

Indikator-Factsheet: Temperaturindex der Vogelartengemeinschaft

Verfasser*innen:	Dachverband Deutscher Avifaunisten e.V. (Sven Trautmann) i. A. des Bundesamtes für Naturschutz, FKZ 3511 82 0400	
Mitwirkung:	Dachverband Deutscher Avifaunisten e.V. (Dr. Christoph Sudfeldt) Bundesamt für Naturschutz, FG II 1.3 Terrestrisches Monitoring (Dr. Ulrich Sukopp, Rainer Dröschmeister, ab 2022 Dr. Melanie Mewes) Technische Universität Berlin, Fachgebiet Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung (Prof. Dr. Stefan Heiland, Rainer Schliep)	
Letzte Aktualisierung:	16.09.2013	Dachverband Deutscher Avifaunisten e.V. (Dr. Christoph Sudfeldt)
	06.05.2014	Dachverband Deutscher Avifaunisten e.V. (Sven Trautmann)
	31.08.2018	Dachverband Deutscher Avifaunisten e.V. (Sven Trautmann)
	13.09.2022	Dachverband Deutscher Avifaunisten e.V. (Sven Trautmann)
	06.11.2023	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Aktualisierung der Links
Nächste Fortschreibung:		

I Beschreibung

Interne Nr. BD-I-2	Titel: Temperaturindex der Vogelartengemeinschaft
Einheit: °C	<p>Kurzbeschreibung des Indikators: Summe der artspezifischen auf das europäische Verbreitungsgebiet bezogenen Temperaturindizes von in Deutschland vorkommenden häufigen Brutvogelarten unter Berücksichtigung der Veränderungen der Häufigkeiten dieser Arten in Deutschland in Bezug zu einem Referenzjahr</p> <p>Berechnungsvorschrift: 1. Berechnung der europäischen Temperaturnische der einzelnen Vogelarten (STI = <i>Species Temperature Index</i>) Mittelwert der Durchschnittstemperatur zwischen März und August („Brutzeit“) im Zeitraum 1950-2000 (= Referenzperiode) über alle (~ 50 km x 50 km) UTM-Gitterzellen in Europa, in denen eine Art laut EBCC-Atlas der europäischen Brutvögel (Hagemeijer & Blair 1997) als Brutvogel vorkommt. Für eine Art <i>i</i> mit Vorkommen <i>M</i> in den Zellen <i>j</i> wird aus der Durchschnittstemperatur zwischen März und August $TMP_{\text{MärzAug}}$ (Datenquelle und Berechnungsgrundlage s. Devictor et al. 2008) der STI der Art <i>i</i> errechnet:</p> $STI_i = \frac{\sum_{j=1}^{M_i} TMP_{\text{MärzAug}_j}}{M_i}$ <p>2. Berechnung des Temperaturindex der Vogelartengemeinschaft (CTI = <i>Community Temperature Index</i>) Summe aller STI-Werte der im zu betrachtenden Raum vorkommenden Auswahl von Brutvogelarten, für die die vorliegenden Berechnungen durchgeführt werden konnten, gewichtet nach dem Bestandsindex m_{ind} einer Art <i>i</i> im Jahr <i>t</i> in Relation zur Summe der Bestandsindizes aller eingehenden Arten:</p>

	$CTI_t = \sum_{i=1}^N \left(STI_i \cdot \frac{m_{ind_{it}}}{\sum_{i=1}^N m_{ind_{it}}} \right)$ <p>Der Kurvenverlauf des Indikators reagiert in einzelnen Jahren unter Umständen sehr deutlich auf kurzfristige witterungsbedingte Populationsschwankungen. Um dies zu vermeiden und die Aussage des Indikators stärker auf langfristige durch den Klimawandel bedingte Effekte auszurichten, wird neben der Signifikanz des Trends über den Gesamtzeitraum auch das gleitende 5-Jahresmittel (bezogen auf das jeweils letzte Kalenderjahr des gleitenden Zeitraums) dargestellt, das den Einfluss kurzfristiger Populationsschwankungen minimiert.</p>
<p>Interpretation des Indikatorwerts:</p>	<p>Eine langfristige Zunahme des Indikatorwertes bedeutet einen wachsenden Einfluss einer durch den Klimawandel bedingten Erwärmung auf die betrachtete Gruppe der Vögel, da steigende Temperaturen die relativen Häufigkeiten von Vogelarten mit unterschiedlichen Temperaturpräferenzen verschieben. Der Indikatorwert nimmt zu, wenn wärmeliebende Arten relativ gesehen häufiger werden bzw. kälteliebende Arten relativ gesehen seltener werden. Der Indikatorwert fällt hingegen, wenn umgekehrt kälteliebende Arten relativ gesehen häufiger werden bzw. wärmeliebende Arten relativ gesehen seltener werden. Je stärker sich der Indikatorwert langfristig verändert, desto stärker ist der Einfluss des Klimawandels auf die betrachtete Gruppe der Vögel und desto stärker verschieben sich die relativen Häufigkeiten der Arten.</p>

II Einordnung

Handlungsfeld:	Biologische Vielfalt
Indikationsfeld:	Veränderungen von Populationen, Arealen und Biozöosen
Thematischer Teilaspekt:	Veränderungen der Zusammensetzung von Biozöosen, Verschiebungen im lokalen Artenspektrum
DPSIR:	Impact

