

## DIE VEGETATION VON STUFENRAINEN IM KRAICHGAU IN ABHÄNGIGKEIT VON DER AGRARISCHEN PRODUKTIONSINTENSITÄT

Michael Kleyer

### ABSTRACT

Comparative field studies were carried out to determine the influence of eutrophication on the vegetation of field ridges in the region Kraichgau (Southwest-Germany). The expansion of *Urtica dioica* shows a distinct relation to nutrient input. Woody species with liana life forms expand mainly on broad field ridges without marked relation to nutrient input. Small rosette and semi-rosette plants decline with increasing eutrophication. The vegetation of medium-sized field ridges is mostly affected by nutrient input. Differences in the exposition of the field ridges had no considerable effect on this process.

keywords: *terrestrial vegetation, field ridges, eutrophication, life forms, growth forms*

### 1. EINFÜHRUNG

Die Eutrophierung wird häufig als ein wesentlicher Grund für die Veränderung und Verarmung der Vegetation von nicht landwirtschaftlich genutzten Lebensräumen genannt (z.B. RUTHSATZ 1989, DIERSSEN 1989). Aus Landschaften mit Ackerbau ist dies für linienhafte Lebensräume wie Heckensäume, Waldränder, Ackerraine und Entwässerungsgräben qualitativ, teilweise auch quantitativ beschrieben worden (REIF et al. 1982; RUTHSATZ 1983, 1984; RUTHSATZ und OTTE 1987). Die folgenden Darstellungen zu diesem Thema beruhen auf vergleichenden Geländeerhebungen an gras- und staudendominierten Stufenrainen im Kraichgau. Es handelt sich um Teilergebnisse einer Untersuchung (KLEYER 1991), die im Rahmen des SFB "Umweltgerechte Nutzung von Agrarlandschaften" durchgeführt worden sind. Die agrarökonomischen Rohdaten stammen von Hubert Heilmann und Rainer Seitz (Inst. f. landw. Betriebslehre, Universität Hohenheim), die bodenkundlichen Kennwerte wurden zusammen von Gerd Clemens erhoben (Inst. f. Bodenkunde, Universität Hohenheim).

### 2. DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET

Die Feldarbeiten wurden in acht Landschaftsausschnitten im Kraichgau durchgeführt. Der Kraichgau ist eine durch intensiven Ackerbau geprägte Hügellandschaft zwischen Odenwald (N) und Schwarzwald (S), Rheintal (W) und Neckartal (O). Der geologische Untergrund besteht aus Muschelkalk und unterem Keuper. Darüber wurde im Pleistozän eine bis zu mehreren Metern mächtige Lößdecke abgelagert. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt 9 - 9.5 °C, der Kraichgau gehört damit zu den wärmsten Naturräumen Baden-Württembergs. Im Mittel fallen pro Jahr 700 - 750 mm Niederschlag, davon 200 - 220 mm in der Periode Mai - Juli (mit bis zu 73 % Starkregen an den Tageshöhen des Niederschlages; SCHIRMER 1973). Die acht Landschaftsausschnitte sind Wassereinzugsgebiete kleiner Gräben und Bäche, die überwiegend ackerbaulich genutzt werden. Nimmt man Hackfruchtanteil und berechneten mittleren Überschuß der N-Bilanz als Indikatoren für die Nutzungsintensität, so lassen sich intensiv genutzte (25 % Hackfruchtanteil, 51 kg/ha N-Überschuß) und extensiv genutzte Kleinlandschaften (1 % Hackfruchtanteil, 14 kg/ha N-Überschuß) unterscheiden (SEITZ 1989).

Ebenso unterschiedlich wie die Nutzungsintensität ist die Ausstattung mit Landschaftsstrukturen, womit hier zunächst die physischen, unbelebten Elemente gemeint sind. Der linke Teil der Tab. 1 zeigt die Flächenanteile aller Strukturen. Deutlich wird die überragende Bedeutung der landwirtschaftlichen Nutzflächen, welche in den meisten Fällen Äcker sind, aber auch Grünland, Ackerbrachen und Grünlandbrachen sein können.

In extensiv genutzten Landschaften besteht der Rest (8,4 %) neben Erdwegen aus Stufenrainen und Gräben, während in intensiv genutzten Landschaften die Flurbereinigung einen nicht wesentlich geringeren Gesamtanteil (4,4 %) über Asphaltwege und Erdwege bereitgestellt hat. Betrachtet man statt der Fläche die Randlinienlänge, so zeigt sich, daß nur noch zwei Drittel der gesamten Randlinienlänge zu den Feldern gehört, während ein Drittel zu nicht genutzten Kleinstrukturen gehört. Da diese Randlinien auch Grenzlinien zu den Feldern sind, kommt den Kleinstrukturen für die oberirdisch ablaufenden Transport- und Austauschvorgänge im Landschaftshaushalt eine höhere Bedeutung zu, als es ihre Fläche vermuten lässt. Die unterschiedlichen Werte für Fläche und Randlinienlänge entstehen durch den hohen Anteil von Linienbiotopen in der Ackerbaulandschaft.

