

Technikbedingte genetische und lernabhängige Anpassungsprozesse bei Tieren

Die komplexe Themenstellung an sich sowie der unterschiedliche Zugang von Lesern aus verschiedensten Fachrichtungen zu diesem Thema verlangt vorerst nach einer eindeutigen Begriffsdefinition, um etwaigen Mißverständnissen bezüglich divergierender Auffassungen vorzubeugen. Deshalb seien diese Definitionen einleitend vor die weiteren Ausführungen gestellt.

Technik:

Technik i. e. S. bezeichnet die Menge der industriell (z. T. auch handwerklich) produzierten, also künstlichen, materiellen Gebilde (Werkzeuge, Maschinen Apparate, Bauwerke u.a.), (Brockhaus, 1993).

In unserem Fall soll technikbedingt als möglichst weit gefaßt verstanden werden. Das heißt, daß alle anthropogen geschaffenen Objekte, eventuell auch Tätigkeiten, als Technik bezeichnet werden (der Mensch ist Technik an sich). Zu diesem Thema auswertbare Beispiele findet man hauptsächlich im städtischen Bereich, unter anderem deshalb, weil Städte diesbezüglich besser auf Flora und Fauna untersucht sind als andere technische Objekte. Außerdem gibt es in der Stadt vielfach Strukturen, die von den einzelnen Arten genutzt werden können.

Genetische Anpassungsprozesse:

Um diese erkennen zu können, muß vorerst definiert werden, was unter angeboren (genetisch fixiert) bzw. unter angeborenen Auslösemechanismen zu verstehen ist.

angeboren:

bedeutet in der Biologie auf genetische Informationen zurückgehend, im Gegensatz zu auf Informationen zurückgehend, die im individuellen Leben eines Organismus einwirkte. Angeborene Merkmale beruhen auf stammesgeschichtlich entstandener, erworbene Merkmale auf lebensgeschichtlich entstandener Information (Phylogenese, Onthogenese). Diese Definition ist

besonders im Fall des angeborenen Verhaltens zu beachten, da stammesgeschichtlich entwickeltes Verhalten keineswegs bereits zur Geburt vorhanden sein muß. So ist z.B. das Balzverhalten weitgehend angeboren im Sinne von erfahrungsunabhängig, es wird jedoch nur von erwachsenen Tieren gezeigt (Herder, 1994).

Instinkthandlung:

ist ein angeborener Mechanismus der Verhaltenssteuerung, welcher durch Schlüsselreize über einen angeborenen auslösenden Mechanismus ausgelöst werden kann und sich in einer geordneten Folge von Erbkoordinationen äußert (Herder, 1994).

Erbkoordination:

Im Verhalten eines Tieres trifft man auf wiedererkennbare, mithin formkonstante Bewegungen, die vom Tier nicht erst gelernt werden müssen und die, so wie körperliche Merkmale, Kennzeichen der Art sind. Es handelt sich gewissermaßen um angeborenes Können (Herder, 1994).

Angeborener Auslösender Mechanismus (AAM):

Unter dem AAM ist ein informationsverarbeitendes Teilsystem („Reizfilter“) des zentralen Nervensystems zu verstehen, das angeborenermaßen dazu imstande ist, bestimmte Reizkonstellationen als Auslöser zu erkennen und auf ihr Auftreten hin die adäquaten Verhaltensweisen zu aktivieren (Herder, 1994). Versuche von Ethologen zeigen, daß viele Tiere bereits vor individueller Erfahrung mit einer bestimmten Reizsituation in der Lage sind, auf solche eignungsgemäß zu antworten. Es müssen ihnen demnach als stammesgeschichtliche Anpassungen Apparaturen angeboren sein, die so konstruiert sind, daß sie nur beim Eintreffen ganz bestimmter Reize bestimmte Verhaltensweisen freigeben. Den Mechanismus, der solche Leistungen vollbringt nennt man den angeborenen Auslösemechanismus. Zur Veranschaulichung seiner Wirkungsweise zog Lorenz oft die Schloß-Schlüssel-Analogie heran. Er spricht auch von „Schlüsselreizen“, die auf das Schloß – den angeborenen Auslösemechanismus – passen.

