

# Indikatorbasiertes Klimafolgenmonitoring für Baden-Württemberg

## Indikator-Factsheets

## Flechten als Klimawandelindikatoren

### I Basisinformationen

Interne Nummer	I-NA-3
Titel	Flechten als Klimawandelindikatoren
Verfassende	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW): Dr. Sabrina Plegnière, Peter Frankenberger Ökologische Studien, Monheim am Rhein: Dr. Norbert J. Stapper Bosch & Partner GmbH: Konstanze Schönthaler
Zuständigkeit	
Aktualisierungen	18.01.2024, Dr. Norbert J. Stapper 27.02.2024, Peter Frankenberger 08.04.2024, Stefan von Andrian-Werburg (Bosch & Partner GmbH): Aktualisierung der Kernaussagen
Nächste Fortschreibung	

### II Einordnung und Berechnung

Handlungsfeld	Naturschutz und Biodiversität
Kategorie	Impact
Indikationsfeld	Artenvielfalt und -zusammensetzung / Flächeneinheit
Thematischer Teilaspekt	Abundanzveränderung thermophiler (zum Teil (sub-)mediterraner, atlantischer, (sub-)tropischer Floren- und Faunenelemente Abundanzveränderung von Arten, die an kühlere und feuchtere Lebensräume gebunden sind
Kurzbeschreibung des Indikators [Einheit]	<b>Indikator I, Teil A:</b> Mittlere Anzahl der an den durchgängig untersuchten Standorten nachgewiesenen „Klimawandelindikatoren“ der VDI Richtlinie 3957 – Blatt 20 [Anzahl] <b>Indikator I, Teil B:</b> Mittelwert der Mediane der Kontinentalitätszahl aller an den durchgängig untersuchten Standorten erfassten Flechtenarten [ohne Einheit] <b>Indikator II:</b> Karte: Mittlere Anzahl der an den durchgängig untersuchten Standorten nachgewiesenen „Klimawandelindikatoren“ der VDI Richtlinie 3957 – Blatt 20 an den Einzelstandorten im Vergleich der drei Zeiträume 1986, 1991 und 1996; 2002, 2009 und 2015 sowie 2018 und 2023 [Anzahl]
Berechnungsvorschrift	<b>Indikator I, Teil A:</b> Mittlere Anzahl der VDI-Klimawandelindikatoren = Summe aller VDI-Klimawandelindikatoren an allen durchgängig beobachteten Standorten / Anzahl der durchgängig beobachteten Standorte Es werden folgende Einzelstandorte berücksichtigt: 1350 Weinheim (Schriesheim), 1300 Künzelsau, 1370 Murgschifferschaft, 1040 Wangen, 1400 Donaueschingen, 1411 Schönau, 1330 Tauberbischofsheim, 1180 Kirchheim, 1191 Aalen, 1020 Überlingen, 1440 Freiburg, 1030 Bad Waldsee, 1110 Wehingen, 1220 Welzheim, 1500 Karlsruhe (Hardtwald), 1100 Stockach, 1390 Hausach

# Indikatorbasiertes Klimafolgenmonitoring für Baden-Württemberg

## Indikator-Factsheets

Ausgewählte Flechtenarten sind als „Klimawandelindikatoren“ in der VDI- Richtlinie 3957 Blatt 20 gelistet.

**Indikator I, Teil B:** Mittelwert der Mediane der Kontinentalitätszahl aller an den durchgängig untersuchten Standorten erfassten Flechtenarten = Summe aller Mediane der Kontinentalitätszahl der an den einzelnen (durchgängig beobachteten) Standorten erfassten Flechtenarten / Anzahl der durchgängig beobachteten Standorte

Die Medianwerte für die einzelnen Standorte werden direkt geliefert.

Zur Definition der Kontinentalitätszahl siehe Glossar

**Indikator II:** GIS-Darstellung der Daten, Mittlere Anzahl pro Jahr der an den durchgängig untersuchten Standorten nachgewiesenen „Klimawandelindikatoren“ der VDI Richtlinie 3957 Blatt 20 an den Einzelstandorten im Vergleich der drei Zeiträume 1986, 1991 und 1996; 2002, 2009 und 2015 sowie 2018 und 2023 in Form von Säulendiagrammen [Anzahl]

Verständnis des  
Indikatorwerts

**Indikator I, Teil A:** Je höher der Indikatorwert, desto mehr wärmeliebende Flechtenarten (VDI-Klimawandelindikatoren) kommen im Mittel über alle Standorte hinweg vor.