**Tab. 1:** Flächenanteile und Randlängenanteile von Landschaftselementen in extensiv und intensiv bewirtschafteten Untersuchungsgebieten

	Flächen %		Randlängen %	
	Extensiv	Intensiv	Extensiv	Intensiv
Landwirt. Nutzflächen	91.6	95.6	66.9	65.1
Asphaltwege	0.1	1.6	0.5	7.8
Erdwege	3.2	1.3	12.5	14.2
Raine	2.9	0.2	17.0	2.4
Gräben/Nasse Senken	2.2	0.8	3.1	7.8
Tro.Kuppen/Steilhänge	0	0.5	0	1.7

### 3. STANDÖRTLICHE BESCHREIBUNG VON STUFENRAINEN

Stufenraine entstehen als Maßnahme der Erosionsvorsorge in der stark erosionsgefährdeten Ackerbaulandschaft. Sie sind teilweise bewußt angelegt, vergrößern sich jedoch durch Erosion von alleine. Ein einmal hangparallel angelegter Grasstreifen fängt an seiner Oberseite Bodenabtrag auf, an seiner Unterseite wird Bodenmaterial durch Erosion und Pflugarbeit abgeführt. Dadurch kommt es zu einer Versteilung. Entsprechend sind die Stufenraine bodenkundlich kolluviale Braunerden, unabhängig von der Hangposition, die sie einnehmen (RÜCK et al. 1989).

Viele Stufenraine mit Gras- und Staudenfluren wurden bis zum gesetzlichen Verbot 1975 geblämt. Ein Teil wurde auch bis 1980 mit der Sense gemäht. Heute findet keinerlei Pflege mehr statt.

### 4. METHODIK

#### 4.1 Kartierung

Der auf 5 qm großen Probestellen aufgenommene Pflanzenbestand wurde klassifiziert und anschließend alle Stufenraine der Untersuchungsgebiete kartiert. Die Häufigkeit der Pflanzengemeinschaften ist dann in Beziehung zur Nutzungsintensität angrenzender Äcker und zur Hanglänge der Stufenraine gesetzt worden. Die kartierten Flächengrößen der Pflanzengemeinschaften sind nur dann als Wichtungsfaktoren in die Auswertung eingegangen, wenn für ne-

beneinanderliegende Pflanzengemeinschaften alle standörtlichen und produktionstechnischen Faktoren gleich waren.

## 4.2 Produktionsintensität

Die Bedeutung der Produktionsintensität soll hier nur durch die Erosion und die Düngung auf oberliegenden Äckern als Eintragsfaktoren ausgedrückt werden. Für die Düngung ist Phosphat als Referenzsystem benutzt werden. Nitratdüngung und Phosphatdüngung sind in den Untersuchungsgebieten sehr hoch korreliert, in Bezug auf die Erosion erscheint Phosphat als Umlagerungsindikator geeigneter. Als Gedankenmodell ist für den Phosphateintrag einfach das Produkt aus mittlerer Phosphatdüngung in der Fruchtfolge für jeden Schlag und dem Bodenabtrag für jeden Schlag angenommen worden, individuell berechnet mit der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (SCHWERTMANN et al. 1987). Verfügbares Phosphat im Boden, gemessen als Laktat-P, zeigt eine zumindest mittlere Korrelation ( $r = 0.6$ ) mit diesem Produkt. Die mittlere Phosphatdüngung einer drei- oder vierjährigen Fruchtfolge auf oberliegenden Äckern schwankte im Untersuchungszeitraum zwischen 0 und 141 kg/ha mit einem Mittelwert von 79 kg/ha, der mittlere Bodenabtrag unter der jeweiligen Fruchtfolge zwischen 0 und 40 t/ha mit einem Mittelwert von 5 t/ha und die Hanglänge der Stufenraine schwankt zwischen 0.2 und 7,5 m mit einem Mittelwert von 2,8 m.

## 4.3 Strategieindikatoren

Die Gestalt und Dynamik der Pflanzenbestände im Gradient zwischen Standortproduktivität und Standortstörung beruhen weitgehend auf den Raumnahmestrategien und der Stresstoleranz der beteiligten Arten (GRIME 1979). Um diese zumindest ansatzweise auf der Ebene der Pflanzengemeinschaften charakterisieren zu können, wurden in Anlehnung an andere Versuche (SCHMIDT 1981, SCHIEFER 1981, KONOLD 1984) einfache, für alle Arten leicht zu bestimmende Indikatoren verwendet. Sie umfassen vorläufig nur vegetative Konstitutionsmerkmale der Pflanzen (vgl. CORNELIUS 1989). Dazu gehört die Lebensform nach Raunkiaer, die über die Betonung der Lage der Erneuerungsknospen auch die Sensibilität gegenüber mechanischen Störungen beschreiben kann. Die Wuchsform der Sprosse kann als Indikator für die Architektur der oberirdischen Raumnahme gelten. Wenn krautige Pflanzen um Licht konkurrieren, können Unterschiede in der Wuchshöhe einen deutlichen Effekt auf das Überleben haben (GRIME 1979). Ausläuferbildung ist eine Ausbreitungsstrategie bei ungünstigen Keim- und Auflaufbedingungen und eine laterale Raumnahmestrategie, Speicherfähigkeit von Nährstoffen im Wurzelbereich entscheidet auch über die Schnelligkeit des Wiederaustriebs und über die anfängliche Raumnahme in der Zeit (GRIME 1979). Als ein Indikator für die Schnelligkeit der Raumnahme und für die Stresstoleranz mag der anatomisch-morphologische Bau der Pflanzen (ELLENBERG 1979) gelten.

