

## STRUKTUR UND FUNKTION VON STRASSENRÄNDERN IN DER AGRARLANDSCHAFT

Wolfgang Schmidt

### ABSTRACT

Road side verges can often be considered the only non-profit orientated habitats in intensively used agricultural landscapes. They form line-biotopes of strictly separated zones between extremely life-hostile roadways and the neighbouring intensively used arable fields or grasslands. The features that characterize these sites result from road landscaping and road side management as well as from traffic stress and agricultural land use:

- Levelling out of site differences by adding highly fertile topsoil material even on soils of low fertility. Revegetation of the bare soil with grass species of high competitive quality.
- Impact of pollutants coming from the traffic (salting, heavy metals, organic compounds) and agriculture (pesticides). Eutrophication by roadway dust, exhauste fumes and agricultural fertilizers.
- Economically-orientated roadside management which hardly considers road site factors nor successional processes.

Levelling out by landscaping and management as well as pollution stress caused by traffic and agriculture allow only the existence of common plant and animal species on road side verges in agricultural landscapes. Sensitive ecosystems which need low soil fertility and toxine levels hardly have any chances to survive along roads with high traffic density. The same development can be observed along small field-tracks. This is why the refugial and network effects of road side verges should not be overestimated even in a countryside which is dominated by agriculture and still holds a fairly high species diversity on road side verges. For animals (as shown for the brown hare) a dense road system may even have a negative effect: it cuts the landscape into small pieces and bits and produces strong heavy metal pollution. Ecologically-orientated landscaping and management of roadsides cannot compensate these negative effects but can at best relieve them. Even in agricultural landscapes road side verges have not such positive effects on flora and fauna which can justify a further extension of the highway and road system.

keywords: *road side verges, agriculture, eutrophication, heavy metal, salt, roadside vegetation, brown hare, nature conservation*

### 1. EINLEITUNG

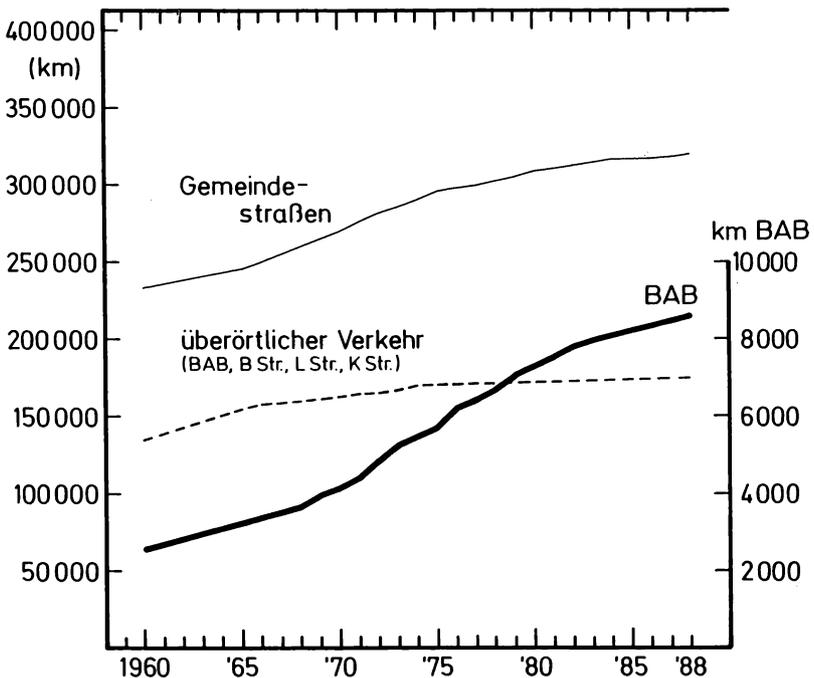
In Diskussionen über den Rückgang von Pflanzen- und Tierarten in der mitteleuropäischen Kulturlandschaft nehmen Landwirtschaft und Straßenverkehr als Verursacher eine hervorgehobene Rolle ein (BLAB et al. 1984, KORNECK und SUKOPP 1988). Agrarlandschaften haben in den letzten Jahrzehnten einen starken Wandel erfahren. Durch Rationalisierung und Intensivierung ging die Standortvielfalt verloren. Die rapide Zunahme des Pestizid- und Düngereinsatzes sorgte für einen solchen Verlust an Artenvielfalt auf Äckern, Wiesen und Weiden, daß der Blick in den ausgeräumten, flurbereinigten Agrarlandschaften fast zwangsläufig auf jene wenigen Flächen fiel, auf denen keine landwirtschaftliche Produktion stattfindet: die Straßen- und Wegränder. Erste Untersuchungen (ELLENBERG et al. 1981) wiesen das Straßenbegleitgrün (wie es im Amtsdeutsch genannt wird) gerade in Feldlandschaften als ausgesprochen artenreich aus. In übergreifenden Naturschutzkonzepten wie der Biotopvernetzung

und der Schaffung von Refugial- und Regenerationsräumen wurde den Straßen- und Wegrändern eine herausragende Rolle zugesprochen (HEYDEMANN 1981, 1983, KAULE 1983, DEIXLER 1985, KÜSTER 1987), die von Seiten der Straßenbauverwaltungen freudig begrüßt wurde. So konnte es auch nicht weiter überraschen, daß die Anpflanzung von Gehölzen, die Ansaat von Rasen entlang der Straßen sogar als Ausgleichs- und Ersatzmaßnahme im Sinne des Naturschutzgesetzes bei Neu- und Ausbaumaßnahmen diskutiert wurden.

Es gab aber auch frühzeitig Gegenmeinungen: Der hohe Vernetzungsgrad wirkt als Zerschneidungseffekt negativ (MADER 1979, 1980, 1981, 1987). Die Belastungs- und Störungssituation an Straßen erlaubt es nur "robusteren" Lebensgemeinschaften (HABER 1983), eine dauerhafte Existenzmöglichkeit zu finden. Empfindliche Arten mit hohem Naturschutzwert treten kaum am Straßenrand auf (ULLMANN und HEINDL 1986, NAGLER und SCHMIDT 1987, STOTTELE 1987, RATTAY-PRADE 1988, STOTTELE und SCHMIDT 1988, ULLMANN et al. 1988, NAGLER et al. 1989, SAYER und SCHAEFER 1989).

Der vorliegende Beitrag ist als Einstieg in das Symposium "Straßen und Wege im Agrarraum: Bedeutung für Ökologie und Naturschutz" gedacht. Er konzentriert sich auf die Struktur und Funktion der öffentlichen, meist vielbefahrenen Straßen in Agrarlandschaften. Die Rolle der Feldwege wird nur im tierökologischen Abschnitt angesprochen. Diese Verteilung entspricht auch den Schwerpunkten in den Vorträgen und Posterbeiträgen dieser Tagung.

### Länge der öffentlichen Straßen in der BRD



**Abb. 1:** Länge der öffentlichen Straßen in der Bundesrepublik Deutschland von 1960 bis 1988, getrennt nach inner- und außerörtlichen Gemeindefstraßen, den Straßen des überörtlichen Verkehrs insgesamt (Bundesautobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen) sowie den Bundesautobahnen allein.

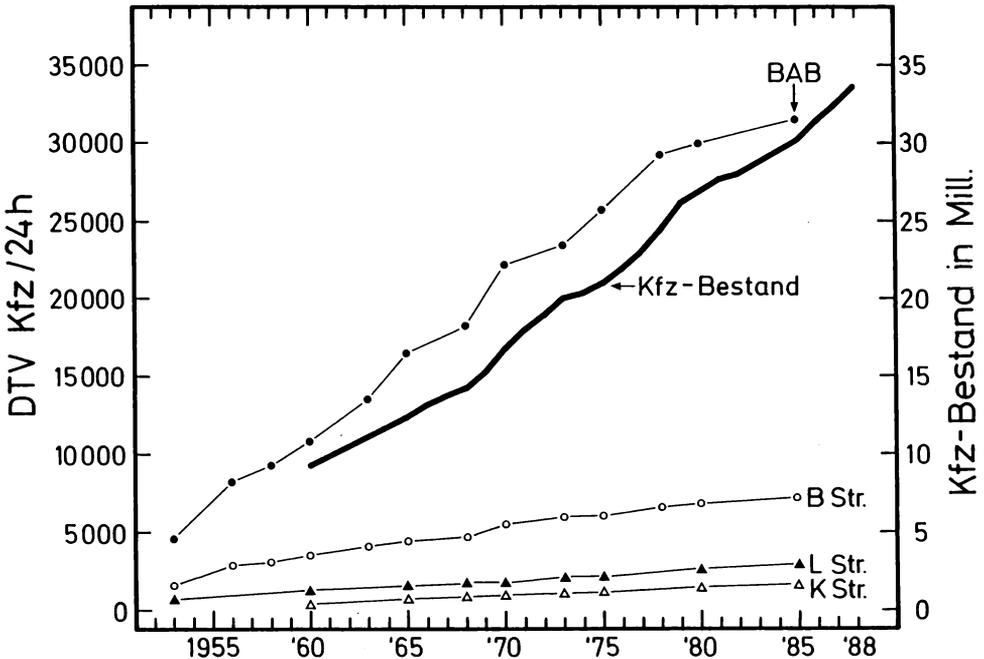
Quelle: BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR 1988.

**2. AUSGANGSSITUATION:  
STRABEN UND STRABENVERKEHR IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

Die Bundesrepublik Deutschland hatte 1988 mit 1,98 Straßenkilometer je km<sup>2</sup> Fläche nach Belgien, Japan und den Niederlanden die vierthöchste Straßennetzdichte der Welt. Die Länge der Straßen des überörtlichen Verkehrs (Bundesautobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen), auf die sich mehr als die Hälfte des gesamten Straßenverkehrs konzentriert, wuchs zwischen 1960 und 1988 um ca. 38.000 km auf 174.000 km. Gleichzeitig erhöhte sich die Länge der Gemeindestraßen um ca. 87.000 km auf 320.000 km (Abb. 1; BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR 1988). Die Länge der befestigten und unbefestigten land- und forstwirtschaftlichen Wege wird auf ca. 500.000 km geschätzt (BUNDESMINISTER DES INNERN 1985). Parallel zur Entwicklung des KFZ-Bestandes von 8,0 Millionen KFZ im Jahre 1960 auf 33,5 Millionen KFZ im Jahre 1988 nahm auch die Straßenbelastung steil zu. Besonders ausgeprägt geschah dies auf den vielbefahrenen Bundesautobahnen (Abb. 2; BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR 1988). Der Ausbau des Straßennetzes und der gewaltige Anstieg der Verkehrsbelastung ist vielfach dokumentiert worden. Beispielhaft sei hier nur der Ausbau des Autobahnnetzes in Nordrhein-Westfalen zwischen 1956 und 1988 (Abb. 3) vorgestellt.

Der Anteil der versiegelten (befestigten) Straßenflächen an der Fläche des Bundesgebietes betrug 1988 1,23 % (BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR 1988). Dies entspricht genau dem Flächenanteil, den die Naturschutzgebiete (ohne Wasserflächen) 1988 in der Bundesrepublik Deutschland einnahmen (HAARMANN und PRETSCHER 1988). Rechnet man die nicht

**VERKEHRSELASTUNG und KFZ-BESTAND**



**Abb. 2:** Durchschnittliche tägliche Verkehrsbelastung (DTV Kfz/24 h) auf Bundesautobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen von 1953 (1960) bis 1985 sowie der Kfz-Bestand in der Bundesrepublik Deutschland von 1960 bis 1988.  
Quelle: BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR 1988.

versiegelten Mittelstreifen, Bankette, Böschungen usw. - auch des landwirtschaftlichen Wegenetzes - hinzu, so beanspruchen Straßenverkehrsflächen insgesamt 4,4 % (STOTTELE und SCHMIDT 1988). Legt man die von ELLENBERG et al. (1981) genannten Zahlen aus dem Jahre 1977 zu Grunde, so dürfte heute das Straßennetz einschließlich der durch Immissionen nur beschränkt nutzbaren Fläche etwa 10 % der Landfläche der Bundesrepublik ausmachen.