III Herleitung und Begründung

Referenzen auf andere Indikatoren-systeme:	Community Temperature Index für Schmetterlinge (Van Swaay et al. 2008, 2010, Wiemers et al. 2012, Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft Sachsen 2013)
Begründung:	<p>Vögel sind als Indikatoren für die Auswirkungen vieler Umwelteinflüsse allgemein anerkannt. Seit langem werden Vogeldaten auf nationaler (z. B. Indikator „Artenvielfalt und Landschaftsqualität“, Achtziger et al. 2004; Indikator „Gefährdete Arten“, in den u. a. auch die Daten der Roten Liste der Brutvögel Deutschlands einfließen, Grüneberg et al. 2015, BMUB 2015, BMU 2017) und auf internationaler Ebene (z. B. <i>Climate Impact Indicator</i>, Gregory et al. 2009, s. a. EEA 2009; <i>Wild Bird Indicators</i> des europäischen Brutvogelmonitorings, Klvaňová et al. 2009) für die Berechnung von Indikatoren in verschiedenen Anwendungsbereichen verwendet. Die besondere Eignung von Vogeldaten und Einsatzmöglichkeiten als Indikatoren wurden in wissenschaftlichen Publikationen beschrieben (u. a. Gregory et al. 2005).</p> <p>Argumente für die Verwendung von Vögeln als Bioindikatoren schließen die vergleichsweise einfache, mit vertretbarem (personellem und finanziellem) Aufwand langfristig standardisiert durchführbare Erfassung und die sehr breite zur Verfügung stehende Datenbasis ein. Das Vorkommen in allen</p>

	<p>Hauptlebensraumtypen der Landschaft, die relative Stabilität der natürlichen Populationsentwicklungen (im Gegensatz zu sehr starken kurzfristigen Häufigkeitsschwankungen vieler Arten bspw. der Wirbellosen), aber auch die Empfindlichkeit gegenüber Störeinflüssen machen Vögel zu geeigneten Indikatoren für Veränderungen ihrer Lebensräume. Diese Veränderungen führen bei vielen Vogelarten zu steigenden oder fallenden Bestandsgrößen, die im Kurvenverlauf entsprechender Indikatoren direkt abgebildet werden können. Da neben Vögeln auch viele andere Arten bspw. auf Temperaturänderungen empfindlich reagieren, bildet der Indikator indirekt auch die Entwicklung zahlreicher weiterer Arten in der Landschaft ab. Zuletzt sollte auch die hohe Wertschätzung erwähnt werden, die viele Menschen gegenüber der Gruppe der Vögel mit vielen bekannten und beliebten Arten zeigen.</p> <p>Auch als Indikatoren für die Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt sind Vögel geeignet. Eine Reihe von Untersuchungen belegen, dass Vögel auf Klimaveränderungen sensibel reagieren. Dies zeigt sich z. B. bei klimatisch bedingten Veränderungen im Bereich der Phänologie der Vögel (Zugzeiten, Brutbiologie; Both & Visser 2001, 2004, Halupka & Halupka 2017, Hüppop & Hüppop 2003, Hüppop et al. 2008, Koleček et al. 2020, Newson et al. 2016, Socolar et al. 2017, van Buskirk et al. 2009), im Zugverhalten (Zugwege, Zugdistanzen; Potvin et al. 2016, Rolshausen et al. 2010, Visser et al. 2009), bei biotischen Interaktionen (Konkurrenz, Mutualismus; Ahola et al. 2007, Heikkinen et al. 2007, Samplonius et al. 2018), in den Strukturen von Artengemeinschaften (ökologische Ebene, genetische Ebene; Lemoine et al. 2007, Pulido & Berthold 2004, Stephens et al. 2016) sowie bei der Häufigkeit und Verbreitung von Arten (Both et al. 2010, Brommer et al. 2012, Gillings et al. 2015, Hüppop et al. 2008, Mason et al. 2019, Möller et al. 2008, Rushing et al. 2020, Thomas & Lennon 2001).</p> <p>Auf europäischer Ebene wurde zudem bereits die Eignung von Vögeln als Indikatoren für Klimawandelauswirkungen positiv getestet (Devictor et al. 2008, Gregory et al. 2009). Im Rahmen des SEBI 2010-Prozesses wird der <i>Community Temperature Index</i> bereits für Schmetterlinge berichtet (EEA 2009). Auf Deutschland lässt sich der Indikator aufgrund seiner einfachen räumlichen Skalierbarkeit problemlos übertragen.</p> <p>Im Gegensatz zum ursprünglichen Ansatz von Devictor et al. (2008) werden bei der Berechnung des Indikators Bestandsindizes von 88 häufigen Brutvogelarten (s. Abschnitt VIII Anhang) mit Basisjahr 2006 verwendet. Diese Bestandsindizes ersetzen Zählraten bzw. relative Häufigkeiten (basierend auf den Rohdaten der Erfassungen einzelner Monitoringflächen), die im Ansatz von Devictor et al. (2008) benutzt wurden.</p> <p>Bei Verwendung von 88 häufigen Brutvogelarten ergibt sich ein signifikant positiver Indikatorverlauf (s. Abb. 1). Dieses Ergebnis ist bei Verwendung eines deutlich kleineren Artensets nicht reproduzierbar. Es empfiehlt sich daher, möglichst viele Arten mit einer großen Bandbreite an klimatischen einzubeziehen, um auf einer belastbaren Datenbasis zu robusten und verallgemeinerbaren Aussagen zu kommen.</p> <p>Durch die Verwendung von Indexdaten für ganz Deutschland erfolgt die Berechnung direkt auf nationaler Ebene und nicht durch das Verrechnen der Werte einzelner Monitoring-Probeflächen. Die absoluten Bestandsgrößen einzelner Arten werden bei der Berechnung des Indikators nicht berücksichtigt. Um zu vermeiden, dass starke relative Veränderungen der Bestandsindizes sehr seltener Arten das Ergebnis beeinflussen, wurden in das Artenset nur häufige Brutvogelarten aufgenommen.</p> <p>Für die Berechnung des Indikators werden kombinierte Daten aus dem Monitoring häufiger Vogelarten (1990-2010) und dem Monitoring häufiger Brutvögel (jährlich fortlaufend seit 2005) verwendet (Beschreibung der Programme in Sudfeldt et al. 2012; Artenauswahl s. Anhang). Mit Einführung des neuen Monitoringprogramms wurde die Methode umgestellt auf Linienkartierungen, die</p>
--	--

