmooth* aus dem Paket *stats*, R Core Team, 2015). Für die tiefere Auflösung wählten wir ein Generalized Additive Model (Funktion *gam* aus dem Paket *mgcv*, Wood 2011). Sämtliche Auswertungen wurden mit Hilfe der Software R (R Core Team, 2015) durchgeführt.

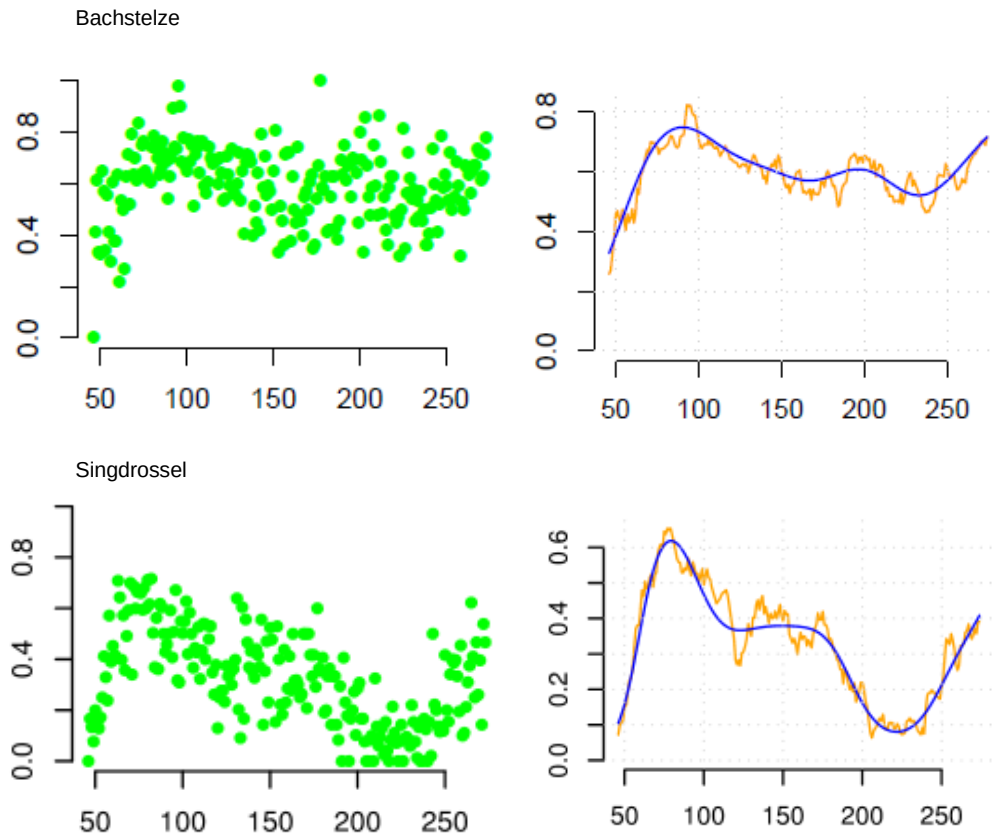


Abbildung 5: Saisonales Muster der Entdeckbarkeit von Bachstelze (oben) und Singdrossel (unten) im Frühling / Sommer 2015. Die y-Achse entspricht dem Anteil vollständiger Artenlisten, welche eine Meldung der entsprechenden Art enthalten. Die x-Achse entspricht dem Datum (1 = 1. Jan.). Rechts sind zwei verschiedene Arten von Glättung abgebildet. Orange: Box Kernel-Smoother mit einer Bandweite von 7 Tagen; blau: Generalized Additive Model GAM.

Bei vielen Arten ist die Entdeckbarkeit zu Beginn der Brutzeit am höchsten. Bei einigen Arten zeigen sich allerdings weitere Peaks (Abb. 6). Dies hat vermutlich mit der Abwanderung von Jungvögeln nach dem Ausfliegen oder dem Einsetzen des Herbstzuges zu tun. Um sicherzustellen, dass solche späteren Peaks bei der Auswertung nicht mit dem Peak zu Beginn der Brutzeit vermischt werden, beschränkten wir die berücksichtigte Zeitperiode, indem wir eine optische Einschätzung vornahmen. Das berücksichtigte Zeitfenster wurde für jede Art separat bestimmt und ist zwischen 50 und 120 Tage lang (Anhang 1).

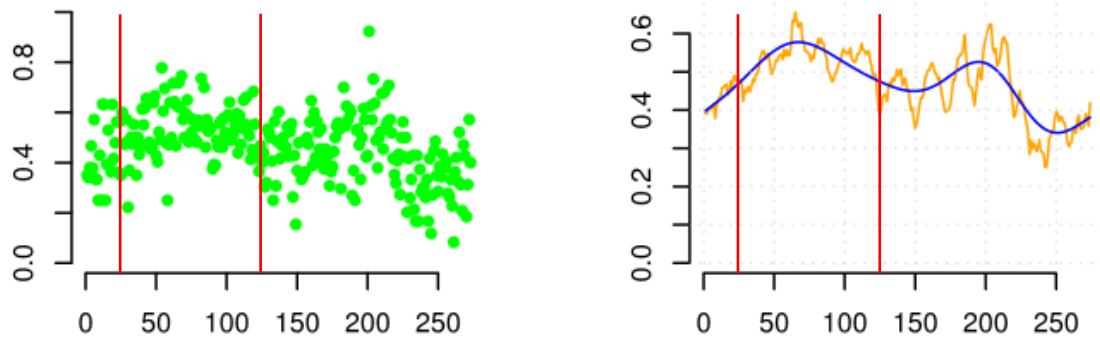


Abbildung 6: Saisonales Muster der Entdeckbarkeit des Grünfinks, 2015. Der Peak im März stimmt zeitlich mit dem Beginn der Brutzeit überein. Im Juli zeigt sich ein zweiter Peak. Vor der eigentlichen statistischen Analyse haben wir die berücksichtigte Periode für den Grünfink auf Tag 25 (25. Jan.) bis Tag 125 (5. Mai) beschränkt.