**Indikator I, Teil B:** Je geringer der Indikatorwert, desto mehr thermophile Flechten mit Verbreitungsschwerpunkt im atlantisch-(sub-) tropischen Klimabereich kommen im Mittel über alle Standorte hinweg vor.

### III Begründung und Interpretation

Begründung

Flechten werden schon sehr lange für unterschiedliche Zwecke der Bioindikation eingesetzt; zunächst vor allem zur Charakterisierung der lufthygienischen Gesamtsituation. Als wechselfeuchte Organismen interagieren sie direkt mit der Atmosphäre und reagieren empfindlich auf Veränderungen der Atmosphärenzusammensetzung und mikroklimatischer Faktoren. Insbesondere die Rinde von Bäumen besiedelnde (=epiphytische) Flechten ermöglichen die Erhebung von Daten unter optimal reproduzierbaren Bedingungen. Da sie im Gegensatz zu Gefäßpflanzen auch im Winter stoffwechselaktiv sind, eignen sie sich auch zur Indikation von Witterungsveränderungen in den Wintermonaten (VDI 2017: 2-3).

Gegenwärtig unterliegen die Flechtenpopulationen in Mitteleuropa einer hohen Veränderungsdynamik. Während die Populationen bis weit in die 1980er-Jahre hinein infolge der sauren Immissionen stark verarmt waren, kam es in den zurückliegenden 37 Jahren zu einer schnellen Erholung und damit Rückbesiedelung von Standorten. Anfänglich wurden an den 21 Standorten der MUB 74 Arten erfasst. Einige Arten haben sich seitdem zurückgezogen, andere sind neu dazugekommen, sodass bis 2018 insgesamt 235 Arten beobachtet werden konnten (Stapper & Aptroot 2018: 13). Dieser Prozess hält fortwährend an, weshalb bei nachfolgenden Untersuchungen neue, manchmal sogar im gesamten Bundesland noch nie zuvor registrierte Arten entdeckt werden konnten, wohingegen bekannte Arten nicht mehr angetroffen wurden. Von den insgesamt 254 bis zur jüngsten Erhebung 2023 (Stapper & John, unveröffentlicht) nachgewiesenen Flechtenarten waren für das aktuelle Monitoring 190 verfügbar.

Unter anderem gewinnen wärmeliebende Flechtenarten milder und ozeanischer beziehungsweise atlantisch-(sub)tropischer Klimagebiete an Bedeutung. Diese Arten, die bis vor wenigen Jahren noch gar nicht oder nur in wenigen, klimatisch besonders begünstigten Räumen vorkamen, breiten sich nun, von Westen und Süden kommend, aus (VDI 2017: 3). Diese Entwicklung wird mit dem Klimawandel in Verbindung gebracht, insbesondere mit den wärmer werdenden Wintermonaten.

# Indikatorbasiertes Klimafolgenmonitoring für Baden-Württemberg

## Indikator-Factsheets

Mit der VDI-Richtlinie 3957 Blatt 20 zur Kartierung von Flechten und Ermittlung der Wirkung von lokalen Klimaveränderungen (VDI 2017) liegt seit Juli 2017 eine Liste epiphytischer Flechtenarten vor, deren Arealerweiterung als Folge des aktuellen Klimawandels in Deutschland betrachtet wird. Dabei können Interferenzen mit eutrophierenden Immissionen weitgehend ausgeschlossen werden, das heißt das Auftreten und die Verbreitung dieser Flechtenarten lassen vergleichsweise unmittelbare Schlussfolgerungen auf Auswirkungen des Klimawandels zu. Betrachtet werden gemäß der Richtlinie Flechten an möglichst freistehenden Bäumen, wobei auch für Waldbäume typische Flechtenarten in der VDI-Richtlinie gelistet sind. Möglich ist daher auch eine Erfassung auf Bäumen innerhalb geschlossener, sich über längere Zeiträume hinweg wenig verändernder Bestände (Stapper & Aptroot 2024: 99). Im Fokus der Richtlinie steht der zeitliche Vergleich der Entwicklung der Flechtenbiota eines Standortes und nicht der räumliche Vergleich verschiedener Standorte, weil jeder Standort von lokalen Besonderheiten geprägt sein kann. Dies gilt für freistehende Bäume und Waldbäume gleichermaßen.

