

STICKSTOFFVERSORGUNG DER STRASSENRAND-VEGETATION IN AGRARLANDSCHAFTEN

Ralph Mederake, Gisela Wehrmann und Wolfgang Schmidt

ABSTRACT

To determine the nitrogen supply of two common rural roadside plant communities the following parameters were measured: the nitrogen input from the road and from the bordering fields, the mineralisation rate of nitrogen and the amount of nitrogen removed by mowing.

The input from traffic decreases rapidly with increasing distance from the road. From April to July 1987 in 0.5 m/2 m distance from a two-lane national highway (10000 cars/day) an input of 14 respectively 4 kg N/10000 m² was measured. In 7.5 m distance to a four-lane motorway (15000 cars/day) no traffic-caused input of nitrogen was found. A remarkably high nitrogen input of 27 kg N/10000 m² by drifted fertilizer was measured close to a farmers field.

In 1988 the rich *Urtica-Arrhenatherum* roadside community was so well supplied with nitrogen - especially because of the high mineralisation rate of 205 kg N/10000 m² - that a net-export by mowing, even moving twice, was not achieved. The amount mineralised by the meagre *Daucus-Arrhenatherum* roadside community was comparatively low: 13.5 kg N/10000 m² in 1987 and 42 kg N/10000 m² in 1988. Here the changes on the twice a year mowed area suggest a beginning impoverishment in the nitrogen supply. Yet most of the mainly eutrophic roadside areas cannot be converted into a meso- or oligotrophic habitat respectively by long-term mowing because of the given habitat conditions.

keywords: *roadside, roadside vegetation, nitrogen supply, nitrogen mineralisation rate, nitrogen input, impoverishment in the nitrogen supply*

1. EINFÜHRUNG

Im Zuge der Intensivierung der Landwirtschaft gehen oligo- und mesotrophe Standorte in Agrarlandschaften immer mehr zurück. Als potentiell nutzungsfreie, wenn auch teilweise stark belastete Flächen könnten Straßenränder zur Bestandessicherung von Arten aus dem Bereich des Extensivgrünlands beitragen.

Beim Straßenbau werden die Böden der Straßenböschungen in vielfältigster Form umgestaltet. So werden u.a. vor der Begrünung in der Regel 10 - 20 cm humoser Oberboden aufgetragen. Dies ist der Grund dafür, daß man von den chemischen Bodenkennwerten her am Straßenrand bundesweit sehr einheitliche Bodenverhältnisse findet (MEDERAKE et al. 1989, MEDERAKE und SCHMIDT 1989). Die pH-Werte liegen im neutralen bis alkalischen Bereich und das C/N-Verhältnis zwischen 10:1 bis 15:1; beides deutet auf eine günstige Nährstoffversorgung der Straßenrand-Vegetation hin. Dazu kommt, daß neben den hohen Stickstoffeinträgen aus der Atmosphäre ein beträchtlicher zusätzlicher Nährstoffeintrag von der Straße und durch Düngerverdriftung von den angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen auf die Straßenböschungen erwartet wird (ULLMANM und HEINDL 1986, ULLMANN et al. 1988, STOTTELE und SCHMIDT 1988, RATTAY-PRADE 1988). Vieles deutet also auf eine allgemein günstige Nährstoffversorgung am Straßenrand hin. Allerdings können die Bodenkennwerte allein die sehr unterschiedliche Wüchsigkeit der verschiedenen Straßenrand-Gesellschaften nicht erklären. Für die Ausbildung der verschiedenen Pflanzenbestände dürfte u. a. die Ver-

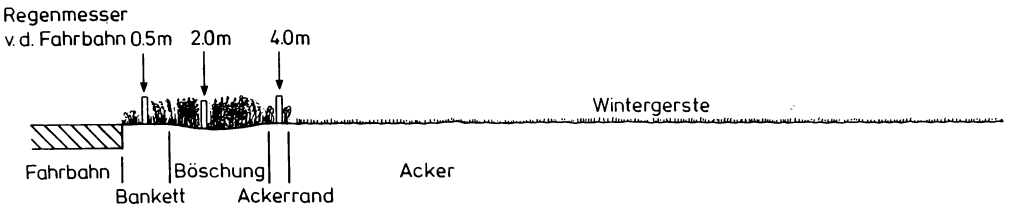
füßbarkeit von mineralischen Stickstoffverbindungen von Bedeutung sein. Untersuchungen zum Stickstoffhaushalt der Straßenrand-Vegetation gibt es bisher aber noch nicht.

Im Rahmen eines bundesweiten Pflegeversuchprogramms auf Straßenbegleitflächen wurden zur Charakterisierung der Stickstoffversorgung der wichtigsten Straßenrand-Gesellschaften die Stickstoffmineralisation, der Stickstoffeintrag von der Straße und den angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen und der durch die Mahd entzogene Stickstoff bestimmt. Die Ergebnisse von zwei ausgewählten Versuchsflächen mit Möhren-Glatthafer- bzw. Brennessel-Glatthafer-Straßenböschungen, zwei weit verbreiteten Straßenrand-Gesellschaften in Agrarlandschaften (STOTTELE und SCHMIDT 1988), werden vorgestellt.