## AUTOBAHNNETZ NORDRHEIN-WESTFALEN

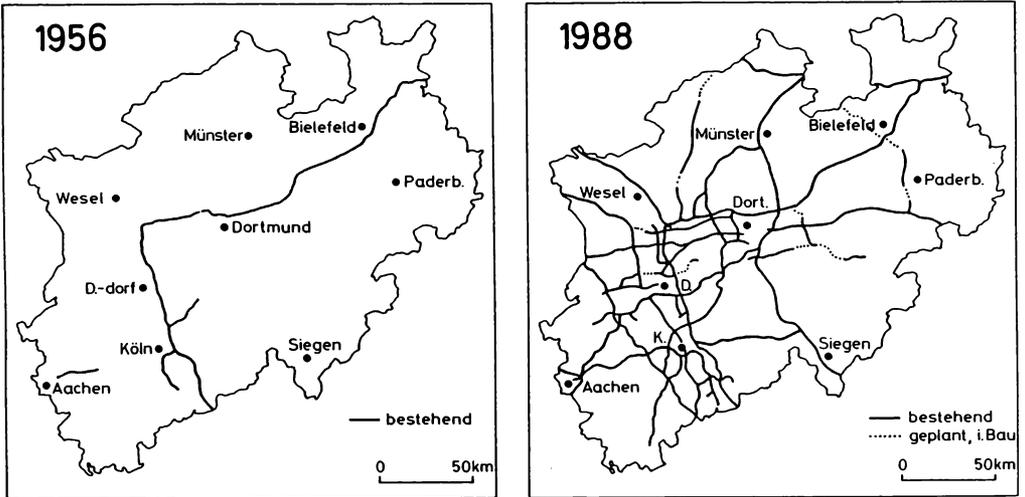


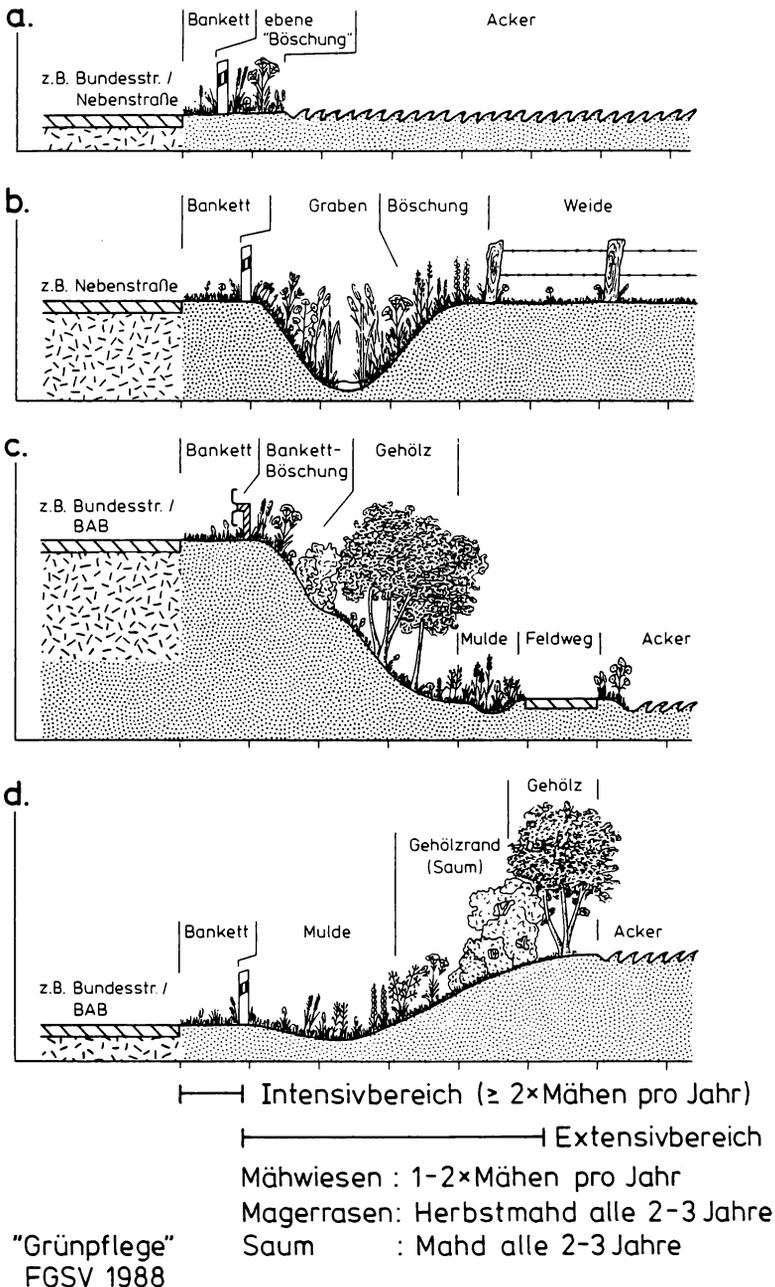
Abb. 3: Das Autobahnnetz im Bundesland Nordrhein-Westfalen 1956 und 1988.

### 3. STANDORTSBEDINGUNGEN AM STRAßENRAND

Begrünte Randflächen an Verkehrswegen außerhalb der Siedlungen besitzen also einen hohen Flächenanteil und Vernetzungsgrad (Abb. 3). Land- und forstwirtschaftliche Produktion in ihrer heutigen intensiven Form findet hier nicht statt. Daß sich trotz dieser an sich günstigen Voraussetzung kaum für den Naturschutz wertvolle Landschaftsbestandteile entwickeln können (HABER 1983, SCHEMEL 1985), beweisen neben der Struktur und Funktion der Lebensgemeinschaften (siehe Kapitel 4. und 5.) die Standortbedingungen am Straßenrand, die durch Störungen und Belastungen gekennzeichnet sind.

Straßenränder sind linienhafte Biotope mit einer typischen Zonierung der Standortbedingungen und Lebensgemeinschaften, die sich besonders in Agrarlandschaften scharf von der Umgebung absetzen. Ursachen der Abfolge (Zonierung) sind sowohl in der Anlage (z.B. Profilgestaltung, Bauuntergrund, Ansaat, Anpflanzung) als auch im Betrieb (z.B. Pflegemaßnahmen, Belastungen durch Immissionen) zu sehen. Die in Abb. 4 zusammengestellten Trassenprofile veranschaulichen einige typische Abfolgen in Agrarlandschaften, wobei normalerweise zwischen Fahrbahn, Bankett, Mulde/Graben, Böschung, Saum und Gehölz unterschieden wird.

Extrem lebensfeindlich sind die versiegelten **Fahrbahnen**. Teer oder Beton als Substrat verhindern eine Besiedlung durch Pflanze und Tier. Ein steiler Gradient im Mikroklima hält viele Tiere vom Überqueren der Fahrbahn ab (ELLENBERG et al. 1981, MADER 1981).



**Abb. 4:** Beispiele typischer Zonierungen der Straßenränder in Agrarlandschaften (nach STOTTELE und SCHMIDT 1988). Pflegeempfehlungen nach dem Grünflächen-Merkblatt (FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR DAS STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN 1988).

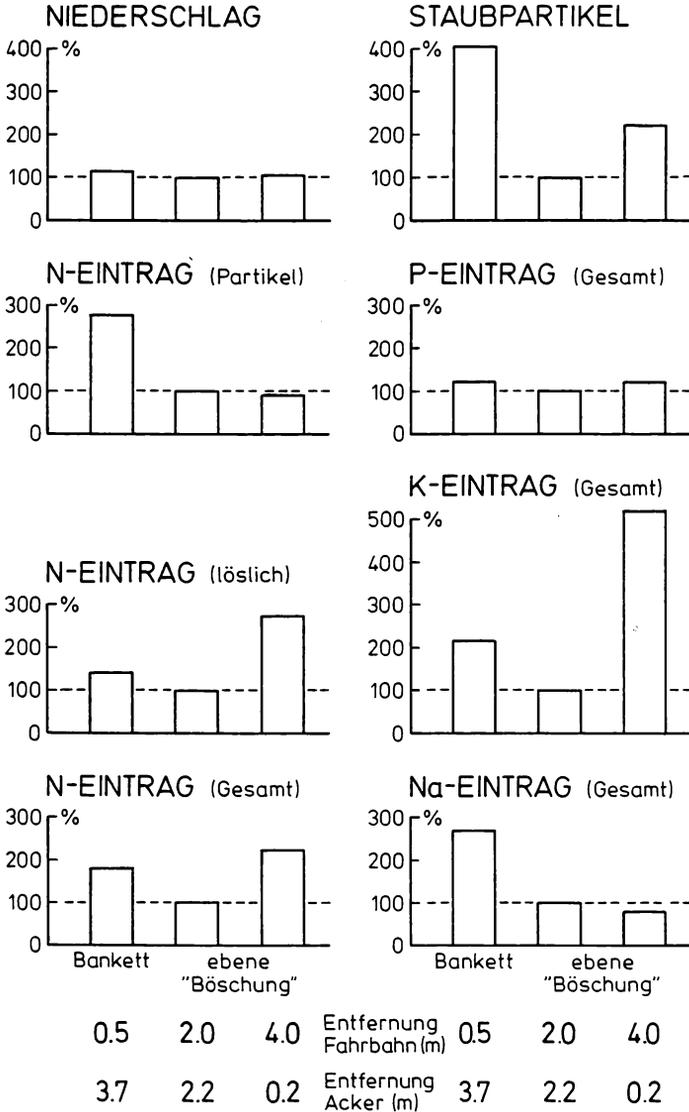
Im begrünten Trassenprofil stellt das **Bankett** zweifellos den extremsten und naturfernsten Standort dar. Dieser Bereich weist gegenüber den sich anschließenden Zonen eine Reihe von Besonderheiten auf. Die ursprünglichen Bodenverhältnisse sind stark verändert. Meist standortsfremde Schotter im Unterbau und oberflächennahe Verdichtungshorizonte sorgen bei den nicht unerheblichen Regenwassermengen, die von der Fahrbahn abfließen, für einen starken Wechsel in der Wasserversorgung. Mit Rücksicht auf die Verkehrssicherheit werden die Bankette durchgehend mehrmals im Jahr gemäht (Intensiv-Pflegebereich). An Autobahnen alle drei bis acht, sonst im Abstand von 10 bis 15 Jahren erfolgt das Abschälen der Bankette, bei dem der aus Abrieb, Straßentaub und Pflanzenaufwuchs entstandene Wall entfernt wird, um die Entwässerung der Fahrbahn sicherzustellen. Dadurch werden immer wieder Pionierstandorte geschaffen. Besonders an weniger befahrenen Straßen, seltener an Autobahnen mit befestigtem Seitenstreifen kommt es außerdem durch das Befahren zu einer erheblichen mechanischen Belastung und Störung. Im Bankett wirkt sich auch der erhöhte Schadstoff- und Nährstoffeintrag durch den Fahrzeugverkehr mit Abgasen, Staub und Spritzwasser am stärksten aus (Abb. 5, 6; WAGNER 1987, WISCHNATH 1987, WEHRMANN 1988, MEDERAKE et al. 1989, WAGNER und SCHMIDT 1989). Die hohe Schwermetall- und Salzbelastung der Bankette ist vielfach dokumentiert worden (zusammenfassende Darstellungen u.a. ELLENBERG et al. 1981, ELLENBERG und STOTTELE 1984, STOTTELE und SCHMIDT 1988). SPENCER et al. (1988) und SPENCER und PORT (1988) fanden in Topfversuchen die höchste Stoffproduktion und die höchsten Stickstoffgehalte in den Pflanzen, die am nächsten zur Fahrbahn hin wuchsen. In Kombination mit Streusalz steigerte sich die Stoffproduktion und die Stickstoffaufnahme noch, was von den Autoren auf die erhöhte Absorption von  $\text{NO}_x$  in salzhaltigen Böden, seine nachfolgende Oxidation und Verfügbarkeit für Pflanzen zurückgeführt wird.

Mulde, Böschung, Saum und Gehölz leiden deutlich weniger unter den vom Verkehr ausgehenden Störungen und Belastungen. Hier prägen Anlage und Unterhaltung stärker die Standortbedingungen. Typisch für Agrarlandschaften mit ihren fruchtbaren Böden ist es, daß bei der Anlage neuer **Böschungen** auch auf ärmeren Ausgangssubstraten eine Bodenandeckung mit nährstoffreichem Oberboden erfolgt. Die gehölzfreie Böschungsvegetation wird durch eine Regelsaatgutmischung begründet, die sich vor allem aus wenigen konkurrenzkräftigen Gräsern zusammensetzt. Bei der Pflege wurde in der Vergangenheit auf Standorts- und Vegetationsunterschiede wenig Rücksicht genommen. Mulden und Böschungen zählen zum Extensiv-Bereich (Abb. 4), der vorrangig unter dem Gesichtspunkt der Reinhaltung ("Reinigungsschnitt", FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR DAS STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN 1983) einmal jährlich gemäht, häufiger nur gemulcht wird, d.h. das Mähgut bleibt auf den Flächen liegen. Erst in dem 1988 herausgegebenen Merkblatt (FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR DAS STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN 1988) wird für Mähwiesen, Magerrasen, Heiden sowie Hochstaudenfluren und Säume eine differenzierte Mahd empfohlen (Abb. 4). Eine praktische Umsetzung ist bisher kaum erfolgt. Aus Kostengründen, z.T. auch wegen Schwierigkeiten bei der Mähgutverwertung geht man vielmehr dazu über, auch langgezogene, ältere Böschungen bis zu den Mulden hinunter mit Gehölzen zu bepflanzen. Bei den schmalen Straßenböschungen, wie sie für die meisten Straßenböschungen in Agrarlandschaften typisch sind, wird weiterhin ein- bis zweimal jährlich gemulcht. Damit wird verhindert, daß - ebenso wie auf den benachbarten landwirtschaftlichen Flächen - Sukzessionen ungestört ablaufen können.

Physiognomisch am auffallendsten in den Agrarlandschaften sind die straßenbegleitenden **Gehölze**. Durchgehende Gehölzstreifen finden sich in der Regel nur an den langgezogenen Böschungen und Dämmen modern ausgebauter Autobahnen und Straßen. Ihre Struktur und Funktion wird entscheidend durch die bei der Anpflanzung ausgewählten Sträucher und Bäume geprägt. Nur an älteren Nebenstraßen beobachtet man häufiger die spontane Ansiedlung von Gehölzen. Allerdings ist hier die Böschung selten so breit, daß sich ein durchgehender Gehölzstreifen bilden kann. Isoliert stehende Büsche, gelegentlich auch kleinere Gruppen durchsetzen die Böschungen, immer wieder hart bedrängt durch die Mäh- und Schlegelgeräte der Straßenmeister oder durch den Pflug und das Spritzgerät im angrenzenden Acker. Diese regelmäßigen Störungen sind auch der Grund dafür, daß sich typische staudenreiche **Saumgesellschaften** nur in Ausnahmefällen entlang der Straßengehölze entwickeln konnten. Eine gezielte Pflege der eingewachsenen Straßenrand-Gehölze ist in der Vergangenheit kaum erfolgt, sieht man von Maßnahmen ab, die aus Gründen der Verkehrssicherheit erfolgen mußten.