In Baden-Württemberg werden die Flechten auf 21 aus der Bewirtschaftung herausgenommenen Waldstandorten der MUB erfasst. In Indikator-Teil A wird das Vorkommen von nach der oben genannten VDI-Richtlinie als „Klimawandelindikatoren“ beschriebenen Flechtenarten an den beobachteten Standorten dargestellt.

In Indikator Teil B werden die an den MUB-Standorten erfassten Flechtenarten nach der sogenannten Kontinentalitätszahl ausgewertet. Dabei handelt es sich um einen der ökologischen Zeigerwerte der Flechten nach Wirth (2010). Er charakterisiert die Arten nach ihrem Verbreitungsschwerpunkt im ozeanischen oder kontinentalen Klimabereich. Der Klimawandel bedingt in Baden-Württemberg in geschlossenen Wäldern die Tendenz stärker ozeanische Verhältnisse, unter anderem mit geringeren Temperaturunterschieden in den Sommer- und Wintermonaten. Das liegt an den im Winter seltener werdenden Kälteperioden einerseits und der im Wald im Sommer verhältnismäßig gedämpft wirkenden Zunahme der Sommerhitze andererseits. Betrachtet wird die zeitliche Veränderung des Medians der Kontinentalitätszahl an den durchgehend untersuchten Standorten (Stapper & Aptroot 2024: 52).

### Einschränkungen

Der Indikator ist nicht unmittelbar allgemeinverständlich und erklärungsbedürftig. Die bisherigen Erhebungen erfolgten nicht zu äquidistanten Zeitpunkten. Es liegen für Waldstandorte bisher kaum Vergleichsstudien vor.

### Referenzen auf andere Indikatoren-systeme

keine

### In der Anpassungsstrategie Baden-Württemberg 2023 beschriebene Klimawandelfolgen

„In den jeweiligen Naturräumen können sich die klimatischen Bedingungen in der Zukunft möglicherweise so stark ändern, dass bestimmte Lebensräume und damit vergesellschaftete Arten verschwinden.“ (Seite 54)

„Die Artenvielfalt in Baden-Württemberg ist bereits heute stark bedroht. Diese Bedrohung nimmt durch den Klimawandel weiter zu. Das gilt insbesondere für Arten, die auf kühle und feuchte Bedingungen angewiesen sind. Auf der anderen Seite können aufgrund der Klimaerwärmung neue (FFH-)Arten aus Südeuropa dauerhaft nach Baden-Württemberg zuwandern.“ (Seite 54)

Es „werden künftig viele Arten in klimatisch besser geeignete Lebensräume ausweichen müssen, sofern solche in erreichbarer Nähe überhaupt vorhanden sind. Dies trifft vor allem auf Arten zu, die sehr trockene oder sehr nasse Lebensräume, sehr nährstoffarme Böden oder mikroklimatisch kühl-feuchte Räume besiedeln.“ (Seite 54)

„Auch die FFH-Arten des Landes sind durch den Klimawandel überwiegend einer mittleren Gefährdungsdiskposition ausgesetzt, die zusätzlich zu den bisherigen Gefährdungen wirkt.“ (Seite 55)

# Indikatorbasiertes Klimafolgenmonitoring für Baden-Württemberg

## Indikator-Factsheets

	„Ein Teil der derzeit gefährdeten Arten kann möglicherweise vom Klimawandel profitieren. Zugleich trägt dieser aber auch zu einer steigenden Gefährdung einer großen Zahl ehemals ungefährdeter Arten bei.“ (Seite 55)
Zielbezüge	<u>Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in Baden-Württemberg 2023</u> „Monitoring der Veränderungen sowie weitere Erforschung / Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Klimawandel und Ökosystemleistungen“ (Seite 17)
Berichtspflichten	keine

