

KLIMAFOLGENMONITORING SACHSEN

Änderung der Artenvielfalt und –zusammensetzung

Kennnummer: I-N1 **Indikatorart:** Impact (Klimafolgen)
Umweltmedium: Biodiversität / Naturschutz **Stand:** September 2016

Der Community Temperature Index (CTI) stellt mittel- und langfristige Auswirkung der Temperaturentwicklung auf Tier- oder Pflanzengemeinschaften dar. Besonders bei hoher Temperaturabhängigkeit wie z.B. bei Insekten sind Reaktionen auf Klimaveränderungen bereits zu beobachten. Eine Zunahme des Index ist gleichbedeutend mit einer Zunahme Wärmeliebender Arten.

1. Definition

Als Indikator für die mittel- und langfristige Auswirkung der Temperaturentwicklung auf Tier- oder Pflanzengemeinschaften wird die Veränderung ihres Community Temperature Index (CTI) betrachtet, der Verschiebungen in den Populationsgrößen von Arten in einer Artengemeinschaft als Antwort auf Klimaveränderungen widerspiegelt.

2. Datenquelle

Für Tagfalter wird die Artdatenbank MultiBaseCS Rolf Reinhardt (ca. 100.000 Datensätze, ausreichende Daten für 1975-2010) und das TMD (Tagfalter-Monitoring Deutschland) des UFZ (seit 2005) verwendet.

