

Analyse von Klimamodellen und deren Auswirkungen auf bestäubende Insekten in der Perspektive 2050 im deutsch-polnischen Grenzgebiet Oberlausitz-Niederschlesien



Interreg



Kofinanziert von
der EUROPÄISCHEN UNION

Polen – Sachsen



STIFTUNG IBZ
ST. MARIENTHAL

Oberlausitz-Stiftung
Mühlweg 12
02826 Görlitz
info@oberlausitz-stiftung.de

Inhalt

Einleitung

1. Klimaveränderung im deutsch-polnischen Grenzgebiet Oberlausitz-Niederschlesien
2. Bestäubende Insekten
 - 2.1. Ökologische Funktionen und Bestäubungsleistungen
 - 2.2. Abhängigkeit von Klimafaktoren
3. Analyse der Auswirkungen des gegenwärtigen und prognostizierten Klimawandels auf bestäubende Insekten
 - 3.1. Direkte Auswirkungen des Klimawandels auf Bestäuberinsekten
 - 3.2. Indirekte Auswirkungen durch ökologische Veränderungen
 - 3.3. Besonders betroffene Arten und Lebensräume
 - 3.4. Kombinierte Belastungen und langfristige Risiken
4. Anpassungsstrategien von bestäubenden Insekten im Zusammenhang mit dem Klimawandel
 - 4.1. Verhaltensanpassungen
 - 4.2. Phänologische Verschiebungen
 - 4.3. Geografische Ausbreitung und Wanderbewegungen
 - 4.4. Genetische Anpassung und Evolution
 - 4.5. Ko-Evolutionäre Anpassungen mit Pflanzen
5. Grenzen der Anpassungsfähigkeit
6. Bedrohung der Bestäubung von Kulturpflanzen und der landwirtschaftlichen Produktion durch den Klimawandel
7. Förderung des Erhalts von Insekten angesichts des Klimawandels
 - 7.1. Methoden zur Verringerung der negativen Auswirkungen des Klimawandels
 - 7.2. Lebensraum- und Biodiversitätsschutz
 - 7.3. Insektenmonitoring
8. Empfehlungen für den Insektenschutz im deutsch-polnischen Grenzgebiet Oberlausitz-Niederschlesien
 - 8.1. Insektenschutz im ländlichen Raum
 - 8.2. Insektenschutz im urbanen Raum
 - 8.3. Empfehlungen für Kommunen
 - 8.4. Insektenschutz im Haus, Garten und Alltag
9. Literaturverzeichnis

Einleitung

Bestäubende Insekten, insbesondere Wildbienen, Honigbienen, Schmetterlinge, Fliegen und Käfer, spielen eine zentrale Rolle für die Biodiversität und Stabilität terrestrischer Ökosysteme. Rund 75 % der weltweit wichtigsten Nahrungspflanzen sind zumindest teilweise auf tierische Bestäubung angewiesen (IPBES, 2016). Ohne diese Dienstleistung würden Ernteerträge deutlich sinken, insbesondere bei Obst, Gemüse und Ölpflanzen. Damit sind Bestäuber essenziell für die globale Ernährungssicherheit, die Einkommenssicherung in der Landwirtschaft sowie die Funktionalität natürlicher Lebensräume.

Die Populationen bestäubender Insekten sind weltweit rückläufig. Zu den Hauptursachen zählen Lebensraumverlust, intensive Landwirtschaft, Pestizideinsatz, eingeschleppte Krankheiten und Parasiten sowie Umweltverschmutzung (Potts et al., 2010; Goulson et al., 2015). Die Fragmentierung von Landschaften und der Mangel an Blüten und Nistplätzen reduzieren die Reproduktionschancen vieler Arten erheblich. Hinzu kommt der Druck durch invasive Arten wie die Varroamilbe bei Honigbienen. Auch Lichtverschmutzung und die zunehmende Urbanisierung tragen zur Belastung bei. Diese komplexen Belastungsfaktoren wirken oft synergistisch, was die Resilienz der Insektenpopulationen weiter schwächt.

Der Klimawandel wirkt sich in vielfältiger Weise auf bestäubende Insekten aus. Temperaturveränderungen, veränderte Niederschlagsmuster und häufigere Extremwetterereignisse beeinflussen sowohl das Verhalten als auch die Verbreitung von Bestäubern (Kerr et al., 2015). Klimamodelle prognostizieren bis zum Jahr 2050 signifikante Verschiebungen von Klimazonen, was zu Veränderungen in den Blütezeiten von Pflanzen und der Aktivität von Bestäubern führen kann. Diese Phänologie-Entkopplung gefährdet die Bestäubungseffizienz erheblich (Memmott et al., 2007). Zudem könnten viele Arten durch Hitze- oder Trockenstress aus ihren angestammten Lebensräumen verdrängt werden oder ganz aussterben, insbesondere in bereits fragmentierten Habitaten. Damit stellen klimabedingte Veränderungen eine zunehmende Bedrohung für Bestäuber und die von ihnen abhängigen Ökosystemdienstleistungen dar.

Die deutsch-polnische Grenzregion Oberlausitz–Niederschlesien ist durch eine außergewöhnliche landschaftliche und ökologische Vielfalt geprägt, die sowohl Chancen als auch Herausforderungen für bestäubende Insekten bietet. Im Kontext des Klimawandels und der Biodiversitätskrise sind folgende Merkmale besonders relevant:

Strukturreiche Kulturlandschaft mit hoher Habitatvielfalt

Die Region umfasst eine Mosaiklandschaft aus Teichen, Mooren, Heiden, Wäldern, extensiv genutzten Wiesen und landwirtschaftlichen Flächen. Das UNESCO-Biosphärenreservat Oberlausitzer Heide- und Teichlandschaft beherbergt über 5.000 Tier- und Pflanzenarten, darunter zahlreiche bestäubende Insekten wie Wildbienen, Schmetterlinge und Schwebfliegen.

Bedeutung der traditionellen Teichwirtschaft

Die jahrhundertealte Teichwirtschaft hat vielfältige Lebensräume geschaffen, die für viele Bestäuberarten essenziell sind. Die extensiv bewirtschafteten Teichufer und angrenzenden Feuchtwiesen bieten reichlich Nahrung und Nistmöglichkeiten. Allerdings können Veränderungen in der Bewirtschaftung, wie Intensivierung oder Aufgabe der Teichpflege, diese wertvollen Habitate gefährden.

Klimatische Übergangszone mit zunehmenden Extremereignissen

Die Region liegt in einer klimatischen Übergangszone mit kontinentalem Einfluss. Klimamodelle prognostizieren für die kommenden Jahrzehnte steigende Temperaturen und veränderte Niederschlagsmuster, was zu einer Verschiebung von Blühzeiten und Flugzeiten der Bestäuber führen kann. Solche Phänologie-Entkopplungen können die Bestäubungseffizienz erheblich beeinträchtigen.

Grenzübergreifende Schutzgebiete und Biodiversitätskorridore

Die Lage im Dreiländereck Deutschland–Polen–Tschechien ermöglicht die Entwicklung grenzüberschreitender Schutzgebiete und Biotopverbundsysteme. Solche Korridore sind entscheidend für die Wanderung und genetische Vielfalt von Bestäuberpopulationen, insbesondere im Zuge klimabedingter Habitatverschiebungen.

Landwirtschaftliche Nutzung und Landnutzungswandel

Die Intensivierung der Landwirtschaft, der Einsatz von Pestiziden und der Verlust von Blühstreifen und Hecken beeinträchtigen die Lebensräume vieler Bestäuber. Gleichzeitig bieten Initiativen für nachhaltige Landwirtschaft und die Förderung von Agroforstsystemen Chancen zur Verbesserung der Habitatqualität für Insekten.

Insgesamt ist das deutsch-polnische Grenzgebiet Oberlausitz–Niederschlesien ein bedeutendes Refugium für bestäubende Insekten. Die Erhaltung und Förderung dieser Biodiversität erfordert koordinierte Maßnahmen im Naturschutz, in der Landwirtschaft, in den Kommunen und bei den einzelnen Bürger/-innen, insbesondere im Hinblick auf die Herausforderungen des Klimawandels.

Ziel dieser Fachstudie ist es zum einen, die zu erwartenden Klimaveränderungen in der deutsch-polnischen Grenzregion und deren Folgen für die Insekten und deren Bestäubungsleistungen darzulegen. Zum anderen sollen Empfehlungen gegeben werden, wie in den verschiedenen Bereichen der Insektenschutz in der Grenzregion gefördert werden kann.

1. Klimaveränderung im deutsch-polnischen Grenzgebiet Oberlausitz-Niederschlesien

Im Folgenden wird am Beispiel von drei Kommunen im Landkreis Görlitz der bereits in den vergangenen Jahrzehnten erfolgte Klimawandel gezeigt. Zudem wird eine Prognose abgegeben, wie sich der Klimawandel voraussichtlich bis Ende dieses Jahrhunderts auswirken wird. Grundlage für die Rückschau in die Vergangenheit und die Prognose ist das Regionale Klimainformationssystem REKIS. Dieses ist die zentrale Plattform zur Bereitstellung von Daten und aufbereiteten Klimainformationen für Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen. Innerhalb von ReKIS werden vor allem lokale Gegebenheiten berücksichtigt.