## IV Definitionen und Referenzen

Glossar	<p>Kontinentalitätszahl: Die Kontinentalitätszahl (K) ist einer der ökologischen Zeigerwerte nach Ellenberg. Diese Zeigerwerte geben Auskunft über die standörtlichen Bedingungen, unter denen die Arten im Wettbewerb um Raum, Licht, Wasser, Nährstoffe und andere Ökofaktoren bestehen können. Aufgrund dieser Eigenschaften eignen sie sich zur Standortanalyse. Die Kontinentalitätszahl bewertet das Verbreitungsschwergewicht der Arten entlang des Kontinentalitätsgradienten von der Atlantikküste bis ins Innere von Eurasien. Die Werte reichen von 1 bis 9:</p> <p>1 = euozeanisch in Mitteleuropa nur mit wenigen Vorkommen (süd- und westeuropäische Arten)</p> <p>2 = ozeanisch Schwergewicht in Westeuropa und im westlichen Mitteleuropa</p> <p>3 = ozeanisch bis subozeanisch zwischen 2 und 4 stehend (in großen Teilen Mitteleuropas vorkommend)</p> <p>4 = subozeanisch Schwergewicht in Mitteleuropa, zum Teil auch in Osteuropa</p> <p>5 = intermediär schwach subozeanisch bis schwach subkontinental</p> <p>6 = subkontinental Schwergewicht im östlichen Mitteleuropa und Osteuropa</p> <p>7 = subkontinental bis kontinental zwischen 6 und 8 stehend</p> <p>8 = kontinental nur an wenigen Standorten des östlichen Mitteleuropas vorkommend</p> <p>9 = eukontinental im westlichen Mitteleuropa</p> <p>Klimawandelindikatoren nach VDI: Zur Festlegung der Flechtenarten als Klimawandelindikatoren nach VDI wurden die Kenntnis über die aktuelle Verbreitung der Arten in Europa als auch die ökologischen Zeigerwerte nach Wirth (2010) und der „Klimawert“ (KW) nach Kirschbaum &amp; Wirth (2010) herangezogen. Dabei gilt <math>KW = (10 - K + T) / 2</math> mit K = Kontinentalitätszahl und T=Temperaturzahl nach Wirth (2010). Nur Flechten mit Nährstoffzahl unter 6 und KW über 6,5 oder <math>KW=6,5</math> und zugleich Feuchtezahl kleiner oder gleich 7 wurden ausgewählt. Darüber hinaus wurden Flechten aufgenommen, für die Wirth (2010) noch keine Zeigerwerte veröffentlicht hat, die aber nach der Niederländischen Flechtencheckliste (Aptroot &amp; Sparrius 2009) als gemäßigt-mediterran oder subatlantisch-submediterran-gemäßigt verbreitet gelten und sich daher in Deutschland als Klimawandelindikator eignen.</p>
Weiterführende Literatur	<p>Aptroot A. &amp; Sparrius L., 2009: Europese verspreiding en internationale betekenis an Nederlandse korstmossen. – Buxbaumiella 83: 1-12.</p> <p>Aptroot, A., Stapper, N.J., Košuthová, A. &amp; Kok (CM) van Herk, 2021: Lichens as an indicator of climate and global change. - In: Letcher, T.M. (Ed.) 2021: Climate Change: Observed Impacts on Planet Earth, Elsevier, 3rd edition, pp. 483–498.</p> <p>van Herk C. M., Aptroot A., van Dobben H.F., 2002: Long-term monitoring in the Netherlands suggests that lichens respond to global warming. - Lichenologist, 34 (2): 141-154.</p> <p>John V., (2021): Zur Dynamik der Flechtenbiota im Kronenbereich von Waldbäumen als Indikator – Fauna und Flora in Rheinland-Pfalz 14 (3): 793 - 841.</p>

