

Grundlagen

Objektyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Tech. Hochschule, Stiftung Rübel, in Zürich**

Band (Jahr): **72 (1980)**

PDF erstellt am: **25.08.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

In einem letzten Teil ging es um die Formulierung von Vorschlägen, die zu einer naturschutzgerechten Bewirtschaftung der Böschungen führen könnten.

Ich möchte Allen herzlich danken, die zur Entstehung dieser Arbeit beigetragen haben: Prof. Dr. E. Landolt, Prof. Dr. F. Klötzli und PD Dr. A. Gigon für die Mithilfe bei der Themenstellung und Ausarbeitung der Versuchsanordnung, Dr. O. Wildi an der EAFV, der mich bei der Auswertung und Zusammenstellung der Resultate beraten und mir auch den nötigen Mut zum Durchhalten gegeben hat, den Mitarbeitern am Geobotanischen Institut, ohne deren lebenswürdige Mithilfe die Arbeit nie zustande gekommen wäre und auch allen kantonalen und eidgenössischen Angestellten, die mir mit Auskünften und Dienstleistungen beigestanden sind. Ich möchte mich auch für die finanzielle Unterstützung dieses Forschungsprojektes durch den Kanton Zürich und die Eidgenossenschaft bedanken.

2. Grundlagen

2.1. Naturschutz

Wenn heute untersucht wird, wie Autobahnböschungen am sinnvollsten für Naturschutzzwecke genutzt werden könnten, so scheint dieses Ansinnen recht weit entfernt von den ursprünglichen Grundideen des Naturschutzes wie sie unter anderem von Conwentz und Rudorff (SCHOEHNICHEN 1954, BAUER und WEINITSCHE 1973) am Ende des letzten Jahrhunderts gesehen wurden. Damals war das Motiv ein romantisches Schwärmen von unberührter Natur und heute geht es darum, Lebewesen vor der endgültigen Vernichtung durch den Menschen zu schützen. In diesem Kapitel soll kurz aufgezeigt werden wie sich diese Entwicklung vollzogen hat.

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass jede menschliche Tätigkeit die Natur mehr oder weniger stark beeinflusst und verändert. Naturschutz oder besser Schutz der Natur vor menschlichen Eingriffen wird erst dann notwendig, wenn sich die menschliche Gesellschaft nicht mehr als Teil der Natur versteht, sondern die Natur als Ausbeutungsobjekt verwendet. Die Notwendigkeit des Naturschutzes tritt immer wieder dann in den Vordergrund, wenn sogenannte Hochkulturen den Kontakt zur Natur und die Einsicht in ihre natürliche Umwelt und damit auch ihre Lebensgrundlagen verlieren (AMERY 1978, ARMANSKI 1979). Dann wird der Weg frei für schwerwiegende Eingriffe in den Haushalt von Oeko-

systemen und Landschaften, was auch grossräumige Naturkatastrophen folgen lässt. Als Beispiele seien hier einige der bei MARSH (1864) und KREEB (1979) aufgeführten Katastrophen genannt: Zerstörung der Wälder im Mittelmeerraum durch die Phöniker, Griechen und Römer; Versalzung Mesopotamiens durch die intensive Bewirtschaftung der Babylonier; Vordringen der Wüste am Rande des Nil-Tals wegen der Bewirtschaftungsweise der Ägypter; Schaffung der "Bad Lands" im Süden der USA durch intensiven Ackerbau.

Die Notwendigkeit eines Naturschutzes in Mitteleuropa trat mit der Entstehung des liberalen Staates auf. Erst dort wurden die wirtschaftlichen Freiheiten gewährt, die es ermöglichten, die technische Erfindung für die Produktion auszunützen und diese rasch zu entwickeln (ENZENSBERGER 1973). Der Einbezug fast aller natürlichen Rohstoffe wie Wasser, Luft, Erz, Kohle und Boden in grossem Rahmen in die Produktion führte zur grossflächigen Zerstörung von natürlichen, naturnahen und auch kulturell bedingten Landschaftselementen und Ökosystemen. Weiter führte die Industrialisierung zur Schaffung von geballten Siedlungsräumen, die für die Stadtbevölkerung eine enorme Verschlechterung der Lebensbedingungen zur Folge hatte (ENGELS 1845). Die Verbesserung der hygienischen Verhältnisse und die bessere medizinische Versorgung, vor allem die Herabsetzung der Säuglingssterblichkeit, bewirkten eine starke Zunahme der Bevölkerung in Mitteleuropa seit dem letzten Jahrhundert. Dies erhöhte den Druck auf die Naturlandschaft mehr und mehr und verlangte auch nach neuen ertragsreicheren landwirtschaftlichen Methoden.

Die ersten Symptome der Zerstörung von vielen naturnahen Landschaftselementen, die erkannt wurden, waren das Seltenwerden oder gar Verschwinden von einzelnen Tier- und Pflanzenarten und die Verringerung des Waldbestandes. Eine direkte Folge davon war die Schaffung des ersten eidgenössischen Forstgesetzes von 1874 und die Inkraftsetzung von kantonalen Pflanzenschutzverordnungen und Gesetzen, wie dies zB. im Kanton Obwalden bereits im Jahre 1878 geschah.

In der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts nahmen die Eingriffe in die Landschaft weiter sehr stark zu: Durch vermehrte Intensivierung und Mechanisierung der Landwirtschaft, durch die zunehmende Industrialisierung und den Bau von Verkehrswegen und Siedlungen. Diese rege Tätigkeit, die fortschreitenden Erkenntnisse aus der ökologischen Forschung und die Schlüsse aus den Erfahrungen des praktischen Naturschutzes führten zur Einsicht, dass der Artenschutz allein das Aussterben von vielen Tier- und Pflanzenarten nicht verhin-

dern kann. Vermehrt wurden Bemühungen in Richtung eines Biotop-Schutzes unternommen, so unter anderem Naturschutzgebiete geschaffen, ein Verfassungsartikel über Natur- und Heimatschutz (Artikel 24 sexies) durch das Schweizervolk am 27.5.1962 angenommen und ein Bundesgerichtsentscheid vom 23.5.1972 über den Schutz der Seeufer gefällt, welcher die Seeufer-Biotope vollständig schützt.

