©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Ber. ANL | 3 | 56–63 | Dez. 1979

Vortrag gehalten am 4. Oktober 1978 anläßlich des Fachseminars »Straßenbau – Naturschutz und Landschaftspflege« an der Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege in Füssen.

Biotopisolierung durch Straßenbau am Beispiel ausgewählter Arten – Folgerungen für die Trassenwahl

Hans-Joachim Mader

Anschrift des Verfassers:
Dr. Hans-Joachim Mader
Institut für Naturschutz und Tierökologie,
Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie
Konstantinstraße 110
5300 Bonn 2

1. Einleitung

Das Problem des übermächtigen Einflusses anthropogener Maßnahmen auf die Gleichgewichtsprozesse im Naturhaushalt und das Funktionieren der Ökosysteme ist hinlänglich bekannt. Eine zentrale Rolle spielt dabei die Zerstückelung bzw. Parzellierung unseres Lebensraumes, wie sie praktisch mit jeder Infrastrukturmaßnahme einhergeht. Kanäle, Schienen und Autostraßen zerschneiden das Land, Waldschneisen für Überlandleitungen, Satellitenstädte und Flugplätze schlagen tiefe Wunden in das Flächengefüge ehemals großräumiger Ökosysteme.

CURTIS demonstriert in einer Studie von 1956 die Entwicklung eines ehemals zusammenhängenden Waldgebietes in Wisconsin in den Jahren von 1831 bis 1950 (Abb. 1).

Der Straßenbau ist an dieser, für die Ökologie und den Naturschutz so beklagenswerten Entwicklung, nämlich der Zerstückelung und Parzellierung des Landschaftsgefüges maßgeblich beteiligt. In zunehmendem Maße werden Straßen den neuesten technischen Kenntnissen und Sicherheitserfordernissen angepaßt. Sie werden neu gebaut, ausgebaut, erweitert, begradigt – all das im Hinblick auf Wirtschaftswachstum, Rationalisierung und mehr Mobilität.

Über direkte Wirkungen des Straßenverkehrs auf die Fauna ist mannigfaltig berichtet worden (u. a. HAAS 1964, HEINRICH 1978, TAMM 1976). Besondere Aufmerksamkeit wurde dabei den Wild- und Vogelverlusten geschenkt, aber auch Spezialprobleme wie Amphibienstraßen und Igeltod wurden diskutiert und Lösungsvorschläge unterbreitet. Hier soll nun der Fragenkomplex der Isolationswirkung von Straßen auf die Tierwelt näher untersucht werden.

Effekte dieser Art, wenn sie vorhanden und nachweisbar sind, sind schwer quantifizierbar und für den Nichtfachmann möglicherweise unerwartet und unverständlich. Es ist höchste Zeit, das Augenmerk auf Langzeitfolgen unserer Eingriffe in den Naturhaushalt zu wenden. Direkte Auswirkungen sind – weil sichtbar und aktuell – oft leichter verständlich und auch eher kalkulierbar, Langzeitfolgen dagegen sind gefährlicher, und wenn zu spät erkannt, in den meisten Fällen irreparabel.

Ökologische Langzeitfolgen sind wie die Entwicklung eines Krebsgeschwüres oder wie Giftstoffanreicherung in der Nahrungskette Alarmsignale, die den Einsatz sowohl höchster wissenschaftlich-analytischer Forschungsaktivität als auch technisch-praktischer Gegenmaßnahmen erfordern.

Die Tendenz, Straßen wegen der einfacheren und billigeren Landbeschaffung durch Wälder, Feuchtgebiete, wenig intensiv genutztes Agrarland und entlang der Flußläufe zu führen, erscheint besonders bedenklich. Die Zerschneidung naturnaher Biotope und die Isolation von Lebensgemeinschaften ist gerade hier besonders kritisch zu beurteilen, da solche Gebiete Lebensräume des Restbestandes unserer freilebenden Tierwelt darstellen.

2. Forschungsrichtung

In den Vegetationsperioden der Jahre 1977 und 1978 wurden im südlichen Odenwald (Raum Königsstuhl - Heidelberg) mit Hilfe von Marc-Recapture-Versuchen unter anderem die Fähigkeit epigäischer Arthropoden und Kleinsäuger untersucht, mit dem »Hindernis: Straße« fertig zu werden, wobei die Denkansätze der quantitativen Ökosystemforschung insbesondere der Inselökologie als Leitlinie dienten.

2.1 Gegenstand dieser Forschungsrichtung sind isolierte Lebensräume, wie sie einerseits als echte Meeres- oder Süßwasserinseln in Erscheinung treten, andererseits als »Habitatinseln« wie Berggipfel, Waldparzelle im Agrarland, Tümpel, Teich, Weiher, Stadtpark etc. vergleichbare ökologische Voraussetzungen bieten (Abb. 2).

Kennzeichnend für echte Inseln wie auch für »Habitatinseln« sind
- Arealgröße,
- definierte Grenzen des Ökosystems,
- Isolation,
- verändertes Mikroklima,
- durch Einwanderungs- und Aussterbeprozesse gesteuertes dynamisches Artengleichgewicht.

Der Forschungszweig »Inselökologie« ist wichtiger Bestandteil der modernen amerikanischen Ökosystemforschung (u. a. Mac ARTHUR and WILSON 1973, SIMBERLOFF 1976).

Bei einem Forschungsaufenthalt auf den Seychellen 1975 haben wir versucht, die Besonderheiten der Inselsituation aus ökologischer Sicht zu studieren und dabei vor allem das Ressourcen-Angebot in die Modellentwicklung einzubeziehen (MÜHLENBERG et al. 1977, a, b).

2.2 Das Ökosystem der Inseln, wobei Habitatinseln zukünftig in diesen Begriff einbezogen werden, unterliegt folgenden z. T. noch unzureichend nachgewiesenen Gesetzmäßigkeiten:
- Flächen-Arten-Kurve: $S = c \cdot A^z$
- Arten-Gleichgewicht-Modell (vgl. Abb. 3)
- Speziationszentren, Evolutionszentren, (Artbildungsprozesse laufen schneller ab)
- durch Fremdeinflüsse besonders gefährdete Lebensräume
- Selbstregulationsprozesse kennen nur beschränktes Reaktionsspektrum.