Grundlage für Analysen der Libellen ist die zentra-

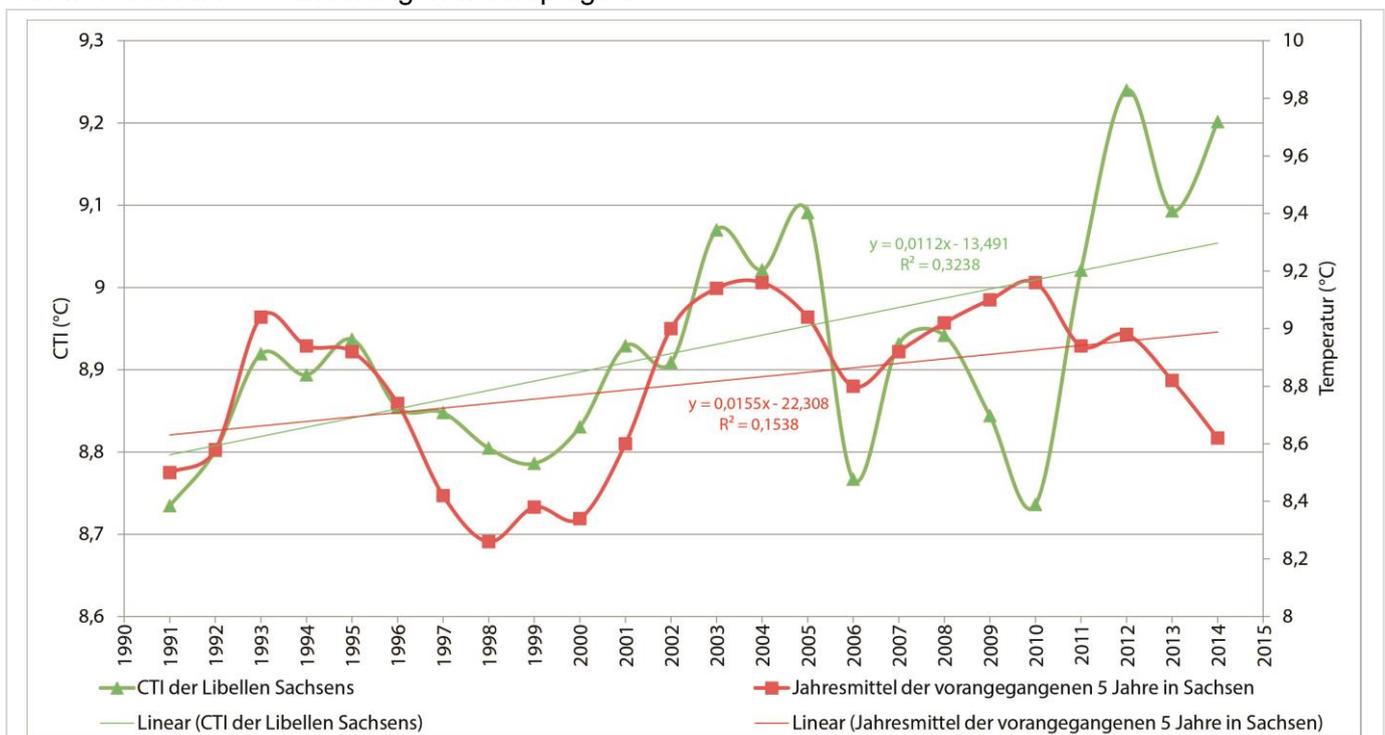


Abbildung 1: Entwicklung des Community Temperature Index (CTI) bei Libellen 1991-2010

le Artdatenbank des LfULG (ca. 50.000 Datensätze, ausreichende Daten für 1991-2010).

3. Berechnung

Der Community Temperature Index (CTI) berechnet sich als arithmetisches Mittel der nach ihrer Häufigkeit gewichteten Species Temperature Indices (STI) einer Artengemeinschaft in einer Zeiteinheit. Hierbei stellen die STI-Werte das arithmetische Mittel aus den Mitteltemperaturen eines gerasterten Verbreitungsareals innerhalb einer Referenzperiode dar (Devictor et al., 2008). Im Vergleich zu alternativen Methoden hat sich der CTI als die am besten geeignete Methode erwiesen (van Swaay et al., 2008 & 2010). Ein großer Vorteil dieser Methode ist insbesondere die Möglichkeit der Anwendung in und der Vergleichbarkeit zwischen sehr unterschiedlichen Regionen und ihre Robustheit in Bezug auf Artenauswahl und Datenqualität. Für belastbare Auswertungen muss auf eine ausreichende Datenmenge geachtet werden (nach vorläufiger Einschätzung sind mindestens etwa 1000 Datensätze pro Zeiteinheit und mindestens etwa 20 zufällig gewählte Arten nötig). Da die Ergebnisse hauptsächlich durch häufige Arten bestimmt werden, sind auch Daten aus nicht flächendeckenden Monitoring-Programmen für die Auswertung geeignet. Verfälschungen der Ergebnisse sind möglich bei systematischer Auswahl (positiv wie negativ) temperatursensibler Arten sowie bei starken Migrationsereignissen, so dass u. U. migrierende Arten, deren Populationsentwicklung primär von Klimabedingungen in ihren Herkunftsgebieten bestimmt wird, aus der Analyse entfernt werden müssen. Nachteil der Methode ist die Notwendigkeit der Berechnung von STI-Werten für alle analysierten Arten, wofür zumindest europaweite Verbreitungskarten vorliegen müssen. STI-Werte existieren bislang nur für Vögel, Tagfalter und Libellen, sind aber grundsätzlich für jede Art(engruppe) mit entsprechender Kenntnis ihrer Verbreitung berechenbar. Beachtet werden muss auch, dass die Korrelationen des CTI mit Temperaturwerten von der Generationslänge der Arten abhängig sind. Während Populationen von Arten mit mehreren Generationen pro Jahr (z. B. viele Tagfalter) bereits im selben Jahr auf Temperaturveränderungen reagieren, sind bei Arten mit mehrjährigem Entwicklungszyklus (z. B. viele Libellen) Veränderungen in der Populationsdichte der Adulten erst mit mehrjähriger Verzögerung erkennbar. In diesen Fällen können beispielsweise einseitige gleitende Mittelwerte der Jahresmitteltemperaturen über eine entsprechende Zeitdauer zu besseren Korrelationen führen.