# B 27 APRIL-OKTOBER 1987



**Abb. 6:** Spritzwasser- und Stoffeintrag in Bankett und Böschung einer Bundesstraße (B27 östlich von Göttingen, 11.000 Kfz/24 h). Die Böschung grenzt unmittelbar an einen intensiv bewirtschafteten Acker (1987 mit Wintergerste bestellt). Die Werte der Böschungsmitte wurden jeweils gleich 100 Prozent gesetzt. Zusammengestellt nach Angaben von WEHRMANN (1988).

Straßenränder in Agrarlandschaften erfahren Belastungen und Störungen nicht nur von der Fahrbahnseite her. Kennzeichnend für sie sind erhebliche Pestizid- und Düngereinträge, die besonders bei angrenzender Ackernutzung und schmalen Straßenrändern die Ausbildung der Lebensgemeinschaften und der Standortbedingungen mit bestimmen. Untersuchungen von WEHRMANN (1988, Abb. 6) an einer vielbefahrenen Bundesstraße, die durch einen vier Meter breiten Grünstreifen von dem angrenzenden Acker getrennt wird, zeigen, daß von der Feldseite her ein beträchtlicher Eintrag an Stickstoff und Kalium, weniger an Phosphor, aus der landwirtschaftlichen Düngung in die unmittelbar angrenzende Böschungzone hinein erfolgt. Zusammen mit den Einträgen von der Fahrbahnseite her und dem nährstoffreichen Oberboden ist bei fehlendem Nährstoffexport durch die Mahd für die Straßenränder in Agrarlandschaften durchgehend eine gute bis sehr gute Nährstoffversorgung gegeben (MEDERAKE et al. 1989a, b).

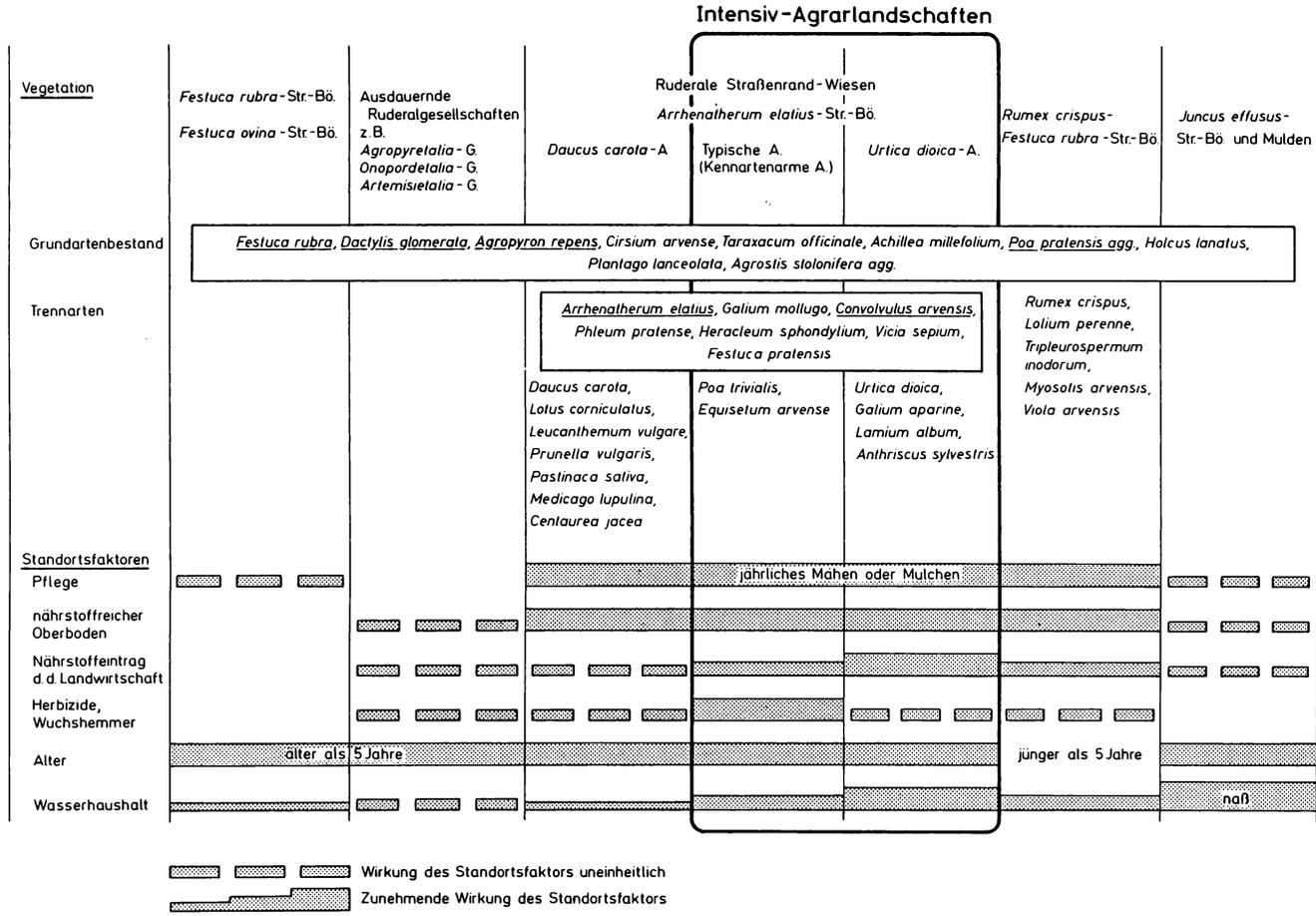
#### 4. VEGETATION UND FLORA DER STRAßENRÄNDER IN DEN AGRARLANDSCHAFTEN MITTEL-EUROPAS

##### 4.1 Die Straßenrand-Vegetation im Überblick

Die Zahl der Untersuchungen über die Vegetation an Autobahnen und Straßen hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Wurde früher die Straßenrand-Vegetation eher zufällig bei der Aufnahme von Ruderal- und Saumgesellschaften mit erfaßt, so werden jetzt ganz gezielt bestimmte Streckennetze oder Landschaftsräume bearbeitet. In den meisten Fällen erfolgten diese Untersuchungen in enger Zusammenarbeit mit den zuständigen Verkehrsministerien und Straßenbauverwaltungen. Ziel war es daher nicht nur, Flora und Vegetation zu beschreiben, sondern auch deren aktuellen Wert für Naturschutz und Landschaftspflege zu bestimmen sowie Vorschläge für die Anlage und Unterhaltung zu erarbeiten, durch die sich der Wert der vorhandenen Straßenränder im Sinne des Arten- und Biotopschutz steigern läßt. Beispiele aus der Bundesrepublik Deutschland sind die Arbeiten von STOTTELE (1981, 1987) von der Rhön-Autobahn und aus der Lüneburger Heide, von BRANDES (1988) aus dem östlichen Niedersachsen, von KRAUSE und MORDHORST (1983) von der Sauerland-Autobahn, von ULLMANN (1984), ULLMANN und HEINDL (1986, 1987) und ULLMANN et al. (1988) aus dem mainfränkischen Wärmegebiet, von NAGLER und SCHMIDT (1987) und NAGLER et al. (1989) aus Nord- und Südhessen und von RATTAY-PRADE (1988) aus Südbaden. Ein repräsentativen Überblick über die straßenbegleitende Vegetation in 14 Meßtischblättern der Bundesrepublik geben STOTTELE und SCHMIDT (1988). Aus den benachbarten mitteleuropäischen Ländern sind die Untersuchungen von HANSEN und JENSEN (1972) in Dänemark, ZONDERWIJK (1979) und SYKORA et al. (1988, 1989) in den Niederlanden, BERG (1989) in der DDR, KOPECKY (1978, 1988) in der CSSR, HEISELMAYER und REISINGER (1989) in Österreich und KLEIN (1980) und WEGELIN (1984) in der Schweiz zu nennen.

Unter den angesprochenen Zonen entlang der Fahrbahn zeigen die gehölzfreien Böschungen die deutlichste standörtliche Differenzierung. Sie stehen daher im Mittelpunkt der meisten Untersuchungen und sollen auch hier vorrangig angesprochen werden. In den Agrarlandschaften Mitteleuropas lassen sich die weiter verbreiteten Böschungs-Gesellschaften nach den Untersuchungsergebnissen von STOTTELE und SCHMIDT (1988) bei einem überregionalen Vergleich in sieben standörtlich klar zu trennende Gruppen mit unterschiedlichem pflanzensoziologischen Rang zuordnen (Abb. 7).

Gemeinsam ist diesen Einheiten ein Grundartenbestand aus allgegenwärtigen Kulturbegleitern mit weiter ökologischer Amplitude, starker Konkurrenzkraft und hoher Ausbreitungsfähigkeit. Dabei handelt es sich auf der einen Seite um mesotrophe, meist niedrige Grünlandpflanzen mit hoher Deckung, aber mäßiger Biomasse-Entwicklung (*Festuca rubra*, *Dactylis glomerata*, *Taraxacum officinale*, *Achillea millefolium*, *Poa pratensis* agg., *Holcus lanatus*, *Plantago lanceolata*, *Agrostis stolonifera* agg.), andererseits um mittel- bis hochwüchsige Störungszeiger wie *Agropyron repens* und *Cirsium arvense*. Bei der Untergliederung kommt den Faktorenkomplexen Pflege, Nährstoff- und Wasserhaushalt, Herbizide und Alter eine entscheidende Rolle zu (Abb. 7).



**Abb. 7:** Übersicht über die Vegetation und Standortsfaktoren der gehölzfreien Straßenböschungen in den Agrarlandschaften der Bundesrepublik Deutschland. Zusammengestellt auf der Grundlage der Ergebnisse von STOTTELE und SCHMIDT (1988).

Geringwüchsige *Festuca rubra*- und *Festuca ovina*-Straßenböschungen sind in allen Landschaften mit basenarmen Böden, vornehmlich im Mittelgebirge und den eiszeitlichen Sandflächen des Tieflandes vertreten. Hierzu zählen mit den Straßenrand-Heiden und den lückigen Sandmagerrasen die magersten Standorte im Trassenprofil. Langfristig haben sie meist nur in besonnten Waldeinschnitten Bestand, wo sie vor landwirtschaftlichen Düngereinträgen geschützt sind. In den Intensiv-Agrarlandschaften sind sie bereits heute nicht mehr vertreten.

Typische Ruderalgesellschaften finden sich am Straßenrand besonders in wärmebegünstigten, trockenen Ackerbau Landschaften Süd- und Mitteldeutschlands, aus denen eine Vielzahl unterschiedlicher ausdauernder Ruderalgesellschaften beschrieben worden sind, die häufig nur sporadisch gemäht oder gemulcht werden. Zu nennen sind hier u.a. Quecken-Trockenpionierrasen der Klasse *Agropyretea intermedii-repentis*, Natternkopf-Steinklee-Fluren (*Echio-Melilotetum*) und Rainfarn- und Goldruten-Gestrüppe (*Artemisio-Tanacetum vulgaris*, *Solidago canadensis* und *gigantea*-Gesellschaften) sowie die Pfeilkressen-Bestände (*Cardaria draba*-Gesellschaft) aus Mainfranken, dem Rhein-Main-Gebiet und den Magdeburger, Halle-Erfurter und Köln-Bonner Bördelandschaften (BRANDES 1981, ULLMANN und HEINDL 1986, ULLMANN et al. 1988, RATTAY-PRADE 1988, STOTTELE und SCHMIDT 1988, BERG 1989, NAGLER et al. 1989, STOTTELE 1989).

*Arrhenatherum elatius*-Straßenböschungen bilden die in Mitteleuropa mit Abstand verbreitetste Straßenrand-Gesellschaft (KOPECKY 1978, STOTTELE und SCHMIDT 1988, SYKORA et al. 1988, 1989, ULLMANN et al. 1988, BERG 1989). Sie untergliedern sich in verschiedene Untereinheiten mit klarer regionaler und höhenabhängiger Differenzierung, unter denen in den Agrarlandschaften besonders die *Daucus carota*-, die *Urtica dioica*- und die kennartenarme (typische) Ausbildung hervorzuheben sind. Sie enthalten mit *Arrhenatherum elatius*, *Galium mollugo*, *Phleum pratense*, *Heracleum sphondylium*, *Vicia sepium* und *Festuca pratensis* einen gemeinsamen Artengrundstock, der auch in zweischürigen Glatthaferwiesen (*Arrhenatherum elatioris*) vorhanden ist. Als Ruderalart weist *Convolvulus arvensis* auf die Störungen der *Arrhenatherum elatius*-Straßenböschungen hin.

Kennzeichnend für die *Daucus carota*-*Arrhenatherum elatius*-Straßenböschungen ist das Auftreten von mesophilen Wiesenpflanzen mit niedrigen Feuchte- und Stickstoffzahlen wie *Daucus carota*, *Lotus corniculatus*, *Leucanthemum vulgare*, *Prunella vulgaris*, *Pastinaca sativa*, *Medicago lupulina*, *Centaurea jacea* u.a. Sie finden ihren Schwerpunkt in den sommerwarmen Agrargebieten mit basenreichen Böden und zeigen vielfache Übergänge zu ausdauernden Ruderalgesellschaften, wenn die regelmäßige Mahd der Böschungen unterbleibt. Die *Daucus carota*-Ausbildung ist in vielen Intensiv-Agrarlandschaften von den schmalen Straßenböschungen inzwischen verschwunden, verdrängt durch den Herbizid- und Düngereintrag von den angrenzenden Ackerflächen. An langgezogenen Autobahnböschungen, wo ein Gehölzstreifen Schutz vor den landwirtschaftlichen Einträgen bietet oder extensiv genutztes Grünland angrenzt, ist diese Ausbildung besonders in Muschelkalk-Landschaften noch häufig zu finden.