Dass aber ein reiner Biotopschutz bei den heutigen grossflächigen Eingriffen der Industriegesellschaft in die Natur nicht genügen kann, zeigt die in den letzten Jahrzehnten fortschreitende Dezimierung von naturnahen Lebensgemeinschaften wie Riedwiesen, Magerrasen und Hecken. Ausdruck des Wunsches nach besserem Schutz und auch besserer Kontrolle der Eingriffe in die Natur sind die Bestrebungen zur Schaffung eines Raumplanungsgesetzes und eines neuen Bodenrechts. In die gleiche Richtung weisen die Schaffung von Naturschutzstellen bei den meisten kantonalen Verwaltungen und die grossen Bestrebungen der Naturschutzorganisationen wie SBN und WWF, in der Naturschutz- und Umwelterziehung aktiv zu werden.

Da einerseits naturnahe Biotope immer seltener werden und andererseits immer grossflächigere Erdbauten wie Fluss-Dämme, Eisenbahn- und Strassenböschungen, Kiesgruben, Pistenplanien, Umgebungsplanien von öffentlichen Bauten und Industrieanlagen entstehen, die gestaltet und begrünt werden müssen, stellt sich die Frage, ob nicht hier Flächen zur Verfügung stehen, die sich zur Schaffung von naturnahen Ersatz-Biotopen eignen.

Nach PERRING (1969) sind die Strassenböschungen in England sogar die letzten naturnahen Graslandflächen, 27 der 300 seltensten Arten Englands finden nur noch dort ein Vorkommen. An Strassenböschungen und sicher auch an anderen Randflächen der Zivilisation können sich also auch spontan wertvolle Ersatz-Biotope entwickeln.

Ein erster Vorschlag in der Schweiz zur Förderung dieser Entwicklung erfolgte 1971 am ETH-Symposium "Schutz unsres Lebensraumes" durch Prof. E. LANDOLT. Seither sind verschiedene weitere Vorschläge und auch praktische Anleitungen erfolgt (SCHWARZ 1973, ZIMMERLI 1975, WILDERMUTH 1978).

Dass wir heute daran gehen müssen, die unproduktiven, sonst kaum mehr nutzbaren Flächen für Naturschutzzwecke zu nutzen, oder sogar Naturschutzgebiete verpflanzen (KLÖTZLI 1974, KLÖTZLI und KEEL 1976) müssen, um wenigstens noch einige wenige naturnahe Lebensgemeinschaften zu haben, zeugt nicht unbedingt von einer besonders grossen Naturverbundenheit unserer Gesellschaft. Es ist

auch zu befürchten, dass solche neugeschaffenen Biotope oft als Alibi für Naturschutz herhalten müssen, und daneben die Zerstörung der naturnahen Biotope weiter geht. Ob die Schaffung solcher Ersatz-Biotope überhaupt gelingen kann, ist schwer vorhersagbar. Das Entstehen und Wachsen einer Lebensgemeinschaft dauert Jahre bis Jahrzehnte. Diese können aber nur vielfältig und stabil werden, wenn sie eine für die Populationen notwendige minimale Fläche zur Verfügung haben und in der näheren Umgebung auch noch ähnliche Biotope vorhanden sind, damit der Gen-Austausch zwischen den Populationen gewährleistet ist.

Mit der Zeit wird es sich zeigen, ob diese Ersatz-Biotope sinnvolle Refugien für seltene Tier- und Pflanzenarten werden können und ob durch sie eine Bereicherung unserer verarmten Landschaft eintritt. Wie verarmt und gefährdet unsere Landschaft ist, zeigen SUKOPP, TRAUTMANN und KORNECK (1978): 41,2% der Pflanzenarten mit Hauptverbreitung in Trockenrasen und 24% der Pflanzenarten mit Hauptvorkommen in xerothermen Säumen sind in der BRD verschollen oder gefährdet. Einen umfassenden Ueberblick über die immensen Landschaftsveränderungen in der Schweiz insbesondere die Zerstörung vieler ökologisch wichtiger Landschaftselemente gibt EWALD (1979). Daher liegt die Begründung zur Schaffung solcher Ersatz-Biotope weniger im ästhetisch-erholerischen, als im ökologischen Bereich. Die Schaffung von Ueberlebensnischen und Rückzugsstandorten kann durchaus sinnvoll sein. Ebenso darf der Einfluss dieser Art von Naturschutz auf den Garten- und Landschaftsbau nicht vergessen werden. Wenn im Gartenbau wieder vermehrt auf naturnahe und einheimische Bepflanzung umgestellt würde, könnte auch dies den Interessen des Naturschutzes dienen (SCHWARZ 1973).

2.2. Bau und Unterhalt der Nationalstrassen

Bis ins Jahr 1978 sind in der Schweiz nach Angaben des Bundesamtes für Strassenbau 1014 km Nationalstrassen gebaut und dem Verkehr übergeben worden. Es muss mit einer Fläche von ca. 3000 ha an Böschungen, Querverbindungen, Rondellen und Rastplätzen gerechnet werden. Auch SKIRDE (1978) nimmt für einen km Bundesautobahn in der BRD 2-5 ha Begrünungsfläche an. Diese Umgebungsflächen müssen alle begrünt oder bepflanzt und gepflegt werden.

Zur einheitlichen Gestaltung und Begrünung dieser Umgebungsbauten und des Grünlandes von momentan 3000 ha hat die Kommission 7 des VSS (Verein Schweizeri-

scher Strassenfachleute verschiedene Richtlinien ausgearbeitet. Es sind dies die folgenden Normblätter der SNV (Schweizerische Normvereinigung):

- 640660a - 640669 zur Gestaltung
- 640671a - 640676 zur Bepflanzung und Ausführung
- 640725 zum Unterhalt.

Diese Richtlinien sind als Empfehlungen zu verstehen.

Die Richtlinien des VSS gelten sowohl für die eigentlichen Böschungen und Dämme, als auch für die Rondellen und Mittelstreifen. Die Bepflanzungsziele (nach VSS für die Schweiz und nach TRAUTMANN (1973) und SKIRDE (1978) für die BRD) sind:

- Schliessen von Bauwunden
- Erosionsschutz, Schutz vor Oberflächenrutschungen
- Blendschutz, räumliche Trennung, optische Führung, Schutz gegen Wind und Schnee
- Milderung der Emissionen, Lärmschutz, Abhalten von Staub und Russ
- Vereinfachung des Unterhalts.

Eine vom Autor im Jahre 1975 durchgeführte Umfrage bei den kantonalen Stellen, die für den Unterhalt zuständig sind, hat ergeben, dass vor allem eine niederwüchsige, erosionshemmende, pflegeleichte und gepflegt und sauber aussehende Vegetationsschicht erwünscht ist.

