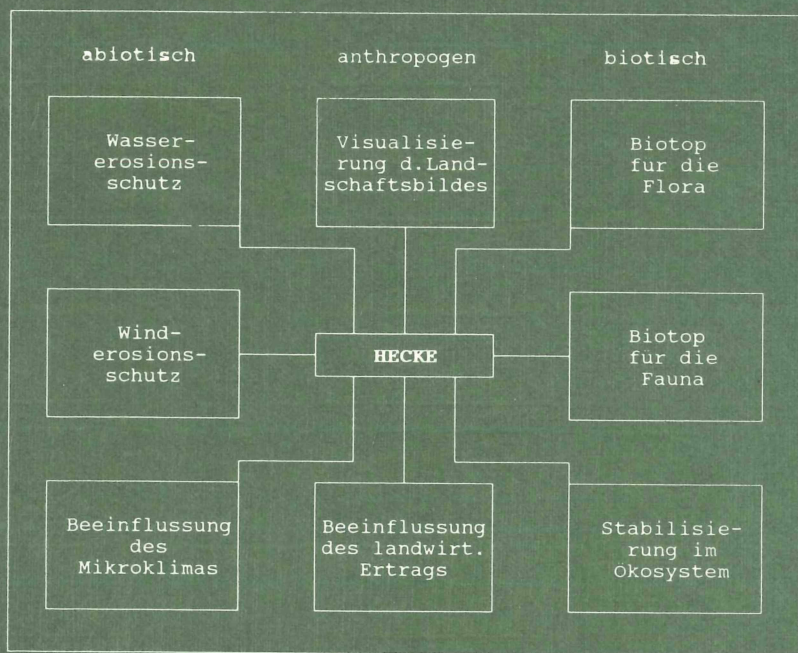


Funktionen von Hecken

und deren Flächenbedarf vor dem Hintergrund der landschaftsökologischen und -ästhetischen Defizite auf den Mainfränkischen Gäuflächen

von

Johannes Müller



Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins Würzburg
Band 31 1990

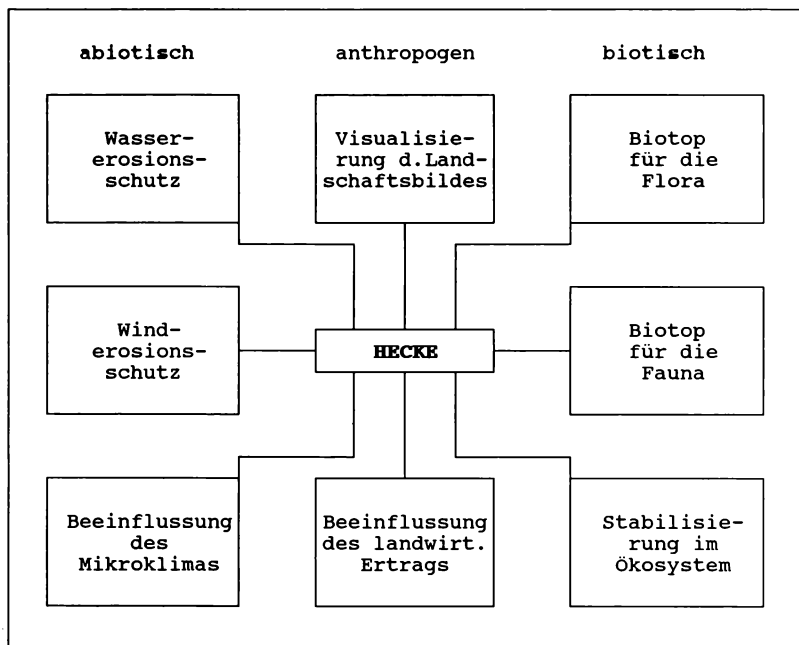
Erscheint zugleich als Band 77 der Würzburger
Geographischen Arbeiten.

Funktionen von Hecken

und deren Flächenbedarf vor dem Hintergrund der landschaftsökologischen und -ästhetischen Defizite auf den Mainfränkischen Gäuflächen

von

Johannes Müller



Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins Würzburg
Band 31 **1990**

Herausgeber: Naturwissenschaftlicher Verein Würzburg e.V.

Erscheint zugleich als Band 77 der Würzburger
Geographischen Arbeiten.

**Gedruckt mit Zuschüssen
des Universitätsbundes Würzburg und
des Flurbereinigungsverbandes Würzburg**

Der Druck auf chlorfreiem Papier wurde ermöglicht
durch einen großzügigen Zuschuß meiner Eltern.

**Dieser Band wurde gedruckt mit Unterstützung durch den
BEZIRK UNTERFRANKEN**

Umbruch und Offsetvorlage: Gudrun und Johannes Müller

Druck: Böhler Verlag GmbH, Seilerstr.10, 87 Würzburg-Heidingsfeld

Bezug gegen Rechnung bei:

Geographisches Institut der Universität Würzburg, Am Hubland, 87 Würzburg

Frau Dr.Ritschel, c/o Regierung von Unterfranken, Peterpl. 8, 87 Würzburg
oder Albrecht-Dürer-Str. 138, 87 Würzburg

c Alle Rechte vorbehalten

ISSN 0510-9833 (Wü. Geogr. Arb.)

ISSN 0547-9770 (Abh. Nat. Wiss. V. Wü.)

Vorwort

Diese Arbeit ist ursprünglich als Diplomarbeit im Fach Geographie bei Herrn Prof.Dr.A.Skowronek an der Universität Würzburg entstanden, wo sie 1988 eingereicht wurde. 1989 wurde sie mit dem Preis für Nachwuchswissenschaftler der Akademie der Wissenschaften zu Berlin ausgezeichnet.

Seit Abschluß der Diplomarbeit bekam ich durch Gespräche und die weitere Beschäftigung mit dem Thema zusätzliche Anregungen, die im vorliegenden Heft mit eingearbeitet sind, ebenso wie neue Literatur. Außerdem sind einzelne Abschnitte umgestellt und mehrere Graphiken zusätzlich gezeichnet, um den Aufbau übersichtlicher zu gestalten, wodurch sich aber an der Grundkonzeption nichts geändert hat. Die ursprünglichen Karten decken das gesamte Untersuchungsgebiet von 2000 ha im Maßstab 1:10 000 ab, woraus für den Druck ein repräsentativer Ausschnitt gewählt werden mußte, der möglichst alle Landschaftseinheiten zeigt.

Sehr zu Dank verpflichtet bin ich Herrn Prof.Dr.H.Hagedorn für die Veröffentlichung in den Würzburger Geographischen Arbeiten und Herrn Prof.Dr.G.Kneitz für die Veröffentlichung in den Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins Würzburg. Bei Herrn Prof.Dr.D.Busche möchte ich mich recht herzlich für sein stetiges Bemühen um die Veröffentlichung, für zahlreiche Fachgespräche und Anregungen bedanken.

Ebensosehr sei dem Universitätsbund Würzburg und dem Flurbereinigungsverband Würzburg gedankt, die mit großzügigen Zuschüssen den Druck der Arbeit erst ermöglicht haben.

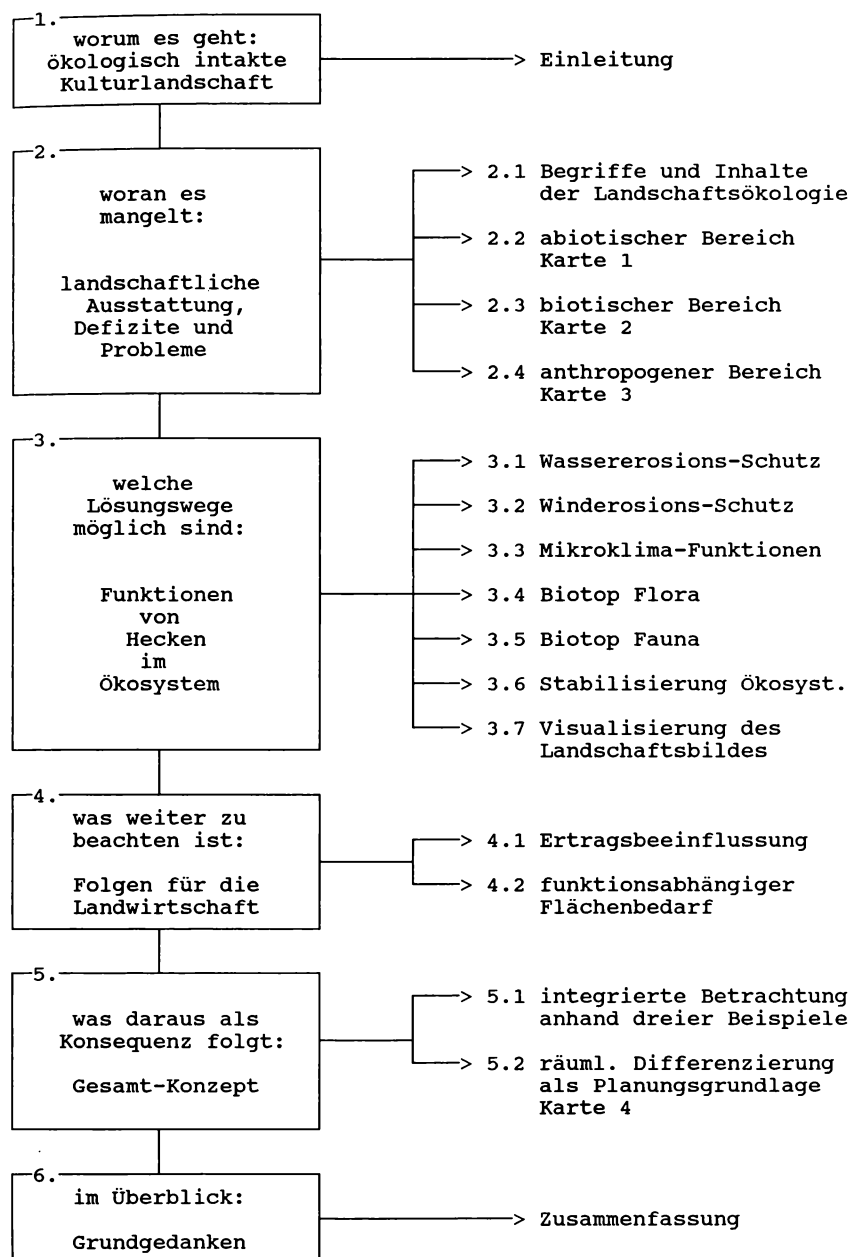
Herrn Dipl.-Ing. Maak von der BLS, der mich mit umfangreichem Material zum Untersuchungsgebiet unterstützte, möchte ich dafür und für zahlreiche Fachgespräche danken, verbunden mit der Hoffnung auf weitere fruchtbare Zusammenarbeit.

Ich hoffe, daß mit dieser Veröffentlichung eine Sichtweise aufgezeigt wird, die die Landschaft mit allen ihren externen Einflüssen und internen Zusammenhängen als Ganzes betrachtet, und daß sich diese Sichtweise auch bei der im Untersuchungsgebiet derzeit anstehenden Flurbereinigung durchsetzt.

für

穆
谷
容

Fig. 1:

Inhalt (Kurzfassung)

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	15
1.1	Warum Hecken in der Landschaft?	15
1.2	Stellung der Arbeit	21
1.3	Das Untersuchungsgebiet und die regionale Übertragbarkeit der Ergebnisse	25
2.	<u>Die landschaftliche Ausstattung der Mainfränkischen Gäuflächen, ihre ökologischen und ästhetischen Probleme</u>	29
2.1	Begriffe und Inhalte der Landschaftsökologie	31
2.1.1	Entstehung und Bestimmung des Begriffs Landschaftsökologie	31
2.1.2	Die Landschaft als Ökosystem	37
2.1.3	Stellung der Hecke und Funktionsbeziehungen zum Ökosystem	40
2.2	Abiotische Ausstattung und Probleme (Karte 1)	43
2.2.1	Untergrund und Relief	45
2.2.2	Deckschichten und Böden und ihre Bedeutung im Landschaftshaushalt	47
2.2.3	Bodenerosion als geoökologisches Hauptproblem Mainfrankens und die Rolle der Flurbereinigung	53
2.2.4	Klima und Trockenheit	59
2.2.5	Windverhältnisse	64
2.2.6	Gefahrenpotential der Winderosion auf den Mainfränkischen Gäuflächen	69
2.2.7	Zusammenfassung: Die abiotischen Probleme und ihre Folgen für das Agrarökosystem	71
2.3	Biotische Ausstattung und Probleme (Karte 2)	73
2.3.1	Grundprinzipien des Agrarökosystems	75
2.3.2	Ökotone und Randeffect (edge-effect)	77
2.3.3	Ausräumung der Mainfränkischen Gäuflächen	80

2.3.4	Artenrückgang	81
2.3.5	Zunahme des Insektizideinsatzes	84
2.3.6	Verinselung	87
2.3.7	Beeinträchtigung der Regenerationsfähigkeit naturnaher Landschaftselemente	88
2.3.8	Zusammenfassung: Die biotischen Probleme und ihre Folgen für das Agrarökosystem	89
2.4	Anthropogene Ausstattung und ästhetische Probleme (Karte 3)	91
2.4.1	Entstehung und Abgrenzung der Hecken-Landschaftstypen	93
2.4.2	Historische Nutzung und Bedeutungswandel von Hecken	94
2.4.3	Historisch gewachsenes Strukturmuster der Heckenstandorte auf den Gäuflächen Mainfrankens	96
2.4.4	Landschaftsökologischer Bedeutungswandel von Hecken	103
2.4.5	Folgen der Ausräumung für die Landschaftsästhetik	104
2.4.6	Zusammenfassung: Die ästhetischen Probleme und ihre Folgen für das Agrarökosystem	106
3.	<u>Landschaftsökologische und -ästhetische Funktionen von Hecken auf den Gäuflächen Mainfrankens</u>	109
3.1	Wassererosions-Schutz	113
3.1.1	Problematik	114
3.1.2	Steuerungsfaktoren der Wassererosion	115
3.1.3	Tolerierbarer Abtrag	123
3.1.4	Beeinflussung der Erosion durch Hecken	125
3.1.5	Interdependenzen zu anderen Funktionen	127
3.1.6	Bewertung für die Mainfränkischen Gäuflächen	129
3.2	Funktion Winderosions-Schutz	137
3.2.1	Problematik	138
3.2.2	Strömungstechnik des Windfeldes	139
3.2.3	Wirkungsmechanismus der einzelnen Hecke	140
3.2.4	Nebenwirkungen und Interdependenzen zu anderen Funktionen	143
3.2.5	Bewertung für die Mainfränkischen Gäuflächen	145

3.3	Funktion Beeinflussung des Mikroklimas	147
3.3.1	Problematik	148
3.3.2	Flächenhafte Beeinflussung mikroklimatischer Parameter	149
3.3.3	Reichweite mikroklimatischer Beeinflussung	154
3.3.4	Nebenwirkungen: Frostgefahr und Belüftung	155
3.3.5	Gesamtwirkung und Interdependenzen zu anderen Funktionen	157
3.3.6	Bewertung für die Mainfränkischen Gäuflächen	158
3.4	Funktion Biotop für die Flora	161
3.4.1	Problematik	162
3.4.2	Pflanzengesellschaften und Aufbau mainfränkischer Hecken	163
3.4.3	Ökologische Ansprüche der Heckenflora	169
3.4.4	Hecken als Biotope anthropogen geförderter Arten	170
3.4.5	Interdependenzen zu anderen Funktionen	171
3.4.6	Bewertung für die Mainfränkischen Gäuflächen	172
3.5	Funktion Biotop für die Fauna	173
3.5.1	Teilfunktionen und Bedeutung	175
3.5.2	Anforderungen an die Biotopstruktur	179
3.5.3	Schlußfolgerungen und Interdependenzen zu anderen Funktionen	182
3.5.4	Bewertung für die Mainfränkischen Gäuflächen	183
3.6	Funktion Stabilisierung im Agrarökosystem	185
3.6.1	Problematik	186
3.6.2	Intensität und Bedeutung der Beziehungen zwischen Hecke und Umland	187
3.6.3	Zusammenfassung: Prinzipien der faunistischen Beziehungen zwischen Hecke und Umland	191
3.6.4	Aktionsradien heckenbewohnender Carnivoren	191
3.6.5	Integrierter Pflanzenschutz	193
3.6.6	Rolle der Hecken im integrierten Pflanzenschutz	194
3.6.7	Interdependenzen zu anderen Funktionen	197
3.7	Funktion Visualisierung des Landschaftsbildes	201
3.7.1	Problematik	203
3.7.2	Kriterien der Landschaftsbildbewertung	206
3.7.3	Die Rolle von Hecken im Landschaftsbild	209
3.7.4	Psychologische Auswirkungen landschaftsästhetischer Reize	216
3.7.5	Interdependenzen zu anderen Funktionen	217

3.7.6	Ergebnisse: Systematische Stellung, ökologischer Bezug und Übertragbarkeit der ästhetischen Funktion	219
3.7.7	Bewertung für die Mainfränkischen Gäuflächen	221
3.8	Gesamtwirkung und Interdependenzen der landschaftlichen Funktionen von Hecken	223
4.	<u>Ertragsbeeinflussung und Flächenbedarf</u>	227
4.1	Beeinflussung des landwirtschaftlichen Ertrags	229
4.1.1	Nahwirkungen	229
4.1.2	Fernwirkungen	233
4.1.3	Schlußfolgerung und Bewertung für die Mainfränkischen Gäuflächen	236
4.1.4	Ergänzung durch das Ackerrandstreifenprogramm	238
4.2	Funktionsabhängiger Flächenbedarf	241
4.2.1	Berechnungsmethodik	242
4.2.2	Wassererosions-Schutz	245
4.2.3	Winderosions-Schutz und Mikroklima-Beeinflussung	247
4.2.4	Biotop und Stabilisierung im Agrarökosystem	249
4.2.5	Visualisierung des Landschaftsbildes	252
5.	<u>Integrierte Betrachtungsweise und räumliche Differenzierung der Funktionen von Hecken als Grundlage einer Gesamtkonzeption</u>	253
5.1	Integrierte Betrachtungsweise der Funktionen von Hecken im Gesamt-Ökosystem	255
5.1.1	Beispiel 1: Gesamtbedeutung zweier Hecken für ein Gewann bei Ochsenfurt	257
5.1.2	Beispiel 2: Zusammenhänge ökologischer Probleme beim Zuckerrübenanbau im Ochsenfurter Gau	262
5.1.3	Beispiel 3: Chancen und Gefahren für das Landschafts-Ökosystem bei der Flurbereinigung	264

5.2	Räumliche Differenzierung der Funktionen von Hecken als Planungsgrundlage (Karte 4)	273
5.2.1.	Kartographische Darstellung	274
5.2.2	Das Relief als entscheidender Steuerungsfaktor der kleinräumigen funktionalen Differenzierung	275
5.2.3	Wassererosions-Schutz	276
5.2.4	Winderosions-Schutz und Mikroklima-Beeinflussung	277
5.2.5	Biotop und Stabilisierung im Agrarökosystem	278
5.2.5	Visualisierung des Landschaftsbildes	279
6.	<u>Zusammenfassung, Summary, Résumé</u>	281
6.1	Zusammenfassung	281
6.2	Summary	287
6.3	Résumé	291
7.	<u>Literaturverzeichnis</u>	295
	Anhang:	
	Praktische Überlegungen zur Neuanlage von Hecken	307
	Register	313

Karten

des Untersuchungsgebietes Ochsenfurt West
(in Einstecktasche am Ende)

- Karte 1: Abiotische Ausstattung der Landschaft
- Karte 2: Hecken im Kontext der biotischen Ausstattung der Landschaft
- Karte 3: Historisch-genetische Entwicklung des Bestandes an Hecken und anderen biotischen Landschaftsstrukturen
- Karte 4: Räumliche Differenzierung der landschaftsökologischen und -ästhetischen Funktionen von Hecken als Grundlage einer Gesamtkonzeption (Planungsvorschlag)

Abbildungen

- | | |
|---|-----|
| Abb. 1: Hecken als Kulturlandschaftstyp | 18 |
| Abb. 2: Lößmächtigkeit und verhülltes Relief | 43 |
| Abb. 3: Ausräumung der Landschaft durch Beseitigung von Biotopen | 73 |
| Abb. 4: Monotonisierung des Landschaftsbildes und Motivation zu ökologisch verträglichem Handeln | 91 |
| Abb. 5: Typus der Wassererosion auf den lößbedeckten Gäuflächen Mainfrankens | 113 |
| Abb. 6: Ökologischer Fehlschlag einer neugepflanzten Windschutzhecke wegen Mißachtung aller Funktionszusammenhänge | 137 |
| Abb. 7: Typischer, exponierter, vor atmosphärischen Windgeschehen ungeschützter Plateaubereich | 147 |
| Abb. 8: Hecken als Ausweichbiotope anthropogen geförderter Pflanzen (Segetal- und Ruderalarten) der Agrarlandschaft | 161 |
| Abb. 9: Vielfalt von ökologischen Nischen und differenzierten Biotopstrukturen, in Hecken auf engstem Raum konzentriert | 173 |
| Abb. 10: Netz ökologischer Nischen als Voraussetzung für die biologische Schädlingsbekämpfung | 185 |
| Abb. 11: Historisch gewachsenes Strukturmuster der Heckenstandorte als Visualisierung des Landschaftsbildes | 201 |
| Abb. 12: Hecken als Elemente der landschaftlichen Eigenart | 211 |
| Abb. 13: Wurzelkonkurrenz- und Schattenbereich neben einer Hecke | 227 |
| Abb. 14: Gesamtbedeutung von Hecken für die Landschaft | 253 |

Graphische Darstellungen

Fig. 1:	Kurzfassung des Inhaltsverzeichnisses	5
Fig. 2:	Schema der Veränderung der landschaftlichen Vielfalt	15
Fig. 3:	Abgrenzung der Mainfränkischen Gäuflächen Lage des Untersuchungsgebietes	26
Fig. 4:	Löß-Verbreitung auf den Mainfränkischen Gäuflächen und angrenzenden Gebieten	47
Fig. 5:	Profil durch die Gäufläche SW Lindflur (deckungsgleich mit Abb.2)	49
Fig. 6:	Profilschnitt und Bodengesellschaften eines Hanges im Lößgebiet	55
Fig. 7:	Mineralverteilung in drei Bodenprofilen des Vergleichsgebietes	56
Fig. 8:	Mittlerer Jahresniederschlag auf den Mainfränkischen Gäuflächen und angrenzenden Gebieten	59
Fig. 9:	Klima-Diagramme von Stationen im Bereich der Mainfränkischen Gäuflächen	62
Fig. 10:	Windrichtungen an der Station Würzburg im Jahresdurchschnitt (alle Stärken)	65
Fig. 11:	Windrichtungen an der Station Würzburg im Jahresdurchschnitt (nur Windstärken über 3,3 m/sek)	65
Fig. 12:	Windrichtungen der Station Würzburg nach Monaten aufgeschlüsselt (nur Windstärken über 3,3 m/sek)	66
Fig. 13:	Starkwindhäufigkeiten an der Station Würzburg nach Monaten aufgeschlüsselt	68
Fig. 14:	Randeffekt (edge-effect) von Ökotonen	78
Fig. 15:	Verbreitung von Waldflächen auf den Mainfränkischen Gäuflächen und angrenzenden Gebieten	78
Fig. 16:	Verursacher des Artenrückgangs von Pflanzen in der BRD	82
Fig. 17:	Ursachen des Artenrückgangs von Pflanzen	83
Fig. 18:	Zahl der verschollenen und gefährdeten Tierarten	84
Fig. 19:	Verbrauch von Isektiziden und ihr Anteil am Pestizidverbrauch in der BRD	85
Fig. 20:	Ausschnitt aus der Flurkarte Eichelsee, Stand 1914 mit alter und neuer Fluraufteilung	98
Fig. 21:	Landschaftsökologische und -ästhetische Funktionen von Hecken im Überblick	111
Fig. 22:	Prinzip der Beeinflussung der Erosion durch Veränderung des LS-Faktors	118
Fig. 23:	Die mögliche Beeinflussung der Erosion mittels Hecken	126

Fig. 24:	Durchschnittliche absolute Erosionsbeträge in t/ha/Jahr auf den Mainfränkischen Gäuflächen	133
Fig. 25:	Beeinflussung des Windfeldes durch Kleinstrukturen in der Landschaft	141
Fig. 26:	Veränderung der Evaporation hinter einer Hecke	150
Fig. 27:	Veränderung des Taufalls hinter einer Hecke	151
Fig. 28:	Mittlere Gänge von Windschwächung, Bodentemperatur und Bodenfeuchte im Oberboden hinter einer Hecke	152
Fig. 29:	Wassergehalte in zwei Bodenhorizonten hinter einer Hecke	153
Fig. 30:	Veränderung verschiedener mikroklimatischer Parameter im Windschutz	155
Fig. 31:	Pflanzensoziologische Gliederung der wichtigsten Heckengesellschaften Mainfrankens	163
Fig. 32:	Veränderung der Abschußzahlen bei der Rebhuhnjagd zwischen 1954 und 1974	177
Fig. 33:	Faunistische Teilfunktionen einer Hecke	179
Fig. 34:	Zusammenstellung der Aktionsradien fleischfressender Heckenbewohner	192
Fig. 35:	Regulative und stabilisierende Funktionen der Räuber-Beute-Beziehung zwischen Hecke und Feld	195
Fig. 36:	Ästhetische Bewertungskriterien von Hecken	214
Fig. 37:	Funktionsbeziehungen zwischen Hecke und landschaftlichem Ökosystem (Ausklapptafel)	223
Fig. 38:	Schema der Beeinflussung des Ernteertrags durch eine Hecke	237
Fig. 39:	Lage, Ausdehnung, Biotopausstattung, Schnitt und ästhetische Wirkung eines Gewanns bei Ochsenfurt	257
Fig. 40:	Heutige Fluraufteilung und die Möglichkeiten bei einer Flurneuordnung	264

Tabellen

Tab. 1: Erträge verschiedener Feldfrüchte auf Ebene, Hang Hangfuß in dt/ha	57
Tab. 2: Windstärke und Größe bewegbarer Boden-Teilchen	70
Tab. 3: Abschluß der Erstbereinigungen im Untersuchungsgebiet	96
Tab. 4: Durchschnittliche K-Faktoren einiger Böden	116
Tab. 5: Durchschnittlicher C-Faktor einiger Fruchtfolgen	121
Tab. 6: Durch Konturpflügen erreichbare Reduzierung des P-Faktors und maximale Hanglängen	122
Tab. 7: Toleranzgrenzen des Bodenabtrags (Tolerierbarer Abtrag)	124
Tab. 8: Durchschnittliche Erosionsbeträge auf den Mainfränkischen- Gäuflächen in Abhängigkeit von Hangneigung und Hanglänge	132
Tab. 9: Mittlere Rauigkeitshöhen verschiedener Vegetationstypen	140
Tab. 10: Nestdichte von Heckenvögeln in Abhängigkeit von der Heckenlänge	181
Tab. 11: Aktionsradien einiger Heckenvögel	193
Tab. 12: Ertragssteigerung durch Windschutz, Fallbeispiel	235
Tab. 13: Durchschnittliche Ertragssteigerung durch Windschutz	236
Tab. 14: Mindestbreite von Hecken für verschiedene Funktionen	242
Tab. 15: Flächenbedarf von Hecken mit dominierender Funktion Wassererosions-Schutz	246
Tab. 16: Flächenbedarf von Hecken mit dominierender Funktion Winderosions-Schutz und Mikroklima-Beeinflussung	248
Tab. 17: Flächenbedarf von Hecken mit dominierender Funktion Biotop und Stabilisierung im Agrarökosystem	250
Tab. 18: Empfehlung für eine naturnahe Pflanzung von Hecken des Pruno-Ligustretums	311

1. Einleitung

1.1 Warum Hecken in der Landschaft?

Häufig wird die Landschaft und ihre Nutzung durch den Menschen aus sehr einseitigen Blickwinkeln heraus gesehen: entweder im Sinne einer Ausbeutung (Bodenschätze, Intensivlandwirtschaft) oder eines weitestgehenden Schutzes durch Ausschluß möglichst allen menschlichen Einflusses (Naturschutzgebiet).