Datenselektion nach Jahren

Nur bei einzelnen Arten konnten die Daten bereits ab den späten 1980er-Jahren berücksichtigt werden. Nach folgenden Kriterien wurde festgelegt, ab welchem Jahr eine Art miteinbezogen werden konnte:

- Das Set der konsequent zu meldenden Arten hat sich zwischen den späten 1980er-Jahren und 2016 leicht verändert. Wir haben nur jene Arten selektiert, für die sich im berücksichtigten Zeitraum die Vorgaben für das Melden nicht geändert hatten, da sonst methodische Änderungen die Ergebnisse beeinflussen würden.
- In der Westschweiz wurde das Meldeportal ornitho.ch 2004 eingeführt, in der übrigen Schweiz 2007. Vollständige Artenlisten wurden erst mit der Einführung von ornitho.ch systematisch erfasst. Für viele Arten sind daher erst ab 2007 auswertbare Daten vorhanden.
- Die Einführung von ornitho.ch hat das Melden von Beobachtungen vereinfacht. Erfahrungsgemäss hat jede Vereinfachung zur Folge, dass die Bereitschaft der Beobachter, einen Nachweis zu melden, steigt. Es ist deshalb davon auszugehen, dass sich die Meldetätigkeit während und in den ersten Jahren nach der Einführung von ornitho.ch verändert hat. Das gefundene Muster der saisonalen Entdeckbarkeit kann dadurch beeinflusst werden. Um zu vermeiden, dass entsprechende Artefakte die Ergebnisse beeinflussen, wurden die Daten erst ab jenem Zeitpunkt verwendet, ab welchem das bei einer Art gefundene saisonale Muster der Entdeckbarkeit einigermaßen konsistent war. Die Beurteilung wurde anhand der Visualisierungen (entsprechend Abb. 5) vorgenommen.
- Schliesslich wurde eine Art in einem Jahr nicht berücksichtigt, wenn während der festgelegten Zeitspanne innerhalb der Saison weniger als 20 Meldungen vorlagen

Unter Anwendung dieser Kriterien konnten wir insgesamt ein Set von 34 Arten berücksichtigen. Die berücksichtigten Arten sind im Anhang 1 aufgeführt.

1.3 Zunahme der Meldetätigkeit über die Zeit

Die Meldetätigkeit ist über die gesamte berücksichtigte Zeitperiode stark angestiegen (Abb. 7). Daher nimmt über die Jahre auch die Anzahl Arten zu, welche für die Berechnung des Indexwertes berücksichtigt werden konnten (Anhang 3).

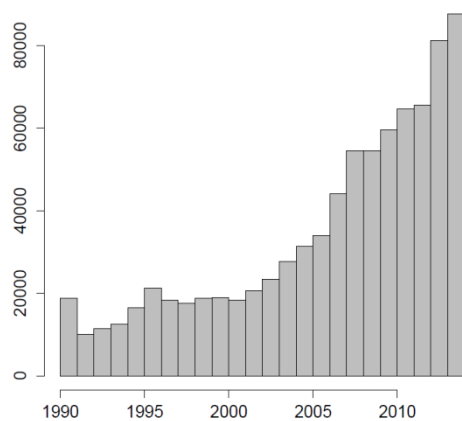


Abbildung 7: Veränderung der Meldetätigkeit in der Schweiz, 1990 – 2015. Die y-Achse entspricht der jährlichen Summe aller Brutzeit-Beobachtungen, welche von den freiwilligen Mitarbeitern der Vogelwarte gemeldet wurden.

1.4 Artengruppen

Der Index wurde einerseits für alle Arten und andererseits separat für Kurzstrecken- und Langstreckenzieher berechnet (Zuordnung siehe Anhang 1). Als Langstreckenzieher gelten die Arten, welche hauptsächlich südlich der Sahara überwintern, als Kurzstreckenzieher diejenigen Arten, welche den Winter in Europa inklusive Mittelmeerraum verbringen.

2. Statistische Analyse

2.1 Einzelarten

Die eigentliche statistische Auswertung wurde erst nach der im vorherigen Kapitel beschriebenen, ausführlichen Datenselektion durchgeführt.

Für die Auswertung der Daten verwendeten wir ein Site Occupancy Model (MacKenzie et al. 2002). Ein Site Occupancy Model besteht aus zwei sogenannten hierarchischen Stufen. Einerseits wird der Anteil besetzter Flächen pro Saison geschätzt. Andererseits schätzt das Modell die Entdeckbarkeit, unter der Annahme, dass eine Art in einer Saison auf einer Fläche tatsächlich vorkommt. Den Verlauf der Entdeckbarkeit innerhalb der Saison spezifizierten wir als geglättete Funktion (Strebel et al. 2014). Die Form der geglätteten Funktion wurde für jedes Jahr / jede Art separat ermittelt. Daraus wurde dann jeweils das Datum der höchsten Entdeckbarkeit geschätzt. Die Auswertung wurde mit dem Programm JAGS (Plummer 2015) durchgeführt.

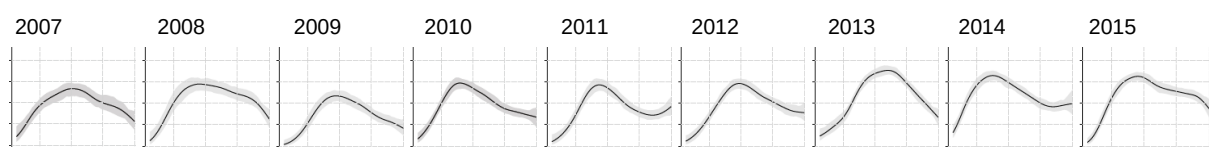


Abbildung 8: Saisonaler Verlauf der Entdeckbarkeit bei der Singdrossel, geschätzt mit einem Site-Occupancy Model. Auf der x-Achse ist das Datum aufgetragen (14. Feb - 30. Apr), auf der y-Achse die Entdeckbarkeit (0 - 1).

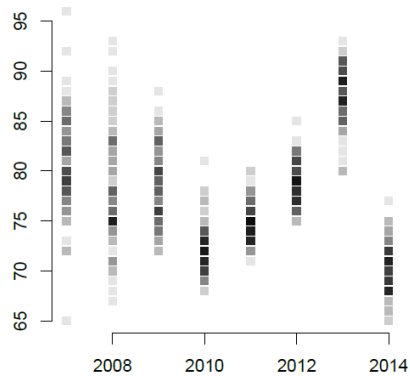


Abbildung 9: Geschätztes Datum der höchsten Entdeckbarkeit der Singdrossel, 2007–2015. Die y-Achse entspricht dem Datum (80 = 21. März). Abbildung 9 ist ein Zusammenzug der Informationen von allen Jahren der Abbildung 8. Schattierung und Verteilung der Punkte gibt Auskunft über die Genauigkeit der Schätzung.

Lesebeispiele zur Interpretation der Grafik:

- Im Jahr 2014 war die Entdeckbarkeit rund um den 11. März (Tag 70) am höchsten.
- Der Peak der Entdeckbarkeit ist 2008 weniger scharf als 2012.
- Das Datum der höchsten Entdeckbarkeit lag 2010 rund acht Tage früher als 2012.

2.2 Index-Berechnung

Basierend auf den Ergebnissen der artweisen Analysen führten wir eine Meta-Analyse durch, um die Veränderung des Aktivitätspeaks über alle Arten respektive über Sets von ausgewählten Arten zu ermitteln. Dafür verwendeten wir ebenfalls das Programm JAGS (Plummer 2015).