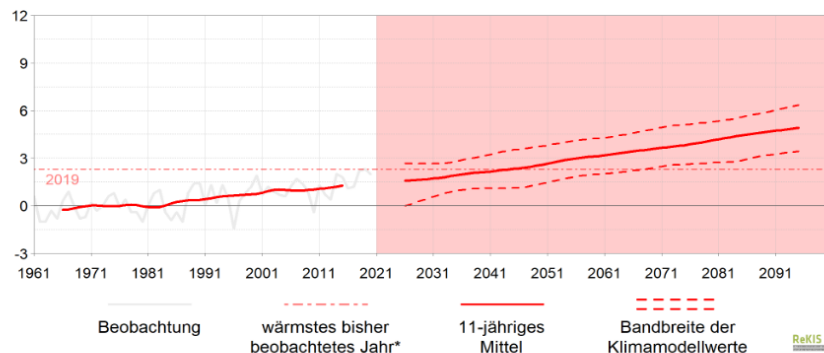
Über ReKIS EXPERT werden Klimaprojektionsdaten in einem einheitlichen Datenformat für unterschiedliche Datengebiete zur Verfügung gestellt. Die über ReKIS bereitgestellten Klimaprojektionsdaten sind Ergebnisse aus EURO-Cordex, dem BMBF-Projekt "Regionale Klimaprojektionen Ensemble für Deutschland"¹ (ReKliEs-De), den LfULG-Projekten "Regionale Klimaprojektionen für Sachsen" (WEREX-VI-Ensemble) und "WEREX V: Regionale Klimaprojektionen für Sachsen" (WEREX-V-Ensemble) sowie dem EPISODES vom Deutschen Wetterdienst (DWD).

Region Krauschwitz

In der Region Krauschwitz, im Norden des Landkreises Görlitz, lag die Jahresmitteltemperatur 1961 bis 1990 bei 8,6 °C. Seit dem Jahr 1961 hat es bis heute bereits einen durchschnittlichen Temperaturanstieg um mehr als 2 °C gegeben. Bis zum Jahr 2050 wird mit

Temperaturentwicklung**

Abweichung vom Jahresmittel: 1961 – 1990 in °C

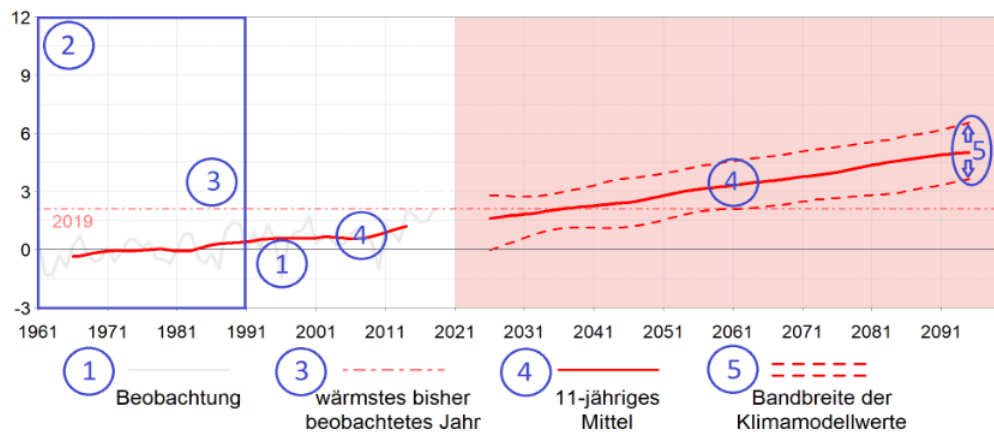


	Jahr	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Beobachtung in °C**					
1961–1990	8.6	8.4	17.6	9.2	–0.2
Abweichung in °C**					
1991–2020	+1.1	+1	+1.2	+0.4	+1.2
2021–2050	+1.9	+1.8	+2.3	+1.9	+2
2071–2100	+4.4	+3.9	+5.2	+4.4	+4.5
1996 (Kältestes Jahr*)	–1.3	–1.2	–0.4	–0.3	–3.7
2019 (Wärmstes Jahr*)	+2.4	+1.4	+3.3	+1.5	+2.8

Temperaturentwicklung in der Region Krauschwitz (nach REKIS 2025)

einem weiteren Temperaturanstieg von 2,5 °C gerechnet. Bis Ende des Jahrhunderts wird der Temperaturanstieg im Vergleich zu heute, je nach Prognose zwischen mindestens 3,9 °C und 5,2 °C liegen.

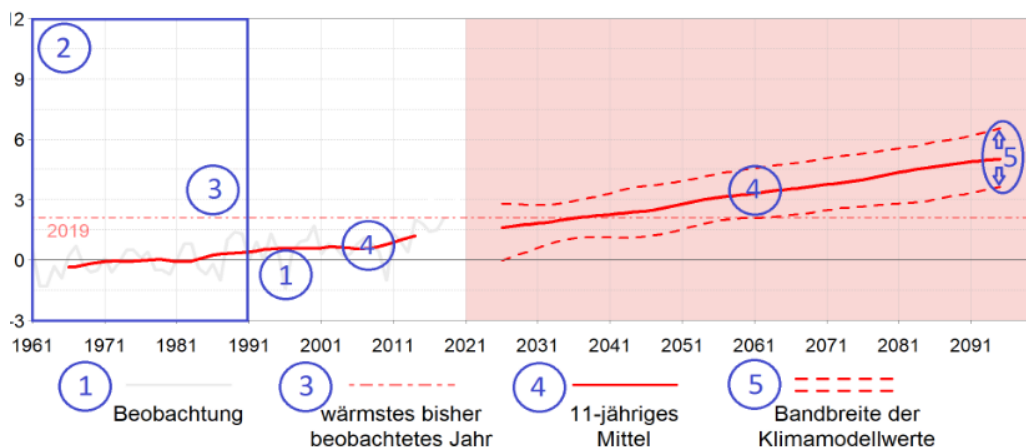
Es wird in den nächsten Jahrzehnten eine starke Zunahme von heißen Tagen geben. Dauerfrost wird immer weniger wahrscheinlich. Kälteperioden werden abnehmen. Der Jahresniederschlag ändert sich in der Zukunft nur geringfügig. Allerdings gibt es Veränderungen innerhalb der Jahreszeiten.



Abweichung vom Jahresmittel 1961 bis 1990 in °C für die Region Krauschwitz (nach REKIS 2025)

Region Görlitz

In der Region Krauschwitz, in der Mitte des Landkreises Görlitz, lag die Jahresmitteltemperatur 1961 bis 1990 bei 8,4 °C. Seit dem Jahr 1961 hat es bis heute bereits einen durchschnittlichen Temperaturanstieg um mehr als 2 °C gegeben. Bis zum Jahr 2050 wird mit



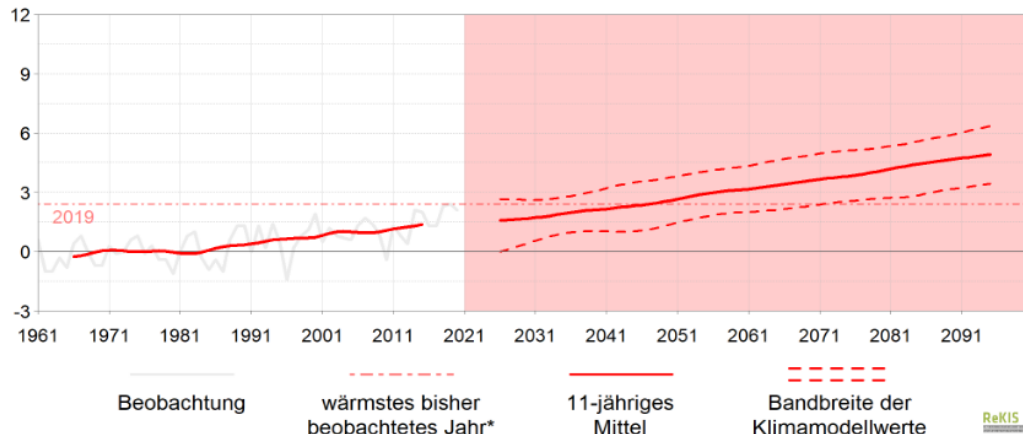
Abweichung vom Jahresmittel 1961 bis 1990 in °C für die Region Görlitz (nach REKIS 2025)

einem weiteren Temperaturanstieg von 2,6 °C gerechnet. Bis Ende des Jahrhunderts wird der Temperaturanstieg im Vergleich zu heute, je nach Prognose zwischen mindestens 3,8 °C und 5,3 °C liegen.

