Insecta, Heft 11, 2008, Seite 75-89

JÜRGEN OTT, Trippstadt

Libellen als Indikatoren der Klimaänderung – Ergebnisse aus Deutschland und Konsequenzen für den Naturschutz

Einleitung

Der Schutz der Biodiversität ist eine der zentralen Herausforderungen unserer Zeit (u. a. BFN 2005), doch ist dieses Ziel immer stärker durch die Effekte des Klimawandels lokal, regional und global bedroht (PETERS & LOVEJOY 1992, PARMESAN & JOHE 2003, WALTHER et al. 2002, THOMAS et al. 2004, DOW & DOWNING 2006).

Hier sollen die Entwicklungen, die sich in den letzten Jahrzehnten bei Libellen ergeben haben, zusammenfassend dargestellt und auf deren Bedeutung als Indikatororganismen für diesen Prozess eingegangen werden.

Oszillationen vs. Trends

Die Verbreitung von Pflanzen und Tierarten – sofern diese nicht ihre Habitat-Präferenzen ändern bzw. freie Nischen besetzen – hängt direkt von den abiotischen Rahmenbedingungen in einem Gebiet ab. Ihr Verbreitungsgebiet ist somit ein Spiegelbild dieser Rahmenbedingungen und wird von der Tier- und Pflanzengeographie beschrieben und analysiert (vgl. z. B. SEDLAG 1995). Neben beispielsweise der Geologie, den Boden- und Gewässertypen eines Raumes sind vor allem die klimatischen Rahmenbedingungen von entscheidender Bedeutung. So bestimmen die Temperatur und Feuchteverhältnisse (größtenteils über den Niederschlag bestimmt) als Schlüsselfaktoren entscheidend das Verbreitungsgebiet.

Ändern sich nun aber diese Rahmenbedingungen, beispielsweise wenn sich die Klimabedingungen verändern oder verschieben, so sollten sich auch die Verbreitungsgebiete der Arten ändern. Dies natürlich nur insofern, als dass auch die anderen Rahmenbedingungen adäquat sind; bei Libellen beispielsweise müssen auch Gewässer zur Larvalentwicklung vorhanden sein.

Verschiebungen in den Verbreitungsmustern von Arten können dabei von vorübergehender oder von dauerhafter Natur sein, je nachdem ob die abiotischen essentiellen Rahmenbedingungen sich nur kurzfristig oder eben dauerhaft ändern. Warme oder heiße Sommer z. B. sind seit langem bekannt, und in diesen sind auch schon immer mediterrane Arten aus dem Süden nach Deutschland eingewandert, sie konnten sich aber nicht dauerhaft halten. Entscheidend ist es in diesem Zusammenhang, ob es sich um eine Oszillation oder einen Trend handelt, die wie folgt beschrieben werden können:

– **Oszillation**: mehr oder minder regelmäßiges Schwingen um einen Mittelwert, die Arten zeigen ein ständiges Kommen und Gehen

– **Trend**: gerichtete Entwicklung, einmal eingewanderte Arten bleiben

Dieser Sachverhalt soll anhand des Beispiels der Feuerlibelle (*Crocothemis erythraea*) verdeutlicht werden (Abb. 1).

Die Feuerlibelle – eine Erfolgsgeschichte

Die Feuerlibelle (*Crocothemis erythraea*) ist ein afrikanisch-mediterranes Faunenelement, das von Südafrika bis ins westliche Asien und Mitteleuropa vorkommt (vgl. Ott 2007a). In Mitteleuropa hat sie einen deutlichen Schwerpunkt im Mittelmeerraum, wo sie eine der häufigsten Arten ist.

Die Feuerlibelle besiedelt in Deutschland – neben eutrophen und vegetationsreichen Altwässern, Seen und Tümpeln – vor allem „gestörte" Gewässer, also z. B. Sand-, Kies- und Lehmgruben in frühen bis mittleren Sukzessionsstadien, besonders in klimatisch begünstigten Lagen. Die Gewässer sollten zumindest teilweise Flachwasserzonen aufweisen und das Wasser sollte transparent sein, sehr stark eutrophe Gewässer werden in der Regel gemieden. Die Art ist bei uns in der Regel univoltin, im Mittelmeerraum auch bivoltin; vielleicht hat sie dort, wie in Afrika, mittlerweile auch noch eine weitere Generation.

Ihren Namen hat sie von der feuerroten Farbe der Männchen, die an den Gewässern oder auch im Umfeld sofort auffallen (Abb. 1). Im Gegensatz zu anderen kleinen und unauffälligen Insektenarten lässt sich in diesem Falle die Ausbreitung sehr gut nachvollziehen und dokumentieren, zumal seit Anfang der achtziger Jahre das Interesse an der Odonatologie stark gestiegen war und überall in Deutschland intensiv faunistisch kartiert wurde.

In Deutschland wurde die Art bereits im Jahr 1918 zum ersten Mal festgestellt (Bollow 1919). Danach jedoch nur noch sehr selten und nicht mit beständigen Populationen. So wurde sie auch von den „Altmeistern" der deutschen Odonatologie als „in Mitteleuropa nicht heimisch" (Schiemenz 1953) und Robert (1959) bezeichnet. Sie verweisen darauf, dass die kurzzeitigen Vorkommen in Belgien, Süddeutschland, Ungarn und der Schweiz nur „in heißen

Abb. 1. Das Männchen der Feuerlibelle (*Crocothemis erythraea*) – eine unserer auffälligsten Libellen (Foto: Ott)

Sommern“ auftreten. Auch wenn eine Eiablage erfolgte, so konnten sich damals wohl keine Populationen etablieren.

Selbst JURZITZA (1978) bezeichnet sie noch als „Wanderart“, die „öfter auch bei uns, wie im heißen Jahr 1976“ einwandert.

Dieses Verbreitungsbild und Charakterisierung der Art änderten sich in den folgenden Jahren und Jahrzehnten dramatisch, was detailliert bei OTT (1988, 1996, 2000, 2001, 2007a, 2008a) nachzulesen ist. Nachdem sie Mitte der achtziger Jahre auch in Rheinland-Pfalz bodenständig wurde, begann sie ihren Siegeszug durch ganz Deutschland. Mittlerweile ist sie auch in Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein bodenständig, und der „Sprung“ nach Skandinavien ist nur noch eine Frage der Zeit. Die Feuerlibelle hat damit in zwei Jahrzehnten Deutschland in einer nordwärts gerichteten Ausbreitung besiedelt, also in diesem Zeitraum ihre Bodenständigkeit um rund 700 km noch Norden verschoben (vgl. Abb. 2). Dabei ist sie auch zusehends in die Höhe gestiegen und hat Populationen außerhalb der klimatisch begünstigten (Fluss-)Täler und Ebenen etabliert. Diese Ausbreitung geht einher mit einer Temperaturzunahme in Deutschland und ihre Ausbreitung folgt derselben (vgl. OTT 2007a).

Neuerdings scheint sie auch einen Biotopwechsel vorzunehmen, da sie zunehmend auch an Moorgewässern gefunden wird, was an anderer Stelle ausführlicher beschrieben wird (OTT in prep.).

Auch wenn es bezüglich der exakten Faktoren, die für die Ausbreitung verantwortlich sind (z. B. wärmere Temperaturen im Sommer oder Winter? höhere Sonneneinstrahlung? mildere Winter?) – oder auch deren Kombinationen – noch keine genauen Analysen gibt, so ist das Klima eigentlich der einzige Faktor, der sich in diesem Zeitraum wesentlich geändert hat und er dürfte dafür auch mit Sicherheit verantwortlich sein.

