

# Der Klimawandel wirkt direkt vor unserer Haustür

Françoise Schmit | Abteilung Landschaft und Gewässer | 062 835 34 50  
 Stefanie Burger | Abteilung Wald | 062 835 28 20

**Versiegelte Flächen wirken wie ein Wärmespeicher. Städte und Dörfer wärmen sich deshalb deutlich stärker auf als die ländliche Umgebung. Dieser Wärmeinseleffekt hinterlässt deutliche Spuren in den Artengemeinschaften: feuchtigkeits- und schattenliebende Arten verschwinden, Wärme- und Trockenheitszeiger profitieren. Der Klimawandel macht sich in den Siedlungen besonders stark bemerkbar – nicht nur für die Menschen, sondern auch für die Natur.**

Der Eisbär und die abschmelzenden Gletscher sind zu Ikonen des Klimawandels geworden. Jedoch wirkt sich der Klimawandel nicht nur weit weg in der Arktis oder den Alpen aus, sondern auch direkt vor unserer Haustür. Denn der Siedlungsraum hat gegenüber dem Umland ein deutlich verändertes Lokalklima. Die dichte Bebauung mit einem grossen Anteil an versiegelten Flächen und wenigen Grünflächen führt zu höheren Durchschnittstemperaturen und zu niedrigerer Luftfeuchtigkeit. Schon heute wirkt sich dies nicht nur auf das Wohlbefinden der Menschen, sondern auch direkt auf Flora und Fauna aus. Der vorliegende Artikel dokumentiert beobach-

tete Veränderungen der Artengemeinschaften in den vergangenen zwei Jahrzehnten für das Siedlungsgebiet des Kantons Aargau.

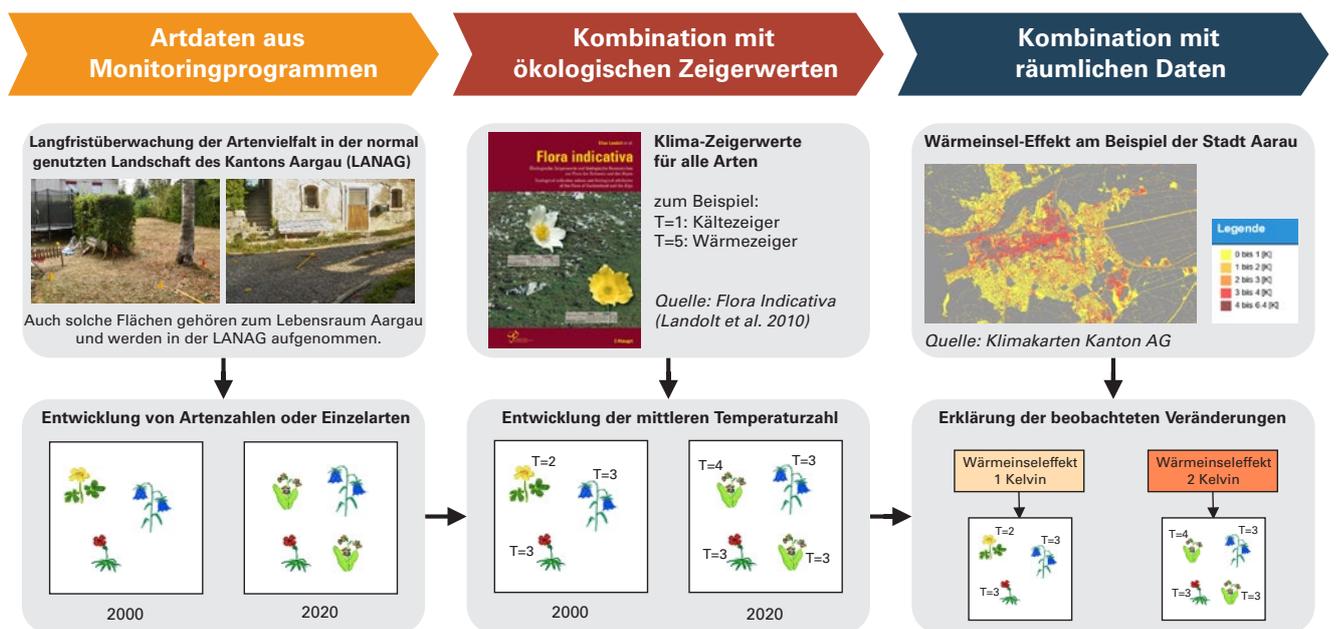
## Kantonale Biodiversitätserhebungen als Grundlage

