

HANS-JOACHIM LÜHMANN/KARL HEINZ KREEB/FRANK EBERHARD SCHOLZ

Einsatz und Verwendung von Bioindikatoren in der Stadtplanung am Beispiel von Esslingen am Neckar

Kurzfassung

Im folgenden wird am Beispiel des 1989 herausgegebenen "Umweltatlas Esslingen" (1) der Einsatz von verschiedenen Bioindikationsverfahren, sowohl passives als auch aktives Monitoring, in Esslingen am Neckar dargestellt. Neben flächendeckenden Kartierungen zur Einschätzung der Gesamtsituation wird auch auf gezielte Problemstellungen mit speziellen Bioindikationsverfahren eingegangen und werden für die Stadtplanung relevante Auswertungen aufgezeigt.

1. Einleitung

1.1 Bioindikation

Die Herausarbeitung von exakten Dosis-Wirkungs-Beziehungen in Bioindikationsuntersuchungen erweist sich immer mehr als problematisch, weil biologische Indikationsverfahren – ökologisch gesehen – durch die dem lebenden Material eigene Integrationscharakteristik im Hinblick auf die diversen toxischen Einflüsse, deren zeitliche Variation und flächendeckende Darstellungsmöglichkeit nur eine summarische, zeitlich integrierende Kennzeichnung der Schadwirkungen erlauben (2), spezifische Reaktionen schwer abzusichern und komplexe Kombinationswirkungen die Regel sind (3). Eindeutige Korrelationen zwischen Belastungsfaktor und Effekt (physiologische Reaktion des Organismus) sind nur im Laborexperiment bei singulärer Schadstoffapplikation unter kontrollierten Bedingungen (z.B. Begasungsexperimente) zu erwarten. Die Frage einer eindeutigen Dosis-Wirkungs-Beziehung wird aber sogleich problematisch, wenn mit Kombinationswirkungen mehrerer Einflüsse zu rechnen ist, die zudem auch noch antagonistische oder synergistische Wirkungsweisen erwarten lassen (4). Alle Bioindikationsverfahren haben gemeinsam, daß oft die biologisch bedingte Streuung sehr groß ist und dementsprechend manchmal nur nicht-signifikante Tendenzaussagen abzuleiten sind.

Voraussetzung für die Vergleichbarkeit von Bioindikationsverfahren ist die Standardisierung der Verfahren (5). Die Standardisierung der Bioindikation wird sich daher in Zukunft mit der Auswahl einer Reihe von Methoden befassen müssen, die geeignet sind, Früherkennung von Streß und Langzeitwirkungen auf den verschiedenen Organisationsstufen zu signalisieren, und zwar im Sinne der Kombinationswirkung mehrerer Faktoren (6). Die Erarbeitung solcher Kombinationswirkungen setzt eine Vielzahl von Einzelergebnissen voraus, die über unterschiedlichste methodische Ansätze gewonnen werden, die sich z.T. aber eher verwirrend als hilfreich auswirken. Sie sind jedoch Voraussetzung einer kritischen Bioindikation, wenn diese auf das ökologische Grundprinzip der vernetzten Wirkung aller Stressoren, natürlicher wie anthropogener, im Sinne von Kombinationseffekten Rücksicht nehmen will (7). Modellüberlegungen, die inzwischen in mehrfacher Hinsicht angestellt wurden (8), bieten in Zukunft weitere Hilfe

für Auswertungen von Kombinationseffekten, d.h. von Realbelastungen.