2. UNTERSUCHUNGSFLÄCHEN

Die Fläche Göttingen (Abb. 1) liegt an der in den Zwanziger Jahren trassierten zweispurigen B 27 Göttingen-Herzberg auf 180 m NN im Luttertäl, einem Seitentälchen der Leine. Das Verkehrsaufkommen ist mit 10.000 Kfz/Tag für eine Bundesstraße relativ hoch. Die vier Meter breite Straßenböschung grenzt hier niveaugleich direkt an einen Acker. Auf frischem, tiefgründigem, braunerdeartigem Aufschüttboden wächst hier eine sehr üppige Brennessel-Glatthafer-Straßenböschung in der Wiesenkerbel-Variante. Dies ist die typische Pflanzen-gesellschaft für altdifferenzierte Böschungen an zweispurigen Straßen in den Agrarlandschaften Norddeutschlands (STOTTELE und SCHMIDT 1988).

Göttingen



Warburg

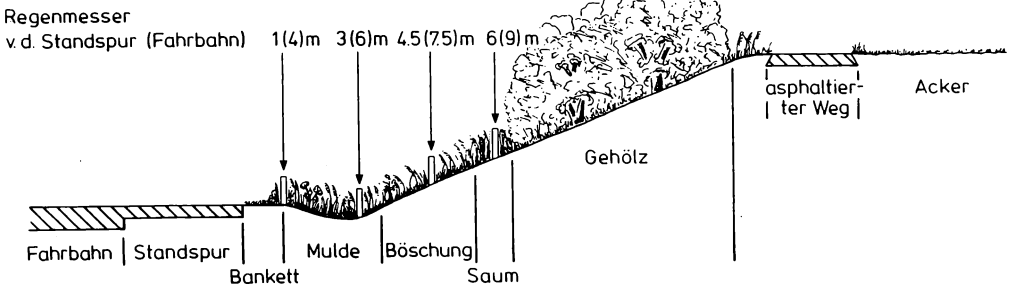


Abb. 1: Lage der Untersuchungsflächen Warburg und Göttingen im Trassenprofil. Die Regenmesser für die Eintragsmessungen wurden in vier Zentimeter Höhe über dem Boden installiert und sind hier zur Verdeutlichung stark vergrößert wiedergegeben.

Die Fläche Warburg befindet sich an der 1971 eröffneten A 44 Kassel-Dortmund auf 215 m ü.NN in einer Kalkmergel-Liastonsenke im Nordhessischen Bergland. Das Verkehrsaufkommen ist mit 15.000 Kfz/Tag höher als an der Bundesstraße, für eine Autobahn aber gering. Die Fläche liegt im Bereich einer für Autobahnen im Mittelgebirgsraum typischen breiten Einschnittsböschung, die im oberen Teil bepflanzt ist und ebenfalls an einen Acker grenzt. Die 14 m breite, 20° südlich exponierte Böschung wird von einem mäßig trockenen, mittelgründigen, pelosol-braunerdeartigen Aufschüttboden gebildet. Es hat sich hier eine recht lückige Möhren-Glatthafer-Straßenböschung in der für den Mittelgebirgsraum typischen Goldhafer-Variante (STOTTELE und SCHMIDT 1988) ausgebildet. Die Wuchsleistung der Vegetation auf der Fläche Warburg wird in durchschnittlichen Jahren trotz der günstigen Bodenkennwerte (Tab. 1) durch die starke Austrocknung des Bodens im Sommer begrenzt. Die chemischen Bodenkennwerte der beiden hier vorgestellten Flächen können als beispielhaft für die bundesweit sehr einheitlichen Bodenverhältnisse der Straßenrandböden angesehen werden.

Tab. 1: Bodenkennwerte der Untersuchungsflächen

Fläche	Bodentiefe < cm >	Bodenart	pH (H ₂ O)	CaCO ₃ < % >	C _{org} < % >	N _t < % >	C/N
Göttingen (Böschung)	0-10	IU	8.0	11.6	2.61	0.23	11.3
	10-20	IU	8.1	13.0	1.74	0.16	10.9
Warburg (Böschung)	0-10	utL	8.0	12.6	3.47	0.31	11.2
	10-20	utL	8.1	14.4	2.11	0.20	10.6

3. STICKSTOFFMINERALISATION

Die Nettomineralisation wurde in Warburg in den Jahren 1987 und 1988 und in Göttingen 1988 nach der Freilandbebrütungsmethode (RUNGE 1970, GERLACH 1973) jeweils über 30 Wochen während der Vegetationsperiode bestimmt.