Zur Gewichtung sind zwei verschiedene Methoden möglich:

Methode 1 – Gewichtung mittels Individuenzahlen:

$$CTI_{IZ} = \sum_{j=1}^n \frac{STI_j * IZ_j}{\sum_{i=1}^n IZ_i}$$

Hierbei sind i und j die Arten mit n als Anzahl der Arten, IZ die Individuenzahlen und STI die Species Temperature Indices.

Diese Methode ist vorzugsweise zu verwenden bei Monitoring-Daten, wobei hier im Falle von extremen Abundanzen möglicherweise eine Transformation der Daten notwendig sein kann. Falls Individuenzahlen nicht oder nicht durchgängig vorliegen, kann stattdessen auch die folgende Methode verwendet werden:

Methode 2 – Gewichtung anhand von Datensatzzahlen:

$$CTI_{DS} = \sum_{j=1}^n \frac{STI_j * DS_j}{\sum_{i=1}^n DS_i}$$

Hierbei sind i und j die Arten mit n als Anzahl der Arten, DS die Anzahl der Datensätze und STI die Species Temperature Indices.

Die Veränderung des CTI entlang einer Zeitachse kann durch Berechnung generalisierter linearer Modelle (GLMs) erfolgen, wobei lineare Regressionsmodelle für einfache Trendberechnungen ausreichend sind.

4. Klimasensitivität und Bewertung

Die klimarelevante Aussagekraft des CTI wurde bereits bei Vögeln und Tagfaltern nachgewiesen. Im Vergleich zu anderen Methoden zeigte der CTI die größte Sensitivität für klimatisch bedingte Populationsveränderungen. Besonders geeignet ist der CTI für wechselwarme Organismen mit hoher Temperaturabhängigkeit wie Insekten. Diese sind sehr klimasensitiv und reagieren auch aufgrund ihrer vergleichsweise kurzen Generationszyklen schneller auf Klimaveränderungen als die meisten Wirbeltiere. Eine Verbindung dieses Indikators besteht zu Indikator I-N2 (Arealveränderungen klimasensitiver Arten), der in einer Berechnungsvariante auch die Verwendung des STI (eine Komponente des CTI) vorsieht.