Es wird in den nächsten Jahrzehnten eine starke Zunahme von heißen Tagen geben. Dauerfrost wird immer weniger wahrscheinlich. Kälteperioden werden abnehmen. Der Jahresniederschlag ändert sich in der Zukunft nur geringfügig. Allerdings gibt es Veränderungen innerhalb der Jahreszeiten. Im Sommer nimmt der Niederschlag ab und im Winter zu. Die Vegetationsperiode verlängert sich.¹

Temperaturentwicklung**

Abweichung vom Jahresmittel: 1961 – 1990 in °C



	Jahr	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Beobachtung in °C**					
1961–1990	8.4	8.1	17	9.1	–0.3
Abweichung in °C**					
1991–2020	+1	+1	+1.3	+0.4	+1
2021–2050	+1.9	+1.7	+2.3	+1.9	+1.9
2071–2100	+4.4	+3.8	+5.3	+4.4	+4.4
1996 (Kältestes Jahr*)	–1.4	–1.3	–0.4	–0.5	–3.8
2019 (Wärmstes Jahr*)	+2.4	+1.4	+3.4	+1.7	+2.7

Temperaturentwicklung in der Region Görlitz (nach REKIS 2025)

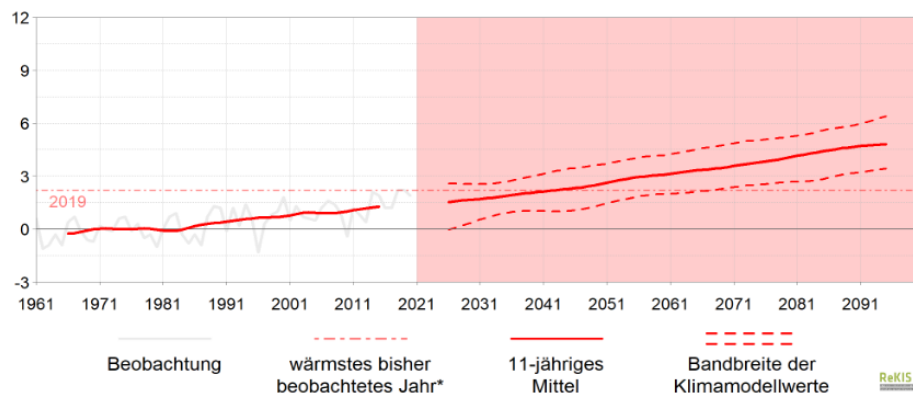
Region Bertsdorf–Hörnitz

In der Region Bertsdorf–Hörnitz, im Süden des Landkreises Görlitz, lag die Jahresmitteltemperatur 1961 bis 1990 bei 7,3 °C. Seit dem Jahr 1961 hat es bis heute bereits einen durchschnittlichen Temperaturanstieg um mehr als 2 °C gegeben. Bis zum Jahr 2050 wird mit einem weiteren Temperaturanstieg von 2,6 °C gerechnet. Bis Ende des Jahrhunderts wird der Temperaturanstieg im Vergleich zu heute, je nach Prognose zwischen mindestens 3,8 °C und 5,3 °C liegen.

¹ Vgl. https://rekisviewer.hydro.tu-dresden.de/viewer/steckbriefe/SN/14626110/000_GESAMT.pdf

Temperaturentwicklung**

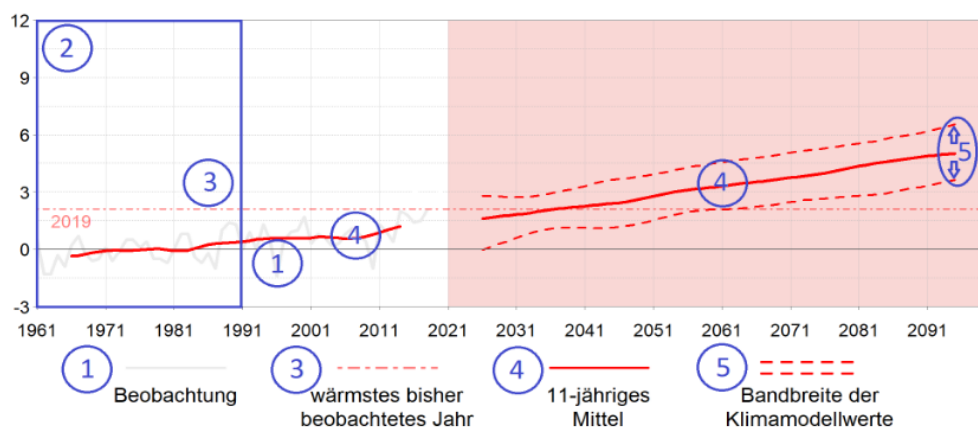
Abweichung vom Jahresmittel: 1961 – 1990 in °C



	Jahr	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Beobachtung in °C**					
1961–1990	7.3	7.1	15.9	8	–1.2
Abweichung in °C**					
1991–2020	+1.1	+1	+1.3	+0.4	+1
2021–2050	+1.9	+1.7	+2.2	+1.9	+1.9
2071–2100	+4.4	+3.8	+5.3	+4.4	+4.3
1996 (Kältestes Jahr*)	–1.2	–1.2	–0.2	–0.3	–3.6
2019 (Wärmstes Jahr*)	+2.3	+1.3	+3.2	+1.6	+2.4

Temperaturentwicklung in der Region Bertsdorf–Hörnitz (nach REKIS 2025)

Es wird in den nächsten Jahrzehnten eine starke Zunahme von heißen Tagen geben. Dauerfrost wird immer weniger wahrscheinlich. Kälteperioden werden abnehmen. Der Jahresniederschlag ändert sich in der Zukunft nur geringfügig. Allerdings gibt es Veränderungen innerhalb der Jahreszeiten. Im Sommer nimmt der Niederschlag ab und im Winter zu. Die Vegetationsperiode verlängert sich.²



bweichung vom Jahresmittel 1916 bis 1990 in °C für die Region Bertsdorf–Hörnitz (nach REKIS 2025)

Im Sommer nimmt der Niederschlag ab und im Winter zu. Die Vegetationsperiode verlängert sich.³

² Vgl. https://rekisviewer.hydro.tu-dresden.de/viewer/steckbriefe/SN/14626050/000_GESAMT.pdf

³ Vgl. https://rekisviewer.hydro.tu-dresden.de/viewer/steckbriefe/SN/14626050/000_GESAMT.pdf

2. Bestäubende Insekten

Bestäubende Insekten sind ein Schlüsselement ökologischer Systeme und der landwirtschaftlichen Produktion. Etwa 75 % der weltweit wichtigsten Nutzpflanzen sind zumindest teilweise auf tierische Bestäubung angewiesen (Klein et al., 2007). Klimawandel stellt eine zunehmende Bedrohung für diese Insektengruppen dar, da er direkte wie indirekte Auswirkungen auf ihre Lebensweise, ihr Verhalten und ihre Interaktionen mit Pflanzen hat (IPBES, 2016).

Die wichtigsten Gruppen bestäubender Insekten umfassen:

- Wildbienen (z. B. Hummeln, Sandbienen, Mauerbienen): Höchst divers, oft spezialisiert auf bestimmte Pflanzen.
- Honigbienen (*Apis mellifera*): Wichtig für die kommerzielle Bestäubung, aber anfällig für Umweltveränderungen.
- Schwebfliegen (Syrphidae): Sowohl Bestäuber als auch biologische Schädlingsbekämpfer.
- Schmetterlinge und Nachtfalter: Bestäuber vieler Wildpflanzen, besonders in naturnahen Lebensräumen.

2.1. Ökologische Funktionen und Bestäubungsleistungen

Diese Insekten sind entscheidend für die Reproduktion zahlreicher Pflanzenarten. Neben der Ertragssteigerung in der Landwirtschaft tragen sie zur genetischen Vielfalt von Pflanzen bei und sichern so die Stabilität von Ökosystemen. Ohne sie drohen Ernteverluste, Biodiversitätsrückgang und langfristig negative Effekte auf Nahrungsketten.

2.2. Abhängigkeit von Klimafaktoren

Bestäuber sind hochsensibel gegenüber klimatischen Bedingungen:

- Temperatur beeinflusst Aktivierungszeiten, Stoffwechsel und Fortpflanzung (Forrest, 2016).
- Blühzeiten der Pflanzen müssen synchron zur Aktivität der Insekten verlaufen (Memmott et al., 2007).
- Niederschläge beeinflussen das Nahrungsangebot sowie die Lebensraumbedingungen (Ogilvie et al., 2017).

3. Analyse der Auswirkungen des gegenwärtigen und prognostizierten Klimawandels auf bestäubende Insekten

Bestäubende Insekten – darunter Honigbienen, Wildbienen, Hummeln, Schwebfliegen und Schmetterlinge – übernehmen eine essenzielle Rolle in natürlichen und landwirtschaftlich genutzten Ökosystemen. Durch ihre Bestäubungsleistung sichern sie nicht nur den Fortbestand unzähliger Pflanzenarten, sondern sind auch entscheidend für den Ertrag und die

Qualität vieler Nutzpflanzen. Der Klimawandel, der sich in Form steigender Durchschnittstemperaturen, häufigerer Extremwetterereignisse und sich verändernder Niederschlagsmuster äußert, hat tiefgreifende und vielschichtige Auswirkungen auf diese ökologisch wie ökonomisch bedeutsame Tiergruppe. Im Folgenden werden die direkten und indirekten Auswirkungen dargestellt, ebenso wie besonders betroffene Arten und Lebensräume sowie die Problematik kumulierter Belastungen.