1.2 Bioindikation in der Stadtplanung

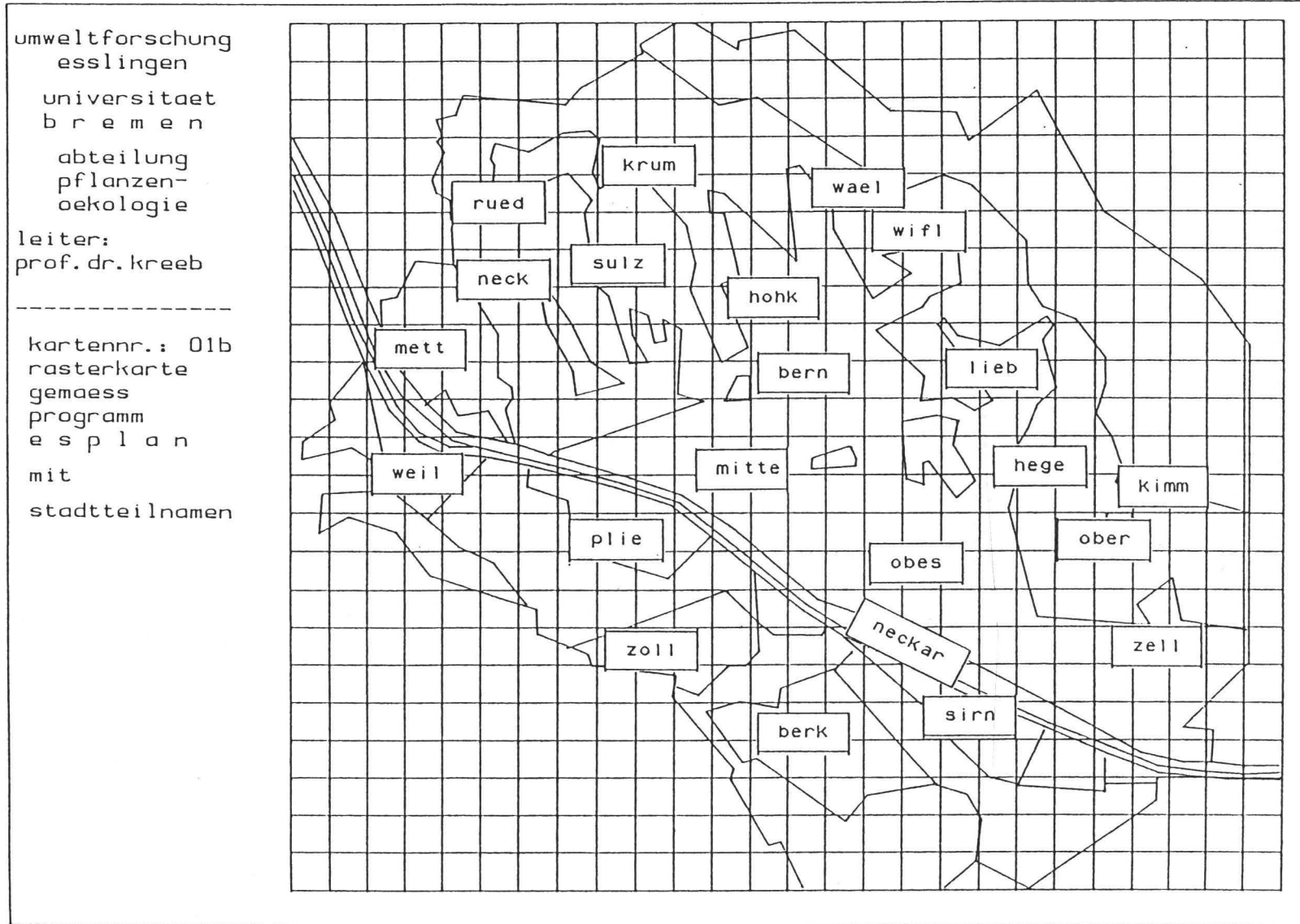
Um die Methodik der Bioindikation für die Stadtplanung nutzbar machen zu können, ist eine Umsetzung der wissenschaftlichen Ergebnisse in Daten zu Planungszwecken erforderlich, die auch Nicht-Wissenschaftlern eine Interpretationsmöglichkeit bieten und eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse erlauben. Diese Problematik einer durchaus vorhandenen Diskrepanz zwischen Forschung und Planungswünschen in Richtung auf eine Kooperation zwischen beiden Institutionen macht Übersicht 1 in Grundzügen deutlich.

Übersicht 1:
Diskrepanz zwischen Bioindikationsforschung
und Stadtplanung

Problematik	
Forschung liefert	Planung wünscht
vielfältige Untersuchungsergebnisse	verarbeitete Daten
diverse Beobachtungen	exakte quantitative Daten
Messungen abiotischer Faktoren	klare, eindeutige Aussagen
Individuenkartierungen	Schadkataster
dto. Arten, Gemeinschaften	Karten für Flächenvergleiche
Transplantatuntersuchungen	
physiologische Diagnose	
Laboranalyse	
Ja-Nein-Aber-Aussagen	exakten Schadindex
zyklische Argumentation	zweifelsfreie Gutachteraussage

Quelle: Kreeb, K.H.: Umweltatlas Esslingen. Hrsg.: Universität Bremen, Abteilung Pflanzenökologie. – Bremen 1989. = Veröffentlichungen zur Bioindikation, H. 3

Karte 1:
 Rasterkarte "Esslingen a.N." mit Stadtteilnamen



Neben der Bioindikation als reine Grundlagenforschung tritt im Einsatz in der Stadtplanung der anwendungsorientierte Aspekt mit z.T. Gutachteraussagen in den Vordergrund. Neben einer großräumigen, flächendeckenden Situationsbeschreibung als passives Monitoring z.B. mit Hilfe von Kartierungen kann die Bioindikation durchaus auch im Zuge des aktiven Monitoring als Früherkennungssystem in bestimmten Situationen dienen oder kleinräumig in einem engmaschigen Netz Aufklärung über bestimmte Standortverhältnisse liefern. Hier stellen in das Untersuchungsgebiet eingebrachte Transplantate anhand ihrer physiologischen Reaktionen gute "Anzeigeelemente" dar, die auf eine Umgebungsänderung charakteristisch reagieren und den Stadtplaner z.B. über Immissionsverteilungen informieren.