## 5. DIE VEGETATION

Unter den 203 gefundenen Arten, die auf Stufenrainen in den Untersuchungsgebieten vorkommen, gibt es drei Artengruppen, die an allen Standorten vorkommen, also das gemeinsame Grundgerüst der Vegetation ausmachen. Es setzt sich aus einer ruderalen Artengruppe mit *Agropyron repens*, einer Grünlandpflanzengruppe mit *Arrhenatherum elatius* und einer Gruppe mit *Brachypodium pinnatum* zusammen.

Die Artengruppe der Quecke (*Agropyron repens*, *Convolvulus arvensis*, *Galium aparine*, *Cirsium arvense*, *Equisetum arvense*, *Silene alba*) ist besonders stetig vertreten und besteht weitgehend aus hochwüchsigen Geophyten mit unterirdischen Wurzelknospen oder Ausläufern, die auch als Nährstoffspeicher fungieren. Dieser elastische, vegetativ ausgreifende und sich schnell regenerierende Bautyp zeigt die Anpassung der Bestände an die dynamischen Standortbedingungen der steilen Löß-Stufenraine, die von mechanischer Störung, Überschüttung und Erosion gekennzeichnet sind.

Der Grünlandpflanzengruppe (*Arrhenatherum elatius*, *Dactylis glomerata*, *Galium mollugo*, *Pastinaca sativa*, *Heracleum sphondylium*, *Achillea millefolium*) gehören eher hochwüchsige Horstpflanzen an, Ausläuferbildung ist weniger häufig und die anatomische Struktur meso-

morph. In Relation zur Queckengruppe sind diese Hemikryptophyten gegenüber Verletzungen und Übersättigung empfindlicher.

Die Fiederzwenkengruppe mit *Brachypodium pinnatum*, *Poa angustifolia*, *Festuca rubra* und *Cerastium arvense* hat ähnliche Lebens- und Wuchsformen wie die Queckengruppe, nur sind die Arten eher kleinwüchsig und ihre Anatomie mesomorph bis skleromorph.

Als eine differenzierende Artengruppe treten *Galium verum*, *Coronilla varia*, *Euphorbia cyparissias*, *Origanum vulgare* und *Salvia pratensis* sowie *Bromus erectus* hervor. Außerdem breiten sich *Urtica dioica* sowie (weit weniger) auch *Solidago canadensis* und *S. gigantea* mit deutlicher Herdenbildung aus. Brombeeren (*Rubus sect. corylifolii*), *Clematis vitalba* und *Prunus spinosa* - hier als Pioniergehölze zusammengefaßt - zeigen ebenfalls eine fleckenhafte Ausbreitung. Die Vegetation lässt sich zu folgenden Pflanzengemeinschaften integrieren, die als teilweise scharf abgegrenzte "Artenmuster" das Bild der Stufenrairie deutlich prägen:

- reine Queckengemeinschaft ohne differenzierende Artengruppen;
- Quecken - Brennesselgemeinschaft;
- Queckengemeinschaft mit Pioniergehölzen;
- Quecken - Fiederzwenkengemeinschaft mit Brennessel;
- Quecken - Fiederzwenkengemeinschaft mit der Artengruppe des Echten Labkrauts (*Galium verum*, *Euphorbia cyparissias*, *Coronilla varia*, *Origanum vulgare*, *Bromus erectus*).

Die Vegetation gleicht Quecken - Trockenfluren und ruderalen Staudenfluren, wie sie von MÜLLER und GÖRS (1969) und OBERDORFER (1983) sowie von RUTHSATZ und OTTE (1987) und FISCHER (1982) von ähnlichen Standorten beschrieben worden ist.