Die Ausführung der Strassenbauten ist einheitlich. Im allgemeinen wird an den Böschungen, die meistens eine Neigung von 60% aufweisen, eine ca. 5 m breite Rasenfläche geschaffen, die intensiv bewirtschaftet wird (Abb. 1). Die Humusierung der Dämme und Böschungen ist heute gering. Es wird das Auftragen von bis 10 cm Kulturerde empfohlen (BRENNEISEN, VOGEL, ODEBRECHT und ZELLER 1979). An den älteren Teilstücken wurde oft bis zu 30 cm humusiert, was sich aber vor allem wegen der Mäuse und der üppig aufwachsenden Vegetation nicht bewährt hat. Die angewandten Samenmischungen sind relativ artenarm und setzen sich hauptsächlich aus Gräsern zusammen (Tab. 1).

An die Aussaat - Arten werden laut Normenblatt 640671a folgende Anforderungen gestellt:

- rasche oberirdische und unterirdische Anfangsentwicklung
- Befähigung zum kurzfristigen Narbenschluss
- tiefe Wurzelbildung oder ausgeprägt dichtes Faserwurzelwerk
- anspruchslos in Bezug auf Boden, Klima und Pflege

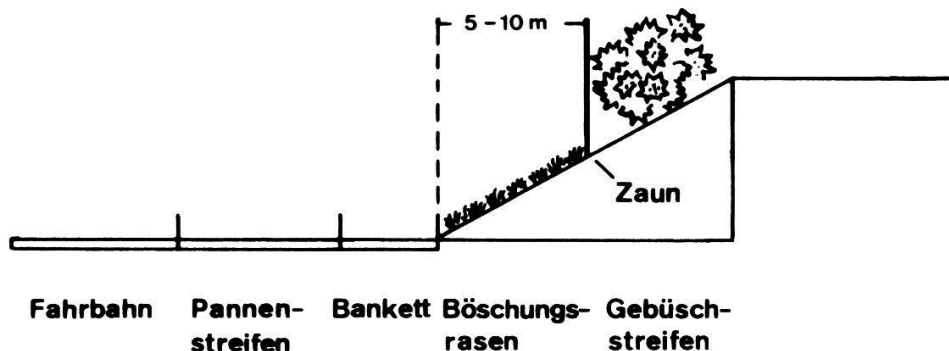


Abb. 1. Schematische Darstellung einer Böschung an einer Nationalstrasse.

- langlebig und ausdauernd
- kein übermässiges Blatt- und Stengelwachstum
- Saatgut jederzeit und preisgünstig durch schweizerische Samenfirmen lieferbar.

Je nach Standort werden 10 bis 40 g/m² der empfohlenen Mischungen ausgesät, meistens mit Hydro-Saat.

Zum Teil sind auch Samenmischungen ausgesät worden, die grosse Unterschiede zu den SNV-Normen aufwiesen. Oft wurden die gewünschten Zusammensetzungen der Samenmischungen von den Samenlieferanten nicht eingehalten und verschiedene Pflanzenarten durch andere, meist preisgünstigere, aber ökologisch andersartige Arten ohne Mitteilung an die Bauherren ersetzt. Die Empfehlungen bundesdeutscher Autoren (BOEKER 1965, 1970, LOHMEYER 1968, HILLER 1973, 1976, TRAUTMANN und LOHMEYER 1975, u.a.) für die Zusammensetzung der Samenmischungen lassen sich nicht ohne weiteres auf die Schweiz übertragen, da sie sich oft auf andere Standorts- und Klima-Verhältnisse beziehen. Einen weiten Ueberblick über verschiedenste Begrünungsmassnahmen vor allem auch in Problemgebieten gibt SCHIECHTL (1973).

Der Unterhalt variiert zwischen den einzelnen Kantonen nicht stark. Dagegen ist die Schnitffrequenz und der Typ der Mähmaschine verschieden. Die Mahd erfolgt je nach Kanton zwei- bis fünfmal jährlich. Die Mahd wird liegengelassen. Mähbeginn ist oft schon Mitte April. Der letzte Schnitt erfolgt bis in den

Tab. 1. Zusammensetzung der Samenmischungen nach Norm SNV 640671 a, Tabelle 2 (gekürzt), vom März 1974. Wiedergegeben mit der Erlaubnis der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute.

Pflanzenart	Mischungsrezepte			
	VSS A "Mittelland"	VSS B "Jura"	VSS C "Voralpen"	VSS E "Trockenzonen"
	Gewichts-Prozente			
<i>Achillea millefolium</i>	-	1	1	1
<i>Agropyron repens</i>	-	-	-	5
<i>Agrostis tenuis</i>	5	5	5	5
<i>Bromus erectus</i>	-	5	5	5
<i>Bromus inermis</i>	-	-	-	5
<i>Dactylis glomerata</i>	-	5	5	5
<i>Festuca arundinacea</i>	-	10	-	-
<i>Festuca ovina</i>	10	10	10	10
<i>Festuca rubra commutata</i>	23	15	15	15
<i>Festuca rubra rubra</i>	25	25	25	30
<i>Lolium perenne</i>	20	10	5	-
<i>Lotus corniculatus</i>	5	5	5	5
<i>Medicago lupulina</i>	-	5	5	-
<i>Onobrychis sativa</i>	-	-	5	-
<i>Poa compressa</i>	-	-	-	4
<i>Poa pratensis</i>	10	-	5	-
<i>Sanguisorba minor</i>	-	-	-	5
<i>Trifolium hybridum</i>	-	-	5	-
<i>Trifolium repens</i>	2	4	4	5
	100	100	100	100

Oktober. BRENNEISEN, et al. 1979 schreiben: "Alle möglichen Geräte wie Balken-, Sichel-, Spindel- und Schlegelmäher werden verwendet; aber auch Sensen, landwirtschaftliche Ladewagen und Sauggebläse sind noch im Gebrauch." Balkenmäher und Ladewagen werden aber an den eigentlichen Böschungen kaum eingesetzt.