Die Grenzen einer reinen "Bio"-indikation sind allerdings auch durchaus als fließend anzusehen. Das Beispiel *Schwermetallgehalt* macht dies deutlich: Während Pflanzen als Akkumulationsindikatoren von Schwermetallbelastungen in Standard-Bioindikationsverfahren (z.B. standardisierte Graskultur (9)) eingesetzt werden, können die Schwermetallgehalte von Böden oder Straßenstäuben aber ebenfalls als Bioindikationsverfahren angesehen werden. Auch sie geben dem Stadtplaner Aufschluß über verkehrs- und industriebedingte Belastungen der Umwelt.

2. Umweltatlas Esslingen

Für die Stadtplanung sind neben zweifelsfreien gutachterlichen Aussagen exakte Schadindizes am nützlichsten. Daher ist der "Umweltatlas Esslingen" (10) eine Lösung, wissenschaftliche Bioindikationsuntersuchungen in die stadtplanerisch bevorzugten Schadindizes umzusetzen. Diese Vorgehensweise bedient sich eines Kompromisses: Unter voller Offenlegung der Verfahrensweise wird eine einheitliche Bewertung aller Ergebnisse vorgenommen (11). Die Indizes 1 bis 6 spiegeln die "Benotung" der Umweltsituation von "sehr gut" bis "sehr schlecht oder ungenügend" wider. Diese Benotungen basieren sowohl auf Bioindikationsverfahren als auch auf physikalisch-technischen Meßergebnissen, wie z.B. Schadgaskonzentrationen oder Lärmbelastungen.

Ziel dieser Ergebnisdarstellung ist die Erarbeitung von Gitternetzkarten, in denen flächendeckend für das gesamte Stadtgebiet, oder auch für Teilbereiche, durchschnittliche Aussagen für die einzelnen Quadranten gemacht werden (12). Die Kantenlänge dieser Quadranten beträgt für die Darstellung des gesamten Stadtgebiets ein Drittel eines 1 x 1 km² großen Planquadrats eines auf 1 : 30 000 verkleinerten Stadtplans, also ca. 333 m (s. Karte 1).

Die graphische Umsetzung basiert auf dem Computerprogramm "ESPLAN25.BAS" (13), entwickelt mit Microsoft-BASIC für Hewlett-Packard-150-Computer und IBM-kompatible Personal-Computer.

Ziel des "Umweltatlas Esslingen" ist es, alle erreichbaren Ergebnisse zur Umweltsituation für das Stadtgebiet in einheitlicher, übersichtlicher und leicht lesbarer Form darzustellen. Neben einer flächendeckenden Erfassung des gesamten Stadtgebiets sind für spezielle Fragestellungen aber auch Detailkarten mit einem feineren Raster von Vorteil, die Situationsbeschreibungen von einzelnen Stadtteilbereichen liefern. Neben der laufenden Aktualisierung von Untersuchungen zur Darstellung von Belastungstrends muß die ständige Aufgabe die Fortschreibung weiterer Untersuchungen sein, um das komplex vernetzte Wirkungsgefüge der Gesamtbelastung des Stadtökosystems noch eingehender zu untersuchen. Dies muß sowohl für das gesamte Stadtgebiet gelten als auch in Problem-Lösungs-orientierten Detailuntersuchungen, die unterstützende Entscheidungshilfen für die Stadtplanung liefern können. Dank der jahrelangen Zusammenarbeit zwischen der Forschung ("Umweltforschung Stadt Esslingen", Leiter: Prof.

Dr. K.H. Kreeb) und dem Stadtplanungsamt Esslingen (Leiter Oberbaudirektor Dipl.-Ing. F.E. Scholz) mit großzügigen finanziellen Unterstützungen ist dies in der Stadt Esslingen mit den obengenannten Anforderungen weitestgehend realisiert worden.

Ein zukünftiges Ziel muß es sein, für möglichst viele Bereiche Daten bereitzustellen, die in Umweltverträglichkeitsprüfungen und stadtplanerische Gutachten mit eingehen können. Diese Bereitstellung von Daten und Ergebnissen ist am besten durch Computer-unterstützte, umfangreiche Datenbanken zu realisieren (derzeit als Bremer Projekt "Arbeit und Umwelt" unter der Leitung von Prof. Dr. K.H. Kreeb in Kooperation mit dem Fachbereich Informatik der Universität Bremen in der Realisierung).

Übersicht 2:
Karteninhalt des "Umweltatlas Esslingen"

Karten-Nr.	Inhalt
02	Flechtenkartierung 1971
03	Enzymkartierung 1972
04	Flechtenkartierung 1980/81 – Deckungsgrad von <i>Hypogymnia physodes</i>
05	– Artenverteilung
06	– Indexverteilung
	Wachstumsmessungen an Flächen-transplantaten
07	– Gesamtkarte, Jan./Feb. 1985
08	– Detailkarte, Jan./Feb. 1985
09	– Gesamtkarte, Sept./Nov. 1985
10	– Detailkarte, Sept./Nov. 1985
11	Pigmentanalyse Eibe, 1985
12	lokales Baumkataster Augustinerstraße, 1987
13	Schwermetallbelastung Augustinerstraße, 1987
14	Schwefeldioxidmessung, 1975/76
15	Verkehrsbelastung im Stadtgebiet
16	Geschoßflächenzahlenbewertung
17	thermische Struktur der Landschaft

3. Bioindikationsuntersuchungen in Esslingen am Neckar

Die Vielseitigkeit von Schadeinflüssen anthropogener Stressoren erfordert eine breite Anwendung von Bioindikationsverfahren, wobei auf die unterschiedlichen Organisationsstufen, Reaktionsmechanismen und Akkumulationsvorgänge zu achten ist. Nur auf diese Weise wird der allgemein festzustellenden *Gesamtbelastung*, die sich aus vernetzter Kombinationswirkung ergibt (14), Rechnung getragen (15).