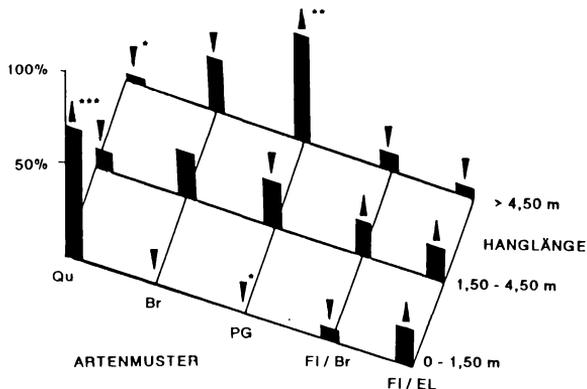
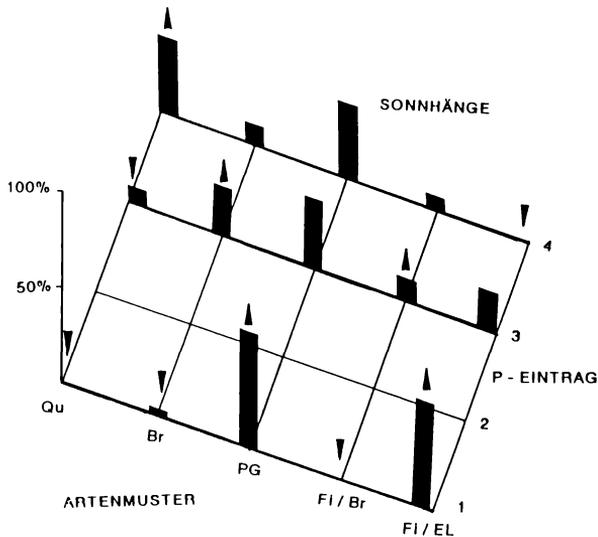
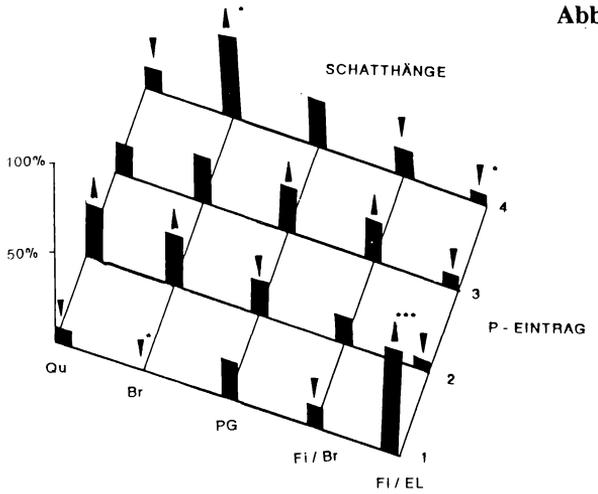
## 6. VERTEILUNG DER ARTENMUSTER IN BEZUG ZUR NUTZUNGSINTENSITÄT DER ANGRENZENDEN ÄCKER

Seitdem die oberirdische Biomasse nicht mehr alljährlich durch Schnitt oder Abbrennen entfernt wird, können die Pflanzen über den oberirdischen Raum zeitlich unbeschränkt verfügen. Vorher wurde diese Verfügbarkeit ja etwa einmal pro Jahr drastisch beschnitten. Das öffnet Invasionsfenster (JOHNSTONE 1986) für Arten wie Brennesseln oder Pioniergehölze, die den Raum wirksam besetzen können. Sie haben nach Aussagen von Landwirten in letzter Zeit zugenommen.

Eutrophierung über den Eintrag von Nährstoffen ist nur einer der Faktoren, die die Verteilung solcher invadierender Arten an den Stufenrainen beeinflussen. Ein natürlicher Stressgradient ist durch unterschiedliche Expositionen in der Landschaft vorgegeben (DIRMHORN 1964). Eine weitere Rolle spielt die Breite bzw. Hanglänge der Stufenrairie. Je schmaler sie sind, desto stärker kann die Vegetation von den angrenzenden Äckern her durch mechanische Störung und Bodeneinschwemmung beeinflusst werden. Die Stufenrairie lassen sich gut in die Matrix von Stress (Verfügbarkeit von Ressourcen für das Pflanzenwachstum) und Störung (mechanische Schädigung der Pflanze) nach GRIME (1979) einordnen. Entsprechend diesem Schema würde der Eintrag von Nährstoffen eine Vergrößerung des Ressourcenangebotes und damit eine Verschiebung des Stressgradienten bedeuten. Es kann nun die Frage gestellt werden, wo in dieser Matrix sich diese Verschiebung besonders stark auswirkt.

### 6.1 Häufigkeit der Artenmuster

An Schatthängen, die in den Untersuchungsgebieten besonders häufig sind, halten sich die eher stresstoleranten Artenmuster mit Echtem Labkraut, Zypressenwolfsmilch und Kronwicke (Fi/EL) bei höheren Flächenanteilen nur auf der niedrigsten Eintragsstufe (Abb. 1a). Darüber steigt die Wahrscheinlichkeit deutlich an, stattdessen Brennesselflecke (Br) zu finden. Die Veränderungen von Pioniergehölzen (PG, hier überwiegend Brombeeren) und Quecken - Artenmustern (Qu) sind weniger deutlich. Abb. 1c zeigt, daß diese eher von der Hanglänge der Stufenrairie bestimmt werden. Queckendominierte Artenmuster bestimmen die schmalen Stufenrairie bis 1.50 m Hanglänge. Auch das Artenmuster mit Echtem Labkraut kann dort häufiger vorkommen, allerdings überwiegend nur in der niedrigsten Eintragsstufe. Auf den großen Stufenrainen dominieren die Pioniergehölze.



**Abb. 1:** Häufigkeit der Artenmuster bei vier Phosphat-Eintragsstufen nach einer statistischen Häufigkeitsanalyse ( $\text{CHI}^2$  - Test). Die Sterne bezeichnen Artenmuster an Eintragsstufen, die sich signifikant von anderen unterscheiden (\* = signifikante Unterschiede auf der 5 % Stufe, \*\* = auf der 1 % Stufe, \*\*\* = auf der 0.1 % Stufe). Pfeile bezeichnen relevante Zunahmen oder Abnahmen unterhalb der Signifikanzschranken. Die Abkürzungen der Artenmuster bedeuten: Qu = Queckengemeinschaft ohne differenzierende Artengruppen, Br = Quecken - Brennesselgemeinschaft, PG = Queckengemeinschaft mit Pioniergehölzen, Fi/Br = Quecken - Fiederzweckgemeinschaft mit Brennessel, Fi/EL = Quecken - Fiederzweckgemeinschaft mit der Artengruppe des Echten Labkrauts.