Die Ausbreitung der Feuerlibelle – kein Einzelfall

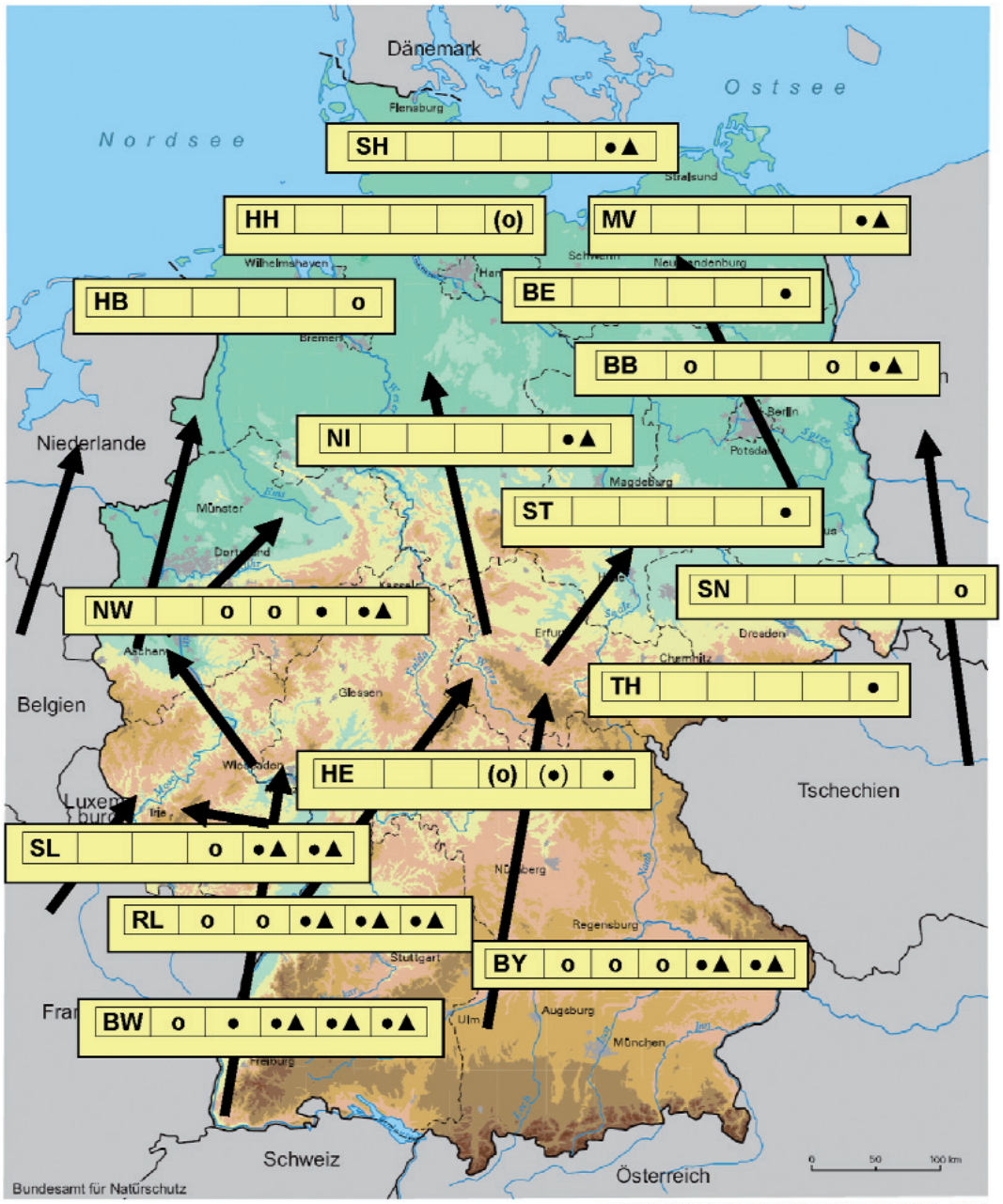
Nun könnte man argumentieren, dass die Ausbreitung einer einzigen Art – auch wenn es sich um eine mediterrane und thermophile Art handelt – noch lange kein Indikator für eine Klimaänderung sei. Dies trifft zu, aber neben der Feuerlibelle haben sich in den letzten Jahren in ähnlichem Muster etliche weitere mediterrane Libellenarten gen Norden und in höhere Lagen hin ausgebreitet (vgl. OTT 2001, 2008a).

Es sind dies unter anderem:

- *Anax parthenope:* permanente Zunahme in ganz Deutschland, besonders z. B. in Brandenburg und der Rheinebene
- *Oxygastra curtisii:* Wiederfund in 1999 (vgl. OTT et al. 2007)
- *Boyeria irene:* neu für Deutschland in 2005 (SCHMIDT 2005)
- *Hemianax ephippiger:* mehrfach und zunehmend Einflüge
- *Orthetrum brunneum:* generelle Ausbreitung
- *Aeshna affinis:* zunehmende Ausbreitung und Zunahme der Bodenständigkeit
- *Sympetrum fonscolombii:* verstärkte Einflüge und Ausbildung einer zweiten Generation in Deutschland, z. B. in 2007
- *Sympetrum meridionale*: zunächst einzelne Wiederfunde, dann verstärktes Auftreten (nach Einflügen), so besonders in 2007 und 2008
- *Lestes barbarus:* generelle Ausbreitung, profitiert vor allem von schwankenden Wasserständen (OTT 2006a)
- *Erythromma viridulum:* nordwärts gerichtete Ausbreitung in ganz Deutschland und Bodenständigkeit nun bis Bremen etc.

Da es sich bei den Arten, die eine massive Ausbreitung erfahren haben, ausnahmslos um Wärme liebende Arten handelt, sich dagegen aber Kälte liebende Arten nicht ausgedehnt haben – ja diese oft sogar eine Verkleinerung ihres Verbreitungsgebietes erfahren haben – kann nunmehr sicher von einem allgemeinen Ausbreitungsprozess bei Wärme liebenden Libellenarten gesprochen werden.

Die Auswirkungen der Klimaänderung haben dann auch zur Folge, dass sich Lokal- und auch Regionalfaunen ändern, was anhand der beiden folgenden Kapitel verdeutlicht werden soll.



Quelle: Bundesamt für Naturschutz (BfN), 2006

BW	o	●	●▲	●▲	●▲

Erstes Kästchen: Kürzel für Bundesland
Zweites Kästchen: Zeitraum bis 1970, drittes Kästchen etc.: Dekaden von 1970 bis heute
o = Vorkommen, ● = bodenständige Vorkommen, ▲= Zunahme, () = wahrscheinlich

Abb. 2. Ausbreitung der Feuerlibelle in Deutschland (aus Ott 2007a, ergänzt)

Die Veränderung der Regionalfauna in der Pfalz – eine Folge des veränderten Klimas

Die Großlibellenfauna der Pfalz wurde durch ITZEROTT (1965) beschrieben, wobei er die Fauna der Vorderpfalz (Weinbauzone des östlichen Gebirgsrandes und die Rheinebene) und die der Westpfalz (Nordpfalz und Bergwaldzone des Pfälzerwaldes) anhand der Einteilung in mediterrane und eurosibirische Arten von ST. QUENTIN (1960) verglich.