Nähere Information zu diesen Ausführungen können den Grundrissen der Vergleichenden Verhaltensforschung von I. Eibl-Eibesfeld (1987) und K. Lorenz (1978) entnommen werden.

Genetische Variabilität ermöglicht einer Art die Anpassung an veränderte Umweltbedingungen mittels natürlicher Auslese. Wenn sich die Umweltbedingungen wandeln, werden Individuen mit genetischen Merkmalen, die

der neuen Umwelt am besten angepaßt sind, eher überleben können. Arten mit großen Populationen und genetisch großer Spannweite haben bessere Chancen Umweltveränderungen zu überdauern.

Tiere deren Verhalten von vornherein durch stammesgeschichtliche Anpassungen in Form von Erbkoordinationen und AAM festgelegt ist, haben zweifellos den Vorteil, daß sie nicht erst durch risikobehaftetes zeitraubendes Lernen die Angepaßtheit erwerben müssen. Anpassungen dieser Art sind vorteilhaft, wenn die Umweltsituation, auf die diese Anpassungen zugeformt sind, kaum variiert. Je variabler die Umwelt ist, desto weniger genau kann das Verhalten als Anpassung vorgezeichnet sein.

Stenöke Formen können es sich leisten, als „Schienenfahrzeuge“ auf vorgezeichneten Geleisen zu fahren. Euryöke sind dagegen geradezu auf adaptive Modifikabilität des Verhaltens spezialisiert. Sie sind Spezialisten auf unspezialisiert sein (Lorenz, K. 1959).

genetische Flexibilität:

ist die Fähigkeit eines Genotyps sich ändernden Umweltbedingungen im Verlauf mehrerer Generationen durch Selektion genetisch anzupassen (Herder, 1994).

Lernen

Im täglichen Sprachgebrauch versteht man unter Lernen den Erwerb neuer Fähigkeiten und Kenntnisse.

Lernen ist im weitesten Sinne als eine adaptive Modifikation des Verhaltens definiert (Lorenz, K. 1969), als eine Verbesserung in der „Maschinerie“ des sensorischen und neuralen Apparates, deren Funktion das Verhalten ist. In der Phylogenese geschieht dies mittels der Versuchs- und Erfolgsmethoden von Erbänderungen und Selektion, in der Ontogenese durch lernen (Lorenz, K. 1978).

Unter Lernen versteht man die Veränderung der Verhaltenssteuerung aufgrund individueller Erfahrung. Lernen besteht in der selektiven Aufnahme von Information aus der Umwelt in den Speicher des Zentralnervensystems, wodurch dessen Funktionen verändert werden. Es dient der individuellen Anpassung des Verhaltens an die Erfordernisse der Umwelt und bildet in diesem Sinne neben der stammesgeschichtlichen Anpassung den zweiten, wesentlichen Einfluß auf tierische Verhaltensmerkmale (Herder, 1994).

Prägung

bezeichnet Lernvorgänge mit folgenden Merkmalen: Beschränkung der Lernfähigkeit auf eine begrenzte sensible Phase; relative Unwiderufflichkeit des Lernergebnisses; Verhaltensstörungen beim ungenutzten Verstreichen der sensiblen Phase (Herder, 1994).

Fügt man nun die aufgelisteten Definitionen zu einem Ganzen und überlegt sich in diesem Zusammenhang das gestellte Thema noch einmal, so erkennt man, daß ein Großteil der technisch bedingten Anpassungen im Tierreich weder auf genetischen noch auf lernabhängigen Veränderungen beruht, sondern meist auf Grund weit gefaßter genetischer Fixierung strukturbedingt ist.

Da die Technik als solche in stammesgeschichtlichen Dimensionen einen relativ kurzen Zeitraum einnimmt, sind genetische Änderungen bei höheren Tieren rein zeitlich kaum möglich. Die niederen Tiere mit schnellem Generationswechsel stellen keine so spezifischen Ansprüche an ihre Umwelt. Verhaltensänderungen wiederum sind überhaupt nur bei höher entwickelten Individuen zu erwarten.