3.1 Passives Monitoring

Im Zuge eines passiven Monitoring sind in Esslingen bisher zwei Schwerpunkte gelegt worden:

1. flächendeckende Kartierungen

- Kartierung natürlicher Flechtenvegetation
- Baumdatei

2. kleinräumige Fragestellungen

a. Baumkataster Augustinerstraße

Zu 1a: Im Rahmen einer Diplomarbeit (16) wurde in einer flächendeckenden Flechtenkartierung das Vorkommen von zehn im Großgebiet *potentiell* vorkommenden Blatt- und Strauchflechtenarten bestimmt. Neben Abundanz (= Individuenzahl einer Art pro Flächeneinheit) und Dominanz (= Flechtenbedeckung pro Flächeneinheit) sowie Anzahl der Arten wurde ebenfalls ein sog. Qualitätsindex (Q_1) als quantitative Maßzahl berechnet, um die reale Gesamtbelastung zu quantifizieren (17). Im Zuge dieses Verfahrens wurden neben dem Aufzeigen von Belastungszonen (vgl. Karte 2) – auch tendenziell im Vergleich mit früheren Kartierungen (18) – für die Stadtplanung wichtige Ergebnisse deutlich: Das Vorkommen von Grünflächen macht sich neben einer Verbesserung des Stadtklimas (Luftfeuchte, -temperatur, Staubfilter) auch durch eine Verbesserung der durch das Flechtenvorkommen angezeigten Immissionsituation deutlich. Ferner werden auch die für den Luftaustausch so wichtigen Frischluftschneisen in der Bebauung – für das im Neckartal liegende Esslingen besonders notwendig – erkennbar; daraus konnte der ökologisch wichtige Schluß nach einem Erhalt dieser Luftaustauschbahnen abgeleitet werden.

Zu 1b: Eine Kartierung der im Stadtgebiet Esslingens lebenden Bäume als Reaktionsindikatoren ist derzeit in der Auswertung. Ziel dieser Kartierung ist es, ein Wirkungskataster zu erstellen, das die Ausprägung und räumliche Verteilung der im Stadtgebiet auftretenden Umweltbelastungen bzw. die Umweltqualität erfaßt.

Zu diesem Zweck wird nach einer möglichst umfassenden Bestandsaufnahme eine Baumdatei mit dem Datenbanksystem "ORACLE" auf PC-Basis erstellt, die Daten über die Baumart, den Standort, die Standortqualität, das Alter und insbesondere die Vitalität mit Schadensart und -symptomen enthält, und Querabfragen zwischen den einzelnen Faktoren gestattet (relationales Datenbanksystem). Diese Baumdatei ermöglicht weiterhin Informationen über die Bestandsstruktur der Stadtbäume (Artenspektrum und -verteilung, Altersstruktur). Ebenso sind als "traditionelle" Nutzungsweisen Prognosen über weitere Entwicklungen des Stadtbilds unter besonderer Berücksichtigung der Grünanlagen möglich. Durch Computer-unterstützte Bereitstellung aller Daten mit Kombinationsmöglichkeiten kann die Stadtplanung bei Problemstellungen (z.B. Umweltverträglichkeitsprüfungen) auf Entscheidungshilfen zurückgreifen; ebenso können durch Datenfernübertragung auch andere Gemeinden diese Möglichkeiten zu ihren Zwecken nutzen.

Zu 2a: *Kleinräumige* Kartierungen z.B. von im Untersuchungsgebiet vorkommenden Bäumen mit Einschätzung ihrer Vitalität konnten ebenfalls zu Problemlösungen konkreter stadtplanerischer Maßnahmen beitragen, wie z.B. zur Frage des Baus einer Tiefgarage im Untersuchungsgebiet und damit zusammenhängender verstärkter Immissionsbelastung (19). Hier lassen sich Immissionswirkungen anhand der Bonitierungen der untersuchten Individuen im Vergleich zu anderen städtischen Standorten deutlich machen. Ebenfalls im Untersuchungsgebiet durchgeführte chemisch-physikalische Immissionsmessungen und Schwermetallanalysen tragen zu weitergehenden Kausalanalysen bei.