Die Mehrzahl der Straßenränder in Intensiv-Agrarlandschaften wird heute von *Urtica dioica*-*Arrhenatherum elatius*-Straßenböschungen beherrscht. Stickstoffliebende Arten, allen voran *Urtica dioica*, *Galium aparine* und *Lamium album*, dazu nördlich der Mainlinie auch *Anthriscus sylvestris*, zeichnen diese Straßenrand-Gesellschaft aus, während Arten magerer und häufiger austrocknender Standorte selten werden.

Eine Mittelstellung zwischen den mäßig trockenen, mäßig nährstoffreichen *Daucus carota*- und den mesophilen, eutrophen *Urtica dioica*-Straßenböschungen nehmen kennartenarme (typische) *Arrhenatherum elatius*-Dominanzbestände ein, die im Verbreitungsareal der Glatthafer-Straßenböschungen viele der seit Ende der 60er Jahre angelegten Randflächen bedecken. In intensiv-genutzten Ackergebieten ersetzen sie oftmals die *Daucus carota*-*Arrhenatherum elatius*-Straßenböschungen. Sie sind das Ergebnis der Anwendung von Herbiziden und Wuchshemmern, die das Artenspektrum zugunsten von wenigen, dicht zusammenwachsenden Gräsern (namentlich *Arrhenatherum elatius*, *Festuca rubra*, *Dactylis glomerata*, *Agropyron repens*, *Poa pratensis*, *Poa trivialis*) verschoben hat. Unter den Kräutern kommen in erster Linie Arten zur Entfaltung, die in der Landwirtschaft als schwer bekämpfbare Unkräuter gel-

ten, da sie sich nach Zerstörung ihrer oberirdischen Pflanzenteile aus unterirdischen Speicherorganen rasch regenerieren können: *Cirsium arvense*, *Convolvulus arvensis* und *Equisetum arvense*.

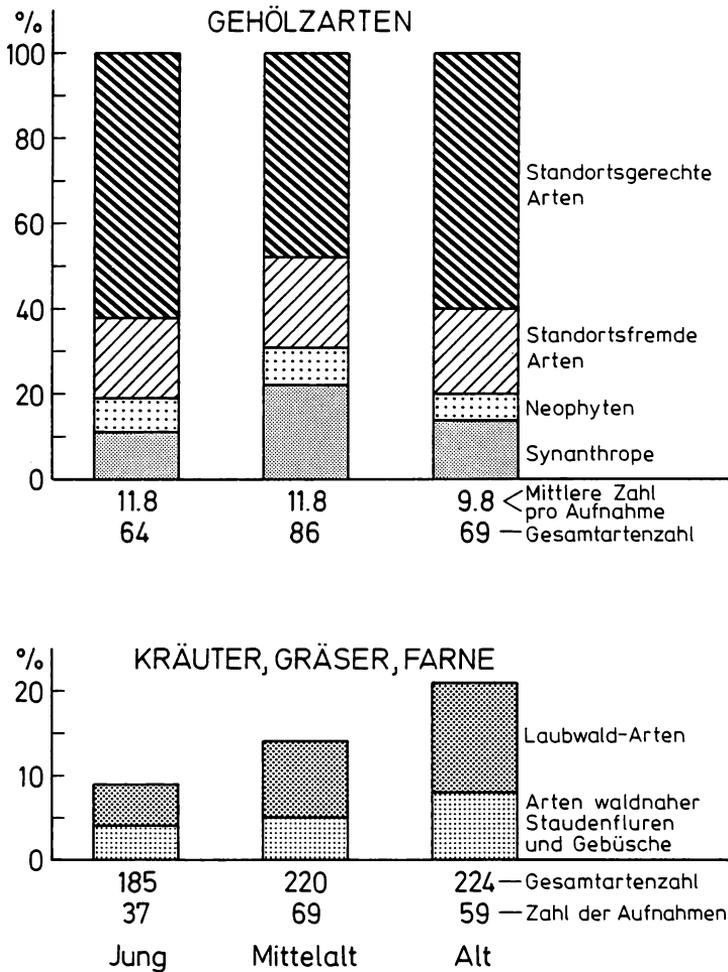
Die hohen Anteile, die Vertretern von Wiesen- und Ruderalgesellschaften in den *Arrhenatherum elatius*-Straßenböschungen ausmachen, bestimmen auch die Diskussion über ihre syntaxonomische Einordnung (STOTTELE und SCHMIDT 1988, ULLMANN et al. 1988). Bei den von FISCHER (1985) beschriebenen "ruderalen Wiesen" (*Tanacetum-Arrhenatherum*) handelt es sich überwiegend um Straßenböschungen und aufgelassene Streuobstwiesen, die längere Zeit nicht gemäht wurden. Da jedoch die meisten *Arrhenatherum elatius*-Straßenböschungen mindestens einmal im Jahr gemäht oder gemulcht werden, sind dort die Wiesenarten stärker begünstigt. RATTAY-PRADE (1988) spricht daher von Straßensrandwiesen (*Arrhenatherion*-Gesellschaften). Im Einklang mit BORNKAMM (1973) und NAGLER et al. (1989) berücksichtigt die deutsche Bezeichnung "Ruderaler Straßensrandwiesen" vielleicht am besten die vielfältigen Standorts- und Entwicklungsvorgänge der *Arrhenatherum elatius*-Straßenböschungen. Allerdings weisen ULLMANN et al. (1988) mit Recht darauf hin, daß man unter Wiesen allgemein flächenhafte Vegetationseinheiten versteht, während die straßenbegleitende Vegetation infolge ihrer stets linienhaften Ausdehnung in wesentlich stärkerem Maße Einflüssen aus den Kontaktzonen unterworfen ist.

Relativ einheitlich und ohne engeren standörtlichen oder regionalen Bezug präsentieren sich auf neu angelegten Straßenböschungen über einen Zeitraum von etwa fünf Jahren *Rumex crispus-Festuca rubra*-Straßenböschungen, geprägt durch die Pioniergräser der verwendeten Einsaatmischungen (*Festuca rubra*, *Lolium perenne*), Störungszeigern wie *Rumex crispus* und kurzlebigen Unkräutern, die in dem meist zur Abdeckung verwendeten Ackerboden reichlich enthalten waren (z.B. *Tripleurospermum inodorum*, *Myosotis arvensis*, *Viola arvensis*).

In Intensiv-Agrarlandschaften sind bei hoch anstehendem Grundwasser schon frühzeitig Entwässerungsmaßnahmen durchgeführt worden. Deshalb trifft man *Juncus effusus*-Straßensmulden und -böschungen hier kaum noch an. Sie sind heute auf wenige Straßenschnittstellen grundwassernaher und niederschlagsreicher Landschaften beschränkt, wie z.B. im nordwestdeutschen Tiefland mit einem hohen Anteil an Grünland (STOTTELE 1987, 1989).

Die Bankettvegetation ist in den Agrarlandschaften Mitteleuropas weit weniger differenziert als die Vegetation der Böschungen. Die einheitliche Anlage, Unterhaltung und Belastung der fahrbahnnahe Seitenstreifen nivelliert die Standortsunterschiede fast vollständig. So verwundert es nicht, daß sich überregional kaum mehr als eine syntaxonomisch übergeordnete Bankettgesellschaft unterscheiden läßt, die von STOTTELE und SCHMIDT (1988) als *Taraxacum officinale-Plantago major*-Bankette bezeichnet wird. Nach HEINDL (1989) unterscheiden sich in der planar-collinen Stufe Mitteleuropas Bankettgesellschaften vorrangig anhand ihrer Dominanten. Dem Wechsel in der Dominanz weit verbreiteter Arten aus der Ackerbegleit- oder Trittflora in verschiedenen Naturräumen steht dabei das unabhängig von regionalen Gegebenheiten zu beobachtende Auftreten ökologischer Spezialisten (z.B. Halophyten wie *Puccinellia distans*) gegenüber.

Soweit sich an den Straßen in der Feldlandschaft durchgehende Gehölzpflanzungen finden, so entsprechen sie nur in wenigen Fällen den naturnahen Beispielen von Waldmänteln, Feldgehölzen oder Hecken. Die Gründe hierzu hat KRAUSE (1984) treffend unter den Schlagwörtern "Florenverfälschung" und "Artendefizit" aufgelistet. Nirgendwo trifft man in der freien Landschaft auf so viele Exoten und standortfremde Gehölze wie gerade entlang der Straßen in Agrarlandschaften. So fanden STOTTELE und SCHMIDT (1988) bei ihren Untersuchungen in 14 repräsentativen Landschaftsräumen der Bundesrepublik, daß zwischen 38 und 52 % der Holzgewächse nicht dem natürlichen Artenpotential des untersuchten Landschaftsraumes entsprach (Abb. 8). Besonders groß ist die Florenverfälschung in den mittelalten (8 - 15 Jahre alten) Gehölzpflanzungen. Gerade in der intensiven Ausbauphase des Straßennetzes in den siebziger Jahren wurde weniger Wert auf eine möglichst naturnahe Bepflanzung der Straßensränder gelegt, was in Hinblick auf die Sukzession und die Funktion der Gehölzstreifen für die Tierwelt bedenklich stimmen muß.



**Abb. 8:** Einige floristische Kenngrößen der straßenbegleitenden Gehölzflora in 14 repräsentativen Untersuchungsgebieten der Bundesrepublik Deutschland, gegliedert nach dem Alter der Gehölzpflanzungen. Jung: 1-5 Jahre alt; mittelalt: 8-15 Jahre alt; alt: über 20 Jahre alt. Nach STOTTELE und SCHMIDT (1988).

Mit zunehmendem Alter steigt in den Gehölzstreifen nicht nur die Gesamtartenzahl, sondern auch der Anteil an Kräutern, Gräsern und Farnen, deren pflanzensoziologischer Schwerpunkt in waldnahen Staudenfluren, Gebüschen und Wäldern liegt. Allerdings berücksichtigt die Auswertung in Abb. 8 nicht die Entfernung zum nächsten Wuchsort abseits der Straße und die Tatsache, daß die meisten Arten nur in wenigen Aufnahmen und Individuen, d. h. eher als Ausnahmen denn als regelmäßige Vertreter in den Gehölzen entlang der Straßen entdeckt wurden. Ein Vergleich mit der ungestörten Sukzession entlang von Eisenbahnlinien und auf Ackerbrachen zeigt (SCHMIDT 1981, 1984, WEITEMEIER 1988), daß bei fehlender Bepflanzung und Ansaat der Anteil an Waldarten rascher zunehmen kann. Insgesamt dauert es jedoch sehr lange, bis Waldbodenpflanzen neue Gehölze erobert haben. So benötigte das Binkelkraut (*Mercurialis perennis*) in England mehrere Jahrhunderte, um Feldgehölze und gepflanzte Hecken zu besiedeln (PETERKEN und GAME 1981). Die Kolonisation war dabei auf

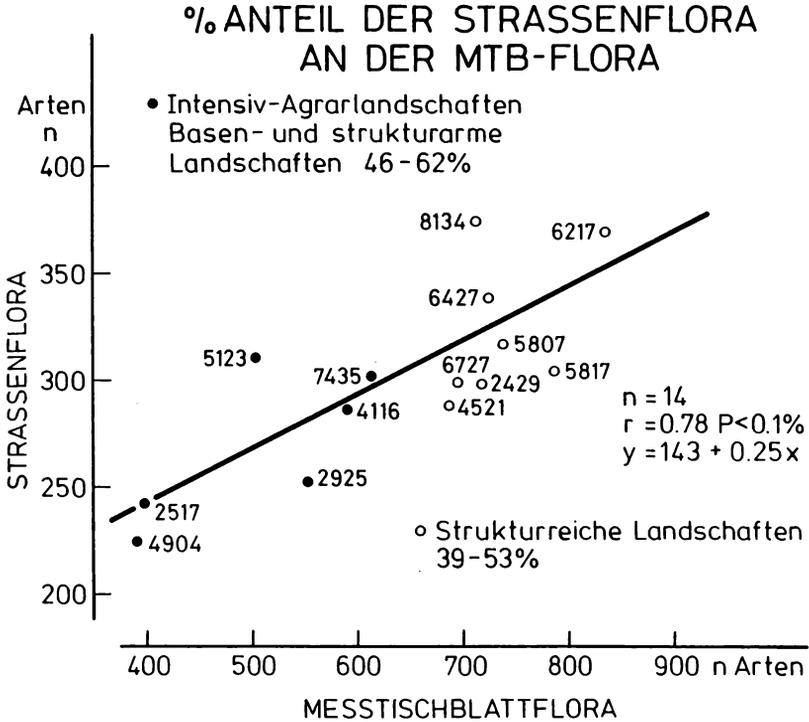
die Gebiete beschränkt, in deren Nähe noch Restpopulationen existierten. Dies zeigt, daß mit einer raschen Einwanderung von Waldbodenpflanzen in Gehölzpflanzungen an Straßen kaum zu rechnen ist. Ihre Bedeutung als Wanderweg für diese Pflanzenarten dürfte gerade in landwirtschaftlich intensiv genutzten Räumen ebenso gering sein wie für Arten der Trocken- und Halbtrockenrasen, die den höchsten Anteil an der Gesamtzahl der verschollenen und gefährdeten Arten in der Bundesrepublik Deutschland stellen (KORNECK und SUKOPP 1988). Nach Angaben von KLEIN (1980) benötigen sie zur Wiederbesiedlung an sich geeigneter Straßenböschungen viele Jahrzehnte, vorausgesetzt, die Böschung ist nicht durch Oberbodenauftrag eutrophiert, durch die Ansaat konkurrenzkräftiger Gräser langfristig besetzt und durch den Eintrag von Nähr- und Schadstoffen stark belastet. Da diese Voraussetzungen in den intensiv genutzten Agrarlandschaften durchgehend fehlen, scheiden die Straßenböschungen hier als "Verbundsystem" oder "Trittsteine" der Trocken- und Halbtrockenrasen aus (BERG 1989).