	<p>flächenbezogen ausgewertet werden. Um bundesweite Hochrechnungen zu ermöglichen, wurden Probeflächen einer bundesweiten, geschichteten Zufallsstichprobe vorgegeben. Die Schichtung entsteht durch Kombination von sechs verschiedenen Formen der Landnutzung (nach Basis-DLM) mit insgesamt 21 unterschiedlichen standortökologischen Raumeinheiten (Standorttypen bzw. Landschaftstypen). Im Jahr 2019 waren 1.660 Probeflächen des Grund- und Vertiefungsprogramms vergeben.</p> <p>Das Monitoring häufiger Brutvögel basiert auf der Mitarbeit vieler Freiwilliger. Eine institutionelle Absicherung ist für die Koordination der Erhebungen und die Auswertung der Daten durch den Dachverband Deutscher Avifaunisten e. V. gegeben, der von Bund und Ländern im Rahmen der Verwaltungsvereinbarung Vogelmonitoring unterstützt wird.</p>
Einschränkungen:	<p>Der Indikator bildet Veränderungen der relativen Häufigkeiten aller Arten der betrachteten Gruppe ab. Wenn z. B. die relative Zunahme der Brutbestände von Arten mit hohem STI etwa gleich groß wäre wie die relative Zunahme von Arten mit niedrigem STI, so bliebe der CTI-Wert insgesamt nahezu unverändert und der Indikator würde keinen Klimawandeleffekt anzeigen. Es können also klimabedingte Veränderungen in der Vogelartengemeinschaft auftreten, die der Indikator nicht anzeigt.</p> <p>Es fehlen derzeit vertiefende Analysen, mit denen das Ausmaß des – unmittelbaren und/oder mittelbaren – klimabedingten Einflusses auf den Indikatorverlauf bewertet und von anderen Faktoren (z. B. Landnutzungswandel) qualitativ und quantitativ getrennt werden kann, wobei zu beachten ist, dass der Landnutzungswandel seinerseits u. a. auch Folge von Klimaänderungen bzw. von gesellschaftlichen Maßnahmen zur Begrenzung der Klimaerwärmung sein kann.</p>
Rechtsgrundlagen, Strategien:	<ul style="list-style-type: none"> • Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS) (BMU 2008) • Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt (NBS) (BMU 2007)
Ziele:	<p>DAS, Kap. 3.2.5: „Im Sinne einer integrierten Herangehensweise sollten Bund und Länder integrative Maßnahmen prüfen und ergreifen, die Synergien zwischen Naturschutz, Klimaschutz und Anpassung nutzen und die Biodiversität erhalten.“ (BMU 2008: 26).</p> <p>NBS, Kap. B 3.2: „Unsere Vision für die Zukunft ist: Der Anstieg der mittleren globalen Erwärmung ist auf maximal 2 Grad Celsius gegenüber vorindustriellen Werten begrenzt. Die Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt in Deutschland (z. B. Verschiebung der Vegetationszonen, Veränderung des Vogelzugverhaltens, Gefährdung kälteliebender Arten) sind abgepuffert bzw. minimiert.“ (BMU 2007)</p>
In der DAS beschriebene mögliche Klimawandelfolgen:	<p>DAS, Kap. 3.2.5: „Hinweise auf Auswirkungen des Klimawandels auf die biologische Vielfalt [...] in Deutschland wurden bereits in großer Zahl dokumentiert. Sie zeigen sich unter anderem beim Jahresrhythmus, bei Verbreitung und Vermehrungserfolg von Arten, in der Zusammensetzung und Struktur von Lebensgemeinschaften sowie durch Veränderungen der innerartlichen Vielfalt. Da Arten unterschiedlich auf Klimaänderungen reagieren, werden sich neuartige Artenkombinationen bilden, d. h. zwischen Arten, die einen gemeinsamen Lebensraum bewohnen oder voneinander abhängig sind, kommt es zu Verschiebungen. Auch die zeitliche Synchronisation bestimmter Entwicklungsphasen kann sich auflösen [...]. Zudem wandeln sich Nahrungsnetze und Konkurrenzsituationen.“ (BMU 2008: 25ff)</p>
Berichtspflichten:	keine