**Abb. 1a** (oben) zeigt Stufenraie an Schatthängen/ **Abb. 1b** (mitte) Stufenraie an Sonnhängen. Die logarithmischen Klassengrenzen für den Phosphateintrag (Abtrag t/ha x Phosphatdüngung kg/ha) lauten: 0 - 4 = 1, 4 - 33 = 2, 33 - 246 = 3, 246 - 4914 = 4/ **Abb. 1c** (unten) zeigt die Abhängigkeit von der Hanglänge.

An Sonnhängen dominieren die Pioniergehölze auf jeder Eintragsstufe (Abb. 1b). Dabei handelt es sich überwiegend um Waldreben, während Brombeeren an den Schatthängen häufiger vorkommen. Das Artenmuster "Fiederzwenke/Echtes Labkraut" nimmt hier genauso deutlich ab wie an den Schatthängen.

## 6.2 Die Strategieindikatoren

In Abb. 2 wird die Stärke des Zusammenhangs von ausgewählten Strategieindikatoren mit dem Phosphat-Eintrag auf unterschiedlichen Standorten gezeigt. Wenn die Punkte und Kurven unterhalb der Nulllinie verlaufen, also bei negativen Korrelationskoeffizienten, dann fallen die Anteile dieser Indikatoren bei steigenden Phosphateintrag. Allgemein fallen Artenzahl und Gleichverteilung der Pflanzenbestände mit dem Nährstoffeintrag auf allen Stufenrainen, deren Hanglänge größer als 1,50 m ist. Bei schmälere Stufenrainen gibt es keine deutliche Korrelation mit dem Eintrag, soweit bei der hohen Irrtumswahrscheinlichkeit überhaupt eine Aussage möglich ist. Kleinwüchsigkeit, Halbrosetten-Wuchsform und mesomorphe Anatomie nehmen bei steigendem Phosphateintrag deutlich auf Stufenrainen mittlerer Größe ab, Rosettenpflanzen auf denen mit südlicher Exposition. Dagegen steigen die Anteile hygromorpher und hochwüchsiger Arten. Skleromorph gebaute Pflanzen verschwinden besonders auf großen Stufenrainen mit dem Phosphateintrag. Arten mit deutlichen Speicherorganen und Geophyten mit unterirdischen Ausläufern verzeichnen nur in Südexposition auf mittleren Hanglängen eine schwache Zunahme mit dem Phosphateintrag. Auf Stufenrainen, die schmaler sind als 1,50 m Hanglänge, war für beinahe alle Indikatoren keine Korrelation mit dem Phosphateintrag zu finden.