3. Methode

Es steht außer Zweifel, daß Autostraßen für einen beträchtlichen Teil derjenigen Lebensgemeinschaft, die sie durchqueren, eine erhebliche Barriere darstellen. Dabei gehen seitens der Straße und des Verkehrs vor allem folgende

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Parameter in die Abschätzung der Isolationswirkung ein:
– Breite der Straße,
– Verkehrsdichte,
– mittlere Verkehrsgeschwindigkeit,
– Anlage der Trasse (Damm, Einschnitte etc.),
– Straßenrandgestaltung – Begrünung,
– evtl. Wildschutzmaßnahmen.
Erste quantitative Untersuchungen unter Berücksichtigung verschiedener Straßentypen wurden von OXLEY et al. (1974) in Kanada durchgeführt.
Im Rahmen der Untersuchungen wurde eine wenig befahrene, 6 m breite Kreisstraße im Odenwald, die K 4161 zwischen Königsstuhl und Gauangelloch ausgewählt. Als mittlere Verkehrsdichte wurden 150 KFZ/h gezählt, wobei dieser Wert in den Nachtstunden noch erheblich niedriger liegen dürfte. Die Fahrzeuge haben in diesem Streckenabschnitt eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 60 bis 80 km/h.
Die Untersuchungen wurden in mehrere Fragenkomplexe aufgeteilt:
– Abiotik von Straße und Straßenrandbereich.
Mikroklimagradient: Temp., rel. Luftfeuchte, Evaporation, Lux
– Pflanzensoziologie und Strukturdiversität in der Übergangszone Straße - Wald (Edge-Effekt).
– Straßenüberquerungsversuche mit Käfern.
– Marc and Recapture-Versuche (Markierung - Wiederfang) mit Mäusen der Arten Cl. glareolus und Apodemus flavicollis und mit flugunfähigen Käfern vor allem der Familien Carabidae und Staphylinidae.
– Zonationsbiozönosen entlang der Straße.
– Vergleich der Lebensgemeinschaft isolierter Waldstücke untereinander. (H_S und H_{diff} Berechnungen)
– Laborversuch: Aktivität von Carabidae im Übergangsbereich Straße (Asphalt) – Straßenrand – Wald.
Eine umfassende Darstellung der Untersuchungsmethoden sowie der Meßergebnisse und der Resultate der Freilandversuche findet sich bei MADER (1979).

4. Ergebnisse

4.1 Die Abiotik von Straße und Straßenrandbereich und die hier sich ausbildenden Mikroklimagradienten:
Es wurden bis 50 m Tiefe in den Wald hinein von der Straße weg alle 5 m Luxwerte und Bodentemperatur gemessen sowie an jeweils 3 aequidistant gestaffelten Meßpunkten Windgeschwindigkeit und Verdunstungsrate. Die Messungen wurden unter gleichen Bedingungen mehrfach wiederholt und gemittelt. Abb. 4 zeigt beispielhaft Mikroklimagradienten, wie sie für die Mittagsstunden typisch sind (Juli 1977). Während der Nachtstunden kehren sich die Verhältnisse um.
Die Straße stellt demnach die für Waldgebiete typische Situation minimaler abiotischer Schwankungen auf den Kopf. Hält der Wald wie ein dichter Mantel Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Verdunstungsrate und Windgeschwindigkeit in den unteren Strata relativ konstant, so ist die Straße durch eine große Schwankungsbreite der genannten Parameter infolge ihrer hohen Ein- und Abstrahlungsrate gekennzeichnet. Die Mikroklimaverhältnisse von Straße und Straßenrand entsprechen eher denen einer Steppe als denen von Wald- oder Feuchtgebieten gemäßigter Breiten (INSTITUT FÜR NATURSCHUTZ UND TIERÖKOLOGIE 1977).

4.2 Pflanzensoziologie und **Strukturdiversität** in der Übergangszone Straße - Wald (Edge-Effekt).
Für jeden der 91 im Straßenrandgebiet festgelegten Fallenstandorte wurde die Anzahl der Pflanzenarten im Umkreis von 1,5 m unterschieden nach Krautpflanzen und Holzgewächsen bestimmt sowie eine Strukturuntersuchung durchgeführt. Bei der Strukturuntersuchung wurden zusätzlich 8 Merkmalsgruppen unterschieden:
– Anzahl der Pflanzen in 1 m Umkreis (Wuchshöhe über 20 cm)
– Anzahl der Holzpflanzen im Umkreis von 5 m (Stammdurchmesser >10 cm)
– Untergehölz
– Laubstreuzusammensetzung
– Laubstreudicke
– Wassernähe (Oberflächenwasser)
– Steine bzw. Felsen in 2 m bzw. 5 m Radius
– Baumstümpfe in 2 m bzw. 5 m Radius.
Die Berechnung eines Diversitätsindex nach SHANNON (1948) ergibt folgendes Bild (Abb. 5).
In dem Straßen-Wald-Übergangsbereich liegt demnach eine Zone hoher Pflanzenarten- und Raumstrukturdiversität mit einem entsprechend vielfältigen Ressourcenangebot für die Tierwelt, ein Phänomen, das mit dem Begriff anthropogener Randzoneneffekt umschrieben werden kann.

4.3 Straßenüberquerungsversuche
Um den Aspekt der Tierpopulationen trennenden und isolierenden Wirkung von Straßen und das komplizierte Wirkungsgefüge durchsichtiger zu machen, wurden Straßenüberquerungsversuche mit Laufkäfern durchgeführt.
Diese wurden am Straßenrand quer zur Straße ausgesetzt und ihr Verhalten, insbesondere Startverzögerung, Laufrichtung, Überquerungszeit, Unfall und Reaktion auf Autoverkehr protokolliert.
Von insgesamt 180 gestarteten Tieren wählten 111 also ca. 60 % den Weg direkt senkrecht zur Straße auf die andere Straßenseite, 62 kehrten um, zurück in den Wald und nur 7 Tiere liefen ein längeres Stück parallel zur Straße auf dem Asphalt. Dies zunächst erstaunliche Verhalten ist aus der Orientierungsphysiologie der Carabiden zu erklären. Die Tiere wenden sich dem jeweils dunkelsten Horizontabschnitt, im Versuchsgebiet dem gegenüberliegenden Waldrand, zu (vgl. NEUMANN 1971).
16 Tiere wurden bei den Versuchen von Autos überfahren, das sind 14 %. Während 41 % der Tiere die andere Straßenseite ohne jede Störung erreichten, bestand die Störung bei den restlichen Versuchstieren vor allem in vorübergehender Richtungsänderung durch den Fahrtwind, Verkriechen in Unebenheiten der Straßendecke oder im Hochgeschleudert werden. Nur in 7 Fällen veränderten die Tiere nach einem Beinah-Unfall endgültig ihre Laufrichtung, d. h. sie drehten ab und kehrten auf die Startseite zurück. Zur Überquerung der Straße benötigten die Tiere im Durchschnitt 90 Sekunden. Bei einem Verkehrsaufkommen von ca. 100 Fahrzeugen/h passieren das Tier im Schnitt 2,5 Kraftfahrzeuge, während es sich auf der Straße aufhält. Bei einer mittleren Reifenbreite von 2 x 15 cm und einer Straßenbreite von 6 m besteht eine statistische Unfallwahrscheinlichkeit von 12,5 %. Dieser Wert entspricht in der Größenordnung dem in der Versuchsreihe beobachteten Ergebnis, dürfte aber für den Realfall um ein Vielfaches zu hoch liegen. Einerseits sind die Laufkäfer zum überwiegenden Teil nachtaktiv, in den Nachtstunden aber sinkt die Verkehrsdichte erheblich, andererseits mußten die Versuchsbedingungen so gewählt werden, daß durch das Aussetzen auf dem Asphalt die äußerst wirksame Barriere der Zonationsbiozönose entlang der Straße, die besonders für stenöke Waldtiere nahezu unüberwindlich scheint, bereits überbrückt wurde.
Eine korrekte Interpretation dieser Versuche muß also lauten: Von den wenigen Tieren einer Population, die im Verlaufe ihrer Migrationsaktivität bis zur Verkehrsstraßendecke vordringen und dann diese zu überqueren versuchen, besteht ein 10 %-iges Unfallrisiko (Straßenbreite 6 m, Verkehrsdichte 100 KFZ/h) oder, in anderen Worten, etwa jeder 10. Straßenüberquerungsversuch von Laufkäfern endet tödlich. Selbstverständlich sind weniger günstige Ergebnisse bei einer Bundesstraße mit hohem Verkehrsaufkommen oder gar einer Bundesautobahn zu erwarten. Hier allerdings dürfte der Zonationsbiozönoseneffekt, wegen der umfangreicheren Veränderungen des Straßenrandes durch Abholzung, Begrünung usw. verbunden mit der zunehmenden Imissionsbelastung, die Trennung der Teilpopulationen unterstützen, so daß die direkte Unfallgefahr nicht wesentlich erhöht sein dürfte (vgl. OXLEY et al. 1974).
Diese Überlegungen gelten nur für stenöke Waldtiere, also Spezialisten des Wald-Lebensraumes, nicht dagegen für euryöke Kulturfolger und Straßenrandbewohner.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Für letztere dürfte ein annähernd lineares Ansteigen des Unfallrisikos mit zunehmender Verkehrsdichte zu erwarten sein (vgl. MADER 1979).