Die klimatisch weniger begünstigte Westpfalz war bei seiner Studie viel artenärmer und dort überwogen auch die eurosibirische Elemente: Es wurden dort doppelt so viele eurosibirische Arten registriert wie in der Vorderpfalz, dagegen waren hier insgesamt dreimal so viele mediterrane Arten vertreten wie in der Westpfalz. ITZEROTT (1965) interpretierte dies so: "Der Einfluss des Klimas auf die Verbreitung der Pfälzer Großlibellen ist unverkennbar und es ist zweifellos richtig, wenn die Pfalz auch odonatologisch in die warme Vorder- und die kältere Westpfalz unterteilt wird. Es ist daher kein Wunder, dass die Vorderpfalz für die sonnenhungrigen Libellen geradezu prädestiniert ist und dass in der Rheinebene im Vergleich zur Westpfalz (mittlere Jahrestemperatur + 9 °C, Julimittel 17 bis 18 °C) das mediterrane Element bei weitem überwiegt."

Die in den folgenden drei Jahrzehnten erbrachten Nachweise mediterraner Arten ließ es sinnvoll erscheinen, nun einmal zu überprüfen, ob diese Verteilung noch Bestand hat (siehe Tab. 1), wozu die aktuelle Literatur zur pfälzischen Libellenfauna ab NIEHUIS (1984) ausgewertet und mit eigenen Beobachtungen ergänzt wurde (vgl. OTT 1996, 2000). Etliche Arten sind dabei zwar nicht oder nicht über einen längeren Zeitraum bodenständig (z. B. *Hemianax ephippiger* und *Leucorrhinia pectoralis* bei Kaiserslautern, *Aeshna juncea* bei Ludwigshafen), doch machte auch ITZEROTT zur Bodenständigkeit bei seiner Analyse keine genaueren Angaben. Eine detaillierte Auswertung diesbezüglich ist somit nicht möglich, doch ist dies für das Ergebnis letztendlich nur von untergeordneter Bedeutung.

Es zeigt sich in Tab. 1 deutlich, dass das Verhältnis zwischen mediterranen und eurosibirischen Faunenelementen in den beiden Räumen nunmehr fast gleich ist und der von ITZEROTT (1965) noch beschriebene und auf klimatische Bedingungen zurückgeführte Unterschied in der faunistischen Zusammensetzung bereits Mitte der neunziger Jahre praktisch nicht mehr

Tabelle 1. Zeitliche Entwicklung der prozentualen Anteile mediterraner und eurosibirischer Faunenelemente (FE) in der Großlibellenfauna der Pfalz in den letzten 30 Jahren - V: Vorderpfalz, W: Westpfalz (aus OTT 1996, 2000)

1965		**Anzahl Arten**	**med. FE** (in %)	**eurosib. FE** (in %)
	V	29	55	45
	W	16	31	69
1995		**Anzahl Arten**	**med. FE** (in %)	**eurosib. FE** (in %)
	V	33	52	48
	W	30	47	53

Abb. 3. Die trocken gefallene Verlandungszone eines Wooges im Pfälzerwald – einem Biotop von *Coenagrion hastulatum, Leucorrhinia dubia* und *Aeshna juncea* (6. 9. 2006; Foto: OTT)

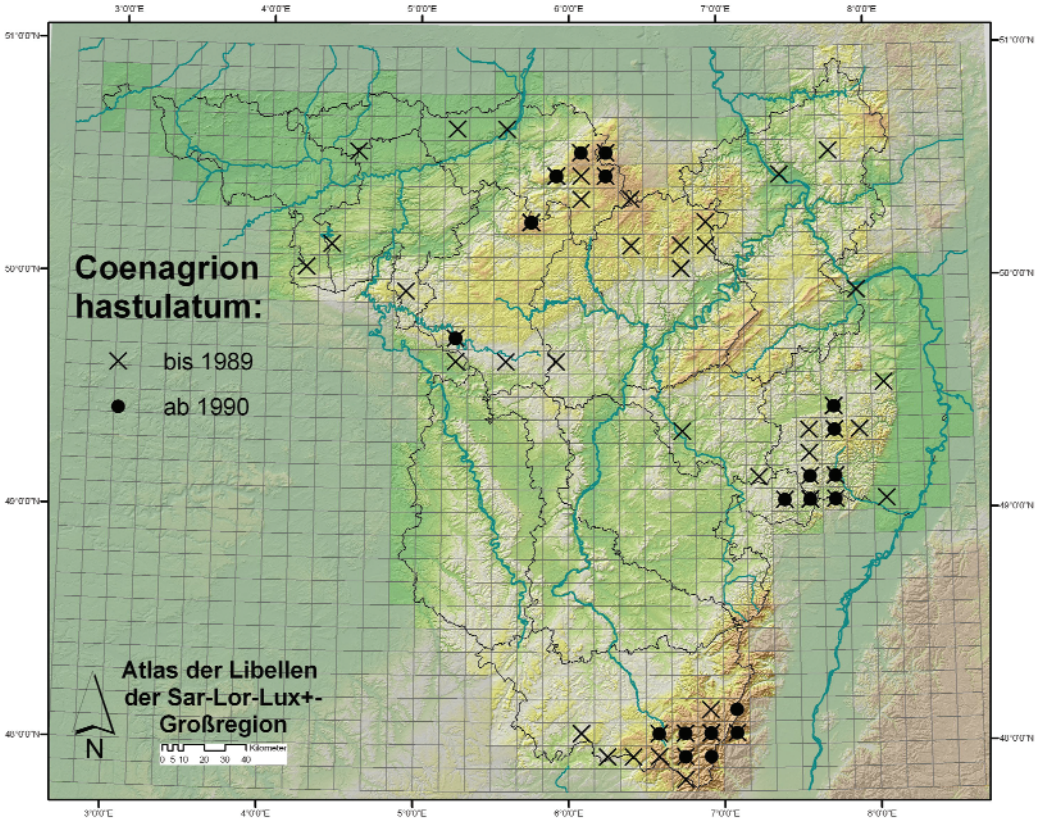


Abb. 4. Verbreitungskarte (Entwurf) der Speer-Azurjungfer (*Coenagrion hastulatum*) (aus TROCKUR et al., in Vorb.)

gegeben war. In den drei Jahrzehnten nach der Veröffentlichung von ITZEROTT (1965) ist es zu einem völligen Ausgleich innerhalb dieser beiden Regionalfauna gekommen. Als Grund hierfür kommt eigentlich nur die Klimaerwärmung infrage, denn nach Auswertung von Klimadaten (SLFA) ergab sich – je nach betrachteter Station – eine Erhöhung der Jahresmitteltemperatur um ca. 1,5 Grad Celsius (OTT 1996).

Dieser Prozess ist in der Folgezeit noch weiter gegangen, und es haben sich sowohl weitere mediterrane Arten in der Westpfalz angesiedelt als auch weitere Effekte der Klimaänderung ergeben. Darauf soll im Folgenden eingegangen werden.