3.2 Aktives Monitoring

Sind im Untersuchungsgebiet keine geeigneten Bioindikatororganismen vorhanden, so ist es notwendig, diese hier in geeigneter

Form einzubringen. Hier eignen sich neben standardisierten Graskulturen (20) besonders die poikilohydrn Pflanzengruppen (21). Die unter *aktivem Monitoring* zusammenzufassenden Untersuchungen, die in Esslingen durchgeführt wurden, verwenden fast ausnahmslos Flechten als Untersuchungsorganismen, da Flechtenmaterial aus Reinluftgebieten (z.B. Naturpark Schönbuch) in der Umgebung Esslingens in ausreichender Menge vorhanden ist. Ferner sind Flechten als Bioindikatoren die am besten und am meisten untersuchten Organismen (22).

Neben Methoden, die sich mit speziellen physiologischen Methoden auf unteren Bioindikationsebenen (23) beschäftigen, wie z.B. in vivo-Fluoreszenz von Flechtenalgen (24) und speziellen Flechten-spezifischen Enzymreaktionen (25), ist es neben der CO_2 -Gaswechselleistung von Flechtentransplantaten (26) besonders die Bestimmung des Flechtenwachstums (27), das sich nach Voruntersuchungen von Lühmann/Wietschorke (1983) (28) und Sieber (1987) (29) als geeignete Bioindikationsmethode darstellt, um durch die Reaktion des Gesamtorganismus Flechte die während der Transplantationszeit auf den Organismus eingewirkten und aufsummierten natürlichen und anthropogenen Belastungen anzuzeigen.

Mit verbesserten Verfahren (digitalisierte Bildverarbeitung, derzeit im Zuge des Projekts "Arbeit und Umwelt, Bremen" in Erprobung und Optimierung (30)), ist es möglich, zu kleinräumigen Immissionsproblemen sowohl die Möglichkeiten eines "biologischen Frühwarnsystems" (31) einzusetzen als auch durch kontinuierliche Messungen des Thalluszuwachses Immissionstendenzen deutlich zu machen. So ließen sich durch Bestimmung des Flechtenwachstums in Esslingen negative Einflüsse, zurückzuführen auf unterschiedliche Verkehrsaufkommen, deutlich nachweisen. Auch positive Wirkungen einer Verkehrsberuhigung und damit zusammenhängender verminderter Immissionsbelastung ließen sich in Esslingen aufzeigen (32). Auch diese Erkenntnisse machen den sinnvollen Einsatz eines aktiven Monitoring als Entscheidungshilfen – auch in speziellen Fragestellungen – für die Stadtplanung deutlich.

4. Auswertung der Ergebnisse aus stadtplanerischer Sicht

Aus den dargestellten Untersuchungen in Verbindung mit einer engen Kooperation zum Stadtplanungsamt Esslingen ergibt sich die Notwendigkeit eines stets engen Kontaktes zwischen Forschungseinrichtung und Planungsamt. Nur so können wissenschaftliche Daten zweckorientiert genutzt werden, wobei es darauf ankommt, ihre "Übersetzung" *zweifelsfrei* und *nachvollziehbar* zu dokumentieren. Keinesfalls darf sich die Forschung dabei als begutachtend verstehen. Sie muß stets kritisch-grundlagenorientiert sein und zyklischer Argumentation folgen (s. Übersicht 1). Dies ist von Planern zu akzeptieren, ungeachtet der zu treffenden Entscheidung im Einzelfall, die zugegebenermaßen heute zum großen Teil auch noch andere Entscheidungsebenen zu berücksichtigen hat (33).

Bei den in Esslingen durchgeführten Bioindikationsuntersuchungen handelt es sich im Prinzip um Vitalitätsbestimmungen als Diagnose, die für die Erarbeitung von Planungsgrundlagen eine Rolle spielt. Die Planung steht dabei in einem oft schwer lösbaren Konflikt zwischen ökologischen Erfordernissen und ökonomisch meist vorgegebenen Zwängen, die zudem auch überregionaler Natur sein können (34).

Daß in zunehmendem Maße ökologische Daten und Kriterien ihren Eingang in die Stadtplanung in Esslingen gefunden haben, soll im folgenden an einigen Beispielen ausgeführt werden, auch wenn die Durchsetzbarkeit ökologisch bedingter städtebaulicher Zielvorstellungen desto nachhaltiger auf Schwierigkeiten stößt, je konkreter die Planungsebene wird.

Erstmals wurden aufgrund Umwelt-berücksichtigender Überlegungen noch nicht voll ausgeschöpfte, im Flächennutzungsplan ausgewiesene Bauflächen wieder herausgenommen (ca. 41 %) und damit als Freiflächen gesichert. Dieser sehr sparsame Umgang mit den Bauflächen zugunsten ökologisch wichtiger Freiflächen wird seitdem in Esslingen konsequent betrieben. Selbstverständlich hat auch die Reduzierung von Bauflächen ihre Grenzen. Wenn auch zeitlich absehbar, so ist doch bis in die Mitte der 90er Jahre hinein mit einem zusätzlichen Wohnungsbedarf zu rechnen. Noch scheinen zur Deckung dieses Bedarfs die Nutzungsmöglichkeiten in den Bestandsgebieten auszureichen; der Beschluß des Gemeinderats aber, die Bauflächen auf ihre Umweltverträglichkeit hin zu überprüfen, zielt nicht nur auf eine weitere Reduzierung, sondern in gleicher Weise auf eine möglichst rasche Erschließung der Bauflächen, deren Umweltverträglichkeit sich nach einer Überprüfung herausstellen sollte.