#### 4.2 DIE BEDEUTUNG DER STRAßENRAND-FLORA FÜR DEN NATURSCHUTZ

Alle bisherigen floristische Auswertungen weisen die Straßenränder auch in Intensiv-Agrarlandschaften als ausgesprochen artenreiche Standorte aus (KLEIN 1980, ELLENBERG et al. 1981, KRAUSE 1982, 1984, ULLMANN 1984, NAGLER und SCHMIDT 1987, STOTTELE 1987, 1989, STOTTELE und SCHMIDT 1988, RATTAY-PRADE 1988, ULLMANN et al. 1988, BERG 1989, NAGLER et al. 1989). Insgesamt spiegelt sich in den Artenzahlen der Straßenränder gut die Artenvielfalt der umgebenden Landschaft wider (Abb. 9). Die Beziehung zwischen der Straßenrand- und Meßtischblattflora in 14 Meßtischblättern, die von STOTTELE und SCHMIDT (1988) untersucht wurden, ist linear auf dem 0,1 %-Niveau gesichert und weitgehend unabhängig von der Streckenlänge (49 - 144 km). In den etwa 120 km<sup>2</sup> großen Ausschnitten fanden sich zwischen 224 und 376 Gefäßpflanzenarten. Niedrige Artenzahlen kennzeichnen intensiv genutzte Agrarlandschaften (MTB 4904 Titz, MTB 4116 Rietberg, MTB 7435 Pfaffenhofen) oder einseitig strukturierte Landschaften, vor allem auf basenarmem Grundgestein (MTB 2517 Loxstedt, MTB 2925 Bispingen, MTB 5123 Niederaula). Hohe Artenzahlen der Straßenränder sind typisch für vielfältig strukturierte Agrarlandschaften mit basenreichen Böden sowie naturräumlich oder anthropogen sehr vielfältige Landschaften. Da die Zahl der in einer Landschaft verbreiteten Pflanzenarten in erster Linie von ihrer Struktur- und Biotopvielfalt abhängt und Straßenrandflächen davon immer nur ein beschränktes Spektrum bieten können, ist der abnehmende Anteil der Straßenrand-Flora am Gesamtartenbestand floristisch reicher Landschaften gut zu erklären. In artenarmen Intensiv-Agrarlandschaften können bis zu 60 % der Gebietsflora auch am Straßenrand auftreten, während der Anteil der Straßenrandflora in vielfältigen Landschaften auf unter 40 % sinkt.

Gemessen an der Zahl der am Straßenrand gefundenen Pflanzenarten ist der Anteil an gefährdeten Arten äußerst gering. Nach KORNECK und SUKOPP (1988) gelten von 2.728 Arten der Gefäßpflanzenflora 873 Taxa (32 %) in der Bundesrepublik Deutschland als verschollen oder gefährdet. In den von STOTTELE und SCHMIDT (1988) untersuchten 14 Meßtischblättern wurden nur 0 - 12 gefährdete Gefäßpflanzenarten notiert. Dies entspricht 0 - 3,2 %, im Mittel 1 % der Straßenrandflora. Zu entsprechenden Ergebnissen kamen auch KRAUSE (1982) im Rheinischen Schiefergebirge und in der Niederrheinischen Bucht, ULLMANN (1984) und ULLMANN et al. (1988) in Mainfranken, NAGLER und SCHMIDT (1987) und NAGLER et al. (1989) in Nord- und Südhessen, HEISELMAYER und REISINGER (1989) im Salzburger Land, BERG (1989) in der DDR sowie SYKORA et al. (1989) in den Niederlanden. Allein die Zahl von 75 Arten der Roten Liste Baden-Württembergs (HARMS et al. 1983), die RATTAY-PRADE (1988, 1989) an den Straßenrändern in Südbaden fand, scheint erstaunlich hoch und aus dem Rahmen zu fallen. Die Autorin betont aber ausdrücklich, daß die meisten der gefährdeten Arten in diesem naturräumlich reichen Gebiet nur an einer einzigen Stelle vorkommen und die Populationsgröße sich auf wenige Exemplare beschränkt - eine Erfahrung, die auch in allen anderen oben genannten Untersuchungen gemacht wurde. Das isolierte, individuenarme Vorkommen gefährdeter Pflanzenarten kann deshalb nur sehr begrenzt zur positiven Bewertung der Straßenrand-Vegetation herangezogen werden. Zumeist sind die überwiegend konkurrenzschwachen Arten aus benachbarten Beständen eingewandert oder durch den Straßenbau von dort oder durch Ansaat und Anpflanzung eingebracht worden (z.T. standortsfremder Arten wie z.B. *Ulmus minor*, *Populus nigra*!). Angesichts der ständigen Nährstoffanreicherung und der damit verbundenen Ruderalisierung der Straßen-

böschungen in der Agrarlandschaft besitzen diese Arten an den Straßen kaum Überlebenschancen. Vielmehr ist zu befürchten, daß die straßenseitigen Störungen auch auf die wenigen erhaltenswerten Nachbarflächen übergreifen. Insgesamt gesehen dürften in intensiv genutzten Ackerlandschaften die traditionell schmalen Straßenraine bei fortschreitender Intensivierung von Landwirtschaft und Verkehr weiter an Wert verlieren (STOTTELE und SCHMIDT 1988, ULLMANN et al. 1988, BERG 1989). Eine naturschutz-orientierte Straßenrandpflege wird hier nur zu einer begrenzten Verbesserung führen können (MEDERAKE et al. 1989, MEDERAKE und SCHMIDT 1989).



**Abb. 9:** Anteil der Straßenrand-Flora an der Meßtischblatt-Flora in 14 repräsentativen Untersuchungsgebieten der Bundesrepublik Deutschland. Die vierstelligen Ziffern entsprechen den Meßtischblatt-Nummern. Nach STOTTELE und SCHMIDT (1988).

### 5. BEDEUTUNG VON STRAßEN UND WEGEN FÜR TIERE IN DER AGRARLANDSCHAFT - DAS BEISPIEL FELDHAUSE

Untersuchungen über die Struktur und Funktion von Tierlebensgemeinschaften an Straßen und Wegen sind wegen der hohen Artenvielfalt, der Beweglichkeit und der verborgenen Lebensweise vieler Tierarten wesentlich schwieriger als die Erforschung der Vegetation (ELLENBERG und STOTTELE 1984). Als Schwerpunkte in der inzwischen auch hier sehr umfangreichen Literatur lassen sich die Beschreibung der Tiergemeinschaften in der Straßenrand-Vegetation, die Bedeutung der Straße als Lebensraum (Rückzugsgebiet, Vernetzung, Trittsstein), als Lebensgefährdung (Unfallverluste) und als Barriere (Zerschneidung, Isolation) erkennen. Bevorzugt untersuchte Tiergruppen sind Amphibien, Vögel, Kleinsäuger, jagdbares Wild, epigäische Käfer und Spinnen sowie blattfressende und blütenbesuchende Insekten. Erste Literaturzusammenfassungen, die auch auf die zahlreichen offenen Fragen hinweisen, finden

sich bei MADER (1979, 1981, 1983), ELLENBERG et al. (1981), ELLENBERG und STOTTELE (1984), MADER et al. (1986) und SAYER und SCHAEFER (1989).

Hier soll kein weiterer zusammenfassender Überblick gegeben werden, sondern exemplarisch die Wirkung von Straßen und Wegen auf eine Tierart vorgestellt werden, die schlechthin als das bekannteste Tier der Agrarlandschaft Mitteleuropas gelten darf: der Feldhase (*Lepus europaeus*), dessen Populationsentwicklung in den letzten Jahren nicht nur die Jäger sondern auch die Ökologen mit Sorge verfolgen (SCHNEIDER 1978, 1985, PFISTER und RIMATHÉ 1979, ENGELHARDT et al. 1985, PEGEL 1986, PETRAK 1989).

### 5.1 Straßen und Wege als Lebensraum des Feldhasen

Straßenböschungen und unbefestigte Feldwege spielen in der Agrarlandschaft heute für den Feldhasen eine wichtige positive Rolle im Nahrungsangebot. Nach den Untersuchungen von BRÜLL (1973) nutzt der Hase im Winterhalbjahr vorzugsweise Kulturpflanzen (Getreide und zweikeimblättrige Kulturpflanzen), von Juni bis Oktober dominieren dagegen Wildgräser und -kräuter. Die Intensivierung in der Landwirtschaft hat es mit sich gebracht, daß dieses Nahrungsangebot im Sommer und Frühherbst kaum noch auf den herbizidbehandelten Feldern vorhanden ist. In Gebieten ohne Grünlandflächen und Rüben müßte der Hase auswandern oder verhungern, könnte er nicht auf die Pflanzen zurückgreifen, die sich an Weg- und Grabenrändern, Feldrainen und Heckensäumen finden. Das diese Pflanzen auch tatsächlich genutzt werden, zeigt der positive Einfluß dieser Vegetationsstrukturen auf die Siedlungsdichte des Feldhasen in Revieren mit überwiegendem Ackerbau (PEGEL 1986). Auch die negative Beziehung zwischen der Anbauhäufigkeit von Mais und dem Feldhasenbesatz weist in diese Richtung (ENGELHARDT et al. 1985, PEGEL 1986): Maisfelder sind besonders stark an Ackerwildkräutern verarmt (OTTE 1984). Die an Maisfelder angrenzenden Straßen- und Wegböschungen leiden besonders häufig unter dem hohen Herbizid- und Düngereintrag und werden überwiegend von kennartenarmen *Arrhenatherum elatius*-Böschungen (STOTTELE und SCHMIDT 1988) oder Quecken-Pionierfluren (RUTHSATZ und OTTE 1987) besiedelt. Den hohen Wert, den vor allem unbefestigte, breite Graswege in der Feldflur für die Ernährung des Hasen besitzen, verlieren diese aber nicht nur durch Herbizide und Dünger, sondern auch durch das Abpflügen der Wegränder sowie den PKW-gerechten Wegebau und die Reduzierung der Böschungsflächen im Rahmen von Flurbereinigungen.

### 5.2 Straßen (selten Wege) als Lebensgefährdung für den Hasen

Trotz der Bekanntheit des Hasen ist es nicht einfach, sich einen Überblick über die Sterblichkeitsfaktoren und die Dynamik von Hasenpopulationen zu verschaffen. Die größte Ungenauigkeit in allen Untersuchungen liegt darin, daß ein großer Teil der verendeten Hasen nicht gefunden wird oder sich die Todesursache nicht ermitteln läßt. Dies gilt vor allem für die Junghasenverluste im Frühjahr und Sommer. Über den Unfalltod von Hasen auf vielbefahrenen Straßen und seine Wirkung auf die Populationsentwicklung berichten u.a. UECKERMANN (1964), SCHOENEMANN (1977), REICHOLF (1981), ENGELHARDT et al. (1985), PEGEL (1986) und PIELOWSKI (1989).

Im polnischen Versuchsrevier Czempin lag der Verlust durch überfahrene Hasen auch nach dem katastrophalen Einbruch im Jahre 1979 mit einem sehr strengen Winter mit 3,0 % in der gleichen Größenordnung wie im Zeitraum davor (Abb. 10). Was sich vor allem verändert hat, sind die Verluste durch Pestizide und Krankheiten. Die durch Umweltgifte geschwächten Hasen fallen heute offensichtlich den Krankheiten leichter als früher zum Opfer: Betrag der Anteil der durch Krankheiten und Pestizide verendeten Hasen im Zeitraum 1966 - 1975 noch 38,7 %, so stieg er im Zeitraum 1980 - 1984 auf 56,1 % an, gleichzeitig sank die jagdliche Nutzung von 25,5 % auf 5,3 % (PIELOWSKI 1989).

Sicher sind die Verhältnisse in Polen nicht ohne weiteres auf die Bundesrepublik zu übertragen. Vor allem die Dichte des Straßennetzes und die höhere Verkehrsbelastung (Abb. 1 und 2) lassen bei uns höhere Unfallverluste vermuten. 1964 gab UECKERMANN die jährlichen Hasenverluste mit 0,8 bis 0,98 überfahrenen Hasen pro Kilometer und Jahr je nach Straßentyp

an. Die Gesamtmenge von jährlich rund 120.000 überfahrenen Hasen entsprach damals etwa 10 % der Jagdstrecke in der Bundesrepublik. REICHHOLF (1981) hat von 1976 bis 1980 entlang einer 150 km langen Bundesstraße in Niederbayern die Zahl der überfahrenen Hasen durch regelmäßige Kontrollfahrten registriert. Die Frequenz ging von 1976 (0,64 Hasen/km/Jahr) auf 0,28 Exemplare/km/Jahr für 1980 kontinuierlich und mit guter Korrelation zur Abnahme der Jagdstrecken in einem Vergleichsrevier zurück. Die Straßenverkehrsverluste beim Hasen sind damit dichteabhängig.