Auswirkungen der Jahre „2003 plus“: die Auswirkungen fallender Wasserstände auf die Libellenzönosen im Biosphärenreservat Pfälzerwald

Das Biospärenreservat „Pfälzerwald“ ist zusammen mit dem im Süden anschließenden französischen Teil (Vosges du Nord) reich an verschiedenen Typen von Fließgewässern und Stillgewässern. Hierbei spielen die so genannten Wooge, also v.a. im Mittelalter in den Tälern angelegte und aufgestaute Teiche, eine besondere Rolle für den Arten- und Naturschutz. Aufgrund ihrer Anzahl – man schätzt um die 1000 – und aufgrund ihrer Vielgestaltigkeit (unterschiedliche Größe, Tiefe, Exposition, Sukzessionsstadium, Nutzung etc.) beherbergen sie eine reichhaltige Flora und Fauna. Die Wooge sind daher auch vielfach rechtlich geschützt (als Naturschutzgebiet etc.). Daneben liegen sie aufgrund des Vorkommens von Anhang II-/IV-Arten und Anhang I Lebensraumtypen der FFH-Richtlinie (z. B. dystrophe Gewässer – NATURA 2000 Code 3160) vielfach in Vogel- oder FFH-Schutzgebieten und sind Teil der Gebietskulisse für das rheinland-pfälzische bzw. deutsche Netz NATURA 2000.

Gerade für die Libellenfauna mit einem hohen Anteil an seltenen, geschützten und spezialisierten Arten der Moore (z. B. *Somatochlora arctica, Leucorrhinia dubia, Aeshna juncea, Coenagrion hastulatum*) und anderer naturnaher Gewässer (z. B. *Epitheca bimaculata)* sind die Wooge besonders bedeutsam und eine Grundvoraussetzung für den Fortbestand der genannten Arten im Gebiet. Bemerkenswert ist für das gesamte Gewässersystem des Biosphärenreservats die gute „Verbundsituation“, weshalb die einzelnen Gewässer – z. B. nach dem Ablassen – meist relativ gut wiederbesiedelt werden können (sofern das Ablassen nicht jährlich und bei mehreren Gewässern gleichzeitig geschieht). Aus diesem Grund wurde das Gebiet auch als ein Referenzgebiet für die Untersuchungen des Autors im Rahmen des EU-Projektes ALARM (siehe: www.alarmproject.net) ausgewählt, im Zuge dessen die hier dargestellten Untersuchungen erfolgten.

Infolge der Trockenheit des Jahres 2003 fielen die Wasserstände vieler Wooge dramatisch ab, und auch die Jahre 2004-2006 haben nicht zu einer Verbesserung der Wasserhaushaltssituation geführt, sondern vielmehr teilweise sogar noch zu einer deutlichen Verschlechterung. Der bisher tiefste Wasserstand wurde im Juli/August 2006 erreicht. Es sind dabei viele Gewässer fast völlig (größere Gewässer) oder sogar völlig ausgetrocknet (kleinere Gewässer).

Neben den Auswirkungen aufgrund der veränderten klimatischen Rahmenbedingungen sind auch noch andere Beeinträchtigungen zu nennen, die in Bezug auf den Wasserhaushalt oft synergistische Wirkungen zeigen (Wasserentnahmen, mangelhafte Unterhaltung der Mönche/Gewässer, Ablassen der Gewässer, fortschreitende Fragmentierung der Landschaft durch Urbanisierung und Infrastrukturmaßnahmen).

Selbst im Jahr 2007 hatten sich viele Gewässer noch nicht wieder vollständig regeneriert und die vegetationsreichen Verlandungszonen, die besonders für die Entwicklung der Larven der sensiblen Moorarten wichtig sind, lagen noch trocken.

Die Veränderungen im Wasserhaushalt hatten erhebliche Konsequenzen für die Libellenfaunen der Wooge, die sich zurzeit vollkommen umschichten (vgl. OTT 2007b, c).

Spezialisierte Arten der Moore verschwinden in einem bisher nicht gekannten Ausmaß, dafür wandern euryöke Arten massiv ein und besiedeln die Gewässer in großer Zahl (z. B. *Libellula depressa, Orthetrum cancellatum, Gomphus pulchellus* – teils auch *Crocothemis erythraea*).

Weiterhin dringen eher Wärme liebende Arten immer weiter in das Zentrum des Pfälzerwaldes vor, gleiches gilt für Arten austrocknender Gewässer bzw. für Gewässer mit trocken fallenden Ufern (z. B. *Lestes barbarus, Lestes virens, Ischnura pumilio*; siehe OTT 2006a, b, 2008b).

Doch nicht nur die Arten der Stillgewässer sind vom Wassermangel betroffen. Vor allem auch die Arten der kleinen Fließgewässer sind gefährdet, da die unterhalb der (meist im Hauptschluss liegenden) Wooge gelegenen Gewässerstrecken ebenfalls über einen längeren Zeitraum trocken fallen. Vor allem die sensiblen *Calopteryx*-Larven sind dadurch schnell eliminiert. Die folgende Tabelle zeigt diesen Sachverhalt am Beispiel einiger Wooge im Pfälzerwald auf, wobei die Charakterarten für dystrophe Gewässer nach SSYMANK et al. (1998) hellgrau, die Störzeiger dunkelgrau unterlegt sind.

Die Tab. 2 zeigt recht deutlich, dass zu ungunsten der Charakter- oder Leitarten für dystrophe Gewässer – also einen FFH-Lebensraum – die Störzeiger deutlich zunehmen und die Gewässer zusehends besiedeln. Dies ist kein Prozess, der nur an diesen Gewässern allein stattgefunden hat, sondern an einer Vielzahl weiterer Gewässer (OTT in prep.).

Die Libellen sind dabei Indikatoren für die Umschichtung ganzer Biozönosen, wobei es bezogen auf den Betrachtungsraum des Biosphärenreservates Pfälzerwald sowohl „Gewinner“ als auch „Verlierer“ gibt.

Als „Verlierer“ können die folgenden, eher sensiblen Arten angesehen werden:

– *Coenagrion hastulatum:* trocken fallende Verlandungszonen der Wooge, diese zudem nicht oder kaum mehr durchströmt
– *Cordulegaster bidentata:* sicher nicht gut genug untersucht, da sie bei normalen Kartierungen durch das „Raster“ fällt, aber als Quellenbewohner fraglos direkt vom Trockenfallen der Quellen betroffen

Tabelle 2. Vergleich der Libellengemeinschaften einiger Wooge im BSR Pfälzerwald (* etwas außerhalb des BSR; O = Art ist präsent, O[1] = nur Einzeltiere, leeres Kästchen = Art fehlt, A: 1980-1995, B = 2005-2006, + = gut, - = beeinträchtigt)

Wooge	Jagdhaus-weiher		Vogelwoog *		Pfälzer-woog		Rössels-weiher		Kranz-woog	
Zeitraum	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Wasserhaushalt	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-
Arten										
P. nymphula	O	O	O	O	O	O[1]	O	O[1]	O	O
C. hastulatum	O		O		O		O		O	
A. juncea	O		O		O		O		O	
S. arctica	O									
L. dubia					O		O		O	O[1]
L. pectoralis										
S. danae	O	O	O		O	O	O	O	O	
L depressa		O	O	O	O	O				O
O. cancellatum		O	O	O	O	O		O		O
G. pulchellus		O		O		O		O		

- *Somatochlora arctica:* vor allem durch komplettes Austrocknen der Moore/*Sphagnum*-Schwingrasen
- *Aeshna juncea*: komplettes Austrocknen der Gewässer, Abtrocknen der *Sphagnum*-Ufer, -Verlandungszonen und -Schwingrasen
- *Leucorrhinia dubia*: trocken fallende Verlandungszonen der Wooge
- *Orthetrum coerulescens:* trocken fallende Bachstrecken; an Stillgewässern aber eher Profiteur, da die Art dort zunimmt
- *Sympetrum flaveolum:* keine Wechselwasserstände mehr, zu trocken.