Die Meta-Analyse führten wir für drei unterschiedliche Artensets durch: alle Arten, nur die Langstreckenzieher und nur die Kurzstreckenzieher.

Berechnung der Indexwerte

Der Indexwert entspricht der Anzahl Tage, um welche sich das Datum der höchsten Entdeckbarkeit im Jahr X im Vergleich zum Basisjahr unterscheidet. Als Basisjahr wählten wir das Jahr 2010, der Indexwert für 2010 ist folglich null.

Zielvariable ist das geschätzte Datum der höchsten Entdeckbarkeit, charakterisiert durch Mittelwert und Genauigkeit der Schätzung. Als Mass für die Genauigkeit verwendeten wir die Standardabweichung der Posterior-Verteilung (Gelman et al. 2004) aus der artweisen Auswertung. Zur Berechnung des Indexwertes von Jahr X schätzten wir für jede Art die Differenz des Datums der höchsten Entdeckbarkeit zum Datum der höchsten Entdeckbarkeit des Basisjahrs. Der Indexwert entspricht dem Mittelwert dieser Differenzen.

Der Index wird nur ausgewiesen, wenn für ein Jahr Daten von mehr als fünf Arten vorhanden sind. In Anhang 3 ist für jedes Jahr die Anzahl Arten angegeben, deren Daten für den Index berücksichtigt werden konnten. Separate Indexwerte für Langstreckenzieher können wir ab 2001 ausweisen, für Kurzstreckenzieher ab 2007. Berücksichtigt man alle Arten, dann können wir ab 1996 einen Indexwert ausweisen.

3. Ergebnisse

3.1 Datum der höchsten Entdeckbarkeit

Wir schätzten das Datum der höchsten Entdeckbarkeit für jede Art und jedes Jahr. Als früheste Art im 2016 hatte der Uhu seinen Entdeckbarkeits-Peak am 13. Februar. Mit einem Peak gegen Ende Juni war der Teichrohrsänger 2016 die späteste Art.

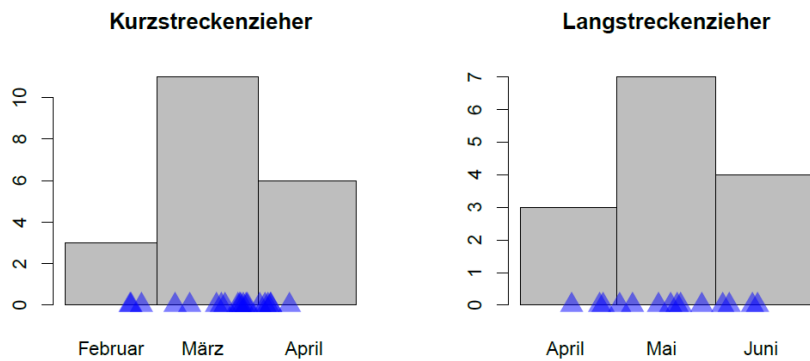
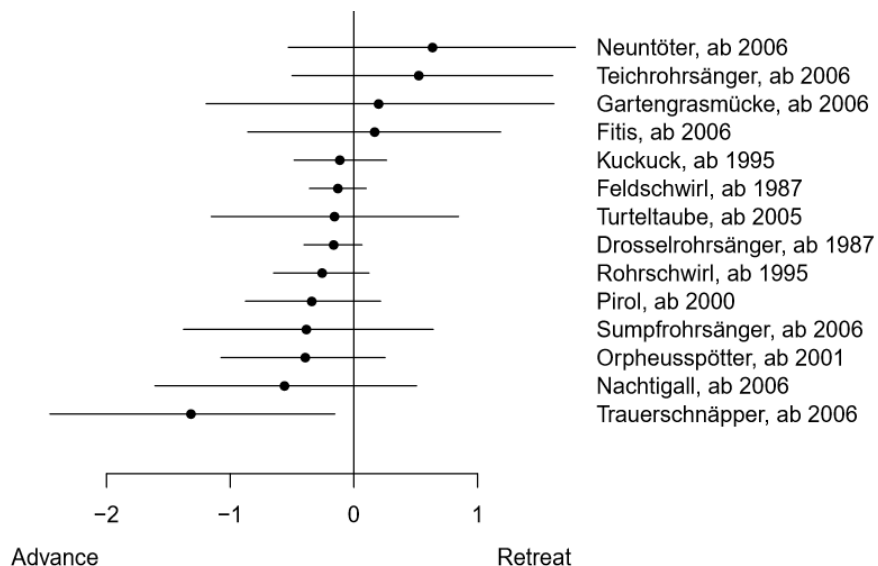


Abbildung 10: Verteilung der Entdeckbarkeits-Peaks innerhalb der Saison sowie Datum der mittleren Peaks der einzelnen Arten (blau). Abgebildet sind die Mittelwerte aus den Jahren 2012 bis 2016. Total 34 Arten.

3.2 Veränderung des Datums der höchsten Entdeckbarkeit

Die gefundenen phänologischen Trends sind von Art zu Art sehr unterschiedlich.