4.4 Marc-Recapture-Versuche

Im Rahmen von Markierungs- und Wiederfangversuchen wurden 10 348 Käfer gefangen, markiert und wieder ausgesetzt. Die Fallen waren in Reihen angeordnet und die Standorte so gewählt, daß die Tiere nach ihrer Freilassung gleiche Entfernungen zu zwei benachbarten Fallenreihen zu überwinden hatten, auf der einen Seite allerdings die Straße als zusätzliches Hindernis überqueren mußten. Von 1356 wiedergefangenen Tieren hatten 416 eine Distanz überbrückt, die auch ausgereicht hätte, die Straße zu überwinden, aber nur 24 Tiere wurden auf der jeweils anderen Straßenseite gefangen. Schließt man die Waldrand- und Feldtiere aus, so bleibt ein Rest von nur 10 Straßen-Überquerungen. Dieses Verhältnis 416:24 (bzw. 416:10) verdeutlicht am stärksten den enormen Isolationseffekt der Straße auf Populationen der epigäischen Fauna. Ein Parallelversuch wurde mit Kleinsäugern angestellt. Im gleichen Gebiet wurden nach gleichem Muster Drahtkastenfallen zum Fang von Rötelmaus (C. glareolus) und Gelbhalsmaus (A. flavicollis) aufgestellt. Die niedrigere Fangrate (121) ermöglichte ein individuelles Markieren der Tiere. Die Versuchsreihe, die noch andauert, zeigt bisher eine totale Isolation der »Teil«populationen diesseits und jenseits der Straße, d. h. bisher wurde noch kein westlich der Straße markiertes Tier auf der ostwärtigen Straßenseite wiedergefangen.

4.5 Zonationsbiozönosen

Die einzelnen Arten der untersuchten Tiergruppen zeigen in den meisten Fällen einen ihrer ökologischen Valenz entsprechenden, entlang der Straßen zonen- bzw. bandartig verlaufenden, bevorzugten Lebensraum (vgl. THIELE 1964). Dieser kann durch Konkurrenzdruck erheblich modifiziert sein (Abb. 7).

In ihrer räumlichen Zuordnung zu dem bandartigen Lebensraum »Straßenrand« lassen sich zumindest 4 Artengruppen deutlich unterscheiden:

1) – stenöke Waldarten, die sowohl Straßenrandbereich als auch Waldrand streng meiden. (Straßenüberquerungen kommen praktisch nicht vor).
Beispiel: Molops piceus (PANZ.)

2) – euryöke Waldarten, die den Wald als Lebensraum bevorzugen, vereinzelt aber auch am Waldrand bzw. Straßenrand leben. (Straßenüberquerungen sind sehr selten zu beobachten: - 0,6 % der Wiederfänge);
Beispiel: Abax ater (VILL.)

3) – euryöke Waldrand- und Straßenrand-Arten. Diese Tiere sind am Straßenrand ebenso häufig anzutreffen wie am Waldrand. Sie dringen selten tief in den Wald ein. Ihre Verbreitung geschieht entlang der Straße. (Straßenüberquerungen sind relativ häufig.)
Beispiel: Pterostichus niger (SCHAL.)
(Eine Zwischenstellung zwischen 2 und 3 nimmt Carabus nemoralis und C. violaceus ein);
Straßenüberquerungen in % der Wiederfänge:
Pt. niger 5,2
C. nemoralis 6,8
C. violaceus 13

4) – stenöke Feldtiere, die nur unmittelbar am Straßenrand vorkommen, den Waldrand also bereits meiden. (Straßenüberquerungsrate vermutlich hoch, Untersuchungen liegen nicht vor.)
Beispiel: Harpalus latus (L.)

Eine Sonderstellung nehmen diejenigen Tierarten ein, für die die Straße eine Ausbreitungsgrenze darstellt, die sich als Population also nur auf einer Seite der Straße festsetzen konnten. Im Untersuchungsgebiet wurde die euryöke Waldart Pterostichus madidus (FAB.) nur östlich der Straße gefangen, mit Ausnahme einer Einzelbeobachtung auf der westlichen Straßenseite. Diese Art scheint sich vor Bau der Straße hier noch nicht angesiedelt zu haben und nun in ihrer Ausbreitung durch die Straße begrenzt zu sein.

5. Diskussion

5.1 Gründe für die Isolationseffekte und mögliche Konsequenzen

Bevor die Frage gestellt wird, wie aus ökologisch, faunistischer Sicht die Linienführung einer künftigen Autostraße optimal zu gestalten ist, sollte Klarheit herrschen über die Ursachen, die das Phänomen der Isolation bewirken sowie – um unseren Überlegungen Nachdruck zu verleihen – über mögliche Konsequenzen, die solche Effekte mit sich führen. Es gilt, ein ganzes Wirkungsgefüge aufzudecken, da die Verknüpfungen innerhalb der Lebensgemeinschaften und des sie beherbergenden Biotops vielfältiger Natur sind. An erster Stelle sind die abiotischen, also physikalisch-mikroklimatischen Veränderungen zu nennen, die den Straßenbau zwangsläufig begleiten. Mit der veränderten Abiotik, insbesondere mit der erhöhten Einstrahlung gehen pflanzensoziologische Veränderungen einher, die über Verknüpfungen in der Nahrungskette wiederum in die Tierartendiversität ausstrahlen (Abb. 8).