## 6.3 Einzelarten

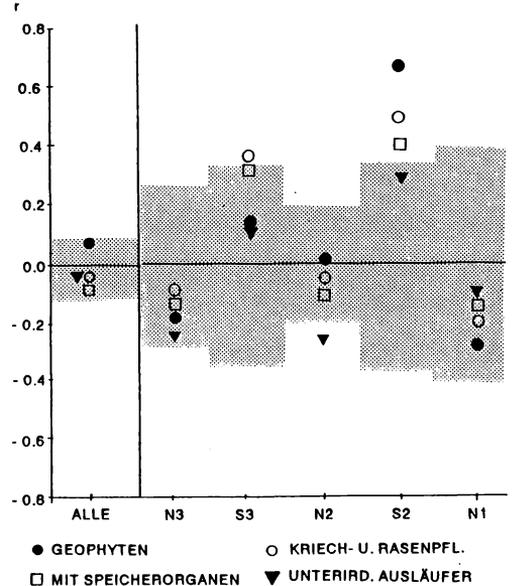
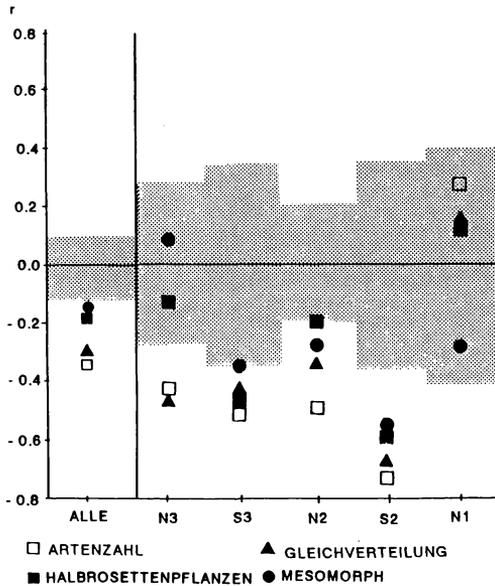
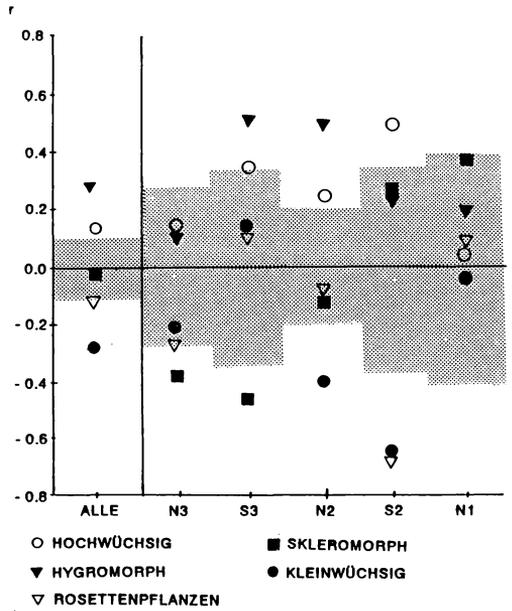
Das Produkt von Bodenabtrag und Phosphatdüngung ist nur eine Modellgröße oder Maßzahl für den Eutrophierungsgrad. Um die realen Verhältnisse einschätzen zu können, zeigt Abb. 3 für das Beispiel *Galium verum* und *Urtica dioica* die synoptische Deckung zwischen potentielltem Bodenabtrag (LS - Faktor nach der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung, SCHWERTMANN et al. 1987) und Düngung. Berechnungsgrundlage ist die synoptische Deckung der beiden Arten in den verschiedenen Artenmuster (vgl. v.d. MAAREL et al. 1987) und das Kartierungsergebnis in Bezug zum Phosphateintrag. Die Gesamtheit der Kreise zeigt die Verteilung aller kartierten Einzelflächen; ein leerer Kreis bedeutet, daß die Art dort nicht vorkommt. Sichere Vorkommen von *Galium verum* sind nur vorne rechts zu finden, also unterhalb von Äckern, die praktisch nicht geneigt sind und die kaum gedüngt werden (Abb. 3a). Wenn man vorne auf der Düngungsachse nach links geht, also steigende Düngung, aber schwache potentielle Erosion, reduziert sich das Vorkommen auf wenige Individuen. Ebenso wahrscheinlich ist, daß *Galium verum* nicht vorkommt. Bei steigender potentieller Erosion und Düngung, im hinteren Teil des Diagramms, fällt *Galium verum* ganz aus. Genau umgekehrt ist das Verhalten von *Urtica dioica* (Abb. 3b). Im hinteren Teil des Diagramms, also bei steigender Erosionsanfälligkeit und Düngung, kommt *Urtica dioica* gehäuft vor. Im vorderen Teil ist bei mittlerer Düngung und schwacher potentieller Erosion ein Bereich, an dem die Invasion zumindest verzögert erscheint.

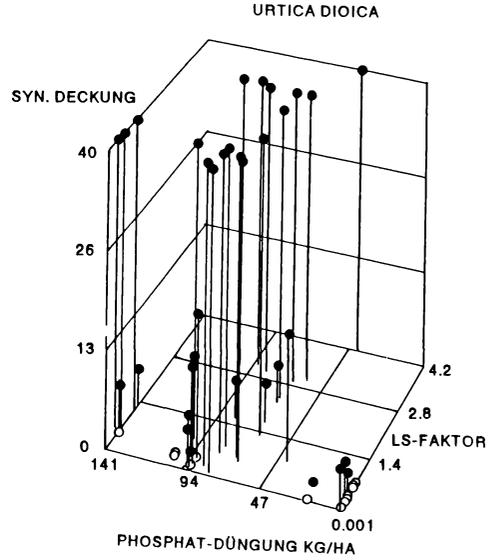
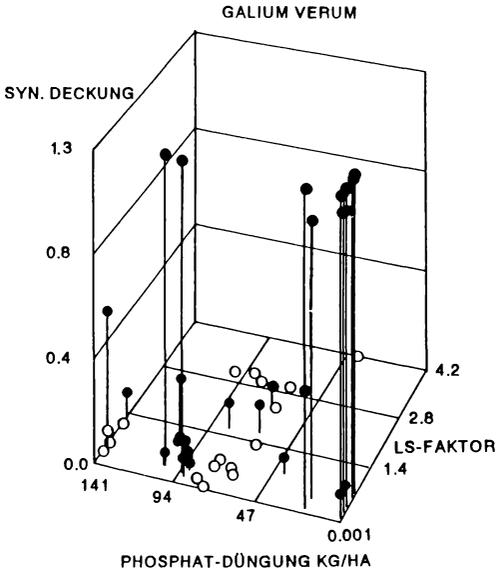
## 7. DISKUSSION

Der Eintrag von Nährstoffen vergrößert die Ressourcenverfügbarkeit und verändert damit den Stressgradienten der Stufenraine für höhere Pflanzen.