Es existiert jedoch in Mitteleuropa praktisch keine Naturlandschaft im Sinne von unberührt bzw. unbeeinflusst durch den Menschen. Die Landschaft stellt hier das Produkt aus natürlichen Grundlagen einerseits und menschlichem Einwirken andererseits dar.

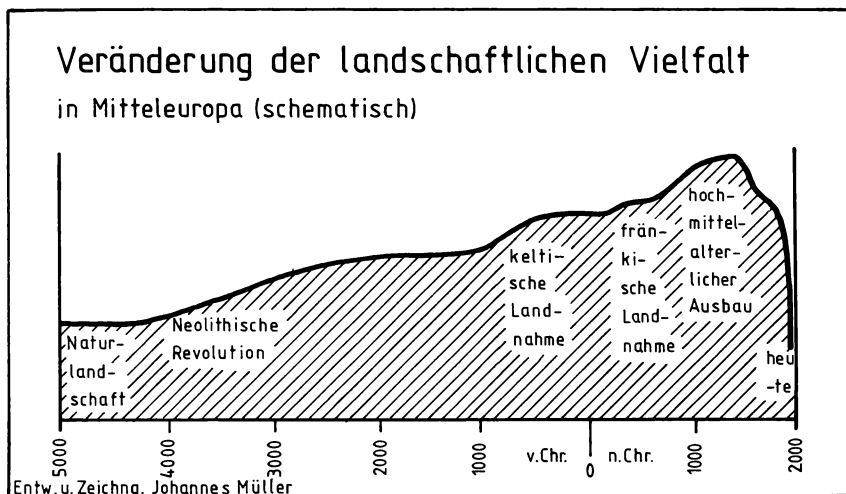


Fig. 2: Schema der Veränderung der landschaftlichen Vielfalt (Kleinstrukturen, ökologische Nischen, Kulturfolger in Flora und Fauna) in Mitteleuropa. Eigener Entwurf nach einer Idee von Fukarek, 1979, bezogen auf die Flora.

Eine behutsame anthropogene Beeinflussung der Umwelt kann durchaus im positiven Sinn als Gestaltung betrachtet werden. Die Nutzung erfolgte über Jahrhunderte nicht nur schonender als heute mit relativ geringen Belastungen und Schäden für die Umwelt, sondern führte vielmehr zu einer Bereicherung der Landschaft an Kleinstrukturen, Biotopen, Pflanzen- und Tierarten, wie in Fig. 2 schematisch dargestellt ist. Man denke hier nur an den Weißstorch, als einen typischen Vertreter der anthropogen geförderten "Kulturfolger", an die zahlreichen Gräser der südosteuropäischen Steppenheiden, die sich erst durch die Einwirkung des Menschen in Mitteleuropa ausbreiten konnten, oder an die Biotopvielfalt der bäuerlichen Kulturlandschaft. Aus diesem Blickwinkel kann man mit Recht von einer Aufwertung der Landschaft durch den Menschen sprechen. All das wird heute sogar gemeinhin als unverzichtbarer Bestandteil dessen betrachtet, was unter "unberührte Natur" verstanden wird.

Die überaus sensible Reaktion und Anpassung des Menschen auf den kleinräumigen Wechsel natürlicher Gegebenheiten drückt sich in der Vielgestaltigkeit der Kulturlandschaftstypen aus, wie sie gerade für Europa charakteristisch ist. Diese schlägt sich nicht nur in der Bauweise der Ortschaften oder den Nutzungssystemen nieder, sondern auch in der Gestaltung der Flur und ihrer Ausstattung mit diversen Landschaftsstrukturen, die in ihrer typischen Kombination jeden Landschaftstyp Europas unverwechselbar mitprägen. Auf den ersten Blick läßt sich beispielsweise die Knicklandschaft Schleswig-Holsteins von der Gäulandschaft Süddeutschlands, oder die voralpenländische Egarten-Landschaft von der Bocage-Landschaft der Normandie unterscheiden.

Diese Entwicklung zu lokaler Differenzierung hat sich jedoch in den letzten zweihundert Jahren ins Gegenteil verkehrt, mit einer drastischen Steigerung in den letzten Jahrzehnten. Durch Vereinheitlichung der Nutzungen, Rationalisierung der Bewirtschaftungsmethoden und weitgehende Meliorationsmaßnahmen kam es zu einer Vereinheitlichung und Verarmung des Landschaftsbildes, verbunden mit einem dramatischen Rückgang an Biotopen und einem rasanten Artenschwund.

Doch selbst, wenn man diese mehr ethisch-ästhetische Betrachtungsweise vernachlässigt und eine ökonomisch-landwirtschaftliche in den Vordergrund stellt, gibt diese Entwicklung zu größter Sorge Anlaß. Die bei ackerbaulicher Nutzung zwangsläufigen, teilweise bereits früher schon aufgetretenen Belastungen des Landschaftshaushaltes, wie z.B. Erosion oder Pestizidbelastung, haben inzwischen Ausmaße erreicht, die das Ökosystem und die Bodenfruchtbarkeit zumindest mittelfristig ernsthaft gefährden. Deshalb werden schon aus wirtschaftlichen Gründen Gegenmaßnahmen nötig.

Eine vermehrte Ausweisung von Schutzgebieten, d.h. die räumliche Trennung intensiv genutzter Bereiche einerseits und relativ naturnaher Gebiete mit nur geringer menschlicher Einflußnahme andererseits, worauf z.B. das Flächenstillegungsprogramm der EG aber auch die heutige Regional- und Landesplanung hinauslaufen, kann den Problemen der Landschaftsgestaltung und des Landschaftshaushalts nicht begegnen, sondern wird sie, durch die Konzentration und weitere Intensivierung in den Gunstgebieten, sogar noch verstärken.

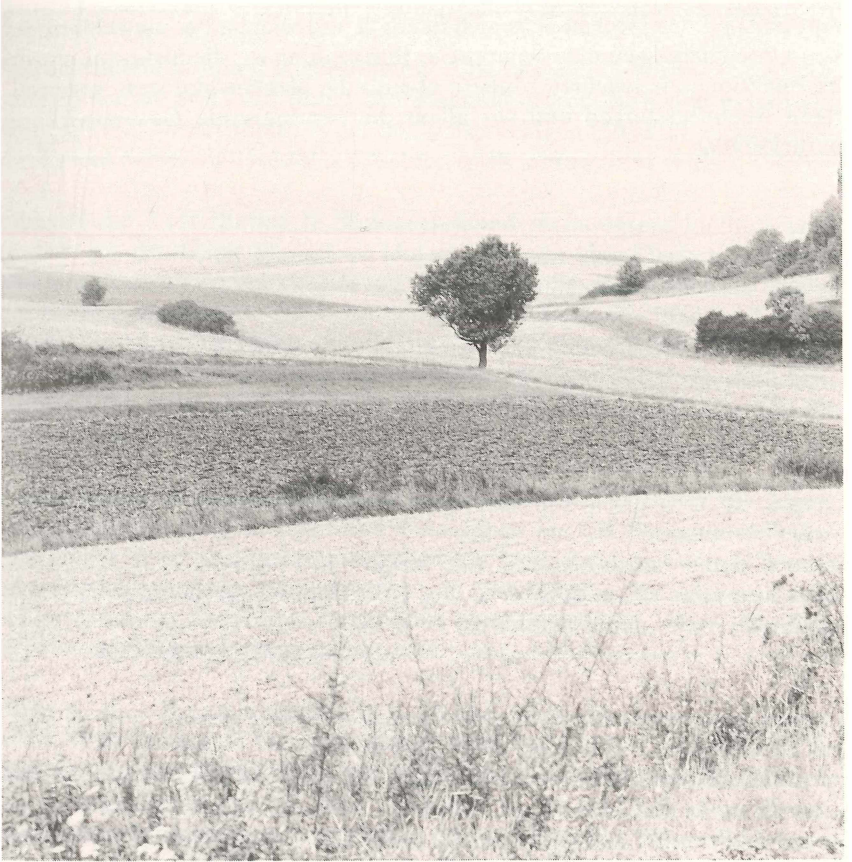
Notwendig ist vielmehr eine Integration beider Nutzungen mit dem Ziel eines stabileren Ökosystems und verringerter Landschaftsschäden allgemein. Um diesem Ziel näherzukommen, ist eine Vielzahl aufeinander abgestimmter Maßnahmen nötig, die meistens deshalb so kompliziert sind, weil sie sich auf mehrere Partialkomplexe der landschaftlichen Gesamtproblematik zugleich auswirken. Ein gutes Beispiel dafür stellen Hecken dar:

- Sie verdanken ihre Entstehung ausschließlich der anthropogenen Gestaltung der Landschaft.
- Sie stellen Inseln höherer ökologischer Wertigkeit innerhalb der Agrarlandschaft dar.
- Sie wirken über vielfältige biotische und abiotische Funktionen auf den Landschaftshaushalt ein.
- Sie ermöglichen aufgrund ihrer Struktur eine intensive Vernetzung.
- Sie charakterisieren als Gestaltelemente historisch gewachsene Kulturlandschaften.

Das Instrument, mit dem der Bestand an Hecken am gravierendsten beeinflusst wird, ist die Flurbereinigung. "Die landschaftsökologisch ausgerichtete Flurbereinigung stellt eine einzigartige Gelegenheit dar, unsere Kulturlandschaft auch unter biologischen Gesichtspunkten optimal zu gestalten. Nur hier, wo durch staatliche Gesetze eine so flächenwirksame Veränderung der Landschaft möglich ist, können jahrhundertealte Fehler, Unterlassungen oder Übertreibungen im Gefüge der Landschaft beseitigt oder gemildert werden ... Das Endziel sollte sein, nicht nur Naturschutz und Landschaftspflege, sondern jegliche Art von Landnutzung außerhalb der Siedlungs- und Industriegebiete als angewandte Landschaftsökologie aufzufassen und zu betreiben" (Haber, 1968, S. 392).



Abb. 1: **"Heckenlandschaften sind keineswegs nur ein technisches Mittel der Landeskultur, etwa zur Minderung der Windwirkung, sondern ein Kulturlandschaftstyp, zu dessen Verständnis die Gesamtheit der natürlichen, landschafts-**



ökologischen, agrargeographischen, betriebswirtschaftlichen und kulturgeschichtlichen Zusammenhänge gesehen werden muß" (Troll, 1951b, S.106; Hecken im Lößgebiet des Ochsenfurter Gaues).

Gerade bei einer so weitgehenden Neugestaltung der Flur, wie dies in der Flurbereinigung geschieht, ist neben den vielfältigen ökologischen Funktionen immer zu beachten, daß das über Jahrhunderte entstandene Landschaftsbild in seiner charakteristischen lokalen Ausprägung ebenso ein wertvolles Kulturgut des gestaltenden Menschen darstellt wie z.B. ein bedeutendes Bauwerk, das heute zwar eventuell anders genutzt wird, auf dessen historische Substanz man aber bei seiner Modernisierung selbstverständlich achtet.

Am Beispiel der Hecken zeigt sich deutlich, wie wichtig bei umweltbezogenen Untersuchungen eine synoptische Betrachtung ist, die nicht nur einzelne Funktionen beleuchtet, sondern ebenso die Nebenwirkungen, gegenseitigen Beeinflussungen und vor allem die resultierende Gesamtwirkung berücksichtigt.

1.2 Stellung der Arbeit

Literaturlage

Ursprünglich befaßte sich die Literatur über Hecken vor allem mit landeskulturellen Fragen (Jessen, 1937; Marquart, 1950; Hartke, 1951). Früh wurden aber auch vereinzelte ökologische Aspekte gezielt untersucht (Herold, 1949; Tischler, 1951). Die Literatur hierüber hat seitdem einen beträchtlichen Umfang angenommen. Eindeutiger Schwerpunkt der Forschung waren und sind dabei die Heckenlandschaften des maritimen Klimagürtels Westeuropas, in der deutschsprachigen Literatur vorzugsweise die Knicks Schleswig-Holsteins (Tischler, 1948; Thran, 1951; Fuchs, 1969).

Obwohl die Verhältnisse in Süddeutschland recht unterschiedlich sind, besteht ein deutlicher Mangel an Untersuchungen über Hecken in diesem Raum und deren Auswirkungen auf die Umgebung. Beispielsweise spielen die beiden wichtigsten Faktoren der Knicks - Verkoppelung und Windschutz - in Süddeutschland eine untergeordnete Rolle. Alter und Struktur der Hecken sind völlig anders und es stehen, bedingt durch die natürliche Ausstattung, hier ganz andere Probleme im Vordergrund, wie z.B. die Wassererosion.

Ferner fehlen weitgehend Hinweise und Untersuchungen über die gegenseitige Beeinflussung verschiedener Funktionen wie z.B. Feinmateriallockerung durch Wind und dadurch begünstigter Weitertransport durch Wasser oder Veränderung der Bodenfeuchte und Winderosion. Es existieren zwar einige Arbeiten, die diverse Funktionen zusammenstellen, ohne allerdings auf Querverbindungen hinzuweisen.

Viele solcher Zusammenstellungen (Pohle, 1978; Olschowy und Engelhardt, 1978; Deutscher Naturschutzring, 1979; Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, 1982) sprechen den Funktionen von Hecken einen verallgemeinernd positiven Charakter zu, obwohl sich diese Bewertung erst aufgrund eines Vergleiches mit der örtlichen Naturausstattung abgeben läßt und meistens auch Nachteile zu erwähnen sind. Die Auswirkung der Erhöhung der Bodenfeuchte neben einer Hecke läßt sich beispielsweise nur bei Beachtung der lokalen Klima- und Bodenverhältnisse beurteilen und kann sowohl positiv als auch negativ ausfallen. Auch vergessen diese Autoren meistens festzustellen, worauf sich ihre positive Beurteilung der Hecken bezieht. Diese Beurteilung kann durchaus unterschiedlich ausfallen. Vom Standpunkt des Biotop- und Artenschutzes aus sind Hecken

als generell günstig zu werten, aus landwirtschaftlicher Sicht jedoch ebenso wenig wie bei Betrachtung des Mikroklimas. Hier muß lokal stark differenziert werden z.B. entsprechend der Nutzungssysteme (Grünland oder Intensivackerland) oder der Erosionsgefährdung (Reliefenergie, Bodenbeschaffenheit).

Ansatz der Arbeit

Als Basis für die Beurteilung derjenigen Funktionen, die Hecken überhaupt ausfüllen können, ist es notwendig, einen Landschaftsausschnitt mit bestimmten abiotischen und biotischen Grundlagen (Ökofaktoren und Nutzungen) festzulegen und die daraus resultierenden landschaftsökologischen Probleme zu erfassen und darzustellen.

Aufgrund des Kulturlandschaftscharakters läßt sich kein Landschaftstyp Mitteleuropas beschreiben, ohne auf die anthropogenen Strukturelemente einzugehen, die eine besondere Stellung im Agrarökosystem auszeichnet und die wichtige Funktionen im Landschaftshaushalt ausüben. Ihre Strukturen und Verteilungsmuster lassen sich nur aus der historischen Entwicklung heraus verstehen, weshalb diese in die Analyse ebenfalls als Grundlage mit einbezogen werden müssen.

Diese Arbeit beinhaltet keine eigenen Feldversuche zu den einzelnen Funktionen der Hecken. Das hätte aus drei Gründen auch wenig Sinn:

1. Es gibt bereits eine mehr oder weniger große Anzahl von gezielten Untersuchungen zu einzelnen Funktionen. Was dagegen fehlt, sind konkrete Daten zu den vielfältigen gegenseitigen Beeinflussungen und Interdependenzen. Dies ist jedoch mit heutigen Mitteln quantitativ erst in Ansätzen zu leisten, sodaß hier ein qualitatives Konzept verfolgt wird.
2. Vor allem aber müßten die Schwankungen bei Klima, angebauten Feldfrüchten usw. mit einbezogen werden, was langjährige Meßreihen notwendig machen würde, um eine auch nur annähernd ausreichende statistische Signifikanz zu gewährleisten.
3. Überdies ließe sich die Gesamtwirkung einer großen Zahl von Hecken im vorhinein überhaupt nicht quantitativ erfassen, da im Untersuchungsgebiet nur noch Einzelstücke vorhanden sind. Ergebnisse von Einzelversuchen müßten also in jedem Fall übertragen werden, wobei eine einfache Extrapolation auch am Ort gewonnener Daten nicht möglich wäre.

Es ist daher sinnvoller, die vorhandenen Forschungsergebnisse, auch aus anderen Gebieten, zu bewerten und zu prüfen, inwieweit sie sich - direkt oder modifiziert - auf die Verhältnisse der Mainfränkischen Gäuflächen übertragen lassen.

Das Hauptgewicht dieser Arbeit liegt aus den genannten Gründen nicht bei der Erhebung isolierter Einzeldaten ohne Zusammenhang und ohne eine ausreichende statistische Signifikanz. Um der komplexen Rolle von Hecken gerecht zu werden, ist vielmehr eine Betrachtung ihrer Gesamtwirkung auf das landschaftliche Ökosystem unter Berücksichtigung der Nebenwirkungen und Wechselwirkungen zu anderen Prozessen unerlässlich. Selbst dann kann eine genaue Bewertung nur für die spezifischen Verhältnisse eines eng begrenzten Gebietes Gültigkeit besitzen.

Fragestellung

Um diesem Ziel näher zu kommen müssen folgende Fragenkomplexe untersucht werden:

- Welcher Art sind die natürlichen Gegebenheiten der Mainfränkischen Gäuflächen?
- Welche Probleme ergeben sich bei landwirtschaftlicher Nutzung daraus für den Haushalt des Agrarökosystems?
- Welche dieser ökologischen Probleme lassen sich zu welchem Grad mit Hecken ausgleichen?
- Welche Eigenschaften machen Hecken dafür geeignet?
- Welche Anforderungen an den Aufbau von Hecken ergeben sich?
- Welche Anforderungen an die Dichte und Struktur des Heckennetzes ergeben sich daraus und welche Unterschiede bestehen hierbei zwischen den einzelnen Funktionen?
- In wieweit bestehen zwischen den einzelnen Funktionen Interdependenzen und verändert sich dadurch die Gesamtbeurteilung?
- Welche Zusammenhänge bestehen zwischen landschaftsökologischer und landschaftsästhetischer Wirkung und zur historisch gewachsenen Heckenstruktur?

- Welche Auswirkungen haben Hecken auf den Ertrag benachbarter Felder und welche Flächen benötigt ein auf ökologische Zwecke orientiertes Heckennetz?
- Wie verändert sich die Bedeutung der verschiedenen Heckenfunktionen innerhalb eines bestimmten Gebietes, welche funktionalen Überlappungen gibt es und wie lassen sie sich zu einem flächendeckenden Heckensystem integrieren?

Das spezifisch geographische dieser Fragestellung kommt durch zwei Punkte zum Ausdruck:

1. in dem Versuch einer Komplexanalyse, die alle relevanten Faktoren in ihrer gegenseitigen Beeinflussung und ihrer Gesamtwirkung berücksichtigt;
2. im räumlichen Bezug, der hinter allen Funktionen steht und der auch in der Beschränkung auf einen Landschaftstyp sowie der Frage nach dem Flächenbedarf zum Ausdruck kommt.

Aus den einzelnen Punkten der Fragestellung geht hervor, daß die Arbeit zunächst einen funktionalen Ansatz verfolgt (Kap. 3: Heckenfunktionen). Bereits bei der Bearbeitung des Flächenbedarfs (Kap. 4) tritt der räumliche Bezug stärker hervor und am Schluß (Kap. 5) wird die Fragestellung schließlich ganz aus einem räumlichen Ansatz heraus betrachtet.

Am Ende soll eine Aussage über konkrete räumlich und funktional differenzierte Defizite des Untersuchungsgebietes stehen, die sich mit Hilfe der Neuanlage von Hecken zumindest teilweise ausgleichen ließen und welche Fläche dafür benötigt wird. Dies wird anhand eines repräsentativen Ausschnitts aus dem Beispiels-Gebiet kartographisch dargestellt.

Gesamtziel ist die Überprüfung der Möglichkeit, ob sich ökologische Stabilität, intensive ökonomische Nutzung und ein ästhetisch ansprechendes, historisch gewachsenes Landschaftsbild miteinander verbinden lassen.

1.3 Das Untersuchungsgebiet und die regionale Übertragbarkeit der Ergebnisse

Die Problematik der landschaftsökologischen Bedeutung von Hecken ist so komplex, daß man sich, will man nicht nur eine oberflächliche Auflistung *möglicher* Funktionen zusammenstellen, sondern *konkrete* Aussagen erhalten, auf ein begrenztes Gebiet mit einigermaßen homogener landschaftsökologischer Ausstattung beschränken muß. Dessen Bestand an Hecken bestimmt die gesamte Betrachtungsweise und das Arbeitskonzept. Es bieten sich dabei zwei unterschiedliche Ansätze an.

Einerseits ist die Betrachtung intakter Kulturlandschaften möglich. Deren ökologische Zusammenhänge sind jedoch relativ gut untersucht. Hier drohen eher Probleme durch den Wegfall des anthropogenen Beeinflussungs-Faktors beim Rückzug der Landwirtschaft aus Grenzertragsgebieten.

Andererseits zeigen sich gerade in Regionen wie den Mainfränkischen Gäuflächen die Probleme ausgeräumter Agrarlandschaften immer deutlicher, weshalb hier Konzepte zur Verbesserung zunehmend an Bedeutung gewinnen. Aus diesem Grund wurde ein typisches Gebiet in dessen intensiv genutztem Teil ausgewählt. Um die Perspektiven einer zukünftigen Ausstattung mit Gestaltelementen aufzeigen zu können, wurde ein Flurbereinigungsgebiet - Ochsenfurt West - herausgesucht, das die Gemarkungen Gaukönigshofen, Wolkshausen, Eichelsee und Rittershausen umfaßt.

Das Gebiet liegt, wie aus Fig. 3 hervorgeht, auf den Mainfränkischen Gäuflächen im zentralen Ochsenfurter Gau im SE-Quadranten von Blatt 6325 Giebelstadt und im SW-Quadranten von Blatt 6326 Ochsenfurt der TK 1:25 000. Das Relief wird bestimmt durch weitflächige, lößbedeckte, größtenteils sanftwellige Verebnungen.

Im Flurbereinigungsgebiet Ochsenfurt West wurde 1985 die Stufe I abgeschlossen sodaß auf die dabei gesammelten Daten (Kleinstrukturenkartierung) zurückgegriffen werden konnte. Derzeit läuft mit der Stufe II die Planung der Flurneugestaltung. In diesen Bereich gehört auch eine Gesamtplanung für ein Heckenkonzept, welches das Ziel dieser Arbeit ist und in die Planungen Eingang finden könnte.

Übertragbarkeit der Ergebnisse

Die in Fig. 3 wiedergegebene naturräumliche Gliederung grenzt mit den Haupteinheiten 3. Ordnung Landschaften mit völlig anderen geologischen, morphologischen, klimatischen, hydrologischen, botanischen, zoologischen und landschaftshistorischen Gegebenheiten aus, die im Hinblick auf die Fragestellung folglich zu ganz anderen Ergebnissen führen müßten.

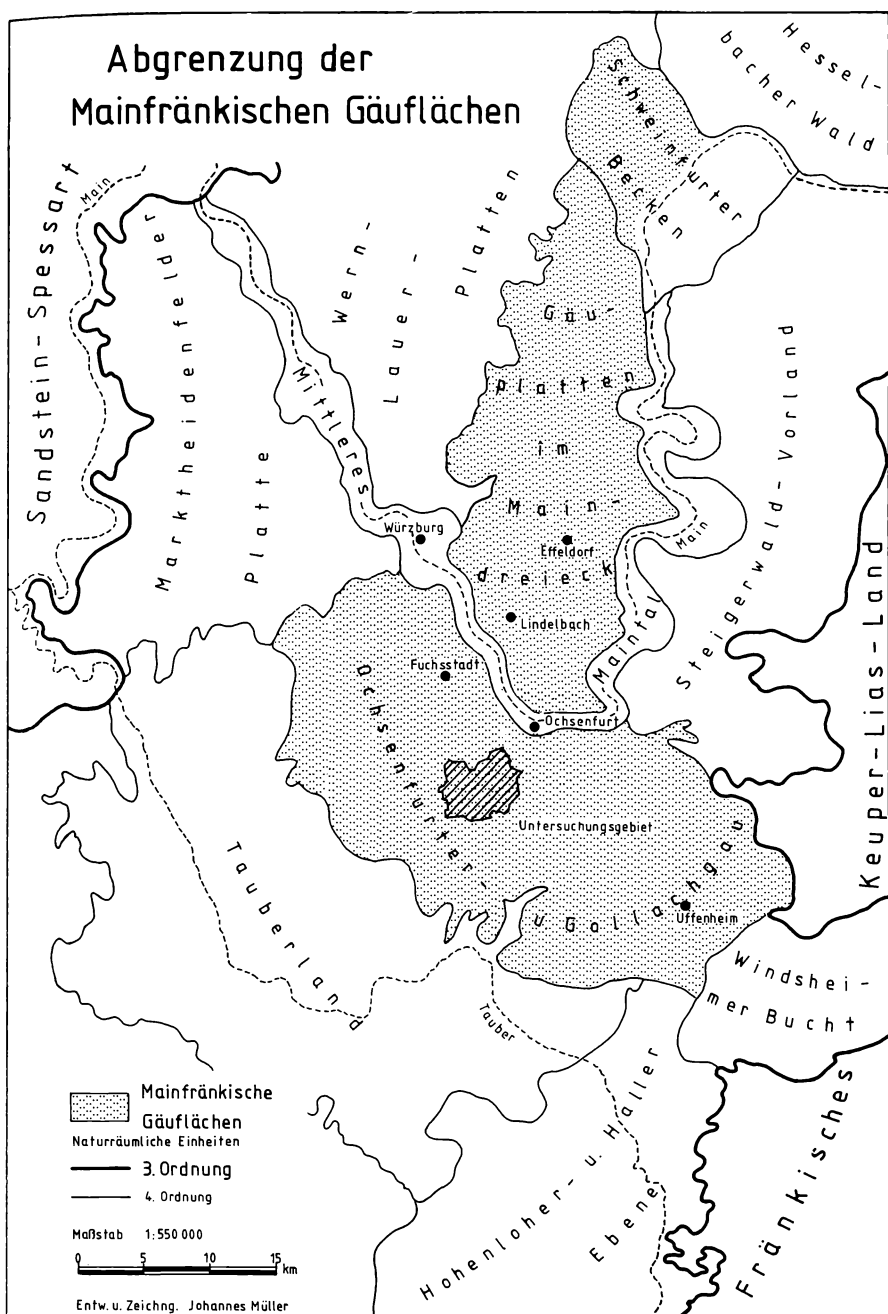
Innerhalb des Gürtels der schwäbisch-fränkischen Platten- und Gäu-Landschaften bestehen dagegen bereits eine Reihe landschaftsökologischer und -ästhetischer Gemeinsamkeiten, angefangen von der Lößbedeckung der weitflächigen Gebiete mit intensiver Landwirtschaft bis zu ähnlichen Klimabedingungen sowie Entstehung und Aufbau der Hecken.