Das in Esslingen verfolgte Ziel, mit einer Planänderung ökologischen Erkenntnissen, besonders unter Einbezug der Bioindikation, Rechnung zu tragen, läßt sich durchgängig ablesen, so am Beispiel *Ortsteil Zell*. Eine völlige Neubewertung dieser Planungen im Raum Zell setzte ein, als die Erkenntnisse der "Probleme der Landschaftsökologie und des Umweltschutzes auf den Gemarkungen Altbach, Deizisau und Zell" (35) vorgestellt wurden. Zwar war die geplante Errichtung einer Müllverbrennungsanlage akuter Anlaß der Untersuchungen (36), aber die dargestellten Konsequenzen aus den geoökologischen Sachverhalten blieben nicht ohne Folgen für die seitherigen extensiven Flächenplanungen.

Neben Landschafts- und Grünordnungsplan ist seit einigen Jahren die Notwendigkeit einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) im Vorfeld kommunaler umweltrelevanter Entscheidungen erkannt worden. Die Anwendung dieser Planungsinstrumente in der Bauleitplanung läßt sich am Beispiel des *Baugebiets Greut* in Esslingen darstellen: Nach der Aufstellung eines Bebauungsplans, der im Anschluß an bestehende zweigeschossige Ein- und Zweifamilienhäuser eine Blockbebauung bis zu 14 Geschossen vorsah, wurde aufgrund ökologischer Überlegungen eine deutliche Reduzierung der Geschosshöhen vorgenommen. Neben dieser Reduzierung der Baumasse galt es als unbedingt erforderlich, die Gebäude so anzuordnen, daß sie dem Frischluftstrom möglichst wenig Widerstand entgegenstellten. Diese gerade für Esslingen so wichtige Freihaltung der Kaltluftabfuhrbahnen, die auch durch die *Bioindikationsmethode "Flechtenkartierung"* deutlich gemacht werden konnte (s.o.), trägt zum Erhalt oder sogar zur Besserung der kleinklimatischen Situation bei.

Eine Zusammenfassung der Berücksichtigung ökologischer Daten bei der Planung in Esslingen gibt Übersicht 3.

Mit der Darstellung einiger konkreter, i.d.R. sehr vielschichtiger Beispiele von Bioindikationsuntersuchungen für die Stadtplanung in Esslingen am Neckar ist zwangsläufig ein Blick in das weite Feld des Umweltschutzes eröffnet worden; ein Feld, das in den letzten Jahren immer weiter nach oben gerückt ist und in der Schaffung von Umweltschutzreferaten, Umweltschutzämtern und -arbeitsgruppen sowie Umweltschutzbeauftragten und -koordinatoren seinen sichtbaren Ausdruck gefunden hat.

Übersicht 3:
Berücksichtigung ökologischer Daten bei der Planung in Esslingen

Berücksichtigung ökologischer Daten bei der Planung		
Überregional	Ökologische Planungsgrundlage	Erfolg
Kraftwerk Altbach Block V	Gesamtökologisches Gutachten	moderne Entschwefelung
Müllentsorgung	dto.	(Pyrolyse)
Stadt Esslingen	ökologische Planungsgrundlage	Erfolg / Ziel
Sicherung und Erweiterung von Freiflächen	laufende ökologische Untersuchungen	Neuschaffung, z.B. <i>Merkel & Kienlin</i> , und Freihaltung von Grünflächen
Reduzierung von Bauflächen	Umweltverträglichkeitsprüfung	Reduzierung von 99 auf 55 ha Aussparung von Hangflächen
Ausweisung von Schutzflächen (Biotopschutz)		Biotopverbundsystem im Nachbar- schaftsverband Stuttgart
Freihaltung von Kaltluftschneisen	Klima-Untersuchungen	Verminderung von Hangbebauung
Umweltverträgliches Verkehrs-, Energiekonzept	s. oben	Verkehrsberuhigte Zonen Fernheizungsausbau

Viele Einzelmaßnahmen, ja ganze Maßnahmenbündel sind eingeleitet worden und zeigen bereits ihre Wirkung. Vor mehr als 15 Jahren wurden mit dem Projekt "Umweltforschung Esslingen" die Weichen zur Ermittlung ökologischer Daten zur Berücksichtigung in der Stadtplanung gestellt. Dieses Wechselspiel zwischen Bioindikation, der das Gebiet der Stadt Esslingen als praktisches Experimentierfeld dient, und Stadtplanung, die sich die gewonnenen Erkenntnisse seitdem zunutze macht, hat sich im Sinne einer ökologisch orientierten Stadtplanung ausgesprochen bewährt (37).