Veränderungen in der Artenzusammensetzung haben ihrerseits synökologische Konsequenzen wie Konkurrenz, erweitertes Beutetierspektrum, Räubereinfluß usw. zur Folge. Auch mechanische Bedrohung durch Unfälle und Immissionseffekte spielen eine bedeutende Rolle. In seiner Arbeit über die »Vielfalt der Käfer und Spinnenfauna im Einflußbereich von Verkehrsimmissionen« stellt MAURER (1974) u. a. fest, daß die Artendiversität im Straßenrandbereich durch Imissionsbelastung erheblich beeinträchtigt wird. Solche Auswirkungen sind keineswegs nur bei Spitzenverkehrsdichten zu beobachten. Die von Maurer untersuchte Straße wies eine Verkehrsdichte von durchschnittlich 250 KFZ/h auf.

Der Übergang der Raumstrukturverhältnisse vom ausgewogenen Strukturangebot eines naturnahen Waldes, über die äußerst strukturreiche Zone des Waldrandes zur Strukturlosigkeit der Straße dürfte die Artenzusammensetzung nicht nur der epigäischen Fauna, sondern auch beispielsweise der Avifauna maßgeblich modifizieren. (u. a. MacARTHUR et al. 1966, MOSS 1978). Schließlich ist das Einsickern biotopfremder Arten, wie es entlang der Straßen zweifelsfrei nachzuweisen ist, einem Genfluß zwischen den Teilpopulationen stenöker Waldtiere kaum dienlich. Zusammengefaßt sieht die Wirkungskette vereinfacht etwa folgendermaßen aus:

– Abiotische Veränderungen,
– Pflanzensoziologsche Veränderungen,
– biotopfremde Arten rücken nach und bewirken: Zonationsbiozönose mit interspezifischer Konkurrenz an den Übergangsbereichen,
– mechanische Bedrohung,
– Immissionsbelastung.

5.2 Mögliche Konsequenzen für die Lebensgemeinschaft auf lange Sicht

Für die Biozönose sind besonders die möglichen Langzeitwirkungen bedenkenswert. So droht für isolierte Biotope je nach Undurchlässigkeit der »Barriere Straße« eine Artenverarmung nach Maßgabe der Flächen-Arten-Kurve. Dieser Effekt ist besonders gravierend, je kleinparzelliger die verbleibenden Restbiotope sind.

Andererseits kann eine Isolierung von Biotopen Rassenbildungsprozesse einleiten, wie sie von MOSSAKOWSKI (1966) mit Hilfe biometrischer Untersuchungen festgestellt wurden. Durch die dem Straßenzug folgenden, biotopfremden Arten kommt es in zunehmendem Maße zu einer Faunenverschiebung bzw. -verfälschung.

Insgesamt bewirken die drei genannten Langzeitfolgen einen Verlust stenöker Arten zugunsten euryöker Arten. In zunehmendem Maße kommt es zum Aussterben von Spezialisten und zur Verbreitung von Generalisten, ein Prozeß, der in erschreckender Weise in das Gesamtbild einer nivellierten Landschaft im weitesten Sinne des Wortes paßt.

6. Folgerungen für Trassenwahl

Das BNatSchG fordert in § 8,2 zunächst, vermeidbare Eingriffe in Natur und Landschaft zu unterlassen, unvermeidbare Eingriffe durch Maßnahmen des Naturschutzes auszugleichen. Meines Erachtens dürfen Ausgleichsmaßnahmen nicht erst im Rahmen des landschaftspflegerischen Begleitplanes zur Sprache

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

kommen, sondern sind schon zum Zeitpunkt des Linienentwurfes zu berücksichtigen (WINKELBRANDT 1977).
Ein Straßenprojekt stellt grundsätzlich einen Eingriff im Sinne des § 8,2 BNatSchG dar und verpflichtet uns somit zu derartigen Forderungen. Vor allem sollte die Überlegung, ob überhaupt ein Straßenneubau notwendig ist, eingehend geprüft werden. Als nächster denkbarer Lösungsansatz ist die Möglichkeit einer sinnvollen Bündelung von Verkehrswegen zu prüfen. Wenn schließlich die Notwendigkeit eines Straßenneubaues unzweifelhaft existiert, stellen sich folgende Minimalforderunge aus tierökologischer Sicht:

6.1 Naturnahe Biotope dürfen nicht zerschnitten werden.
Im Rahmen der Voruntersuchungen zum Linienbestimmungsverfahren müssen Expertengutachten über die Situation der unmittelbar betroffenen Biotope eingeholt werden. Schützenswerte Biotope und selbstverständlich geschützte Biotope i. S. des § 12 BNatSchG und der Ländergesetze sind von Straßenbaumaßnahmen auszuschließen.

6.2 Natürliche Randzonen (Edge Effekt) müssen ausgespart bleiben.
Die Rand- und Übergangszonen zweier naturnaher Biotope sind in besonderer Weise durch floristische und faunistische Artenvielfalt ausgezeichnet. Solche Gebiete beherbergen im allgemeinen eine hohe Anzahl gefährdeter Tierarten und sind besonders störanfällig.

6.3 Es sollte darauf geachtet werden, daß im Zuge der Baumaßnahmen **möglichst flache abiotische Gradienten** auftreten. Insbesondere Feuchtgebiete, Wälder, Flußtäler und Seeufer zeigen Mikroklimaverhältnisse, wie sie mit denen der Straße nicht kombinierbar sind.

6.4 Gezielte Einzelmaßnahmen sind für ökologisch wertvolle Biotope, die nicht umgangen werden können oder als Reaktion auf ein bestimmtes Verhaltensinventar der betroffenen Tiergruppe vorzusehen.
Dabei ist beispielsweise an Untertunnelung als optimale Maßnahme, aber auch wo nötig an den Bau von Amphibientunnel oder Überbrückung von Tälern zu denken. Einschnitte erscheinen aus tierökologischer Sicht günstiger und bilden eine weniger wirksame Barriere als Dammaufschüttungen.

6.5 Als letzte Ausgleichsmaßnahme schließlich kommt der **Neuerwerb und die Gestaltung angekaufter Biotope** in Frage, die in Absprache mit Fachleuten (Biologen) geschehen sollten, um den Flächenverlust zu kompensieren. Ein solches Gelände sollte nicht in unmittelbarer Nähe der Trasse liegen, vielmehr sollten Funktionsketten des betroffenen Ökosystems die Auswahlkriterien bestimmen. Hierzu, insbesondere zur Frage der Biotopgestaltung, sind weiterführende Untersuchungen dringend angezeigt.

7. Zusammenfassung

7.1 Die Isolationswirkung der Straße auf die epigäische Fauna des Waldes wurde mit Hilfe von Markierungs- und Wiederfangversuchen an Käfern und Kleinsäugern untersucht. Die Straße trennt die Teilpopulationen fast vollständig. Die Überquerungsrate beträgt bei Mäusen <1 %, bei stenöken Waldkäfern 2,4 %, bei Einbeziehung der Feld- und Straßenrandarten 5,8 % der Wiederfänge.