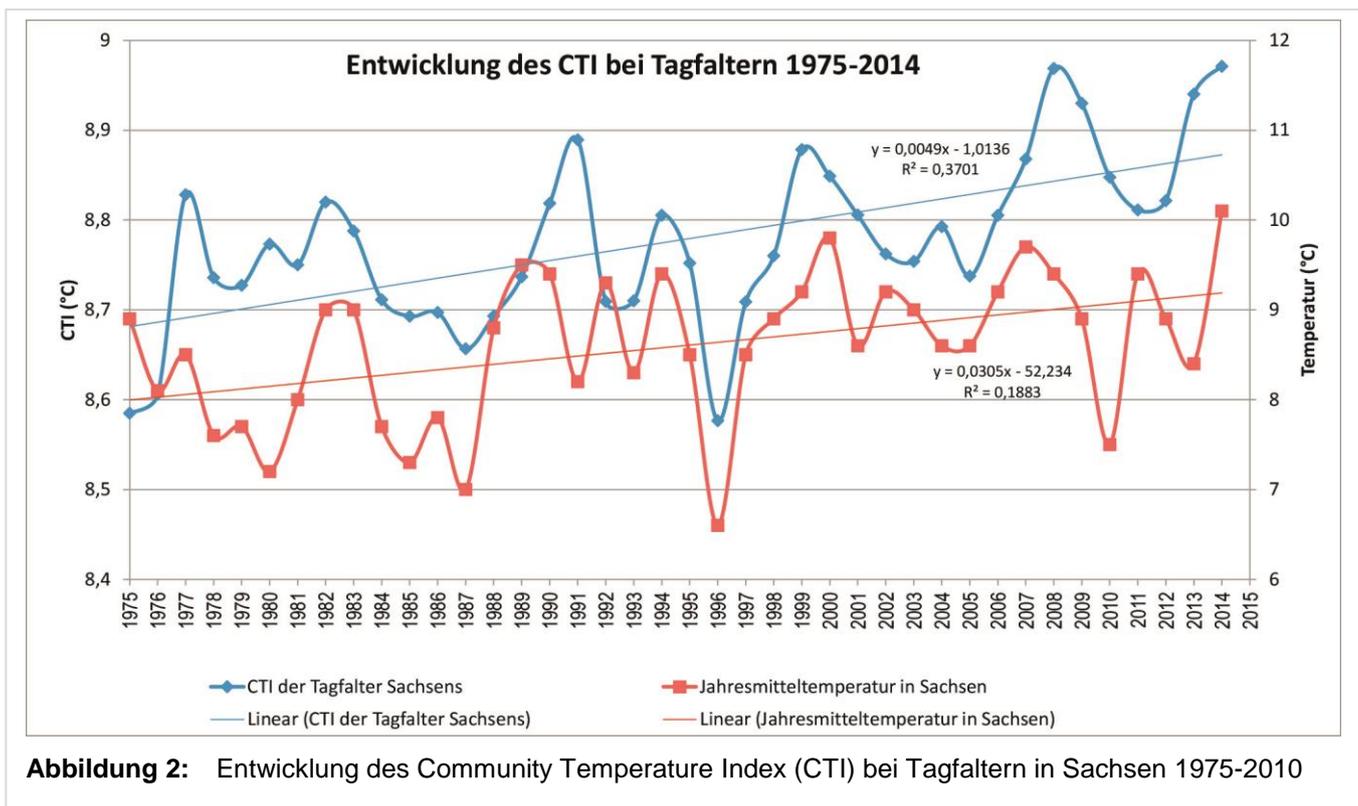


Abbildung 2: Entwicklung des Community Temperature Index (CTI) bei Tagfaltern in Sachsen 1975-2010

Erläuterungen zu Abbildung 1:

Steigt der CTI mit der Zeitachse an, wie das anhand dieser und der folgenden Grafiken bei Libellen und Tagfaltern nachgewiesen wurde, dann hat sich das Verhältnis der Arten (bzw. ihrer Individuenzahlen / Datensätze) dahingehend verändert, dass Arten mit höheren STI-Werten anteilig zugenommen haben. Das bedeutet, dass Arten (bzw. ihre Individuenzahlen / Datensätze) anteilmäßig zunehmen, die hinsichtlich ihres Verbreitungsbildes (auch) in wärmeren Regionen vorkommen, während Arten kühlerer Regionen zurückgehen. Eine signifikante Korrelation zwischen CTI und Jahresmitteltemperatur bringt zum Ausdruck, dass der CTI und damit die Zusammensetzung der Artengemeinschaft der klimasensitiven Artengruppe von der Temperatur abhängig ist. In der Grafik oben zum CTI bei Libellen ergibt sich eine hohe Korrelation ($0,73^{***}$) mit dem gleitenden Mittel der Temperatur der vergangenen 5 Jahre, während wegen der meist mehrjährigen Generationslänge der Libellen zur Jahresmitteltemperatur keine signifikante Korrelation besteht.

Erläuterungen zu Abbildung 2:

Bei den Tagfaltern beträgt der Korrelationskoeffizient des CTI mit der Jahresmitteltemperatur $0,59$ ($p=0,0002$). Der ungewöhnlich hohe Peak des CTI im Jahre 2008 ist durch die starke Einwanderung des Postillons (*Colias crocea*) bedingt, einer in Sachsen nicht bodenständigen Wanderfalterart.

Bei Entfernung der Daten für diese Art aus der Analyse verschwindet dieser Peak und zeigt damit den deutlichen Zusammenhang zwischen Generationslänge einzelner Arten und der Populationsdichte.