Dennoch fallen bei großmaßstäblicher Betrachtung etliche kleinere Bereiche aus diesem zusammenhängenden Raum heraus, allen voran die größeren Flußtäler, für die ebenfalls eine gesonderte Betrachtung nötig wäre. Je weiter man sich in diesem Raum nach Westen bewegt, desto stärker wird die Zertalung, die zusammenhängenden Gäubereiche verkleinern sich. Auch ihr Gesamtanteil nimmt ab, da häufiger der Muschelkalkuntergrund hervortritt, der wiederum andere ökologische Bedingungen nach sich zieht. Auch Menge und Jahresgang des Niederschlags verändern sich bereits.

Ohne Einschränkungen lassen sich die Ergebnisse dieser Arbeit daher nur auf die Mainfränkischen Gäuflächen im engeren Sinn übertragen, die in Fig. 3 als naturräumliche Haupteinheiten 4. Ordnung "Ochsenfurter und Gollachgau", "Gäuplatten im Maindreieck" und "Schweinfurter Becken" (nur westlicher, lößbedeckter Teil) gekennzeichnet sind.

Mit Vorbehalt kann man dies auch für diejenigen Teilgebiete der angrenzenden Platten-Landschaften sagen, die aufgrund ihrer Lößauflage und vergleichbarer Reliefsituation über ähnliche ökologische Bedingungen und Nutzungen verfügen, wobei dies allerdings nirgends in der Weiträumigkeit der Mainfränkischen Gäuflächen erreicht wird. Die Frage der Übertragbarkeit auf andere Gäuflächen in Süddeutschland habe ich an anderer Stelle bearbeitet (Müller, J., 1989).

Fig. 3 (folgende Seite): Abgrenzung der Mainfränkischen Gäuflächen und Lage des Untersuchungsgebietes innerhalb der schwäbisch-fränkischen Gäu- und Platten-Landschaften. Eigener Entwurf. naturräumliche Gliederung: Sick, 1962; Mensching und Wagner, 1963. pa



2. Die landschaftliche Ausstattung der Mainfränkischen Gäuflächen, ihre ökologischen und ästhetischen Probleme

Die Darstellung der Heckenfunktionen würde in der Luft hängen, wenn sie einfach alle möglichen Funktionen auflisten würde. Deshalb müssen im folgenden Kapitel zunächst die landschaftliche Ausstattung und die daraus resultierenden Defizite und Probleme analysiert werden. Teilweise werden sie nur aus Datenvergleichen oder durch Kombinationen verschiedener Quellen transparent. Erst auf diesen Grundlagen aufbauend kann im Vergleich mit den möglichen Heckenfunktionen ein Konzept zur Verbesserung der landschaftshaushaltlichen Situation entwickelt werden.

Konkrete Ergebnisse lassen sich nur erwarten, wenn man sich auf einen in Bezug auf die Gesamtproblematik einheitlichen Raum beschränkt, dessen standörtliche Differenzierungen ein wiederkehrendes Schema haben. Alle folgenden Aussagen beziehen sich deshalb nur auf die Gäuflächen Mainfrankens. Die für die Fragestellung wesentlichen Grundlagen gehören drei Teilbereichen des Ökosystems Landschaft an.

Die **abiotische** Ausstattung bestimmt die Geo-Ökofaktoren für den. Sie sind für die standörtliche Differenzierung sowohl der Landschaftshaushaltsprobleme, als auch der Hecken und ihrer Funktionen verantwortlich.

Unter den Vorgaben der Geo-Ökofaktoren entwickelte sich zunächst die natürliche Vegetation, die in Mainfranken inzwischen vollkommen beseitigt wurde. Die an ihre Stelle getretenen Ersatzgesellschaften unterscheiden sich nach dem Grad der anthropogenen Beeinflussung und bilden insgesamt die **biotische** Ausstattung als bio-ökologische Grundlage für die Entstehung und Bedeutung von Hecken.

Die menschlichen Einflüsse bestimmen die Ausbildung der Hecken selbst und ihre Anordnung in der Flur als **anthropogene** Ausstattung. Damit prägen sie einerseits ganz entscheidend das lokale Landschaftsbild; andererseits spiegeln sie die Anpassung des landwirtschaftlich tätigen Menschen an die örtlichen Umweltbedingungen wider. Deshalb müssen auch in einer ökologisch ausgerichteten Landschaftsuntersuchung diese kulturgeographischen Aspekte gleichberechtigt neben die naturgeographischen gestellt werden.

2.1 Begriffe und Inhalte der Landschaftsökologie

Um zunächst für diese Arbeit Klarheit zu schaffen, werden im folgenden die wichtigsten das Thema betreffenden Termini definiert. Eine ausführliche Diskussion über die teilweise noch recht unterschiedlichen wissenschaftlichen Ansichten muß aus Platzgründen ausscheiden. Die Definitionen sollen nicht, wie in allgemeinen Nachschlagewerken üblich, isoliert aneinandergereiht werden, sondern können wegen der thematischen Beschränkung entsprechend des Gesamtansatzes im textlichen Zusammenhang entwickelt werden. Ein Register am Schluß der Arbeit erleichtert das Auffinden der einzelnen Begriffe.

In erster Linie soll hier die Konzeption der *Landschaftsökologie* vorgestellt, die Berechtigung dieser Betrachtungs-Perspektive als *Umweltforschung* begründet und ihre fachliche Stellung definiert und abgegrenzt werden.

Außerdem läßt sich dabei gleichzeitig der Bezug zur Hecke darstellen und deren methodische Stellung im landschaftlichen Ökosystem herleiten und definieren, was im Hinblick auf die *funktionale Betrachtung* unerlässlich ist.

2.1.1 Entstehung und Bestimmung des Begriffs Landschaftsökologie

Der Terminus Landschaftsökologie setzt sich aus den beiden Begriffen: Landschaft und Ökologie zusammen, die ursprünglich von zwei verschiedenen Wissenschaften bearbeitet wurden.

Landschaft

Der Landschaftsbegriff wird von der Geographie seit Passarge (1919) als Forschungsschwerpunkt beachtet. Den "dem Wortsinn der Umgangssprache zugrundeliegenden physiognomisch-ästhetischen Landschaftsbegriff, der ja bereits das Wirkliche und gemeinsam Wirksame eines Landstrichs im Auge hat, hat die Geographie zu ihrem wissenschaftlichen Landschaftsbegriff umgeprägt, indem sie die dingliche Erfüllung der Erdräume und das

hinter ihrer Erscheinung stehende Wirkungsgefüge zum Forschungsziel erhob" (Troll, 1968, S.3).

Bei der Betrachtung dieses Wirkungsgefüges und seiner räumlichen Differenzierung müssen die "Objekte einer geographischen Landschaft" nach drei Bereichen untergliedert werden, die unterschiedlichen Gesetzmäßigkeiten gehorchen (a.a.O., S.4):

- die abiotische Welt als Komplex physikalisch-chemischer Prozesse, wobei Formungsprozesse vergangener Perioden der Erdgeschichte mit eingeschlossen sind;
- die belebte, vitale (biotische) Welt, die den Gesetzmäßigkeiten biologischen Daseins unterworfen ist;
- die geistesbestimmte (anthropogene) Welt des Menschen, die sozial-ökonomischen Ordnungsprinzipien unterliegt und mit den o.g. naturräumlichen Bereichen interferiert.

Unter Einbeziehung aller drei Bereiche läßt sich nach Schmidthüsen, unter Berufung auf A. von Humboldt, die **Landschaft** als "Totalcharakter einer Erdgegend" definieren, oder genauer: "Eine Landschaft ist die Gestalt eines nach seinem Totalcharakter als Einheit begreifbaren Teils der Geospähre von geographisch relevanter Größenordnung" (1968, S. 23-24). Neben der Bedeutung des Maßstabs wird hier für den Landschaftsbegriff der Geographie die gleichberechtigte Stellung aller Einflußfaktoren - anthropogener und physischer - betont. Schmidthüsen stellt daher dem Begriff "**Landschaft**" und seiner räumlichen Manifestation im "**Landschaftsraum**" die lediglich physisch bestimmte "**Landesnatur**" und den "**Naturraum**" gegenüber (a.a.O., S.25).

Hierin deutet sich bereits die Problematik in der Diskussion um den Landschaftsbegriff an. Definiert und grenzt man ihn mehr im Sinne einer naturwissenschaftlich ausgerichteten Betrachtungsweise ab (Naturlandschaft), mehr im Sinne einer geisteswissenschaftlichen Betrachtungsweise (Kulturlandschaft), die ja wiederum mehr oder weniger von den natürlichen Grundlagen beeinflußt wird, oder versucht man eine synthetische Betrachtungsweise? Auf diese Problematik stößt man bei der praktischen Arbeit spätestens dann, wenn man sich Gedanken über die Berücksichtigung oder Abgrenzung bestimmter Faktoren oder Prozesse bei seiner Fragestellung machen muß.

Ökologie

Der Ökologiebegriff stammt ursprünglich aus der Biologie und geht zurück auf E. Hæckel (1866), der darunter zunächst nur die Beziehungen des Einzelebewesens zu seiner Umwelt verstand (**Autökologie**) (Tischler, 1975, S.23).

Sehr bald wurde die Ökologie erweitert auf die Betrachtung der Wechselbeziehungen zwischen den Arten einer Lebensgemeinschaft aus Pflanzen und Tieren (**Biozönose**) untereinander und zu ihrer Umwelt (**Synökologie**) (a.a.O., S.108).

Autökologisch betrachtet sind alle Umweltfaktoren (biotische und abiotische), die die Lebensstätte eines Tieres bestimmen, sein **Habitat** (a.a.O., S.49). Bei einer Pflanze spricht man von **Standort** (Reichelt und Wilmanns, 1973, S.47). Erst durch die Herausbildung und Existenz einer Biozönose wird er zum (synökologischen) **Biotop**. Im Begriff Biotop kommt bereits ein räumlicher Bezug zum Ausdruck. Entscheidend ist jedoch, daß dabei von den Wechselbeziehungen zwischen Biozönose und Biotop ausgegangen wird. Die Definition der räumlichen Komponente Biotop erfolgt stets noch aus dem Blickwinkel der Lebensgemeinschaft heraus. Ein Biotop kann immer nur die Lebensstätte einer vorher bezeichneten Biozönose sein (a.a.O.).

Landschaftsökologie

Der Begriff **Landschaftsökologie** wurde von C. Troll ab 1939 eingeführt und definiert: "Sie ist das Studium des gesamten in einem bestimmten Landschaftsausschnitt herrschenden komplexen Wirkungsgefüges zwischen den Lebensgemeinschaften (Biozönosen) und ihren Umweltbedingungen. Dies äußert sich räumlich in einem bestimmten Verteilungsmuster (Landschaftsmosaik, landscape pattern) oder einer naturräumlichen Gliederung verschiedener Größenordnung" (Troll, 1968, S.17). Im Gegensatz zur Synökologie mit dem "Studium der Beziehungen der Organismen, der Pflanzengesellschaften und Biozönosen zu ihrer Umwelt" (a.a.O., S.19) steht bei der Landschaftsökologie mit der naturräumlichen Einheit die räumliche Komponente mit ihrem gesamten Wirkungsgefüge im Vordergrund, "sie ist synoptische Naturbetrachtung schlechweg" (a.a.O., S.18).

Troll sprach sich ausdrücklich dafür aus, "das Wort Ökologie im Sinne seines Erfinders auf die Beziehungen im Naturhaushalt, also auf das Wirkungsgefüge im biologischen Bereich zu beschränken und nicht auf

einen ganz anderen Seinsbereich, nämlich den sozial-ökonomisch-kulturellen Bereich auszudehnen" (a.a.O., S.7). Die Beschränkung auf die Landschaft stellt jedoch einen Gegensatz zu der o.a. Definition des Landschaftsbegriffes dar, der im Terminus Landschaftsökologie ja enthalten ist und der den anthropogenen Einfluß mit einschließt. Reine Naturlandschaften sind auf der Erde inzwischen die Ausnahme, weshalb die Landschaftsökologie nicht umhin kann, den Faktor Mensch mit einzubeziehen. Daraus ergibt sich "die Frage, in welcher Art und Weise der Ökologiebegriff in der Kulturlandschaft auf den Menschen und die von ihm gesteuerten Wirkungssysteme angewandt werden kann" (Schmidthüsen, 1974, S.410).

"Es bedurfte erst des Aufbruchs der internationalen Diskussion über Umweltschutz, ehe sich auch in der Geographie neuere Arbeiten explizit mit anthropogen verursachten und für den Menschen unmittelbar lebenswichtigen Landschaftsökologischen Fragen befaßten" (Finke, 1986, S.11). Die Umweltforschung am räumlichen Objekt Landschaft konnte dabei auf zwei methodische Grundlagen aufbauen, die in der Geographie bereits gelegt waren:

- den räumlichen Bezug und
- die gleichberechtigte Stellung der Wechselwirkungen der einzelnen System-Komponenten untereinander.

"Wenn die Landschaftsökologie den Lebensraum des Menschen zum Gegenstand hat und dieser sowohl im klassischen als auch im modernen Sinne den landschaftlichen Teil der "Umwelt" darstellt, dann kann sich Landschaftsökologie, wie sie gegenwärtig betrieben wird, durchaus als Teil der naturwissenschaftlich-geographischen Umweltforschung verstehen" (Leser, 1978a, S.24).

Geoökologie

Als Synonyme für Landschaftsökologie wurden die Begriffe "*Biogeocoenologie*" (V. N. Sukachev, 1964) und "*Geosynergetik*" (M. Hofmann, 1970) vorgeschlagen, die sich, obwohl eigentlich präziser, wegen ihrer Umständlichkeit nicht durchgesetzt haben. Aus praktischen Erwägungen heraus schlug Troll (1968, S.42) vor, statt Landschaftsökologie deckungsgleich den Begriff "*Geoökologie*" künftig zu verwenden, der international (geoecology) leichter verständlich und prägnanter sei.

Dieser Vorschlag wurde jedoch nur teilweise angenommen. Leser (1984, S.352-353) setzt die Geoökologie nurmehr der Naturgeographischen Ökosystemforschung gleich. Er definiert Geoökologie als raumbezogene integrierte Wissenschaft allein der abiotischen Partialkomplexe im Gegensatz zur "**Bioökologie**" mit der Orientierung hauptsächlich auf die zoologisch-/botanischen (biotischen) Partialkomplexe und geringerem Raumbezug. Landschaftsökologie nach Leser ist dann die Integration von Bioökologie, Geoökologie und den anthropogenen Einflußgrößen.

Diese Trennung erscheint zunächst logisch und übersichtlich. Man muß jedoch beachten, daß sie nur der konzeptionellen Gliederung dienen kann. Es werden sich beispielsweise kaum rein abiotische Ökosysteme finden lassen, da die Vegetation in die meisten an sich abiotischen Partialkomplexe direkt steuernd eingreift und, zumindest in Europa, auch anthropogene Einflüsse fast immer mit zu berücksichtigen sind. Außerdem ist nicht klar, wieso gerade die Bioökologie z.B. bei der Erforschung botanischer Partialkomplexe (nicht Biozönosen) nicht raumbezogen sein soll. Noch 1978 (1978a, S.25) hielt Leser selbst diese Trennung für nicht sinnvoll: "Ein zwischen naturwissenschaftlich-geographischer Umweltforschung, Landschaftsökologie und Geoökologie herausgearbeiteter Gegensatz wäre künstlich und müßte konstruiert werden."

Finke (1986, S.16-17) trennt Landschafts- und Geoökologie ebenfalls in ihrer Bedeutung, allerdings weniger scharf abgegrenzt. Er verwendet Geoökologie im Gegensatz zu Bioökologie, "wenn der inhaltliche Schwerpunkt deutlich gemacht werden soll", **Landschaftsökologie**, wenn es umfassend um das Landschaftsökosystem mit sämtlichen Partialkomplexen geht.

Festzuhalten bleibt, daß in Bezug auf den Begriff Geoökologie eine große Unsicherheit herrscht und keine eindeutige, anerkannte, allgemein akzeptierte Begriffsabgrenzung existiert. Die Tendenz geht eher dahin, Geoökologie auf die abiotischen Partialkomplexe einzuschränken.

Demgegenüber konnte sich der Begriff Landschaftsökologie (seit Erweiterung seines ursprünglichen Inhalts nach Troll) als synoptische Betrachtung des Ökosystems der Landschaft mit ihren biotischen, abiotischen und anthropogenen Partialkomplexen und deren Interdependenzen halten. Außerdem besitzt dieser Begriff den Vorteil, das Untersuchungsobjekt Landschaft gleich explizit im Namen zu erwähnen und somit auch außerhalb der Wissenschaft besser verständlich zu sein, weshalb ich ihm in dieser Arbeit den Vorzug geben möchte.

Landschaftspflege

Wohl auch infolge dieser begrifflichen Unsicherheit und wegen der langen, praxisfernen Diskussion um die Einbeziehung des Menschen in die landschaftsökologische Forschung der Geographie konnte sich vor allem bei Planungen die Landespflege mit ihrem Teilgebiet *Landschaftspflege* etablieren. Wegen ihres starken Praxisbezugs bezeichnet sie Finke (1986, S.13) als "handlungsorientiert, nicht erkenntnisorientiert". Oder anders ausgedrückt: bei der Landschaftspflege steht die Untersuchung des Planungsziels in seiner Wirkung auf die Landschaft im Vordergrund, nicht das Landschafts-Ökosystem als Untersuchungsobjekt.

Da der Forschungsgegenstand die mitteleuropäische Kulturlandschaft ist, tut man sich hier leichter, den Menschen voll mit ins System einzubeziehen. "Mensch und Gesellschaft sind Teile des Wirkungsgefüges der Kulturlandschaft, wirkender Landschaftsfaktor und zugleich den Einflüssen der biotischen und abiotischen Faktoren ausgesetzt und von ihnen abhängig" (Buchwald, 1968, S.359).

Stellung der Geographie zur Landschaftsökologie

Häufig steht bei Planungen die Aufnahme der landschaftlichen Einzelfaktoren und eine Auflistung von Daten im Vordergrund, ohne daß den Vernetzungen landschaftsökologischer Prozesse und ihrer möglichen Nebenwirkungen (genügend) Beachtung geschenkt wird, auch wenn sie nicht quantifizierbar sind. Wenn solche Zusammenhänge jedoch vernachlässigt werden, kommt es regelmäßig zu Planungsfehlern, die schließlich in Landschaftsschäden resultieren: "Auffallend ist die Zunahme des Bodenabtrags nach der Neuverteilung im Rahmen der Flurbereinigung" (Amt für Landwirtschaft und Bodenkultur, 1981, S.2), obwohl doch gerade auch die "langfristige Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit" mit zu den erklärten Zielen der Flurbereinigung zählt (Schwertmann, 1982, S.42).

"Landschaftsökologische Forschung wird damit zur Voraussetzung wirkungsvoller Landschaftspflege- und Naturschutzarbeit" Buchwald, 1968, S.375). Die landschaftsökologische Forschung ist heute dermaßen komplex geworden, daß sie längst nicht mehr nur als eine integrativ arbeitende Disziplin "Naturwissenschaft" betrieben wird, sondern in eine Vielzahl von Einzeldisziplinen zerfallen ist. So notwendig diese Entwicklung wegen der Fülle des Wissens zweifellos ist, birgt sie doch zwei Gefahren: Überspezialisierung und Praxisferne.

An dieser Stelle kann eine moderne Angewandte Geographie ihren Beitrag leisten. Während alle übrigen Wissenschaften in der Regel stark *spezialisiert* nur einen **Partialkomplex** bearbeiten (z.B. Meteorologie: Klima, Botanik: Vegetation, Agrarwissenschaft: Landnutzung), versucht die Geographie das landschaftliche Ökosystem ("die Landschaft") als Einheit unter gleichberechtigter Einbeziehung aller Einflußfaktoren zu betrachten. An der Nahtstelle zwischen Natur- und Geisteswissenschaften bearbeitet sie als einzige Wissenschaft noch beide Erkenntnisphären.

Diese Gegenüberstellung kann keinesfalls eine Konkurrenzstellung bedeuten. Vielmehr erscheint es erforderlich, dort, wo eine ganzheitliche, interdisziplinäre, integrierende und synoptische Bearbeitung des *landschaftlichen Ökosystems* gefragt ist, die spezialisierte Perspektive der Einzeldisziplinen durch eine *generalisierte* Perspektive zu *ergänzen*.

Wegen der engen Verknüpfung der Partialkomplexe im Landschafts-Ökosystem wird dieser methodische Schritt zur Voraussetzung, um Zusammenhänge und Folgewirkungen klar herauszuarbeiten mit dem Ziel, in der *Praxis verwertbare Konzeptionen* zur Lösung aktueller Probleme in der Landschaft zu erarbeiten.

2.1.2 Die Landschaft als Ökosystem

Ökosystem

Der Begriff Ökosystem geht auf A.G.Tansley (1935) zurück und leitete sich aus der biologisch orientierten Ökologie ab. Als Ökosystem läßt sich definieren: "Ein *Wirkungsgefüge* von Lebewesen und deren anorganischer Umwelt, das zwar offen, aber bis zu einem gewissen Grade zur Selbstregulation befähigt ist" (Ellenberg, 1973, S.1). Biozönose und Biotop bilden also gemeinsam das (biotisch definierte) Ökosystem (Reichelt und Wilmanns, 1973, S.47). Die Wechselbeziehungen erstrecken sich auf den Umsatz von Energie, Stoffen und Information. Zu einem gegebenen Zeitpunkt befindet sich das System im Gleichgewicht, das jedoch offen ist für Einflüsse von außen und sich Veränderung anzupassen vermag (*dynamisches Gleichgewicht*) worin auch eine zeitliche Komponente zum Ausdruck kommt (*Sukzession*). Daneben besitzt jedes Ökosystem eine räumliche Komponente (a.a.O.), die jedoch bei dieser Perspektive nicht im Vordergrund steht.

Je nach Arbeitsfeld stehen bei der Definition eines Ökosystems die funktionellen Gruppen oder die anorganischen Umweltfaktoren im Vorder-

grund. Eine biologische Sichtweise geht von den *funktionalen Gruppen* des Nährstoffkreislaufs aus (Produzenten, Konsumenten, Destruenten), die im Nahrungsnetz organisiert sind.

"Der ökologische Ansatz hat in der Landschaftsforschung ... die Funktion, auf die haushaltlich-prozessuale Untersuchung des komplexen Gegenstandes hinzuführen, der als ein Ökosystem mit Gleichgewichts- und Ungleichgewichtszuständen sowie Ein- und Ausgaben von Energien und Stoffen verstanden wird (a.a.O., S.60). Die *ökologischen Faktoren (Ökofaktoren)* können dabei definiert werden als "abiotisches Ökosystem-Element einschließlich der von ihm ausgehenden Wirkung" (ANL, 1984, S.31). Primäre Ökofaktoren (= Standort-/ Umweltfaktoren) sind Licht, Strahlung, Wärme, Minerale und mechanische Einwirkung.

Landschaftliches Ökosystem

Auch die Landschaft muß als ein Ökosystem bezeichnet werden, wenn man sie als ein Beziehungsgefüge auffaßt, in dem alle Faktoren und Prozesse eng miteinander vernetzt und voneinander abhängig sind. Lediglich sind die o.g. "funktionalen Gruppen" oder "abiotischen Geofaktoren" auf sämtliche Einflußfaktoren (also abiotische, biotische und anthropogene) zu erweitern, wobei hinsichtlich der Terminologie immer noch Unsicherheiten und zwischen einzelnen Autoren große Unterschiede bestehen. Diese Erweiterung führt dazu, daß die Komplexität und die Integrationsebene des "*landschaftlichen Ökosystems*" höher liegt und daß die räumliche Manifestation stärker im Vordergrund steht (Leser, 1978a, S.237).

Aus methodischen Gründen läßt sich das Gesamtsystem in einzelne *Partialkomplexe* (Subsysteme) (Relief, Boden Klima, Vegetation, u.s.w.) gliedern, die dadurch abgrenzbar sind, daß der größere Teil ihrer Prozesse innerhalb des eigenen Partialkomplexes abläuft, obwohl bei der endgültigen Betrachtung die Beziehungen zu den anderen Partialkomplexen ebenso wichtig sind. Die Partialkomplexe können in ihrer Gesamtwirkung auf andere Partialkomplexe des Ökosystems als (integrierte oder komplexe) Geofaktoren aufgefaßt werden, wie bei Leser (1978a, S.88) und Fink (1986, S.47).

Obwohl man aus dieser Perspektive die Landschaft im Prinzip mit Ökosystem gleichsetzen könnte, ist es zur Verdeutlichung der Aussage dennoch sinnvoll, von *Landschafts-Ökosystem* zu sprechen, da der Begriff Landschaft sehr allgemein benutzt und interpretiert wird.

Landschaftshaushalt

Der Begriff **Landschaftshaushalt** bezieht sich weniger stark auf die qualitative, funktionelle Einheit des landschaftlichen Ökosystems, sondern mehr auf die quantitativen stofflichen, informativen und energetischen (also abiotischen) **Prozesse**, die die Ökofaktoren miteinander verbinden. "Die auch als Wirkungsgefüge miteinander in Beziehung stehenden Landschaftshaushaltsfaktoren bestimmen also den Haushalt des jeweiligen Ökosystems" (Leser, 1978a, S.35). Eingriffe und Veränderungen beeinflussen zunächst i.d.R. den Landschaftshaushalt, bei längerer Dauer mag dies zu Rückwirkungen auf einzelne Partialkomplexe oder das gesamte Ökosystem führen.