# Indikatorbasiertes Klimafolgenmonitoring für Baden-Württemberg

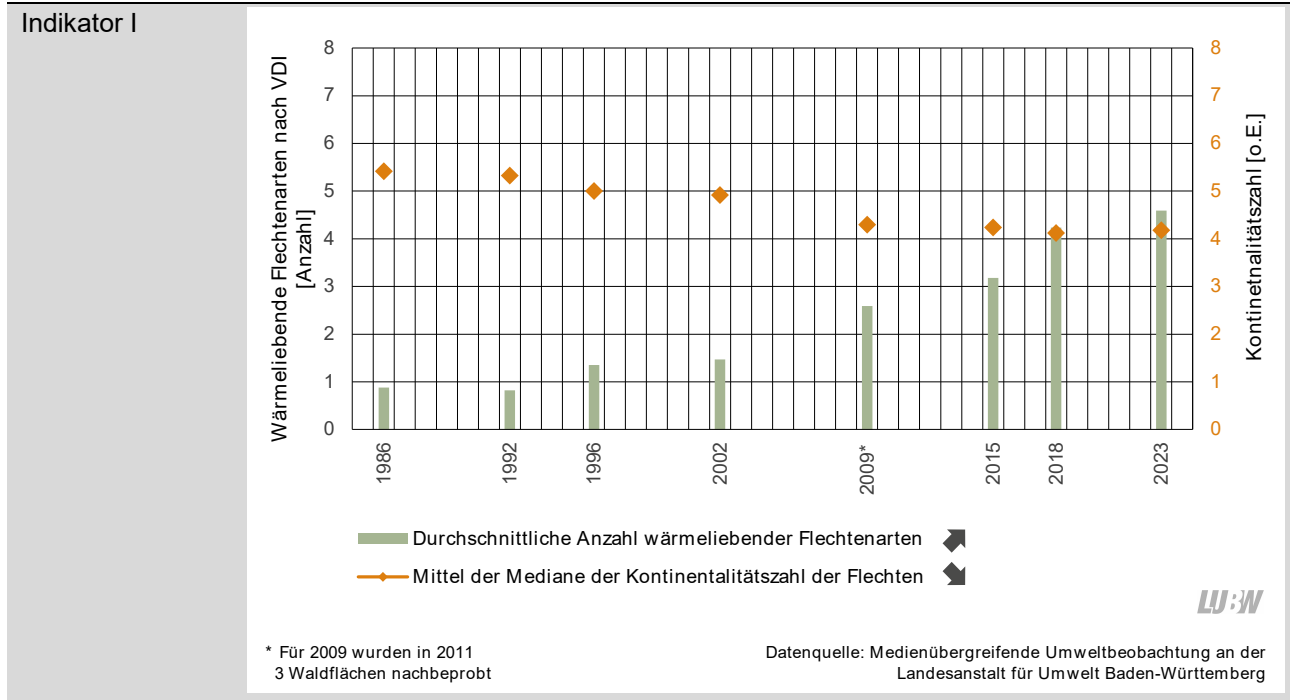
## Indikator-Factsheets

- Stapper N.J., Franzen-Reuter I., 2018: Wirkung lokaler Klimaveränderungen auf baumbewohnende Flechten in Nordrhein-Westfalen zwischen 2001 und 2017. – Immissionsschutz 3/2018, 128-136.
- Stapper N. & Aptroot A., 2015: Flechtenmonitoring auf 21 Wald-Dauerbeobachtungsflächen in Baden-Württemberg 2015 - Band 1: Ergebnisbericht im Auftrag der LUBW, 61 Seiten.
- Stapper N.J. & Windisch, U., 2020: Biomonitoring des Klimawandels mit Flechten. – Gefahrstoffe 80 (3): 85-89.
- Stapper N.J. & Aptroot A., 2024: Flechtenmonitoring auf 21 Wald-Dauerbeobachtungsflächen in Baden-Württemberg - Kartierung 2018 und Auswertung der Erhebungen von 1986 bis 2018. Ergebnisbericht im Auftrag der LUBW, Karlsruhe. 113 Seiten.
- VDI - Verein Deutscher Ingenieure 2017: VDI 3957 Blatt 20, 2017-07: Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Umweltveränderungen (Biomonitoring) - Kartierung von Flechten zur Ermittlung der Wirkung von lokalen Klimaveränderungen. Beuth, Berlin, 35 Seiten.
- Windisch U., Vorbeck A., Eichler M., Cezanne R. 2011: Untersuchung der Wirkung des Klimawandels auf biotische Systeme in Bayern mittels Flechtenkartierung. Publikationen zum Thema Luftreinhaltung des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit. 92 Seiten.
- Wirth V. 2010: Ökologische Zeigerwerte von Flechten – erweiterte und aktualisierte Fassung. Herzogia 23(2): 229-248.

## V Technische Informationen

Datenquelle	<b>Indikator I Indikator II:</b> Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW): Wald-Dauerbeobachtungsflächen der MUB
Räumliche Auflösung	<b>Indikator I:</b> NUTS 1 <b>Indikator II:</b> Einzelstandorte der MUB
Geographische Abdeckung	<b>Indikator I Indikator II:</b> ganz Baden-Württemberg
Zeitliche Auflösung	<b>Indikator I:</b> ab 1986, Einzeljahre (unregelmäßige Erhebung alle 4–6 Jahre): bisher 1986, 1991, 1996, 2002, 2009/2011, 2015, 2018, 2023 <b>Indikator II:</b> aggregiert für die folgenden Zeiträume: 1. 1986, 1992 und 1996 2. 2002, 2009 und 2015 3. 2018 und 2023
Beschränkungen, Datenkosten	keine