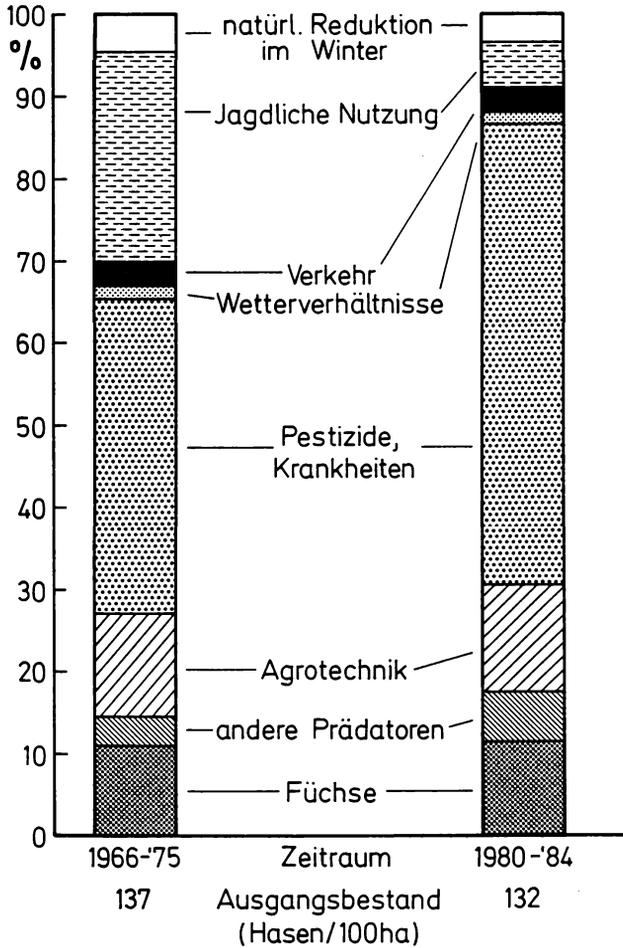


Abb. 10: Mortalität beim Feldhasen im polnischen Untersuchungsgebiet Czempin 1966-1975 und 1980-1984. Nach PIELOWSKI (1989).

Vergleicht man dieses Ergebnis sowie die Berechnungen und Auswertungen von PEGEL (1986) und LUTZ (1989) mit den früheren Angaben von UECKERMANN (1964), so betragen die Straßenverluste heute bei weiterhin stark reduzierten Hasenbesätzen in der Bundesrepublik Deutschland bereits deutlich mehr als 10 % der Jagdstrecke. Die Populationsverluste durch den Straßenverkehr dürfen ganzjährig in der mitteleuropäischen Feldlandschaft in einem Be-

reich von 5 - 30 % der Todesursachen vermutet werden. Ob damit in verkehrintensiven Räumen bereits eine kritischen Grenze für die Populationsentwicklung erreicht ist, ist nur schwer zu entscheiden. Nach den übereinstimmenden Ergebnissen von ENGELHARDT et al. (1985), PEGEL (1986), PETRAK (1989) und PIELOWSKI (1989) läßt sich mit Sicherheit sagen, daß die Unfallverluste nicht der entscheidende Grund für den Rückgang der Hasenpopulationen seit Beginn der achtziger Jahre sind, sondern die Veränderungen in der Landwirtschaft. Für diese Annahme spricht auch, daß die Rückgänge in verkehrsarmen Feldlandschaften, die früher sehr hasenreich waren, genauso drastisch, vielfach sogar drastischer ausfielen wie in sehr stark von Straßen zerschnittenen Lebensräumen (PEGEL 1986). Für den Feldhasen dürfte damit ebenso wie für die meisten anderen Tierarten gelten, daß die Populationen nicht allein durch den Straßentod ausgelöscht werden (ELLENBERG et al. 1981). Ähnlich wie beim Waldsterben (KRAUSE et al. 1986) ist auch hier ein Ursachenkomplex zu vermuten, an dem die Verluste durch Überfahren beteiligt sind und in kleinen, isolierten Lebensräumen (s. u.) das Zünglein an der Waage spielen können.

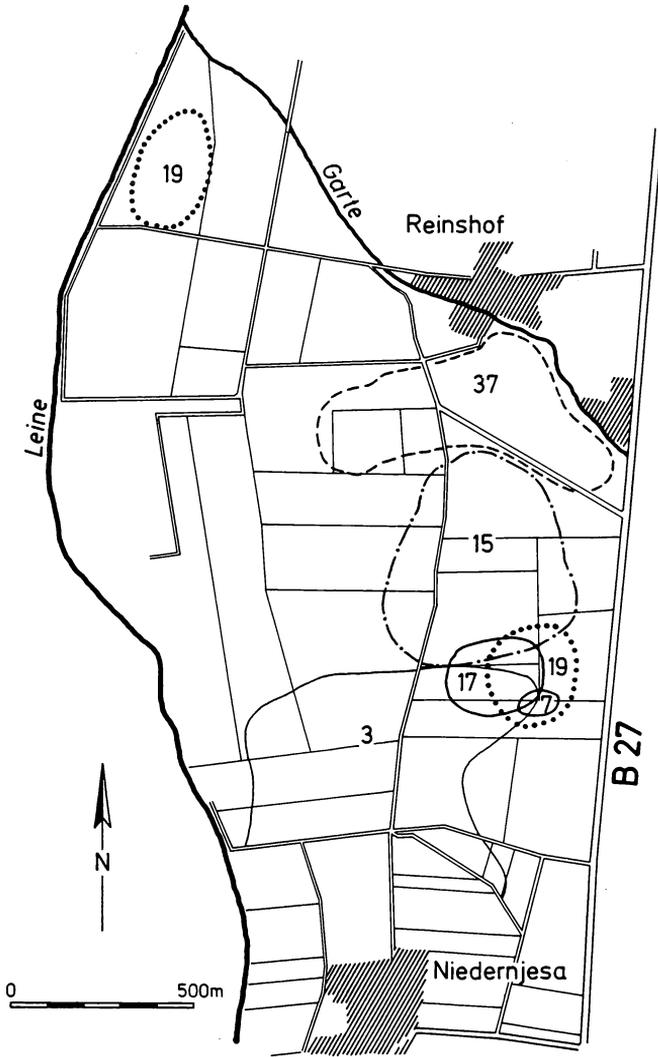
### 5.3 Straßen und Wege als Lebensraumbarriere für Feldhasen

Für viele Tierarten stellen Straßen kaum oder gar nicht zu überwindene Barrieren dar. Eindrucksvolle Beispiele hierzu lieferte MADER (1979a, b) mit seinen Mobilitätsdiagrammen von markierten Mäusen und Laufkäfern. Für den Feldhasen läßt sich der Aktivitätsraum am besten durch Radiotelemetrie bestimmen: Hasen werden mit einem kleinen Sender versehen und lassen sich mit Hilfe eines Peilgeräts jederzeit genau orten. Führt man die Peilung zu allen Tages- und Jahreszeiten durch, so erhält man über Punktrasterkarten ein gutes Bild über die Wohnraumgröße und die Aktivitätsgrenzen. Richtungsweisende Untersuchungen über die Bedeutung von Raumverteilung und Isolation für Feldhasenpopulationen sind so zuerst von PFISTER und RIMATHÉ (1979) im Schweizer Mittelland erfolgt.

Hasen bewohnen in der Feldlandschaft ein Gebiet von 10 - 30 ha, in Ausnahmefällen bis 100 ha. Größere Verschiebungen ergeben sich vor allem, wenn das Deckungs- und Nahrungsangebot in der Feldflur mit der Ernte auf großer Fläche radikal verändert wird. Hasen sind sehr ortstreu und verhalten sich nicht territorial. In günstigen Feldbiotopen mit ausreichend Nahrung und Deckung überlappen sich die Wohnräume der einzelnen Tiere; dies spielt offensichtlich für die Befriedigung ihrer sozialen Bedürfnisse eine große Rolle (PIELOWSKI 1966, SCHNEIDER 1978, PFISTER und RIMATHÉ 1979, RÜHE mündl., Abb. 11).

Unter den Geländefaktoren, die die Aktivitätsräume der Hasen gliedern und begrenzen, nehmen vielbefahrene Straßen eine herausragende Stellung ein. Dies beweisen die telemetrischen Untersuchungen, die von Dr. Ferdinand RÜHE vom Institut der Wildbiologie und Jagdkunde der Universität Göttingen seit 1987 im Bereich des Versuchsguts Reinshof südlich von Göttingen durchgeführt werden. Das Untersuchungsgebiet ist Teil der ausgereimten Intensiv-Agrarlandschaft im südlichen Leinetal. Es wird im Westen begrenzt durch die Leine, im Norden durch den Bach Garte, im Süden durch die Ortslage von Niedernjesa und im Osten durch die vielbefahrene Bundesstraße 27. In Abb. 11 sind nur die Aktivitätsräume der Hasen mit Sendern eingetragene, die sich am nächsten zur B 27 aufhielten.

Ähnlich wie breite und tiefe Flüsse (Leine im Westen des Untersuchungsgebiets) stellt die Bundesstraße fast eine absolute Grenze dar und wirkt isolierend. Keiner der seit 1987 mit Sendern versehenen Hasen konnte bisher östlich der B 27 geortet werden. Natürlich werden auch auf der B 27 Hasen totgefahren; allerdings wird die Fahrbahn nur ausnahmsweise überquert. Besonders zur Rammelzeit im Frühjahr und bei Störung passieren Hasen auch Straßen, die sie normalerweise meiden (UECKERMANN 1964, REICHOLF 1981, ENGELHARDT et al. 1985, PEGEL 1986). Bisher wurde auch keiner der Hasen, die ihren Wohnraum nahe der B 27 hatten, näher als 50 m zur Fahrbahn hin beobachtet (Abb. 11), obwohl auch dort noch ausreichend Deckung und Nahrung vorhanden ist. Ob der permanente Lärm die Hasen von der Straße abhält, wie bereits PFISTER und RIMATHÉ (1979) vermuten, läßt sich nur schwer beweisen. Ausgebaute Feldwege, die auch regelmäßig, aber mit geringer Frequenz von Motorfahrzeugen befahren werden, bildeten in RÜHEs Untersuchungsgebiet kaum eine Begrenzung des Aktionsraumes - eine Beobachtung, die im Gegensatz zu den Angaben von PFISTER u. RIMATHÉ (1979) steht, wonach bereits kleine, an sich leicht zu überwindbare Hindernisse wie Bäche und Wirtschaftswege den Aktionsradius des Hasen begrenzen.



**Abb. 11:** Aktivitätsräume von telemetrisch verfolgten Feldhasen im Untersuchungsgebiet Reinshof (Leinetal südlich von Göttingen). Nach unveröffentlichten Angaben von RÜHE.

Um ihre Bedürfnisse nach Nahrung, Deckung und Sozialpartnern zu befriedigen, benötigen Hasenpopulationen ein wenig gestörtes Revier von einer bestimmten Mindestgröße. Die kritische Größe liegt nach PFISTER und RIMATHÉ (1979) bei 30 ha, was der oberen durchschnittlichen Größe des Aktionsraumes eines einzelnen Hasen entspricht. Eine merkliche Steigerung des Bestandes ist aber erst ab 100 ha zu verzeichnen.

Raumverteilung und Isolation spielen bei der Populationsentwicklung des Feldhasen offensichtlich eine genauso große Rolle wie die bei der Diskussion bisher meist im Vordergrund stehenden Faktoren Krankheiten, Pestizide, Prädatoren, Jagd und Unfalltod (PFISTER und

RIMATHÉ 1979, ENGELHARDT et al. 1985, PEGEL 1986, LUTZ 1989, PETRAK 1989, PIELOWSKI 1989). Durch Straßen stark zerschnittene Landschaften führen zwangsläufig zu isolierten, zergliederten Populationsräumen, die auch ohne direkte Verlust auf der Straße allein durch ihre Existenz die Hasenbestände ungünstig beeinflussen. Dies trifft nicht nur für den Hasen zu, das kleinste Säugetier in Mitteleuropa, welches nicht in Höhlen wohnt. Größere Tierarten, die sich außerdem noch territorial verhalten, benötigen größere, unzerschnittene Lebensräume, um ohne Unfallverluste überleben zu können. Allein die Tatsache, daß es in der Bundesrepublik Deutschland nur noch 370 von Siedlungen und Straßen nicht völlig zerschnittene, verkehrsarme Räume von einer Größe von mindestens 10.000 ha gibt (etwa 15 % der Bundesfläche, ELLENBERG et al. 1981, WIESE 1988), sollte von einem weiteren Ausbau des Straßennetzes abhalten (vergl. hierzu auch MADER 1987, STOTTELE und SCHMIDT 1988).

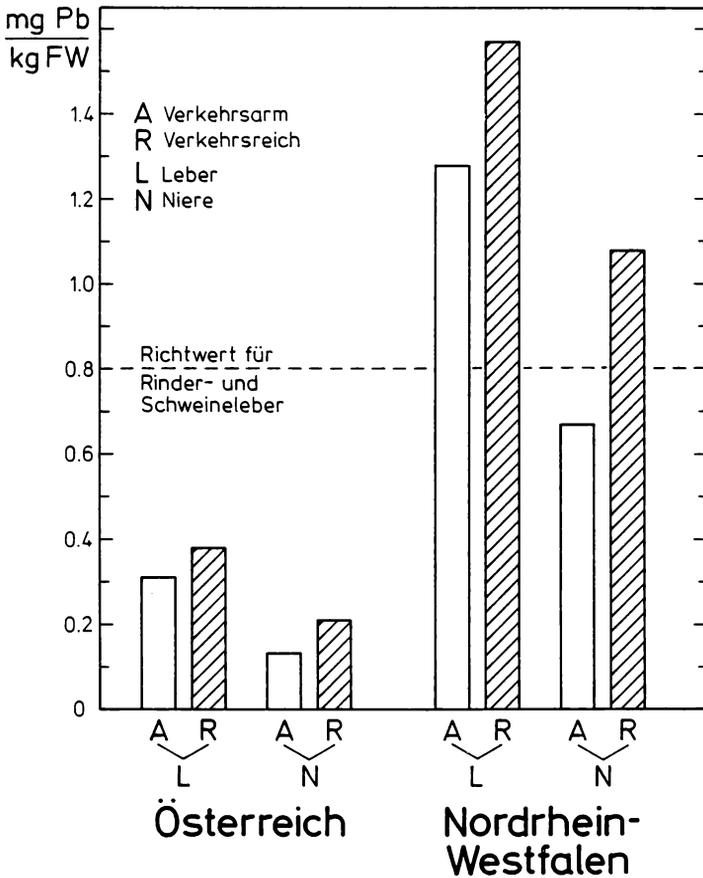
#### 5.4 Der Feldhase als Bioindikator für Verkehrsbelastungen

Die vom Straßenverkehr ausgehenden chemischen Belastungen sinken zwar mit zunehmender Entfernung von der Fahrbahn rasch ab (Abb. 5, 6), enden aber nicht am Straßenrand. Teilweise reichen sie mehrere hundert Meter weit in die Feldlandschaft hinein, zum Teil verbreiten sie sich großräumig und überregional. Vom Streusalz stammende Chlorid-Belastungen sind im Grundwasser bis in 500-1000 m Entfernung von der Fahrbahn nachweisbar (BROD 1979). Die von Kraftfahrzeugen abgegebenen Stickoxide werden als eine Ursache des Waldsterbens angesehen, welches besonders die Gipfellenen der Mittelgebirge fernab von jedem intensiven Straßenverkehr erfaßt hat (KRAUSE et al. 1986).