Eine landschaftsökologische Betrachtungsweise bleibt nicht bei den landschaftshaushaltlichen Prozessen stehen, sondern ist auf den Gesamtzusammenhang der Landschaft als Ökosystem orientiert. Daran wird deutlich, wie wichtig die Beachtung der Wechselbeziehungen und Nebenwirkungen ist, um die Folgen eines Eingriffs beurteilen zu können.

Ökotoop

"Der **Ökotoop** als kleinste, landschaftsökologisch relevante Raumeinheit stellt die flächenhafte (topische) Ausbildung eines Ökosystems im Sinne der modernen Ökosystemforschung dar" (Finke, 1986, S.47). "Sobald eine deutliche Merkmalsänderung auftritt, liegt der Übergangsbereich zum nächsten Ökotoop - die "Grenze" - vor. Allerdings handelt es sich in den meisten Fällen der Ökotoope oft um mehrere Merkmale (bzw. Merkmalsverbindungen), die sich gleichzeitig ändern. So ist die Abgrenzung der Ökotoope vom Betrachtungsraster, das zugrundegelegt wird, oder der Komplexität der Merkmalsverbindungen abhängig - demzufolge auch die Größe des Ökotoops, als die Fläche, die man als geographisch homogen betrachtet" (Leser, 1978a, S.206).

Die Definition des Ökotoops erfolgt also aus einer anderen systematischen Betrachtungsweise heraus, als die des Biotops, obwohl beide sich auf die Einflußfaktoren am Ort beziehen. Während sich das Biotop erst sekundär aus der dort existierenden Lebensgemeinschaft definieren läßt, bezeichnet das Ökotoop einen Landschaftsausschnitt mit homogenen Ökofaktoren als räumliche Komponente eines Ökosystems. Hier steht also das Gefüge der Faktoren mit ihren internen Interdependenzen im Vordergrund. Die Abgrenzung erfolgt mit der Änderung des Faktorengefüges zu einem andersartig funktionierenden Ökosystem. Die Biozönose wäre bei dieser Betrachtungsweise die Folge der spezifischen Bedingungen des Ökotoops.

2.1.3 Stellung der Hecke und Funktionsbeziehungen zum Ökosystem

Bereits beim Versuch, die Stellung einer Hecke zu definieren, zeigt sich, wie wichtig diese differenzierten Definitionen sind und welche Schwierigkeiten auftreten.

Die Hecke als Teil des Landschafts-Ökosystems

Im bioökologischen Sinn läßt sich eine Hecke als *Biotop* definieren, denn sie stellt eindeutig einen "Lebensraum einer Biozönose von bestimmter Mindestgröße und einheitlicher, gegenüber seiner Umgebung abgrenzbarer Beschaffenheit" dar (Tischler, 1975, S.27), womit insbesondere das "räumliche und zeitliche Muster der Gesamtheit der äußeren Umwelteinflüsse" gemeint ist. Diese abiotischen Faktoren werden sowohl von außen, als auch von der Hecke selbst gesteuert und verändert (z.B. Kleinklima im Inneren, Strahlungsunterschiede der Heckenseiten) und beeinflussen sowohl die sie besiedelnden Tiere, als auch die Pflanzen selbst, was z.B. auch in der Differenzierung in Mantel und Saum zum Ausdruck kommt.

Betrachtet man die Pflanzengesellschaft insgesamt, so stellt eine Hecke aber auch eine *Biozönose* dar, denn sie ist eine "Lebensgemeinschaft ... von Pflanzen und Tieren, die ... sich infolge ähnlicher Umweltansprüche und einseitiger oder gegenseitiger Abhängigkeit in dem betreffenden ... Biotop halten können" (a.a.O., S.28).

Auch die geoökologische Einstufung einer Hecke ist nicht einfach. Bei der Frage, ob es sich bei ihr um ein *Ökotopt* handelt stößt man auf das Problem des Maßstabs. Einerseits bietet die Hecke relativ homogene Standortbedingungen, die sich an ihrem Rand in praktisch allen Merkmalen (Bodentyp, Bodenfeuchte, Mikroklima, Erosionsgeschehen, anthropogener Einfluß) gleichzeitig stark ändern, womit sie als eigenes Ökosystem betrachtet werden könnte. Andererseits ist es fraglich, ob man einer Hecke die nötige Größe beimißt, um sie als *geographisch homogen* einzustufen.

Legt man die Definition des "*Physiotops*" zugrunde, das nur die abiotischen Partialkomplexe umfaßt und als "methodische Hilfe" zur Bestimmung des Ökotops angesehen werden kann (Leser, 1978a, S.213), mit dem es an Fläche gleichzusetzen ist (a.a.O. S.217), dann wäre beispielsweise ein ganzer Hang mit homogenen Standortbedingungen als ein Ökotopt anzusehen, eine darauf gepflanzte Hecke nur als ein Element seines Ökosystems.

Andere Autoren ordnen jedoch den Ökotyp räumlich dem Physiotyp unter (Neef, 1968, S.21), wonach durchaus auf demselben Physiotyp (z.B. Hang) unterschiedliche Ökotypen (z.B. Hecke und Acker) existieren können.

Diese Problematik läßt sich nur überwinden, wenn man dem Faktor Mensch, hier im Sinne einer landschaftsökologischen Betrachtungsweise, stärkere Bedeutung beimißt. Er allein ist ja für die Beschränkung der räumlichen Ausprägung der Vegetation zur Hecke der bestimmende Faktor. Die zahlreichen intensiven funktionalen Verflechtungen der Hecke mit ihrer Umgebung zeigen an, daß sie kein eigenständiges Ökosystem bildet und somit auch nicht als Ökotyp, als dessen räumliche Manifestation, angesprochen werden kann.

Knauer (1985, S.40) geht dieses Problem aus der Sicht des Agrarökosystems an: "Als **Agrarökosystem** kann man, wie es vielfach geschieht, die landwirtschaftliche Nutzfläche bezeichnen. Man kommt dann zu der Aussage, wie sie im Sondergutachten "Umweltprobleme der Landwirtschaft" formuliert ist, daß die Agrarlandschaft aus einer kleinen Anzahl flächenmäßig vorherrschender Agrarökosysteme und einer größeren Anzahl vielfältiger natürlich erscheinender naturbetonter Ökosysteme besteht. Geht man jedoch von der klassischen Ökosystembetrachtung aus und benutzt als Abgrenzungskriterium das Vorhandensein starker bzw. den Übergang in schwache **Funktionsabhängigkeiten**, dann gibt es auch Agrarökosysteme mit erheblichem Anteil naturbetonter **Landschaftselemente**. Die letzteren sind dann keine eigenen Ökosysteme, sondern Bestandteil eines Agrarökosystems."

Funktionale Verknüpfung von Hecke und Agrarökosystem

Aus dieser Perspektive stellt die Hecke folglich kein eigenes Ökotyp dar, da sie quasi ein Paradebeispiel eines (Landschafts-)Elementes (**Kleinstruktur**) innerhalb eines (Agrar-)Ökosystems darstellt, das durch eine Vielzahl von **Funktionen** mit seiner Umgebung verknüpft ist. Diese Funktionen greifen in **Prozesse** des Landschaftshaushalts ein und verändern ihn bzw. seine **Partialkomplexe** kurzfristig. Langfristig ist dadurch schließlich eine Veränderung der Landschaft bzw. des Landschafts-Ökosystems möglich.

Zum Beispiel verringert die Hecke in ihrer Funktion Wassererosionsschutz primär den Oberflächenabfluß des Öko-Faktors Wasser, somit kurzfristig den Prozeß der Erosion, wodurch sich langfristig der Zustand des Partialkomplexes Boden verändert, was sich schließlich auch auf andere Partialkomplexe, etwa die Landnutzung, auswirken kann.

Hinsichtlich der Einordnung und Bedeutung von Hecken für das Ökosystem ist man damit wiederum beim Problem des Maßstabs der angesetzten Perspektive angelangt. Im *topologischen* Maßstab stehen die Funktionen und ihr kleinräumiger Wechsel im Vordergrund. Es lassen sich *Landschaftsausschnitte* abgrenzen, etwa ein Hang oder einige Gewanne, die sich hinsichtlich ihrer ökologischen Problematik soweit ähneln, daß eine bestimmte, hier also *dominierende Funktion* der Hecken relevant ist. Aus dem ökosystemaren Gesamtansatz folgt dabei selbstverständlich, daß die übrigen Heckenfunktionen die dominierende Funktion zu einem funktionalen Komplex ergänzen, also immer mit zu beachten sind.

Erweitert man den angelegten Maßstab, dann steht die Gesamtperspektive stärker im Vordergrund, wobei sich aus dem Komplex der ökologisch-funktionalen Gesamtwirkung die charakteristische Anordnung der Hecken ergibt. Man kann damit im *chorologischen* Maßstab *Landschaftstypen* einander gegenüberstellen, etwa die Gäulandschaften Süddeutschlands und die Knicklandschaften der Küstengebiete, und jeweils mit Hilfe der charakteristischen Kombination der *standörtlichen Differenzierung* der Hecken (Schema der Heckenanordnung) abgrenzen.

2.2 Abiotische Ausstattung und Probleme

(Karte 1)

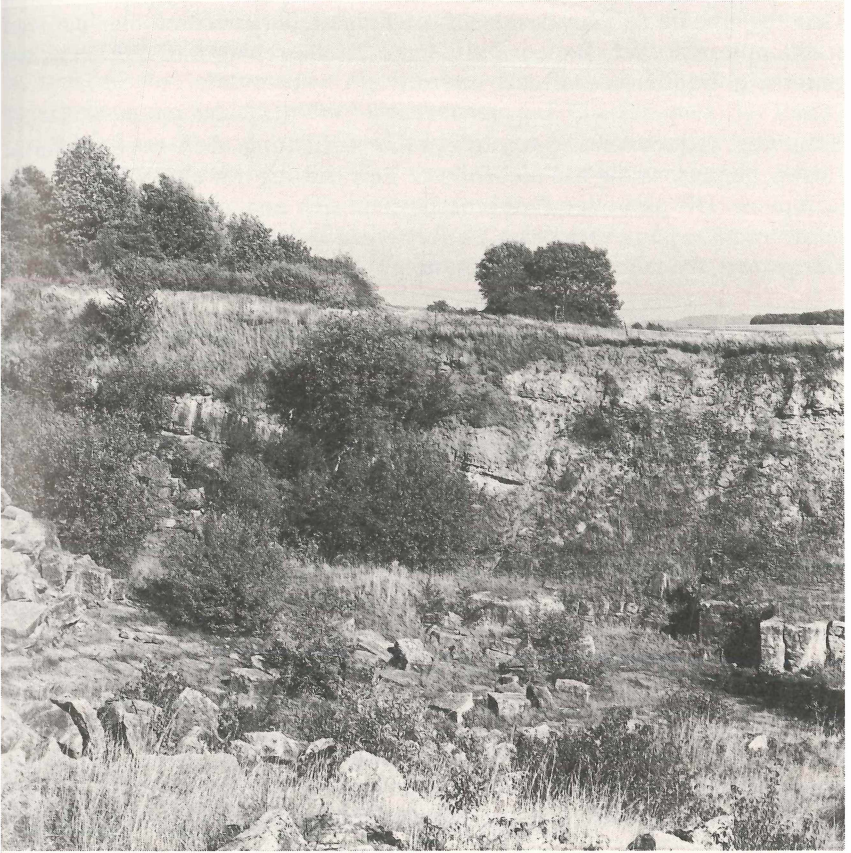


Abb. 2: Lößmächtigkeit und verhülltes Relief.- Die Vermutung, daß die glaziale Lößaufwehung ein ursprünglich viel bewegteres Relief verhüllt, läßt sich an einigen Aufschlüssen beweisen (Foto: bei Lindflur). Als Konsequenz daraus ist die Gefahr einer Beseitigung der fruchtbaren Lößauflage möglicherweise auch dort groß, wo heute die Gäu-"Flächen" hohe Lößmächtigkeiten suggerieren. (Vgl. auch Fig. 4 und 5.)

Ausgehend von der ökosystemaren Betrachtungsweise, wie sie im letzten Abschnitt theoretisch hergeleitet wurde, können die relevanten Umweltbedingungen nun konkret für den ausgewählten Landschaftsraum analysiert werden.

Die abiotische Ausstattung der Landschaft stellt primär die Grundlage sowohl für die landwirtschaftliche Nutzung als auch für die landschaftlichen Gestaltelemente dar. Im Bezug auf die Fragestellung müssen hier die Partialkomplexe Relief, Boden und Klima (Niederschlag und Wind) näher untersucht werden.

Es genügt jedoch keineswegs allein die Auflistung auch noch so vieler Daten, genauso wenig wie die isolierte Betrachtung der einzelnen Partialkomplexe. Die aktuellen **Probleme** ergeben sich erst aus der **Kombination der Partialkomplexe** unter den Bedingungen der **agrarischen Nutzung des Ökosystems**, d.h. also im Agrarökosystem.

Die Erosionsanfälligkeit des Lösses ergibt erst in der Kombination mit dem Relief die Folgen für die Bodenfruchtbarkeit. Die Charakteristika des Klimas führen speziell im Verein mit den edaphischen Bedingungen zu den Beeinträchtigungen des Wasserhaushalts und steuern auch die Anfälligkeit für Winderosion. Weitere Parameter kommen noch modifizierend dazu, wie z.B. der menschliche Einfluß bei der Bodenbearbeitung oder der Flurbereinigung.

Um das Ziel einer Verminderung dieser Defizite nicht aus den Augen zu verlieren, muß bereits die abiotische Ausstattung der Landschaft stets aus der Perspektive des Agrarökosystems mit seiner anthropogenen Beeinflussung (landwirtschaftliche Nutzung) betrachtet werden.

Das Relief als Grundlage aller Karten entstammt der Topographischen Karte 1:25 000, die vergrößert und umgezeichnet wurde, um nur genau die erwünschten Angaben zu erhalten. Die kleinen Ungenauigkeiten, die bei diesem Verfahren entstehen, sind für die Fragestellung völlig unerheblich.

Das heutige Wegenetz wurde weggelassen sofern es sich um unbefestigte Wege handelt, die ja nicht als festgelegt angesehen werden müssen. Dies zum einen wegen der besseren Übersichtlichkeit der Karten und vor allem, weil sie für eine ökologisch verträgliche Flureinteilung ungeeignet sind und nicht übernommen werden sollten.

2.2.1 Untergrund und Relief

Der geologische Untergrund der mainfränkischen Gäuflächen, umrahmt von den Randhöhen Steigerwald und Spessart, besteht aus den triassischen Sedimenten der "Fränkischen Grenzschiefer" (Rutte, 1981, S.79). Etwa westlich der Linie Mergentheim-Würzburg-Arnstein steht der Hauptmuschelkalk an, dessen intensive Verkarstung ein sanftwelliges Relief geschaffen hat. Östlich davon erstrecken sich im Gegensatz dazu die typischen, weitgespannten, einförmigen eigentlichen Gäuflächen. Hier liegen dem Muschelkalk die Schichten des Lettenkeupers auf. Die Ebenheit der Landschaft wird verstärkt durch den widerständigen Werksandstein (mittlerer Lettenkeuper) (Rutte, 1981, S. 88).

Morphologisch lassen sich drei Relieftile ausgliedern, die sich in ihren geoökologischen Bedingungen stark voneinander unterscheiden.

Flächen

Die Anlage der landschaftsprägenden Flächen läßt sich ins Tertiär oder gar bis ins Mesozoikum zurückdatieren (Skowronek, 1982, S. 103). Man muß sich jedoch darüber im klaren sein, daß völlige Ebenheit recht selten auftritt und geringe Neigungen von wenigen Prozent die Regel sind. Diese nimmt der Mensch zwar kaum wahr, sie machen sich jedoch beim Abflußverhalten und der Erosion bereits deutlich bemerkbar. Die Ausdehnung der Flachbereiche ist aus Karte 1 ersichtlich.

Die Flächen stellten die Plattform für den nächsten Schritt in der Reliefentwicklung Mainfrankens dar, der einen grundlegenden Wandel der geoökologischen Gesamtsituation dokumentiert.

Täler und Grundwassersituation

Obwohl die zeitliche Einstufung der markanten Talerosion des Mains noch keineswegs gesichert ist, muß sie wohl ins Jungtertiär (Miozän-Pliozän) bis Ältestpleistozän gestellt werden, jedenfalls unabhängig von der späteren periglazialen Reliefentwicklung (Skowronek, 1982, S. 91-93).

Die Entwässerung der Gäuflächen wird vom Hauptvorfluter Main und seinen wichtigen Nebenflüssen (z.B. Tauber) gesteuert, deren Täler etwa 100 m in die umgebenden Flächen eingelassen sind. Diese selbst sind allerdings

nur durch eine äußerst geringe Zahl von tieferen Seitentälern gegliedert, was in dem Flußdichtewert von nur 0,6 zum Ausdruck kommt (km Flußlänge pro qkm Fläche, Gießner 1982, S. 116). So wird beispielsweise das gesamte Untersuchungsgebiet nur von einem einzigen permanent fließenden Bach entwässert, während alle übrigen Tiefenlinien nur periodisch durchflossene Gräben besitzen (siehe Karte 1).

Die geringen Niederschläge und die Beschaffenheit des Untergrundes bestimmen das Grundwasserregime. Stark grundwasserhöfliche Gebiete treten nur eng begrenzt im Bereich der Talauen auf. Die Höflichkeit der Grundwasserleiter im Bereich der östlichen Gäuflächen, je nach Untergrund Kluft- oder Kartstgrundwasserleiter, ist sehr gering und liegt bei unter 6 l/sek (Gießner, 1982, S. 132), wogegen beispielsweise in der Talaue des Untermaines über 120 l/sek erreicht werden.

Diese hydrologische Mangelsituation, die regelmäßig im Sommer und besonders im Bereich der Landwirtschaft zu deutlichen Engpässen führt, macht Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserverfügbarkeit im Landschaftshaushalt notwendig und sinnvoll. Gleichzeitig führt der geringe Wasserdurchsatz zu einer hohen Konzentration von Schadstoffen, die größtenteils durch die Landwirtschaft eingetragen werden.

Hänge, Dellen und Mulden

Diese Landschaftsteile stellen die Verbindung zwischen den Tälern und Flächen sowohl räumlich, als auch funktional dar. Flächenmäßig nehmen sie den größten Teil des Raumes ein (vgl. Karte 1).

Ihre morphologische Ausprägung muß man einerseits den periglazialen Solifluktionsprozessen während der Eiszeiten zuordnen, andererseits glich die Lößakkumulation eventuell stärkere Reliefunterschiede aus und schuf das charakteristische Relief mit sanften, muldenartigen, häufig trockenen Tälchen. Stärkere Winde und mangelnde Vegetationsbedeckung während der Eiszeiten führten sicher auch im Löß zu Umlagerungen und lokalen Auswehungen, wie dies für die Flugsandfelder bei Kitzingen verstärkt zutrifft.

Geoökologisch betrachtet liegen bei diesen Relieftteilen heute die stärksten Probleme vor, besonders durch die Erosion. Diese wird noch begünstigt durch die Eigenschaften der flächenhaft verbreiteten Deckschichten.

2.2.2 Deckschichten und Böden und ihre Bedeutung im Landschaftshaushalt

Entstehung und Verbreitung

Das bedeutendste Naturpotential Mainfrankens, und damit maßgebend für die Ausprägung der Kulturlandschaft, ist der Löß, Grundlage und wichtigstes Kapital der Landwirtschaft dieses Raumes.

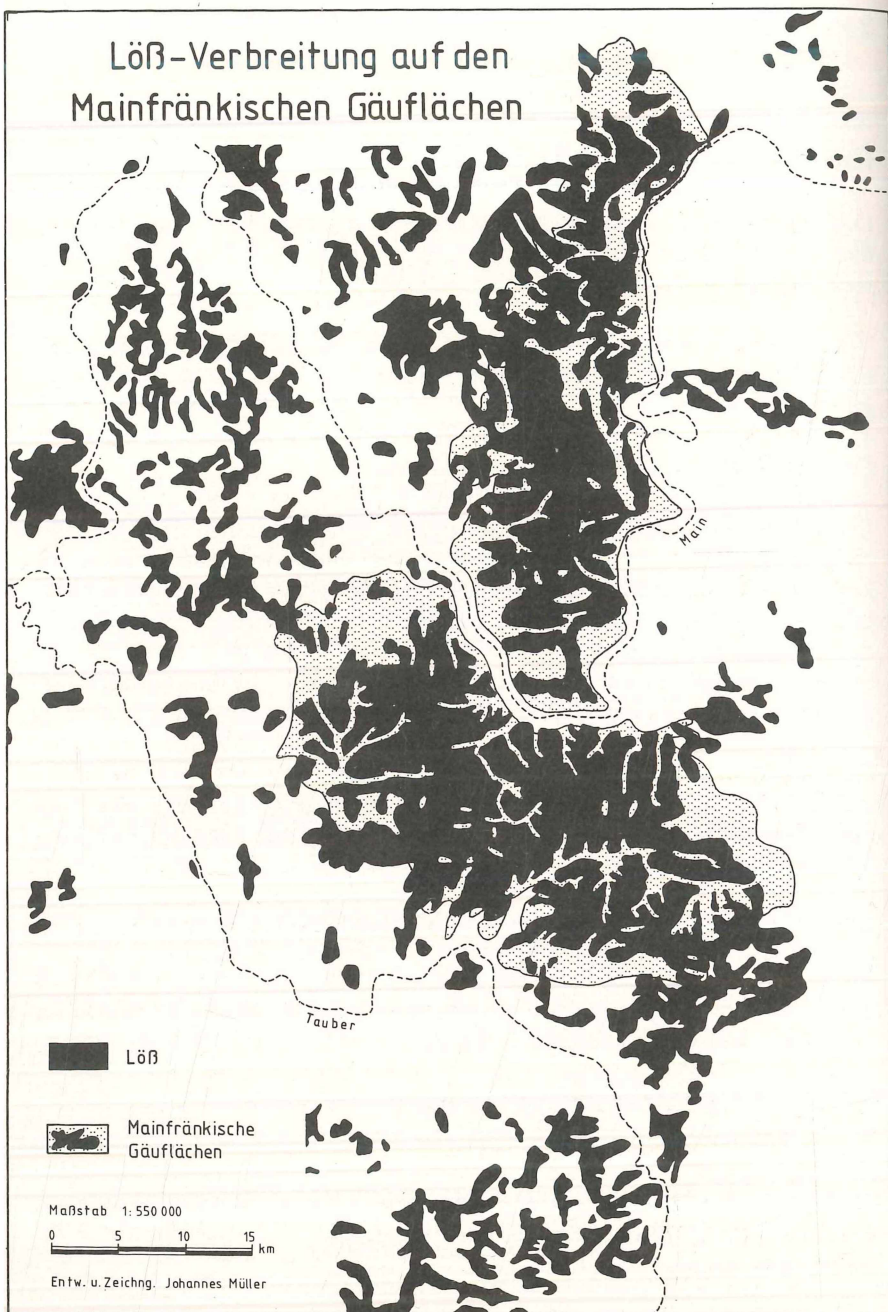
Während der Kaltzeiten des Quartärs wurde der Löß aus unbewachsenen Landschaftsteilen ausgeweht und als äolisches Sediment in den Beckenlagen Süddeutschlands abgelagert. Die Verbreitung in Mainfranken zeigt Fig. 4, auf der deutlich wird, daß von Westen nach Osten die Ablagerung von fleckenhaft bis fast flächendeckend zunimmt.

Diese Verteilung ist landschaftsökologisch sehr bedeutsam. Der Wechsel zwischen Löß und den kaum fruchtbaren Gesteinen vor allem des Muschelkalks bedingt auf den Platten im westlichen Mainfranken und in Hohenlohe einen stetigen Wechsel zwischen Ackerland und kleineren Waldstücken, der ökologisch und ästhetisch sehr wertvoll ist. Trotzdem gibt es auch hier teilweise ausgedehntere Lößbereiche, die bezüglich der landschaftlichen Problematik mit den eigentlichen Gäuflächen durchaus vergleichbar sind.

Gegenüber der fleckenhaften Lößausdehnung fallen beim Blick auf Fig. 4 die Mainfränkischen Gäuflächen als Gebiete fast geschlossener Lößauflage auf. Hier treten die liegenden Gesteine praktisch nur noch am Rand der Täler an die Oberfläche.

Fig. 4 (folgende Seite): Löß-Verbreitung auf den Mainfränkischen Gäuflächen und angrenzenden Gebieten. Die Gäuflächen können nach der flächenhaften Verbreitung der Lößauflage abgegrenzt werden. (Kartenausschnitt deckungsgleich mit Fig. 3.). Eigener Entwurf nach: Geologische Karte von Bayern, 1984; Rutte, 1981, S. 238.

Löß-Verbreitung auf den Mainfränkischen Gäuflächen



Mächtigkeit

Allerdings ist die Mächtigkeit des Lösses sehr unterschiedlich und reicht von einigen Dezimetern bis zu mehreren Metern, nur in Ausnahmefällen (ehemalige Talfurchen) werden eng begrenzt bis 10 m erreicht (Rutte, 1981, S. 239). Das Geologische Landesamt schätzt die Mächtigkeit im Untersuchungsgebiet auf nur 1-6 m, genaue Untersuchungen darüber existieren jedoch nicht (frdl. schriftl. Mitt.).

Entsprechend der Hauptwindrichtung von Westen lagerte sich der Löß vornehmlich im Lee östlich von lokalen Erhebungen des Reliefs ab. Vermutlich ist der Untergrund allerdings auch auf den heute so einheitlich erscheinenden Flächen stärker gegliedert als heute sichtbar und wird durch den aufliegenden Lößschleier nur verhüllt (Skowronek, 1982, S. 103), wie man an Aufschlüssen auch beobachten kann (siehe Abb. 2 und Fig 5). Das hat für die Beurteilung der Erosion große Bedeutung, da man von starken Schwankungen der Mächtigkeit des Lösses ausgehen muß. Eine weitere Erosion kann an Stellen mit geringmächtiger Lößauflage den wesentlich weniger fruchtbaren Untergrund erheblich schneller bloßlegen als das bei einer einheitlich mächtigen Lößschicht der Fall wäre.