a) Langstreckenzieher



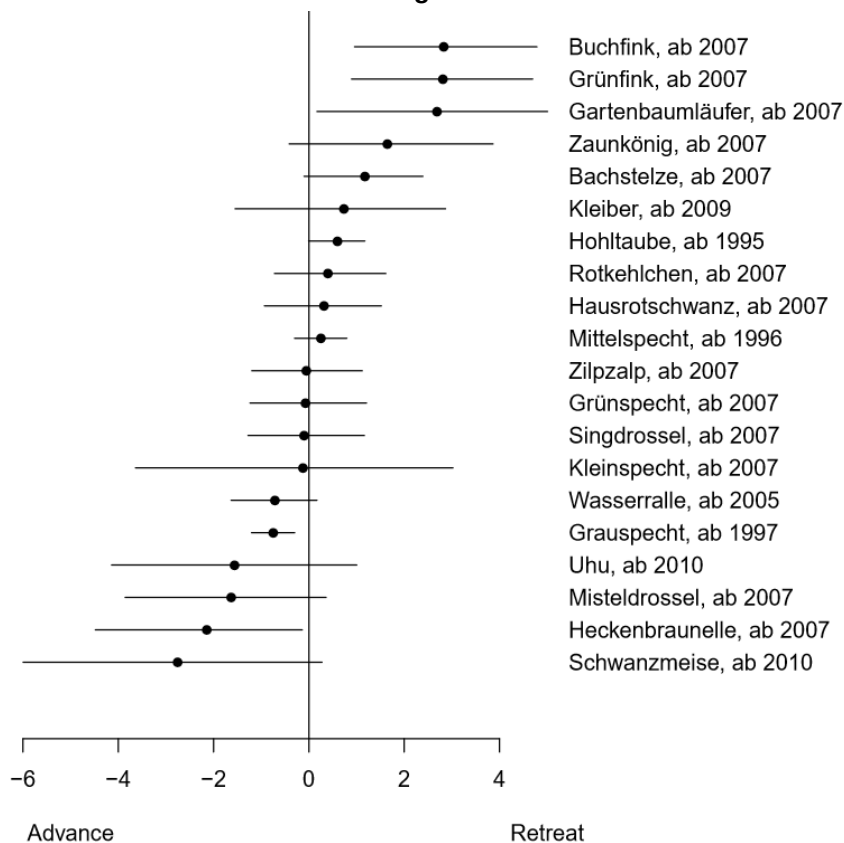
b) Kurzstreckenzieher und Standvögel

Abbildung 11: Phänologische Veränderung in Tagen pro Jahr für (a) Langstreckenzieher und (b) Kurzstreckenzieher sowie Standvögel (mittlere Schätzung und 95%-Vertrauensintervall). Für jede Art ist angegeben, ab welchem Jahr die Daten berücksichtigt werden konnten. Das letzte berücksichtigte Jahr ist für alle Arten 2016.

3.3 Index

Der Indexwert eines Jahres entspricht der Anzahl Tage, um welche sich das Datum der höchsten Entdeckbarkeit im Jahr X im Vergleich zum Datum der höchsten Entdeckbarkeit im Basisjahr unterscheidet.

Um die Jahrtausendwende hat sich das Datum der höchsten Entdeckbarkeit um gut fünf Tage nach hinten verschoben. Seitdem ist kein gerichteter Trend erkennbar (Abb. 12). Bei der Gruppe der Langstreckenzieher hat sich der Entdeckbarkeits-Peak innerhalb der berücksichtigten Periode tendenziell in Richtung früheres Datum verschoben. Über kurze Zeiträume von fünf und weniger Jahren scheinen jährliche Schwankungen zu dominieren, was Aussagen zu Trends erschwert. Dies gilt insbesondere für den Kurzstreckenzieher-Index. Die genauen Werte sind im Anhang 2 aufgeführt. Zukünftig werden die Werte in Abb. 12 (=Anhang 2) jährlich mit den neuesten Zahlen aktualisiert und für das Klima-Indikatorenset des Bundes zur Verfügung gestellt.

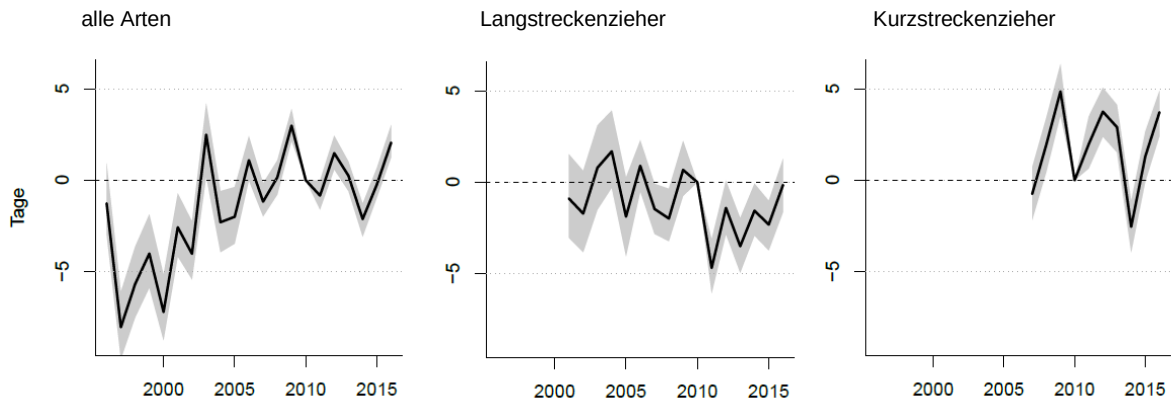


Abbildung 12: Indexwerte Phänologie Vögel. Abgebildet sind die mittlere Schätzung und das 95%-Vertrauensintervall. Die y-Achse entspricht der Differenz des Datums der höchsten Entdeckbarkeit von Jahr X zum Basisjahr. Als Basisjahr wählten wir das Jahr 2010. Lesebeispiel: Bei den Langstreckenziehern war der Entdeckbarkeits-Peak im Jahr 2004 rund zwei Tage später als 2016.

4. Diskussion

Trotz deutlichen jährlichen Schwankungen zeichnet sich beim Index aller Arten um die Jahrtausendwende eine Verschiebung des Entdeckbarkeits-Peaks von über fünf Tagen in Richtung späteres Datum ab. Diese Entwicklung widerspricht der gängigen Annahme, dass die Frühlings-Phänologie sich in Richtung früheres Datum verschiebt. Allerdings zeigen auch Pflanzen-Arten in dieser Zeitperiode zumindest keinen Trend in Richtung früherer Phänologie (Abb. 13). Bei den Frühlings-Temperaturen gibt es über die letzten 20 Jahre keinen klaren Trend (Abb. 14 und Abb. 17). Bei den Langstreckenziehern ist jedoch eine Entwicklung in die ursprünglich erwartete Richtung (früher Peak) angedeutet.



Abbildung 13: Blüte des Kirschbaumes in Liestal, Differenzen zum Indexjahr 2010 (Meteoschweiz 2016a).

4.1 Vergleich der Vogel-Phänologie mit der Frühlingstemperatur

Bei den Frühlings-Temperaturen in der Nordschweiz ist gegen Ende der 80er-Jahre ein Sprung zu höheren Werten erkennbar. Seither scheint es eher eine Stabilisierung zu geben (Abb. 14).