IV Technische Informationen

Datenquelle:	Bestandsindizes: kombinierte Daten aus dem Monitoring häufiger Vogelarten (1990-2010) und dem Monitoring häufiger Brutvögel (jährlich fortlaufend seit 2005) (s. Sudfeldt et al. 2012; Artenauswahl s. Anhang), Koordination der Erhebungen und Auswertung der Daten: Dachverband Deutscher Avifaunisten e. V. STI-Werte: EBCC Atlas of European Breeding Birds (Hagemeyer & Blair 1997) für die Verbreitungsdaten, http://www.worldclim.org (Hijmans et al. 2005) für die Klimadaten; unveränderte Übernahme der STI-Werte aus Devictor et al. (2008)	
Räumliche Auflösung:	flächenhaft	NUTS 0
Geographische Abdeckung:	ganz Deutschland	
Zeitliche Auflösung:	jährlich, seit	
Beschränkungen:	keine	
Verweis auf Daten-Factsheet:	BD-I-2_Daten_Temperaturindex_Voegel.xlsx	

V Zusatz-Informationen

Glossar:	<p>Bestandsindex Jährlicher Index der Häufigkeit von Vogelarten, berechnet mit Hilfe von <i>generalized estimation equation</i> Modellen im Programm TRIM. Die Berechnung erfolgt wie bei gewöhnlichen Trendauswertungen des Monitorings häufiger Brutvögel durch Kombination der Daten aus dem Monitoring häufiger Vogelarten (1990-2010) und dem Monitoring häufiger Brutvögel (jährlich fortlaufend seit 2005).</p> <p>CTI <i>Community Temperature Index</i> (Temperaturindex der Vogelartengemeinschaft) = durchschnittliche Temperaturnische einer Artengemeinschaft in einem definierten Raum gewichtet mit der Häufigkeit der Arten innerhalb der Lebensgemeinschaft.</p> <p>Generalized estimation equation (GEE) Log-lineares Regressionsmodell, das Lücken in Zählreihen interpoliert.</p> <p>Monitoring häufiger Vogelarten Ehrenamtliches Monitoringprogramm (verwendeter Trendzeitraum: 1990-2010) mit zufälliger Routenauswahl, entlang derer Punkt-Stopp-Zählungen durchgeführt wurden (s. Sudfeldt et al. 2012).</p> <p>Monitoring häufiger Brutvögel Ehrenamtliches Monitoringprogramm (jährlich fortlaufend seit 2005) mit stratifiziert zufälliger Auswahl 1 km² großer Probeflächen, auf denen entlang von Wegen Linienkartierungen durchgeführt werden (s. Sudfeldt et al. 2012).</p> <p>STI <i>Species Temperature Index</i> = Temperaturwert einer Art, der sich als Temperaturmittel von März bis August über das europäische Brutverbreitungsgebiet dieser Arten errechnet.</p>
Weiterführende Informationen:	Achtziger R., Stickroth H., Zieschank R. 2004: Nachhaltigkeitsindikator für die Artenvielfalt – ein Indikator für den Zustand von Natur und Landschaft in Deutschland. Angewandte Landschaftsökologie, Bd. 62, 137 S.