Viele dieser Arten haben nur noch kleine und zusehends verinselte Populationen, oft ist sicher auch schon die kritische Populationsgröße erreicht, bei der ein längerfristiges Überleben nicht mehr gesichert ist. Als Beispiel sei hier die Verbreitungskarte der Speer-Azurjungfer (*Coenagrion hastulatum*) aufgeführt, die dem Saar-Lor-Lux-Libellen-Atlas entnommen ist (TROCKUR et al., in Vorber.):

Deutlich ist hier der Rückgangstrend in den beiden Perioden „bis einschließlich 1989" (Kreuz) und „1990 bis 2006" (Punkt) zu erkennen. Hier ist anzumerken, dass in den letzten Jahren dieser Trend noch deutlicher wurde, aktuell also noch weniger Populationen vorhanden sind.

Als Gewinner der Situation können besonders die mobilen Arten und Primärbesiedler sowie auch Arten mit aggressiven Larven, angesehen werden; alle diese Arten haben sich in den letzten Jahren stark ausgedehnt (vgl. auch Tab. 3 weiter unten im Text).

Hier sind vor allem zu nennen:

- *Ischnura pumilio:* profitiert stark von Gewässern, deren Wasserstand abgesenkt wurde, zeigt deutliche Ausbreitungstendenzen bzw. gefestigte Populationen (vgl. OTT 2008b)
- *Lestes barbarus:* für diese Art gilt das Gleiche (vgl. OTT 2006b)
- *Gomphus pulchellus:* besiedelt zunehmend durchströmte Wooge und Gewässer mit offenen Ufern (infolge fallender Wasserstände), vor nicht allzu langer Zeit fast nur an Sand- und Kiesgruben
- *Anax imperator:* starke Ausbreitung, besiedelt fast alle Stillgewässertypen und diese oft auch in hohen Abundanzen, Larven sehr aggressiv
- *Libellula depressa:* besiedelt Gewässer mit offenen Ufern (infolge fallender Wasserstände), früher typisch für neu angelegte Gartenteiche und Kleingewässer
- *Libellula quadrimaculata:* starke Ausbreitung, besiedelt fast alle Stillgewässertypen und diese oft auch in hohen bis sehr hohen Abundanzen
- *Orthetrum cancellatum:* besiedelt Gewässer mit offenen Ufern (hier: infolge fallender Wasserstände), früher typisch für größere Seen, Teiche und Sekundärgewässer mit (zumindest teilweise) offenen Ufern
- *Crocothemis erythraea:* früher nur in vegetationsreichen Seen, Teichen und Sekundärgewässern, nun auch in anderen Typen, selbst in Moorgewässern anzutreffen.

Eine Wiederbesiedlung aus den Vogesen (Frankreich), wo noch gute Populationen an Moorarten vorhanden sind (S. MORELLE & L. DUCHAMP, mdl. Mitt. 2008), die als Spenderpopulationen dienen könnten, ist natürlich immer möglich. Doch hier ergeben sich grundsätzlich zwei Probleme, selbst wenn die Wasserhaushaltssituation in den pfälzischen Gewässern wieder voll regeneriert wäre:

1. die Gewässer in der Pfalz haben nicht mehr die frühere Qualität (andere abiotische Verhältnisse) und 2. eine andere Biozönose ist etabliert.

Besonders der zweite Punkt ist von Bedeutung, denn zwischenzeitlich haben sowohl Sukzessionsprozesse bei der Vegetation stattgefunden (z. B. Zuwachsen mit *Juncus bulbosus*), und es haben sich in den Gewässern nunmehr andere Libellenlarvenzönosen aus den „Gewinnern" etabliert. Würde z. B. die Moorart *Leucorrhinia dubia* versuchen, einen Woog mit regeneriertem Wasserstand wiederzubesiedeln, so würden deren sensible und agile Lärvchen auf einen Mix aus deutlich kräftigeren und aggressiveren Libelluliden- und Aeshiden-Larven treffen. Es ist nur schwer vorstellbar, dass sie dort mittelfristig eine Überlebenschance hätten.

Auch in anderen taxonomischen Gruppen sind die Biotopspezialisten (v. a. die besonders

hygrophilen Arten) massiv betroffen (Heuschrecken, Wasserkäfer, Laufkäfer etc.). Auch hier scheinen eher die euryöken Arten von der neuen Situation zu profitieren; die Libellen können in diesem Zusammenhang sicher als eine Indikatorgruppe und repräsentativ für diese Artengruppen angesehen werden.

Bei der dargestellten Entwicklung gehen nicht nur die Gewässer als Lebensraum für viele spezialisierte Arten verloren, zusätzlich wird auch noch die bisher recht gute Verbundsituation (Schutzgebiete/NATURA 2000) für eher spezialisierte Arten stark entwertet. Sollte der derzeitige Trend mit seinen Rahmenbedingungen für diese meist sehr sensiblen FFH-Lebensräume anhalten, könnten sie sogar vollkommen zerstört werden. Dies hätte dann auch massive Konsequenzen für die allgemeinen Ziele des Naturschutzes auf lokaler, nationaler und europäischer Ebene, besonders für Schutzgebiete, denn diese würden deutlich an Wert verlieren (vgl. ARAÚJO 2004).

Davon ist aktuell auszugehen, denn alle Szenarien gehen eher noch von einer Beschleunigung des Trends aus (IPCC 2007, UBA 2007), da die Emissionen der klimarelevanten Gase eher zunehmen werden.

Die Bedeutung von Verbreitungsatlanten zum Monitoring von Veränderungen: Der Libellenatlas der Saar-Lor-Lux-plus-Großregion als Beispiel

Am Beispiel des in Kürze erscheinenden Atlas zur Libellenfauna (TROCKUR et al., in Vorb.) der Saar-Lor-Lux-plus-Großregion (das sind die (Bundes-)Länder Saarland, Lothringen, Luxemburg, Wallonien und Rheinland-Pfalz) soll der Frage nachgegangen werden, welchen Beitrag Atlanten zur Dokumentation der Ausbreitung von Arten beitragen können.

Für diesen Atlas der 65 401 qkm großen Region wurden insgesamt 117 050 Datensätze zusammengetragen und ausgewertet, wobei alle verfügbaren Datensätze bis Ende des Jahres 2006 integriert wurden. Bezogen auf diesen Raum ergaben sich die folgenden Ergebnisse bezüglich den Auswirkungen der Klimaänderung auf die Libellenfauna, was vor allem in den jüngst vergangenen Jahren deutlich wurde:

Auch in diesem Gebiet war eine deutliche Veränderung festzustellen, was die Zusammensetzung der Arten und deren Dominanzverhältnisse betrifft. Zu Beginn dieses Veränderungsprozesses wurden im Untersuchungsgebiet erst

Tabelle 3. Zunahme von Arten in der SLL-plus-Großregion (aus TROCKUR et al., in Vorb.)

Zunahme Rasterviereck (absolut)	Art	Anzahl Rasterviereck mit Nachweis	Prozentualer Anteil der Rasterviereck mit Nachweis
+ 109	*Crocothemis erythraea*	149	25,3
+ 107	*Erythromma viridulum*	212	36,1
+ 101	*Calopteryx virgo*	409	69,6
+ 87	*Sympetrum sanguineum*	354	60,2
+ 81	*Cordulia aenea*	306	52,0
+ 79	*Calopteryx splendens*	421	71,6
+ 74	*Platycnemis pennipes*	422	71,8
+ 74	*Gomphus pulchellus*	296	50,3
+ 73	*Aeshna mixta*	273	46,4
+ 72	*Anax imperator*	421	71,6

einzelne mediterrane Arten bodenständig, am besten ist das bei der Feuerlibelle (*Crocothemis erythraea*) dokumentiert. Sie siedelte sich zunächst Mitte der achtziger Jahre im Rheingraben an, um sich dann über das gesamte Gebiet auszubreiten. Sie ist in der SLL-plus-Großregion auch die Art mit der stärksten Zunahme (Tab. 3).