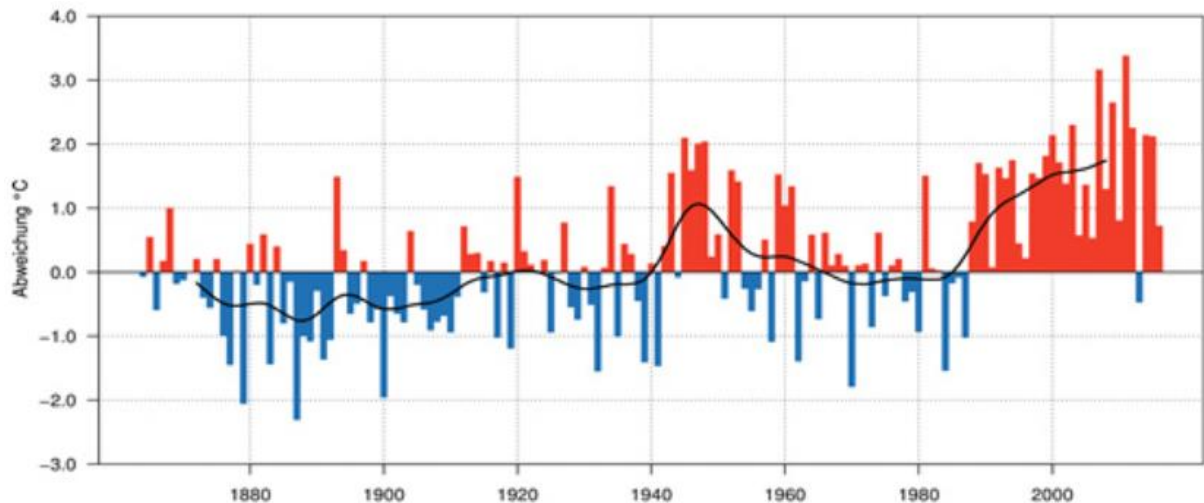


Abbildung 14: Abweichung der Frühlingstemperatur in der Nordschweiz vom langjährigen Durchschnitt (Norm 1961–1990). Rot respektive blau bedeutet, dass die Temperaturen über respektive unter dem langjährigen Durchschnitt lagen. Die schwarze Kurve zeigt den Temperaturverlauf gemittelt über 20 Jahre (Meteoschweiz 2016b).

Phänologie-Indices vs. Frühjahrs-Temperatur

Um die Indexwerte mit der Temperatur zu vergleichen, verwendeten wir die mittlere Temperatur der einzelnen Monate Januar bis Juni der fünf Stationen Basel, Bern, Genf, St. Gallen und Zürich (Meteoschweiz 2016c). Wir verglichen diesen „Temperaturindex“ der Frühjahrsmonate mit den Indexwerten für alle Arten sowie mit dem Index basierend auf den Daten der Kurz- und Langstreckenzieher-Arten (Abb. 15). Weiter verglichen wir den Temperaturindex mit den Entdeckbarkeitspeaks der einzelnen Arten. Über alle Arten betrachtet korreliert die Februar-Temperatur am besten mit dem Indexwert (Pearson Correlation Coefficient $r = 0.54$). Die Indexwerte der Kurzstreckenzieher-Arten sind ebenfalls am deutlichsten mit der Februar-Temperatur korreliert ($r = 0.51$). Diese Arten scheinen also auf die herrschenden Temperaturen zu reagieren. Die Indexwerte der Langstreckenzieher-Arten korrelieren viel weniger mit der Temperatur. Der höchste Wert wurde für den Monat Januar gefunden ($r = 0.38$), der zweithöchste für den April ($r = 0.23$). Die Vermutung liegt nahe, dass hier eher grossräumigere, vermutlich langfristige Selektionsprozesse eine Rolle zu spielen.

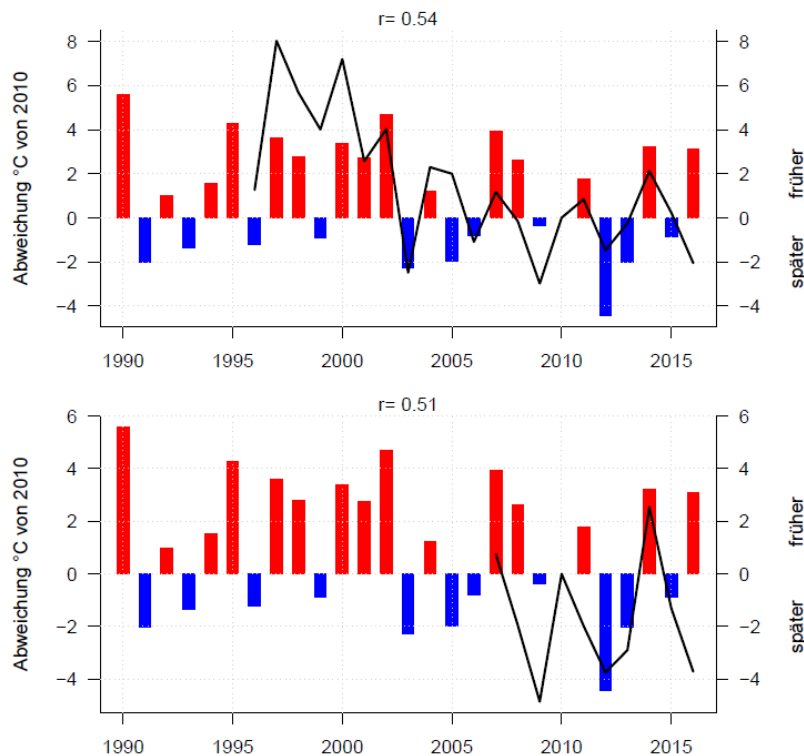


Abbildung 15: Vergleich der Indexwerte (rechte Achse) mit den Schwankungen der mittleren Februar-Temperaturen fünf ausgewählter Stationen (linke Achse). Oben: Gesamtindex. Unten: Index basierend auf den Kurzstreckenzieher-Arten.

Phänologie einzelner Arten vs. Frühjahrs-Temperatur

Um die Korrelation zwischen den Entdeckbarkeits-Peaks der einzelnen Arten und der Frühjahrs-Temperatur zu ermitteln, gingen wir folgendermassen vor: Analog zur im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen Methode berechneten wir die Korrelation zwischen den mittleren Monatstemperaturen und den Schwankungen des Entdeckbarkeits-Peaks der einzelnen Arten (Beispiel: Abb. 16).

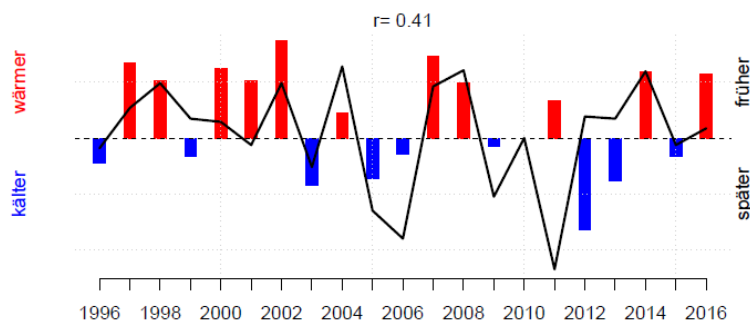


Abbildung 16: Vergleich der Schwankungen des Entdeckbarkeits-Peaks des Mittelspechts mit den Schwankungen der Februar-Temperatur. Die Werte wurden in beiden Fällen skaliert (Wert 2010 = 0, Standardabweichung = 1), daher wurde auf eine Beschriftung der Achsen verzichtet. Der Pearson Correlation Coefficient beträgt $r = 0.41$.