	<p>Ahola M.P., Laaksonen T., Eeva T., Lehikoinen E. 2007: Climate change can alter competitive relationships between resident and migratory birds. <i>Journal of Animal Ecology</i> 76: 1045-1052.</p> <p>BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (Hg.) 2017: Biologische Vielfalt in Deutschland. Fortschritte sichern – Herausforderungen annehmen! Rechenschaftsbericht 2017 der Bundesregierung zur Umsetzung der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. BMU, Berlin, 111 S. http://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/nationale_strategie_rechenschaftsbericht_2017_bf.pdf</p> <p>BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hg.) 2015: Indikatorenbericht 2014 zur Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. BMUB, Berlin, 111 S.</p> <p>Both C., Artemyev A.V., Blaauw B., Cowie R.J., Dekhuijzen A.J., Eeva T., Enemar A., Gustafsson L., Ivankina E.V., Järvinen A., Metcalfe N.B., Nyholm N.E.I., Potti J., Ravussin P.-A., Sanz J.J., Silverin B., Slater F.M., Sokolov L.V., Török J., Winkel W., Wright J., Zang H., Visser M.E. 2004: Large-Scale geographical variation confirms that climate change causes birds to lay earlier. <i>Proceedings Royal Society London B</i> 271: 1657-1662.</p> <p>Both C., van Turnhout C.A.M., Bijlsma R.G., Siepel H., van Strien A.J., Foppen R.P.B. 2010: Avian population consequences of climate change are most severe for long-distance migrants in seasonal habitats. <i>Proceedings Royal Society London B</i> 277: 1259-1266.</p> <p>Both C., Visser M.E. 2001: Adjustment to climate change is constrained by arrival date in a long-distance migrant bird. <i>Nature</i> 411: 296-298.</p> <p>Bowler D., Böhning-Gaese K. 2017: Improving the community-temperature index as a climate change indicator. <i>PLoS ONE</i> 12(9): e0184275. doi: 10.1371/journal.pone.0184275.</p> <p>Brommer J.E., Lehikoinen A., Valkama J. 2012: The Breeding Ranges of Central European and Arctic bird species move poleward. <i>PLoS One</i> 7(9): e43648.</p> <p>Devictor V., Julliard R., Couvet D., Jiguet F. 2008: Birds are tracking climate warming, but not fast enough. <i>Proceedings Royal Society London B</i> 275: 2743-2748.</p> <p>Devictor V., Van Swaay C., Brereton T., Brotons L., Chamberlain D., Heliölä J., Herrando S., Julliard R., Kuussaari M., Lindström Å, Reif J., Roy D.B., Schweiger O., Settele J., Stefanescu C., Van Strien A., Van Turnhout C., Vermouzek Z., DeVries M.W., Wynhoff I., Jiguet F. 2012: Differences in the climatic debts of birds and butterflies at a continental scale. <i>Nature climate change</i> 2(2): 121.</p> <p>EEA – European Environment Agency 2009: Progress towards the European 2010 biodiversity target – indicator fact sheets. EEA Technical report No 5/2009, Copenhagen, 78 S.</p> <p>Gaüzère P., Jiguet F., Devictor V. 2016: Can protected areas mitigate the impacts of climate change on bird's species and communities? <i>Diversity and Distributions</i> 22(6): 625-637.</p> <p>Gillings S., Balmer D. E., Fuller R. J. 2015: Directionality of recent bird distribution shifts and climate change in Great Britain. <i>Global Change Biology</i>, 21(6), 2155-2168.</p> <p>Gregory R.D., van Strien A.J., Vorisek P., Gmelig Meyling A.W., Noble D., Foppen R.P.B., Gibbons D.W. 2005: Developing indicators for European birds. <i>Philosophical Transactions of the Royal Society B</i> 360: 269-288.</p> <p>Gregory R.D., Willis S.G., Jiguet F., Vorisek P., Klvanova A., van Strien A.J., Huntley B., Collingham Y.C., Couvet D., Green R.E. 2009: An indicator of the impact of climatic change on European breeding birds. <i>PLoS One</i> 4(3): e4678.</p>
--	--

	<p>Grüneberg C., Bauer H.-G., Haupt H., Hüppop O., Ryslavy T, P. Südbeck 2015: Rote Liste der Brutvögel Deutschlands, 5. Fassung, 30. November 2015. Ber. Vogelschutz 52: 19-67.</p> <p>Hagemeijer E.J.M. & Blair M.J. (Eds) 1997: The EBCC Atlas of European Breeding Birds: their distribution and abundance. Poyser, London, 960 S.</p> <p>Halupka L. & Halupka K. 2017: The effect of climate change on the duration of avian breeding seasons: a meta-analysis. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 284: 20171710.</p> <p>Heikkinen R.K., Luoto M., Virkkala R., Pearson R.G., Körber J.-H. 2007: Biotic interactions improve prediction of boreal bird distributions at macro-scales. Global Ecology and Biogeography 16: 754-763.</p> <p>Hijmans R.J., Cameron S.E., Parra J.L., Jones P.G., Jarvis A. 2005: Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology 25: 1965-1978.</p> <p>Hüppop K. & Hüppop O. 2005: Atlas zur Vogelberingung auf Helgoland. Teil 3: Veränderungen von Heim- und Wegzugzeiten von 1960 bis 2001. Vogelwarte 43: 217-248.</p> <p>Hüppop K., Hüppop O., Bairlein F. 2008: Veränderungen von Zugzeiten. Falke 55: 294-299.</p> <p>Hüppop O. & Hüppop K. 2003: North Atlantic Oscillation and the timing of spring migration in birds. Proceedings of the Royal Society London B 270: 233-240.</p> <p>Kampichler C., Van Turnhout C.A., Devictor V., Van Der Jeugd H.P. 2012: Large-scale changes in community composition: determining land use and climate change signals. PLoS One 7(4): e35272.</p> <p>Klvanova A., Vorisek P., Gregory R.D., van Strien A.J, Gmelig-Meyling A. 2009: Wild birds as indicators in Europe: latest results from the Pan-European Common Bird Monitoring Scheme (PECBMS). Avocetta 33: 7-12.</p> <p>Koleček J., Adamík P., Reif J. 2020: Shifts in migration phenology under climate change: temperature vs. abundance effects in birds. Climatic Change 159: 177-194.</p> <p>Kullberg C., Fransson T., Hedlund J., Jonzén N., Langvall O., Nilsson J., Bolmgren K. 2015: Change in spring arrival of migratory birds under an era of climate change, Swedish data from the last 140 years. Ambio, 44(1): 69-77.</p> <p>Lemoine N., Bauer H.G., Peintinger M., Boehning-Gaese K. 2007: Effects of climate and land-use change on species abundance in a central European bird community. Conservation Biology 21: 495-503.</p> <p>Lindström Å., Green M., Paulson G., Smith H.G., Devictor V. 2013: Rapid changes in bird community composition at multiple temporal and spatial scales in response to recent climate change. Ecography 36(3): 313-322.</p> <p>Mason L.R., Green R.E., Howard C., Stephens P.A., Willis S.G., Aunins A., Brotons L., Chodkiewicz T., Chylarecki P., Escandell V., Foppen R.P.B., Herando S., Husby M., Jiguet F., Kålås J.A., Lindström Å., Massimino D., Moshøj C., Nellis R., Paquet J.-Y., Reif J., Sirkkiä P.M., Szép T., Tellini Florenzano G.T., Teufelbauer, N., Trautmann S., van Strien A., van Turnhout C.A.M., Voříšek P., Gregory R.D. 2019: Population responses of bird populations to climate change on two continents vary with species' ecological traits but not with direction of change in climate suitability. Climatic Change 157: 337-354.</p> <p>Möller A.P., Rubolini D., Lehikoinen E. 2008: Populations of migratory bird species that did not show a phenological response to climate change are declining. PNAS 105: 16195-16200.</p> <p>Newson S.E., Moran N.J., Musgrove A.J., Pearce-Higgins J.W., Gillings S., Atkinson P.W., Miller R., Grantham M.J., Baillie S.R. 2016: Long-term changes in the migration phenology of UK breeding birds detected by large-scale citizen science recording schemes. Ibis 158(3): 481-495.</p>
--	---