3.1. Direkte Auswirkungen des Klimawandels auf Bestäuberinsekten

Phänologische Verschiebungen durch Temperaturerhöhungen: Ein unmittelbarer Effekt des Klimawandels ist die Veränderung jahreszeitlicher Rhythmen. Steigende Temperaturen führen dazu, dass viele Pflanzen früher im Jahr blühen. Gleichzeitig verändern sich auch die Flugzeiten von Bestäubern, was jedoch nicht immer synchron geschieht. Es kommt zu sogenannten phänologischen Mismatches: Wenn Blühzeitpunkt und Bestäuberaktivität zeitlich nicht mehr übereinstimmen, verlieren Insekten temporär ihre Nahrungsquellen und Pflanzen werden unzureichend bestäubt (Kudo & Ida, 2013). Besonders gravierend ist dies für Arten mit enger ökologischer Spezialisierung.

Zunahme von Extremwetterereignissen: Die Häufigkeit und Intensität von Wetterextremen wie Hitzewellen, Starkregen, Dürreperioden oder Spätfrost hat in den letzten Jahrzehnten zugenommen und wird voraussichtlich weiter steigen. Solche Ereignisse können direkte Schäden verursachen: Überhitzte oder überflutete Nester, zerstörte Brut, verendete Puppen und eingeschränkte Flugaktivitäten gehören zu den beobachteten Folgen (Leong et al., 2016). Insekten, deren Lebenszyklus auf bestimmte Temperatur- und Feuchtigkeitsniveaus angewiesen ist, leiden besonders stark unter solchen Schwankungen.

Beeinträchtigung der Überwinterung: Viele bestäubende Insekten überwintern in einem inaktiven Zustand – entweder als adulte Tiere, Larven oder Puppen. Milde Winter, wie sie infolge des Klimawandels häufiger auftreten, können zu einer verfrühten Aktivierung führen. Da in dieser frühen Jahreszeit oft noch keine Nahrungspflanzen verfügbar sind, verhungern viele Insekten oder sind anfälliger für Krankheiten (Franzén & Nilsson, 2010).

Verhaltensänderungen: Der Klimawandel wirkt sich auch auf das Verhalten bestäubender Insekten aus. Untersuchungen zeigen, dass sich Tagesaktivitätsmuster verschieben, Flugreichweiten abnehmen und das Suchverhalten nach Nahrung ineffizienter wird. Diese Veränderungen können sich negativ auf die Nahrungsaufnahme und damit auf die Fortpflanzungsfähigkeit der Tiere auswirken (Rafferty & Ives, 2011).

3.2. Indirekte Auswirkungen durch ökologische Veränderungen

Veränderung der Pflanzenwelt: Klimabedingte Verschiebungen in der Pflanzenverbreitung und -zusammensetzung wirken sich mittelbar auf Bestäuber aus. Während wärmeliebende

oder invasive Pflanzenarten neue Regionen besiedeln, verschwinden kälteangepasste Arten lokal. Das kann dazu führen, dass Insekten ihre bevorzugten oder notwendigen Nahrungsquellen verlieren. Besonders problematisch ist dies für spezialisierte Arten, die auf bestimmte Pflanzen angewiesen sind (Burkle et al., 2013).

Phänologische Asynchronien: Unterschiedliche Anpassungsgeschwindigkeiten von Pflanzen und Bestäubern an neue Klimabedingungen führen zu einer zeitlichen Entkopplung. Selbst kleine Verschiebungen können in hochspezialisierten Systemen gravierende Folgen haben. Solche Asynchronien beeinträchtigen nicht nur die Reproduktionsfähigkeit der Pflanzen, sondern auch die Überlebensfähigkeit der Insekten (Hegland et al., 2009).

Veränderung und Verlust von Lebensräumen: Der Klimawandel trägt zur Degradation und Fragmentierung von Lebensräumen bei. Infolge steigender Temperaturen verschieben sich geeignete Lebensräume in höhere Lagen oder Breitengrade. Gleichzeitig nimmt die Qualität bestehender Habitate durch Austrocknung, Verstädterung und intensive Landnutzung ab. Viele Arten können diesen Veränderungen nicht schnell genug folgen, insbesondere solche mit begrenzter Mobilität oder spezifischen Habitatansprüchen (Bartomeus et al., 2011).

Zunahme von Parasiten, Krankheiten und invasiven Arten: Wärmere Temperaturen begünstigen die Ausbreitung von Schädlingen und Krankheitserregern, die zuvor durch kältere Winter eingeschränkt wurden. Gleichzeitig schwächt der Klimastress die Immunabwehr von Bestäubern, wodurch sie anfälliger für Infektionen werden. Auch invasive Konkurrenzarten können sich ausbreiten und einheimische Arten verdrängen (Goulson et al., 2015).

3.3. Besonders betroffene Arten und Lebensräume

Spezialisierte Wildbienenarten: Am stärksten gefährdet sind solche Insekten, die auf eine enge ökologische Nische angewiesen sind – beispielsweise auf bestimmte Blühpflanzen, Bodenverhältnisse oder Mikroklimata. Diese Arten reagieren besonders empfindlich auf Änderungen in Blühzeiten oder Habitatstrukturen (Bommarco et al., 2010).

Agrarlandschaften und schrumpfende Naturflächen: Moderne landwirtschaftlich genutzte Flächen bieten oft nur begrenzt Nistmöglichkeiten und Nahrung. Die Verarmung der Landschaft durch Monokulturen, der Rückgang von Blühpflanzen und der Verlust von Hecken, Feldrainen und extensiv genutzten Flächen erschweren das Überleben vieler Bestäuber zusätzlich. Gleichzeitig schrumpfen naturnahe Lebensräume, die als Rückzugsräume dienen könnten (Kennedy et al., 2013).

3.4. Kombinierte Belastungen und langfristige Risiken

Multifaktorielle Stressbelastung („Multistress“): Der Klimawandel wirkt nicht isoliert. Er verstärkt die negativen Effekte anderer Umweltbelastungen wie Pestizidbelastung, Habitatverlust, Luftverschmutzung oder Urbanisierung. Diese Kombination führt zu einer schleichenden, aber anhaltenden Schwächung der Bestäuberpopulationen. Die einzelnen Stressoren überlagern sich oft und verstärken sich gegenseitig (Vanbergen et al., 2013).

Verlust der Resilienz und drohender Bestäubungsrückgang: Durch die kumulativen Belastungen verlieren Bestäuber zunehmend ihre Fähigkeit, sich von Störungen zu erholen. Dieser Resilienzverlust macht sie besonders anfällig für zukünftige Umweltveränderungen. Langfristig gefährdet dies nicht nur die Biodiversität, sondern auch die Stabilität ganzer Ökosysteme und die Ernährungssicherheit des Menschen, da viele Kulturpflanzen auf tierische Bestäubung angewiesen sind (Potts et al., 2016).

4. Anpassungsstrategien von bestäubenden Insekten im Zusammenhang mit dem Klimawandel

Der fortschreitende Klimawandel stellt bestäubende Insekten weltweit vor erhebliche Herausforderungen. Dennoch verfügen viele Arten über eine gewisse Fähigkeit zur Anpassung an veränderte Umweltbedingungen. Diese Anpassungen erfolgen auf unterschiedlichen Ebenen – kurzfristig über Verhalten, mittelfristig durch zeitliche und räumliche Veränderungen sowie langfristig durch genetische Evolution. Das Ausmaß und die Geschwindigkeit solcher Anpassungen variieren stark zwischen verschiedenen Insektengruppen und hängen wesentlich von deren ökologischer Spezialisierung, Mobilität und genetischer Diversität ab (Forrest, 2016). Im Folgenden werden einige zentrale Anpassungsstrategien näher erläutert.

4.1. Verhaltensanpassungen

Eine der unmittelbarsten Reaktionsformen auf klimatische Veränderungen ist die Modifikation des Verhaltens. Viele Insekten zeigen eine bemerkenswerte Flexibilität in ihrer täglichen Aktivität und Habitatwahl. Ein bekanntes Beispiel ist die Verschiebung der Flugaktivität in kühlere Tageszeiten: Um übermäßige Hitze zu vermeiden, verlegen einige Arten ihre Nahrungsflüge in die frühen Morgen- oder späten Abendstunden (Rafferty & Ives, 2011).

Darüber hinaus können Insekten ihre Mikrohabitate aktiv auswählen. Arten, die bei hoher Sonneneinstrahlung überhitzen würden, bevorzugen vermehrt schattige Bereiche, beispielsweise unter Laubdächern, Felsen oder in Bodensenken. Auch die Wahl von Nistplätzen kann sich an veränderte Temperaturen anpassen – etwa durch das Anlegen von Nestern in tiefer gelegenen, feuchteren Bodenschichten oder durch die Nutzung von Hohlräumen in Bäumen, die stabile Mikroklimata bieten (Willmer, 2012).

Verhaltensanpassungen gelten als kurzfristige Reaktionsstrategien, da sie keinen genetischen Wandel erfordern. Sie können die Überlebenschancen in kritischen Phasen verbessern, sind jedoch oft nicht ausreichend, wenn sich klimatische Veränderungen weiter verschärfen.

4.2. Phänologische Verschiebungen

Viele Insektenarten reagieren auf steigende Temperaturen mit einer Veränderung der saisonalen Aktivitätszeiten – ein Phänomen, das als phänologische Verschiebung bezeichnet wird. Beobachtungen zeigen, dass bestimmte Frühjahrsarten heute teils mehrere Wochen früher aktiv werden als in früheren Jahrzehnten (Bartomeus et al., 2011).