Die meisten Anpassungen an technische Objekte beruhen in Folge dessen auf dem Faktum, daß jene den natürlichen Verhältnissen entsprechen.

Technische Umweltsituationen, welche oft vereinfachte Schemata darstellen, können demnach (genauso wie zum Beispiel Sperr-Reaktionen von Vögeln oder Kindchenschema) von den Tieren entsprechende Instinktbe-
wegungen auslösen.

Zum besseren Verständnis sollen im folgenden einige der zahlreichen Beispiele erläutert werden, die weder genetische noch lernabhängige Prozesse darstellen, sondern strukturabhängige Anpassungen an die technische Umwelt sind.

Wie schon eingangs erwähnt bieten sich technische Strukturen im städtischen Raum besonders an. In diesem Fall kommt als Lockmittel für die einzelnen Arten noch hinzu, daß Städte als Wärmeinseln für viele Lebewesen bessere Lebensbedingungen bieten. Mediterranen Arten wird das Vordringen in weiter nördlich gelegene Gebiete ermöglicht, was besonders bei den Insekten zu bemerkenswerten Funden führen kann. Weiters können natürlich das für alle Arten in ausreichendem Maße vorhandene Futter, sowie der geringe Feinddruck, vor allem für Vögel angeführt werden.

Bauwerke sind in ihrer äußeren Oberflächenstruktur mit Felsen vergleichbar und bieten für manche Arten, die ursprünglich in Felsengebieten vor-

kommen, geeignete Lebensbedingungen durch Substrat, Spalträume, Löcher, Nahrungsangebot und Mikroklima.

In den Städten lassen sich einige Tierarten nachweisen, die dem Epilithion (Stein-, Felsenlebensraum) entstammen. Mitunter bilden sie sogar viel größere Populationen als in den ursprünglichen Habitaten. Die große Abundanz einiger Arten kann vielleicht mit dem durch die Jahrhundertwende währenden Stadtwachstum, das eine immer größer werdende Umweltkapazität bedingte, erklärt werden und wird außerdem noch durch eine gewisse Armut an konkurrierenden bzw. konsumierenden Gegenspielern begünstigt.

Charakterarten der Vogelgemeinschaften künstlicher Strukturen wären zum Beispiel Turmfalke, Dohle, Mauersegler, Hausrotschwanz, Bachstelze, Rauchschnalbe, Mehlschnalbe oder Haussperling.

Der **Hausrotschwanz** (*Phoenicurus ochruros*) nutzt z.B. Fernsehantennen gerne als Singwarten. **Mauersegler** (*Apus apus*) und **Schnalben** nutzen Hauswände zum Brüten und Leitungen als Sitzwarten. Auf die ebenfalls an Hauswänden brütenden Arten *Turmfalke* und *Haustaube* wird im folgenden noch näher eingegangen.

Der **Haussperling** (*Passer domesticus*) als typischer Ubiquist – er ist Allesfresser und flexibel bei der Auswahl seiner Nistplätze – ist so wie z.B. auch Elstern oder Krähen durch eine hohe ökologische Amplitude gekennzeichnet und siedelte daher erfolgreich in Städte um. Ihm ist es egal ob er in einer „schönen Umgebung“ oder in einer Mauerhöhhlung mitten im Siedlungsgebiet brütet.

Dohlen (*Corvus monedula*) nutzen neben technischen Strukturen in den Städten auch die Schaufeln der Ölpumpen im Marchfeld als Brutstätte.

Um sich nicht nur auf Beispiele aus dem Vogelbereich und den Städten zu beschränken, und zu zeigen, daß diese rein strukturabhängigen Anpassungen sich durch das ganze Tierreich ziehen, soll noch auf zwei Bereiche unter Wasser hingewiesen werden.

Im Meer werden die Wracks gesunkener Schiffe von den unterschiedlichsten Arten als Riffersatz angenommen. Oft kann man an solchen technischen Ablagerungen im Meer die schönsten Lebewesen finden.