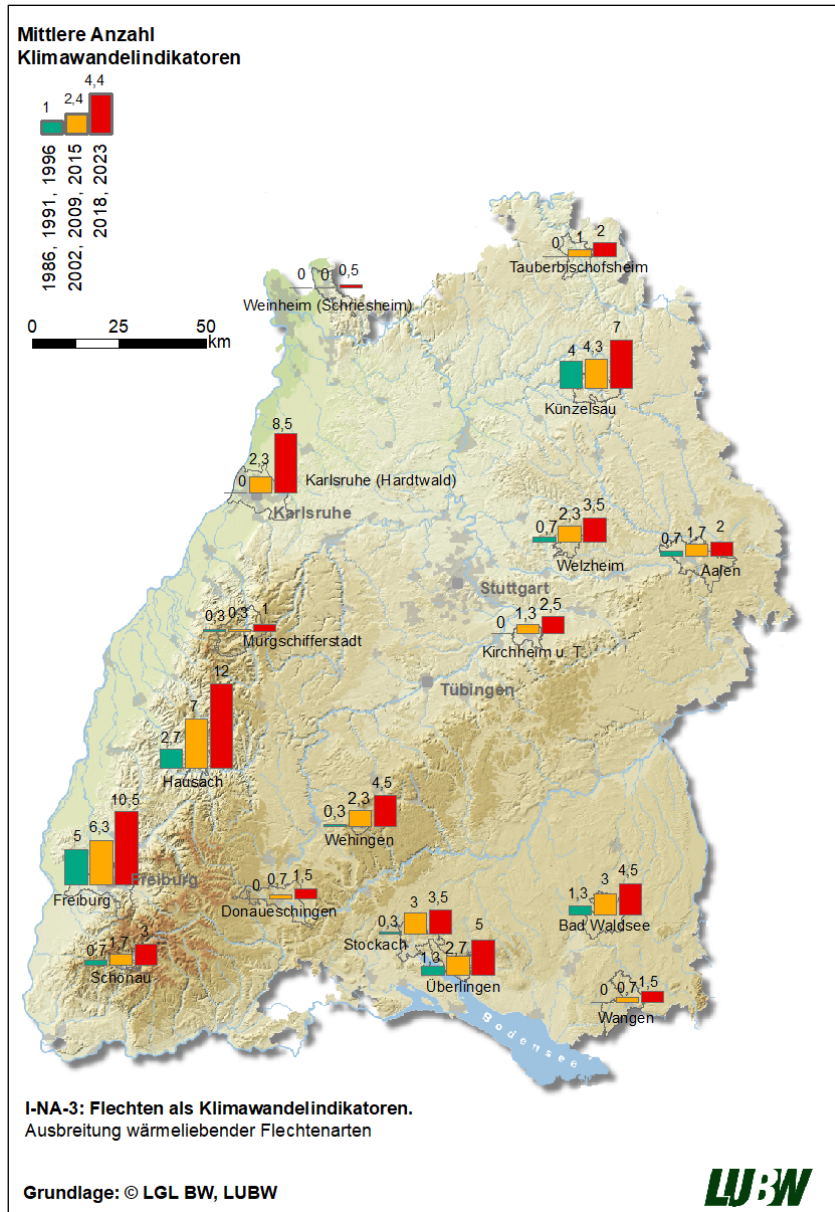
### VI Darstellung



# Indikatorbasiertes Klimafolgenmonitoring für Baden-Württemberg

## Indikator-Factsheets

### Indikator II



## Kernaussagen für den Monitoring-Bericht

Haupttreiber	Was sind (auch neben dem Klimawandel) Haupttreiber der dargestellten Entwicklung?
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Als eine Folge des Klimawandels dehnen viele Flechten ihr angestammtes Areal nach Norden und Osten aus (VAN HERK et al. 2002, APTROOT et al. 2021). Diesen Umstand nutzt eine neue VDI-Richtlinie (VDI 2017), die die Häufigkeit von 45 ausgewählten, auf Bäumen lebenden Flechtenarten, so genannten "Klimawandelindikatoren", zur Ermittlung lokaler Wirkungen des Klimawandels auf die Natur heranzieht.</li> </ul>