Herbizide und Wachstumshormone wurden in verschiedenen Kantonen ausprobiert. Diese Versuche wurden wegen zu hohen Kosten oder zu geringem Erfolg meist wieder eingestellt. Regelmässig werden artspezifische Herbizide zur Bekämpfung der Blacken (*Rumex obtusifolius*) und der Disteln (*Cirsium sp.* und *Sonchus sp.*) eingesetzt. Ebenso wird im Kanton Zürich beidseits der Zäune auf einem 20 -

80 cm breiten Streifen Total-Herbizid gespritzt. Bei massenhaftem Auftreten von Disteln wird Herbizid auch über grosse Flächen gespritzt.

Die SNV - Normen 640725 und auch BRENNEISEN et al. (1979) empfehlen so wenig wie möglich Herbizide zu verwenden. Im Normenblatt steht: "Nach Möglichkeit soll ein Weg gesucht werden, ohne die Verwendung chemischer Mittel auszukommen, um Luft, Boden und Wasser nicht unnötig mit Giftstoffen zu belasten. Die Nebenwirkungen vieler im Handel erhältlichen Produkte sind noch zu wenig erforscht."

2.3. Geographische Verbreitung, Standort und Vegetation der Untersuchungsflächen.

2.3.1. Geographische Verbreitung

Sämtliche Untersuchungsflächen (Nr.01 - 77) liegen an Böschungen der Nationalstrassen im nördlichen Teil des schweizerischen Mittellandes in den Kantonen Bern, Solothurn, Aargau, Zürich und Thurgau und im Jura in den Kantonen Solothurn, Baselland, Aargau und Schaffhausen (Abb. 2). Die höchstgelegene Fläche liegt auf 620 m, die niedrigstgelegene auf 320 m ü.M.

2.3.2. Standortbedingungen

Klima und Relief. Alle Flächen liegen im humiden Klimabereich, wobei sich die nördlichen Flächen durch weniger Niederschläge, weniger Nebeltage, etwas früheren Frühlingsbeginn und damit etwas längerer Vegetationsperiode auszeichnen. Grob kann ein Trockenheits- und Wärmegradient von den südlichen zu den nördlichen Flächen angenommen werden.

Sämtliche Untersuchungsflächen weisen eine Neigung von 60% auf und sind SE- bis SW- exponiert.

Muttergestein und Boden. Die Untersuchungsflächen befinden sich auf zwei Standorten mit unterschiedlichem Muttergestein. Im Mittelland haben wir als Ausgangsgestein vor allem Moränen der Würmeiszeit, im Jura hauptsächlich Kalkgesteine verschiedener Formationen. Da die Böden alle aus geschüttetem Material bestehen und es sich also mit wenigen Ausnahmen um Rohböden im Initialstadium handelt, spielt die mineralogische Zusammensetzung noch keine grosse

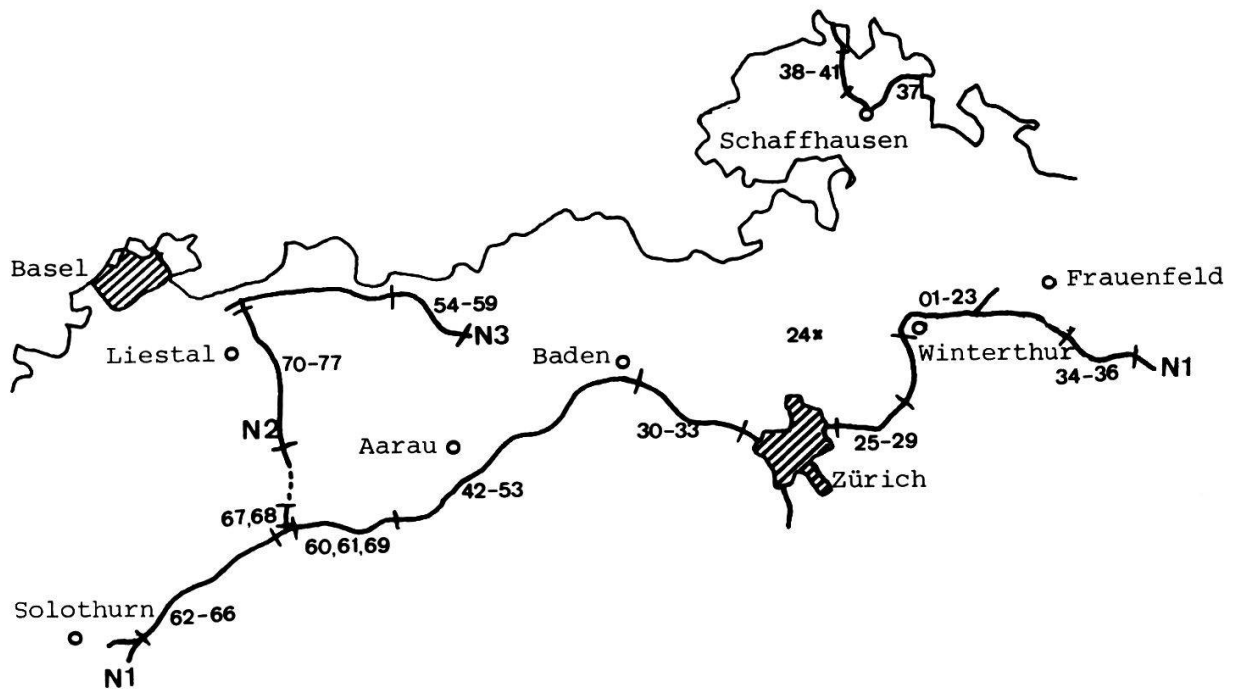


Abb. 2. Geographische Lage der Aufnahmeflächen (Nr. 01 - 77)

Rolle (GANSSEN 1965). Erst mit der Weiterentwicklung dieser Regosole zu Pararendzinen und Braunerden im Mittelland und zu Kalkrendzinen im Jura wird sich ein grösserer Standortsunterschied herausbilden (Abb. 3).

An einigen Orten wurde auf das anstehende Gestein ortsfremdes Bodenmaterial von 20 - 30 cm Mächtigkeit aufgetragen. Diese Böden, wenn man hier überhaupt von Böden reden darf, können sehr schwer klassifiziert werden. Sie dürften am ehesten mit Pararendzinen vergleichbar sein.

Die Regosole zeichnen sich durch folgende Eigenschaften aus (GANSSEN 1965 und SCHROEDER 1972): wenige Sorptionsträger (Huminstoffe und Tonminerale), viel Skelett, grosse Durchlässigkeit und wenig pflanzenverfügbare Nährstoffe. Da es sich bei den Nationalstrassenböschungen häufig um Schüttungen handelt, finden wir eine überdurchschnittlich grosse Inhomogenität und Durchmischung des Muttergesteins. Dies kann auch dazu führen, dass stellenweise nährstoffreiche oder undurchlässige Bodenverhältnisse auftreten.