Der Zusammenhang von Stadt und Ökologie, auf den als neue städtebauliche Maßnahmen auf Seminaren und Fachtagungen verstärkt hingewiesen wird, ist für die Stadt Esslingen also kein Neuland mehr. Insbesondere in der Kontinuität des Projekts "Umweltforschung Esslingen", in dessen Rahmen die verfügbaren umweltrelevanten Daten unter PC-Einsatz erfaßt und bewertet sowie zu einem Umweltatlas zusammengefaßt wurden (38), liegen die großen Vorteile für die ökologische Stadtplanung, die es im Endeffekt anzustreben gilt (39).

Anmerkungen

- (1) Kreeb, K.H.: Umweltatlas Esslingen. Hrsg.: Universität Bremen, Abteilung Pflanzenökologie. – Bremen 1989. = Veröffentlichungen zur Bioindikation, H. 3
- (2) Kreeb, K.H.; Weinmann-Kreeb, R.; Lühmann, H.-J.; Schiele, S.; Wietschorke, G.: Ökophysiologische Indikation der Umweltbelastung. Hrsg.: Universität Bremen, Abteilung Pflanzenökologie. – Bremen 1987. = Veröffentlichungen zur Bioindikation, H. 1
- (3) Kreeb, K.H.: Ökophysiologie natürlicher Streßeinwirkungen. In: Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft 84 (1971), S. 485–496; ders.: Ökophysiologie der Pflanzen. – Stuttgart, Jena, New York 1974; ders.: Causal and systematic understanding of bioindicators. – The Hague 1982. In: Steubing, L.; Jäger, H.-J. (Hrsg.): Monitoring of air pollutants by plants, S. 97 ff.
- (4) Lühmann, H.-J.: Toleranzmechanismen von Flechtenalgen gegenüber natürlicher und anthropogener Belastung. In vivo-Chloroplastenfluoreszenz als charakterisierendes Kriterium und Grundlage für ein Streß-Reaktionsmodell. Dissertation Universität Bremen. – Bremen 1987; Lühmann, H.-J.; Kreeb, K.H.: Kombinationseffekte toxischer Substanzen auf die in vivo-Fluoreszenz von Flechten und deren mathematische Modellierung. In: Veröffentlichungen des Instituts für Wasserforschung und Hydrologie, Abteilung der Dortmunder Stadtwerke AG 37 (1987), S. 248–264; Wietschorke, G.: Natürlich-anthropogene Kombinationseffekte in ihrer Bedeutung für CO₂-Gaswechsel und in vivo-Fluoreszenz bei Flechten. Dissertation Universität Bremen. – Bremen 1987
- (5) Schönbeck, H.: Eine Methode zur Erfassung der biologischen Wirkung von Luftverunreinigungen durch transplantierte Flechten. In: Staub – Reinhaltung der Luft 29 (1969), S. 4–18; Scholl, G.: Grundlagen des Verfahrens der standardisierten Graskultur zur Messung der Wirkdosis von Luftverunreinigungen. In: VDI-Berichte 609 (1987), S. 287–299
- (6) Kreeb, K.H.; Weinmann-Kreeb, R.; Lühmann, H.-J.; Schiele, S.; Wietschorke, G.: Ökophysiologische Indikation ..., a.a.O.
- (7) Kreeb, K.H.; Weinmann-Kreeb, R.: Pflanzliche Bioindikatoren als streßintegrierende Systeme: Analyse, mathematische Modellierung und Bedeutung für die Erstellung von Schadenskatastern. In: VDI-Berichte 609 (1987), S. 217–248
- (8) Lühmann, H.-J.; Wietschorke, G.; Kreeb, K.H.: Influences of combined temperature, lead and herbicide stresses on lichen fluorescence and their mathematical modelling. In: Photosynthetica 23 (1989), S. 71–76; Chen, T.; Kreeb, K.H.: Combined effects of drought and salt stress on growth, hydration and pigment composition in *Gossypium hirsutum* L. – The Hague 1989. In: Kreeb, K.H.; Richter, H.; Hinckley, T.M. (Hrsg.): Structural and functional responses to environmental stresses: Water shortage, S. 165–177
- (9) Nach Scholl, G.: Grundlagen des Verfahrens der standardisierten Graskultur ..., a.a.O.
- (10) Kreeb, K.H.: Umweltatlas Esslingen, a.a.O.
- (11) Ebenda
- (12) Ebenda
- (13) Ebenda
- (14) Kreeb, K.H.; Weinmann-Kreeb, R.: Pflanzliche Bioindikatoren als streßintegrierende Systeme ..., a.a.O.
- (15) Kreeb, K.H.; Weinmann-Kreeb, R.; Lühmann, H.-J.; Schiele, S.; Wietschorke, G.: Ökophysiologische Indikation der Umweltbelastung, a.a.O.
- (16) Lühmann, H.-J.; Wietschorke, G.: Untersuchungen zur ökophysiologischen Methodik der Bioindikation mit Flechten und ihre praktische Anwendung für die Bewertung der lufthygienischen Situation im Stadtgebiet von Esslingen am Neckar. Diplomarbeit Universität Bremen. – Bremen 1982
- (17) Lühmann, H.-J.; Wietschorke, G.; Kreeb, K.H.: Flechtenvorkommen und Belastungssituation im Stadtgebiet von Esslingen am Neckar. Vergleich von Kartierungen 1973–1982. In: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie (1985) Bd. 13, S. 649–652
- (18) Bauer, E.; Kreeb, K.H.: Flechtenkartierung und Enzymaktivität als Indikatoren der Luftverunreinigung in Esslingen. In: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie (1974) Bd. 2, S. 273–281
- (19) Wietschorke, G.: Immissionsökologisches Gutachten zur lufthygienischen Situation im Bereich der Augustinerstraße in Esslingen a.N. Hrsg.: Universität Bremen, Abteilung Pflanzenökologie. – Bremen 1988. = Veröffentlichungen zur Bioindikation, H. 2
- (20) Scholl, G.: Grundlagen des Verfahrens der standardisierten Graskultur ..., a.a.O.
- (21) Djalali, B.; Kreeb, K.H.: Flechtenkartierung und Transplantatuntersuchungen im Stadtgebiet von Stuttgart. In: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie (1974) Bd. 2, S. 413–420
- (22) Krüger-Danielson, H.: Epiphytische Flechten als Bioindikatoren. – Berlin 1982
- (23) Schubert, R.: Ausgewählte pflanzliche Bioindikatoren zur Erfassung ökologischer Veränderungen in terrestrischen Ökosystemen durch anthropogene Beeinflussung unter besonderer Berücksichtigung industrieller Ballungsgebiete. In: Hercynia N.F. 14 (1977), S. 399–412
- (24) Lühmann, H.-J.; Wietschorke, G.: Ausführlicher Zwischenbericht zum Forschungsvorhaben "Umweltforschung Stadt Esslingen". – Bremen 1983