In der Folge waren dann auch weitere mediterrane Arten auffallend häufiger zu finden oder haben ihr Siedlungsgebiet deutlich ausgedehnt (sowohl nach Norden als auch in höhere Lagen). Bei den Arten handelt es sich sowohl um Klein-, als auch um Großlibellen, wie z. B. *Erythromma viridulum, Lestes barbarus, Lestes virens, Aeshna isoceles, Aeshna affinis, Anax parthenope, Sympetrum meridionale, Sympetrum fonscolombii*. Allen diesen Arten ist gemeinsam, dass es sich um Wärme liebende Arten handelt, der Faktor Temperatur also direkt (Thermophilie) oder indirekt (über Veränderungen der Biotope, z. B. schwankende Wasserstände oder Austrocknen) die entscheidende Rolle für deren Ausbreitung spielt. Diese Entwicklung vollzog bzw. vollzieht sich nicht nur in der hier betrachteten Region, sondern in ganz Europa (vgl. OTT 2008a).

Dies hat zunächst natürlich zu einer Zunahne der Gesamtartenzahl an Libellen in der Region geführt, was eigentlich wünschenswert ist, da eine Zunahme der Biodiversität damit einhergeht. Doch zeigt sich immer mehr, was ja eigentlich auch zu erwarten war, dass auf der anderen Seite diesen „Gewinnern“ auch „Verlierer“ gegenüber stehen. Hierbei handelt es sich um Arten der Moore und der höheren Gebirgslagen, die entweder durch die veränderten abiotischen und biotischen Umstände verdrängt werden, oder deren Biotope negativ beeinträchtigt werden. Bei manchen ist auch mit dem gänzlichen Verschwinden zu rechnen, z. B. bei sensiblen Moorbiotopen infolge längerfristigen Austrocknens. Zu nennen sind hier besonders die Arten *Somatochlora arctica, S. alpestris* und *Aeshna subarctica elisabethae*, in einigen Bereichen des Gebietes (z. B. Pfalz: Wooge) auch *Coenagrion hastulatum* und *Aeshna juncea*.

Sollte der beschriebene Prozess weitergehen, wovon eigentlich auszugehen ist, da sich die Rahmenbedingungen auf kurze Sicht kaum ändern (z. B. weitere Zunahme der Temperatur), werden wohl auch noch weitere Arten zu erwarten sein. Zu nennen sind hier *Boyeria irene* (bereits im Bodenseegebiet), *Hemianax ephippiger* (schon mehrfach im Gebiet als Invasionsart aufgetaucht) und selbst die afrikanische *Trithemis annulata*. Letztere ist bereits in Frankreich und Nord-Italien (Lombardei) heimisch, kann also über verschiedene Wege das Gebiet besiedeln (vgl. OTT 2008a).

Temperaturzunahme: biologische Effekte für und auf Libellen

Die Klimaänderung – vor allem die Temperaturzunahme – kann nun vielfältige Auswirkungen auf die Organismen haben, besonders trifft das für Libellen bzw. Insekten als poikilotherme Tiere zu, die direkt von der Umgebungstemperatur abhängig sind. Fällt oder steigt diese, so sind direkt Änderungen in der Physiologie und dem Verhalten zu erwarten.

Im Folgenden sind diese denkbaren Möglichkeiten für Libellen zusammengestellt, wobei die allermeisten zwischenzeitlich auch verifiziert werden konnten.

– Frühere Emergenz (Arten schlüpfen früher im Jahr)	ja
– Ausbildung einer zweiten Generation	ja
– Schnellere Larvalentwicklung	ja
– Bodenständigkeit in nördlicher und höher gelegenen Lebensräumen	ja
– Generelle Änderung der Phänologie/ Desynchronisation	ja
– Veränderung der Tagesaktivität	? / ja
– Änderung der Biotoppräferenzen	?
– Änderung in der Zusammensetzung der Fauna	ja
– Zunahme Konkurrenz/Verdrängung der früheren Fauna	? / ja
– Allgemeine Zunahme der Ausbreitung	ja

Hier muss angemerkt werden, dass es sich um einen sich ständig weiter entwickelnden Prozess handelt: konnten vor einigen Jahren erst rund die Hälfte der Punkte verifiziert werden, sind es aktuell praktisch alle (vgl. OTT 2000, 2001).

Besonders soll hier auf einen Fakt aufmerk-

sam gemacht werden, der aus ökologischer Sicht besonders interessant ist: der Trend zur Ausbildung einer weiteren (zweiten) Generation in Deutschland (siehe OTT 2008a,b). Dies war bis vor ca. einem Jahrzehnt eher die Ausnahme oder trat gar nicht auf, nunmehr sind es etliche Arten, bei denen es definitiv und oft auch in mehreren Regionen Deutschlands und in verschiedenen Jahren nachgewiesen wurde.

Unter anderen sind dies:

Ischnura elegans, Ischnua pumilio, Erythromma najas, Erythromma lindeni, Enallagma cyathigerum, Sympetrum fonscolombii (nach Einflug der ersten Generation im Frühjahr) und wohl auch *Crocothemis erythraea*.

Die schnelle Entwicklung der Larven und damit die Ausbildung einer zweiten Generation sind definitiv auf die höheren Temperaturen in den Gewässern zurückzuführen, die diesen Trend als Hauptfaktor begünstigen.

Einige Naturschutzaspkte

Auf das Problem der Entwertung von Schutzgebieten und des Netzes NATURA 2000 wurde bereits eingegangen. Hier soll nun der Frage nachgegangen werden, welche Anspruchstypen und Arten generell von dieser Entwicklung profitieren werden und was dies für den Natur- und Artenschutz bedeutet.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass die Biodiversität – hier nur im Sinne von Artenzahl bezogen auf Deutschland – zunehmen wird. Die Zuwanderung von *Oxygastra curtisii* und *Boyeria irene* haben das gezeigt, weitere Arten werden mit Sicherheit folgen.

Mittelfristig wird es aber auch – wie es bereits auf regionaler Ebene deutlich geworden ist – auch bezogen auf Deutschland „Gewinner“ und „Verlierer“ geben.

Als Gewinner können generell Arten mit dem folgenden Anspruchsprofil identifiziert werden:

- Arten mit einer Vorliebe für höhere Temperaturen
- „Tiefland-Arten“
- Häufige, euryöke, weit und ubiquitär verbreitete Arten
- Arten eutropher Gewässer
- Gute Flieger
- Schnelle/kurze Larvalentwicklung
- r - Strategen
- Arten mit aggressiven und/oder Temperatur toleranten Larven.

Beispiele hierfür sind: *Ischnura elegans, I. pumilio, Lestes barbarus, Libellela depressa, Crocothemis erythraea, Anax imperator.* Dem gegenüber stehen die Verlierer, die folgenden Anspruchstypen zuzuordnen sind:

- Arten mit einer Vorliebe für niedrigere Temperaturen
- „Gebirgs-Arten“
- Lokal verbreitete / seltene Arten
- Arten oligotropher Gewässer
- Stenöke Arten
- Schlechte Flieger
- Langsame / lange Larvalentwicklung
- K - Strategen
- Arten mit „sensiblen“ und / oder Temperatur intoleranten Larven.