7.2 Straßenüberquerungsversuche mit Käfern ergeben eine Unfallhäufigkeit von 14 % gegenüber einer berechneten Unfallwahrscheinlichkeit von 12,5 %. Beide Werte liegen aufgrund der zonationsbiozönotischen Effekte des Straßenrandes weit über der realen Unfallrate.

7.3 Abiotische Messungen, pflanzensoziologische und Strukturdiveritäts-Untersuchungen verdeutlichen den weit über die Trassenbreite hinaus wirkenden Eingriff in das Ökosystem.

7.4 Konsequenzen für die Trassenwahl aus ökologisch faunistischer Sicht sind:
– naturnahe Biotope dürfen nicht weiter zerschnitten werden,
– natürliche Randzonen müssen ausgespart bleiben,
– im Zuge von Baumaßnahmen muß auf möglichst flache abiotische Gradienten geachtet werden,
– gezielte, dem Verhaltensinventar der betroffenen Tiergruppen angepaßte, Einzelmaßnahmen wie Amphibientunnel, Wildsperrzäune etc. sind einzuplanen.

Literatur

CURTIS, J. T., 1956:
The Modification of Mid-latitude Grasslands and Forests by Man. – In W. L. Thomas, Jr., ed.: Man's Role in Changing the Face of Earth.Univ. of Chicago Press.

HAAS, W., 1964:
Verluste von Säugetieren und Vögeln auf Autostraßen. – Orn. Mitt. **16** (12), 245–250.

HEINRICH, D., 1978:
Untersuchungen zur Verkehrsopferrate bei Säugetieren und Vögeln –
Die Heimat **8**, 193-208.

INSTITUT FÜR NATURSCHUTZ UND TIERÖKOLOGIE, 1977:
Tierwelt und Straße. – Naturschutz und Landschaftspflege **26**, 91-115.

MacARTHUR & WILSON, E. O., 1963:
An Equilibrium Theory of Insular Zoogeography. – Evolution **17**, 373-387

MacARTHUR, R.; RECHER, H.; CODY, M., 1966:
On the Relation between Habitat Selection and Species Diversity. - Am. Nat. **100** (913), 319-325.

MADER, H.-J., 1979:
Die Isolationswirkung von Verkehrsstraßen auf Tierpopulationen untersucht am Beispiel von Arthropoden und Kleinsäugern. - Schr. R. Landschaftspfl. Natursch. **19**, 1-132.

MAURER, R., 1974:
Die Vielfalt der Käfer- und Spinnenfauna des Wiesenbodens im Einfluß von Verkehrsimmiss. – Ökologia **14**, 327-351.

MOOS, D., 1978:
Diversity of Woodland Songbird Populations. – J. anim. Ecology **47**, 521-527.

MOOSKOWSKI, D., 1966:
Ökologische und biometrische Untersuchungen an epigäischen Coleopteren verschiedenartiger Moor- und Heidebestände. – Diss. Kiel.

MÜHLENBERG, M.; LEIPHOLD, D.; MADER, H.-J.; STEINHAUER, B., 1977a:
Island Ecology of Arthropods. I. Diversity, Niches and Resources on some Seyschelles Islands. – Oecologia **29**, 117-134.
– 1977b:
Island Ecology of Arthropods. II. Niches and Relative Abundyncea of Seyschelles Ants (Formicidae) in Different Habitats. – Oecologia 29, 135-144.

NEUMANN, U., 1971:
Die Ausbreitungsfähigkeit von Carabiden in den forstlichen Rekultivierungen des Rheinischen Braunkohlereviers. In.: Dispersal and Dispersal Power of Carabid Beetles. – Misc. Paper 8, Wageningen, Netherlands ((Den Boer, Ed.).

OXLEY, D. J.; FENTON, M. B.; CARMMODY, G. R., 1974:
The effects of roads on small mammals. – J. appl. Ecol. **11**, 51.

SHANNON, C. E., 1948:
The mathematical therory of communication. – In: C. E. Shannon and W. Weaver: The Mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press, Urbana.

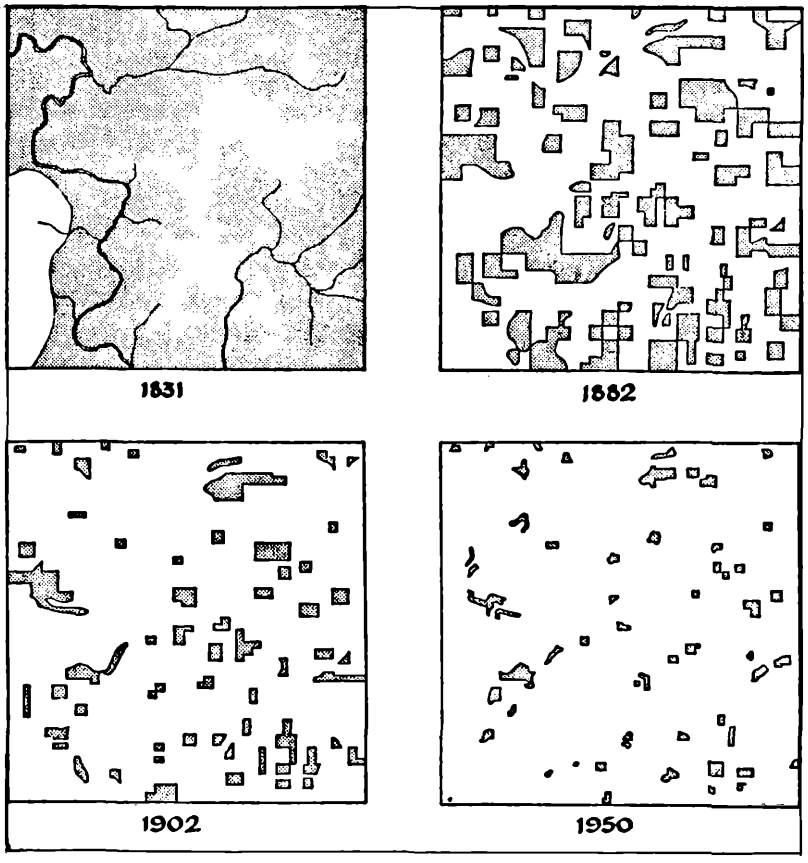
SIMBERLOFF, D., 1976:
Experimental zoogeography of islands. Effects of island size. – Ecology **57**, 629-248.

TAMM, J., 1976:
Chriozönosen auf und an Autostraßen. – Naturwiss. Rundschau **29** (6), 197-202.