So erhielten wir für jede Art und jeden Monat einen Korrelations-Koeffizienten bezüglich Temperaturschwankungen und Schwankungen des Entdeckbarkeits-Peaks. Für jede Art wählten wir dann den Wert des Monats, in welchem sich der mittlere Entdeckbarkeits-Peak der Jahre 2012 bis 2016 befunden hatte (z.B. den Wert des Monats Februar für die Misteldrossel). So erhielten wir für jede Art einen Wert und mittelten diese Werte. Analog berechneten wir den mittleren Korrelationskoeffizienten für

Entdeckbarkeits-Peak und Temperatur für den vorhergehenden Monat. Dieses Vorgehen wiederholten wir für die Sets der Langstrecken- und Kurzstreckenzieher.

Der Entdeckbarkeits-Peak scheint leicht mit den Temperaturen des Vormonats zu korrelieren. Dies gilt vor allem für Kurzstreckenzieher, aber kaum für Langstreckenzieher (Tabelle 1). Wir fanden praktisch keine Korrelation zwischen Entdeckbarkeits-Peak und der Temperatur des Monats, in welchem die Entdeckbarkeit am grössten war. Die einige Wochen früher herrschenden Temperaturen scheinen also einen grösseren Einfluss auf den Zeitpunkt des Entdeckbarkeits-Peaks zu haben. So erstaunt es nicht, dass die Februar-Temperatur am meisten mit den Indexwerten korreliert ist: der März ist der Monat, in welchem am meisten Arten ihren Entdeckbarkeits-Peak haben.

	Monat mit der höchsten Entdeckbarkeit 2012–2016	Vormonat	Vor-Vormonat
Alle Arten	0.08	0.25	0.08
Kurzstreckenzieher	0.11	0.31	0.20
Langstreckenzieher	0.04	0.17	-0.05

Tabelle 1: Mittlerer Pearson Correlation Coefficient zwischen dem Datum des Entdeckbarkeits-Peaks und der Temperatur des Monats mit der höchsten Entdeckbarkeit respektive der zwei vorhergehenden Monate.

Für diese Auswertung wurden nur Monatsmittelwerte berücksichtigt. Liegt der Entdeckbarkeitspeak einer Art am Anfang eines Monats, so liegt es nahe, dass die Temperaturen des Vormonats einen grösseren Einfluss haben als die Temperaturen des entsprechenden Monats selbst. Um aufzuklären, welche vorgelagerte Periode (Dauer und Zeitpunkt) tatsächlich den grössten Einfluss auf das Datum des Entdeckbarkeitspeaks hat, wären umfassendere Auswertungen nötig.

4.2 Vergleich mit Phänologie-Daten von Pflanzen

Wir haben die Werte des Phänologie-Index Vögel mit Phänologie-Daten verschiedener Pflanzenarten verglichen, welche an 172 Phänologie-Beobachtungssationen in der Schweiz erhoben werden (Datenquelle: R. Gehrig, Meteoschweiz 2016a). Wir berechneten die Korrelationen zwischen den Entdeckbarkeits-Peaks der einzelnen Vogelarten und den bei Pflanzen erhobenen phänologischen Massen (z.B. Blüte des Huflattichs, Blattentfaltung der Buche). Die gefundenen Korrelationen sind im Mittel schwach. Der mittlere Korrelationskoeffizient zwischen dem Entdeckbarkeits-Peak und den bei Pflanzen erhobenen phänologischen Massen beträgt $r = 0.12$ respektive $r = 0.16$ (nur Kurzstreckenzieher) und $r = 0.05$ (nur Langstreckenzieher).

Weiter zeigen die verschiedenen Pflanzenarten untereinander eine deutlichere Korrelation als die Vogelarten untereinander.

Bei den Pflanzen zeigt sich gegen Ende der 1980er-Jahre zwar ein deutlicher Sprung Richtung frühere Phänologie. Der Trend zwischen 1990 und 2010 geht hingegen – wenn auch nur leicht – in dieselbe Richtung wie bei den Vögeln: die Phänologie verschiebt sich eher in Richtung späteres Datum (Abb. 17).

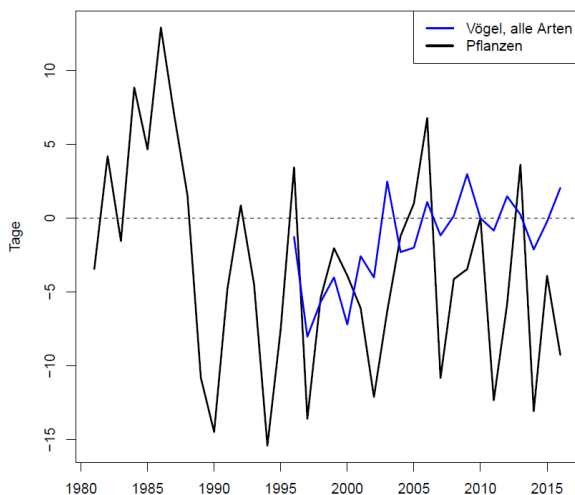


Abbildung 17: Auf phänologischen Daten von zehn Pflanzen-Arten basierender Index, verglichen mit dem Phänologie-Index Vögel. Die Daten stammen von 172 Schweizer Phänologie-Beobachtungsstationen unterhalb 800 m.ü.M. Separat nach Art und Station berechneten wir die Differenz zum Wert des Basisjahrs 2010. Abgebildet sind die jahrweise gemittelten Differenzen (Datenquelle: R. Gehrig, Meteoschweiz 2016a).

4.3 Robustheit

Um einen Eindruck von der Robustheit des Index zu erhalten, haben wir im Nachhinein die Daten von jeweils einer Vogelart zur Indexberechnung weggelassen und überprüft, wie stark sich der Index dadurch verändern würde. Als Illustration sind die Ergebnisse dieser Auswertung für den Index der Langstreckenzieher abgebildet (Anhang 4).

Besonders in Jahren, in welchen nur Daten von wenigen Arten vorhanden sind, kann der Einfluss einer einzelnen Art durchaus deutlich sein. Daher weisen wir nur für diejenigen Jahre einen Indexwert aus, aus welchen Daten von mehr als fünf Arten vorliegen. Die Analysen zeigen, dass die Ergebnisse aus den berücksichtigten Perioden (ab 1996 für alle Arten, 2001 für Langstreckenzieher, 2007 für Kurzstreckenzieher) robust und wenig von einzelnen Arten geprägt sind.