Die Nachlieferungsrate der Fläche Göttingen betrug 1988 205 kg N/ha bei 20 cm Bodentiefe. Die Nettomineralisationsrate lag damit in der Größenordnung gedüngter Glatthaferwiesen (WILLIAMS 1968, DIERSCHKE 1974). Es wurde über die gesamte Vegetationsperiode fast ausschließlich Nitrat nachgeliefert (Abb. 2). Die Nettomineralisation zeigt im Jahresgang keine Beziehung zum Bodenwassergehalt des Bodens. Vergleichbare Mineralisationsraten wurden sowohl im Hochsommer bei Wassergehalten von ca. 12 % als auch im Frühjahr bei ca. 30 % erreicht. Allerdings fällt auf, daß die Nettomineralisation nach der zweiten Mahd Mitte August im oberen Bodenhorizont bei ca. 2 ppm N/Woche stagniert. In 10 - 20 cm Bodentiefe wurden mit 78 kg N/ha über die Vegetationsperiode noch erstaunlich hohe Stickstoffmengen nachgeliefert. Bei dem tiefgründig humosen, aus Auenlehm hervorgegangenen Boden kann also auch in Tiefen unter 20 cm, die hier nicht untersucht wurden, von einer beträchtlichen Freisetzung von mineralischem Stickstoff ausgegangen werden. Vermutlich ist dieser Stickstoff für die Wiesenpflanzen aber nur noch beschränkt nutzbar, da sich im Grünland häufig 90 % der Wurzelmasse in den obersten 20 cm des Bodens konzentrieren (ELLENBERG et al. 1986).

In Warburg wurden 1987 und 1988 nur 13,5 bzw. 42 kg N/ha nachgeliefert. Dies entspricht den Werten produktionschwacher Kalkmagerrasen (GIGON 1968, DIERSCHKE 1974). Die großen Unterschiede in der Mineralisationsleistung der beiden Jahre lassen sich durch die unterschiedlichen Bodenwassergehalte gut erklären. So verhält sich die Nachlieferungsrate im trockenen Jahr 1988 von April bis September gegenläufig zum Bodenwassergehalt (Abb. 3): Die höchsten Werte für die Nettomineralisation wurden im Hochsommer ermittelt, wo die Wassergehalte deutlich unter 20 % lagen. Im mäßig feuchten Jahr 1987 lag der Wassergehalt

selbst im Hochsommer nur einmal knapp unter 20 %. Nur zu zwei Probenahmeterminen konnte eine Mineralisationsleistung um oder über 1 ppm N/Woche festgestellt werden. Zu einigen Probenahmeterminen wurden bei hohen Wassergehalten sogar negative Nettomineralisationswerte ermittelt, die auf mikrobielle Festlegung oder Denitrifikationstätigkeit hindeuten. Von den 1987 nachgelieferten 13,5 kg N/ha wurden 8,4 kg N/ha als Ammonium angeboten, 1988 lag der Nitrifikationsgrad im Jahresgang häufig bei 100 % und die Ammoniumbilanz war leicht negativ. Weiterhin fällt auf, daß in beiden Jahren die Nettomineralisationsrate in 10 - 20 cm Bodentiefe mehr als doppelt so hoch war wie in 0 - 10 cm. Auch dies ist mit dem Bodenwassergehalt zu erklären, der in 10 - 20 cm Bodentiefe durchgängig niedriger lag als im obersten Bodenhorizont. Diese gegenläufige Beziehung zwischen Nettomineralisationsrate und Bodenwassergehalt entspricht nicht den Verhältnissen in ungestörten Böden. Allgemein geht die Mineralisationstätigkeit bei Trockenheit zurück (ELLENBERG 1977). Vermutlich verhalten sich die tonigen Böden der Warburger Autobahnböschung anders, da hier der Boden im Zuge des Straßenbaus durch die schweren Baumaschinen verdichtet wurde. Die Folge ist ein kleines Porenvolumen, so daß schon bei mittleren Wassergehalten ein Großteil der Poren mit Wasser gefüllt ist. Damit ist der bei Tonböden ohnehin ungünstige Lufthaushalt stark beeinträchtigt. Bei ungenügender Durchlüftung des Bodens sinkt die Mineralisationsrate.