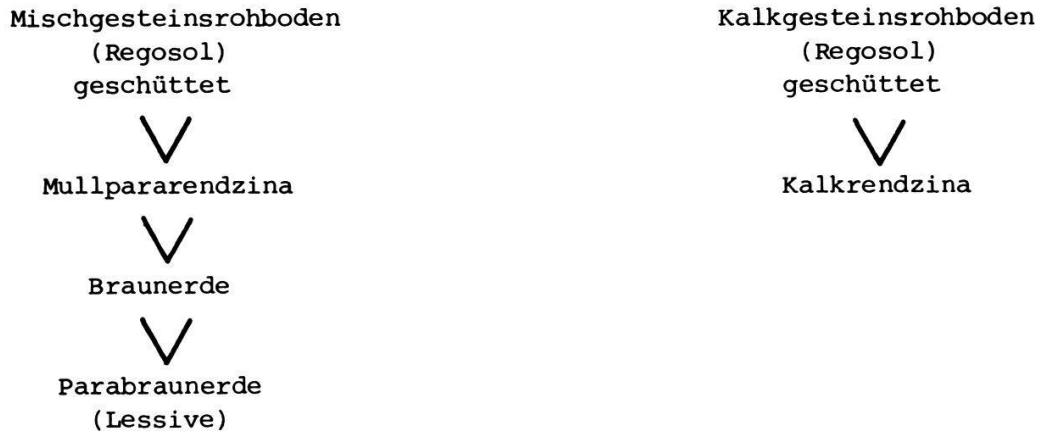


Abb. 3. Unterschiedliche Entwicklung der Böden auf Würmmoränen und auf Kalk.

2.3.3. Vegetation

2.3.3.1. Potentielle natürliche Vegetation und Vegetationsentwicklung

Als potentielle natürliche Vegetation können im Schweizer Mittelland verschiedene Gesellschaften der Buchenwälder angesehen werden (Gesellschaftsnamen und -nummern nach ELLENBERG und KLÖTZLI 1972). Es dürfte sich an den südexponierten 60% geneigten Hängen meist um trockene Buchenwälder eher basischer Böden handeln (*Carici albae-Fagetum caricetosum montanae*, Nr. 15). Stellenweise auf schwach sauren trockenen Böden kommt auch das *Galio odorati-Fagetum luzuletosum* (Nr. 6) oder *Galio odorati-Fagetum typicum* (Nr. 7) in Frage. Im Jura sind am ehesten die wärmeliebenden Laubmischwälder (*Carici albae-Fagetum typicum*, Nr. 14; *Pulmonario-Fagetum typicum*, Nr. 9) und Uebergänge zu trockenen Eichenwäldern (z.B. *Arabidi turritae-Quercetum pubescentis*, Nr. 38) zu erwarten.

Ueber die Entwicklung von künstlich geschaffenen Vegetationswüsten bis zur endgültigen Waldgesellschaft ist wenig bekannt, da erst in den letzten Jahrzehnten so grossflächig vegetationslose Stellen geschaffen worden sind. Wie sich nach der Schaffung dieser vegetationslosen Stellen auf Rohböden die Entwicklung natürlich, dh. ohne menschlichen Eingriff, abwickeln könnte, lässt sich nur vermuten.

Anfänglich sind recht viele Pflanzenarten der Ruderalgesellschaften zu erwarten. Später werden sich verschiedene andere Pflanzenarten aus der Umgebung

einstellen, insbesondere Arten mit einer raschen Verbreitung wie Ackerunkräuter. Ebenso dürften sich bald auch verschiedene Büsche und andere Arten der Saumgesellschaften ansiedeln. Es ist anzunehmen, dass es sich um Vegetationszusammensetzungen handelt, die recht unterschiedlich, zufällig und instabil sind. Eine mögliche Sukzession in Südlagen auf trockenen eher nährstoffarmen Rohböden ist in Abb. 4 dargestellt.

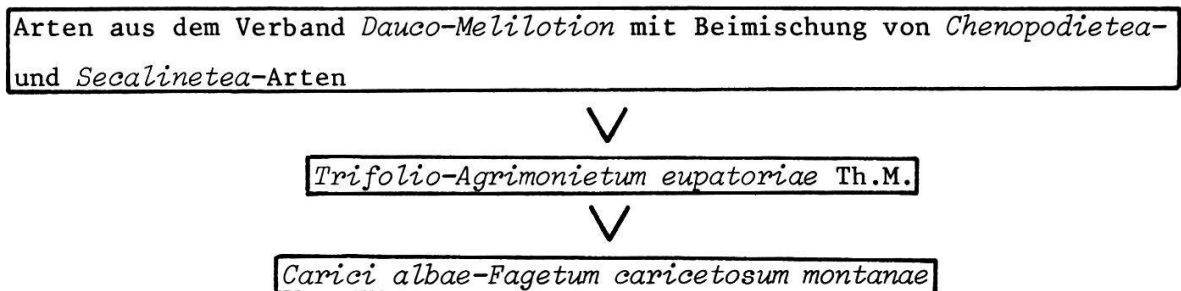


Abb. 4. Eine mögliche Vegetationsentwicklung auf Rohböden im schweizerischen Mittelland.

Da die Bodenentwicklung sehr langsam vor sich geht, kann angenommen werden, dass es Jahrzehnte dauert, bis ein Klimaxwald entstanden ist. Aus Gründen der Verkehrssicherheit ist es nicht möglich, Wald bis an die Autobahn aufkommen zu lassen. Es muss deshalb an der Böschung eine Grünland-, Saum- oder Buschgesellschaft geschaffen werden. Theoretisch kommen alle anthropogenen Grünland-, Busch- oder Saumgesellschaften in Frage, die den Standortverhältnissen entsprechen. Entscheidend ist, wie bewirtschaftet wird.

2.3.3.2. Angestrebte Vegetation

Grundsätzlich wird heute von der Seite des Autobahnunterhalts eine Vegetationsdecke angestrebt, die die Erosion verhindert, pflegearm ist, wenig Biomasse produziert, stabil ist und das Eindringen von Unkräutern wie Blacken (*Rumex obtusifolius*), Disteln (*Cirsium* sp., *Sonchus* sp.), etc. verhindert.