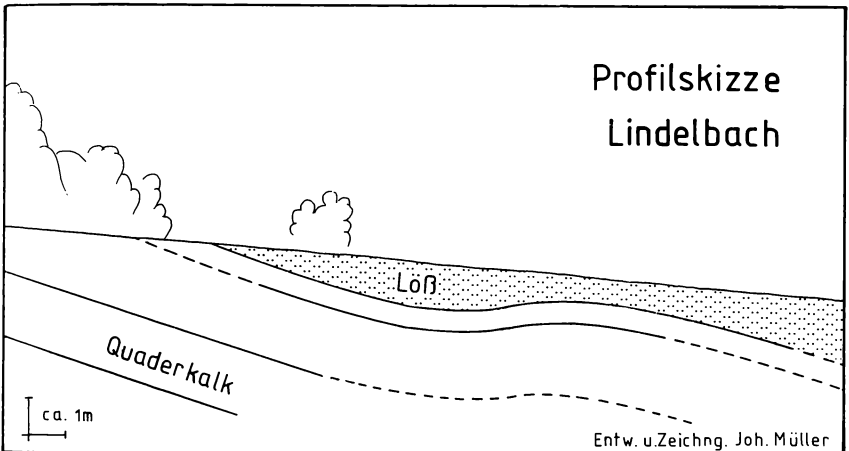


Fig. 5: Profil durch die Gäufläche SW Lindflur (deckungsgleich mit Abb. 2). Das präexistente Relief war stärker bewegt und wurde durch die Lößablagerung im Lee (= im Osten, im Foto rechts) einer Kuppe in eine schwach geneigte Fläche umgewandelt. Folglich nimmt die Lößmächtigkeit hier von E nach W von mehreren Metern bis Null ab. Eigener Entwurf.

Auf den geologischen Karten wird der Untergrund nur kartiert, wenn durch die Pflugtätigkeit Material an die Oberfläche gelangt. Ist der Löß mächtiger als der Pflughorizont (etwa 30-50 cm), so muß er auch dann flächig kartiert werden, wenn über den Untergrund sichere Erkenntnisse vorliegen. Über die internen Mächtigkeitsunterschiede des Lösses lassen sich aufgrund der geologischen Kartierung keine Aussagen treffen.

Jedoch tritt schon heute an Talkanten und auf konvex gewölbten Relieftteilen (vgl. Abb. 2 und Fig 5) häufig der Untergrund zutage. Man kann davon ausgehen, daß der Löß zu allen Rändern seines Vorkommens hin ausdünnt und sehr geringmächtig ist, auch wenn es sich dabei nur um eng begrenzte "Löcher" in der Lößdecke handelt. Durch die fortschreitende Erosion wird die Lößdecke also nicht nur von oben her vermindert, sie wird vor allem auch flächenmäßig vom Rand her laufend reduziert. Abhängig vom präexistenten Relief wird zusätzlich auch noch die Anzahl der Löcher inmitten der Lößdecke weiter zunehmen.

Trotz der Unsicherheit über die Gesamtmächtigkeit läßt sich somit festhalten, daß der Löß nicht flächendeckend mächtig genug ist, um eine hohe Erosion zu kompensieren. Zudem handelt es sich um einen endlichen, nicht erneuerbaren Rohstoff. Die Lößerosion hat gleichzeitig schon heute gravierende Folgen für die Bodenfruchtbarkeit, was sich aus der großen Bedeutung des Lösses für den Landschaftshaushalt ergibt.

Bedeutung im Landschaftshaushalt

Das Korngrößenmaximum des Lösses liegt gewöhnlich im Bereich des Grobschluffs (0,02 - 0,06 mm), der Kalkgehalt bei bis zu 20 % (Jerz und Schwarzmeier, 1981, S. 142). Diese Eigenschaften bedingen eine günstige Körnung und großes Porenvolumen, was aus dem Löß in Verbindung mit seinem hohen Mineralgehalt ausgezeichnete Böden entstehen ließ.

Der Charakterboden des Lösses in Mitteleuropa ist die Parabraunerde. Unter dem Ah-Horizont, der durch Pflugtätigkeit meist durch einen Ap-Horizont ersetzt ist, folgt der mäßig bis stark ausgelaugte fahlfarbene Al. Deutlich abgesetzt darunter liegt der tonmineralreiche Bt-Horizont (Tonmineral-Anreicherungs-Horizont), in den die Tonminerale der oberen Bodenschichten eingewandert sind. Während diese Horizonte bei der Bodenbildung stark entkalkt wurden, besitzt der nach 80-100 cm folgende Cv noch den ursprünglichen CaCO_3 -Gehalt. Das Hauptproblem dieses Bodens ist die starke Erosionsgefährdung (Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur, o.J.)

Im Stoffhaushalt des Bodens, und damit für die Bodengüte und Produktivität, besitzen die Tonminerale überragende Bedeutung. Sie entstehen durch die Verwitterung primärer Silikate des Ausgangsgesteins und nachfolgende Reorganisation zu komplexeren Aggregaten: sie sind also nur in begrenztem Maß vorhanden und nur langsam erneuerbar. Besonders wichtig sind die Dreischicht-Tonminerale mit ausweitbarem Kristallgitter, da sie durch ihre sehr große Oberfläche eine besondere Reaktionsfähigkeit besitzen.

Durch ihre Kationen-Sorptionsfähigkeit können sie überschüssige Mineralstoffe (i.e.L. Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+) speichern und langsam wieder abgeben (Ganssen, 1965, S. 27-31). Dies hat vor allem für die Düngung in intensiv genutzten Ackerlandschaften große Bedeutung. Neben einer Schonung des Grundwassers führt das zu einer Herabsetzung des Düngeaufwands, da die Nährstoffe im Boden gehalten werden können und nicht aus dem Kreislauf verloren gehen. Bis zur Erreichung einer Sättigungsgrenze, die abhängig vom pH-Wert ist, können Tonminerale daneben auch Schadstoffe, wie z.B. Schwermetalle, absorbieren die teilweise ebenfalls mit dem Dünger in den Boden gelangen. Dies unterstreicht die Wichtigkeit der Tonminerale für die Grundwasserqualität.

Im Löß, einem porösen, lockeren, austrocknungsgefährdeten Material spielt die Fähigkeit der Tonminerale zur Wasseraufnahme und -speicherung eine große Rolle bei der Abdämpfung von Niederschlagsunterschieden. Im Gegensatz zu schweren Böden, die aufgrund ihres hohen Tonanteils schwer bearbeitbar sind, ist die Rolle der Tonminerale im Löß durchwegs positiv zu bewerten.

Durch ihre hohe Bindigkeit und Fähigkeit zur Verkittung der Bodenpartikel besitzen Tonminerale auch eine entscheidende Bedeutung für den Schutz gegen Abtragung.

Den Tonmineralen im Bt-Horizont ähneln in ihrer Bedeutung und Funktion die Huminstoffe, die hauptsächlich aus den Stoffgruppen der Humin- und Fulvosäuren bestehen. Im Kationenumtauschvermögen und der Sorptionskapazität können sie die Tonminerale um ein Mehrfaches übertreffen. Entscheidend für ihre Wirksamkeit ist die Art der Humifizierung. In einem Boden mit hohem Gehalt an Organismen entsteht die günstigste Form, der Mull, der durch eine innige Verbindung der Huminstoffe mit den Tonmineralen im Ton-Humus-Komplex gekennzeichnet ist. Die Huminstoffe entstehen durch Zerfall des Humus und nachfolgende Reorganisation zu komplexen Verbindungen. Daher sind sie vor allem im oberen Bodenhorizont konzentriert, wandern aber auch in tiefere.

Oberstes Ziel der Landwirtschaft müßte es also sein, die Tonminerale und Huminstoffe als entscheidende Träger der Bodenfruchtbarkeit möglichst weitgehend zu erhalten. Diesem Ziel genau entgegen wirkt die Bodenerosion, deren Ausmaß je nach Geländesituation, Klima, Boden, Bearbeitungsweise und Landschaftsstrukturierung wechselt.

Erosionsgefährdung des Lösses und deren Folgen

Durch ihren hohen Schluffgehalt gehören Lößböden zu den am stärksten erosionsgefährdeten Böden Mitteleuropas. Hier sind schon heute die größten Schäden festzustellen. Die akute Erosionsgefährdung beginnt nach Wittmann (1982, S. 99) ab Neigungen von 3-4 % mit jährlichen Abtragsmengen über 15 t pro ha. Nach Meier und Schwertmann (1981, S. 191), die ein in Boden, Klima und Landnutzung mit Mainfranken in etwa vergleichbares Gebiet untersuchten, muß allerdings bereits bei geringsten Hangneigungen mit Erosion gerechnet werden. Selbst bei ganz schwachen Neigungen unter 1 % war leichte Erosion feststellbar, ab 2,5 % deutliche Erosion mit Abtragungsleistungen von bereits etwa der Hälfte des Wertes von über 4 % geneigten Flächen.

Die Erosion führt zunächst verstärkt die oberflächlich konzentrierten Huminstoffe ab. Wegen der modernen Fruchtfolgen und vor allem durch den Wegfall der Düngung mit Stallmist besteht in den Böden der Mainfränkischen Gäuflächen in der Regel ohnehin ein großes Humusdefizit, was durch die Erosion im oberen Bodenbereich noch weiter verstärkt wird.

Bei länger anhaltender Bodenbearbeitung und dem damit verbundenen Bodenabtrag entwickelt sich aus der ursprünglichen Parabraunerde eine Pararendzina. Hier folgt auf den Ap-Horizont gleich das angewitterte Ausgangsmaterial (Cv-Horizont), da der natürliche Tonmineral-Anreicherungs-Horizont aufgepflügt, mit dem A-Horizont vermischt und von oben her erodiert wurde. Ist der ursprüngliche Bt-Horizont, wie in Mainfranken bereits häufig der Fall, aufgebraucht, dann fördert der Pflug nur noch Ausgangsmaterial nach oben und der Tonmineralgehalt nimmt weiter ab. So ist die Austauschkapazität der Pararendzina um mehr als die Hälfte herabgesetzt, die nutzbare Feldkapazität ist bei geringerer Durchwurzelungstiefe etwa um ein Drittel niedriger als bei der Parabraunerde.

Die Folgen der Erosion der Parabraunerde zur Pararendzina auf Löß lassen sich direkt am Ertrag in Gestalt der schlechteren Bodenwertzahlen ablesen (etwa 65 gegenüber etwa 75, Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur, o.J.).

2.2.3 Bodenerosion als geoökologisches Hauptproblem

Mainfrankens und die Rolle der Flurbereinigung

Hintergründe und Ursachen der Bodenerosion

Die romanische Achatiuskapelle von Grünsfeldhausen am Südostrand der Mainfränkischen Gäuflächen, steht in der Aue des Grünbaches und wurde zwischen 1210 und 1666 von 3,30 m Auelehm zugeschüttet (Skowronek, 1986, S. 137). Diese Massen an Bodenmaterial stammen von den umgebenden, spätestens seit der fränkischen Landnahme intensiv genutzten Gäuflächen. Dieses Beispiel verdeutlicht, daß die Wassererosion als das geoökologische Hauptproblem in Mainfranken bezeichnet werden kann.

Die Erosionsgefahr und Erosionsbeträge haben im Vergleich zur vorindustriellen Landbewirtschaftung heute noch stark zugenommen, wobei zwei Ursachenkomplexe verantwortlich zu machen sind. Die "moderne" Bodenbewirtschaftung führt durch

- die Ausdehnung von Feldfrüchten mit ungenügender Bodenbedeckung, wie z.B. Mais, Zuckerrüben, Hopfen, und
- den Wegfall der Bodenbedeckung mit "Unkraut" durch Herbizideinsatz

zu einer direkten Erhöhung der Erosionsgefahr. Gleichzeitig verstärkt sich die Anfälligkeit des Bodens durch

- mangelhafte Versorgung mit organischer Masse,
- Bodenverdichtung mit schweren Landmaschinen,
- Belastung des Bodens durch ungünstigen Bearbeitungszeitpunkt,

was die Aggregatstabilität und Durchlässigkeit verringert und damit die Erodierbarkeit erhöht (Schwertmann, 1982a, S. 37). Hinzu kommen noch strukturelle Veränderungen in der Landschaft wie

- Vergrößerung der erosionswirksamen Hanglängen und
- Verlust an Strukturelementen,

die die Erosionsgefahr noch weiter erhöhen. Gerade die beiden letzten Punkte sind durch die Flurbereinigung in weiten Grenzen steuerbar.

Ausmaß der Erosion auf den Mainfränkischen Gäuflächen

Auf einem Hang bei Fuchsstadt im Ochsenfurter Gau (Lage siehe Fig. 3) untersuchte das Amt für Landwirtschaft und Bodenkultur Würzburg (1980) die Boden- und Abtragsverhältnisse (Fig. 6). Dieser Hang kann wegen seiner geologischen und pedologischen Verhältnisse als repräsentatives Vergleichsgebiet für die gesamten Mainfränkischen Gäuflächen gelten, weshalb ich diese Untersuchung hier genauer vorstellen will.

Als Ergebnisse dieser Untersuchung sind festzuhalten: Selbst auf fast ebenem Gelände ist nur noch eine mäßig stark erodierte Parabraunerde erhalten, die jedoch noch den typischen Aufbau mit Al- und Bt-Horizont zeigt. Der gesamte Hang wird von einer Pararendzina aus Löß eingenommen. Auf dem Kolluvium des Hangfußes befindet sich ebenfalls nur eine Pararendzina. Beides sind A/C-Profile, denen ein tonreicher Unterboden (B-Horizont) völlig fehlt, was gravierende Folgen für den Feuchte- und Mineralhaushalt der Böden hat.

Die ohnehin vorhandene Tendenz des Substrates zur Austrocknung, unterstützt durch die Exposition nach SSE, wird durch die Profilverkürzung erheblich verstärkt, da kaum pflanzenverfügbares Wasser im Unterboden gespeichert werden kann.

Fig. 7 verdeutlicht die überragende Bedeutung der Tonminerale für den Mineralhaushalt des Bodens. Einzig die nur mäßig erodierte Parabraunerde verfügt über einen Tonmineral-Anreicherungs-Horizont (Bt), erkennbar an der hohen Konzentration der Minerale. Momentan für die Pflanzen überschüssige Düngergaben können in den anderen Böden kaum gespeichert werden, sondern werden schnell abgeführt. Am meisten gefährdet erscheint das Magnesium, welches im tieferen Unterboden des Kolluviums am Hangfuß angereichert ist. Die stark erodierte Pararendzina aus Löß, die den gesamten Hang einnimmt, verfügt über die geringsten Mineralreserven, muß also permanent gedüngt werden.

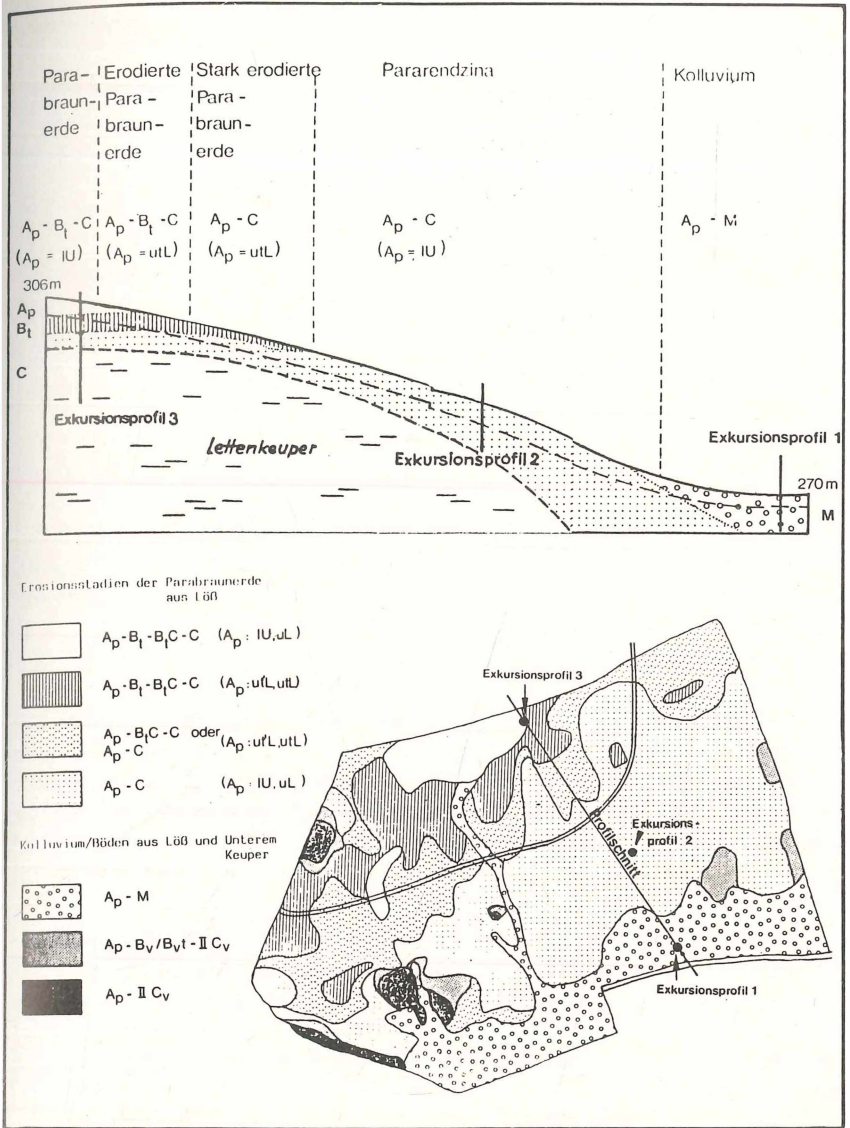


Fig. 6: Profilschnitt und Bodengesellschaften eines Hanges im Lössgebiet bei Fuchsstadt. Neigung des Plateaus 1 %, am Hang 11 % (Profil 3-fach überhöht). Den größten Teil nehmen stärksten degradierte Böden ein (A-C-Profile), ein Bt-Horizont fehlt am Hang bereits völlig. Aus: Amt für Landwirtschaft und Bodenkultur Würzburg, 1980.

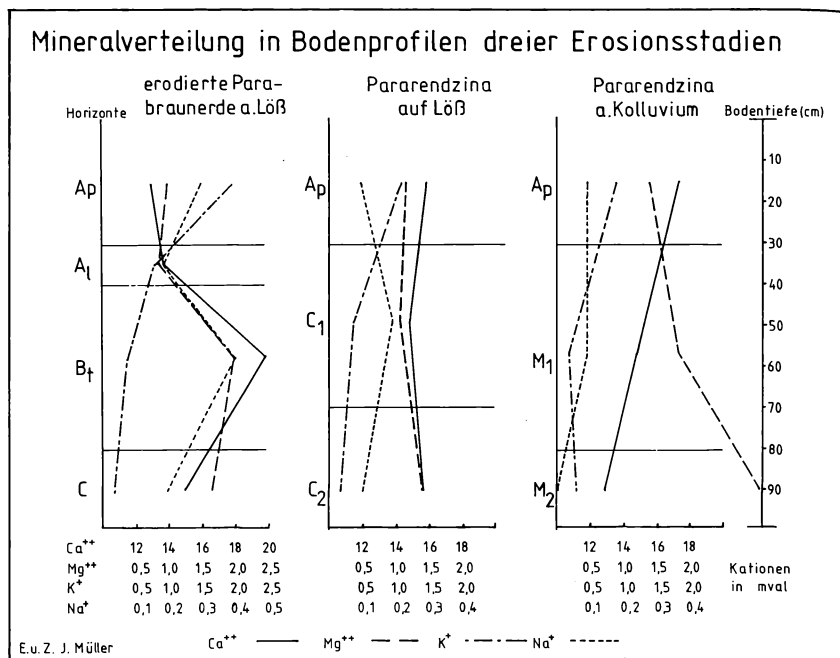


Fig. 7: Mineralverteilung der verschiedenen Horizonte in drei Bodenprofilen des Vergleichsgebietes. Deutlich wird das hohe Sorptionsvermögen (Puffer- und Speicherkapazität) der Tonminerale. Sie sind im Bt-Horizont der Parabraunerde konzentriert, des am geringsten erodierten Bodens. Alle Zahlen aus: Amt für Landwirtschaft und Bodenkultur, Würzburg, 1980.

Obwohl auf diesen intensiv genutzten Standorten sicherlich mehr als ausreichend gedüngt wird, lassen sich die erosionsbedingten Qualitätsunterschiede der Böden nicht ausgleichen. Die Einbußen für den Ackerbau erreichen bereits während des Erosionsprozesses Werte, die den betroffenen Landwirt erheblich belasten und Gegenmaßnahmen dringend geboten erscheinen lassen.

Trotz der Akkumulation der oberhalb erodierten Mineralstoffe betragen die Erträge am Hangfuß nur etwa soviel wie die des Plateaus. Am Hang sind sie jedoch, wie Tab.1 zeigt, um 10-17 % geringer, wobei der Minderertrag noch erheblich gravierender ausfallen kann (vgl. Abschnitt 4.1). Dabei muß berücksichtigt werden, daß vermutlich auch die Erträge auf dem Plateau niedriger liegen als bei nur gering erodiertem Boden.

Tabelle 1: Erträge des Vergleichsgebietes in dt/ha (Werte aus: Amt für Landwirtschaft und Bodenkultur Würzburg, 1980, S. 8ff).

	Winterweizen	Sommergerste	Zuckerrüben
Plateau	60	50	650
Hang	50 (-17 %)	45 (-10%)	550 (-15%)
Fuß	60	50	650

Der untersuchte Hang besitzt ein durchschnittliches Gefälle von 8,8 % (Maximum 11 %) bei einer Gesamtlänge von 408 m und einem Höhenunterschied von 36 m. Der Bodenabtrag beläuft sich in diesem Gebiet auf 23 Tonnen pro Hektar und Jahr (Skowronek, 1986, S. 139). Nach Schwertmann (1982, S. 10) entsprechen 15 t/ha etwa 1 mm Abtrag, sodaß hier pro Jahr von einer Profilverkürzung von 1,5 mm auszugehen ist, entsprechend 1 m in 700 Jahren!

Da die Lößmächtigkeiten auf den Gäuflächen sehr unterschiedlich sind, gibt es bereits Gebiete, wo der Keuper-Untergrund erreicht ist (Mainpost, 8.4.1987). Für den betroffenen Landwirt hat das erhebliche Konsequenzen, da der dann eintretende Ertragsrückgang weitaus stärker als die derzeitige Ertragsminderung auf dem Hang des Vergleichsgebietes ausfällt und durch nichts auszugleichen sein wird.

Daß diese Entwicklung nicht bereits früher eingetreten ist, obwohl im Gebiet bereits seit über 1000 Jahren intensiv Ackerbau betrieben wird, liegt an der damals deutlich geringeren Gesamterosionsleistung. Dieser Sachverhalt läßt sich im wesentlichen auf die Parzellierung, die Kleinteiligkeit, die Nutzungsvielfalt und den größeren Strukturreichtum der damaligen Kulturlandschaft zurückführen.

Einfluß der Flurbereinigung auf die Erosionsbeträge

Die Flurbereinigung mit ihrer weitreichenden Umgestaltung der Flur hat einen entscheidenden Einfluß auf das zukünftige Erosionsgeschehen. Leider werden die diesbezüglichen Gefahren und Zusammenhänge häufig noch zu wenig beachtet, obwohl die Flurbereinigung ausdrücklich zu

"Maßnahmen des Bodenschutzes" (§ 37 FlurbG) aufgerufen ist.

So schildert Schwertmann (1982, S. 39-40) ein Beispiel einer geplanten Flurbereinigung. Der durchschnittliche Bodenabtrag der betreffenden Gemarkung, deren Felder sich bei einer mittleren Größe von nur $1/3$ ha genau den morphologischen Verhältnissen anpassen und dicht terrassiert sind, beträgt derzeit 18 t/ha/Jahr. Obwohl die geplante Flurbereinigung die Felder nur etwa auf die doppelte Fläche vergrößern will, erhöht sich der zu erwartende mittlere Abtrag auf 35 t/ha/Jahr, da eine Vielzahl von Terrassen und sonstigen Unterbrechungen wie Raine und Hecken wegfallen werden und ein höherer Anteil der Fläche dann senkrecht zum Hang gepflügt würde.

Jedoch könnte die Erosionsleistung gerade durch die Flurbereinigung ausgeglichen, ja sogar verringert werden, indem Maßnahmen zum Erosionsschutz konsequent geplant und durchgeführt würden. Hierfür bieten sich zwei Strategien an.

Eine Möglichkeit ist es, den zu erwartenden Bodenabtrag durch Vorschriften bezüglich der Anbaufrüchte, den Zwang Untersaaten anzubauen sowie durch vorgeschriebene Pflugrichtungen und Minimalbodenbearbeitung zu begrenzen. Solche Reglementierungen sind aber schwer durchzusetzen und müssen dauernd kontrolliert werden. Nach Einschätzung des Amtes für Landwirtschaft und Bodenkultur in Würzburg (1981, S. 2) läßt sich hieran wenig ändern: "Untersaaten haben wegen der Wasserkonkurrenz im Trockengebiet keine Chance. Reduzierte Bodenbearbeitung ist bei Zuckerrübenanbau nicht zu realisieren."

Die zweite Möglichkeit wäre, die Feldaufteilung nach erosionsschützenden Gesichtspunkten zu planen und durch die gezielte Erhöhung der Strukturvielfalt die Erosionsgefahr zu senken. Diese Methode schließt spätere Kontroll- und Vorschriftenprobleme von vornherein aus und beschränkt die Durchführungsschwierigkeiten auf das Verfahren selbst.

Letzten Endes kommt es darauf an, ob eine Flurbereinigung nach technokratischen Maßstäben durchgeführt wird und zu einer stur - rechtwinkligen Fluraufteilung ohne Berücksichtigung landschaftsästhetischer Probleme durchgezogen wird, oder ob sich die Flurneuordnung an landschaftsökologische Gegebenheiten flexibel anpaßt. Daß das auch bei der wohl unumgänglichen Vergrößerung der einzelnen Felder gut möglich ist und einen Gewinn für Ökologie und Landwirtschaft bringen kann, wird im Abschnitt 5.1.3 an einem Beispiel aufgezeigt.