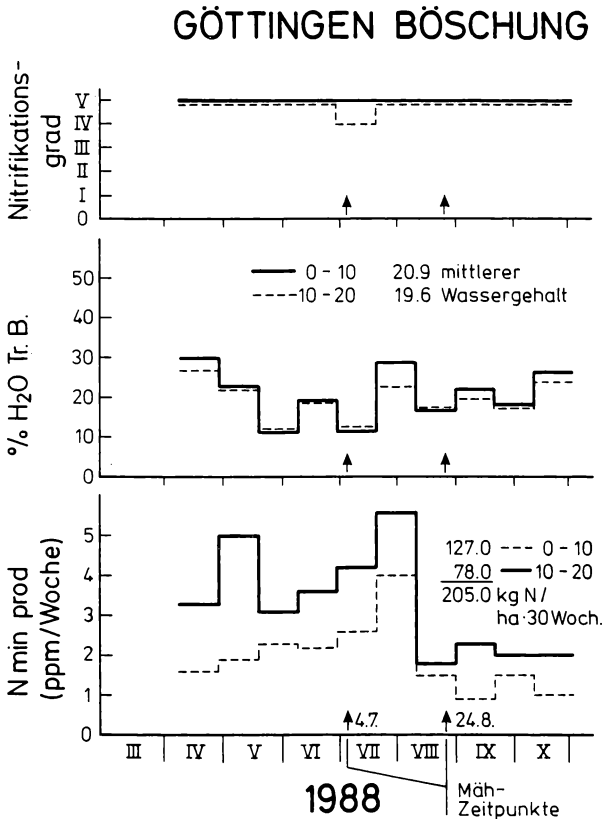


Abb. 2: Jahresgänge der Stickstoff-Nettomineralisation (N min prod), des Bodenwassergehaltes (% H₂O Tr.B.) und des Nitrifikationsgrades der Böschungfläche von Göttingen in der Vegetationsperiode 1988. Die Stufen beim Nitrifikationsgrad bedeuten: 0 = <5%, I = 6-25%, II = 26-50%, III = 51-75%, IV = 76-90%, V = >90%.

WARBURG BÖSCHUNG

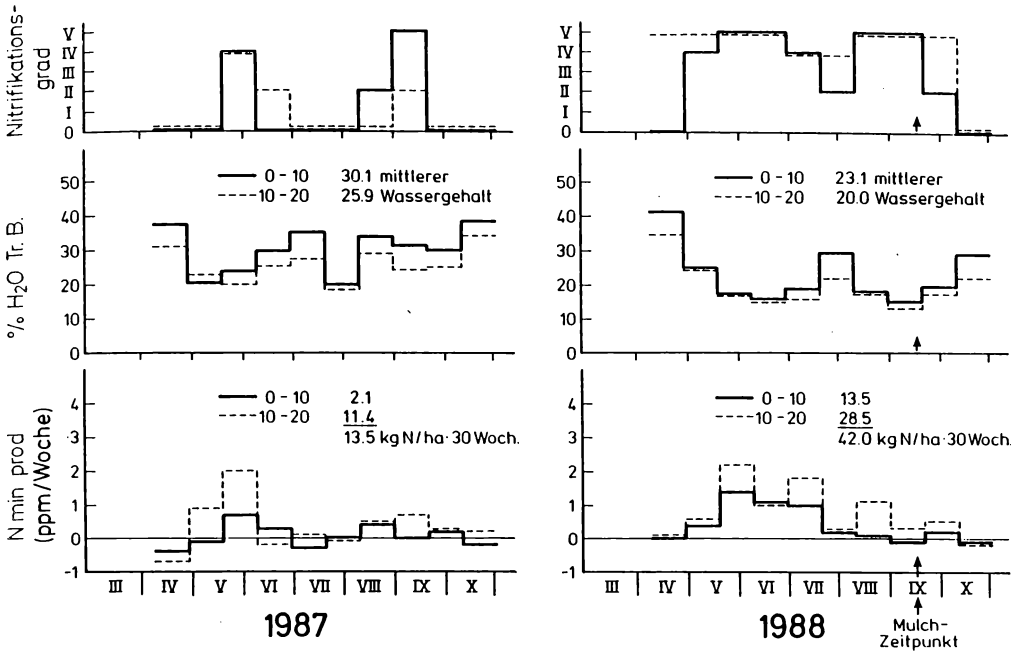


Abb. 3: Jahrgänge der Stickstoff-Nettomineralisation (N min prod), des Bodenwasser-
gehaltes (% H₂O Tr.B.) und des Nitrifikationsgrades der Böschungfläche von War-
burg in den Vegetationsperioden 1987 und 1988. Stufen beim Nitrifikationsgrad s.
Abb. 2.

4. STICKSTOFFEINTRÄGE DURCH VERKEHR UND LANDWIRTSCHAFT

Stickstoffemissionen durch den Verkehr und verdriftete Düngergaben der Landwirtschaft können gelöst in Spritz- und Ablaufwasser oder als Partikel durch die Luft in die Straßenböschungen eingetragen werden. Zur Erfassung dieser Einträge wurden in Warburg von April bis Juli und in Göttingen von April bis Oktober 1987 in verschiedenen Entfernungen von der Straße jeweils 15 Regenmesser in vier Zentimeter Höhe über dem Boden installiert. Abb. 1 zeigt die Lage der Entfernungsstufen im Trassenprofil. Im Vergleich der beiden Flächen muß bei der Bewertung der Gesamteinträge berücksichtigt werden, daß bei der Autobahnfläche Warburg zwischen der Fahrbahn und dem Bankett noch die drei Meter breite Standspur liegt. Deshalb konnte hier die erste Entfernungsstufe erst in vier Meter Abstand von der Fahrbahn installiert werden. Mit der gewählten Auffangmethode können jedoch nur die Einträge mit dem Spritzwasser und durch die Luft, aber nicht die Einträge mit dem von der Fahrbahn ablaufenden Wasser erfaßt werden. Der Fahrbahnabfluß ist jedoch auch nur für das straßen- nahe Bankett und die Mulde von Bedeutung. Durch das Abfiltrieren der Wasserproben im Labor konnten zwei Fraktionen, nämlich wasserlöslicher Stickstoff (das Filtrat) und Partikel-Stickstoff (der Rückstand) unterschieden werden. Weiteres zur Methode kann WEHRMANN (1988) entnommen werden.