Das in den Autoabgasen enthaltene Blei reichert sich über die Nahrungskette im Feldhasen an. Als erste haben dies TATARUCH und ONDERSCHEKA (1981) nachgewiesen. Sie verglichen die Bleigehalte in den Lebern und Nieren von Hasen aus zwei Biotopen in Österreich, wovon das eine nahezu ausschließlich landwirtschaftlich intensiv genutzt wurde (Revier Zurndorf/Gattendorf im nördlichen Burgenland), während das andere (Wiener Neustadt) daneben auch noch eine hohe Verkehrsbelastung aufwies und Industriestandort war (Abb. 12). Die Bleibelastung war bei hoher Verkehrsdichte deutlich gesteigert, was sich auch darin äußerte, daß in dem Revier Wiener Neustadt der Bleigehalt in den Lebern von Hasen aus den verkehrsärmsten und westlich (in Luv) von den Autostraßen gelegenen Lebensräumen mit einem Mittelwert von 0,193 ppm Pb/kg Frischgewicht signifikant niedriger war als in Vergleichsproben, die von Tieren stammten, die in dem leeseitig, östlich der Autobahn und den Hauptverkehrswegen gelegenen Teil erlegt wurden (0,580 ppm Pb/kg Frischgewicht). Darunter war ein Feldhase, der mit 2,18 ppm Pb/kg Frischgewicht bereits so viel Blei in der Leber auswies, daß eine Bleivergiftung möglich erscheint (HAPKE 1975).

LUTZ (1985) hat in fünf Landschaftsräumen Nordrhein-Westfalens ebenfalls Leber und Nieren von Feldhasen auf ihre Bleigehalte hin untersucht. In Abb. 12 sind die Ergebnisse aus den Räumen Borken (ausgewählt als ein von Industrie und Verkehr unbelastetes Gebiet im grenznahen Bereich zu den Niederlanden mit überwiegend landwirtschaftlicher Nutzung) und Düsseldorf (Westrand des Ruhrgebiets mit hoher Verkehrsdichte) denen von TATARUCH und ONDERSCHEKA (1981) gegenübergestellt. Im Vergleich mit den österreichischen Hasen sind die Bleikonzentrationen in Nordrhein-Westfalen auch aus dem unbelasteten Gebiet außerordentlich hoch. Im Mittel überschreiten die Leberwerte den Richtwert von 0,8 ppm Pb/kg Frischgewicht deutlich, den das Bundesgesundheitsamt für den unbedenklichen Genuß von Rinder- und Schweineleber angibt. Die hohen Bleikonzentrationen sind sicher auf die jahrzehntelange hohe Verkehrsbelastung in Nordrhein-Westfalen selbst (Abb. 3), aber auch in den benachbarten Niederlanden und Belgien mit ihren dichten Verkehrsnetzen zurückzuführen. Übereinstimmend mit den Ergebnissen von TATARUCH und ONDERSCHEKA (1981) fand auch LUTZ (1985) bei der Bleibelastung der Hasen eine Abhängigkeit von der Verkehrsdichte. Hasen aus dem Raum Düsseldorf waren stärker belastet als aus dem Raum Borken. An Hasen, die entlang der stark befahrenen Autobahnen A1 (Köln-Bremen) und A2 (Dortmund-Hannover) im Bereich des Kamener Autobahnkreuzes lebten, ließ sich ebenfalls wie im Revier Wiener Neustadt der Einfluß von Windexposition und Straßenentfernung auf die Höhe des Bleigehalts nachweisen. Damit eignet sich der Feldhase als Bioindikator für die Umweltbelastung mit dem vom Verkehr verursachten Schadstoff Blei. Ob die chronische Blei-Toxizität bei

Hasen in der Nähe vielbefahrener Straßen bereits als gesundheitsgefährdend einzustufen ist, kann z. Zt. nicht eindeutig beantwortet werden (TATARUCH und ONDERSCHEKA 1981). Sicher tragen aber Bleibelastungen bis zu 2,99 ppm Pb/kg Frischgewicht in der Leber und bis zu 3,42 ppm Pb/kg Frischgewicht in der Niere im Raum Düsseldorf nicht zum Wohlbefinden des Feldhasen bei.



**Abb. 12:** Bleibelastung (mg Blei/kg Frischgewicht) in den Lebern und Nieren von Feldhasen in verkehrsarmen und -reichen Landschaften Österreichs und Nordrhein-Westfalens. Zusammengestellt nach Angaben von TATARUCH und ONDERSCHEKA (1981) und LUTZ (1985).

## 6. SCHLÜßBEMERKUNG

Die Nivellierung durch Bau und Unterhaltung der Straßen, die Belastungen durch Straßenverkehr und Landwirtschaft lassen an Straßenrändern in Agrarlandschaften nur weitverbreitete Pflanzen- und Tierarten existieren. Besonders empfindliche, auf Nähr- und Schadstoffarmut angewiesene Organismen haben im Randbereich vielbefahrener Straßen, zunehmend aber auch entlang der Feldwege, kaum eine Chance. Daher darf auch die Refugial- und Vernetzungswirkung von Straßenrändern selbst in ausgeräumten Agrarlandschaften trotz hoher Artenvielfalt nicht zu hoch eingeschätzt werden. Das Beispiel Feldhase zeigt darüber hinaus deutlich, daß

der hohe Vernetzungsgrad von Straßen als Zerschneidungseffekt und als Ursache einer chronischen Schwermetallbelastung sich sogar negativ auswirkt. Durch eine ökologisch optimale Anlage und Unterhaltung kann dies nicht ausgeglichen sondern höchstens gemildert werden. Auch in Agrarlandschaften haben Straßenränder nicht die positiven Wirkungen für Flora und Fauna, mit denen sich ein weiterer Ausbau des Straßennetzes rechtfertigen ließe (MADER 1987, STOTTELE und SCHMIDT 1988).

## DANKSAGUNG

An der vorliegenden zusammenfassenden Darstellung haben sämtliche Mitarbeiter der Göttinger Arbeitsgruppe "Straßenökologie" ihren Anteil. Bei der Abfassung des Textes unterstützten mich besonders Herr Dipl.-Biol. R. Mederake und Herr Dipl.-Biol. T. Stottele durch vielfältige Anregungen und kritische Bemerkungen. Herr Dr. F. Rühle (Institut für Wildbiologie und Jagdkunde der Universität Göttingen) stellte unveröffentlichte Daten zur Verfügung und sah das Kapitel über den Feldhasen durch. Herr B. Raufeisen zeichnete in bewährter sorgfältiger Weise die Abbildungen. Ihnen allen sei an dieser Stelle recht herzlich gedankt.

## LITERATUR

- BERG C., 1989: Geobotanische Studien an Straßen- und Wegrändern im Flach- und Hügelland der DDR. - Diss. Univ. Halle.
- BLAB J., NOWAK E., TRAUTMANN W., SUKOPP H., 1984: Rote Liste der gefährdeten Tiere und Pflanzen in der Bundesrepublik Deutschland. - 4. Aufl. Greven (Kilda).
- BORNKAMM R., 1973: Die Unkrautvegetation im Bereich der Stadt Köln. I. Die Pflanzengesellschaften. - Decheniana 126: 267-306.
- BRANDES D., 1981: Über einige Ruderalgesellschaften im Kölner Raum. - Decheniana 134: 49-60.
- BRANDES D., 1988: Die Vegetation gemähter Straßenränder im östlichen Niedersachsen. - Tuexenia 8: 181-194.
- BROD H.G., 1979: Auswirkungen von Auftausalzen auf Boden, Oberflächen- und Grundwasser entlang der Bundesautobahnen. Teil I-IV. - Zeitschr. f. Vegetationstechnik 2/3: 93-107 u. 2/4: 145-159.
- BRÜLL U., 1973: Wildfutterpflanzengesellschaften und Futterwert der von Feldhasen (*Lepus europaeus* Pallas) genutzten Pflanzen. - Diss. Univ. Hamburg.
- BUNDESMINISTER DES INNERN, 1985: Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung. - Bonn.
- BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR (Hrsg.), 1988: Verkehr in Zahlen 1988. - Bonn.
- DEIXLER W., 1985: Biotopvernetzung - Konzept und Realisierung. - Natur u. Landschaft 60: 131-135.
- ELLENBERG H., MÜLLER K., STOTTELE T., 1981: Straßenökologie. Auswirkungen von Autobahnen und Straßen auf Ökosysteme deutscher Landschaften. - In: DEUTSCHE STRASSENLIGA U. HESSISCHES LANDESAMT FÜR STRASSENBAU (Hrsg.): Ökologie und Straße. Broschürenreihe Deutsche Straßenliga 3: 19-116.
- ELLENBERG H., STOTTELE T., 1984: Möglichkeiten und Grenzen der Sukzessionslenkung im Rahmen straßenbegleitender Vegetationsflächen. - Forschung Straßenbau u. Straßenverkehrstechnik 459.
- ENGELHARDT W., OBERGRUBER R., REICHOLF J., 1985: Lebensbedingungen des europäischen Feldhasen (*Lepus europaeus*) in der Kulturlandschaft und ihre Wirkungen auf Physiologie und Verhalten. - Ber. ANL Beih. 5.
- FISCHER A., 1985: "Ruderaler Wiesen" - Ein Beitrag zur Kenntnis des *Arrhenatherion*-Verbandes. - Tuexenia 5: 237-248.
- FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR DAS STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN (Hrsg.), 1983: Merkblatt für den Unterhaltungs- und Betriebsdienst an Straßen. Teil: Grünflächen. - Ausgabe 1983. Arbeitsgruppe Verkehrsführung u. -sicherheit, Köln.

- FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR DAS STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN (Hrsg.), 1988: Merkblatt für den Unterhaltungs- und Betriebsdienst an Straßen. Teil: Grünflächen. - Ausgabe 1988. Arbeitsgruppe Verkehrsführung u. -sicherheit, Köln.
- HAARMANN K., PRETSCHER P., 1988: Naturschutzgebiete in der Bundesrepublik Deutschland. - Greven (Kilda).
- HABER W., 1983: Die Straße im ökologischen Gefüge der Landschaft. - In: FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR DAS STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN (Hrsg.): Die Straße in Natur und Landschaft. Landschaftstagung 1983, 21.-23. Sept. in Passau: 33-55.
- HANSEN K., JENSEN J., 1972: The vegetation on roadsides in Denmark. - Dansk Botan. Arkiv 28.
- HAPKE H.J., 1975: Toxikologie für Veterinärmediziner. - Stuttgart (Enke).
- HARMS K.H., PHILLIPI G., SEYBOLD S., 1983: Verschollene und gefährdete Pflanzen in Baden-Württemberg. Rote Liste der Farne und Blütenpflanzen. - Beih. Veröff. Landesstelle Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. 32.
- HEINDL B., 1989: Dominanzgesellschaften der innersten Straßenrandzone als Indikatoren für standörtliche Veränderungen. - Verh. Ges. Ökol. XIX/I (Osnabrück 1989): 253.
- HEISELMAYER P., REISINGER H. 1989: Die Vegetation Nord-Süd gerichteter Verkehrswege im Lande Salzburg. - Verh. Ges. Ökol. XIX/I (Osnabrück 1989): 119-121.
- HEYDEMANN B., 1981: Zur Frage der Flächengröße von Biotopbeständen für den Arten- und Ökosystemschutz. - Jahrb. Naturschutz Landschaftspflege 31: 21-51.
- HEYDEMANN B., 1983: Vorschlag für ein Biotopschutzkonzept am Beispiel Schleswig-Holsteins - Ausweisung von schutzwürdigen Ökosystemen und Fragen ihrer Vernetzung. - Schriftenr. Dt. Rat f. Landespflege 41: 95-104.
- KAULE G., 1983: Vernetzung von Lebensräumen in der Agrarlandschaft. - Daten u. Dokumente zum Umweltschutz 35: 25-41.
- KLEIN A., 1980: Die Vegetation an Nationalstraßenböschungen der Nordschweiz und ihre Eignung für den Naturschutz. - Veröff. Geobot. Inst. ETH Zürich Stifft. Rübel 72.
- KOPECKY K., 1978: Die straßenbegleitenden Rasengesellschaften im Gebirge Orlické hory und seinem Vorland. - Vegetace CSSR (Praha) A10.
- KOPECKY K., 1988: Einfluß der Straßen auf die Synanthropisierung der Flora und Vegetation nach Beobachtungen aus der Tschechoslowakei. - Folia Geobot. Phytotax. 23: 145-171.
- KORNECK D., SUKOPP H., 1988: Rote Liste der in der Bundesrepublik Deutschland ausgestorbenen, verschollenen und gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen und ihre Auswertung für den Arten- und Biotopschutz. - Schriftenr. f. Vegetationskunde 19.
- KRAUSE A., 1982: Straßenbegleitgrün. - Eine Chance für Flora und Vegetation in Händen der Straßenmeistereien. - Natur u. Landschaft 57: 57-61.
- KRAUSE A., 1984: Gehölzpflanzungen in der Landschaft: zwischen Florenverfälschung und Artendefizit? - Taspo-Magazin 6: 10-11.
- KRAUSE A., MORDHORST H., 1983: Rasenansaat, Gehölzpflanzungen und spontane Vegetation als Komponenten des Straßenbegleitgrüns an der BAB 45 "Sauerlandlinie". Mit einem Beitrag über ausgleichende Maßnahmen nach Eingriffen in den Naturhaushalt. - Verkehr u. Umwelt in Nordrhein-Westfalen III. Straßenbegleitgrün. Schriftenr. Min. Stadtentwicklung, Wohnen u. Verkehr d. Landes Nordrh.-Westfal. 15.
- KRAUSE G.H.M., ARNDT U., BRANDT C.J., BUCHER J., KENK G., MATZNER E., 1986: Forest decline in Europe: Development and possible causes: - Water, Air and Soil Pollution 31: 647-668.
- KÜSTER F., 1987: Straßenbegleitende Ökosysteme - Rolle des Vegetationspotentials im Landschaftshaushalt sowie Möglichkeiten und Grenzen einer Sukzessionslenkung dieser Vegetationsflächen aus ökologischer Sicht. - In: SCHUBERT, R., HILBIG, W. (Hrsg.): Erfassung und Bewertung anthropogener Vegetationsveränderungen. Wiss. Beitr. Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg, 1987/4 (P26): 218-226.
- LUTZ W., 1985: Ergebnisse der Untersuchungen von Rehen (*Capreolus capreolus* L.) und Hasen (*Lepus europaeus* Pallas) auf Schwermetalle und chlorierte Kohlenwasserstoffe in Nordrhein-Westfalen. - Z. Jagdwiss. 31: 153-175.
- LUTZ W., 1989: Fallwild-Verluste des Hasen nach den Befunden der Veterinäruntersuchungssämter. - Nieders. Jäger 34: 774-778.