5. Hinweise

Die Anwendung dieses Indikators erfordert relativ große und möglichst regelmäßige Datenerhebungen mit kurzen (möglichst mindestens jährlichen) Erfassungsintervallen. Optimal geeignet hierfür sind Monitoringprogramme wie das Tagfalter Monitoring Deutschland (TMD), die Populationsentwicklungen gut erfassen. Eine kostengünstige Datenerhebung ist mit Hilfe von langfristig angelegten Citizen Science Programmen möglich. Die Berechnung des CTI ist grundsätzlich mit in regelmäßigen Zeitintervallen standardisiert erfassten Daten (Monitoringprogramme) als auch mit unregelmäßigeren Erfassungsdaten der ehrenamtlichen Artenkartierer möglich, wobei in beiden Fällen bestimmte Anforderungen an die Datensets hinsichtlich Datensatzzahl, Homogenität, Repräsentativität erfüllt sein müssen. Um die Vergleichbarkeit der Daten zwischen den Jahren zu gewährleisten, ist auf ausreichende Homogenität in räumlicher wie zeitlicher Hinsicht zu achten. Dabei ist weniger die Gesamtdatenmenge entscheidend als vielmehr das Vorliegen eines ähnlichen Verhältnisses an Daten zwischen verschiedenen Regionen (z. B. Tiefland vs. Bergland), unterschiedli-

chen Lebensräumen (z. B. Feuchtgrünland vs. Trockenrasen) und verschiedenen Jahreszeiten. Für einen Vergleich mit anderen Bundesländern sind repräsentative Erhebungen anzustreben. Diese werden am besten mittels standardisierter Monitoringprogramme auf repräsentativen Flächen (Beispiel: ÖFS) erreicht. Die gezeigten Graphiken im vorliegenden Kennblatt basieren hingegen auf Zufallsdaten ehrenamtlicher Kartierer, die nur für eine allgemeine Trendanalyse über langjährige Zeitintervalle hinreichend homogen sind. Zu beachten ist, dass CTI-Berechnungen von den zugrunde gelegten Verbreitungsarealen abhängen, deren Abgrenzung mit verschiedenen Problemen behaftet sein kann (z. B. aufgrund von Migration oder Extinktion) und dass großflächige Änderungen in der Landnutzung (z. B. Änderungen im Waldanteil, s. Clavero et al., 2011) einen Einfluss auf den CTI haben können. Für regionalisierte CTI-Auswertungen sind die derzeit vorhandenen sächsischen Daten größtenteils unzureichend. Klärungsbedarf besteht noch in der korrekten Berechnung von Konfidenzintervallen und Signifikanztests. Die Ergebnisse v. a. für die Jahre 2009 und 2010 könnten ggf. noch komplettiert werden, weil erfahrungsgemäß die Einspeisung der Kartierungsdaten in die Zentrale Artdatenbank des LfULG nachläuft.

6. Literatur

- Clavero, M., Villero, D. & Broton, L. (2011) Climate change or land use dynamics: Do we know what climate change indicators indicate? *PLoS ONE* 6(4): e18581.
- Devictor, V., Julliard, R., Couvet, D. & Jiguet, F. (2008) Birds are tracking climate warming, but not fast enough. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 275, 2743-2748.
- van Swaay, C., Harpke, A., Van Strien, A., Fontaine, B., Stefanescu, C., Roy, D. B., Maes, D., Kühn, E., Óunap, E., Regan, E., Švitra, G., Heliölä, J., Settele, J., Musche, M., Warren, M., Plattner, M., Kuussaari, M., Cornish, N., Schweiger, O., Feldmann, R., Julliard, R., Verovnik, R., Roth, T., Brereton, T. & Devictor, V. (2010) The impact of climate change on butterfly communities 1990-2009. (ed. by B.C.D. Vlinderstichting), Wageningen.
- van Swaay, C., van Strien, A. J., Julliard, R., Schweiger, O., Brereton, T., Heliölä, J., Kuussaari, M., Roy, D. B., Stefanescu, C., Warren, M. S. & Settele, J. (2008) Developing a methodology for a European butterfly climate change indicator. De Vlinderstichting, Wageningen