Bei beiden Flächen fällt auf, daß im fahrbahnnahen Bereich der Partikeleintrag, der auf Reifenabrieb, Ruß oder Schmutz zurückzuführen ist, einen besonders hohen Anteil am Gesamteintrag hat. Mit zunehmender Entfernung von der Fahrbahn nimmt der eingetragene Partikel-Stickstoff im Vergleich zum wasserlöslichen Anteil stark ab (Abb. 4, 5).

Summe der Stickstoffeinträge Göttingen 1987

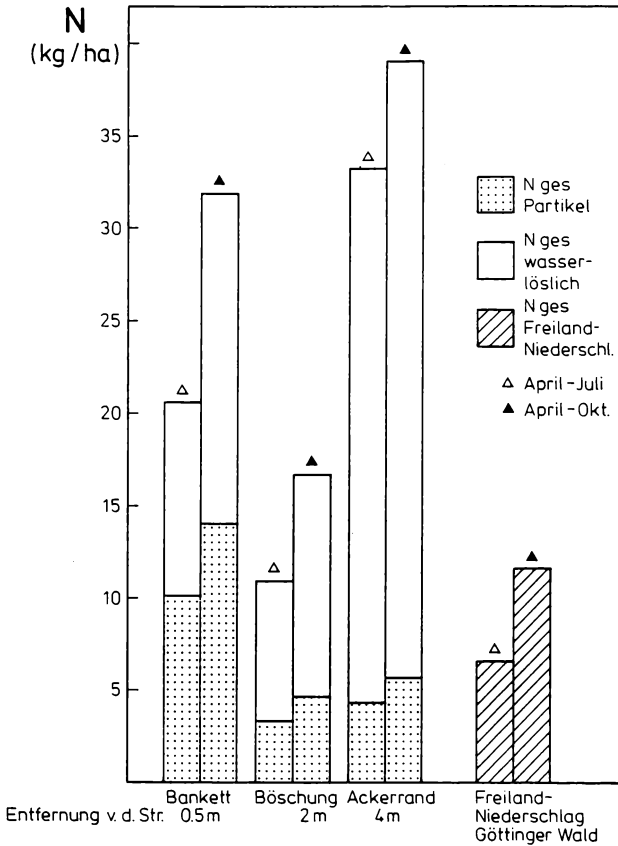


Abb. 4: Summe der Stickstoffeinträge in Bankett, Böschung und Ackerrand von Göttingen zu zwei Meßzeiträumen (April-Juli, April-Oktober) 1987 im Vergleich zum Freilandniederschlag (Göttinger Wald, Messperiode 1981-1983, MEIWES und BEESE 1988).

Die Gesamteinträge im Bankett von Warburg sind etwa gleich hoch wie in der nur zwei Meter von der Fahrbahn entfernten Böschung von Göttingen an der Bundesstraße. Daraus kann geschlossen werden, daß aufgrund des höheren Verkehrsaufkommens und der höheren Fahrgeschwindigkeiten die Einträge an der Autobahn bei gleicher Entfernung von der Fahrbahn höher sind als an der Bundesstraße. Der größte Teil der verkehrsbedingten Stickstoffemissionen an der Autobahn erreicht jedoch den Straßenrand nicht, sondern wird auf die Standspur gespritzt und wahrscheinlich mit dem Ablaufwasser in den Bankettbereich eingetragen.

Summe der Stickstoffeinträge Warburg 1987

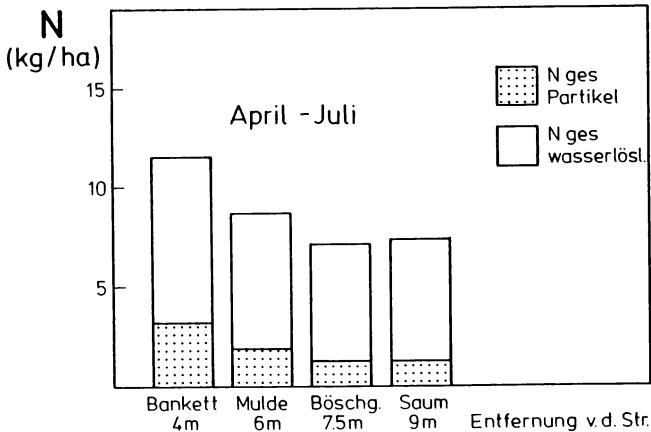


Abb. 5: Summe der Stickstoffeinträge in Bankett, Mulde, Böschung und Saum von Warburg von April-Juli 1987.