2.2.4 Klima und Trockenheit

Gesamtniederschlag

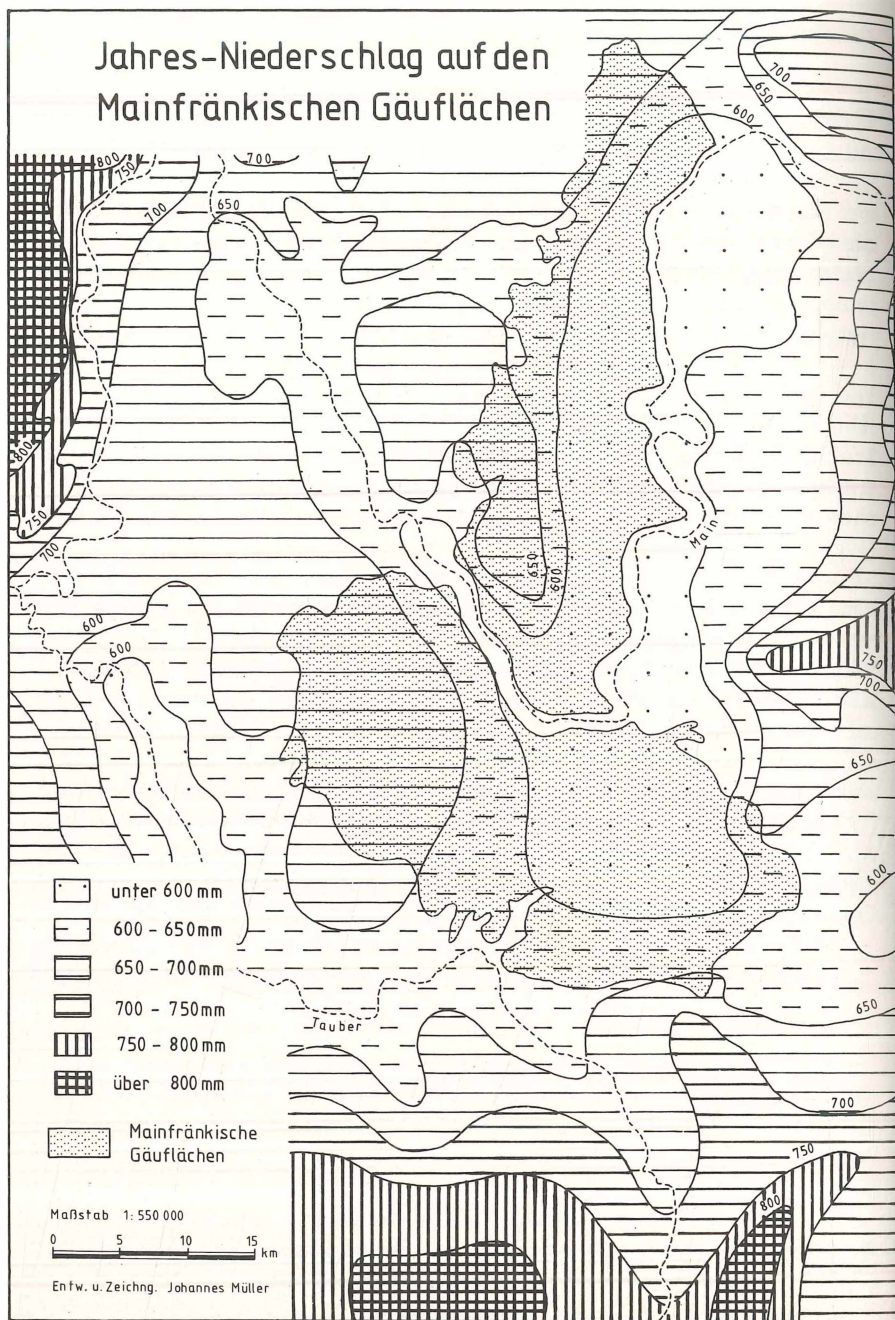
Ein Blick auf Fig. 8 zeigt die hydrologische Sonderstellung des zentralen der Mainfränkischen Gäuflächen. Im Regenschatten des Spessarts nehmen die Niederschläge nach Osten hin kontinuierlich ab, bevor sie im Luv der nächsten Stufe (Steigerwald-Frankenhöhe) wieder zunehmen. Davon profitieren die Gäuflächen jedoch nicht mehr, wodurch sie den Nord-Süd ausgerichteten Streifen mit den geringsten Niederschlägen Mainfrankens bilden.

Die vorher skizzierte edaphische Wassermangelsituation wird durch diese Klimaverhältnisse noch verstärkt, sodaß man von einem "hydrologischen Problemgebiet" sprechen kann (Gießner, 1982, S. 111). Mit Jahresniederschlägen von unter 600 mm sind das Maintal und die angrenzenden Gäuflächen zwischen Schweinfurt und Ochsenfurt dabei die trockensten Gebiete (Fig. 8).

Eine Verschärfung dieser Situation führt die hohe interanuelle Schwankung herbei. Die mittlere Variabilität der Niederschläge liegt für die Station Würzburg bei 15,9 %, doppelt so hoch, wie im mitteleuropäischen Durchschnitt (Gießner, 1982, S. 121). Dies hat zur Folge, daß relativ häufig extreme Trockenjahre vorkommen, in denen sich die Probleme noch verstärken, wie z.B. 1976, als in Würzburg nur 352 mm Niederschlag gemessen wurden, was ein Defizit von 42,3 % im Vergleich zum Durchschnitt bedeutet (Gießner, 1982, S.138). Hauptleidtragender dieser Situation ist die Landwirtschaft. Wegen der geschilderten Grundwasserverhältnisse lassen sich Trockenperioden nicht durch Bewässerung überbrücken (wie etwa im Oberrheingraben mit hohem Grundwasserdargebot).

Fig. 8 (folgende Seite): Mittlerer Jahresniederschlag auf den Mainfränkischen Gäuflächen und angrenzenden Gebieten. Eigener Entwurf, nach: Deutscher Wetterdienst, 1952, Taf.51 und Gießner, 1982, S. 119.

Jahres-Niederschlag auf den Mainfränkischen Gäuflächen



Jahreszeitliche Verteilung

Neben den interanuellen Schwankungen spielen allerdings auch die normalen monatlichen Niederschlagsunterschiede eine große Rolle für die landwirtschaftliche Nutzung und das Erosionsgeschehen.

Im Bereich der Mainfränkischen Gäuflächen werden an mehreren Stellen regelmäßige Niederschlagsmessungen durchgeführt, von denen einige repräsentative Gänge in Fig. 9 wiedergegeben sind.

Bereits der erste Blick auf die Klimadiagramme zeigt das Niederschlagsmaximum des Sommers, das sekundäre Maximum im November und zwei ausgeprägte Minima im Februar-März sowie September-Oktober einheitlich für alle Stationen.

Bei näherer Betrachtung ergeben sich jedoch Unterschiede. Vergleicht man Würzburg im Westen mit Effeldorf und Ochsenfurt, so zeigt sich neben einer unwesentlichen Verminderung der Gesamtmenge eine Tendenz zur Verschärfung der Extrema nach Osten. Hier fällt im Sommer mehr, während der Trockenperioden im Frühling und Herbst jedoch weniger Niederschlag. Lediglich beim November-Maximum liegen diese Stationen abweichend hiervon ebenfalls niedriger, was den Wassermangel im Herbst weiter verschärft.

Im Gegensatz zum West-Ost-Wandel spielt der Unterschied zwischen Maintal (Ochsenfurt) und Gäuflächen (Effeldorf) bei gleicher Ostlage im Niederschlagsgang kaum eine Rolle. Allerdings liegt der Jahreswert auf der Gäufläche um ca. 5 % über dem im Maintal (Ochsenfurt, Würzburg).

Die Station Uffenheim erhält über 10 % höhere Niederschläge, worin sich bereits der Regenstau an der rund 100 m hohen Keuperstufe widerspiegelt. Der Gang zeigt zwar auf den ersten Blick einen ähnlichen Verlauf, jedoch mit abgeschwächten Extrema. Die Niederschläge liegen während der Trockenperioden stärker über den sonstigen, als während der Feuchteperioden. Besonders deutlich wird das im Frühling und im Juni, wodurch hier der Wassermangel etwas abgemildert wird.

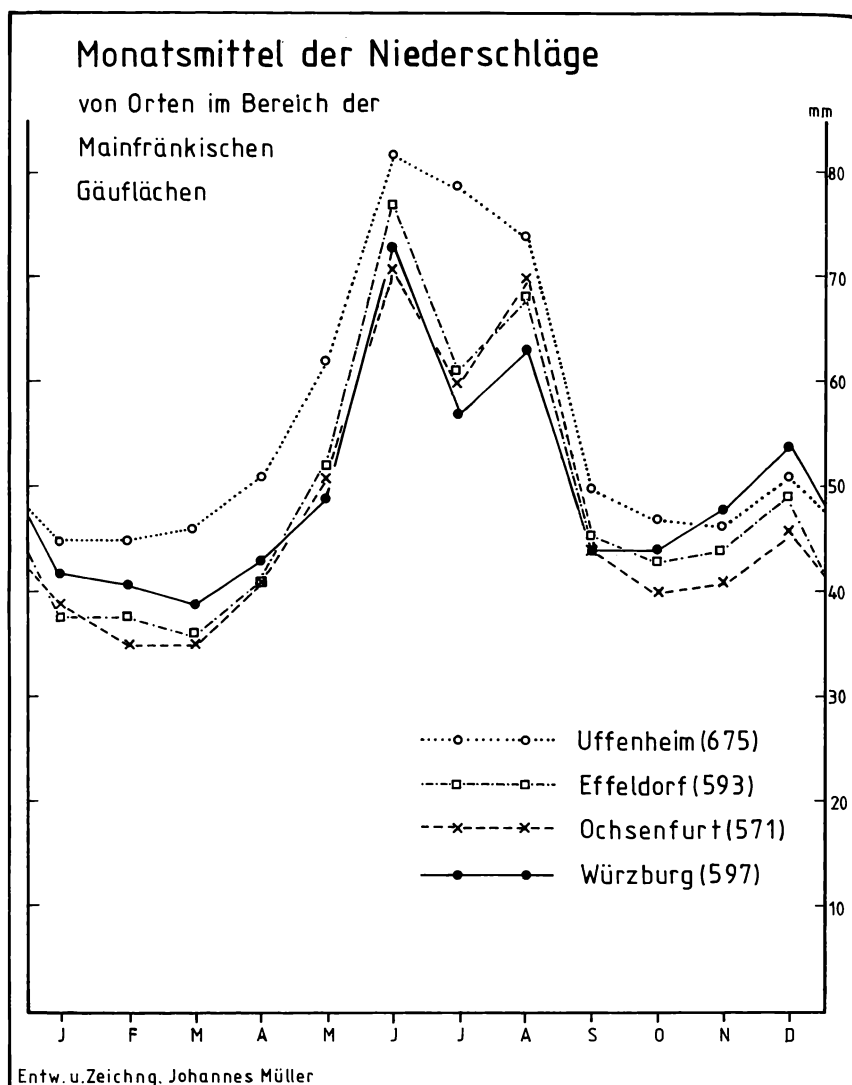


Fig. 9: Klima-Diagramme von Stationen im Bereich der Mainfränkischen Gäuflächen. Eigener Entwurf nach Daten des Deutschen Wetterdienstes.

Vergleicht man damit den jährlichen Temperaturgang, so ergibt sich für die Schlußfolgerungen bezüglich Erosionsgeschehen und landwirtschaftlicher Produktion ein stärker differenziertes Bild.

Die im April bereits wieder deutlich ansteigenden Niederschläge treffen mit einer Phase geringer oder sogar noch gänzlich fehlender Bodenbedeckung auf den Ackerflächen zusammen, sodaß es hier regelmäßig zu verheerenden Bodenabspülungen kommt (Mainpost vom 8.4.1987; Abb. 2), die die größten Verluste des Jahres darstellen (Amt für Landwirtschaft und Bodenkultur Würzburg, 1981, S. 2). Nachdem an der Tatsache, daß einjährige Kulturen zu diesem Zeitpunkt noch keinen Schutz vor Erosion bieten können, nichts zu ändern ist, können hier nur Maßnahmen im Bereich der Strukturverbesserung bei der Landschaftsgestaltung helfen.

Anders liegen die Verhältnisse im Juni. Hier führen die heftigen Sommerregen zum Niederschlagsmaximum des Jahres. Die Gefahr für die Bodenerosion liegt dabei in der Konzentration auf wenige "Starkregen, die im wesentlichen das Erosionsgeschehen bestimmen" (Amt für Landwirtschaft und Bodenkultur Würzburg, 1981, S. 2). Die mittlere Ergiebigkeit der Niederschläge beträgt im Juni und August 3,6 bzw. 3,4 l/qm, mehr als das Doppelte der Frühjahrswerte, während die mittlere Zahl der Ereignistage im Sommer und Herbst mit 16-18 den geringsten Stand aufweist (Vaupel, 1982, S. 146). Besonders bei Anbaufrüchten wie Mais und den im Gau verbreitet angebauten Zuckerrüben mit bis in den Sommer hinein zu geringem Bodenbedeckungsgrad kommt es auch in dieser Jahreszeit zu starker Erosion.

Für den Wasserhaushalt der Pflanzen besitzt vor allem der Einschnitt in der Niederschlagsspende im Juli Bedeutung, da er mit der höchsten Verdunstungsrate zusammenfällt (Temperaturmaximum), sodaß von "semiariden Zeiten" (Vaupel, 1982, S. 142) gesprochen werden kann. Die mittlere Wasserbilanz pro Monat (N-V) zeigt im Juli mit einem Defizit von -79 und August mit -57 l/qm ihr absolutes Minimum (a.a.O., S. 148). Da in diese Zeit die Reifephase zahlreicher Feldfrüchte fällt, kann sie deren Ertrag erheblich beeinflussen, besonders wenn sie in einem Trockenjahr (s.o.) zeitlich verlängert und verstärkt auftritt.

Das zweite Niederschlagsminimum des Jahres im Herbst (September-Oktober) hingegen beeinflußt die meisten Anbauprodukte nicht mehr, da deren Ernte bereits abgeschlossen ist. Der dann wenig geschützte Boden ist allerdings wieder erosionsanfällig, besonders wenn das Saatbett für Winterfrüchte gerade hergerichtet ist.

Ein vorrangiges Ziel der Landschaftsplanung müßte es also sein, die spärliche Niederschlagsspende effizient auszunutzen und die Verluste im Wasserhaushalt möglichst gering zu halten, d.h. den Abfluß zu hemmen, viel Wasser in den Boden zu infiltrieren, dort zu speichern und langsam wieder abzugeben.

2.2.5 Windverhältnisse

Sowohl für die Abschätzung der Winderosion als auch bei der Untersuchung der mikroklimatischen Wirkung ist die Kenntnis der Windverhältnisse vonnöten, wobei zwischen Richtung und Stärke unterschieden werden muß. Leider stehen nach Auskunft des Deutschen Wetterdienstes im Bereich der Mainfränkischen Gäuflächen nur für Würzburg langjährige Windmessungen zur Verfügung. Für die Interpretation können wohl der Jahresgang und die Windrichtungen weitgehend übernommen werden, die Windstärken dürften auf den Hochflächen allerdings um einiges höher liegen.

Windrichtung

Bei der Standard-Windmessung werden die Häufigkeiten der mittleren Stundenwerte der Windgeschwindigkeiten aufgezeichnet, d.h. die durchschnittlich *dauernd* wehenden Winde. In Böen können dabei die Windgeschwindigkeiten noch erheblich darüber liegen (Herr Vaupel, frdl. mdl. Auskunft). Für die Abschätzung der landschaftsökologischen Bedeutung spielen diese mittleren dauernden Windgeschwindigkeiten die ausschlaggebende Rolle.

In Fig. 10 sind die Häufigkeiten des Auftretens der verschiedenen Richtungen für alle Windstärken aufgetragen. Sofort fällt auf, daß die Richtungen NW und SE eindeutig dominieren, was dem Verlauf des Maintals im Bereich der damaligen Meßstation auf dem Sporn des Steinbergs entspricht. Diese Daten spiegeln also die lokalen Verhältnisse wider und sind daher nicht auf die Gäuflächen übertragbar.

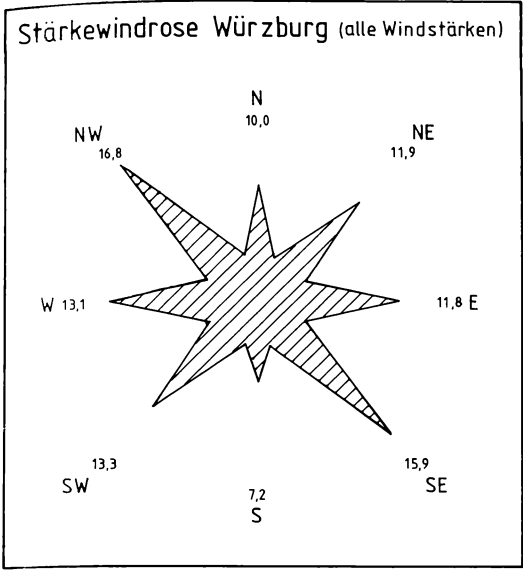


Fig. 10: Windrose für den Zeitraum 1.1970 bis 12.1980 für die Station Würzburg (Stein). Mittlere jährliche prozentuale Häufigkeit der Windrichtungen.
- **alle Windstärken** -
1 % entspricht 2 mm Pfeillänge. Eigener Entwurf nach Daten des Deutschen Wetterdienstes.

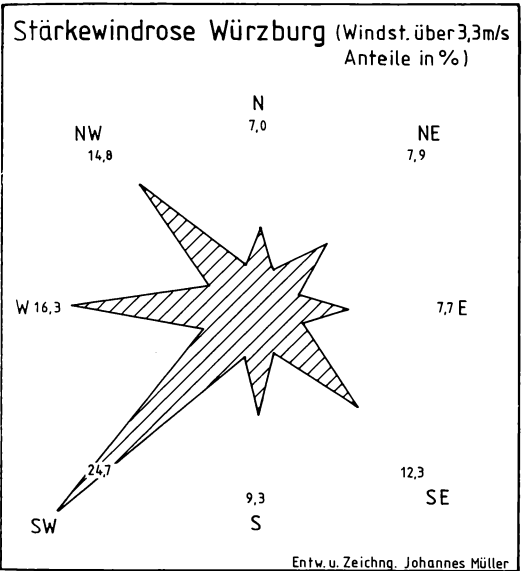


Fig. 11: Windrose für den Zeitraum 1.1970 bis 12.1980 für die Station Würzburg (Stein). Mittlere jährliche prozentuale Häufigkeit der Windrichtungen.
- **nur Windstärken über 3,3 m/sek** -
1 % entspricht 2 mm Pfeillänge. Eigener Entwurf nach Daten des Deutschen Wetterdienstes.

Aus diesem Grund werden in Fig. 11 nur die durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten über 3,3 m/sek Stärke berücksichtigt, was ein völlig anderes Bild ergibt. Es herrschen westliche Winde stark vor mit einem deutlichen Maximum von 24,7 % in SW. Diese höheren Stärken repräsentieren großräumige Windbewegungen und sind daher mit Vorsicht auch auf die Gäuflächen anzuwenden. Dieses Beispiel macht auch deutlich, daß in jedem Fall das Kleinrelief mit lokalen Windgassen, Luv-Lee-Verhältnissen und Ablenkungen berücksichtigt werden muß.

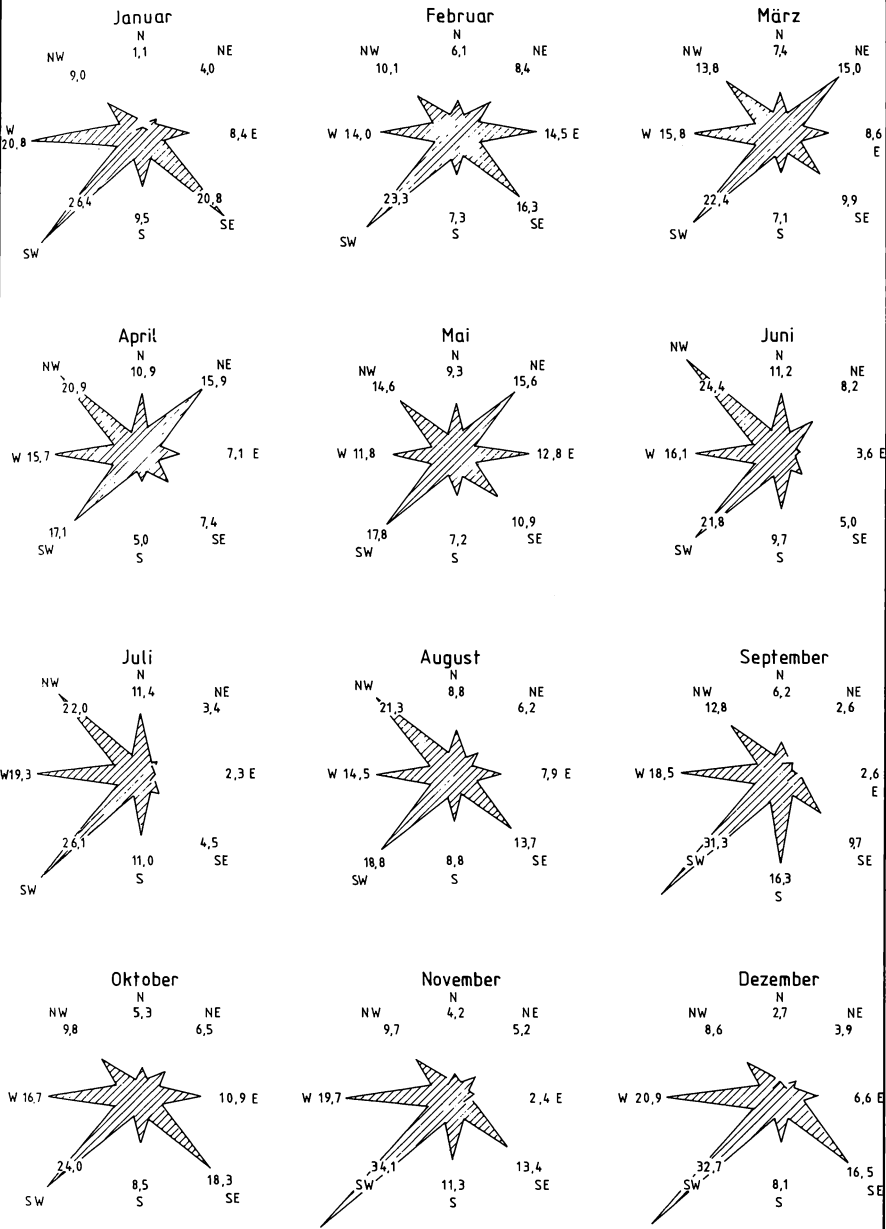
Für eine differenzierte Beurteilung der ökologischen Bedingungen und Probleme ist die jahresbezogene Betrachtung jedoch nicht ausreichend, da sie die eventuelle Schwankungen übersieht. Deshalb zeigt Fig. 12 die Windrichtungen über 3,3 m/sek nach Monaten aufgeschlüsselt. Analog zur Veränderung des Sonnenstandes verlagern sich mit den großklimatischen Gürteln auch die Windzonen. Die für Mitteleuropa bestimmende West-Windzone macht diese Verschiebung ebenfalls mit.

Im Winter (Dezember bis Februar) liegt das Maximum der Windrichtungen im SW, während sich die Einflüsse des osteuropäischen Kontinentalhochs im sekundären Maximum im SE bemerkbar machen. Im März bis Mai verändert sich die Großwetterlage, sodaß keine einheitliche Tendenz festzustellen ist. Neben den westlichen Richtungen (SW, W, NW) spielen auch nördliche (N, NE) eine größere Rolle. Im Sommer (Juni bis August) ist die Westwindzone voll in unsere Breiten gewandert, sodaß die Richtungen SW, W, NW, eingeschränkt sogar bis N, das Windgeschehen bestimmen. Im September bis November dreht das im Gegensatz zum Frühjahr recht deutliche Maximum von W wieder zurück auf SW. Parallel dazu gewinnt die Richtung SE langsam an Bedeutung, was sich bereits im August andeutet.

Die Einwirkung auch leichtester Luftbewegungen auf das Mikroklima jedes Standorts steht außer Frage, weshalb eine Bewertung nur das Standortklima berücksichtigen und mit der Landnutzung vergleichen muß. Demgegenüber kann von einer allgemeinen Erosionsgefahr durch Wind in Deutschland nur in den küstennahen Gebieten von vornherein ausgegangen werden. In Süddeutschland liegen die Verhältnisse komplizierter, weshalb die Windstärken in ihrer jahreszeitlichen Verteilung berücksichtigt und mit den relevanten Schwellenwerten verglichen werden müssen.

Fig. 12 (folgende Seite): Windrosen für den Zeitraum 1.1970 bis 12.1980 für die Station Würzburg (Stein). Mittlere monatliche prozentuale Häufigkeiten der Windrichtungen. - nur Windstärken über 3,3 m/sek - 1 % entspricht 1 mm Pfeillänge. Eigener Entwurf nach Daten des Deutschen Wetterdienstes.

Monatliche Stärkewindrosen von Würzburg (nur Windstärken über 3,3m/s: % Anteile)



Windstärke

Um die ökologische Wirksamkeit des Faktors Wind abschätzen zu können, muß man neben der zeitlichen Differenzierung auch eine Aufschlüsselung der Windstärke vornehmen, weshalb Fig. 13 nur die Häufigkeit des Auftretens höherer Windstärken zeigt.

Deutlich lassen sich zwei Perioden unterscheiden. Von November bis einschließlich April sind stärkere Winde durchaus von Bedeutung. Geschwindigkeiten über 5,5 m/sec herrschen dabei jeweils zu etwa 13 % der Zeit. Stürmischer Wind über 8 m/sec weht in diesem Zeitraum zu über 3 % der Gesamtzeit.

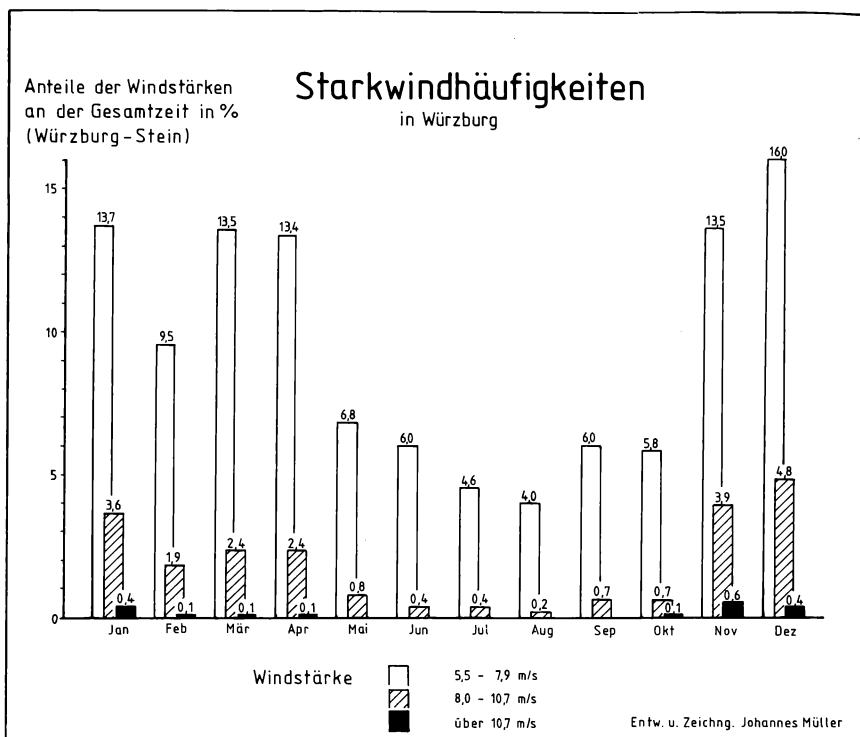


Fig. 13: Monatliche Häufigkeit des Auftretens von Windstärken über 5,5 m/sec und 8 m/sec in % der Gesamtablesezeit an der Station Würzburg (Stein) vom 01.1971 bis 12.1980. Eigener Entwurf; errechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes.

Demgegenüber deutlich abgesetzt zeigen die Sommer- und Herbstmonate (Mai bis Oktober) erheblich geringere Windgeschwindigkeiten. Über 5,5 m/sek herrschen nur während 5 bis 7 % der Zeit, Stärken über 8 m/sek spielen mit unter 1 % kaum eine Rolle.