Will man die Böschungen aber auch für Naturschutzzwecke nutzen, so kommen noch

weitere Anforderungen an die Vegetation hinzu. Es wären alle artenreichen, stabilen Lebensgemeinschaften mit seltenen oder vom Aussterben bedrohten Pflanzenarten erwünscht. An den südexponierten eher trockenen Böschungen sind dies vor allem Saumgesellschaften, trockene Magerrasen und trockene Fettwiesen.

Da sowohl die Anforderungen des Autobahnunterhalts, wie auch des Naturschutzes eine eher extensive Bewirtschaftung bei mageren Standorts-Verhältnissen wünschen, sollte eine Lösung gefunden werden können, die beiden Richtungen gerecht wird. Schwierigkeiten ergeben sich vor allem, weil heute aus finanziellen Gründen die Mahd nicht zusammengereimt und weggeführt wird.

Die untenstehenden pflanzensoziologischen Einheiten erscheinen aus der Sicht des Naturschutzes bei den herrschenden klimatischen und edaphischen Faktoren als die wahrscheinlich erstrebenswertesten:

a. *Saumgesellschaften*. Auf den untersuchten, kalkreichen, trockenen und mesophilen Standorten kommt in erster Linie die Assoziation des *Trifolium-Agrimoniae* (Klee-Odermenningsaum) aus dem Verband des *Trifolium medii* in Frage. Diese bei OBERDORFER (1978) beschriebene Saumgesellschaft entspricht der von MOOR (1962) im Elsass, in Südbaden und der Nordwestschweiz beschriebenen Gesellschaft des *Origano-Brachypodietum* (Dost-Fiederzwenkengesellschaft). Diese Gesellschaft ist häufig in aufgelassenen Mesobrometen und Glatthaferwiesen zu finden, sowie an anthropogenen Sekundärstandorten wie Wegrändern, Ackerrainen, Böschungen und Feldhecken. Die Verbreitung auf Sekundärstandorten, die noch nicht entkalkt und südexponiert sind, entspricht genau den untersuchten Standorten an den Nationalstrassen. Ueber die Verbreitung dieser Gesellschaft ist wenig bekannt, es ist aber anzunehmen, dass auch diese Lebensgemeinschaft bereits stark zurückgeht.

Der Verband des *Geranium sanguinei* ist auf extreme, das heisst trockene und warme Standorte beschränkt und kommt daher nur in Ausnahmefällen in Frage.

b. *Trockene Magerrasen*. Als naheliegendste Vegetation kommen die Gesellschaften des *Mesobromion* in Frage. Sie gedeihen im Mittelland vor allem an Südlagen und eher an trockenen und mageren Standorten und werden regelmässig gemäht oder beweidet. Wegen ihrer grossen Gefährdung (WILDERMUTH 1974, 1978; KLEIN 1977) ist die Neuschaffung sinnvoll und dringlich. Da sie sich neben dem grossen Artenreichtum auch noch durch eine relativ niedrige Produktion auszeichnen, entsprechen sie auch den Zielen des Unterhalts.

c. *Trockene Fettwiesen*. Das *Arrhenatheretum brometosum* (SCHNEIDER 1954) ist

auch stark im Rückgang begriffen und zeichnet sich durch eine grosse Artenzahl aus. Die Standortverhältnisse entsprechen stellenweise auch dieser Gesellschaft.

2.3.3.3. Erwartete Vegetation

Unter den heutigen Bewirtschaftungsmethoden, nach den ausgesäten Samenmischungen und den gegebenen Standortverhältnissen kann eine Vegetation erwartet werden, die recht heterogen zusammengesetzt ist, dh. eine Vegetation, die Elemente aus den verschiedensten pflanzensoziologischen Einheiten enthält. Neben den angesäten Arten wandern viele Arten aus der näheren und weiteren Umgebung ein: aus dem Landwirtschaftsland (Grün- oder Ackerland), von Magerwiesen, von Säumen, von Hecken, von Ruderalgesellschaften und ev. auch aus den verschiedenen Waldgesellschaften (Abb. 5). Wie stark die eingewanderten Pflanzenarten aus den verschiedenen Vegetationstypen vertreten sind, hängt von deren Häufigkeit in der Umgebung und von der Konkurrenz der übrigen Arten ab.

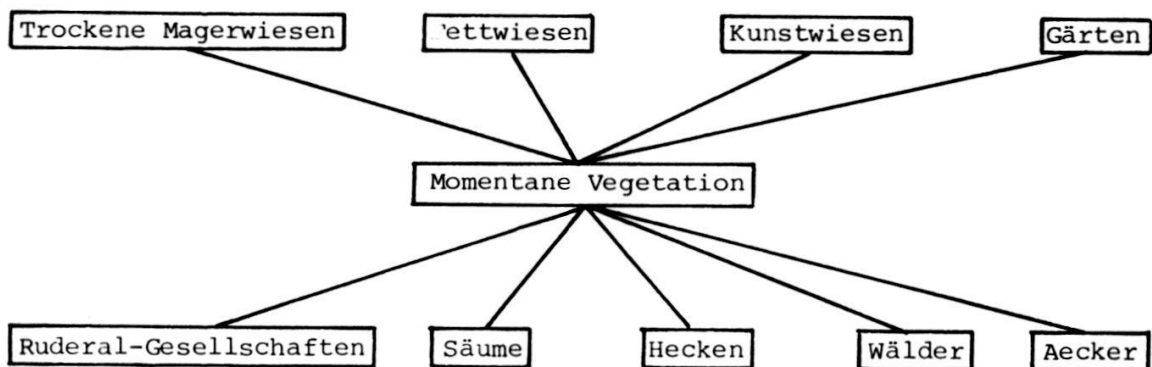


Abb. 5. Vegetationseinheiten aus denen Arten einwandern können.

Die Pflanzen, die heute an den Autobahnböschungen zu finden sind, müssen den häufigen Schnitt ertragen und mit relativ wenig Humusgehalt im Boden keimen und aufwachsen können.

2.4. Auswirkungen des Baus und des Betriebs der Nationalstrassen

Neben den Auswirkungen des Autobahnbaus und des Verkehrs auf Landschaft, Vegetation und Tierwelt, gibt es noch viele Einflüsse auf weitere Bereiche, die hier nicht behandelt werden sollen: unter anderem Einflüsse auf das Grundwasser und den Wasserhaushalt sowie soziale, ökonomische, klimatische, verkehrs-, energie- und siedlungspolitische Auswirkungen. Eine umfassende Übersicht darüber gibt die Arbeit "Nuisance de la route" von BÜCHER, ERBETTA, GRAU, ROLLIER und WEBER (1973).