Literatur

- Gelman, A., J. B. Carlin, H. S. Stern, & D. B. Rubin. (2004): Bayesian Data Analysis. Chapter 5.6 Hierarchical modeling applied to a meta-analysis. Chapman & HALL/CRC.
- Klimaänderung in der Schweiz: Indikatoren zu Ursachen, Auswirkungen, Massnahmen. Bundesamt für Umwelt BAFU, 2013.
- Lehikoinen, A. (2013): Climate change, phenology and species detectability in a monitoring scheme. *Popul. Ecology*, 55:315–323.
- MacKenzie, D. I., J. D. Nichols, G. B. Lachman, S. Droege, J. A. Royle & C. A. Langtimm. (2002): Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. *Ecology* 83: 2248–2255.
- MeteoSchweiz (2016a): Phänologische Beobachtungen: 1981–2016. Zürich
- MeteoSchweiz (2016b): Klimabulletin Frühling 2016. Zürich.
- MeteoSchweiz (2016c): Monatstemperaturen tre200m0 ab Messbeginn. Zürich.
- Plummer, M. (2015): Just another Gibbs sampler (JAGS). mcmc-jags.sourceforge.net
- R Core Team (2015): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Strebel, N., M. Kéry, M. Schaub & H. Schmid (2014): Study of phenology by flexible estimation and modelling of seasonal detectability peaks. *Methods in Ecology and Evolution* 5: 483–490.
- Walther, Gian-Reto, et al. (2002): Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416.6879: 389–395.
- Wood, S.N. (2011): Fast stable restricted maximum likelihood and marginal likelihood estimation of semiparametric generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society (B)* 73(1): 3–36.
- Zbinden, N., R. Maggini, V. Keller & H. Schmid (2012): Swiss Bird Index SBI Climate Change. Schweizerische Vogelwarte Sempach.

Anhang

Anhang 1: Berücksichtigte Arten

Name Deutsch	Name wissenschaftlich	Berücksichtigt ab Jahr	Berücksichtigt ab Tag ¹	Berücksichtigt bis Tag ¹	Zugstrategie ²
Wasserralle	<i>Rallus aquaticus</i>	2005	65	130	Kst
Hohltaube	<i>Columba oenas</i>	1995	45	140	Kst
Turteltaube	<i>Streptopelia turtur</i>	2005	110	250	Lst
Kuckuck	<i>Cuculus canorus</i>	1995	105	180	Lst
Uhu	<i>Bubo bubo</i>	2010	1	100	Kst
Grünspecht	<i>Picus viridis</i>	2007	15	150	Kst
Grauspecht	<i>Picus canus</i>	1997	51	140	Kst
Mittelspecht	<i>Dendrocopos medius</i>	1996	10	125	Kst
Kleinspecht	<i>Dendrocopos minor</i>	2007	15	150	Kst
Pirol	<i>Oriolus oriolus</i>	2000	110	175	Lst
Schwanzmeise	<i>Aegithalos caudatus</i>	2010	10	110	Kst
Kleiber	<i>Sitta europaea</i>	2009	50	125	Kst
Gartenbaumläufer	<i>Certhia brachydactyla</i>	2007	40	125	Kst
Zaunkönig	<i>Troglodytes troglodytes</i>	2007	40	125	Kst
Rotkehlchen	<i>Erithacus rubecula</i>	2007	50	125	Kst
Nachtigall	<i>Luscinia megarhynchos</i>	2006	95	155	Lst
Hausrotschwanz	<i>Phoenicurus ochruros</i>	2007	60	130	Kst
Singdrossel	<i>Turdus philomelos</i>	2007	45	120	Kst
Misteldrossel	<i>Turdus viscivorus</i>	2007	15	100	Kst
Feldschwirl	<i>Locustella naevia</i>	1987	110	160	Lst
Rohrschwirl	<i>Locustella luscinioides</i>	1995	80	150	Lst
Drosselrohrsänger	<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	1987	110	190	Lst
Teichrohrsänger	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	2006	110	225	Lst
Sumpfrohrsänger	<i>Acrocephalus palustris</i>	2006	125	190	Lst
Orpheusspötter	<i>Hippolais polyglotta</i>	2001	105	200	Lst
Gartengrasmücke	<i>Sylvia borin</i>	2006	110	210	Lst
Fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i>	2006	75	150	Lst
Zilpzalp	<i>Phylloscopus collybita</i>	2007	75	140	Kst
Trauerschnäpper	<i>Ficedula hypoleuca</i>	2006	90	140	Lst
Heckenbraunelle	<i>Prunella modularis</i>	2007	50	160	Kst
Bachstelze	<i>Motacilla alba</i>	2007	50	125	Kst
Neuntöter	<i>Lanius collurio</i>	2006	110	180	Lst
Grünfink	<i>Carduelis chloris</i>	2007	25	125	Kst
Buchfink	<i>Fringilla coelebs</i>	2007	10	125	Kst

¹ Tag 1 = 1. Januar

² Lst = Langstreckenzieher; Kst = Kurzstreckenzieher und Standvögel. Da mit Uhu und Spechten nur wenige klassische Standvogelarten berücksichtigt werden konnten und da zwischen diesen beiden Kategorien ein fließender Übergang besteht, haben wir uns entschieden, diese Arten in einer gemeinsamen Kategorie zu führen

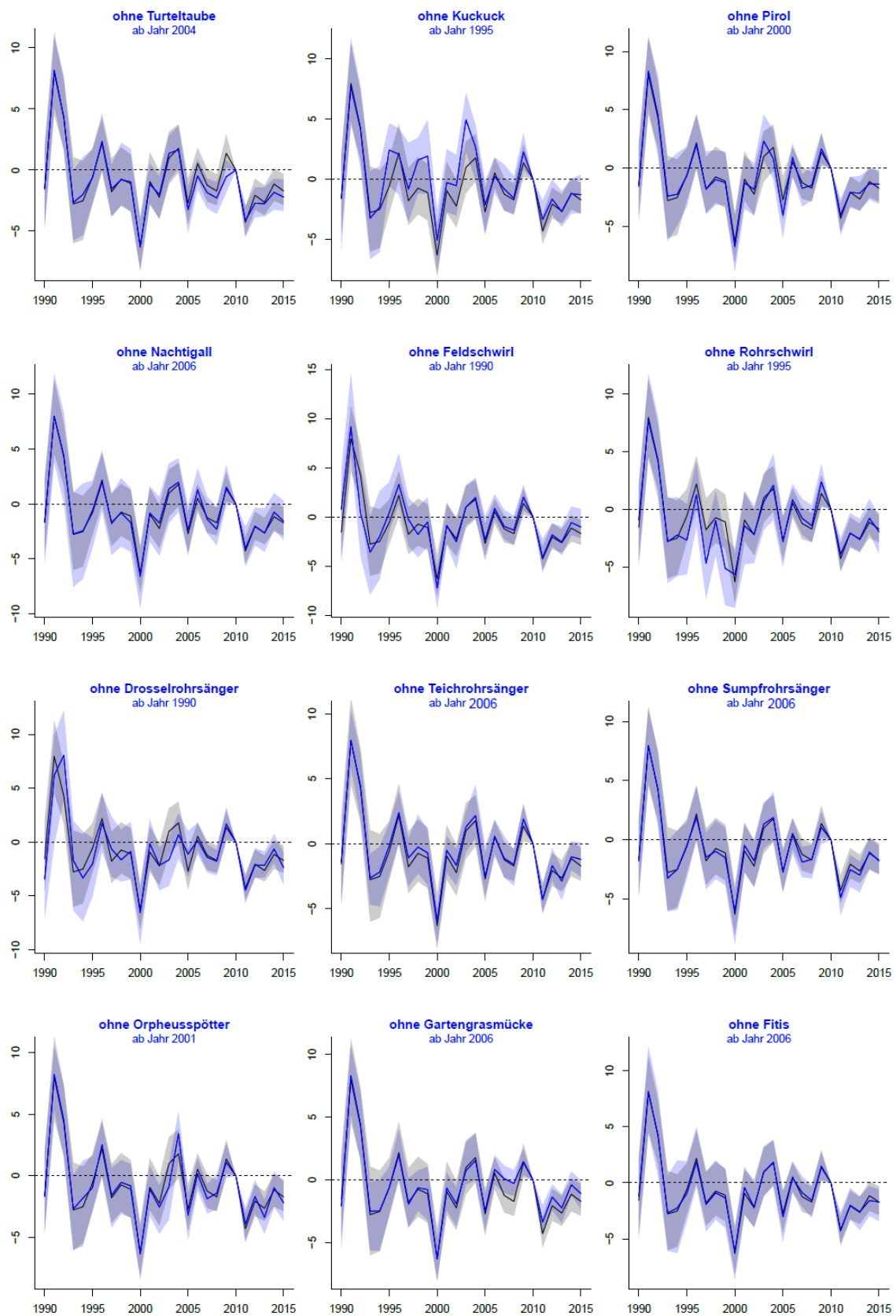
Anhang 2: Indexwerte, mittlere Schätzung und Vertrauensintervall