An sehr schmalen Stufenrainen wirken sich Störungen so stark aus, daß die Vegetation in allen Eintragsstufen von den elastischen, therophytenreichen und sich schnell regenerierenden Quecken-Beständen bestimmt wird. Umgekehrt erfordern Investitionen in Holzkörper einen gewissen Schutz vor Verlusten durch mechanische Störungen, so daß sich die Pioniergehölze auf die größeren Stufenraine ab 4,50 m Hanglänge konzentrieren. Waldreben und Brombeeren reagieren offenbar plastisch im Nährstoffgradienten, differenzieren sich jedoch in der Exposition. Am deutlichsten ist der Nährstoffeintrag in der Vegetation auf mittelgroßen Stufenrainen

**Abb. 2:** Korrelationen zwischen ausgewählten Strategieindikatoren und dem Phosphateintrag an verschiedenen Standorten. Innerhalb der gerasterten Bereiche ist der Vertrauensbereich der Korrelationskoeffizienten geringer als 80 %.  $r$  = Spearman - Korrelationskoeffizient.  
 N3 = Schatthänge, Hanglänge > 4,50 m; S3 = Sonnhänge, > 4,50 m; N2 = Schatthänge, Hanglänge 1,50 - 4,50 m; S2 = Sonnhänge, 1,50 - 4,50 m; N1 = Schatthänge, Hanglänge < 1,50 m;





**Abb. 3:** Deckung von *Galium verum* (Abb. 3a, links) und *Urtica dioica* (Abb. 3b, rechts) im Gradient zwischen potentieller Erosion und Phosphatdüngung. Ausgewählte Standorte: Schatthänge, Hanglänge 1,5 - 4,5 m, oberer Saum < 0,65 m.

zu spüren, wo *Urtica dioica* besonders gefördert wird. Zumindest auf den kolluvialen Stufenrainen gibt es nach den Korrelationsrechnungen (unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Vertrauensbereiche) keine wesentlich stärkere Gefährdung der Nordlagen, wie RUTHSATZ (1989) für die Eutrophierungsproblematik montaner Gebiete annimmt. Insgesamt scheint sich eine Summenwirkung aus der Verkleinerung des Stressgradienten durch Eutrophierung und der Verkleinerung des Störungsgradienten auf größeren Stufenrainen zu ergeben. Die Zunahme der Kombination hygromorphe Anatomie und Hochwüchsigkeit (*Urtica dioica*) verkettet sich mit der Zunahme der Kombination Winden- bzw. Zweigklimmerwuchsform und strauchiger Phanaerophyt (*Rubus sect. corylifolii*, *Clematis vitalba*). Mit beiden Kombinationen lässt sich eine relativ schnelle, aufwärtsgerichtete, raumgreifende und beschattende Biomassebildung assoziieren. Das Zusammenspiel führt zur Abnahme kleinwüchsiger Rosetten- und Halbrosettenpflanzen. Eine Änderung des Lebensformenspektrums oder eine Zunahme der ausläufer- und speicherbildenden Arten mag zwar eine Eigenschaft von brachfallendem Grünland gegenüber genutztem Grünland sein (SCHIEFER 1981), hängt jedoch hier nicht deutlich mit der Erhöhung des Nährstoffeintrags zusammen. Durch das frühere Flämmen sind auch in dem meso- bis oligotraphenten Artenmuster "Fiederzwenke / Echtes Labkraut" Ausläuferbildung und Speicherfähigkeit selektiert worden. So besitzen aus der Artengruppe "Echtes Labkraut" beispielsweise *Campanula rotundifolia*, *Euphorbia cyparissias*, *Origanum vulgare* und *Coronilla varia* Ausläufer und deutliche Speicherorgane. Stufenraine sind als Standorte für Arten wie *Galium verum*, *Origanum vulgare* und *Pimpinella saxifraga* heute kaum noch geeignet, da die Äcker durchschnittlich 80 - 100 kg/ha Phosphat bekommen. Die damit korrelierten Gesamtdüngermengen reichen unter Brachebedingungen auch bei niedrigem Bodeneintrag aus, um Brennesseln oder Waldreben Konkurrenzvorteile zu geben. In den intensiv bewirtschafteten Landschaften des Kraichgau sind solche niedrigwüchsigen Arten wärmeliebender Säume auf kolluvialen Stufenrainen nicht mehr zu finden. Das

wäre kein planerisches Problem, wenn sie in anderen Lebensräumen noch vorkommen würden. Eine Ähnlichkeitsanalyse mit den Pflanzengemeinschaften aller Lebensräume der Untersuchungsgebiete zeigte, daß nur die Pararendzinen der Hohlwege und Halbtrockenrasen heute noch sichere Standorte für sie sind. Hohlwege und besonders Halbtrockenrasen nehmen aber auch in den wenigen extensiv bewirtschafteten Gebieten des Kraichgau Flächenanteile ein, die nur im Promillebereich liegen. Ackerbrachen auf den Pararendzinen der Oberhänge und Kuppen im Kraichgau können weitere Lebensräume dieser Arten sein. Die jüngeren Ackerbrachen werden jedoch, wie unsere Kartierungen zeigten, sehr schnell von Goldruten invadiert. Regelmäßige Pflegemaßnahmen werden - zumindest aus der Sicht eines regionalen Artenschutzes - im Kraichgau zukünftig notwendig sein.

Danksagung: Die Arbeit wurde durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft gefördert. Ich danke für die Unterstützung. Ebenso sei allen Mitarbeitern des SFB 183 an den Universitäten Hohenheim und Stuttgart für ihre Gesprächs- und Hilfsbereitschaft gedankt.