Die Werte gelten für die Station Würzburg (Stein). Wegen der geschützten Lage am Rande des Tales muß bereits ein gewisser Windschutz im Vergleich zur freien Fläche unterstellt werden. Die Werte können also für die Gäuflächen als noch höher angenommen werden. Der prinzipielle oben beschriebene Jahresgang dürfte aber übereinstimmen.

2.2.6 Gefahrenpotential der Winderosion auf den Mainfränkischen Gäuflächen

Die Auswirkungen des Windes erstrecken sich auf kurzfristige Beschädigung an Pflanzen, auf kleinräumige Umlagerungen und auf die langfristige Bodenschädigung.

Pflanzenschäden

Pflanzen werden vornehmlich durch das Abschmiegeln mit Feinsand, das Freiwehen oder Zudecken geschädigt. Hier sind neben Feinsämereien wie Möhren besonders die auf den Gäuflächen häufig angebauten Zuckerrüben betroffen (Schwerdtfeger, 1982, S. 38). In erster Linie werden die Keimlinge geschädigt, was unter Umständen bis zum völligen Ausfall führen kann. Insgesamt wesentlich bedeutsamer ist jedoch die Bodenerosion.

Erosionsschäden

Bodenverwehungen treten nach Angaben von Eimern (1959, S.735) ab Windstärken von 4 - 5 m/sek. auf. Horning (1967, S.53) bestimmte experimentell für einen Heidepodsol 5 m/sek.

Tabelle 2 schlüsselt näher auf, welche Windstärken nötig sind, um Bodenteilchen bestimmter Größen zu verwehen. Ein Vergleich mit Fig. 13 zeigt, daß während des Winterhalbjahres 15 % des vorkommenden Windes die nötige Stärke erreicht, um sogar Mittelsand zu verlagern. Zwischen 3 und 5 % des Windes ist so stark (über 8 m/sek.), daß er Grobsand (bis 1 mm) fort-

tragen kann und im November und Dezember treten noch höhere Windstärken in immerhin meßbaren Größenordnungen auf (1/2 Prozent der Gesamtzeit). Wie erwähnt, gelten diese Angaben für Würzburg, auf den Hochflächen dürften solche Windstärken noch häufiger vorkommen. So eindrucksvoll diese Zahlen aber auch sein mögen, wichtiger für das Ökosystem sind die schwächeren Winde, die häufiger wehen.

Tabelle 2: Größe bewegbarer, ungeschützter Bodenteilchen und nötige Windstärken. Aus: Schwerdtfeger, 1982, S. 37.

Windstärke (in m/sek.)	Bewegbare Bodenteilchen	
	Durchmesser in mm	Bezeichnung
bis 0,5	bis 0,063	Schluff
bis 1,5	bis 0,1	Feinstsand
bis 5,4	bis 0,25	Feinsand
bis 7,9	bis 0,63	Mittelsand
bis 10,7	bis 1,0	Grobsand
bis 17,1	bis 2,0	Grobsand
bis 20,7	bis 5,0	Feinkies

Bodenschäden

Die genannten sehr starken Winde wehen nur während relativ kurzer Perioden im Jahr. Häufig sind es Böen, die das Bodenmaterial nicht sehr weit weg transportieren können. Demgegenüber wehen schwächere Winde wesentlich gleichmäßiger und länger andauernd. Die in Fig. 13 nicht mehr verzeichneten Winde unter 5,5 m/sek vermögen jedoch immernoch die feinsten Bodenteilchen wie Schluff und Humuspartikel zu verwehen. Wegen ihrer größeren Stetigkeit können sie diese Partikel dann auch über wesentlich weitere Strecken davontragen, sodaß sie den ungeschützten Bereichen auf Dauer verloren gehen.

Gerade das Feinstmaterial ist jedoch der Träger der Bodenfruchtbarkeit, auf dessen Schutz es ankommt. Die Gefahr geht also nicht so sehr von kräftigen, aber seltenen Starkwinden aus, sondern von der *selektiven Ausblasung feinsten Bodenpartikel durch permanente Winde*, auch wenn diese nur relativ schwach wehen. Die Zahlen von Tabelle 2 belegen, daß sie ausrei-

chen, um Schluff und organische Partikel etwa von exponierten Relieftteilen (Kuppen) in windgeschütztere Bereiche zu verwehen. Bei dem geringen Gehalt dieser Teilchen an der Gesamtmasse des Bodens, brauchen solche Umlagerungen noch nicht einmal sichtbare Größenordnungen zu erreichen, um sich bereits bei der Bodenqualität negativ bemerkbar zu machen.

Es muß natürlich betont werden, daß die in Tabelle 2 genannten Werte keinesfalls als Grenzwerte für aktuelle Ausblasungsvorgänge in der Landschaft gelten, da die Erosionsanfälligkeit des Bodens durch eine Reihe von Faktoren vermindert werden kann. Wieviel Boden der Wind letztlich erodiert, hängt davon ab, inwieweit die Bodenpartikel zusammengehalten werden, was allgemein umso eher der Fall ist, je besser die Bodenqualität ist. Neben der mechanischen Lockerung des Bodens durch die Bearbeitung zeigen sich hier Abhängigkeiten zur Bodenfeuchtigkeit, zur Ver kittung der Bodenpartikel durch Humus und Tonminerale sowie zu Bodenbedeckungsgrad und -dauer durch Anbauprodukte.

Im Rahmen der modernen Landwirtschaft werden diese winderosionshemmenden Faktoren allerdings zunehmend vernachlässigt. Die Unkrautbekämpfung vermindert den Bodenbedeckungsgrad erheblich und während langer Brachezeiten liegt die Oberfläche regelmäßig völlig ungeschützt da. Humus- und Tonmineralmangel führen zu geringerer Bodenfeuchte und reduzierten Adhäsionskräften. Folglich gewinnen landschaftsstrukturelle Maßnahmen zur Verminderung der Winderosion an Bedeutung.

2.2.7 Zusammenfassung: Die abiotischen Probleme und ihre Folgen für das Agrarökosystem

Die vorstehend zusammengestellten Daten zeigen deutlich, daß allein schon die abiotischen Partialkomplexe des LandschaftsÖkosystems eng miteinander verknüpft sind und niemals isoliert betrachtet werden dürfen. Die heutigen Probleme ergeben sich aus der Kombination der abiotischen Ausstattung der Landschaft unter den Bedingungen einer intensivierten Bodenbearbeitung und der modernen Fluraufteilung. Obwohl sich an der Ausstattung nichts geändert hat, haben sich die Probleme gegenüber früher wegen der Veränderungen der Anbaumethoden verstärkt.

Die *klimatische* Trockenheit wird überlagert und verstärkt durch eine *edaphische*, also bodenbedingte Trockenheit. Diese ist stark vom Tonmineral- und Humusgehalt abhängig, der wiederum durch Wasser- und Winderosion

entscheidend beeinflußt wird. Andererseits ist auch die Bodenerosion selbst abhängig vom Ton-Humus-Komplex, sodaß für die Bodenqualität von einer **deutlichen wechselseitigen Abhängigkeit (Interdependenz) zwischen Trockenheit und Bodenerosion** auszugehen ist.

Die Folgen der Bodenerosion für die landwirtschaftliche Nutzung machen sich **kurzfristig** durch eine **Verschlechterung der Bodenqualität** bemerkbar, die bereits meßbar ist und zu deutlichen Ertragseinbußen führt (Tabelle 1, Kapitel 4.1.2).

Da der Löß nicht erneuerbar und lokal sehr unterschiedlich mächtig ist, muß bereits **mittelfristig** mit einer **irreversiblen Erosion des Lösses** gerechnet werden. Nachdem der Löß der Träger der hohen Bodenfruchtbarkeit der Gäuflächen ist, bedeutet diese Perspektive eine existenzielle Bedrohung der landwirtschaftlichen Nutzung, zumindest in ihrer heutigen Intensität, aber auch eine massive Veränderung des Naturhaushaltes insgesamt.

2.3 Biotische Ausstattung und Probleme

(Karte 2)



Abb. 3: Die Ausräumung der Landschaft durch weitgehende Beseitigung von Biotopen beeinflusst nicht nur direkt den Artenschutz, die Isolation und die Regenerationsfähigkeit der verbliebenen Kleinstrukturen. Sie führt durch den Ausfall der komplexen Kontroll- und Selbstregulations-Mechanismen auch zu einer sinkenden Stabilität des Agrarökosystems, die dann durch den Menschen mit chemischen Mitteln ersetzt werden muß.

Die im letzten Abschnitt beschriebenen abiotischen Partialkomplexe stellen die Grundlage der biotischen Partialkomplexe dar, die jene allerdings auch selbst wieder beeinflussen. Dieses wechselseitige Beziehungsgefüge führte zur Ausbildung einer charakteristischen Vegetationszusammensetzung, die als *Klimaxvegetation* mit allen Ökofaktoren im dynamischen *Gleichgewicht* stand.

Seit der Neolithischen Revolution, d.h. dem Beginn des Seßhaftwerdens des Menschen und den Anfängen ackerbaulicher Nutzung hat der anthropogene Einfluß auf die Pflanzendecke ständig zugenommen. Mit der fränkischen Landnahme im 6. bis 7. Jahrhundert ist die Vegetation in Mainfranken nur noch als voll anthropogen einzustufen.

Die aktuellen landschaftsökologischen *Probleme* ergeben sich erst durch die Einflußnahme des Menschen, also der *Erweiterung des Ökosystems zum Agrarökosystem*.

Hinsichtlich des Grades anthropogener Beeinflussung bestehen deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Elementen der Vegetation, was erhebliche Konsequenzen für deren Stabilität und damit Anfälligkeit und Pufferfähigkeit bei Störungen von außen mit sich bringt. Elemente höherer Stabilität, wie die Hecken, konzentrieren überproportional viele Funktionen für ihre Umgebung, hier die agrarisch genutzten Flächen, auf sich.

Die biotische Ausstattung der Landschaft muß deshalb hier aus der Perspektive betrachtet werden, welche Defizite im belebten Teil des Ökosystems durch den gegebenen anthropogenen Einfluß entstehen, um später einen möglichen Ausgleich dieser Probleme durch Funktionen von Elementen höherer Stabilität untersuchen zu können.

2.3.1 Grundprinzipien des Agrarökosystems

Agrarökosystem und Stabilität

Nach Zwölfer (1978, S. 39) läßt sich ein ökologisches System (Ökosystem) als "ein Beziehungsgefüge definieren, das über einen bestimmten Zeitraum hin einen bestimmten Grundbestand an Organismenarten ... zu erhalten vermag", was durch drei "entscheidende Kategorien" charakterisiert werden kann:

- Energie-Einspeisung (natürlicherweise praktisch ausschließlich durch die Sonne, in anthropogen beeinflussten Systemen, wie dem Agrarökosystem, in zunehmenden Maße auch durch den Menschen);
- Stoffumsatz als wichtigste Funktion (Produktion als Energiespeicherung, Konsum als Energieverbrauch)
- Information (hauptsächlich in Form von Erbgut; notwendig zur Steuerung der Energie- und Stoffumsatzprozesse).

Ökosysteme lassen sich nach ihrem Organisationsgrad in reife und unreife Systeme untergliedern, worin ein zeitlicher Wachstums- und Reifeprozess zum Ausdruck kommt.

Unreife Systeme etablieren sich in der Natur nach klein- oder größerräumiger Beseitigung von vorherigen Lebensgemeinschaften auf den neu zu besiedelnden Flächen. Das bedingt zunächst eine geringe Artenzahl bei einer hohen Individuenzahl sowie Produktionsüberschüsse, um ein Wachstum zu ermöglichen (a.a.O.).

Über zahlreiche Sukzessionsstadien strebt ein unreifes System normalerweise danach, in ein reifes überzugehen. Dabei steigt allmählich die Artenzahl, während die Individuenzahl pro Art und die Nettoproduktion sinken. Hierdurch werden die Funktionsbeziehungen innerhalb des Systems netzartig erweitert, also immer komplizierter und höher organisiert.

Endstadium ist eine Klimax-Biozönose, die sich mit den Geofaktoren ihrer Umgebung im dynamischen Gleichgewicht befindet, sich nicht mehr weiter entwickelt und ein Maximum an Stabilität aufweist (Watts, 1971, S. 235). Dieses System besitzt einen geschlossenen Stoffkreislauf, Fähigkeit zur Selbstreinigung, zur Remineralisation zur Selbstregulation und zur Regulierung von Massenvermehrungen innerhalb seiner Population.

In Bezug auf Ökosysteme läßt sich folglich ein Zusammenhang herstellen zwischen (Zwölfer, 1978, S. 39):

- *hohem* ökologischem Reifegrad,
- *hoher* System-Stabilität und
- *geringer* Nettoproduktion.

Um einen Produktionsüberschuß zu erzielen, ist der Mensch gezwungen, in diese Sukzession einzugreifen und das System auf einem niedrigeren Niveau zu halten. Der anthropogene Einfluß bringt auf diese Weise zwangsläufig einen Stabilitätsverlust mit sich, was in gesteigerter Störungsanfälligkeit bei verringerter Fähigkeit zur Selbstregulation zum Ausdruck kommt.

Die Mehrzahl der Kleinstrukturen in der Kulturlandschaft, wozu auch die Hecken gehören, stellen ebenfalls ein "vom Menschen geschaffenes unreifes System" dar (Knauer, 1986, S. 12), das durch anthropogene Eingriffe daran gehindert wird, in eine Klimax-Vegetation überzugehen. Da die Eingriffe sich aber auf gelegentliches Beschneiden beschränken, weisen sie einen wesentlich höheren Organisationsgrad auf, als die umgebenden Äcker, deren Vegetation sich im Pionierstadium befindet (Zwölfer et al., 1984, S.13).

Diversität

Stabilität und Organisationsgrad finden ihren Ausdruck im Begriff der Diversität, der die Artenvielfalt einer Biozönose und die Ausgeglichenheit ihrer Populationen angibt. Obwohl man von einer hohen Diversität nicht generell direkt auf eine hohe Stabilität oder umgekehrt schließen kann, stellen Rotter und Kneitz (1977, S. 67) fest, daß der hohe Diversitätsindex im Falle der Hecken im Vergleich zu dem sehr geringen Index der landwirtschaftlichen Monokulturen auf eine erheblich gesteigerte Stabilität dieser Landschaftselemente hinweist.

Diesen Sachverhalt konnte Heusinger (1984, S. 109-111) empirisch an Hecken in Oberfranken, mit ähnlichen ökologischen Bedingungen wie in Unterfranken, bestätigen. Darüberhinaus konnte er einen direkten Zusammenhang zwischen dem Diversitätsindex bei Buschbrütern und der Heckendichte in einem gegebenen Areal feststellen: Je höher die Heckenlänge in Metern pro Hektar ist, desto höher liegt auch der Diversitätsindex der Hecken. Während der Index bei einer Dichte von 20 m Hecken pro ha bei 1,71 lag, erreichte er bei Dichten von über 70 m/ha über 2,1 .

Die hohe Artenvielfalt von Kleinstrukturen bedeutet nicht nur eine hohe Besucherfrequenz, sondern weist auch auf die Eigenständigkeit der Biozönose hin. "Trotz der Beeinflussung durch die benachbarten Biozönosen stellen sie aber nicht nur irgendwelche "Übergangsgebiete" dar, in denen sich die Arten von zwei nebeneinanderliegenden Biozönosen miteinander verzahnen, sondern haben ihre eigenen stabilen Artenkombinationen, die auch Arten aufweisen die in den anderen anliegenden Biozönosen nicht vorkommen" (Rotter und Kneitz 1977, S.56).

Daneben stellt die Artenvielfalt dieser eigenständigen Artenkombinationen ein besonderes Charakteristikum der Ökotone dar. "Sie ist im Verein mit einer hohen Siedlungsdichte verschiedener Arten ein weiteres Kennzeichen der sich an Grenzlinien ausbildenden Biozönosen" (a.a.O.).

2.3.2 Ökotone und Randeffekt (edge-effect)

Saumbiozönosen, oder Ökotone bilden sich an der Grenze zwischen unterschiedlichen Pflanzengesellschaften als Übergang aus. Sie setzen sich zumeist aus Elementen beider angrenzender Gesellschaftstypen zusammen und bieten daher ein Maximum an Expositionsunterschieden, Nahrungsvielfalt, kleinklimatischer Differenzierung, Deckungsmöglichkeiten und ökologischen Nischen mosaikartig zusammengesetzt auf engstem Raum (Schwaabe-Braun u. Wilmanns, 1982, S. 53).

Infolgedessen können sich in Ökotonen mehr Arten und in größerer Abundanz ansiedeln, als in homogen aufgebauten Biozönosen. Diese hohe Vielfalt wird als "Randeffekt" ("edge-effect") bezeichnet (Odum, 1980, S. 246) und hat einen intensiven Austausch mit der Umgebung zur Folge (Rotter und Kneitz, 1977, S. 57). Fig. 14 verdeutlicht den Randffekt anhand der Pflanzenzahlen verschiedener Ökosysteme.

Weil die sehr homogenen Agrarflächen diese Vielfalt nicht bieten können, konzentrieren und summieren sich zahlreiche tierökologische Austausch-Beziehungen an den reiferen, höher organisierten Landschaftselementen, die so in vielfacher Weise eine Art "Relaisfunktion" (Zwölfer, 1982, S. 63) innehaben. Sie stellen also keine isolierten Inseln oder Refugien inmitten einer lebensfeindlichen Umwelt dar. Ihr Beziehungsgefüge strahlt räumlich auf die angrenzenden Gebiete aus, sodaß die stabilisierende Wirkung ihrer hochorganisierten Biozönose flächenhaft wirksam wird.

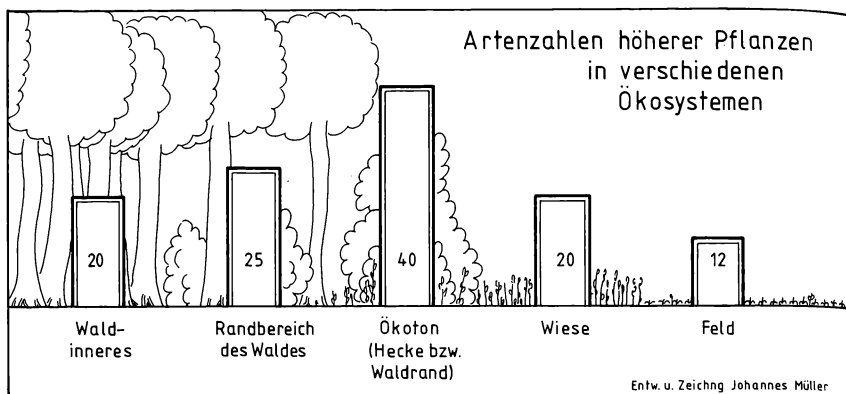
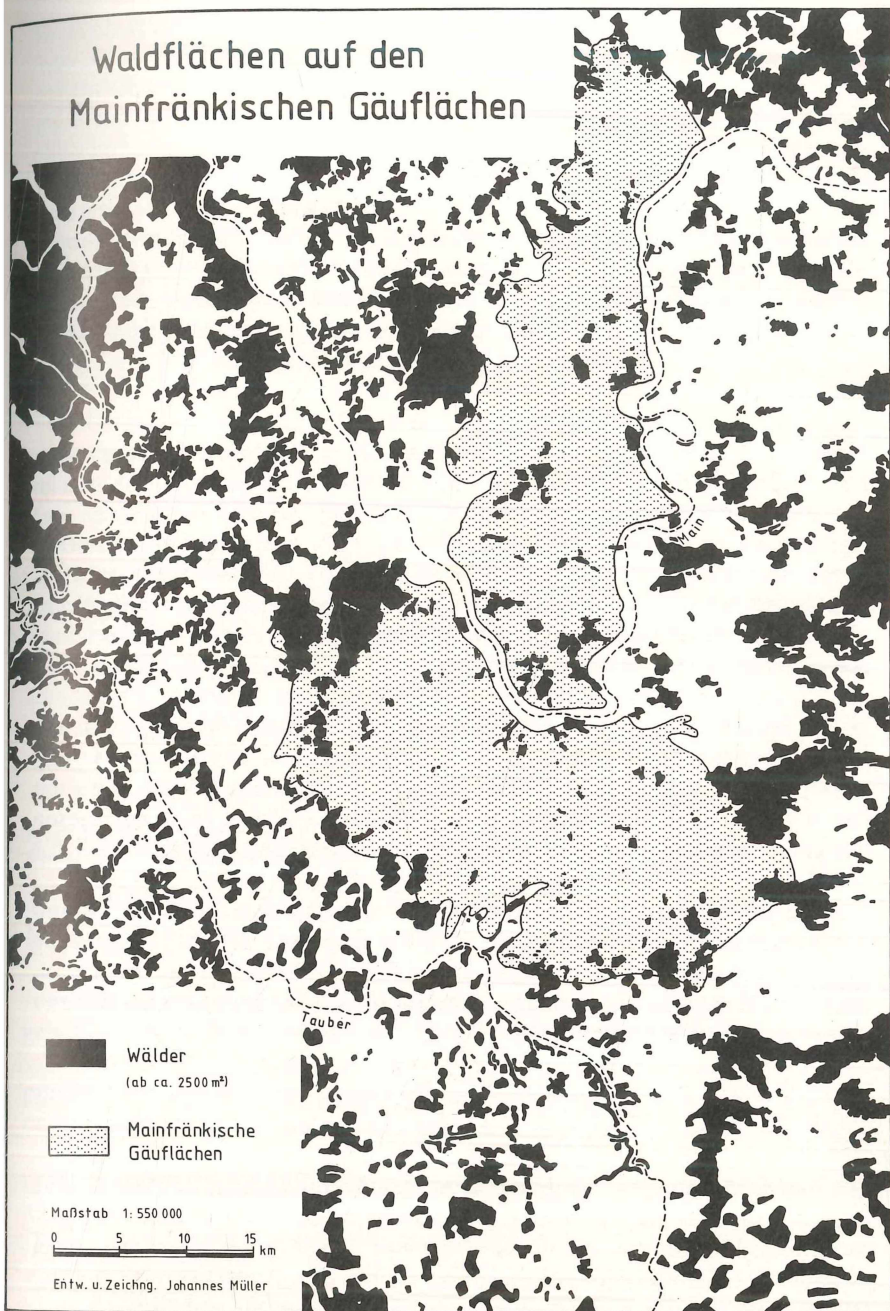


Fig. 14: Randeffect (edge-effect) von Ökotonen demonstriert anhand der Artenzahlen höherer Pflanzen im Vergleich verschiedener Ökosysteme. Eigener Entwurf; Zahlen aus: Scharl, 1978, S. 35. (1 mm Säulenhöhe entspricht 1 Art).

Der Biotopmangel einer Agrarlandschaft kann wirkungsvoll ausgeglichen werden, indem sie netzartig von den stark austauschintensiven Ökotonen durchzogen wird. Trotz ihres geringen Platzbedarfs heben sie das Niveau der Artenvielfalt und der damit zusammenhängenden stabilisierenden Wirkungen in der **gesamten** Landschaft deutlich an. "Hecken und Kleinwäldchen sollten also eine walddarme Kulturlandschaft gleichmäßig durchsetzen, um ihre biologische Gesundheit und damit ihre dauerhafte Produktivität zu sichern. Ein Rezept für jeden Landschaftstyp gibt es dabei nicht" (Haber, 1968, S. 391). Besonders in den letzten Jahrzehnten wurde die Agrarlandschaft jedoch mehr und mehr von Elementen dieser Art ausgeräumt, wofür gerade die intensiv genutzten Mainfränkischen Gäuflächen ein krasses Beispiel geben.

Fig. 15 (folgende Seite): Verbreitung von Waldflächen auf den Mainfränkischen Gäuflächen und angrenzenden Gebieten. Die Gäuflächen zeichnen sich durch extreme Waldarmut aus. Eigener Entwurf nach: Topographische Karte 1: 100 000.

Waldflächen auf den Mainfränkischen Gäuflächen



2.3.3 Ausräumung der Mainfränkischen Gäuflächen

Waldarmut

Die Mainfränkischen Gäuflächen gehören aufgrund der im Abschnitt 2.2 geschilderten abiotischen Ausstattung der Landschaft zu den fruchtbarsten Gebieten Mitteleuropas. Diese Bodengunst ist fast lückenlos gegeben, sodaß das intensiv genutzte Ackerland höchste Flächenanteile erreicht. Während Wälder rund ein Drittel der Gesamtfläche der BRD einnehmen (29,5 %, Umwelt-Bundes-Amt, 1984, S. 109) gehören die Mainfränkischen Gäuflächen zu den waldärmsten Landschaften Mitteleuropas, wie Fig. 15 deutlich zeigt.

Zahlreiche Gemeinden auf den Mainfränkischen Gäuflächen verfügen nur über äußerst geringe Anteile von Wald an ihrer Gesamtfläche, die sich in der Regel über mehrere Gemarkungen erstreckt. So besitzen Segnitz und Giebelstadt 3,6 % Waldanteil, Dettelbach 3,5 % (von 6093 ha Gesamtfläche!), Kleinrinderfeld 3,4 %, Niederwerrn 1,5 %, Gaukönigshofen 1 %, Buchbrunn 0,4 % und Geroldshausen 0,2 %. "Spitzenreiter" ist Unterpleichfeld, das bei einer Gesamtfläche von 866 ha völlig waldfrei ist! (Daten aus: Bay. Landesamt für Statistik, 1986.)

Hinzu kommt noch das weitestgehende Fehlen des als bedingt naturnah einzustufenden Dauergrünlandes. Wegen der einseitigen Orientierung praktisch aller landwirtschaftlichen Betriebe auf Ackerbau, verbunden mit der ohnehin vorherrschenden Trockenheit des Gebietes, nehmen Wiesen nur verschwindend geringe Flächen ein (siehe Karte 2).

Gerade in solchen weitgehend wald- und wiesenfreien Gebieten kommt den Strukturelementen innerhalb der Flur eine stark erhöhte Bedeutung für den Artenschutz und als ökologische Ausgleichsflächen zu. Bei ausreichender Dichte und Vernetzung können sie Dank ihrer Strukturvielfalt diesen Mangel fast völlig ausgleichen.

Biotoparmut

Die vier Gemarkungen des Untersuchungsgebietes Ochsenfurt West (2561 ha) können nicht nur hinsichtlich ihres Waldbestandes, sondern auch Beziehung auf die Biotopausstattung als typisch für die Gäuflächen bezeichnet werden. Da für sie genauere Daten zu den Kleinstrukturen vorliegen (Bayerische Landessiedlung, 1985), werden sie hier als Beispiel genauer

beleuchtet. Im Gebiet existieren nur 27,14 ha Waldflächen, entsprechend 1,06 % , wovon drei Fünftel (0,63 %) auf Forste entfallen, wie aus Karte 2 ersichtlich ist. Die übrigen 19 bei der Kleinstrukturenkartierung als ökologisch wertvoll eingestuften Waldreste mit zusammen knapp 11 ha, entsprechen nur einem halben Prozent (0,43 % !) der Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes (a.a.O.).