Über die Stickstoffdeposition mit dem Niederschlag hinaus (Vergleich: Freilandniederschlag Göttinger Wald (MEIWES und BEESE 1988)) wurden in nur vier Monaten von April bis Juli 1987 im Bankett und am Ackerrand von Göttingen mit ca. 14 bzw. 27 kg/ha sehr hohe, zusätzliche Stickstoffmengen durch den Verkehr und die Landwirtschaft eingetragen (Abb. 4). Demgegenüber sind die Mehreinträge in die Böschung mit 4 kg N/ha gering. Wie der Vergleich der Einträge von April bis Juli (vier Monate) mit den Einträgen von April bis Oktober (sieben Monate) zeigt, kann allerdings nicht von vier oder sieben Monaten auf das ganze Jahr geschlossen werden. Besonders deutlich wird dies bei den gegenüber dem Viermonatszeitraum kaum erhöhten Werten für den Zeitraum April bis Oktober, da von Juli bis Oktober nicht mehr gedüngt wurde. Der Eintrag am Ackerrand beruht im Zeitraum von April bis Juli zu 85 % auf drei Düngungen des angrenzenden Ackers (WEHRMANN 1988). Aber schon in der Mitte der Böschung, 2,2 m vom Acker entfernt, wurde zu den drei Düngungsterminen kein Zusatzeintrag mehr festgestellt. Die Stickstoffdeposition im Bankett und in der Böschung sind also straßenbürtig.

Im Vergleich mit Göttingen ist der straßenbürtige Stickstoffeintrag an der Autobahn in Warburg gering (Abb. 5). Er betrug von April bis Juli 1987 in Bankett und Mulde nur ca. 4 bzw. 1,5 kg, während auf der Böschung und im Saum überhaupt kein zusätzlicher Eintrag durch den Verkehr festzustellen war. Durch das breite Gehölz auf der Oberböschung sind Saum und Böschung auch gut vor verdrifteten Düngergaben aus der angrenzenden Landwirtschaft geschützt. Nach Beobachtungen bei anderen Versuchsflächen mit Einschnittsböschungen ohne Gehölz können die Düngereinträge von angrenzenden Ackerflächen doch einige Meter weit reichen.

Neben den durch trockene und nasse Deposition eingetragenen Stickstoffmengen, die in der vorliegenden Untersuchung erfaßt wurden, kann auch noch eine zusätzliche Stickstoffversorgung durch die Abgase der Kraftfahrzeuge erwartet werden. Nach Untersuchungen von SPENCER und PORT (1988) und SPENCER et al. (1988), die *Lolium perenne* in Abhängigkeit von Entfernung und Boden am Straßenrand exponierten, haben auch gasförmige Stickstoffemissionen (NO_x) eine positive Auswirkung auf die Stickstoffgehalte und die Stoffproduktion der Pflanzen.

5. STICKSTOFFENTZÜGE DURCH DIE MAHD

Über die Biomasseproduktion und die Stickstoffgehalte lassen sich ebenfalls Aussagen über die Stickstoffversorgung der Straßenrand-Gesellschaften treffen, indem man die Stickstoffmengen berechnet, die durch die Mahd dem Bestand entzogen werden können. Bei zweimaliger Mahd im Juni und August konnten in Warburg in den Jahren 1986 bis 1988 zwischen 11 und 34 kg N/ha entzogen werden, während es in Göttingen 1988 und 1989 103 bzw. 109 kg N/ha waren. Ähnlich wie bei der Nettomineralisation sind also die Stickstoffentzüge der beiden Untersuchungsflächen stark unterschiedlich und typisch für Magerrasen bzw. gedüngte Glatthaferwiesen. In Warburg ist der Entzug mit 11,3 kg N/ha auf der zweimal gemähten Fläche 1988 auffallend niedriger als in den Vorjahren und auf den beiden anderen nur einmal behandelten Varianten "Mähen Juni" und "Mähen August" (Abb. 6). Selbst wenn man berücksichtigt, daß in dem trockenen Jahr 1988 nach dem ersten Schnitt im Juni bis zum zweiten Schnitt kaum noch etwas nachgewachsen ist, spricht die mehrjährige Entwicklung auf der zweimal gemähten Fläche für eine beginnende Stickstoffverarmung (Aushagerung).