## LITERATUR

- CORNELIUS R., 1989: Zum Einsatz populationsbiologischer Konzepte bei der Kausalanalyse urbaner Vegetationseinheiten. - Verh. Ges. f. Ökologie 18, Göttingen: 701-709.
- DIERSSEN K., 1989: Eutrophierungsbedingte Veränderungen der Vegetationszusammensetzung (Fallstudien aus Schleswig-Holstein). - Norddt. Naturschutzakademie Ber. 2, H. 1, Schneverdingen: 27-30.
- DIRMHIRN J., 1964: Das Strahlungsfeld im Lebensraum. - Frankfurt.
- ELLENBERG H., 1979: Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. - Scripta Geobotanica 9, 2. Aufl., Göttingen.
- FISCHER A., 1982: Mosaik und Syndynamik der Pflanzengesellschaften von Lößböschungen im Kaiserstuhl (Südbaden). - Phytocoenologia 10, Berlin, Stuttgart, Braunschweig: 1-256.
- GRIME J.P., 1979: Plant Strategies and Vegetation Processes. - Chichester.
- JOHNSTONE I.M., 1986: Plant Invasion Windows: a time-based Classification of Invasion Potential. - Biol. Rev. 61, Cambridge: 369-394.
- KLEYER M., 1991: Die Vegetation linienförmiger Kleinstrukturen in Beziehung zur landwirtschaftlichen Produktionsintensität. - Dissertationes Botanicae (im Druck), Crmaer, Vaduz.
- KONOLD W., 1984: Zur Ökologie kleiner Fließgewässer. Verschiedene Ausbauarten und ihre Bewertung. - Agrar- und Umweltplanung in Baden-Württemberg 6, Stuttgart.
- MAAREL E. v. d., ESPEJEL I., Moreno-Casarola P., 1987: Two step vegetation analysis based on very large data sets. - Vegetatio 68, Den Haag: 139-143.
- MÜLLER T., GÖRS S., 1969: Halbruderale Trocken- und Halbtrockenrasen. - Vegetatio 18, Den Haag: 203-221.
- OBERDORFER E., 1983: Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil III. - Stuttgart, New York.
- REIF A., SCHULZE E.-D., ZAHNER K., 1982: Der Einfluß des geologischen Untergrundes, der Hangneigung, der Feldgröße und der Flurbereinigung auf die Heckendichte in Oberfranken. - Akademie f. Naturschutz u. Landschaftspflege, Ber. 6, Laufen/Salzach: 231-253.
- RÜCK F., KLEYER M., CLEMENS G., SCHLICHTING E., 1989: Nährstoffgehalte der Böden naturnaher linearer Biotope unterschiedlich intensiv genutzter Kleinlandschaften des Kraichgaus. - Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges. 59 (1/2), Oldenburg: 779-784.
- RUTHSATZ B., 1983: Kleinstrukturen im Raum Ingolstadt: Schutz und Zeigerwert. Teil I. Hochstauden in Entwässerungsgräben. - Tuexenia 3, Göttingen: 365-388.
- RUTHSATZ B., 1984: Kleinstrukturen im Raum Ingolstadt: Schutz und Zeigerwert. Teil II. Waldsäume. - Tuexenia 4, Göttingen: 227-249.
- RUTHSATZ B., 1989: Anthropogen verursachte Eutrophierung bedroht die schutzwürdigen Lebensgemeinschaften und ihre Biotope in der Agrarlandschaft unserer Mittelgebirge. - Norddt. Naturschutzakademie, Ber. 2, H. 1, Schneverdingen: 30-35.
- RUTHSATZ B., OTTE A., 1987: Kleinstrukturen im Raum Ingolstadt: Schutz und Zeigerwert. Teil III. Feldwegränder und Ackerraine. - Tuexenia 7, Göttingen: 139-159.

- SCHMIDT W., 1981: Ungestörte und gelenkte Sukzession auf Brachäckern. - Scripta Geobotanica 15, Göttingen.
- SCHIEFER J., 1981: Bracheversuche in Baden-Württemberg. - Beih. Veröff. Naturschutz und Landschaftspflege Bad.-Württ. 22, Karlsruhe: 1-325.
- SCHIRMER H., 1973: Die räumliche Verteilung der Bänderstruktur des Niederschlages in Süd- und Südwestdeutschland. - Forsch. Deut. Landeskd., Bd. 205, Bonn-Bad Godesberg.
- SCHWERTMANN U., VOGL W., KAINZ M., 1987: Bodenerosion durch Wasser. - Stuttgart.
- SEITZ R., 1989: Bedeutung von Kleinstrukturen für den Artenschutz und die Außenflächen in einer Ackerlandschaft (Beispiel Kraichgau). Teil 1. - Unveröff. Ergebnisbericht, Inst. f. Landwirtschaftliche Betriebslehre, Universität Hohenheim.

#### ADRESSE

Dipl. Agr.-Biol. Michael Kleyer  
Inst. f. Landschaftsplanung  
Universität Stuttgart  
Keplerstr 11  
D-W-7000 Stuttgart 1

# 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): Kleyer Michael

Artikel/Article: [Die Vegetation von Stufenrainen im Kraichgau in Abhängigkeit von der agrarischen Produktionsintensität 450-459](#)