Unter den Insektenlarven, deren Lebensraum der Gewässergrund darstellt, dem sogenannten Makrozoobenthos, gibt es z.B. die **Kriebelmücken** (*Simuliidae*), welche sich mit dem Hinterleib an Strukturen ansaugen und mit einem Haarbüschelkranz am Kopf Nahrung filtrieren. Ihnen ist es einerlei,

ob dieses Substrat, auf dem sie sich ihr Leben lang festsaugen Holz, Fels, eine künstliche Uferbefestigung oder ein alter Autoreifen ist.

Man könnte diese Liste beliebig lange fortsetzen. Da dies aber nicht den eigentlichen Gegenstand des Themas darstellt sollen anschließend noch einige Beispiele für technikbedingte genetische und lernabhängige Anpassungsprozesse näher betrachtet werden.

1. Genetische Anpassungen

Eines der bekanntesten Beispiele, welches von *H. Kettlewell* bereits im Jahr 1961 beschrieben wurde, ist der sogenannte Industriemelanismus bei Schmetterlingen (*Lepidoptera*) konkret beim **Birkenspanner** (*Biston betularia*).

Beim **Birkenspanner**, der über große Teile Europas verbreitet ist, treten in vielen lokalen Populationen neben den weiß-schwarzen *typica*-Formen auch melanistische Formen auf, von denen die Formen *carbonaria* und *insularis* die wichtigsten sind. Die Abb. 1 zeigt die Häufigkeitsverteilung dieser drei Formen in Wildpopulationen in Großbritannien für die Zeit um 1950–1960. Man erkennt, daß die dunklen Abarten in den Industriegebieten, die hellen in ländlichen Gebieten häufiger sind. Die genetische Analyse ergab monogen bedingte Erblichkeit bei Dominanz der dunklen Formen. Außerdem findet man in älteren Insektensammlungen aus der Mitte des vorigen Jahrhunderts nur die Form *typica*; erst allmählich mit zunehmender Industrialisierung nehmen die dunklen Formen an Häufigkeit zu. Die Ursache ist vermutlich positive Selektion.

Da in den Industriegebieten die sehr empfindlichen Baumflechten verschwunden sind, ist das ursprüngliche Tarnmuster der weiß-schwarzgesprenkelten Form *typica* dort wirkungslos geworden. Die schwarze Form hingegen erreicht einen Selektionsvorteil, so daß in den Populationen je nach Stärke der Industrialisierung des Wohngebietes Gensubstitution eingetreten ist.

Die als Industriemelanismus bekannte Mutante breitete sich aus und ist mancherorts häufiger als die Ausgangsform.

Im Abschnitt über strukturabhängige Anpassungen wurde bereits auf die **Haustaube** (*Columba livia*) hingewiesen, die hier näher betrachtet werden soll.