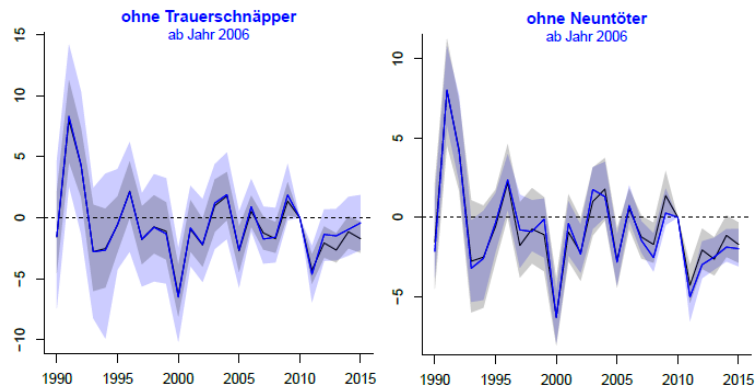
	Alle Arten			Langstreckenzieher			Kurzstreckenzieher		
	50%	2.5%	97.5%	50%	2.5%	97.5%	50%	2.5%	97.5%
1996	-1.263	-2.99	0.916						
1997	-8.029	-9.768	-6.104						
1998	-5.676	-7.504	-3.634						
1999	-4.009	-5.871	-1.864						
2000	-7.198	-8.742	-5.155						
2001	-2.572	-4.166	-0.716	-0.889	-3.034	1.529			
2002	-4.016	-5.42	-2.243	-1.711	-3.82	0.625			
2003	2.491	0.206	4.201	0.794	-1.497	3.111			
2004	-2.294	-3.933	-0.592	1.69	-0.3	3.92			
2005	-1.996	-3.466	-0.369	-1.878	-4.043	0.263			
2006	1.093	-0.009	2.406	0.896	-0.503	2.294			
2007	-1.167	-1.979	-0.161	-1.461	-2.824	-0.08	-0.746	-2.171	0.716
2008	0.157	-0.787	1.088	-1.981	-3.224	-0.354	1.95	0.456	3.432
2009	2.984	2.157	3.89	0.675	-0.748	2.263	4.852	3.541	6.343
2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2011	-0.837	-1.603	-0.014	-4.677	-6.06	-3.112	1.974	0.643	3.485
2012	1.481	0.593	2.436	-1.403	-2.838	0.087	3.748	2.382	5.058
2013	0.248	-0.593	1.026	-3.494	-4.944	-1.961	2.898	1.523	4.121
2014	-2.12	-3.079	-1.274	-1.556	-2.916	-0.074	-2.54	-3.936	-1.131
2015	-0.231	-0.945	0.675	-2.31	-3.724	-1.014	1.306	-0.072	2.669
2016	2.057	1.247	3.015	-0.147	-1.63	1.282	3.714	2.407	4.887

Anhang 3: Anzahl berücksichtigter Arten pro Jahr

Jahr	Alle Arten	Langstreckenzieher	Kurzstreckenzieher
1987	(<6)	(<6)	(<6)
1988	(<6)	(<6)	(<6)
1989	(<6)	(<6)	(<6)
1990	(<6)	(<6)	(<6)
1991	(<6)	(<6)	(<6)
1992	(<6)	(<6)	(<6)
1993	(<6)	(<6)	(<6)
1994	(<6)	(<6)	(<6)
1995	(<6)	(<6)	(<6)
1996	6	(<6)	(<6)
1997	7	(<6)	(<6)
1998	7	(<6)	(<6)
1999	7	(<6)	(<6)
2000	8	(<6)	(<6)
2001	9	6	(<6)
2002	9	6	(<6)
2003	9	6	(<6)
2004	9	6	(<6)
2005	11	7	(<6)
2006	18	14	(<6)
2007	31	14	17
2008	31	14	17
2009	32	14	18
2010	34	14	20
2011	34	14	20
2012	34	14	20
2013	34	14	20
2014	34	14	20
2015	34	14	20
2016	34	14	20

Anhang 4: Veränderung der Indexwerte bei Weglassen einer Art, am Beispiel des Langstreckenzieher- Index





Um einen Eindruck von der Robustheit des Index zu erhalten, haben wir die Daten von jeweils einer Art zur Indexberechnung weggelassen. Wir überprüften, wie stark sich der Index dadurch verändern würde. Abgebildet sind die gefundenen Ergebnisse für den Index der Langstreckenzieher-Arten. Die hier gezeigten Indexwerte gehen zurück bis 1990. Ausgewiesen wird der Langstreckenzieher-Index allerdings erst ab 2001, da erst ab diesem Jahr Daten von mehr als fünf Langstreckenzieher-Arten vorhanden sind.

Schwarz: Indexwert plus Vertrauensintervall. Blau: Indexwert plus Vertrauensintervall, wenn eine Art weggelassen wird. Der Unterschied zwischen schwarzer und blauer Linie zeigt, wie stark die einzelne Art den Indexwert beeinflusst. Im Titel angegeben ist jeweils, ab welchem Jahr die Daten der entsprechenden Art berücksichtigt werden. Leichte Differenzen bereits vor diesem Jahr sind durch die Modellierungsmethode bedingt.