# Indikatorbasiertes Klimafolgenmonitoring für Baden-Württemberg

## Indikator-Factsheets

- Die verminderte Immissionsbelastung mit sauren Luftschadstoffen hat die Ausbreitung und Etablierung von Flechtenarten an Stämmen im Waldesinnern in Baden-Württemberg begünstigt. Signifikante Wirkungen der Stickstoff-Deposition an den Waldstandorten auf die Flechtenbiota sind nicht erkennbar. Lediglich besonders Stickstoff empfindliche Arten fehlen weitestgehend in den meisten Flächen. Sie konnten von der besseren Luftqualität durch verringerte saure Depositionen nicht profitieren. Einige Klimawandelindikatoren sind hingegen in ehemals stark mit sauren Immissionen belasteten Gebieten, wie Karlsruhe oder dem Köln-Düsseldorfer Raum, inzwischen häufig (Stapper & Franzen-Reuter 2018). Aufgrund des Ausschlusses von eutrophierungstoleranten Arten ist die Zunahme der Klimawandelindikatoren weitgehend unbeeinflusst von lokalen Nährstoffeinträgen.
- Das Baumartenspektrum und das Alter sowie der Kronenschlussgrad der Waldbestände beeinflussen die Häufigkeit von Klimawandelindikatoren. Standortliche Lufttrockenheit durch eine Öffnung des Waldes, ggf. in Kombination mit aktuellen Immissionsbelastungen (Standort 1350 Weinheim, Schriesheim) wirken sich negativ aus.

### Zeitlicher Verlauf

#### Was kennzeichnet den zeitlichen Verlauf des Indikators?

- Die durchschnittliche Zahl der vom aktuellen Klimawandel profitierenden Flechtenarten (= Klimawandelindikatoren) an wiederholt untersuchten 17 Wald-Messstationen in Baden-Württemberg hat seit 1986 statistisch signifikant zugenommen. Für nicht direkt aufeinander folgende Zeitpunkte sind die Werte statistisch signifikant verschieden (Wilcoxon-Test für gepaarte Stichproben,  $p < 0,02$ ). 2023 wurden 20 von bislang insgesamt 22 unterschiedlichen Klimawandelindikatoren an diesen Standorten nachgewiesen.
- Seit 1992 nimmt die mittlere Anzahl der Klimawandelindikatoren an den Waldstandorten von Erhebung zu Erhebung deutlich zu.
- Parallel dazu wurden die an den Waldbäumen insgesamt nachgewiesenen Flechtenarten bis 2018 immer atlantischer, wie die Abnahme der mittleren Mediane ihrer Kontinentalitätszahlen veranschaulicht (die Kontinentalitätszahl bewertet das Vorkommen der Arten entlang des Kontinentalitätsgradienten von der Atlantikküste bis ins Innere von Eurasien (Wirth 2010)). Im Vergleich von 2023 und 2018 ist das Flechtenartenspektrum die Kontinentalitätszahl erstmals in der Zeitreihe nicht weiter gesunken. Die Abnahme ist dennoch statistisch signifikant und weist auf veränderte klimatische Bedingungen hin, hier tendenziell milder und mit weniger stark schwankenden Temperaturen.
- Die hier im Rahmen eines fast 40-jährigen Projekts beobachteten Veränderungen werden durch ähnliche Beobachtungen in Nordrhein-Westfalen (Stapper & Franzen-Reuter 2018), Hessen, Bayern und Rheinland-Pfalz (Windisch et al. 2011; Stapper & Windisch 2020; John 2021) bestätigt.

### Extremjahre

#### Wie lassen sich (einzelne) Extremjahre begründen beziehungsweise erklären?

- Extremjahre treten in der Zeitreihe nicht auf. Das geschützte Wald-Innenklima puffert extreme Sommerhitze und Dürre etwas ab. Zudem fallen Flechten in eine Art Trockenstarre, wenn es trocken ist und nehmen dann bei auftretender der Hitze keinen Schaden.