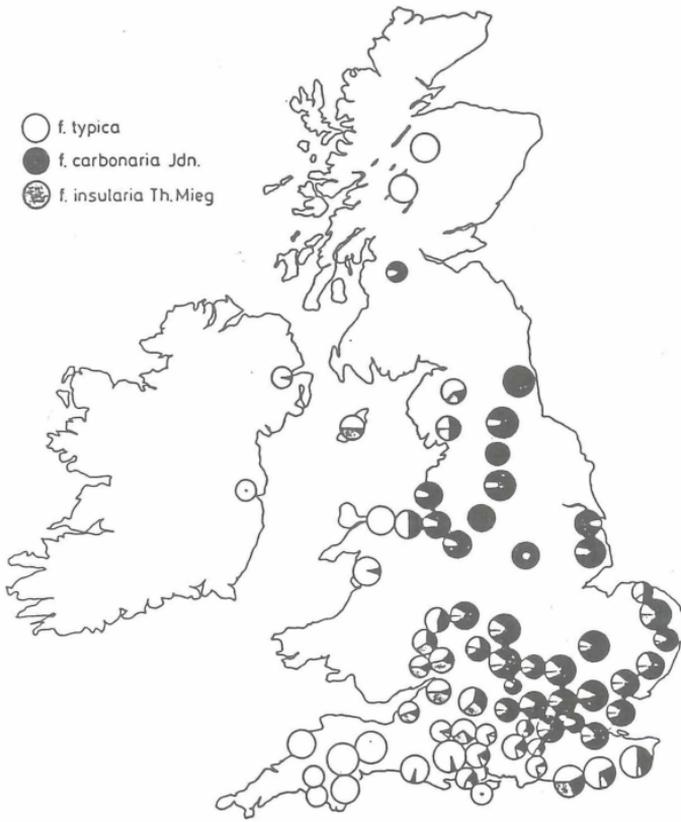


Abb. 1: Zeichnungspolymorphismus beim Birkenspanner *Biston betularia* in Großbritannien (aus Kettlewell, H.B.D. 1985).

Die verwilderten Haustauben stammen ursprünglich von den Felsentauben (*Columba livia*) ab, welche in Höhlen und Spalten an Klippen brüten. In ihrem neuen Biotop, den Stadtzentren bevorzugen sie Gebäude, die im gotischen oder viktorianischem Stil errichtet wurden. An diesen Gebäuden lassen sich ausreichend Simse als Ruheplätze finden, und verlassene Speicher bieten genügend verborgene Nistplätze. Die Vögel werden zum Teil durch die Bevölkerung gefüttert.

Im Vergleich zu wilden Felsentauben sind die meisten verwilderten Haustauben deutlich weniger muskulös. Sie besitzen einen größeren Bart und kräftigeren Schnabel, was eine genetische Anpassung an die geänderten Nahrungsverhältnisse sein könnte. Sie weisen auch eine andere Schulter-

form als ihre Vorfahren auf. Des weiteren sind sie recht zutraulich, wobei unbekannt ist, ob es sich dabei um eine genetisch bedingte Eigenschaft handelt (Gilbert, 1994).

Ein Vogel, der noch bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts in Europa ausschließlich geschlossene Wälder und Feldgehölze bewohnte, ist die Amsel (*Turdus merula*). Erste Stadtbruten wurden 1830 aus Bamberg und 1850 aus Stuttgart gemeldet. Zuerst drang sie in Gärten mit dichtem Gebüsch am Stadtrand ein und wurde von Westen nach Osten und Norden zunehmend synanthrop.

Heute ist die Amsel ein charakteristischer Stadtvogel. Sie bevorzugt zwar bewaldete Lebensräume wie Parks oder Friedhöfe als Bruthabitat, brütet aber auch an ausgefallene Standorten, wie z.B. auf großen Bahnhöfen und nutzt anthropogene Strukturen (technophile Nistplätze).

Mittlerweile unterscheiden sich Waldamsel und Stadtamsel recht deutlich (Grimm, H. 1969; Klausnitzer, B. 1988):

- In der Stadt liegt der Beginn des Vogelsangs erheblich eher.
- Winterbruten kommen vor. Man findet jährlich drei Bruten im Gegensatz zu zwei im Freiland. Der Legebeginn und die Brutzeit liegen bedingt durch den höheren Anteil an Standvögeln und die künstliche Zusatzbeleuchtung ebenfalls deutlich früher.
- Die Stadtamseln weisen einen wesentlich höheren Anteil an Standvögeln auf als die Waldamseln. Bei den Waldamseln wandern im allgemeinen zwei Drittel. Die Stadtamseln sind im allgemeinen sesshaft.

In diesem Abschnitt könnte man auch noch näher auf die Insektizidresistenz von z.B. Ratten oder vielen Insekten eingehen. Es ist aber fraglich ob diese Anpassung an chemische Auslöser, unter dem Überbegriff Technik abgehandelt werden kann. Deshalb wird sie hier nur am Rande und der Vollständigkeit halber erwähnt.

2. Lernabhängige Anpassungen

Als ursprünglich wenigstens teilweise Felsenbrüter bieten vor allem höhere Gebäude in historischen Stadtkernen dem Turmfalken (*Falco tinnunculus*) geeignete Bruthabitate, so daß sich städtische Populationen bilden konnten. Heute sind die Turmfalken auf den Geländern und Simsens größerer Gebäude genauso heimisch wie an den Kanten natürlicher Klippen. Sie bauen ihre

Nester auf Kirchtürmen, hohen Wohnblöcken, Fabrikdächern, Gasbehältern, Kränen oder auch auf Hochspannungsleitungen (Klausnitzer, B. 1988; Gilbert, O.L. 1989).