Seit über 20 Jahren werden im Kanton Aargau für verschiedene Umweltprogramme Informationen zu Tier- und Pflanzenarten erhoben. Diese Langzeitbeobachtungen liefern wertvolle Informationen, um Veränderungen der Artgemeinschaften zu dokumentieren und zu interpretieren. Beispiele für solche Programme sind das Amphibienmonitoring, das Libellenmonitoring und die Langfristüberwachung der

Artenvielfalt in der normal genutzten Landschaft des Kantons Aargau (LANAG). Diese kantonalen Daten wurden nun ausgewertet, um zusätzliche Informationen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf Flora und Fauna zu gewinnen.

Um Aussagen über das Siedlungsgebiet zu machen, ist die LANAG besonders geeignet, weil die Erhebungsorte zufällig über den ganzen Kanton verteilt sind und somit teilweise auch im Siedlungsgebiet liegen. Mit diesen Daten können Veränderungen der Artenvielfalt und Bestandesveränderungen von Einzelarten im Siedlungsgebiet dokumentiert werden.

Um die Veränderungen in Bezug auf den Klimawandel interpretieren zu können, wurden die beobachteten Arten bezüglich ihrer Ansprüche charakterisiert. Dazu wurden jeder Art ihre ökologischen Zeigerwerte zugeordnet. Bezüglich Klimawandel interessierten insbesondere die Zeigerwerte für die Bodenfeuchte und die Temperatur. Eine Hypothese ist zum Beispiel, dass



Schematische Darstellung der verwendeten Datengrundlagen und durchgeführten Analysen

Quelle: Hintermann & Weber AG

Natur  
Landschaft

Arten mit einem tiefen Temperaturzeigerwert (Kältezeiger) zunehmend durch Arten mit einem höheren Temperaturzeigerwert (Wärmezeiger) ersetzt werden.

Um die Wirkungsbeziehungen besser zu verstehen, wurden die beobachteten Veränderungen der Artgemeinschaften zudem mit räumlichen Daten korreliert. Hierzu wurde insbesondere der für das Aargauer Siedlungsgebiet berechnete Wärmeinseleffekt verwendet. Dabei wird die bioklimatische Situation aufgrund der nächtlichen Überwärmung eingeschätzt und dort, wo eine nächtliche Überwärmung entsteht, wird die Temperaturerhöhung gegenüber dem Umland in Kelvin (1 Kelvin = 1° Celsius) geschätzt. Nächtliche Überwärmung deshalb, weil dann der Effekt besonders stark ist: Die Siedlung kann wegen der als Wärmespeicher wirkenden versiegelten Fläche viel weniger stark abkühlen als das Umland.

#### Effekt auf die Pflanzengemeinschaften

Die Anzahl der beobachteten Pflanzenarten auf den 87 Untersuchungsflächen im Siedlungsgebiet ist seit Beginn der LANAG-Erhebungen 1996 konstant geblieben, allenfalls kam es zu einer minimalen Zunahme der Artenzahlen. Diese Konstanz bei den Arten-