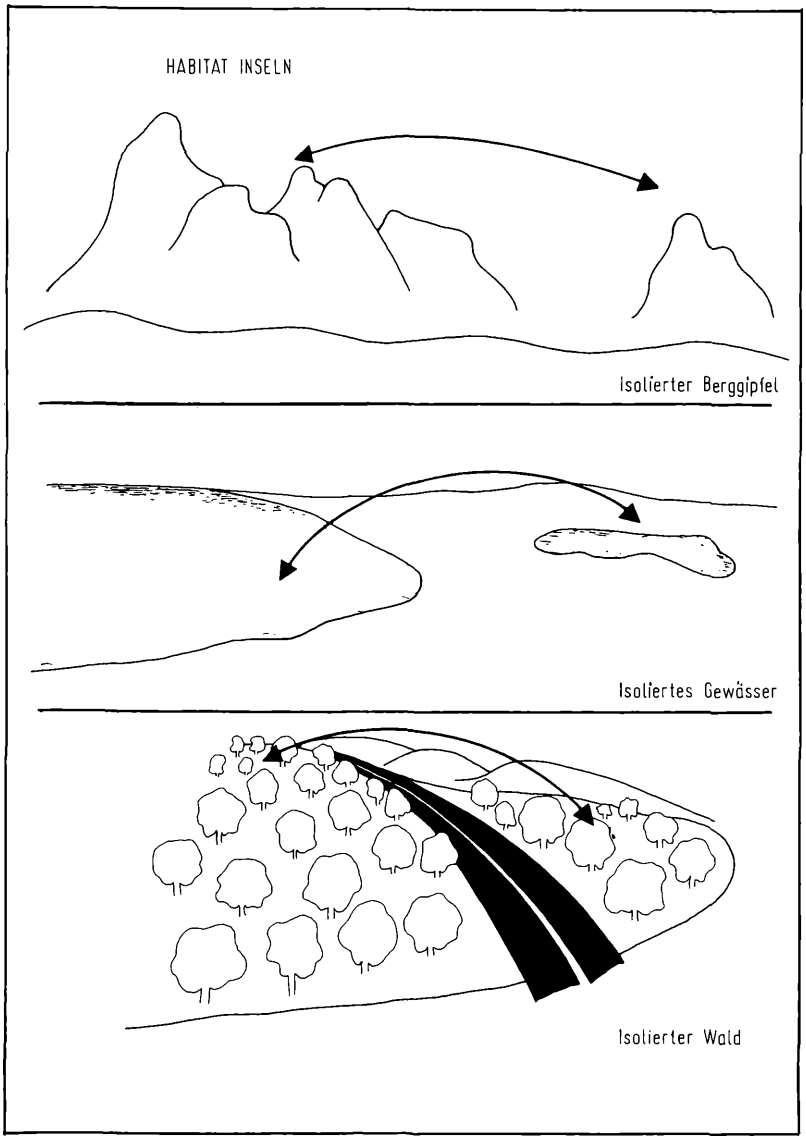
THIELE, H. U., 1964:
Experimentielle Untersuchungen über die Ursachen der Biotopbindung bei Carabiden. – Z. Morph. Ökol. Tiere **53**, 387-452.

WINKELBRANDT, A., 1977:
Landschaftsplanung und Straßenplanung. In: Erz, W. (Hrsg.) Naturschutz und Verkehrsplanung. – Jb. Natursch. Landschaftspfl. **26**, 35-50.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