- MADER H.-J., 1979: Die Isolationswirkung von Verkehrsstraßen auf Tierpopulationen untersucht am Beispiel von Arthropoden und Kleinsäugetern der Waldbiozönose. - Schriftenr. Landschaftspflege u. Naturschutz 19.
- MADER H.-J., 1980: Die Verinselung der Landschaft aus tierökologischer Sicht. - Natur u. Landschaft 55: 91-96.
- MADER H.-J., 1981: Der Konflikt Straße-Tierwelt aus ökologischer Sicht. - Schriftenr. Landschaftspflege u. Naturschutz 22.
- MADER H.-J., 1983: Tierwelt und Straße. - Dokumentation Umweltschutz u. Landschaftspflege Bibliographie Nr. 43 (N.F. 23, Sonderheft 4): 1-17.
- MADER H.-J., 1987: Straßenränder, Verkehrsnebenflächen - Elemente eines Biotopverbundsystems? - Natur u. Landschaft 62: 296-299.
- MADER H.-J., KLÜPPEL R., OVERMEYER H., 1986: Experimente zum Biotopverbundsystem - tierökologische Untersuchungen an einer Anpflanzung. - Schriftenr. Landschaftspflege u. Naturschutz 27.
- MEDERAKE R., SCHMIDT W., 1989: Pflegeversuche auf Straßenbegleitflächen. - Natur u. Landschaft 64: 499-506.
- MEDERAKE R., SCHMIDT W., STOTTELE T., 1989a: Pflege-Versuche zur Sukzessionslenkung auf Straßenbegleitflächen - Untersuchungszeitraum 1984-1986 - Möglichkeiten und Grenzen standortsgemäßer Vegetationsentwicklung auf Straßenbegleitflächen unter dem Einfluß extensiver Pflegemaßnahmen. - Forschung Straßenbau u. Straßenverkehrstechnik: 570.
- MEDERAKE R., WEHRMANN G., SCHMIDT W., 1989b: Stickstoffversorgung der Straßenrand-Vegetation in Agrarlandschaften. - Verh. Ges. Ökol. XIX/I (Osnabrück): 133.
- NAGLER A., SCHMIDT W., 1987: Die Erfassung der straßenbegleitenden Vegetation als Grundlage extensiver Pflegemaßnahmen zur Förderung rückläufiger Arten und Lebensgemeinschaften. - In: SCHUBERT, R., HILBIG, W. (Hrsg.): Erfassung und Bewertung anthropogener Vegetationsveränderungen. Wiss. Beitr. Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg, 1987/4 (P 26): 251-284.
- NAGLER A., SCHMIDT W., STOTTELE T., 1989: Die Vegetation an Autobahnen und Straßen in Südhessen. - Tuexenia 9: 151-182.
- OTTE A., 1984: Ackerwildkraut-Gesellschaften als Indikatoren für Nutzungsintensitäten im Raum Ingolstadt. - Verh. Ges. Ökol. XII : 255-268.
- PEGEL M., 1986: Der Feldhase (*Lepus europaeus* PALLAS) im Beziehungsgefüge seiner Um- und Mitweltfaktoren. - Schriften d. Arbeitskreises Wildbiologie u. Jagdwiss. an d. Justus-Liebig-Univ. Gießen 16.
- PETERKEN G.F., GAME M., 1981: Historical factors affecting the distribution of *Mercurialis perennis* in central Lincolnshire. - J. Ecol. 69: 781-796.
- PETRAK M., 1989: Einflüsse landwirtschaftlicher Nutzung auf die Population des Feldhasen (*Lepus europaeus*). - Verh. Ges. Ökol. XIX/I (Osnabrück 1989): 93-94.
- PFISTER H.P., RIMATHE R., 1979: Die Schweizerische Hasenforschung. Feld, Wald, Wasser. - Schweizerische Jagdzeitung 7/2.
- PIELOWSKI Z., 1966: Forschungen über den Feldhasen. XII. Die Raumstruktur der Population. - Acta Theriol. 11: 449-484.
- PIELOWSKI Z., 1989: Besatzdichte des Hasen in Abhängigkeit von Agrarstruktur und landwirtschaftlichen Aktivitäten. - Nieders. Jäger 34: 663-667.
- RATTAY-PRADE R., 1988: Die Vegetation auf Straßenbegleitstreifen in verschiedenen Naturräumen Südbadens - ihre Bewertung für den Naturschutz und ihre Bedeutung für ein Biotopverbundsystem. - Diss. Botan. 114.
- REICHHOLF J., 1981: Der Bestandstrend beim Feldhasen (*Lepus europaeus* Pallas 1778) und die jahreszeitliche Verteilung der Verluste im Straßenverkehr. - Z. Jagdwiss. 27: 240-246.
- RUTHSATZ B., OTTE A., 1987: Kleinstrukturen im Raum Ingolstadt: Schutz- und Zeigerwert. Teil III. Feldwegränder und Ackerraine. - Tuexenia 7: 139-163.
- SAYER M., SCHAEFER M., 1989: Wert und Entwicklungsmöglichkeiten straßennaher Biotope für Tiere I. - Forschung Straßenbau u. Straßenverkehrstechnik: 569.
- SCHMIDT W., 1981: Ungestörte und gelenkte Sukzession auf Brachäckern. - Scripta Geobot. 15.
- SCHMIDT W., 1984: Der Einfluß des Mulchens auf die Entwicklung von Ackerbrachen - Ergebnisse aus 15jährigen Dauerbeobachtungen. - Natur u. Landschaft 59: 47-55.

- SCHEMEL H.-J., 1985: Die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) von Großprojekten. Grundlagen und Methoden sowie deren Anwendung am Beispiel der Fernstraßenplanung. - Beitr. z. Umweltgestaltung A 97.
- SCHNEIDER E., 1978: Der Feldhasen. - München (BLV-Verlagsgesellschaft).
- SCHNEIDER E., 1985: Auswirkungen moderner Agrarwirtschaft auf die Nahrungsqualität beim Feldhasen *Lepus europaeus* (PALLAS 1778). - In: ONDERSCHEKA, K., (Hrsg.): Das freilebende Tier als Indikator für den Funktionszustand der Umwelt. Wien (Forschungsinstitut f. Wildtierkunde): 233-252.
- SCHOENEMANN W., 1977: Wildunfälle und Straßenverkehr. - Zool. Beitr. N.F. 23: 169-219.
- SPENCER H.J., PORT G.R., 1988: Effects of roadside conditions on plants and insects. II. Soil conditions. - J. Appl. Ecol. 25: 709-715.
- SPENCER H.J., SCOTT N.E., PORT G.R., DAVISON A.W., 1988: Effects of roadside conditions on plants and insects. I. Atmospheric conditions. - J. Appl. Ecol. 25: 699-707.
- STOTTELE T., 1981: Vegetationsökologischer Vergleich von Pflanzenbeständen nah und fern der Autobahn A7 Fulda-Würzburg. - Dipl.-Arb. Univ. Göttingen.
- STOTTELE T., 1987: Vergleichende Vegetations- und Florenuntersuchungen an Straßen und Autobahnen der Bundesrepublik Deutschland, dargestellt am Beispiel der Lüneburger Heide. - In: SCHUBERT, R., HILBIG, W. (Hrsg.): Erfassung und Bewertung anthropogener Vegetationsveränderungen. Wiss. Beitr. Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg 1987/46 (P 31): 211-253.
- STOTTELE T., 1989: Entwicklung und Wert der Straßenrand-Vegetation unterschiedlich intensiv genutzter Agrarlandschaften. - Verh. Ges. Ökol. XIX/I (Osnabrück 1989): 147-148.
- STOTTELE T., SCHMIDT W., 1988: Flora und Vegetation an Straßen und Autobahnen der Bundesrepublik Deutschland. - Forschung Straßenbau u. Straßenverkehrstechnik 529.
- SYKORA K.V., NIJS L. de, PELSMA T., 1988: Plantengemeenschappen in Nederlandse wegbermen en de zeldzaamheidswaarde van de bermflora. - De Levende Natuur 1988/1: 11-20.
- SYKORA K.V., PELSMA T., NIJS L. de, 1989: The vegetation in Dutch road side verges. - Verh. Ges. Ökol. XIX/I (Osnabrück 1989): 149-150.
- TATARUCH F., ONDERSCHEKA K., 1981: Belastung freilebender Tiere in Österreich mit Umweltschadstoffen (II). Gehalt an Blei und Cadmium in Organen von Feldhasen. - Z. Jagdwiss. 27: 153-160.
- UECKERMANN E., 1964: Erhebung über die Wildverluste durch den Straßenverkehr und die Verkehrsunfälle durch Wild. - Z. Jagdwiss. 10: 142-168.
- ULLMANN I., 1984: Schutz und Pflege artenreicher Trockenrasen an Verkehrswegen. - Lauf. Seminarbeitr. ANL 5: 44-55.
- ULLMANN I., HEINDL B., 1986: "Ersatzbiotop Straßenrand" - Möglichkeiten und Grenzen des Schutzes von basiphilen Trockenrasen an Straßenböschungen. - Ber. ANL 10: 103-118.
- ULLMANN I., HEINDL B., 1987: "Bandförmige" Zonierungen an Verkehrswegen: Struktur und Dynamik der Phytozönosen. - In: SCHUBERT, R., HILBIG, W. (Hrsg.): Erfassung und Bewertung anthropogener Vegetationsveränderungen. Wiss. Beitr. Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg 1987/4 (P 26): 199-217.
- ULLMANN I., HEINDL B., FLECKENSTEIN M., MENGLING J., 1988: Die straßenbegleitende Vegetation des mainfränkischen Wärmegebietes. - Ber. ANL 12: 141-187.
- WAGNER U., 1988: Die Schwermetallbelastung von Vegetation und Boden an vielbefahrenen Straßen. - Dipl.-Arb. Univ. Göttingen.
- WAGNER U., SCHMIDT W., 1989: Die Schwermetallbelastung zweier Autobahnstandorte bei unterschiedlichen Pflegemaßnahmen. - Verh. Ges. Ökol. XIX/I (Osnabrück 1989): 262-263.
- WEGELIN T., 1984: Schaffung artenreicher Magerwiesen auf Straßenböschungen. Eignung von verschiedenem Saatgut für die Neuschaffung *Mesobrometum*-artiger Bestände. Eine Untersuchung in der Nordschweiz. - Veröff. Geobot. Inst. ETH Zürich Stifgt. Rübel 82.
- WEHRMANN G., 1988: Die Deposition von Nährstoffen - insbesondere von Stickstoff - entlang vielbefahrener Straßen. - Dipl.-Arb. Univ. Göttingen.
- WEITEMEIER M., 1988: Flora und Vegetation an Bahnlinien und ein Vergleich zur Straßenbegleitvegetation. - Dipl.-Arb. Univ. Göttingen.

- WIESE M., 1988: DJV-Handbuch 1988. - DEUTSCHER JAGDSCHUTZVERBAND e.V. (Hrsg.), Mainz, Verlag D. Hoffmann.
- WISCHNATH H., 1987: Die Streusalzbelastung an vielbefahrenen Straßen in Abhängigkeit von Standort und Pflegemaßnahmen. - Dipl.-Arb. Univ. Göttingen.
- ZONDERWIJK P., 1979: De bonte berm. De rijke flora en fauna langs onze Wegen. - Ede.

**ADRESSE**

Prof. Dr. Wolfgang Schmidt  
Systematisch-Geobotanisches Institut  
der Universität Göttingen  
Untere Karspüle 2  
D-W-3400 Göttingen

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1990

Band/Volume: [19\\_2\\_1990](#)

Autor(en)/Author(s): Schmidt Wolfgang

Artikel/Article: [Struktur und Funktion von Straßenrändern in der Agrarlandschaft 564-591](#)