Einige Arten mit mehreren Generationen pro Jahr – insbesondere bestimmte Solitärbiene – profitieren vom verlängerten Blühangebot, das mit wärmeren Jahreszeiten einhergeht. Sie können ihre Reproduktionszyklen entsprechend anpassen und so die zusätzlichen Ressourcen nutzen (Kudo & Ida, 2013).

Phänologische Verschiebungen sind jedoch nicht risikofrei. Wenn sich Pflanzen und Bestäuber unterschiedlich schnell an neue klimatische Bedingungen anpassen, drohen sogenannte „Asynchronien“. Diese zeitliche Entkopplung kann die Effizienz der Bestäubung verringern und das Nahrungsangebot für Insekten einschränken, insbesondere bei Spezialisten mit enger Pflanzenbindung. Die Fähigkeit zur Anpassung in diesem Bereich ist deshalb stark von der ökologischen Flexibilität der Art abhängig.

4.3. Geografische Ausbreitung und Wanderbewegungen

Ein weiterer wichtiger Anpassungsmechanismus ist die geografische Verschiebung von Lebensräumen. Viele Insektenarten weichen infolge steigender Temperaturen in kühlere Regionen aus – entweder in höhere Breitengrade oder in größere Höhenlagen (Kerr et al., 2015).

Solche Wanderbewegungen können es Arten ermöglichen, neue klimatisch günstigere Lebensräume zu besiedeln. Allerdings sind sie an bestimmte Voraussetzungen gebunden: Die Landschaft muss ausreichend durchlässig und strukturell vielfältig sein, um eine erfolgreiche Ausbreitung zu ermöglichen. In stark fragmentierten, urbanisierten oder landwirtschaftlich intensiv genutzten Regionen fehlen oft geeignete Korridore, was die Mobilität stark einschränkt (Kennedy et al., 2013).

Darüber hinaus sind nicht alle Insektenarten gleich gut für Wanderbewegungen ausgestattet. Während mobile Arten wie Schmetterlinge oder Hummeln größere Distanzen überwinden können, sind kleinräumig gebundene Wildbienen auf lokale Habitatverbünde angewiesen. Der Erfolg geografischer Anpassung ist daher eng mit der Landschaftsstruktur und der ökologischen Konnektivität verknüpft.

4.4. Genetische Anpassung und Evolution

Langfristig betrachtet ist die genetische Anpassung durch natürliche Selektion eine der wirkungsvollsten Strategien, um auf dauerhafte Umweltveränderungen zu reagieren. Dabei können sich bestimmte Merkmale innerhalb einer Population durchsetzen, die den Tieren unter neuen Bedingungen einen Überlebensvorteil verschaffen. Dazu zählen etwa eine verbesserte Thermotoleranz, veränderte Schlupfzeitpunkte oder eine angepasste Körpergröße und Flügelmorphologie (Radchuk et al., 2019).

Die Geschwindigkeit genetischer Anpassung hängt von mehreren Faktoren ab: Große Populationen mit hoher genetischer Diversität und kurzer Generationszeit entwickeln schneller adaptive Merkmale als kleine, genetisch verarmte Gruppen. Arten, die ohnehin bereits unter Druck stehen – etwa durch Habitatverlust oder Pestizide – sind daher besonders gefährdet, da ihnen die nötige Anpassungsgrundlage fehlt (Goulson, 2010).

Genetische Evolution ist ein langsamer Prozess, der vor allem in stabilen, nicht zu stark gestörten Populationen Wirkung entfaltet. In dynamischen, vom Menschen beeinflussten Landschaften ist diese Anpassungsform daher nicht immer ausreichend, um mit dem Tempo des Klimawandels Schritt zu halten.

4.5. Ko-Evolutionäre Anpassungen mit Pflanzen

In spezialisierten Pflanzen-Bestäuber-Systemen sind nicht nur die Insekten, sondern auch die Pflanzen zur Anpassung gezwungen. Besonders enge Beziehungen, wie sie etwa zwischen bestimmten Wildbienenarten und ihren Wirtspflanzen bestehen, erfordern eine beidseitige Verschiebung der ökologischen Nischen – eine sogenannte Ko-Evolution.

In manchen Fällen zeigen Bestäuberarten ein gewisses Maß an Flexibilität, indem sie auf andere Pflanzenarten ausweichen, wenn ihre Hauptnahrungspflanzen nicht mehr verfügbar sind (Burkle et al., 2013). Diese Fähigkeit ist jedoch begrenzt: Viele Pflanzen bieten weder den passenden Blütentyp noch die notwendigen Nährstoffe oder Pollenmerkmale, die bestimmte Insektenarten benötigen.

Dort, wo keine kurzfristige Ausweichmöglichkeit besteht, kann eine langsame, ko-evolutionäre Anpassung erfolgen. Dieser Prozess erfordert jedoch viele Generationen und stabile Umweltbedingungen – Voraussetzungen, die in Zeiten raschen Klimawandels häufig fehlen (Memmott et al., 2007). Dennoch kann dieser Mechanismus langfristig zur Stabilisierung ökologischer Netzwerke beitragen, sofern sowohl Pflanzen als auch Bestäuber eine gewisse genetische Variabilität aufweisen.

5. Grenzen der Anpassungsfähigkeit

Bestäubende Insekten besitzen grundsätzlich eine Vielzahl von Anpassungsmöglichkeiten, um mit den Folgen des Klimawandels umzugehen. Allerdings sind diese Strategien nicht

unbegrenzt wirksam. Denn viele Bestäuberarten geraten an physiologische, ökologische und genetische Grenzen ihrer Anpassungsfähigkeit.

Biologische und physiologische Begrenzungen

Viele Arten haben enge Temperaturoptima. Eine Überschreitung dieser Bereiche – etwa durch Hitzewellen – kann zu unmittelbarem Mortalitätsanstieg führen (Leong et al., 2016). Zudem sind Entwicklungsprozesse wie Metamorphose stark temperaturabhängig. Extremereignisse wie Spätfrost oder plötzliche Dürreereignisse treffen besonders empfindliche Larvalstadien (Franzén & Nilsson, 2010).

Spezialisierung und phänologische Asynchronie

Viele Wildbienenarten sind hoch spezialisiert auf wenige Pflanzenarten. Wenn diese Pflanzen aufgrund von Klimawandel in ihrer Blütezeit verschoben werden oder lokal ausfallen, kommt es zur "phänologischen Asynchronie" – einem zeitlichen Auseinanderdriften von Bestäuber und Wirtspflanze (Hegland et al., 2009). Solche mismatches reduzieren Nahrung und Reproduktionserfolg erheblich (Forrest, 2016).

Lebensraumfragmentierung und Mobilität

Die Notwendigkeit, neue Lebensräume zu erschließen, steht in Kontrast zu zunehmender Habitatfragmentierung. Besonders Solitärbiene mit geringer Reichweite können isolierte neue Habitate kaum erreichen (Potts et al., 2010).

Multistressoren

Die Kombination von Klimastress mit anderen Belastungen wie Pestizidexposition, eingeschleppte Krankheiten oder invasive Arten stellt eine gravierende Herausforderung dar (Goulson et al., 2015). Die Resilienz vieler Populationen sinkt, wenn mehrere Stressoren gleichzeitig wirken. So kann etwa ein durch Dürre geschwächtes Volk von Honigbienen anfälliger für die Varroamilbe sein (Vanbergen et al., 2013).

Zeitliche Verzögerung von Anpassungseffekten

Einige Anpassungsprozesse zeigen erst mit Zeitverzögerung Wirkung. Dies bedeutet, dass eine Art kurzfristig noch stabil erscheint, langfristig aber dennoch ausstirbt. Diese sogenannte "Aussterbezeitverzögerung" erschwert die Einschätzung von Gefährdungspotenzialen und die rechtzeitige Umsetzung von Schutzmaßnahmen (Tilman et al., 1994).

Die Fähigkeit zur Anpassung an den Klimawandel ist unter bestäubenden Insekten uneinheitlich verteilt. Während einige Arten durch Plastizität und hohe Mobilität relativ widerstandsfähig sind, können andere mit engen ökologischen Nischen und begrenzter genetischer Vielfalt den Änderungen kaum folgen. Ein vertieftes Verständnis ihrer Anpassungsmechanismen ist zentral für die Entwicklung wirksamer Schutzstrategien.

6. Bedrohung der Bestäubung von Kulturpflanzen und der landwirtschaftlichen Produktion durch den Klimawandel

Sowohl die Produktion von Kulturpflanzen (Obst, Blumen etc.) als auch die landwirtschaftliche Produktion sind durch fehlende oder geringer werdende Bestäubungsleistungen durch Insekten bedroht.

Geringere Fruchtbildung und Ertragsverluste

Zahlreiche Kulturpflanzen sind in ihrer Frucht- und Samenbildung auch im deutsch-polnischen Grenzgebiet direkt auf die Bestäubung durch Insekten angewiesen. Dazu zählen u. a. Äpfel, Birnen, Kirschen, Erdbeeren, Zucchini und Raps. Fehlt die Bestäubung oder ist sie unzureichend, kommt es zu sogenannter „Fruchtleere“ – also zur Ausbildung von Blüten ohne Fruchtansatz. Untersuchungen zeigen, dass ohne wirksame Bestäubung Ernteaussfälle von bis zu 90 % bei bestimmten Pflanzenarten auftreten können (Garibaldi et al., 2013). Besonders stark betroffen sind Kulturen mit geringen Selbstbestäubungsraten oder hoher Spezialisierung auf bestimmte Bestäuberarten.