Beispiele hierfür sind: *Coenagrion hastulatum, Nehalennia speciosa, Somatochora arctica* und *S. alpestris, Aeshna subarctica, Leucorrhinia albifrons.*

Aufgrund dieser Entwicklungen wird es auch zu einer Verschiebung der Zusammensetzung des Artenspektrums der aktuell noch gültigen Roten Liste (OTT & PIPER 1998) kommen: viele der hier noch aufgeführten Arten mediterranen Ursprungs werden entfallen, einige sensible Arten dagegen werden hoch gestuft werden (OTT in Vorber.).

Letztendlich kann konstatiert werden, dass Libellen auf allen Ebenen (Art, Biozönose, Region, Landschaft) als Indikatoren für den Klimawandel angesehen werden können, dabei können sie sogar – da sie in der Regel früher und auch sehr schnell reagieren – als Frühwarnindikatoren angesehen werden.

Synergistische Effekte

In diesem Zusammenhang sind auch die weiteren Belastungen für die Umwelt und die natürlichen Ökosysteme zu nennen, die in aller Regel nicht abgenommen, sondern oft eher noch zugenommen haben.

Zu nennen sind hier:

- Gewässerversauerung (vgl. z. B. BÖHMER & RAHMANN 1992, ELLENBERG 1989; SOMMARUGA-WÖGRATH et al. 1997; Anmerkung: aktuelle Messungen des Autors zeigen, dass z. B. im Pfälzerwald das Problem der Versauerung immer noch massiv besteht)
- (Grund-)wasserentnahmen/Sinken der Wasserstände, Übernutzung der Wasserkörper (z. B. CLARKE & KING 2004)
- Fragmentierung der Biotope (infolge neuer Infrastrukturmaßnahmen und zunehmender Urbanisierung) (z. B. BfN 2005)
- Sukzession und Verluste von Offenlandbiotopen (infolge Nutzungsaufgabe)
- Nutzungsintensivierung in der Landschaft (z. B. Landwirtschaft, Anbau Energiepflanzen – Eintrag von Schadstoffen in Gewässerökosyteme)
- höhere Konzentrationen von Schadstoffen und Belastungen bei Fließgewässern (höhere Temperaturen, v. a. im Sommer, können in Kombination mit den Schad- und Nährstoffen zu Muschel- und Fischstreben führen, besonders an Flüssen, deren Wasser noch zu Kühlzwecken genutzt wird).

Alle diese hier genannten Faktoren können einzeln und in Kombination als Stressfaktor für die Ökosysteme und somit auch besonders für die sensiblen (stenöken) Libellenarten wirken.

Wie bereits früher ausgeführt, werden diese Stressfaktoren sicher noch weiter zunehmen (BfN 2005, UBA 2004, IPCC 2007), womit von einer weiteren Verschiebung des Arten- und Dominanzspektrums auszugehen ist und von einer weiteren Belastung der Lebensräume.

Zusammenfassung

In diesem Beitrag werden die bisherigen Untersuchungen des Autors zum Thema „Libellen und Klimawandel“ zusammenfassend dargestellt.

Zunächst wird dabei auf de Ausbreitung der Feuerlibelle (*Crocothemis erythraea*) in Deutschland eingegangen und anschließend aufgezeigt, dass diese stellvertretend für eine Vielzahl weiterer Arten mediterranen Ursprungs ist, die sich in den letzten Jahren ebenfalls in Deutschland ausgebreitet haben. Es kann hier nicht mehr von einer Oszillation, sondern von einem klaren Trend gesprochen werden.

Dies hat zu einer Verschiebung innerhalb von Regionalfaunen geführt, wobei hier eine deutliche Mediterranisierung festzustellen ist. Als hauptsächliche Ursache hierfür kann die Temperaturzunahme identifiziert werden.

Diese Entwicklung hat aber auch negative Folgen, denn besonders sensible und stenöke Arten – hier sind von allem Moorarten, alpine Arten und Quellbewohner zu nennen – leiden unter dieser Entwicklung und werden in Zukunft sicher noch stärker davon negativ betroffen sein. Libellen können sowohl als generelle Indikatoren für eine Verschiebung des Artenspektrums von Biozönosen angesehen werden, da sie für viele andere taxonomische Gruppen repräsentativ sind als auch als Qualitätsindiktoren für das Zielartenspektrum intakter Schutzgebiete. Ihr Verlust ist gleichbedeutend mit einer allgemeinen Entwertung dieser Schutzgebiete und auch dem Verlust der Kohärenz des Systems NATURA 2000.

Danksagung

Die Erstellung des Beitrages wurde im Zuge des EU-ALARM-Projektes (www.alarmproject.net) - Fördercode: GOCE-CT-2003-506675 gefördert.

Literatur

ARAÚJO, M. B., CABEZAS, M., THUILLER, W., HANNAH, L., & WILLIAMS, P. H. (2004): Would climate change drive species out of reserves? An assessment of existing reserve-selection methods. – Global Change Biology 10, 1618-1626.

BFN (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ) (2005): Daten zur Natur 2004. Bonn-Bad Godesberg. 474 S.

BÖHMER, J., & RAHMANN, H. (1992): Gewässerversauerung. ecomed Verlag, Landsberg am Lech.

BOLLOW, C. (1919): *Crocothemis erythraea* BRULLÉ in der Mark. Deutsche Entomologische Zeitschrift, 191.

CLARKE, R., & KING, J. (2004): The Atlas of Water. Earthscan, London. 127 S.

DAWSON, T. P., BERRY, P., & KAMPA, E. (2003): Climate change impacts on freshwater wetland habitats. – Journal for Nature Conservation 11, 25-30.

DOW, K., DOWNING, & T. E. (2006): The Atlas of Climate Change – Mapping The World`s greatest Challenge. Earthscan, London

ELLENBERG, H. (1989): Eutrophierung - das gravierendste Problem im Naturschutz?. - NNA-Ber 2/1, 4-13.

GATES, D. M. (1993): Climate Change and its Biological Consequences. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.

ITZEROTT, H. (1965): Die Verbreitung und Herkunft der Pfälzer Großlibellen. – Mitt. Poll. 12, 164-168.

IPCC (2007): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [SOLOMON, S., D. QIN, M. MANNING, Z. CHEN, M. MARQUIS, K. B. AVERYT, M. TIGNOR AND H. L. MILLER (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.

JURZITZA, G. (1978): Unsere Libellen - Die Arten Mitteleuropas. Kosmos, Stuttgart.

LOVEJOY, T. E., & HANNAH, L. [Hrsg.] (2005): Climate change and Biodiversity. New Haven & London. 418 S.

MCKINNEY, M. L., & LOCKWOOD, J. L. (1999): Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass extinction. – Trends in Ecology and Evolution 14, 450-453.

NIEHUIS, M. (1984): Verbreitung und Vorkommen der Libellen (*Insecta: Odonata*) im Regierungsbezirk Rheinhessen-Pfalz und im Nahetal. – Naturschutz und Ornithologie in Rheinland-Pfalz 3 (1), 1-203.

OTT, J. (1988): Beiträge zur Biologie und zum Status von *Crocothemis erythraea* (BRULLÉ, 1832). Libellula 7 (1/2), 1-25.

OTT, J., (1996): Zeigt die Ausbreitung der Feuerlibelle *Crocothemis erythraea* BRULLÉ in Deutschland eine Klimaveränderung an?. Naturschutz und Landschaftsplanung 2/96, 53-61.