### Langfristüberwachung der Artenvielfalt in der normal genutzten Landschaft des Kantons Aargau (LANAG)

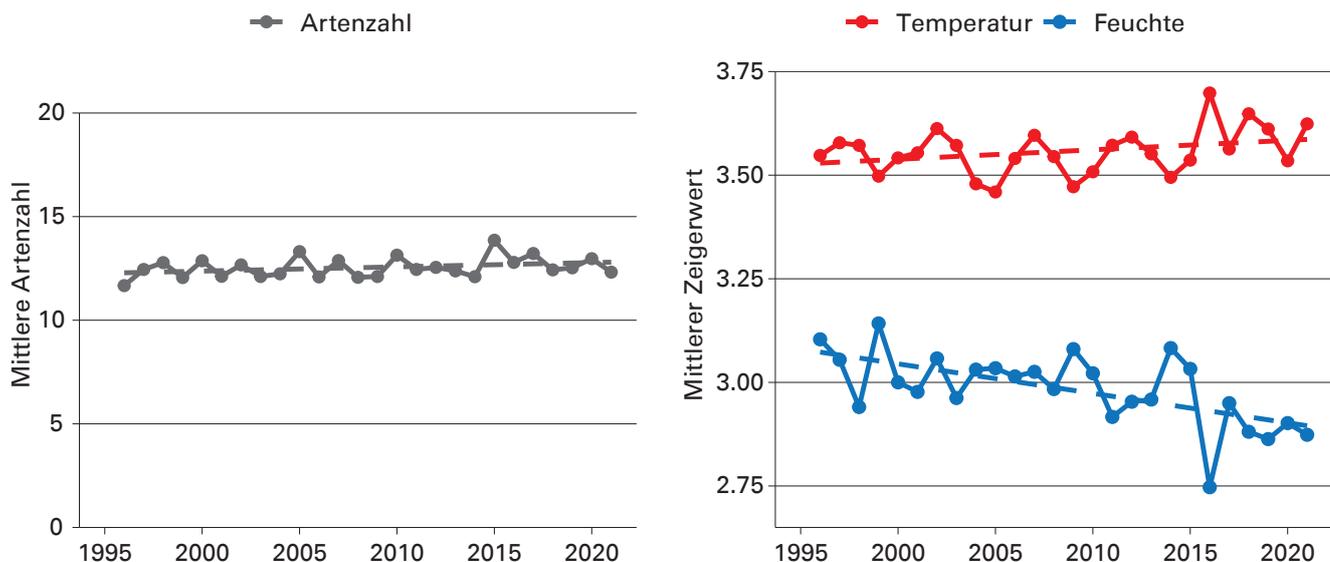
Seit 1996 erfasst der Kanton Aargau die Entwicklung der Artenvielfalt in der «normal genutzten» Landschaft mit einem eigenen Überwachungsprogramm. In diesem Programm wird die Artenvielfalt der Brutvögel, Tagfalter, Schnecken und Pflanzen erfasst. Die Erfassung der Pflanzen geschieht auf gut 500 Kreisflächen von zehn Quadratmetern, die in einem regelmässigen Netz über den ganzen Kanton verteilt sind. Jede Untersuchungsfläche wird jeweils nach fünf Jahren wieder bearbeitet. Die Bearbeitung geschieht mit standardisierten Methoden, die sich seit Erhebungsbeginn kaum verändert haben. Die so erfassten Daten eignen sich sehr gut, um Veränderungen der Artgemeinschaften im Kanton Aargau zu dokumentieren (siehe UMWELT AARGAU Nr. 86, Mai 2021, Seiten 47 bis 50).

zahlen darf aber nicht so interpretiert werden, dass sich die Artzusammensetzungen nicht verändert haben. Tatsächlich sind die mittleren Temperaturzeigerwerte der beobachteten Arten im selben Zeitraum gestiegen und die mittleren Feuchtezeigerwerte haben deutlich abgenommen. Dies zeigt, dass ein Austausch von eher kältezeigenden und feuchteliebenden Arten zu wärmezeigenden und trockenheitsliebenden Arten stattgefunden hat.