2.4.1. Auswirkungen auf die Landschaft

Der Bau einer Nationalstrasse im schweizerischen Mittelland führt notwendigerweise zum Verbrauch von Kulturland und Wald. Nach VAN DIEST und DE SLOOVER (1976) muss pro km Autobahn mit einem Verlust von 8 - 25 ha Landwirtschaftsland gerechnet werden. Die land- und forstwirtschaftliche Produktion wird vermindert und Erholungsräume zerschnitten oder zerstört. Auch kann nicht vermieden werden, dass Naturschutzgebiete zerstört oder tangiert werden, da dieses als unproduktiv angesehene Land viel preisgünstiger ist als land- und forstwirtschaftlich genutzte Flächen. Die Bevorzugung von Naturschutz-Gebieten als Autobahn-Bauland bestätigen auch VAN DIEST und DE SLOOVER (1976) für Belgien.

Der Bau einer mehrspurigen Strasse bedeutet immer einen grossen Eingriff in die Landschaft, dies nicht nur im optischen und ästhetischen Bereich, sondern auch direkt in die ökologischen Funktionen eines Gebietes. Nach HAMANN (1960), BÜCHER et al. (1973), DUNBALL (1974), DE SLOOVER (1975) und VAN DIEST und DE SLOOVER (1976) sind unter anderem folgende ökologisch bedeutsame Eingriffe in den Landschaftshaushalt festzustellen:

- Zerstörung und Zerstückelung von Standorten und Ökosystemen
- Schaffung von ökologischen Barrieren (Erschwerung der Samenverbreitung, Verminderung des Gen-Austausches, Unterbrechung von Tier-Wanderungen)
- Förderung der Floren- und Faunenverarmung
- Zerstörung von geomorphologischen Elementen (Veränderung des Reliefs, Aus-ebnen der Landschaft, Anschneiden von Hängen, Aufschütten von Dämmen)
- Eingriffe in den Wasserhaushalt

- Produktionsverluste in allen umliegenden Oekosystemen
- Zerstörung von Erholungs- und Kulturräumen
- Schaffung von neuen ökologischen Nischen.

2.4.2. Emissionen beim Betrieb der Nationalstrassen (Verkehrsemissionen)

Neben den oben genannten Auswirkungen auf die Landschaft und den Landschaftshaushalt sind verschiedene direkte Einflüsse durch den Verkehr festzustellen. Die grösste Rolle für die umliegenden Oekosysteme scheinen die staubförmigen Emissionen (darunter das Blei) zu spielen, wobei hier die strassennahe Vegetation und Bodenfauna weitaus am stärksten in Mitleidenschaft gezogen werden. Verschiedene Autoren (SUCHODOLLER 1967, KELLER 1972 und 1974, STEUBING und KIRSCHBAUM 1976) weisen darauf hin, dass die verkehrsbedingten Staubbiederschläge bis in über 100 m Entfernung von der Fahrbahn nachweisbar sind. Eine Zusammenfassung der wichtigsten verkehrsbedingten Emissionen ist in Tab. 2 gegeben.

Tab. 2. Die wichtigsten Verkehrsemissionen

<p>gasförmige Emissionen</p> <ul style="list-style-type: none"> - CO - CO₂ - SO₂ - NO_x - Kohlenwasserstoffe - polyzyklische Aromate - Aethylen - Photosmog 	<p>Lärm</p>	<p>feste Emissionen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Russ - Blei - Gummiabrieb - Asbestabrieb - Müll
	<p>flüssige Emissionen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Salzwasser 	

Von keiner der in Tab. 2 genannten Emissionsarten kann bei den heutigen Verkehrsdichten nachgewiesen werden, dass sie allein sichtbare Schäden hervorruft. Das Fehlen von sichtbaren Schäden an Pflanzen des Randbereichs von Autobahnen sagt natürlich noch nichts über das Auftreten von physiologischen oder ökologischen Folgeschäden aus. Die Menge der emittierten Stoffe ist recht gross. Nach der Berechnungsweise von IMPENS und DEROANNE-BAUWIN (1975) muss auf einem Kilometer Nationalstrasse mit einer Bleiemission von 450 kg pro Jahr gerechnet werden. Diese Zahlen beruhen auf einem durchschnittlichen Tagesver-

kehr von 32 000 Fahrzeugen, wie es auf der N 1 bei Winterthur im Jahre 1978 der Fall war (BUNDESAMT FUER STRASSENBAU 1979). Nicht nur das Blei, sondern auch andere, der in Tab. 2 aufgeführten Stoffe führen zu physiologischen Schädigungen von Pflanzen, Bodenorganismen und Tieren und vor allem auch zu ökologisch bedenklichen Anreicherungen oekosystemfremder Verbindungen im Boden und in den Nahrungsketten. Ein mögliches Wirkungsgeflecht der Verkehrsemissionen ist in Abb. 6 dargestellt.

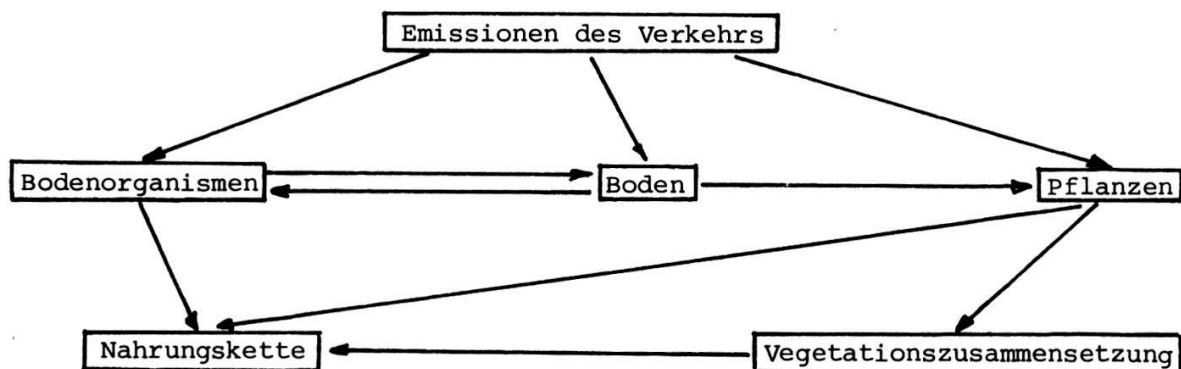


Abb. 6. Zusammenhänge der Wirkungen von Verkehrsemissionen auf ein Ökosystem.