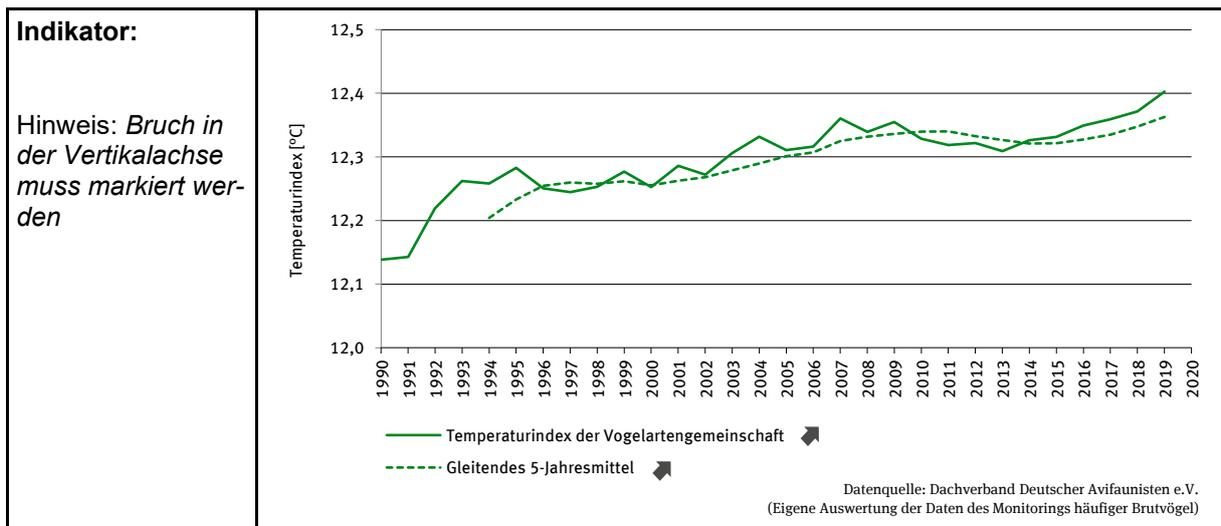
<p>Pearce-Higgins J.W., Eglinton S.M., Martay B., Chamberlain D.E. 2015: Drivers of climate change impacts on bird communities. <i>Journal of Animal Ecology</i>, 84(4): 943-954.</p> <p>Potvin D.A., Välimäki K., Lehikoinen A. 2016: Differences in shifts of wintering and breeding ranges lead to changing migration distances in European birds. <i>Journal of Avian Biology</i>, 47(5), 619-628.</p> <p>Pulido F., Berthold P. 2004: Microevolutionary response to climatic change. <i>Advances in Ecological Research</i> 35: 151-183.</p> <p>Rolshausen G., Hobson K.A., Schäfer H.M. 2010: Spring arrival along a migratory divide of sympatric blackcaps (<i>Sylvia atricapilla</i>). <i>Oecologia</i> 162: 175-183.</p> <p>Rushing C.S., Royle J.A., Ziolkowski Jr. D.J., Pardieck K.L. 2020: Migratory behavior and winter geography drive differential range shifts of eastern birds in response to recent climate change. <i>Proceedings of the National Academy of Sciences</i> 117: 12897-12903.</p> <p>Samplonius J.M., Bartošová L., Burgess M.D., Bushuev A.V., Eeva T., Ivankina E.V., Kerimov A.B., Krams I., Laaksonen T., Mägi M., Mänd R., Potti J., Török J., Trnka M., Visser M.E., Zang H., Both C. 2018: Phenological sensitivity to climate change is higher in resident than in migrant bird populations among European cavity breeders. <i>Global change biology</i> 24: 3780-3790.</p> <p>Santangeli A. & Lehikoinen A. 2017: Are winter and breeding bird communities able to track rapid climate change? Lessons from the high North. <i>Diversity and Distributions</i> 23(3): 308-316.</p> <p>Socolar, J. B., Epanchin, P. N., Beissinger, S. R., Tingley, M. W. 2017: Phenological shifts conserve thermal niches in North American birds and reshape expectations for climate-driven range shifts. <i>Proceedings of the National Academy of Sciences</i> 114: 12976-12981.</p> <p>Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft Sachsen 2013: Klimafolgenmonitoring in Sachsen. Indikatoren zur Beobachtung von Klimafolgen.</p> <p>Stephens P.A., Mason L.R., Green R.E., Gregory R.D., Sauer J.R., Alison J., Aunins A., Brotons L., Butchart S.H.M., Campedelli T., Chodkiewicz T., Chylarecki P., Crowe O., Elts J., Escandell V., Foppen R.P.B., Heldbjerg H., Herrando S., Husby M., Jiguet F., Lehikoinen A., Lindström Å., Noble D.G., Paquet J., Reif J., Sattler T., Szep T., Teufelbauer N., Trautmann S., van Strien A.J., van Turnhout C.A.M., Vorisek P., Willis S.G. 2016: Consistent response of bird populations to climate change on two continents. <i>Science</i> 352 (6281): 84-87.</p> <p>Strebel N., Schmid H., Sattler T. 2016: Phänologie-Indikator Vögel. Schweizerische Vogelwarte, Sempach, 23 S.</p> <p>Sudfeldt C., Dröschmeister R., Wahl J., Berlin K., Gottschalk T., Grüneberg C., Mitschke A., Trautmann S. (2012): Vogelmonitoring in Deutschland. Programme und Anwendungen. Naturschutz und Biologische Vielfalt, Bd. 119, Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad-Godesberg, 257 S.</p> <p>Tayleur C.M., Devictor V., Gaüzère P., Jonzén N., Smith H.G., Lindström Å. 2016: Regional variation in climate change winners and losers highlights the rapid loss of cold-dwelling species. <i>Diversity and Distributions</i> 22(4): 468-480.</p> <p>Thomas C.D., Lennon J.J. 1999: Birds extend their ranges northwards. <i>Nature</i> 399: 213.</p> <p>Van Buskirk J., Mulvihill R.S., Leberman R.C. 2009: Variable shifts in spring and autumn migration phenology in North American songbirds associated with climate change. <i>Global Change Biology</i> 15: 760-771.</p> <p>Van Swaay C.A.M., Harpke A., van Strien A., Fontaine B., Stefanescu C., Roy D., Maes D., Kühn E., Öunap E., Regan E., Švitra G., Heliölä J., Settele J., Musche M., Warren M.S., Plattner M., Kuussaari M., Cornish N., Schweiger O., Feldmann R., Julliard R., Verovnik R., Roth T., Brereton T., Devictor V. 2010:</p>
--