OTT, J., (2000): Die Ausbreitung mediterraner Libellenarten in Deutschland und Europa. NNA-Berichte 2/2000, 13-35.

OTT, J. (2001): Expansion of mediterranean Odonata in Germany and Europe – consequences of climatic changes - Adapted behaviour and shifting species ranges. S. 89-111 in: WALTER, G.-R. et al. (Eds.) (2001): „Fingerprints" of Climate Change. Kluwer Academic Publishers, New York et al.

OTT, J. (2005): Klimaänderung – auch ein Thema und Problem für den Biodiversitätsschutz im Grenzüberschreitenden Biosphärenreservat Vosges du Nord und Pfälzerwald? – Annales Scientifiques Res. Bios. Vosges du Nord-Pfälzerwald 12, 127-142.

OTT, J. (2006a): Die Südliche Binsenjungfer – *Lestes barbarus* (FABRICIUS, 1798) – erobert den Pfälzerwald (Insecta: Odonata: Lestidae). – Fauna und Flora in Rheinland-Pfalz 10 (4), 1315-1321.

OTT, J. (2006b): Die Arktische Smaragdlibelle – *Somatochlora arctica* (ZETTERSTEDT, 1840) in der Pfalz: übersehen oder kurz vor dem Aussterben? (Insecta: Odonata: Corduliidae). – Fauna und Flora in Rheinland-Pfalz 10 (4), 1323-1338.

OTT, J. (2007a): The expansion of *Crocothemis erythraea* (BRULLÉ, 1832) in Germany – an indicator of climatic changes. – In: TYAGI, B. K. (Ed.) (2007): Biology of dragonflies – Odonata, 201-222.

OTT, J. (2007b): Hat die Klimaänderung eine Auswirkung auf das Netz NATURA 2000? - Erste Ergebnisse aus Untersuchungen an Libellenzönosen dystropher Gewässer im Biosphärenreservat Pfälzerwald. – In: BALZER, S., DIETERICH, M., & BEINLICH, B. (Bearb.): Natura 2000 und Klimaänderungen. Tagungsband zur gleichnamigen Tagung vom 28.-31. August 2006 auf der Insel Vilm, 2007, 171 S. Heft 46, Naturschutz und Biologische Vielfalt, Landwirtschaftsverlag.

OTT, J. (2007c): The expansion of Mediterranean Dragonflies in Europe as an indicator of climatic changes – Effects on protected species and possible consequences for the NATURA 2000-Web. pp: 22-24. – In: Secretariat of the Convention of Biological Diversity (2007): Emerging Issues for Biodiversity Conservation in a Changing Climate, Montreal, Technical Series 29.

OTT, J. (2008a): Effects of climatic changes on dragonflies – results and recent observations in Europe. – In: OTT, J. (Ed.) (2008): Monitoring Climate Change with dragonflies, Pensoft Publishers (in prep.).

OTT, J. (2008b): Die Kleine Pechlibelle (*Ischnura pumilio*) (CHARPENTIER, 1825) in der Pfalz: ein Profiteur von Regenrückhaltebecken, Naturschutzgewässern und der Klimaänderung. – Mainzer Naturwissenschaftliches Archiv 46 (im Druck).

OTT, J., & PIPER, W. (1998): Rote Liste Libellen (Odonata). – In: BfN (ed.) 1998, Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands. Landwirtschaftsverlag, Bonn-Bad Godesberg.

OTT, J., SCHORR, M., TROCKUR, B., & LINGENFELDER, U. (2007): Artenschutzprogramm für die Gekielte Smaragdlibelle (*Oxygastra curtisii*, Insecta: Odonata) in Deutschland - das Beispiel der Population an der Our. Species Protection Programme for the Orange-spotted Emerald (*Oxygastra curtisii*, Insecta: Odonata) in Germany - the Example of the River Our Population. – Invertebrate Ecology and Conservation Monographs, volume 3, Pensoft Publishers, Sofia-Moscow, 130 S.

PARMESAN, C., & YOHE, G. (2003): A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. Nature vol. 421, 37-42

PETERS, R. L., & LOVEJOY, T. E., Eds. (1992): Global Warming and Biological Diversity. Yale Univ. Press, New Haven & London.

ROBERT, P.-A. (1959): Die Libellen. Kümmerly und Frey, Bern.

ROOT, T. L., PRICE, J. T., HALL, K. R., SCHNEIDER, S. H., ROSENZWEIG, C. & POUNDS, J. A. (2003): Fingerprints of global warming on wild animals and plants. – Nature 421, 57-60.

SCHIEMENZ, H. (1953): Die Libellen unserer Heimat. Urania-Verlag, Jena.

SCHMIDT, B. (2005): Erste Beobachtungen von *Boyeria irene* am Bodensee (Odonata: Aeshnidae). – Libellula 24 (1/2), 31-37.

SEDLAG, U. (1995): Tiergeographie. Urania Tierreich, Leipzig, Jena, Berlin.

SLFA (Staatliche Lehr- und Forschungsanstalt für Weinbau), 1960-1996, Datensätze zum Klima. Neustadt-Mußbach.

SOMMARUGA-WÖGRATH, S., KOINIG, K. A, SCHMIDT, R., SOMMARUGA, R., TESSADRI, R., & PSENNER, R. (1997):

Temperature effects on the acidity of remote alpine lakes. – Nature 387, 64-67.

ST. QUENTIN, D. (1960): Die Odonatenfauna Europas, ihre Zusammensetzung und Herkunft. – Zool. Jb. Syst. Ökol. Geograph. Tiere 87 (4/5), 301-316.

SSYMANK, A., HAUKE, U., RÜCKRIEM, C., & SCHRÖDER, E. (1998): Das europäische Schutzgebietessystem NATURA 2000. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz. H. 53. Bonn-Bad Godesberg. 558 S.

THOMAS, C. D., CAMERON, A., GREEN, R. E., BAKKENES, M., BEAUMONT, L., COLLINGHAM, Y. C., ERASMUS, B. F. N., FERREIRA DE SIQUEIRA, M., GRAINGER, R A., HANNAH, L., HUGHES, L., HUNTLEY, B., VAN JAARSFELD, A. S., MIDLEY, G. F., MILES, L., ORTEGA-HUERTA, M. A., PETERSON, A. T., PHILLIPS, O. L., WILLIAMS, S. E. (2004): Extinction risk from climate change. – Nature 427, 145-148

TROCKUR, B., J.-P. BOUDOT, V. FICHEFET, P. GOFFART, J. OTT, & PROESS, R. (in Vorb.): Atlas der Libellen - Atlas des libellules (Insecta, Odonata), Fauna und Flora in der Großregion - Faune et Flore dans la Grande Région, Band 1.

UBA [UMWELTBUNDESAMT] (2007): Hintergrundpapier "Neue Ergebnisse zu regionalen Klimaveränderungen", Dessau, 27 pp.

WALTHER,G.-R., POST, E., CONVEY, P., MENZEL, A., PARMESAN, C., BEEBEE, T. J. C., FROMENTIN, J.-M., HOEGH-GULDBERG, O., BAIRLEIN, F. (2002): Ecological responses to recent climate change. –Nature 416, 389-395.

Anschrift des Verfassers
Dr. JÜRGEN OTT, L.U.P.O.GmbH, Friedhofstrasse 28, D-67705 Trippstadt
E-Mail: L.U.P.O.GmbH@t-online.de