Stickstoffentzüge durch die Mahd auf der Versuchsfläche WARBURG

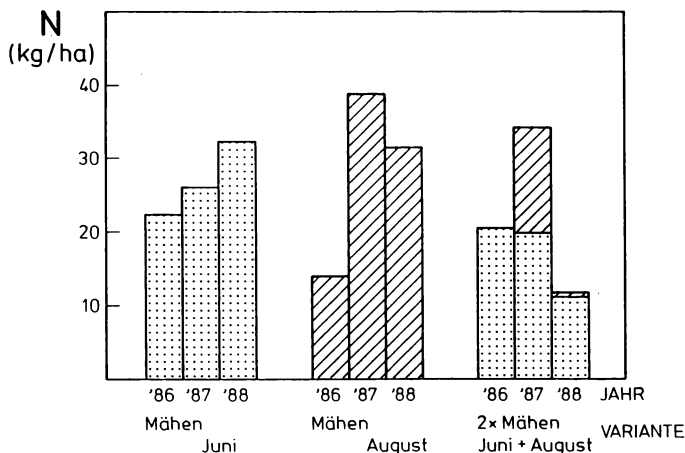


Abb. 6: Stickstoffentzüge auf der Böschungsfäche von Warburg im Zeitraum von 1986-1988 bei den Pflegevarianten "Mähen Juni", "Mähen August" und "2x Mähen Juni u. August".

6. DISKUSSION

In Tab. 2 sind die Ergebnisse der Untersuchungen beispielhaft für die Böschungsteilflächen von Warburg und Göttingen zusammengestellt. Der Stickstoffeintrag durch den Niederschlag kann mit ca. 20 kg N/ha und Jahr angenommen werden (ELLENBERG et al. 1986, MEIWES und BEESE 1988). Die Stickstoffeinträge von der Straße und den angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen wurde auf Grundlage der Eintragsmessungen im Sommer 1987 für die beiden Jahre 1987 und 1988 abgeschätzt. Bei der Gesamtbewertung muß berücksichtigt werden, daß eine ganze Reihe für den Stickstoffumsatz auch quantitativ wichtiger Größen wie z.B. Auswaschung, Denitrifikation, N₂-Fixierung, pflanzeninterne Stickstoffverlagerungen, die Mineralisation der Streu und in Bodenschichten unter 20 cm Tiefe nicht untersucht werden konnten.

Tab. 2: Gegenüberstellung wichtiger Größen des Stickstoffumsatzes

Fläche	Abstand v. d. Fahrbahn < m >	Jahr	Nettomineralisation < kg N/ha·30 Wo, 0-20 cm Bo.t. >	N-Eintrag Niederschlag < kg N/ha·a >	N-Eintrag Straße u. Landwirtschaft < kg N/ha·a >	N-Entzug 2x Mähen < kg N/ha >
Warburg	7.5	1987	13.5	ca. 20	0	33.9
Warburg	7.5	1988	42.0	ca. 20	0	11.3
Göttingen	2.0	1988	206.0	ca. 20	ca. 10	103.1

Die Brennessel-Glatthafer-Straßenböschung in Göttingen ist vor allem aufgrund der hohen Mineralisationsleistung sehr gut mit Stickstoff versorgt. Es handelt sich bei dieser Fläche nach der Definition von SCHIEFER (1984) um einen potentiellen Fettwiesenstandort, der selbst bei mehrmaliger Mahd nicht ausgehagert werden kann. In Warburg dagegen ist die Mineralisationsleistung gering, im feuchten Jahr 1987 sogar sehr gering. Die Böschung erhält auch keinen zusätzlichen Eintrag durch den Verkehr. Der atmosphärische Stickstoffeintrag liegt hier in derselben Größenordnung wie die Nettomineralisationsrate und die Stickstoffentzüge durch die Mahd. Er verhindert eine rasche Aushagerung des Standorts. Daneben dürfte in dieser mageren Möhren-Glatthafer-Straßenböschung die pflanzeninterne Stickstoffverlagerung eine große Rolle spielen, die nach WERNER (1983) 10 - 60 % des Stickstoffbedarfs eines Pflanzenbestandes decken kann. Die Entwicklung der Stickstoffentzüge auf der zweimal gemähten Variante deuten an, daß an diesem Standort eine Aushagerung langfristig möglich erscheint. Dies darf aber nicht ohne weiteres auf andere Möhren-Glatthafer-Straßenböschungen übertragen werden, da die Fläche Warburg im Vergleich zu anderen Standorten sehr wenig produktiv ist.

Straßenränder in Agrarlandschaften werden sich aufgrund der gegebenen Standortverhältnisse auch durch langjährige Mahd nicht in meso- oder oligotrophe Standorte umwandeln lassen. Allerdings darf der Sinn von Pflegemaßnahmen am Straßenrand nicht nur unter dem Gesichtspunkt des Nährstoffentzuges beurteilt werden. So zeigen die ersten Auswertungen des Pflegeversuchsprogramms nach vier Jahren Pflegeeinwirkung, daß aufgrund der veränderten Konkurrenzbedingungen bereits bei ein- bis zweimaliger Mahd einige Bestände artenreicher werden. Konkurrenzschwächere Grünlandarten werden, ohne daß bereits eine Aushagerung feststellbar wäre, gefördert (MEDERAKE und SCHMIDT 1989). Andererseits sollte nicht jede Stickstoffkraudflur mit dem Mähbalken bekämpft werden. Der Verzicht auf einen Pflegeschnitt z.B. im Saum entlang der Gehölzstreifen ist auch aus zoologischer Sicht (SAYER und SCHAEFER 1989, SAYER 1989) wünschenswert und sinnvoll.