(25)

Bauer, E.; Kreeb, K.H.: Flechtenkartierung und Enzymaktivität . . . , a.a.O.

(26)

Wietschorke, G.; Lühmann, H.-J.; Kreeb, K.H.: Erfassung kleinräumiger Immissionsbelastung durch transplantierte Flechten. In: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie (1985) Bd. 13, S. 653–656

(27)

Zur Methodik siehe Hooker, T.N.; Brown, D.H.: A photographic method for accurately measuring the growth of crustose and foliose saxicolous lichens. In Lichenologist 9 (1977), S. 65–75; Kreeb, K.H.: Methoden zur Pflanzenökologie und Bioindikation. – Jena, Stuttgart, New York 1990

(28)

Lühmann, H.-J.; Wietschorke, G.: Ausführlicher Zwischenbericht . . . , a.a.O.

(29)

Sieber, E.D.: Vergleich der Luftqualität in verschiedenen Bereichen der Stadt Esslingen a.N. mit Hilfe von Flechten als Bioindikatoren. Diplomarbeit Universität Bremen. – Bremen 1987

(30)

Kreeb, K.H.; Chen, T. (unveröffentl. Manuskript)

(31)

Kreeb, K.H.: Ökologie und menschliche Umwelt. – Stuttgart, New York 1979

(32)

Sieber, E.D.: Vergleich der Luftqualität in verschiedenen Bereichen der Stadt Esslingen a.N. . . . , a.a.O.

(33)

Kreeb, K.H.; Weinmann-Kreeb, R.; Lühmann, H.-J.; Schiele, S.; Wietschorke, G.: Ökophysiologische Indikation . . . , a.a.O.

(34)

Ebenda

(35)

Leser, H.: Probleme der Landschaftsökologie und des Umweltschutzes auf den Gemarkungen der Gemeinden Altbach, Deizisau und Zell. Hrsg.: Geographisches Institut der Universität Hannover. – Hannover 1972

(36)

Siehe auch Kreeb, K.H.: Gutachten zum geplanten Kraftwerksbau Altbach. – Bremen 1980

(37)

Scholz, F.E.: Stadtplanung und Umweltforschung. – Bremen 1987. In: Kreeb, K.H. et al. (Hrsg.): Ökophysiologische Indikation der Umweltbelastung, H. 1

(38)

Siehe Kreeb, K.H.: Umweltatlas Esslingen, a.a.O.

(39)

*Scholz, F.E.: Stadtplanung und Umweltforschung, a.a.O.**Dr. Hans-Joachim Lühmann
Angestelltenkammer Bremen
Postfach 10 76 67
2800 Bremen 1**Prof. Dr. Karl Heinz Kreeb
Universität Bremen
Fachbereich 2 (Biologie/Chemie), NW 2
– Pflanzenökologie –
Postfach 33 04 40
2800 Bremen 33**Dipl.-Ing. Frank Eberhard Scholz
Oberbaudirektor
Stadtplanungsamt Esslingen
Pulverwiesen 15
7300 Esslingen*