Die Resultate decken sich sehr gut mit den Trends aus dem Siedlungsgebiet in der übrigen Schweiz: Die Daten aus dem Biodiversitätsmonitoring Schweiz

zeigen besonders starke Veränderungen der Klimazeigerwerte im Siedlungsraum und deutlich schwächere Veränderungen im Wald und in der Landwirtschaft. Tatsächlich findet der Klimawandel also im wörtlichen Sinn direkt vor unserer Haustür statt. Um besser zu verstehen, warum die Entwicklung im Wald deutlich schwächer oder sogar leicht gegenläufig verläuft, findet aktuell unter Federführung der Abteilung Wald eine vertiefende Analyse der Monitoringdaten aus dem Aargauer Wald statt.

### Artenzahl und Artzusammensetzung der Pflanzen gemäss LANAG



Obwohl die Anzahl Pflanzenarten pro 10 Quadratmeter Untersuchungsfläche im Siedlungsgebiet des Kantons Aargau seit 1996 nahezu konstant geblieben ist (links), hat sich die Artzusammensetzung deutlich verändert (rechts). Arten, die mit höheren Temperaturen und geringerer Feuchte auskommen, haben zugenommen.

Quelle: LANAG

## Bestandesentwicklung des Feld-Ehrenpreis (*Veronica arvensis*)

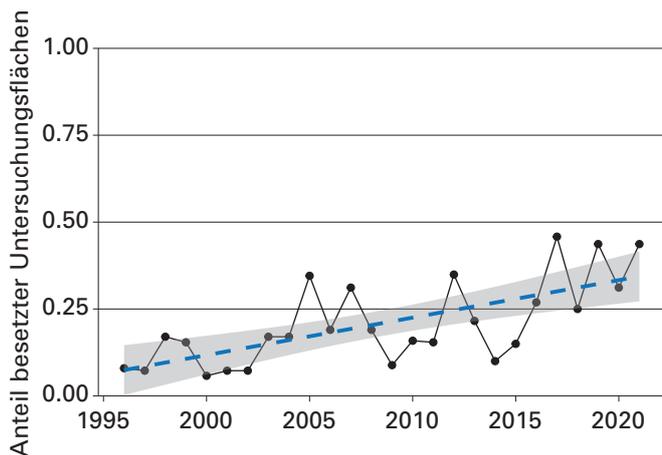


Foto: IMAGO/blickwinkel

Mit einem Temperaturzeigerwert von 3,5 ist der Feld-Ehrenpreis eine wärmeliebende und mit einem Feuchtwert von 2,5 vor allem eine trockenheitsliebende Art.

Quelle: LANAG

### Welche Arten sind betroffen?

Spannend ist es, die Entwicklung der einzelnen Arten zu untersuchen, um die ökologischen Wirkungsmechanismen besser zu verstehen. Momentan profitieren wärme- und trockenheitsliebende Arten, die sich im Siedlungsgebiet und auch entlang von Verkehrswegen teils sehr stark ausbreiten, darunter auch eingewanderte Arten wie zum Beispiel das Liebesgras (*Eragrostis sp.*). Einige der trockenheitsliebenden Arten wie der Feld-Ehrenpreis (*Veronica arvensis*) zeigen sogar spektakuläre Zunahmen und sind heute bis zu vier Mal häufiger als zu Beginn der LANAG Ende der 1990er-Jahre!

Im Gegensatz dazu konnten ähnlich spektakuläre Abnahmen bei den feuchtigkeits- und schattenliebenden Arten nicht festgestellt werden. Viele dieser Arten zeigen eher konstante oder nur leicht rückläufige Bestandestrends. Es ist jedoch möglich beziehungsweise wahrscheinlich, dass sich dies noch ändern wird. Denn viele Arten können sich noch relativ lange an einem Ort halten, auch wenn ihnen die Umweltbedingungen schon heute nicht mehr entsprechen. Unter diesen Voraussetzungen sind sie nicht mehr in der Lage, genügend Nachkommen zu produzieren, sodass der Bestand langfristig nicht überleben kann. Dieses Phänomen ist unter dem Begriff «Aussterbeschuld» bekannt.