Man findet insofern eine verhaltensbedingte Anpassung, als eine Verschiebung ihrer Nahrungsgewohnheiten von Wühlmäusen und Insekten hin zu kleinen Sperlingsvögeln zu beobachten ist. Diese Tiere fangen sie nicht wie im Freiland üblich im typischen Rüttelflug, sondern sie fliegen über die Dächer, um nach Beutetieren zu jagen (Gilbert, O.L. 1989).

Ein weiteres Beispiel, welches einmal nicht aus dem Bereich der Vögel kommt, wäre die Grabwespe (*Ectemnius sexcinctus*) als Bewohner von Kunststoff-Blumenkästen (Peters, D.S. 1971).

Kunststoff-Hartschaum findet heute vielerlei Verwendung. Man kennt ihn in Form von großen Platten oder Schall- und Wärmedämmung beim Häuserbau, als stoßdämpfendes Verpackungsmaterial für empfindliche Geräte oder eben wie in diesem Fall als leichten und doch stabilen Blumenkasten, der die früher üblichen Holzkästen von den Fenstern und Balkonen größtenteils verdrängt hat.

Selbst wenn man um die verblüffenden Anpassungsfähigkeiten vieler Insekten bescheid weiß, ist es bemerkenswert, daß bisher mehr als ein Dutzend Arten bekannt sind, die auch in Hartschaum bohren und nageln.

Die angesprochene Grabwespe legt ihre Nester normalerweise in verwittertem morschem Holz an, oft recht hoch über dem Erdboden. Hartschaum scheint den Wespen als Holzersatz aber vollauf zu genügen. Seine Härte und Konsistenz ähneln ja wohl auch den entsprechenden Eigenschaften morschen Holzes.

Die Weibchen der Wespen beginnen den Nestbau an den Abfluß- und Lüftungslöchern im Boden der Kunststoffkästen. Das fertige Nest kann dann schließlich große Teile der Blumenkästen einnehmen.

Es stellt sich nun die Frage, auf welche Weise der Hartschaum zum Ersatzplatz der Wespen wurde. Theoretisch bieten sich drei Erklärungen an:

1. Es könnte sein, daß der Hartschaum reibungslos in das den Weibchen angeborene Schema des Nistplatzes fällt, das heißt, daß es jedem Grabwespen-Weibchen völlig gleichgültig ist, ob es bei der Suche nach einem „Bauplatz“ zufällig auf Holz oder auf Kunststoff-Hartschaum trifft. In diesem Fall hätten wir es wieder mit einer reinen strukturbedingten Anpassung zu tun.

2. Als zweite Möglichkeit könnte es sein, daß die Wespen von sich aus zwar morsches Holz bevorzugen, dort aber, wo dieses fehlt, mit Hartschaum als Notbehelf vorlieb nehmen.
3. Die dritte Erklärungsmöglichkeit scheint nicht die unwahrscheinlichste zu sein. Man müßte voraussetzen, daß ein Wespen-Weibchen durch seinen Geburtsort für die spätere Nistplatzsuche geprägt wird und nur in sehr seltenen Fällen von dieser Prägung abweicht. Mit anderen Worten: In Holz aufgewachsene Wespen werden später danach trachten, selbst wieder in Holz zu bauen. Nur in Notfällen würden sie auch anderes Material annehmen. Die in diesen „Notnestern“ groß gewordenen Wespen aber werden nun ihrerseits geprägt sein und eine Vorliebe für Kunststoff bekunden und damit eine Ausnahme zur „Tradition“ werden lassen. (Peters, D.S. 1971).

Leider ist diese dritte Variante bisher nur eine Annahme, die jedoch nicht gewissen Grundlagen entbehrt. Es müßten aber noch Zuchtversuche durchgeführt werden, und man müßte die Verbreitungsschemen der bisher bekannten in Kunststoff nistenden Arten genauer untersuchen.