Die diesem Artikel zugrundeliegenden Arbeiten wurden im Auftrag des Bundesministers für Verkehr (FE 02.100 R84L, 02.119 R87L) durchgeführt. Die Verantwortung für den Inhalt liegt jedoch allein bei den Autoren.

LITERATUR

- DIERSCHKE H., 1974: Saumgesellschaften im Vegetations- und Standortgefälle an Wald-rändern. - Scripta Geobot. 6.
 ELLENBERG H., 1977: Stickstoff als Standortsfaktor, insbesondere für mitteleuropäische Pflanzengesellschaften. - Oecologia Plantarum 12(1): 1-22.
 ELLENBERG H., MAYER R., SCHAUERMANN J. 1986: Ökosystemforschung - Ergebnisse des Sollingprojektes. - Stuttgart (Ulmer).

- GERLACH A., 1973: Methodische Untersuchungen zur Bestimmung der Stickstoff-mineralisation. - Scripta Geobot. 5.
- GIGON A., 1968: Stickstoff- und Wasserversorgung von Trespen-Halbtrockenrasen (*Mesobromion*) im Jura bei Basel. - Ber. geobot. Inst. ETH, Stftg. Rübél, Zürich 38: 28-85.
- MEDERAKE R., SCHMIDT W., STOTTELE T., 1989: Pflege-Versuche zur Sukzessionslenkung auf Straßenbegleitflächen - Untersuchungszeitraum 1984-1986. - Forschung Straßenbau u. Straßenverkehrstechnik: 570.
- MEDERAKE R., SCHMIDT W. 1989: Pflegeversuche auf Straßenbegleitflächen. - Natur u. Landschaft 64: 499-506.
- MEIWES J. u. BEESE F. 1988: Ergebnisse der Untersuchung des Stoffhaushaltes eines Buchenwaldökosystems auf Kalkgestein. - Ber. d. Forschungszentrums Waldökosysteme Univ. Göttingen, Reihe B 9: 1-142.
- RUNGE M., 1970: Untersuchungen zur Bestimmung der Mineralstickstoff-Nachlieferung am Standort. - Flora, Abt. B, 159: 233-257.
- RATTAY-PRADE R., 1988: Die Vegetation auf Straßenbegleitstreifen in verschiedenen Naturräumen Südbadens. Ihre Bewertung für den Naturschutz und ihre Bedeutung für ein Biotopverbundsystem. - Diss. Bot. 114.
- SAYER M., 1989: Straßenränder in der Kulturlandschaft - Refugien für die Tierwelt ?. - Verhandl. Ges. Ökol. 19.1: 141-142.
- SAYER M., SCHAEFER M., 1989: Wert und Entwicklungsmöglichkeiten straßennaher Biotope für Tiere I. - Forschung Straßenbau u. Straßenverkehrstechnik 569, im Druck.
- SCHIEFER J., 1984: Möglichkeiten der Aushagerung von nährstoffreichen Grünlandflächen. - Veröff. Naturschutz u. Landschaftspflege Bad.-Württ. 57/58: 33-62.
- 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., DAVIDSON A.W. 1988: Effects of roadside conditions on plants and insects. I. Atmospheric conditions. - J. appl. ecol. 25: 699-707.
- STOTTELE T., SCHMIDT W., 1988: Flora und Vegetation an Straßen und Autobahnen der Bundesrepublik Deutschland. - Forschung Straßenbau u. Straßenverkehrstechnik 527.
- 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., FLECKENSTEIN M., MENGLING J., 1988: Die straßenbegleitende Vegetation des mainfränkischen Wärmegebietes. - Ber. ANL 12: 141-187.
- WEHRMANN G., 1988. Die Deposition von Nährstoffen - insbesondere von Stickstoff - entlang vielbefahrener Straßen. - Diplomarb., Univ. Göttingen.
- WERNER W., 1983: Untersuchungen zum Stickstoffhaushalt einiger Pflanzenbestände. - Scripta Geobot. 16.
- WILLIAMS J.T., 1968: The nitrogen relation and other ecological investigations on wet fertilized meadows. - Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stftg. Rübél, Zürich 40: 69-193.

ADRESSE

Dipl. Biol. R. Mederake
 Prof. Dr. W. Schmidt
 Systematisch-Geobotanisches Institut
 der Universität Göttingen,
 Untere Karspüle 2,
 D-W-3400 Göttingen

Dipl. Biol. G. Wehrmann
 Bernadottestr. 18
 D-W-2000 Hamburg 50

ZOBODAT - 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): Mederake Ralph, Schmidt Wolfgang, Wehrmann Gisela

Artikel/Article: [Stickstoffversorgung der Straßenrand-Vegetation in Agrarlandschaften 606-615](#)