Einbußen bei Fruchtqualität

Auch die Qualität der Früchte hängt maßgeblich vom Bestäubungserfolg ab. Eine vollständige und gleichmäßige Bestäubung erhöht die Fruchtgröße, Symmetrie, Samenanzahl, Zuckergehalt und Haltbarkeit. Unzureichend bestäubte Früchte neigen zu Verformungen, ungleichmäßiger Reifung und erhöhter Anfälligkeit für Lagerfäulnis. Bei Äpfeln etwa führt eine schlechte Bestäubung zu kleineren und asymmetrischen Früchten, die wirtschaftlich weniger wertvoll sind (Klein et al., 2007).

Höhere Produktionskosten

Um Defizite bei der natürlichen Bestäubung auszugleichen, greifen landwirtschaftliche Betriebe zunehmend auf technische oder manuelle Maßnahmen zurück. Die Haltung von Honigbienenenvölkern zur Bestäubung ist kostenintensiv, bringt logistische Herausforderungen mit sich und kann die Biodiversität wild lebender Bestäuber beeinträchtigen. In extremen Fällen – etwa in Teilen Chinas – wird bereits auf manuelle Bestäubung mit Pinseln zurückgegriffen, was arbeitsaufwendig und durch die hohen Personalkosten im deutsch-polnischen Grenzraum kaum übertragbar ist.

Produktionsunsicherheit und Ertragsschwankungen

Witterungsbedingte Schwankungen in der Bestäubungsleistung führen zu größeren Ertragsunsicherheiten. Diese Schwankungen erschweren die Planung und können die wirtschaftliche Tragfähigkeit landwirtschaftlicher Betriebe untergraben. Die Unsicherheit betrifft sowohl Erntemengen als auch -qualität, was direkte Folgen für Einkommen, Lieferverträge und Märkte hat.

Veränderungen der Anbaugrenzen

Durch Temperaturanstieg und veränderte Niederschläge verschieben sich klimatisch geeignete Anbauregionen. Traditionelle Anbaugebiete für bestäubungsabhängige Kulturen

könnten ihre Eignung verlieren, etwa durch Wassermangel, zu frühe oder zu späte Blüte oder fehlende Bestäuber. Gleichzeitig könnten neue Gebiete hinzukommen, doch diese verfügen häufig nicht über die notwendigen ökologischen oder wirtschaftlichen Voraussetzungen (z. B. Bodenqualität, Infrastruktur, Arbeitskräfte).

7. Förderung des Erhalts von Insekten angesichts des Klimawandels

Der Klimawandel beeinflusst Insekten auf vielfältige Weise: durch Temperaturveränderungen, Verschiebungen von Lebensräumen, veränderte Phänologie und Extremwetterereignisse. Um dem entgegenzuwirken, sind integrative Ansätze erforderlich:

- Anpassung landwirtschaftlicher Praktiken: Eine Reduktion des Pestizideinsatzes, der Erhalt von Ackerrandstreifen sowie der Übereinstimmung von Anbauzyklen mit der Insektenaktivität erhöhen die Ökosystemresilienz.
- Klimasensible Flächennutzung: Extensive Nutzung statt Monokulturen, Agroforstsysteme und Mischkulturen können Mikroklimata schaffen, die Insekten besser tolerieren.
- Reduktion von Treibhausgasemissionen: Der Schutz von Insekten muss auch auf der globalen Ebene ansetzen, da langfristig nur die Eindämmung der Erderwärmung den Fortbestand klimaanfälliger Arten sichern kann.

Lebensraum- und Biodiversitätsschutz

Lebensraumverlust ist eine der Hauptursachen für den Insektenrückgang. Der Schutz und die Wiederherstellung strukturreicher, vernetzter Lebensräume sind entscheidend:

- Erhalt und Entwicklung naturnaher Strukturen: Hecken, Blühwiesen, Totholzbereiche und Feuchtgebiete bieten Nahrung, Nistplätze und Mikroklimata.
- Schaffung von Biotopverbundsystemen: Durch Trittsteinbiotope und Korridore können Insekten auch bei Wanderbewegungen durch klimatische Verschiebungen geeignete Habitate erreichen.
- Erhöhung der strukturellen Vielfalt: Kleinräumige Landschaftsstrukturen mit hoher ökologischer Heterogenität unterstützen eine Vielzahl von Insektenarten.

Insektenmonitoring

Ein wirksamer Insektenschutz erfordert die kontinuierliche Beobachtung von Bestandsentwicklungen:

- Standardisierte Erfassungsmethoden: Malaise-Fallen, Leuchttürme, Bodenfallen und genetische Methoden (z. B. eDNA) helfen, Veränderungen zu quantifizieren.
- Langfristige Programme: Nur durch dauerhafte Überwachung lassen sich Trends erkennen und Schutzmaßnahmen evaluieren.

- Bürgerwissenschaft und Datenplattformen: Citizen-Science-Projekte wie "Insekten-Sommer" oder Plattformen wie iNaturalist liefern wichtige Daten und sensibilisieren die Öffentlichkeit.

Angesichts der Bedrohungen durch den Klimawandel ist ein umfassender Insektenschutz erforderlich, der neben konkreten Maßnahmen auch ein systematisches Monitoring sowie den Schutz und die Vernetzung von Lebensräumen einschließt. Nur durch ein integratives Vorgehen lassen sich Rückgänge stoppen und Insektenpopulationen langfristig stabilisieren.

8. Empfehlungen für den Insektenschutz im deutsch-polnischen Grenzgebiet Oberlausitz-Niederschlesien

8.1. Insektenschutz im ländlichen Raum

Insekten spielen eine zentrale Rolle in Agrarökosystemen: Sie bestäuben Kulturpflanzen, zersetzen organisches Material und regulieren Schädlinge. Der dramatische Rückgang vieler Insektenarten in den letzten Jahrzehnten ist eng mit der Intensivierung der Landwirtschaft verbunden. Im Folgenden werden Empfehlungen gegeben, um landwirtschaftliche Flächen insektenschonender zu gestalten und die ökologischen Funktionen der Insekten langfristig zu sichern. Diese Empfehlungen basieren u.a. auf dem „Aktionsprogramm Insektenschutz“ der Bundesregierung (2019). Darin werden neun zentrale Handlungsbereiche mit insgesamt 46 Maßnahmen vorgeschlagen, die auf verschiedenen Ebenen ansetzen: rechtlich, finanziell, wissenschaftlich und gesellschaftlich. Die für die Grenzregion Oberlausitz-Niederschlesien wichtigsten Empfehlungen werden im Folgenden aufgeführt.

Reduktion von Pestiziden und Düngemitteln

Der Einsatz von synthetischen Pflanzenschutzmitteln und übermäßige Düngung zählen zu den Hauptursachen für den Rückgang der Insektenfauna. Strategien zur Reduktion beinhalten:

- Integrierter Pflanzenschutz (IPM): Kombination biologischer, mechanischer und chemischer Methoden zur Minimierung des Pestizideinsatzes.
- Endlich kompletter Verzicht auf Neonikotinoide und systemische Insektizide, die besonders toxisch für Bestäuber sind.
- Bedarfsgerechte Düngung: Reduktion der Stickstoffüberschüsse, um indirekte Effekte auf Blühpflanzen und Bodeninsekten zu vermeiden.

Erhalt und Anlage von Lebensräumen

Strukturelemente in der Agrarlandschaft sind essenziell für viele Insektenarten:

- Blühstreifen und -flächen: Ganzjähriges Blühangebot durch artenreiche Mischungen fördert Bestäuber.

- Hecken, Brachen und Totholzbereiche: Bieten Nistmöglichkeiten und Lebensraum für Käfer, Wildbienen und Schmetterlinge.
- Gewässerränder und Feuchtzonen: Fördern Libellen und wassernahe Insektenarten.

Vielfältige Fruchtfolgen und extensive Bewirtschaftung

Einseitige Monokulturen verringern das Nahrungsangebot und unterbrechen Lebenszyklen:

- Fruchtwechsel mit Blühpflanzen wie Buchweizen oder Luzerne erhöhen die Attraktivität der Flächen.
- Verzicht auf flächendeckende Bodenbearbeitung (z. B. Mulchsaat) schont Bodeninsekten.
- Extensive Wiesen- und Weidenutzung: Spätmähdaten und reduzierte Nutzungshäufigkeit fördern blühende Wiesen.

Vernetzung von Lebensräumen

Viele Insektenarten sind auf eine ausreichende Vernetzung ihrer Habitate angewiesen:

- Biotopverbund durch Ackerrandstreifen, Blühkorridore und Trittsteinbiotope.
- Kooperation zwischen Betrieben zur Abstimmung von Maßnahmen über Flurgrenzen hinweg.
- Berücksichtigung von Wanderkorridoren bei der Flächenplanung.

Bildung, Beratung und Förderprogramme

Langfristiger Insektenschutz gelingt nur mit der aktiven Einbindung der Landwirte/-innen:

- Schulungsangebote zu ökologischen Zusammenhängen und praktischen Schutzmaßnahmen.
- Beratung durch Agrarökolog/-innen und unabhängige Institutionen.
- Nutzung von Agrarförderprogrammen, die biodiversitätsfördernde Maßnahmen unterstützen.