Zum Schluß soll noch über ein Beispiel aus der eigenen Praxis berichtet werden. Das OTTO KOENIG Institut, Abteilung Donau der Forschungsgemeinschaft Wilhelminenberg, beschäftigt sich mittlerweile schon seit über einem Jahrzehnt mit der Ökologie und Ethologie des Kormorans (*Phalacrocorax carbo*). Im Zusammenhang mit dem gestellten Thema zeigten unsere langjährigen Untersuchungen, daß die Bereiche direkt unterhalb von Laufkraftwerken vermehrt von den Kormoranen zum Nahrungserwerb genutzt werden.

Durch die Errichtung von Kraftwerken kommt es unter anderem zu den bekannten Effekten der Verlangsamung der Strömungsgeschwindigkeit. Das heißt das Fließgewässer entwickelt sich hin zu einem stehenden Gewässer. Das bedingt auch eine Änderung der Substratverhältnisse und damit auch eine Veränderung der Fischartenzusammensetzung. Im Bereich unter den Kraftwerken kommt es einerseits zu einer Ansammlung von Fischen, deren Tendenz zur Aufwärtswanderung durch die Staumauer gebremst wird, andererseits sammeln sich dort auch jene teilweise stark lädierten Fische, welche die Turbinen von oben nach unten passiert haben. Der Kormoran (*Phalacrocorax carbo*) hat offensichtlich das konzentrierte Überangebot an Nahrung erkannt und weiß dieses auch zu nutzen.

Abschließend soll noch darauf hingewiesen werden, daß bei weitem nicht alle Tierarten dazu imstande sind, sich mit der Technik zu arrangieren.

Man denke nur an die vielen Unfallopfer, die man am Straßenrand entdecken kann, allen voran Igel und die Amphibien, während der Laichzeit, oder an die unzähligen Lichtfallen, die im Siedlungsbereich auf die unterschiedlichsten Insekten warten.

Literatur

- BROCKHAUS-ENZYKLOPÄDIE (1993): 18. Aufl. Bd. 21; F. A. Brockhaus GmbH, Mannheim.
- EIBL-EIBESFELDT, I. (1987): Grundriß der vergleichenden Verhaltensforschung; R. Piper GmbH & Co. KG, München.
- GILBERT, O. L. (1989): Städtische Ökosysteme. Neumann Verlag GmbH.
- GRIMM, H. (1969): Die Vogelwelt der Großstadt und der Industrielandschaft. Falke 16, S. 41–49.
- GUTTMANN, G. (1990): Lernen: Die wunderbare Fähigkeit, geistige und körperliche Funktionen verändern zu können.
- KETTLEWELL, H. B. D. (1961): The Phenomenon of Industrial Melanism in Lepidoptera. Annual Review of Entomology, Vol. 6, S. 245–263.
- KLAUSNITZER, B. (1988): Verstädterung von Tieren.
- KLAUSNITZER, B. (1993): Ökologie der Großstadtf fauna.
- LORENZ, K. (1959): Psychologie und Stammesgeschichte. In: Heberer, G. (Hg.): Evolution der Organismen. Stuttgart (Fischer).
- LORENZ, K. (1978): Vergleichende Verhaltensforschung: Grundlagen der Ethologie; Springer Verlag.
- PETERS, D. S. (1971): Die Grabwespe *Ectemnius sexcinctus* als Bewohner von Kunststoffblumenkästen. Natur und Museum, Bericht der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft; Frankfurt 1971, Bd. 101, S. 26–45.
- SAUERMOST, R. (Hg.), (1994): Herder-Lexikon der Biologie; Spektrum Akademischer Verlag GmbH, Heidelberg.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Matreier Gespräche - Schriftenreihe der Forschungsgemeinschaft Wilheminenberg](#)

Jahr/Year: 1996

Band/Volume: [1996b](#)

Autor(en)/Author(s): Trauttmansdorff Josef

Artikel/Article: [Technikbedingte genetische und lernabhängige Anpassungsprozesse bei Tieren 117-127](#)