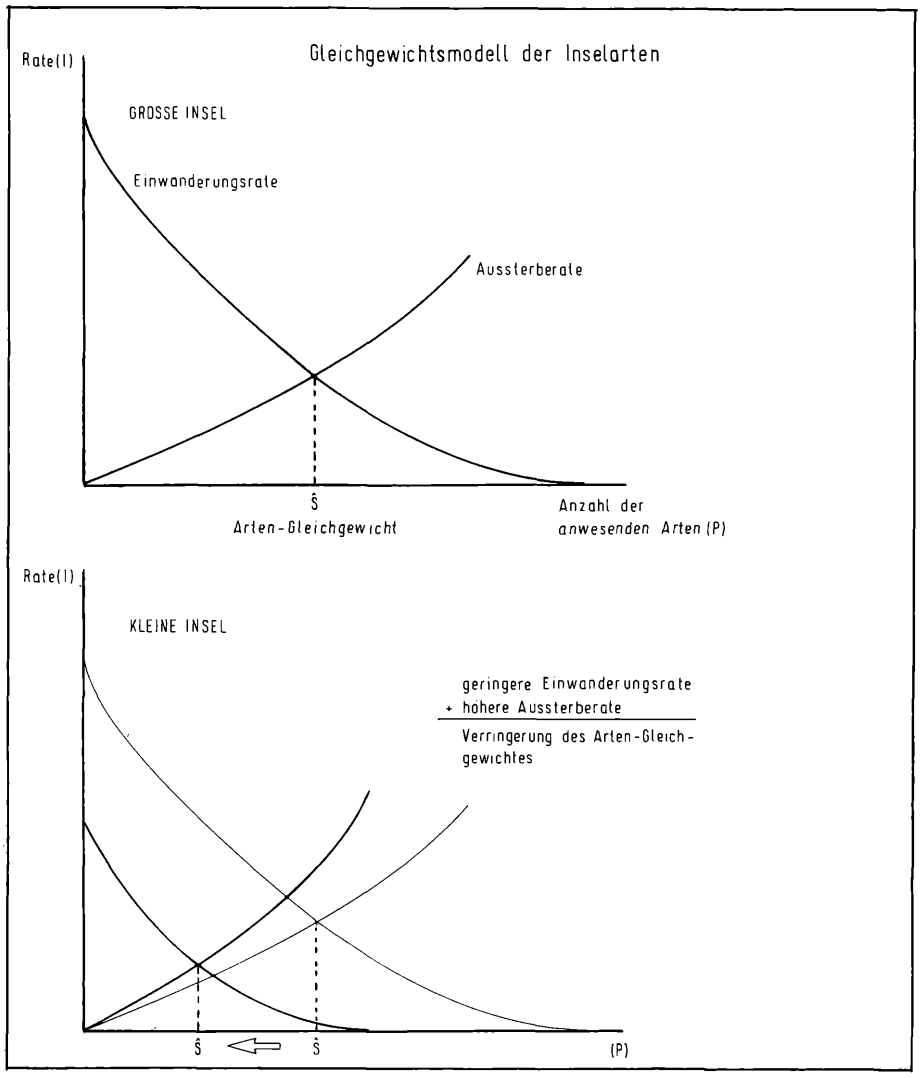


1 Verringerung und Zersplitterung des Waldgebietes im Bereich Cadiz, Wisconsin, 1831-1950 (nach Cutis 1956).

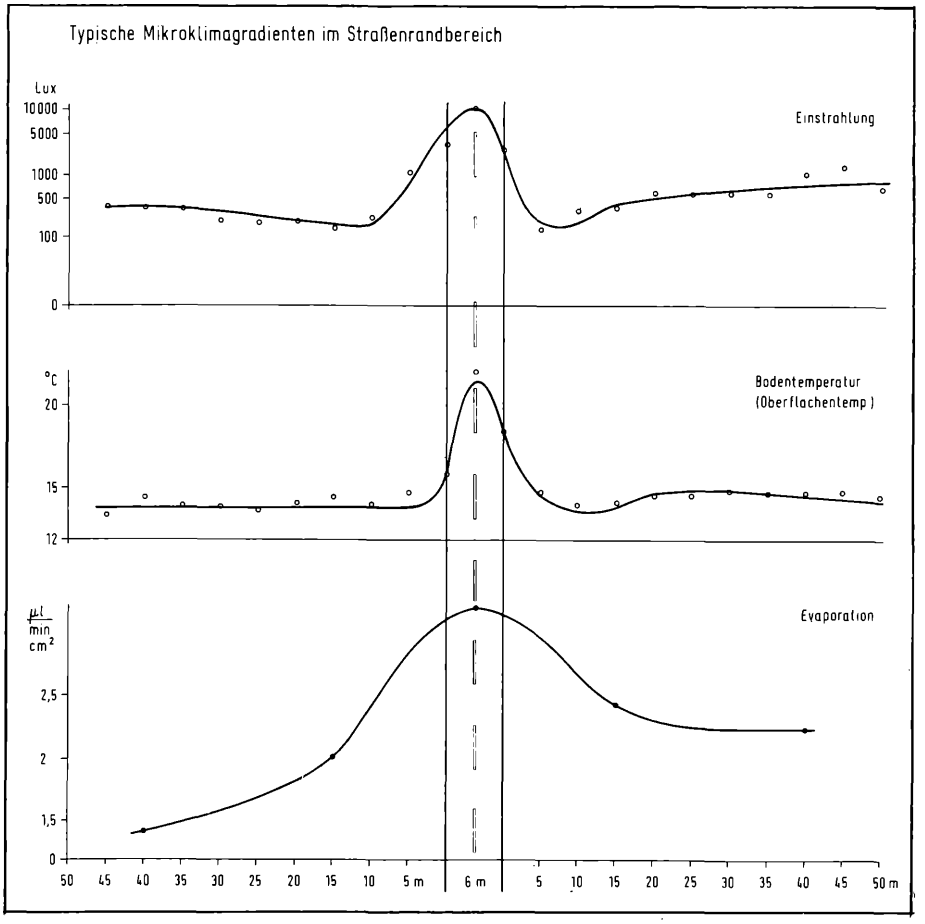


2 Drei Beispiele für Habitat-Inseln: isolierter Berggipfel, isoliertes Gewässer, isolierter, durch Straße abgetrennter Wald.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

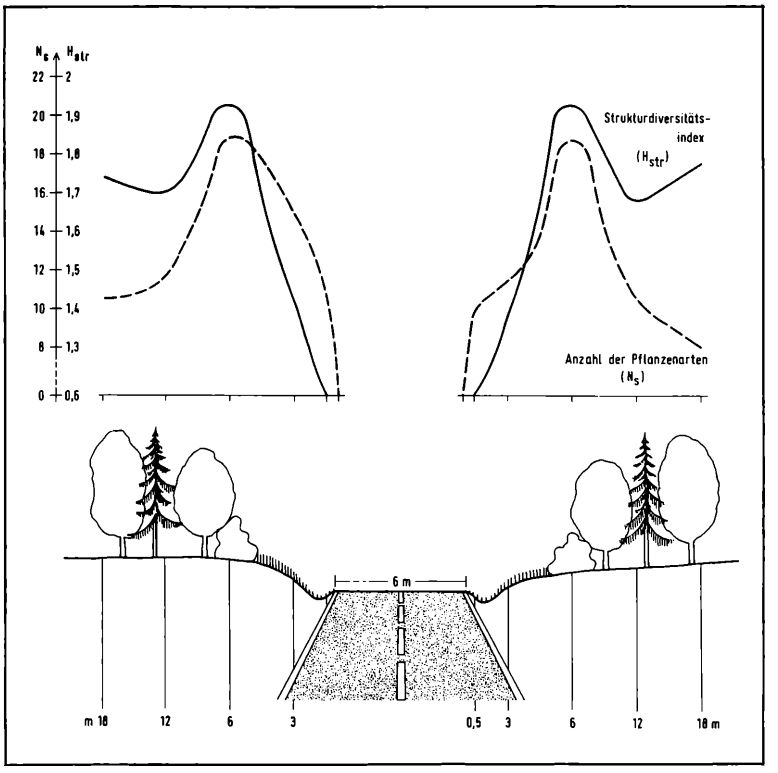


3 Gleichgewichtsmodell der Inselarten (nach MacARTHUR & WILSON 1963). Unten: Die Verringerung der Artenzahlen bei Verkleinerung der Inselfläche (Pfeil, dicke Linie).

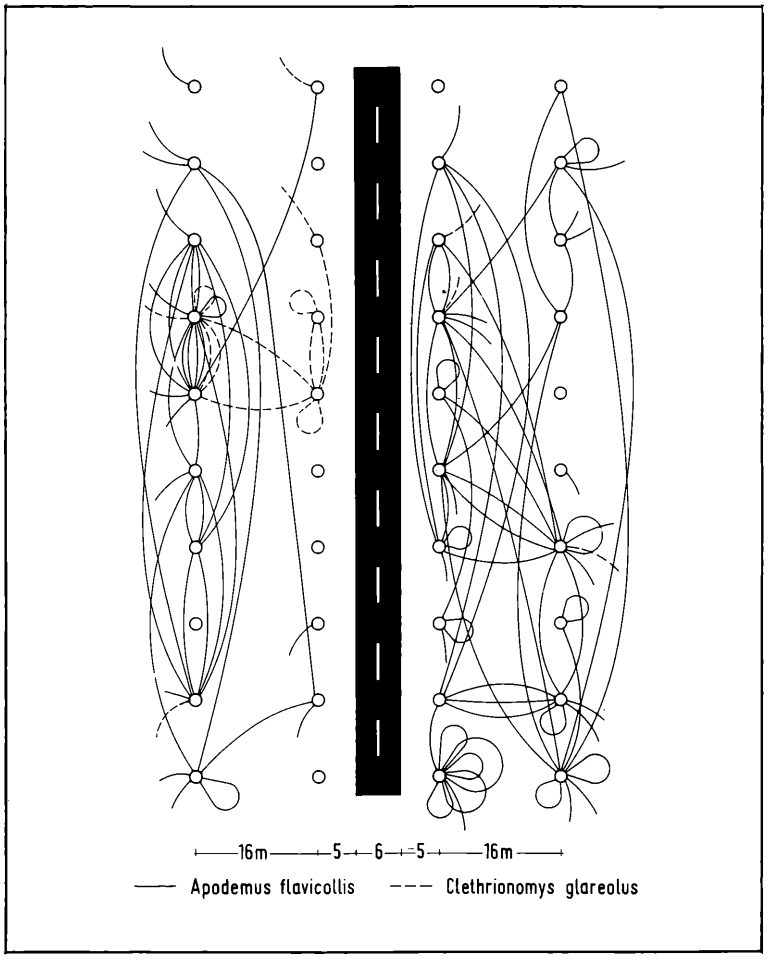


4 Typische Mikroklimagradienten im Straßenrandbereich verdeutlichen den Charakter der Straße als linienartiges Steppenelement. (Aufnahmezeit 10 - 12 Uhr. Mittelwerte aus mehreren Messungen im Juli 1977).