Monitoring und Forschung

Wissenschaftlich fundierte Schutzkonzepte benötigen belastbare Daten:

- Monitoringprogramme (z. B. mit Senckenberg Görlitz) auf regionaler und betrieblicher Ebene zur Erfolgskontrolle.
- Bürgerwissenschaftliche Projekte zur Datengewinnung und Sensibilisierung (z. B. mit dem BUND, Ortsgruppe Görlitz).

8.2. Insektenschutz im urbanen Raum

Städtische Räume sind häufig Lebensräume mit hoher Flächenversiegelung, geringem Naturanteil und starker anthropogener Prägung. Dennoch können Städte wichtige Refugien für Insekten darstellen (Hall et al., 2017). In einer zunehmend homogenisierten Agrarlandschaft bieten urbane Räume mit ihren zahlreichen Nischen, Mikrohabitaten und Blühangeboten überraschend vielfältige Lebensbedingungen für zahlreiche Insektenarten (Baldock et al., 2015). Vor dem Hintergrund des Insektensterbens und des Klimawandels gewinnt der städtische Insektenschutz zunehmend an Bedeutung (IPBES, 2016).

Bedeutung urbaner Räume für Insekten

Städte verfügen über eine Vielzahl potenzieller Insektenlebensräume: private Gärten, öffentliche Parks, Friedhöfe, Brachflächen, Verkehrsgrün, Gebäude und sogar Fassaden. Viele dieser Flächen sind durch geringere Nutzungseinflüsse, höhere Strukturvielfalt und ein erweitertes Blühangebot gekennzeichnet. Studien zeigen, dass Städte – wenn naturnah gestaltet – ähnliche oder sogar höhere Insektenvielfalt aufweisen können als intensiv genutzte Agrarlandschaften (Sattler et al., 2010).

Flächenmanagement und Stadtgrün

Die Pflege und Gestaltung öffentlicher Grünflächen ist ein zentrales Element für den urbanen Insektenschutz. Eine insektenfreundliche Grünpflege zeichnet sich durch eine hohe Pflanzenvielfalt, reduzierte Mähhäufigkeit und Verzicht auf Pestizide aus. Statt intensiv genutzter Rasenflächen sollten artenreiche Blumenwiesen gefördert werden. Dabei sind regionale, heimische Pflanzenarten zu bevorzugen, da diese optimal an die Bedürfnisse einheimischer Insekten angepasst sind (Biesmeijer et al., 2006). Spätmähtermine und Mähkonzepte nach dem "Staffelmahd-Prinzip" bieten zusätzlich unterschiedliche Entwicklungsstadien für Insekten und unterstützen deren Lebenszyklen (Wastian et al., 2016).

Gründach- und Fassadenbegrünung

Gebäude bieten wertvolle, bislang kaum genutzte Flächen für die Biodiversität. Extensive Gründächer mit heimischen Sedum-, Gras- oder Wildblumenarten dienen Wildbienen und Schmetterlingen als Nahrungsquelle und Nistplatz (Kadas, 2006). Grüne Fassaden mit Rankpflanzen verbessern nicht nur das Stadtklima, sondern bieten auch Deckung, Nahrung und Brutmöglichkeiten. Kommunen können durch Förderprogramme oder baurechtliche Vorgaben die Begrünung von Dächern und Fassaden gezielt vorantreiben (Oberndorfer et al., 2007).

Verkehrsflächen und Brachen

Verkehrsinfrastruktur kann – bei entsprechender Pflege – zur Biodiversität beitragen. Gleisbereiche, Straßenränder und Mittelstreifen werden oft nur extensiv gepflegt und weisen daher ein hohes Blühangebot auf (Muratet et al., 2008). Auch Brachen, die für einige Jahre

ungenutzt bleiben, können als wertvolle Lebensräume für bodennistende Insekten, wie Wildbienen, fungieren (Venn et al., 2013). Eine vorausschauende Flächennutzung, die temporäre Brachen bewusst im Stadtbild belässt, fördert diese Arten.

8.3. Empfehlungen für Kommunen

Im Folgenden werden einige Handlungsempfehlungen für Kommunen gegeben.

Insektenfreundliche Flächenpflege

Eine Umstellung der kommunalen Grünpflege kann mit geringem Aufwand eine große Wirkung entfalten. Dazu gehört die Reduktion der Mahdhäufigkeit auf zwei Schnitte pro Jahr sowie der Verzicht auf chemisch-synthetische Pestizide. Statt Rasenflächen sollten artenreiche Blühwiesen angelegt und gepflegt werden. Heimische, mehrjährige Pflanzenarten bieten Insekten Nahrung und Lebensraum über das ganze Jahr hinweg.

Strukturreiche Lebensräume schaffen und erhalten

Die Anlage von Hecken, Totholzhaufen, Sandlinsen und extensiv gepflegten Randstreifen fördert zahlreiche Insektenarten. Auch die Begrünung von Dächern, Fassaden und Verkehrsinseln bietet wertvolle Mikrohabitate. Bestehende Biotopie wie Streuobstwiesen, Feuchtgebiete und Brachen müssen dauerhaft geschützt und gepflegt werden.

Integration in die Stadtplanung und Bauleitplanung

Insektenfreundlichkeit sollte in der Stadtplanung verankert werden. Dazu gehört die Begrünungspflicht bei Neubauten, die Vermeidung versiegelter Flächen wie Schottergärten sowie der Erhalt alter Gehölze. Durch ökologische Standards in Bebauungsplänen können naturnahe Räume gesichert werden.

Alternativen zur chemischen Unkrautbekämpfung

Statt chemischer Herbizide können mechanische und thermische Verfahren zum Einsatz kommen. Wildkrautbürsten, Heisswasser- oder Infrarotbehandlung sind umweltfreundliche Alternativen, die sich bereits in vielen Kommunen bewährt haben.

Partizipation und Umweltbildung

Ein zentraler Erfolgsfaktor insektenfreundlicher Kommunalstrategien ist die Einbindung der Bevölkerung. Projekte wie Blühpatenschaften, Urban Gardening, Insektenhotels und Schulgärten tragen zur Sensibilisierung und Mitwirkung bei. Informationskampagnen und bürgernahe Veranstaltungen können das Verständnis für das „neue“ Stadtbild mit Wildpflanzen und Blühwiesen fördern. Auch Schulungen für kommunale Gärtner/-innen und Verwaltungsmitarbeitende sind wichtig.

Verwaltung, Monitoring und Verstetigung

Der Insektenschutz sollte als Querschnittsaufgabe innerhalb der Kommunalverwaltung betrachtet werden. Eine enge Kooperation zwischen Umweltamt, Stadtplanung, Bauhof und

Grünflächenpflege ist erforderlich. Die Einrichtung eines Biodiversitätsbeauftragten oder die Bildung eines interdisziplinären Projektteams wird empfohlen. Monitoring-Maßnahmen durch Fachbüros oder Citizen Science-Projekte können Erfolge dokumentieren und Schwachstellen aufzeigen.

Finanzierung und Fördermittel

Kommunen können für insektenfreundliche Maßnahmen auf zahlreiche Förderprogramme und Informationen zurückgreifen, z. B.:

Bundesprogramm Biologische Vielfalt

Zukunft Stadtgrün

ELER-Fonds (EU-Fördermittel für den ländlichen Raum)

<https://kommunale-biodiversitaet.de/leitfaden-biodiversitaet/nutzen/leichterer-zugang-zu-foerdermitteln/uebersicht.html>

<https://www.gruen-in-die-stadt.de/ueber-uns/>

<https://www.gruen-in-die-stadt.de/finanzieren/bund-laenderprogramme/zukunft-stadt-gruen/>

<https://www.kommbio.de/praxisbeispiele/>

Besonders empfehlenswert sind die folgenden beiden Broschüren:

Insekten schützen leicht gemacht! Anleitung für Kommunen und Wildnisliebhaber (2021): Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V. (BUND).

https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/naturschutz/naturschutz_kommunaler_insektenschutz.pdf

Insektenschutz in der Kommune (2020): Deutscher Städte- und Gemeindebund

<https://www.dstgb.de/aktuelles/archiv/archiv-2020/insektenschutz-in-kommunen/doku155-insektenschutz-web.pdf?cid=5ux>

Eine insektenfreundliche Kommune zu gestalten ist kein Luxus, sondern eine Investition in die Zukunft. Neben dem Schutz bestäubender Insekten profitiert die Kommune durch Kosteneinsparungen, höhere Lebensqualität, ein positives Image und Zugang zu Fördermitteln. Entscheidend ist eine integrierte Strategie, die ökologische, planerische, gesellschaftliche und verwaltungsinterne Aspekte gleichermaßen berücksichtigt. Mit Engagement und Koordination können Kommunen zu Vorreitern einer zukunftsfähigen Stadtentwicklung werden.

8.4. Insektenschutz im Haus, Garten und Alltag

Im Folgenden werden Empfehlungen gegeben, was Bürger/-innen im Haus, Garten und im Alltag konkret tun können, um die Vielfalt der Insekten zu schützen.