	<p>The impact of climate change on butterfly communities 1990-2009. De Vlinderstichting, Wageningen.</p> <p>Van Swaay C.A.M., van Strien A.J., Julliard R., Schweiger O., Brereton T., Heliölä J., Kuussaari M., Roy D., Stefanescu C., Warren M.S., Settele J. 2008: Developing a Methodology for a European Butterfly Climate Change Indicator. Report VS2008.040, De Vlinderstichting, Wageningen.</p> <p>Visser M.E., Perdeck A.C., van Balen J.H., Both C. 2009: Climate change leads to decreasing migration distances. Global Change Biology 15: 1859-1865.</p> <p>Wiemers M., Winter M., Musche M. 2012: Naturschutzfachliches Monitoring „Klimawandel und Biodiversität“ – Weiterentwicklung der Konzeption und Auswertung ausgewählter vorhandener Daten. 2. Zwischenbericht. Unveröffentlichter Projektbericht.</p>
--	--

VI Umsetzung – Aufwand und Verantwortlichkeiten

Aufwands-schätzung:	Daten-beschaffung:	1	eine datenhaltende Institution
	Daten-verarbeitung:	2	eigene, einfache Berechnungen („Nebenrechnungen“) notwendig
	Erläuterung: Für die Berechnung des Indikators müssen Bestandsindexwerte bestimmt, fachlich geprüft und miteinander verrechnet werden. Aufwand: ca. 5 Arbeitstage.		
Datenkosten:	Der DDA möchte prinzipiell für die Datenauswertung und -qualitätssicherung verantwortlich zeichnen, allerdings ist zu klären, ob der entstehende Mehraufwand im Rahmen der bestehenden Verwaltungsvereinbarung zum Vogelmonitoring leistbar ist oder zusätzlicher Mittel bedarf.		
Zuständigkeit:	Bundesamt für Naturschutz (BfN)		

VII Darstellungsvorschlag



VIII Anhang

Artenauswahl

Es wurden 88 in Deutschland vorkommende häufige Brutvogelarten ausgewählt, für die eine gesicherte Trendermittlung möglich ist (Tab. 1).

Tab. 1: Liste der 88 in Deutschland vorkommenden häufigen Brutvogelarten, die für die Verwendung im Indikator anhand der Datenverfügbarkeit ausgewählt wurden.