Trifft dies bei einer Art zu, dann sind die heutigen Klimaveränderungen für Bestandesveränderungen verantwortlich, die erst in ein paar Jahren beobachtet werden können.

Aber natürlich sind nicht nur Pflanzen betroffen, ähnliche Tendenzen sind auch bei Tieren zu erwarten. Die Tagfalter sind dafür ein gutes Beispiel: auch bei ihnen sind Verbreitungszunahmen mehrheitlich bei wärmezeigenden Arten zu beobachten und kältezeigende Arten sind in ihrem Bestand eher rückläufig. Ähnlich wie bei den Pflanzen nimmt somit der mittlere Temperaturzeigerwert der beobachteten Tagfalterarten seit Messbeginn kontinuierlich zu. Diese Zunahme entspricht einem Höherwandern der Tagfalter im Kanton Aargau um 42 Meter. Dieser Wert ist nahezu identisch mit dem Wert von 38 Metern, der mit Daten des Biodiversitätsmonitorings Schweiz für die gesamte Schweiz inklusive Alpen festgestellt wurde. Der Klimawandel wirkt sich somit nicht nur auf die Tagfaltergemeinschaften der Alpen aus, wie das gelegentlich vermutet wird, sondern in einem ähnlichen Umfang auch auf die Tagfaltergemeinschaften der tieferen Lagen.

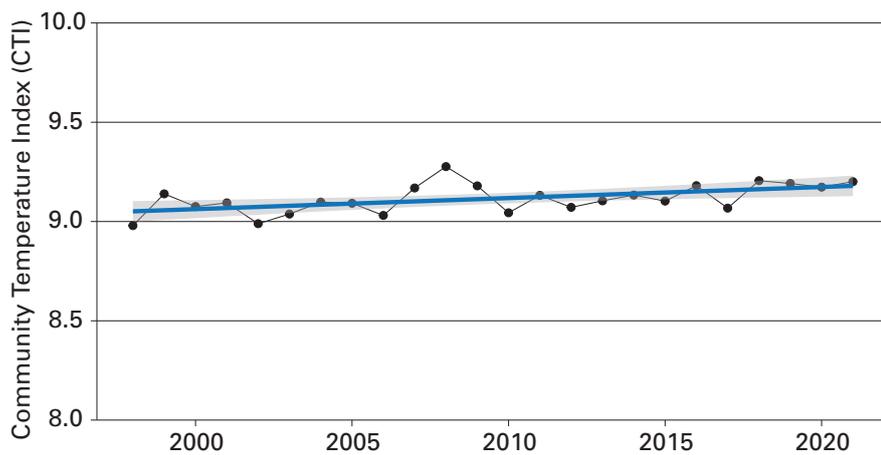
### Wie gross ist der «Wärmeineffekt»?

Es ist allgemein bekannt, dass sich Artgemeinschaften entlang des Höhengradienten verändern, unter anderem weil die Temperaturen von unten nach

oben kontinuierlich abnehmen. Deutlich weniger bekannt sind hingegen die Auswirkungen des Wärmeineffekts. Wir haben deshalb die beobachteten Pflanzengemeinschaften mit dem Wärmeineffekt gemäss Klimakarten des Kantons Aargau korreliert und mit dem Effekt des Höhengradienten verglichen. Steigt man im Kanton Aargau um 100 Meter in die Höhe, so sinkt der mittlere Temperaturzeigerwert der Pflanzengemeinschaften um durchschnittlich 0,032. Dies ist fast gleich viel wie die durchschnittliche Zunahme des mittleren Temperaturzeigerwertes in den Aargauer Siedlungen pro zehn Jahre. Etwas salopp könnte man also sagen, dass Aarau heute etwa auf der Höhe von Basel liegt, also «100 Meter tiefer» als vor zehn Jahren. Trotzdem ist dieser Effekt deutlich geringer als der Wärmeineffekt, der durch die zunehmende Versiegelung verursacht wird. Der Wärmeineffekt von vier Grad, wie er in den stark versiegelten Gebieten

Die Auswertungen zum Projekt «Auswirkungen des Klimawandels auf die Biodiversität im Kanton Aargau» hat die Hintermann & Weber AG, Reinach BL, im Auftrag des Kantons Aargau durchgeführt. Projektleiter ist Tobias Roth.