Insektenfreundlicher Garten

Ein naturnaher Garten bietet zahlreichen Insektenarten Nahrungs-, Nist- und Überwinterungsmöglichkeiten. Die wichtigsten Maßnahmen sind:

- Verzicht auf chemisch-synthetische Pestizide: Diese töten nicht nur „Schädlinge“, sondern auch Nützlinge und wirken sich negativ auf Wasser, Boden und Biodiversität aus.
- Pflanzenvielfalt und Blühangebot: Heimische, ungefüllte Blütenpflanzen, Kräuter (z. B. Thymian, Salbei), Beerensträucher und Obstbäume fördern ein ganzjähriges Nahrungsangebot.
- Torffreie Gartenprodukte: Der Verzicht auf torfhaltige Erde schützt Moore als wichtige Lebensräume und CO₂-Speicher.
- Klein(st)gewässer: Wasserschalen mit Landehilfen helfen Bienen und Wespen insbesondere im Sommer.

Insektenfreundlicher Vorgarten und Kleingarten

In dicht besiedelten Räumen wie Vorgärten oder Kleingärten gelten ähnliche Prinzipien. Ergänzend wird empfohlen:

- Wiesen statt Schottergärten: Wildblumenwiesen oder ungemähte Rasenstreifen bieten Nahrung und Rückzugsräume.
- Heimische Hecken und Gehölze: Straucharten wie Holunder, Weißdorn oder Wildrosen bieten Nahrung und Nistplätze.
- Vielfalt statt Ordnung: Totholzhaufen, offene Bodenstellen und Steinmauern schaffen Nistgelegenheiten für bodennistende Insekten.

Insektenfreundliches Wohnen

Auch das Wohnumfeld kann insektenfreundlich gestaltet werden:

- Balkonbepflanzung: Kräuter, Wildpflanzen und ungefüllte Blütenarten machen auch kleine Flächen zu wertvollen Lebensräumen.
- Gebäudebegrünung: Dach- und Fassadenbegrünung verbessern das Mikroklima und bieten Lebensraum für zahlreiche Arten.
- Hausbau und Sanierung: Nischen und Spalten erhalten, Nisthilfen integrieren, giftfreie Materialien verwenden (z. B. keine biozidhaltigen Holzschutzmittel).

Alltag und Konsum

Auch das Konsumverhalten der Bürger/-innen wirkt sich unmittelbar auf Insekten aus. Konkrete Empfehlungen sind:

- Insektenfreundlich einkaufen: Der Kauf von Bio-Produkten reduziert Pestizideinsatz und fördert die Artenvielfalt auf landwirtschaftlichen Flächen.
- Streuobst unterstützen: Produkte von Streuobstwiesen erhalten wertvolle Lebensräume.
- Politisch aktiv sein: Unterstützung von Organisationen, Petitionen oder kommunalen Initiativen für pestizidfreie Zonen kann strukturelle Veränderungen fördern.

- Nisthilfen bauen: Wildbienenhotels oder Sandlinsen im Garten schaffen gezielte Rückzugsorte.

Der Insektenschutz beginnt im eigenen Umfeld. Wer Gärten, Balkone oder Gebäude bewusst gestaltet, schafft Lebensräume für bedrohte Arten. Politisches Engagement und bewusstes Konsumverhalten ergänzen diese Bemühungen. In Summe kann eine Vielzahl kleiner Maßnahmen große Wirkung entfalten – vorausgesetzt, möglichst viele machen mit.



Lebensturm für Insekten und andere Kleintiere im Obstsortengarten der Oberlausitz-Stiftung in Ostritz

9. Literaturverzeichnis

- Aktionsprogramm Insektenschutz der Bundesregierung. Gemeinsam wirksam gegen das Insektensterben (2019).
- Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND) (2021): Insekten schützen – Eine Anleitung für Garten, Haus und Alltag.
- Bundesamt für Naturschutz (2023): Insektenschutzmaßnahmen und Potenziale für derartige Projekte in Großschutzgebieten, BfN-Schriften 709, Bonn.
- DVL-Leitlinien Insektenschutz (2023): Der Deutsche Verband für Landschaftspflege (DVL).
- Aronson, M. F. J., et al. (2017). Biodiversity in the city: key challenges for urban green space management. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 15(4), 189–196.
- Baldock, K. C. R., et al. (2015). Where is the UK's pollinator biodiversity? The importance of urban areas for flower-visiting insects. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1803), 20142849.
- Bartomeus, I., et al. (2011). Climate-associated phenological advances in bee pollinators and bee-pollinated plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(51), 20645–20649.
- Biesmeijer, J. C., et al. (2006). Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*, 313(5785), 351–354.
- Bommarco, R., et al. (2010). Dispersal capacity and diet breadth modify the response of wild bees to habitat loss. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 277(1690), 2075–2082.
- Burkle, L. A., et al. (2013). Plant-pollinator interactions over 120 years: loss of species, co-occurrence, and function. *Science*, 339(6127), 1611–1615.
- Deguines, N., et al. (2012). Large-scale trade-off between agricultural intensification and crop pollination services. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(9), 456–461.
- Dicks, L. V., et al. (2016). Ten policies for pollinators. *Science*, 354(6315), 975–976.
- Forrest, J. R. (2016). Complex responses of insect phenology to climate change. *Current Opinion in Insect Science*, 17, 49–54.
- Franzén, M., & Nilsson, S. G. (2010). Both population and habitat size matters for species occupancy in fragmented landscapes. *Biodiversity and Conservation*, 19(4), 1069–1080.
- Garbuzov, M., Fensome, K. A., & Ratnieks, F. L. W. (2015). Public approval plus more wildlife: Twin benefits of reduced mowing of amenity grassland. *PeerJ*, 3, e1167.
- Garibaldi, L. A., et al. (2013). Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, 339(6127), 1608–1611.
- Goulson, D., et al. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347(6229), 1255957.

- Hall, D. M., et al. (2017). The city as a refuge for insect pollinators. *Conservation Biology*, 31(1), 24–29.
- Hegland, S. J., et al. (2009). How does climate warming affect plant-pollinator interactions? *Ecology Letters*, 12(2), 184–195.
- IPBES (2016). Assessment Report on Pollinators, Pollination and Food Production. Inter-governmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.
- Insekten schützen leicht gemacht! Anleitung für Kommunen und Wildnisliebhaber“ (2021) Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V. (BUND).
- Insektenschutz in der Kommune (2020): Deutscher Städte- und Gemeindebund,
- Ikadas, G. (2006). Rare invertebrates colonizing green roofs in London. *Urban Habitats*, 4(1), 66–86.
- Kennedy, C. M., et al. (2013). A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. *Ecology Letters*, 16(5), 584–599.
- Kerr, J. T., Pindar, A., Galpern, P., et al. (2015). Climate change impacts on bumblebees converge across continents. *Science*, 349(6244), 177–180.
- Klein, A. M., et al. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), 303–313.
- Kudo, G., & Ida, T. Y. (2013). Early onset of spring increases the phenological mismatch between plants and pollinators. *Ecology*, 94(10), 2311–2320.
- Leong, M., et al. (2016). Effects of temperature on nesting success and adult emergence in solitary bees. *Environmental Entomology*, 45(1), 197–205.
- Macgregor, C. J., et al. (2015). Pollination by nocturnal Lepidoptera, and the effects of light pollution: a review. *Ecological Entomology*, 40(3), 187–198.
- Memmott, J., et al. (2007). Global warming and the disruption of plant–pollinator interactions. *Ecology Letters*, 10(8), 710–717.
- Michener, C. D. (2007). *The Bees of the World*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Muratet, A., et al. (2008). Evaluation of floristic diversity in urban areas as a basis for habitat management. *Applied Vegetation Science*, 11(3), 451–460.
- Oberndorfer, E., et al. (2007). Green roofs as urban ecosystems: Ecological structures, functions, and services. *BioScience*, 57(10), 823–833.
- Ogilvie, J. E., et al. (2017). Weather conditions and variation in pollinator visitation. *Ecology and Evolution*, 7(14), 5791–5801.
- Potts, S. G., et al. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6), 345–353.

- Potts, S. G., et al. (2016). Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature*, 540(7632), 220–229.
- Rader, R., et al. (2016). Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(1), 146–151.
- Rafferty, N. E., & Ives, A. R. (2011). Effects of experimental shifts in flowering phenology on plant-pollinator interactions. *Ecology Letters*, 14(1), 69–74.
- Sattler, T., et al. (2010). Response of arthropod species richness and functional groups to urban habitat structure and management. *Landscape Ecology*, 25(6), 941–954.
- Schutz unserer heimischen Insekten. Leitlinien des DVL (2023): Deutscher Verband für Landschaftspflege e.V. (DVL)
- Sushinsky, J. R., et al. (2013). How should we grow cities to minimize their biodiversity impacts? *Global Change Biology*, 19(2), 401–410.
- Vanbergen, A. J., et al. (2013). Threats to an ecosystem service: pressures on pollinators. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(5), 251–259.
- Venn, S. J., et al. (2013). Urban dry meadows as an alternative for biodiversity conservation in cities. *Urban Ecosystems*, 16, 45–69.
- Wastian, L., Unterweger, P. A., & Betz, O. (2016). Influence of local land use and landscape structure on diversity and abundance of flower-visiting insects in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 223, 89–99.