2.4.3. Auswirkungen auf die Vegetation

Direkte, äusserlich sichtbare Pflanzenschädigungen durch verkehrsbedingte Emissionen sind nach DÄSSLER (1976) und STEUBING und KIRSCHBAUM (1976) bisher nur in geringem Masse beobachtet worden. Den grössten Einfluss haben die staubförmigen Emissionen, welche eigentliche Verschmutzungseffekte auf den Blättern hervorrufen können. Als Schäden an Pflanzen bei Laborversuchen sind beobachtet worden: Reduktion des Chlorophylls, des Adenosintriphosphats, der Photosynthese, der Biomasse und des Trockengewichts; Nekrosen; Chlorosen; weniger Blüten und Früchte. Einzelne Pflanzengruppen (Flechten, Moose, Koniferen) scheinen bei hohen Emissionswerten nicht mehr existieren zu können (STEUBING und KIRSCHBAUM 1976). Es ist schwer zu sagen, welche Schäden durch welche Stoffe verursacht werden, da ja immer eine Kombination aller Schadstoffe einwirkt und neben den Verkehrsemissionen auch die allgemeine Luftverschmutzung

(vor allem Schwefeldioxid) ihre Wirkung hat. Die Auswirkungen der zivilisationsbedingten Luftverunreinigungen auf die Vegetation werden in den beiden Werken von MUDD und KOZLOWSKI (1975) und DÄSSLER (1976) ausführlich dargestellt. Ob und in welchem Masse gewisse Pflanzenarten spezifisch geschädigt werden, ist nicht bekannt. Da vor allem der auf den Blättern abgelagerte Staub eine wichtige Rolle zu spielen scheint, kann angenommen werden, dass die breitblättrigen Kräuter zu Gunsten der schmalblättrigen und der Gräser zurückgedrängt werden. PFEFFER (1978) hat dieses Phänomen in stark immissionsbelasteten Wäldern auch beobachtet. Der selbe Autor und ODZUCK (1978) beobachteten zudem, dass die Vegetation in Strassennähe oft lückig ist. Dies dürfte sicher zum Teil auf die Anwendung des Streusalzes und den Müll (bis 8 g pro m² Böschung und Jahr), der von den Autofahrern weggeworfen wird, zurückzuführen sein.

2.4.4. Auswirkungen auf den Boden.

Nach DÄSSLER (1976) und PFEFFER (1978) führen die Verkehrsemissionen zu einer Versauerung des Bodens, welche noch verstärkt werden kann, wenn Koniferen, die besonders anfällig sind, die Streu mit überhöhtem Nadelwurf anreichern. Die Sulfate, die durch die SO₂-Emissionen bedingt sind und in den Boden gelangen, senken den pH-Wert ebenfalls und verändern das Nährstoffangebot stark, da Sulfate im allgemeinen schwer löslich und damit für die Pflanzen schwer verfügbar sind (DÄSSLER 1976). Der Russ und andere staubförmige Emissionen führen zu einer Verkrustung der Bodenoberfläche.

Eine bedeutende Wirkung auf den Boden hat auch die kontinuierliche Anreicherung von toxischen Schwermetallen im Boden, wie Blei, Zink und Cadmium (BÜCHER et al. 1973, QUARLES, HANAWALT und ODUM 1974, WARD, BROOKS und REEVES 1974, HORAK und HUBER 1974, DÄSSLER 1976). Die Bodenstruktur wird durch die Verminderung der Regenwürmerpopulation in Strassennähe negativ beeinflusst (DÄSSLER 1976, PFEFFER 1978), da die Krümelung abnimmt.

2.4.5. Auswirkungen auf die Bodenorganismen

Nach DÄSSLER (1976) vermindert sich die Aktivität der Bodenorganismen in der Strassennähe, was zu einem verminderten Streueabbau und damit zur Anreicherung

von Rohhumus führt. Dies fördert die Versauerung und mindert die Nährstoffverfügbarkeit. Ebenso wird die Arten- und Individuenzahl der Bodenorganismen reduziert, insbesondere die der Regenwürmer (DÄSSLER 1976, IRELAND 1977, PFEFFER 1978). Nach IRELAND konnten in *Dendrobaena rubida* bis zu 4000 ppm Blei im Trockengewicht gemessen werden.

2.4.6. Auswirkungen auf die Nahrungskette und den Menschen

Auswirkungen auf die Nahrungskette sind vor allem über das Blei bekannt. Die grossen Mengen des emittierten Bleis werden sowohl in den Bodenorganismen als auch im Boden und in und auf den Pflanzen angereichert. Diese Anreicherung erhöht sich dann auf jeder trophischen Stufe. Sie führt dazu, dass die Arten- und Individuenzahl zB. bei einigen Carabiden in Strassennähe zurückgeht (MAURER 1974). Verschiedene Samenfresser und vor allem auch monophage Insekten verschwinden nach PFEFFER (1978) in einem stark immissionsbeeinflussten Wald. QUARLES et al. (1974) stellte eine Bleianreicherung in Kleinsäugetern fest. Nach ODZUCK (1978) werden Vögel und Säuger vom Verkehrslärm abgeschreckt. Der Gehalt an Blei auf Kulturpflanzen ist in der Nähe von Strassen recht hoch und dürfte gesundheitsschädlich sein (KELLER 1970). Nach STROHM (1977) gelangt das Blei auch ins Trinkwasser und überschreitet den von der Weltgesundheitsorganisation vorgeschlagenen Toleranzwert von 50 µg/l bis zu 50%. Der gleiche Autor und BRYCE-SMITH, MATHEWS und STEPHENS (1978) weisen auch auf die erhöhte Krankheitsanfälligkeit von Arbeitern hin, die ständig den Verkehrsemissionen ausgesetzt sind wie zB. Tankwarte, Müllabfuhrleute und Autobahn-Unterhaltsarbeiter. Eine Gefahr für die Gesundheit der Menschen bilden auch die zyklischen Kohlenwasserstoffe und die Anreicherung des kanzerogenen Asbests.

3. Methoden

3.1. Vegetationskundliche Methoden

3.1.1. Vegetationsaufnahmen

Das Prinzip der Vegetationsaufnahmen nach BRAUN-BLANQUET (1964) und ELLENBERG