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

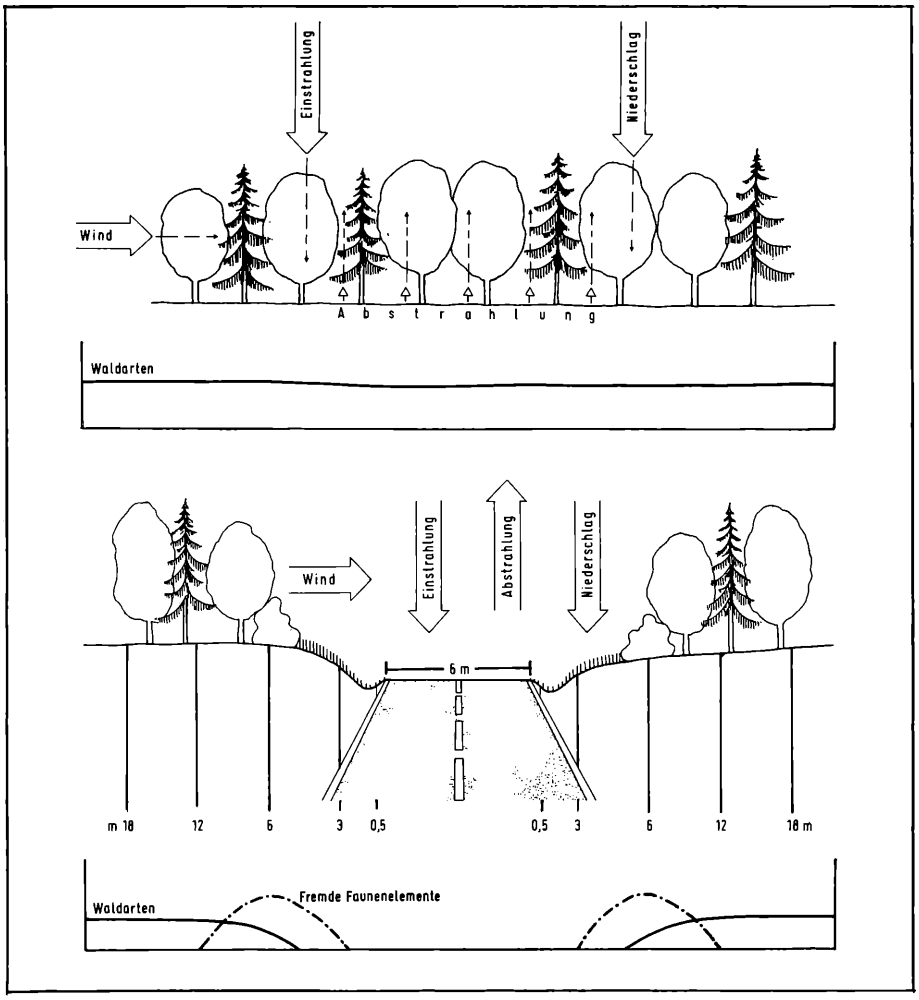


5 Maximalwerte des Strukturdiversitätsindex (HStr) und der Anzahl der Pflanzenarten (Ns) lassen den Randzoneneffekt (edge-effect) beiderseits der Straße deutlich werden.

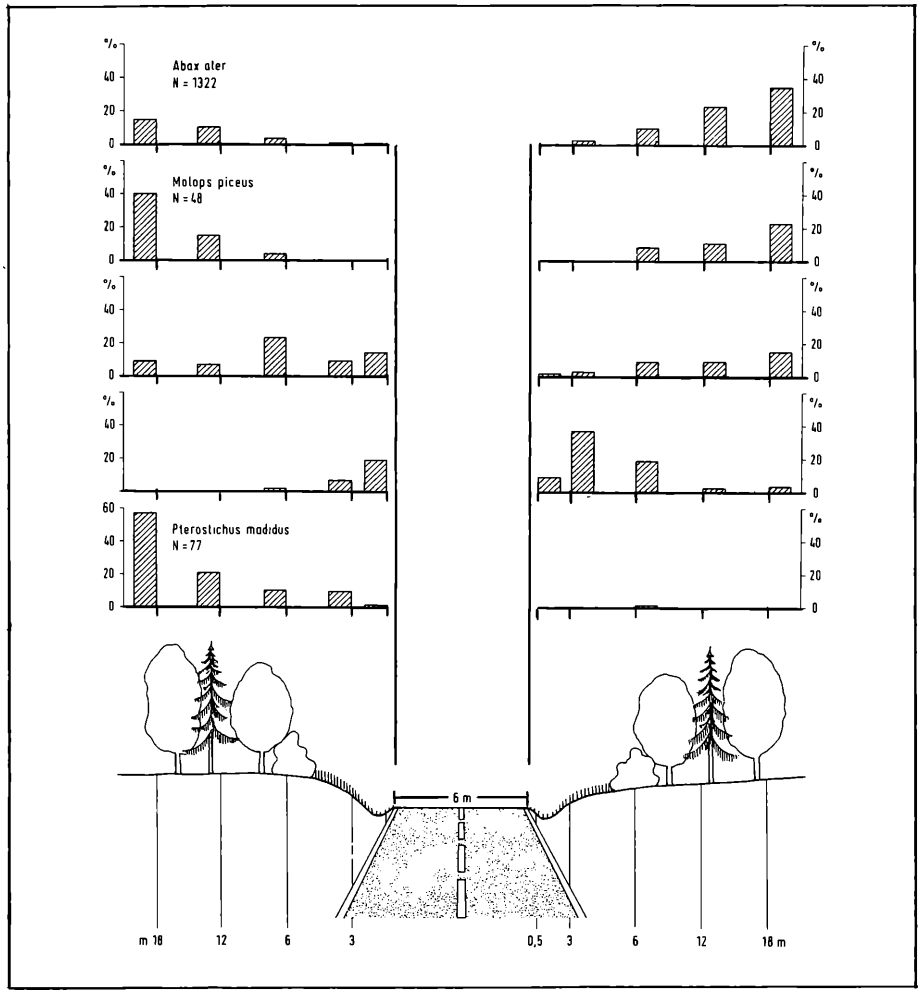


6 Mobilitätsdiagramm für die im Untersuchungsgebiet dominanten Kleinsäugerarten: Gelbhalsmaus, (A. flavicollis) und Rötelmaus (C. glareolus). Seitlicher Fallenabstand 20 m.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)



7 Unterschiedliche Aktivitätsdichte bei 5 Carabidenarten in Abhängigkeit von der Straßenentfernung. Von oben nach unten Beispiele für: euryöke Waldart, stenöke Waldart, Waldrandart (euryök), Feldart (Straßenfreund), Art mit Verbreitungsgrenze an der Straße.



8 Die Straße als linienartiges Steppenelement ermöglicht das Nachrücken fremder Faunelemente zu beiden Seiten.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Jahr/Year: 1979

Band/Volume: 3_1979

Autor(en)/Author(s): Mader Hans-Joachim

Artikel/Article: Biotopisolierung durch Straßenbau am Beispiel ausgewählter Arten - Folgerungen für die Trassenwahl 56-63