Art deutsch	Art wissenschaftlich
Zwergtaucher	<i>Tachybaptus ruficollis</i>
Stockente	<i>Anas platyrhynchos</i>
Rotmilan	<i>Milvus milvus</i>
Rebhuhn	<i>Perdix perdix</i>
Wachtel	<i>Coturnix coturnix</i>
Jagdfasan	<i>Phasianus colchicus</i>
Teichhuhn	<i>Gallinula chloropus</i>
Blässhuhn	<i>Fulica atra</i>
Kiebitz	<i>Vanellus vanellus</i>
Straßentaube	<i>Columba livia f. domestica</i>
Hohltaube	<i>Columba oenas</i>
Ringeltaube	<i>Columba palumbus</i>
Türkentaube	<i>Streptopelia decaocto</i>
Turteltaube	<i>Streptopelia turtur</i>
Kuckuck	<i>Cuculus canorus</i>
Mauersegler	<i>Apus apus</i>
Wendehals	<i>Jynx torquilla</i>
Grauspecht	<i>Picus canus</i>
Grünspecht	<i>Picus viridis</i>
Schwarzspecht	<i>Dryocopus martius</i>
Buntspecht	<i>Dendrocopos major</i>
Mittelspecht	<i>Dendrocopos medius</i>
Kleinspecht	<i>Dendrocopos minor</i>
Heidelerche	<i>Lullula arborea</i>
Feldlerche	<i>Alauda arvensis</i>
Rauchschwalbe	<i>Hirundo rustica</i>
Mehlschwalbe	<i>Delichon urbicum</i>
Baumpieper	<i>Anthus trivialis</i>
Wiesenieper	<i>Anthus pratensis</i>
Wiesenschafstelze	<i>Motacilla flava</i>
Bachstelze	<i>Motacilla alba</i>
Zaunkönig	<i>Troglodytes troglodytes</i>
Heckenbraunelle	<i>Prunella modularis</i>
Rotkehlchen	<i>Erithacus rubecula</i>
Nachtigall	<i>Luscinia megarhynchos</i>
Hausrotschwanz	<i>Phoenicurus ochruros</i>
Gartenrotschwanz	<i>Phoenicurus phoenicurus</i>
Braunkehlchen	<i>Saxicola rubicola</i>
Schwarzkehlchen	<i>Saxicola torquata</i>

Art deutsch	Art wissenschaftlich
Amsel	<i>Turdus merula</i>
Wacholderdrossel	<i>Turdus pilaris</i>
Singdrossel	<i>Turdus philomelos</i>
Misteldrossel	<i>Turdus viscivorus</i>
Feldschwirl	<i>Locustella naevia</i>
Schilfrohrsänger	<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>
Sumpfrohrsänger	<i>Acrocephalus palustris</i>
Teichrohrsänger	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>
Gelbspötter	<i>Hippolais icterina</i>
Klappergrasmücke	<i>Sylvia curruca</i>
Dorngrasmücke	<i>Sylvia communis</i>
Gartengrasmücke	<i>Sylvia borin</i>
Mönchsgrasmücke	<i>Sylvia atricapilla</i>
Waldlaubsänger	<i>Phylloscopus sibilatrix</i>
Zilpzalp	<i>Phylloscopus collybita</i>
Fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i>
Wintergoldhähnchen	<i>Regulus regulus</i>
Sommergoldhähnchen	<i>Regulus ignicapilla</i>
Grauschnäpper	<i>Muscicapa striata</i>
Trauerschnäpper	<i>Ficedula hypoleuca</i>
Schwanzmeise	<i>Aegithalos caudatus</i>
Sumpfmeise	<i>Parus palustris</i>
Weidenmeise	<i>Parus montanus</i>
Haubenmeise	<i>Parus cristatus</i>
Tannenmeise	<i>Parus ater</i>
Blaumeise	<i>Parus caeruleus</i>
Kohlmeise	<i>Parus major</i>
Kleiber	<i>Sitta europaea</i>
Waldbaumläufer	<i>Certhia familiaris</i>
Gartenbaumläufer	<i>Certhia brachydactyla</i>
Pirol	<i>Oriolus oriolus</i>
Neuntöter	<i>Lanius collurio</i>
Eichelhäher	<i>Garrulus glandarius</i>
Elster	<i>Pica pica</i>
Dohle	<i>Coleus monedula</i>
Kolkrabe	<i>Corvus corax</i>
Star	<i>Sturnus vulgaris</i>
Haussperling	<i>Passer domesticus</i>
Feldsperling	<i>Passer montanus</i>
Buchfink	<i>Fringilla coelebs</i>
Girlitz	<i>Serinus serinus</i>
Grünfink	<i>Carduelis chloris</i>
Stieglitz	<i>Carduelis carduelis</i>
Bluthänfling	<i>Carduelis cannabina</i>
Gimpel	<i>Pyrrhula pyrrhula</i>
Kernbeißer	<i>Coccothraustes coccothraustes</i>
Goldammer	<i>Emberiza citrinella</i>
Rohrammer	<i>Emberiza schoeniclus</i>
Graumammer	<i>Emberiza calandra</i>

Daten zu den Bestandsindizes

Die Berechnung der Bestandsindizes m_{ind} der in den Indikator einfließenden Vogelarten erfolgt mit Hilfe von *generalized estimation equations* für die Daten des Monitoring häufiger Vogelarten (1990-2010) und des Monitorings häufiger Brutvögel (jährlich fortlaufend seit 2005). Aus diesen beiden Programmen berechnete Bestandsindizes werden statistisch miteinander kombiniert.