# Indikatorbasiertes Klimafolgenmonitoring für Baden-Württemberg

## Indikator-Factsheets

<b>Bewertung der Entwicklung</b>	<b>Wie ist die Entwicklung (Richtung, Geschwindigkeit, aktueller Stand) zu bewerten?</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die kontinuierliche Zunahme der Klimawandelindikatoren seit 1992 bedeutet eine Veränderung des angestammten Flechtenartenspektrums zugunsten des Anteils ozeanischer beziehungsweise atlantischer und (sub-)mediterraner Arten. Besonders profitieren diese Arten von den wärmeren Temperaturen im Winter: a) Durch die guten Lichtverhältnisse im winterlichen Laubwald, b) durch die für die meisten Flechten sehr guten Wachstumsbedingungen (die optimale Temperatur für viele Flechten liegt bei etwa 10°C) und c) durch die abnehmende Häufigkeit von Frostereignissen, können diese Arten ihre Wachstumsperiode deutlich verlängern.</li> <li>• Parallel zu dem Einfluss des Klimawandels findet eine Erholung der Flechtengemeinschaften von sauren Immissionen mit Schwerpunkt in den Achtzigerjahren statt. Die Regeneration des Flechtenbewuchses in seiner Quantität als auch die größer werdende Artenvielfalt hat sicher aktuell eine positive Wirkung auf das Ökosystem Wald. Epiphytische Flechten bieten zahlreichen Kleintieren Unterschlupf oder dienen sogar als Brutstätte und ggf. auch als Nahrungsquelle. Die Wirkung der Artenverschiebung durch den Klimawandel ist derzeit allerdings noch nicht zu bemessen</li> </ul>
<b>Regionale/ lokale Schwerpunkte</b>	<b>Gibt es regionale/lokale Schwerpunkte der Entwicklung, die besonders hervorzuheben sind? Ggf. warum? Bitte erläutern Sie vor allem Kartendarstellungen!</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Richtlinie 3957 Blatt 20 wurde für Vergleiche der Häufigkeit bestimmter Flechtenarten als Indikatoren für lokale Wirkungen des Klimawandels zu verschiedenen Zeitpunkten entworfen, nicht für räumliche Vergleiche. Es erscheint allerdings plausibel, dass der Standort Freiburg aufgrund seiner klimatisch warmen Lage schon 1986 die meisten Klimawandelindikatoren aufwies. Doch das Baumartenspektrum (reine Nadelwaldstandorte sind ungünstig für Klimawandelindikatoren; vergl. 1370 Murgschifferschaft), die Altersstruktur der Bestände, der Kronenschlussgrad wie auch das Niederschlagsangebot und dessen jährliche Verteilung beeinflussen das Vorkommen von Klimawandelindikatoren ebenso wie die Zusammensetzung des Flechtenartenspektrums generell, weshalb ein Vergleich der Standorte nicht im Vordergrund steht. Zudem beeinflussen die Luftfeuchte-Verhältnisse sowie aktuelle oder nachwirkende Immissionsbelastungen die Ansiedlung von Flechten insgesamt und damit auch von Klimawandelindikatoren. Dies betrifft den Standort 1350 Weinheim im Nordwesten des Landes, an dem 2023 zum ersten Mal ein Klimawandelzeiger registriert wurde. Entsprechend der Kategorisierung zur Kartendarstellung weisen somit alle 17 Waldstandorte beim Vergleich der Zeiträume 1986, 1991 und 1996 mit 2018 und 2023 eine Zunahme der Klimawandelindikatoren auf, selbst in kühlen, teils über 1.000 Meter hoch gelegenen Wäldern. Die Veränderungen betreffen somit das gesamte Bundesland und alle Höhenstufen.</li> </ul>
<b>Weitere Aspekte</b>	<b>Welche Aspekte – neben den im Indikator dargestellten – sind im jeweiligen thematischen Zusammenhang noch von Bedeutung und welche werden bereits umgesetzt?</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass auch bei epiphytischen Moosen (beziehungsweise bei Moosen generell) eine Verschiebung des Artenspektrums hin zu mehr ozeanischen oder (sub-)mediterranen Arten stattfindet und dass an kühle Habitate angepasste Arten in Gebirgslagen weiter aufsteigen beziehungsweise verschwinden. Eine den Klimawandelindikatoren entsprechende Liste von Moosarten liegt noch nicht vor.</li> </ul>

- 
- Da die meisten Flechtenarten im Schutze des Waldes nicht besonders empfindlich auf sommerliche Trockenperioden reagieren (es sind wechselfeuchte Organismen, die bei längerer Trockenheit in eine Trockenstarre verfallen und dann gegenüber Hitze unempfindlich sind), wird dieser Aspekt des Klimawandels mit dieser Gruppe nicht dargestellt. Auch spiegeln sich die länger werdenden Sommer wenig in der Verschiebung von Artengemeinschaften der Flechten wider. Dazu sind die Beobachtungen an wärmeliebenden Insekten (Indikator NA-2) und die Verschiebung der phänologischen Phasen (Indikator NA-1) hingegen sehr gut geeignet.
  - Aufgrund des Klimawandels ist von einer starken Schädigung der Bäume, dem Habitat der hier untersuchten Flechten, auszugehen. Doch trotz bereits einsetzender Baumschäden, beispielsweise durch lange Trockenperioden, konnten bei den aktuellen Untersuchungen im Sommer 2023 sogar neue Arten entdeckt und keine gravierenden Artverluste verzeichnet werden.
-