## Entwicklung des mittleren Temperaturzeigerwertes der Tagfalter gemäss LANAG



Fotos: Thomas Marent

Auch bei den Tagfaltern werden die wärmezeigenden Arten im Vergleich zu den eher kältezeigenden Arten häufiger. Als Temperaturzeigerwert wurde die Jahresmitteltemperatur im Verbreitungsgebiet der Art verwendet.

Der Weisse Waldportier (*Brintesia circe*) (oben) ist ein Wärmezeiger; der Hauhechelbläuling (*Polyommatus icarus*) (unten) kann dank dem Klimawandel mehr Generationen pro Jahr machen.

Quelle: LANAG

erreicht wird, entspricht einem Höhenunterschied von fast 700 Metern. Kein Wunder also, dass inzwischen Feigenbäume und Palmen auch in unseren Vorgärten gedeihen.

### Folgerungen

Der Klimawandel wirkt sich im Siedlungsgebiet somit besonders stark auf die Pflanzen- und Tierarten aus. Diese negative Bilanz kann man aber auch als Chance sehen, denn mit einer hitzeangepassten Siedlungsentwicklung haben wir Handlungsmöglichkeiten, die sich doppelt lohnen. Entsiegelte Flächen, schattenspendende Bäume, naturnahe Freiräume, begrünte Fassaden oder Dächer, offene Wasserflächen und Frischluftkorridore helfen, das Klima in der Siedlung für den Menschen angenehmer zu machen. Richtig umgesetzt, können diese Massnahmen gleichzeitig auch zur Förderung der Biodiversität im Siedlungsgebiet beitragen.

Dabei sind die Behörden in der Pflicht, mit einer frühzeitigen Planung die Weichen in die richtige Richtung zu stellen und Synergiemöglichkeiten zu schaffen. Aber auch den Haus- und Gartenbesitzerinnen und -besitzern

stehen viele Möglichkeiten offen. Im Gegensatz zu einem eintönigen Steingarten fördert eine naturnahe Gartengestaltung mit einheimischen Bäumen und Sträuchern nicht nur die Natur, sondern trägt auch spürbar zu einer Verbesserung des lokalen Klimas bei.

Die Reduktion von Hitzebelastungen und die Schaffung einer guten Durchgrünung ist eine Aufgabe auf allen Ebenen mit einem grossen Potenzial für Mensch und Natur.

### Zeigerwerte und Zeigerpflanzen

Viele Pflanzenarten zeigen eine Vorliebe für bestimmte Standorte oder können sogar nur an speziellen Standorten gedeihen. Diese Standortvorlieben lassen sich für jede in der Schweiz vorkommende Art mit ihren ökologischen Zeigerwerten bestimmen und wiedergeben. Die Werte bewegen sich auf einer Skala von eins bis fünf. Zu den wichtigsten Zeigerzahlen gehören:

- Feuchtezahl (F): Wassermenge
  - Reaktionszahl (R): Säuregrad
  - Stickstoffzahl (N): Nährstoffgehalt, insbesondere Stickstoff
  - Humuszahl (H): Humusgehalt
  - Dispersitätszahl (D): Grösse der Bodenteilchen und Durchlüftung des Bodens
  - Lichtzahl (L): Beleuchtungsstärke
  - Temperaturzahl (T): mittlere Temperatur während der Vegetationsperiode, richtet sich weitgehend nach der Höhenverbreitung der Pflanzen
  - Kontinentalitätszahl (K): Kontinentale Verbreitung
- Pflanzen, die sehr stark von einem abiotischen (leblosen) Umweltfaktor (beispielsweise vom Licht) abhängig sind, nennt man Zeigerpflanzen und kann man als Indikator für diesen abiotischen Umweltfaktor nutzen.