Alle Kleinstrukturen, also Uferbegleitvegetation, Gras- und Krautfluren ("Ödland"), Raine, Hecken, Feldgehölze, Einzelbäume und Streuobstflächen, erreichen im Untersuchungsgebiet mit 56,12 ha zwar mehr als die doppelte Fläche des Waldes, machen aber trotzdem nur 2,19 % der Gesamtfläche aus (Bayerische Landessiedlung, 1985). Zusammen mit den Wäldern und Forsten sind sie darüberhinaus räumlich stark auf die Hänge des Thierbachtals konzentriert (vgl. Karte 2). Zudem sind sie sehr belastet und teilweise stark degradiert (z.B. die meisten Raine zu Quecken-Rumpfgesellschaften).

Diese Biotopausstattung kann praktisch für die für gesamten Gäuflächen Mainfrankens, ein zusammenhängendes Gebiet von rund 800 qkm, als repräsentativ gelten. Insgesamt bestehen 96,75 % der Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes aus ökologisch nahezu wertlosen Straßen, Wegen, Siedlungen und Ackerflächen. Was der Begriff "ökologisch wertlos" für eine Landschaft bedeutet, wird im folgenden näher beleuchtet, wobei deutlich wird, daß sich die Folgewirkungen auf mehrere Komplexe erstrecken.

2.3.4 Artenrückgang

Flora

Als Beispiel sei hier zunächst die Situation der Feldflora angeführt, für die genaue Untersuchungen existieren. Fig. 16 zeigt deutlich, daß die Landwirtschaft am Rückgang von nicht weniger als 68 % der gefährdeten Gefäßpflanzen in der BRD ursächlich beteiligt ist (Sukopp, 1980, S. 23). Sukopp nennt hierfür folgende Ursachenkomplexe:

- Intensivierung von Grün- und Ackerland-Nutzung,
- Dorfsanierung (Verstädterung von Dörfern),
- Flurbereinigung und Melioration.

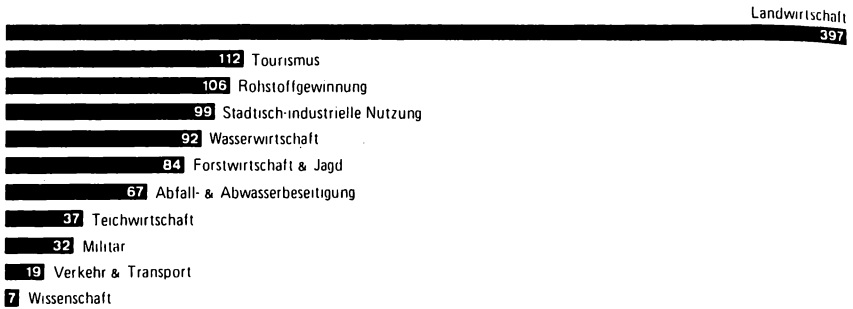


Fig. 16: Verursacher des Artenrückgangs von Pflanzen in der BRD. Aus: Sukopp, 1984, S.11.

Für den Artenrückgang "haben die Struktur- und Standortsverbessernden Maßnahmen in der Landwirtschaft (Flurbereinigung und Melioration im weitesten Sinne) die stärksten Auswirkungen: 58,3 % aller gefährdeten Arten sind davon betroffen"; hier liegt "der Schwerpunkt der Artengefährdung" (a.a.O., S. 25-26).

Fig. 17 schlüsselt die Gründe dafür weiter auf. Im Bereich Flurbereinigung und Melioration lassen sich folgende Ursachenkomplexe anführen:

- Entwässerung (Drainage),
- Aufgeben der Nutzung von extensiv bewirtschafteten Flächen,
- Umwandlung von Extensivgrünland in Intensivgrünland oder Ackerflächen,
- Beseitigung von Ökotonen und anthropogenen Sonderstandorten (Sukopp, 1984, S. 26).

Neben der Entwässerung, die für die Gefährdung von 30 % der Arten verantwortlich ist, spielt hierfür vor allem der letzte Punkt mit 36 % die entscheidende Rolle und "steht an der Spitze der Einzelursachen" (Sukopp, 1984, S. 26). In den Bereich der anthropogenen Sonderstandorte gehören Steinriedel, isolierte Baumgruppen, Terrassenböschungen, kleine Naßflächen und Trockenrasen. Die Beseitigung von Ökotonen betrifft in erster Linie Hecken, daneben Ackerraine durch die Entmischung der einzelnen Nutzungen und die immer schärfer werdenden Grenzen dazwischen.

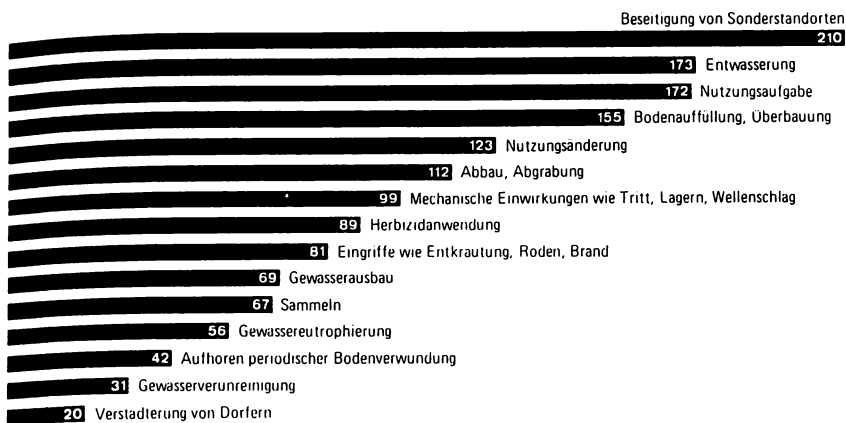


Fig. 17: Ursachen des Artenrückgangs nach der Zahl der betroffenen Pflanzenarten der Roten Liste in der BRD. Infolge Mehrfachnennung liegt die Gesamtzahl höher, als die Zahl der gefährdeten Arten (= 581). Aus: Sukopp, 1984, S.11.

Betroffen sind davon vor allem die Pflanzengruppen der **Ruderalarten** (nitrophile Kulturfolger) und **Segetalarten** (Ackerwildkräuter, häufig mesophil), die sich durch anthropogene Förderung auszeichnen und auf entsprechende Standorte und Umwelt-Bedingungen angewiesen sind.

Fauna

Die Pflanzengesellschaften der Hecken stellen Biotope für ganz charakteristische Faunengemeinschaften zur Verfügung. Die Artenzahlen in Ökotonen sind wegen der Vielseitigkeit der bereitgestellten Umweltbedingungen erheblich höher als die der Felder, was die Bedeutung für die Artenvielfalt der gesamten Landschaft unterstreicht (Sukopp, 1984, S. 70). Ein Teil der Heckenbewohner sind eigentlich Waldarten, die in der offenen Feldflur keine lange Überlebenschance haben. Die Ausräumung der Landschaft bedroht diese Arten zwar nicht allgemein mit dem Aussterben, da sie eben in Wälder ausweichen können, jedoch entzieht sie ihnen die Lebensgrundlage im ackerbaulich genutzten Umfeld und führt zu dessen weitgehender faunistischer Verarmung. Auf den Feldern können nur wenige Nahrungsspezialisten überleben, die dann in großer Individuenzahl auftreten.

Für bestimmte Tiergruppen bedeutet die Ausräumung der Flur sogar eine

direkte Gefährdung ihrer Existenz. Hierher gehören neben einigen typischen "Hecken"-Vogelarten (wie Neuntöter, Dorngrasmücke) vor allem Lurche (Kröten, Salamander) und Reptilien (Eidechsen, Schlangen), von denen 58 % bzw. 75 % als "gefährdet" bis "vom Aussterben bedroht" eingestuft werden müssen (Umwelt Bundes Amt, 1984, S. 67; vgl. Fig. 18). Diese Arten sind meist auf die trockenwarmen Standorte gerade der süddeutschen Hecken spezialisiert und finden anderswo kaum Ausweichbiotope.

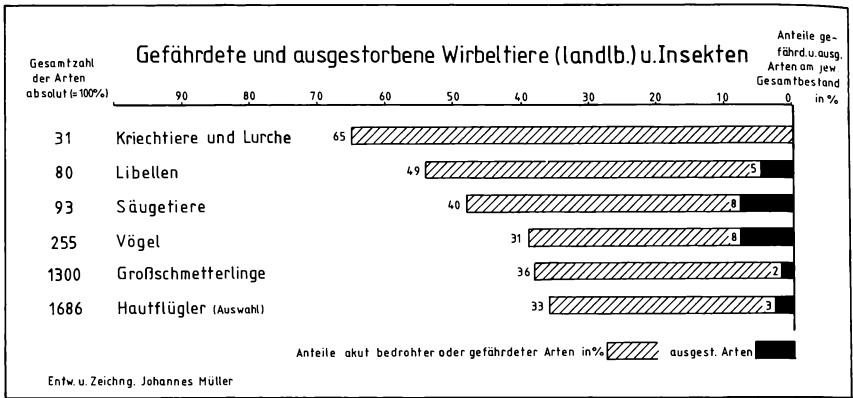


Fig. 18: Zahl der nach der roten Liste verschollenen und gefährdeten Tiere. Deutlich wird die besondere Gefährdung typischer Heckenbewohner wie Kriechtiere, Lurche, Großschmetterlinge. Eigener Entwurf. Daten aus: Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, 1985, S.42-43.

Eine direkte Folge des Artenrückgangs ist der Ausfall natürlicher Regulationsmechanismen in der Agrarlandschaft. Diese müssen durch anthropogene Eingriffe ersetzt werden, was in erster Linie mit chemischen Mitteln praktiziert wird.

2.3.5 Zunahme des Insektizideinsatzes

Fig. 19 zeigt den Anstieg des Insektizideinsatzes in der Landwirtschaft zwischen 1974 und 1981. Deutlich geht daraus hervor, daß der Anteil der Herbizide am Pestizideinsatz mit Abstand am größten ist. Er läßt sich durch Hecken kaum beeinflussen (weder positiv noch negativ). Eine Steigerung

der Feuchtigkeit im Bereich von Hecken kann in klimatisch feuchten Gebieten unter Umständen zu einer gewissen Zunahme des Pilzbefalls und zu höherem Fungizideinsatz führen, was sich allerdings bei Verzicht auf bestimmte Wirtspflanzen eindämmen ließe und in Trockengebieten keine allzugroßen Probleme verursacht.

Im Gegensatz zu beiden genannten Wirkstoffgruppen werden mit 8,2 % der Pestizide mengenmäßig nur relativ wenige Insektizide ausgebracht. Ihre qualitative Bedeutung liegt jedoch weit höher, da Insektizide die bei weitem gefährlichste Wirkstoffgruppe darstellen und die nachhaltigsten Schädigungen des Ökosystems verursachen. Ein Großteil der eingesetzten Mittel wirkt nicht spezifisch, sondern sehr breit, und schädigt neben der Zielgruppe ungewollt zahlreiche weitere Tiergruppen. Insektizide bauen sich wesentlich langsamer ab, als alle anderen Pestizide weshalb auch die Probleme der Trinkwasserverunreinigung fast ausschließlich auf diese Wirkstoffgruppe zurückzuführen sind. Wegen ihrer Bedeutung für selbstregulative Kontrollmechanismen der Schädlinge läßt sich durch Hecken speziell der gefährliche Insektizideinsatz reduzieren.

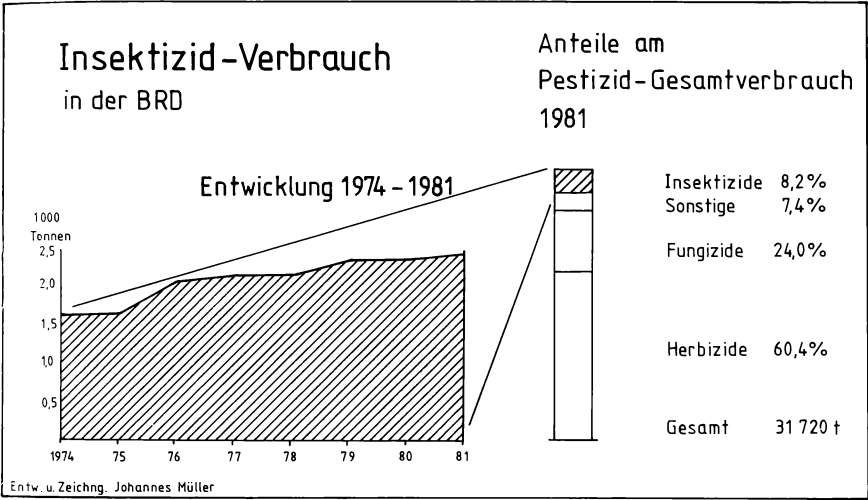


Fig. 19: Verbrauch von Insektiziden und ihr Anteil am Pestizidverbrauch in der BRD. Eigener Entwurf. Daten aus: Umwelt Bundes Amt, 1984, S.103.

Zunächst kann speziell durch den Insektizideinsatz der Ernteertrag vor allem stabilisiert und risikoärmer gestaltet werden. Andererseits ergaben sich mit zunehmender Anwendung auch neue, vorher nicht gekannte Probleme für das Ökosystem:

- Das völlige Ausmerzen eines Schädlings ist unmöglich. In der Regel liegt die Wirksamkeit eines Insektizids bei nur etwa 90 % (Franz und Krieg, 1976, S. 27).
- Mit der Vernichtung eines Schädlings durch Insektizide werden fast immer auch Nützlingspopulationen geschädigt (eingeschränkt gilt das auch beim Herbizideinsatz). Besonders gefährdet sind die wichtige Boden fauna und die Bienen. Vor allem werden häufig die direkten Feinde des bekämpften Schädlings mit beseitigt, sodaß dessen anschließender Wiedervermehrung nichts mehr im Wege steht (a.a.O., S. 25-26). "Bei einer Untersuchung eines Bohnenfeldes nach einer Blattlausbekämpfung mit dem endosulfanhaltigen Insektizid THIODAN 35 sowie auf kleineren Flächen mit NEXIT-stark und METASYSTOX wurden -hochgerechnet auf 8 ha Fläche- 51 000 tote Marienkäfer, 120 000 tote Carabiden sowie 95 000 tote Kurzflügelkäfer -alles Blattlausfeinde- gezählt" (Mader, 1984, S.7).
- "Wiederholt konnte beobachtet werden, daß eine Insektizidanwendung die Nützlinge derart dezimierte, daß die Schädlinge danach zur Massenvermehrung gelangten" (Zwölfer et al., 1984, S. 17).
- Resistenzen. "Heute kennen wir weder eine wichtige Schädlingsfamilie noch eine bereits länger eingesetzte Wirkstoffgruppe, bei der es noch nicht zur Herausbildung resistenter Stämme gekommen ist" (Franz und Krieg, 1976, S. 25). Zwischen 1973 und 1983 nahm die Zahl der resistenten Schadinsekten um 60 % auf 364 Arten zu (Hintermeier, 1983, S. 237).

Diese Zusammenstellung zeigt, daß der Insektizideinsatz im Prinzip auf eine Abhängigkeit und eine Spirale immer neuer Anwendungen mit immer höheren Dosen hinausläuft. Diese Entwicklung kann jedoch so nicht weiter funktionieren:

- Der Kostenfaktor aber auch gesetzliche Verbote setzen dem ungehemmten Einsatz von Chemikalien eine obere Grenze, sodaß zumindest teilweise auch in Zukunft auf eine natürliche Schädlingsbekämpfung zurückgegriffen werden muß (Franz und Krieg, 1976, S. 25).
- Wirtschaftliche Schadensschwellen, die die Nebenwirkungen mitberück-

sichtigen, existieren für die meisten chemischen Mittel noch gar nicht (a.a.O., S. 186).

- Inzwischen zeigen sich bereits Belastungen der Bevölkerung, die sich direkt auf den Einsatz von Insektiziden in der Landwirtschaft zurückführen lassen. Von den zwischen 1958 bis 1983 ausgebrachten 1,5 Millionen Tonnen DDT sind heute noch 75 % unverändert erhalten (Hintermeier, 1983, S. 237).

Da sich der integrierte Pflanzenschutz auf die Förderung von Nützlingen (Säuger, Vögel und vor allem Insekten) stützt, benötigt er zwangsläufig Biotope für diese Tiere. Aufgrund ihrer Saumstruktur und des hohen Austauschvermögens mit der Umgebung eignen sich Ökotope hierfür besonders gut. Die Wirksamkeit hängt jedoch ab von

- einer gleichmäßigen Verteilung in der Flur, die sich an den Ansprüchen der gewünschten Fauna orientieren muß; und
- dem Grad ihrer Isolation und damit vom Grad der Fähigkeit, eine gesunde Population und ein volles Artenspektrum aufrecht zu erhalten.

2.3.6 Verinselung

Durch die zunehmende Zerschneidung der Landschaft mit Verkehrswegen einerseits sowie die Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung hat sich nicht nur die Zahl der naturnahen Biotope verringert, sondern auch die Isolation der übriggebliebenen gerade in den letzten Jahrzehnten deutlich verstärkt, was ebenfalls aus Karte 2 hervorgeht:

- Die Zahl und Fläche naturnaher Landschaftsbestandteile wird immer geringer.
- Die Entfernungen zwischen diesen Gebieten nehmen zu.
- Die Zwischenräume werden immer lebensfeindlicher bzw. gefährlicher zu durchmessen (Barriere-Effekt).

Der Barriere-Effekt ist in seiner einschneidenden Bedeutung für die Austauschprozesse innerhalb der Landschaft nicht zu unterschätzen. Bereits sehr schmale Fremdhabitate können eine eminente Barriere-Wirkung

für kleinere Lebewesen aufbauen. Beispielsweise bedeutet ein nur 500m breites Getreidefeld zwischen zwei Wäldern ein praktisch unüberwindliches Hindernis für die meisten Laufkäferarten dieses Biotoptyps. Ein einem größeren Wald in dieser geringen Entfernung vorgelagertes Feldgehölz wies eine diesbezüglich bereits stark verarmte Fauna auf (Mühlenberg, 1984, S.34).

Selbst verkehrsarme Nebenstraßen oder betonierte Wirtschaftswege bedeuten für viele Arthropoden (Gliederfüßer) und sogar Kleinsäuger unüberwindliche Hindernisse (Mader, 1980, S.93).

2.3.7 Beeinträchtigung der Regenerationsfähigkeit naturnaher Landschaftselemente

Wenn die Austauschprozesse eingeschränkt werden, so kommen die betreffenden Biotope auch in der Kulturlandschaft der Situation von Meeresinseln immer näher. Nachdem sich jedoch ihre Biozönosen unter den Bedingungen eines intensiven Austausches gebildet haben, bedeutet dies eine Einschränkung ihrer Lebensfähigkeit und führt zu einem Artenrückgang. Insbesondere macht sich bei zunehmender Isolierung das Problem der Verkleinerung der Biotopflächen umso schärfer bemerkbar, da sie selten in der Lage sind, alle notwendigen Lebensraumansprüche ihrer sämtlichen Arten zu befriedigen (Minimalareal, Standortwechsel). An negativen Folgen der Verinselung wären zu nennen (Sukopp, 1984, S.12-13):

- Der Pestizid- und Düngemitelesatz auf den Agrarflächen beeinflussen die angrenzenden Biotope zum Teil erheblich, weshalb für die Fauna Ausweichmöglichkeiten nötig sind.
- Populationsschwankungen können in eng umgrenzten Gebieten schnell zum Erlöschen einer Art führen. Sie können natürliche Ursachen haben, werden aber gerade in der intensiv genutzten Agrarlandschaft häufig durch den Pestizideinsatz direkt oder infolge Verdriftung verursacht.
- Kleine Populationen (in der eng gekammerten Kulturlandschaft die Regel) sind auf die Dauer allein nicht überlebensfähig, da durch Inzucht Degenerationserscheinungen auftreten.
- Mit einer zu geringen Individuendichte sinkt die Wahrscheinlichkeit, einen Partner zur Fortpflanzung zu finden und damit die Geburtenrate.

Die Beeinflussung des Gesamtartenspektrums bedroht besonders die Funktionsfähigkeit wirksamer, für den Menschen nützlicher Vertilgerkomplexe. Nach Zwölfer (1984, S.19) wirkt sich ein zunehmender Isolationsgrad einer Hecke auf die meist spezialisierten pflanzenfressenden Insekten (Phytophage) nicht negativ, teilweise sogar förderlich aus. "Selbst bei sehr hohem Isolationsgrad des Wirts (500 m Distanz zum Nachbarstrauch) ist der Großteil der untersuchten Phytophagen nachweisbar" Dieser Effekt läßt sich mit der Schwächung des Vertilgerkomplexes durch die Isolation erklären, da die fleischfressenden Insekten (Entomphage) in der Regel höhere Lebensansprüche stellen und z.B. zumeist auf Wirtswechsel angewiesen sind, was bis zum völligen Ausfall dieser Nützlinge führen kann. "Ein steigender Isolationsgrad schwächt das Ökologische Abpufferungsvermögen von Entomphagen gegenüber ihren phytophagen Wirten ab" (a.a.O.).

2.3.8 Zusammenfassung: Die biotischen Probleme und ihre Folgen für das Agrarökosystem

Insgesamt kann festgestellt werden, daß durch die Intensivierung, Technisierung und Vereinheitlichung der Anbausysteme die biotischen Probleme im Agrarökosystem stark zugenommen haben, während gleichzeitig eine Ausräumung von Strukturelementen aus der Landschaft stattfand. Die Folgen dieser Entwicklung lassen sich in vier Kausalbereichen zusammenfassen:

- **Artenrückgang:** Die Vielfalt an Biotopen sinkt, damit verringern sich zunächst die Lebensmöglichkeiten für immer mehr Arten an sich. Folge davon ist jedoch auch der Ausfall der ökologischen Funktionen dieser Arten.
- **Pestizideinsatz:** Diese Funktionen müssen dann durch künstliche Eingriffe des Menschen ersetzt werden, die, wie z.B. der Pestizideinsatz, häufig von negativen Nebenwirkungen begleitet werden. Diese schädigen in der Regel sowohl den Menschen selbst (Pestizidrückstände in Nahrungsmitteln, Beeinträchtigung des Grundwassers), als auch das landschaftliche Ökosystem noch weiter.
- **Verinselung:** Die verbleibenden Biotope werden immer stärker voneinander isoliert, was einen negativen Rückkoppelungseffekt auf die oben genannten Folgen der Ausräumung hat, diese in ihrer Schwere also noch weiter verstärkt.

- **Beeinträchtigung der Regenerationsfähigkeit:** Gleichzeitig werden die natürlichen Puffer- und Regenerations-Mechanismen, die jede Biozönose besitzt, durch die Verinselung zunehmend geschwächt. Verbleibende Biotope werden also nicht nur von außen beeinträchtigt, sondern können diese Belastungen aus eigener Kraft immer weniger ausgleichen.

Diese Zusammenhänge machen deutlich, daß es sich hier um **eng vernetzte Wirkungskomplexe** handelt, die nicht isoliert gesehen werden dürfen. Dabei steht nicht nur der ethisch motivierte Artenschutz auf dem Spiel, sondern die **interne Lebensfähigkeit des Ökosystems**, das als Agrarökosystem schließlich auch Nutzpflanzen produzieren soll.

Die Bedeutung einer wirksamen Vernetzung von Kulturlandschafts-Biotopen mit geeigneten Strukturelementen steht damit außer Frage. "In der Einsicht, daß diesen kleinflächigen Lebensräumen die Funktion von Trittsteinen, Refugien und Migrationsleitlinien zum Abbau der noch immer zunehmenden Isolationswirkung der intensiv genutzten Flächen zukommt, kann der gleichzeitige Schutz und die künstliche Einrichtung kleiner, nutzungsarmer Lebensräume nicht deutlich genug begrüßt werden" (Mader, 1984, S.10). "Vordringliches Ziel in der Landschaftsplanung sollte es sein, die Wiederbesiedlung für die Arten zu erleichtern, damit die lokal aussterbenden Populationen immer wieder ersetzt werden können. Konkrete Maßnahmen wären Häufungen gleicher Biotope mit geringen Distanzen und Vernetzungen von Lebensräumen durch Korridore oder entsprechende linienförmige Strukturen" (Mühlenberg, 1984, S.36).

2.4 Anthropogene Ausstattung und ästhetische Probleme (Karte 3)



Abb. 4: Die Beseitigung des charakteristischen, historisch gewachsenen, Strukturmusters der Gestaltelemente in der Landschaft bei gleichzeitiger Vereinheitlichung der Nutzungen führt zu einer weitgehenden **Monotonisierung des Landschaftsbildes**. Infolge der dadurch bedingten Entfremdung der Menschen von ihrer Umgebung droht sie nur noch aus ökonomischer Perspektive als Produktionslandschaft angesehen zu werden, **ohne eine Motivation zu ökologisch verträglichem Handeln** zu bieten. (Foto: Voll mechanisierte Zuckerrübenenernte im Ochsenfurter Gau mit schweren Maschinen und Abtransport per LKW.)

Die bisher behandelten abiotischen und biotischen Partialkomplexe des Ökosystems bestimmen in ihrer Gemeinsamkeit die Umweltbedingungen der *Naturlandschaft*. Da diese jedoch in weitesten Bereichen Europas längst nicht mehr existiert, ist es nur zu berechtigt, die Tätigkeit des Menschen nicht nur als Einflußfaktor im Agrarökosystem, sondern als eigenständigen Beitrag zur Ausstattung der Umwelt anzusehen. Diese muß somit als *Kulturlandschaft* mit starkem anthropogenem Einfluß betrachtet werden, der sich auch auf die *imaterielle, ästhetische Ebene* ausdehnt.

Eine Kulturlandschaft ist der Ausdruck einer jahrhundertelangen Auseinandersetzung des Menschen mit den natürlichen Gegebenheiten unter dem Einfluß von ökonomischen Zielen, ökologischer Anpassung und sozio-kulturellen Verhältnissen. Dieser sich dauernd dynamisch verändernde Prozeß führte zur Herausbildung relativ eng umgrenzter, charakteristischer Struktur- und Nutzungsmuster in der Landschaft, zu deren auffälligsten die diversen Gestaltelemente gehören.

Neben die abiotische und biotische Ausstattung der Landschaft, die bei der Funktionsanalyse von Hecken zu beachten ist, tritt daher als *anthropogene* Ausstattung das *historisch gewachsene Strukturmuster* der Heckenstandorte und sein Wechsel in der Landschaft.

Neben der großräumigen Charakterisierung von Hecken-Landschaftstypen (chorologische Dimension) als Ausdruck landschaftlicher Eigenart ist für die vorliegende Fragestellung besonders interessant, welche kleinräumigen Unterschiede sich innerhalb der Flur herausbildeten (topologische Dimension) und ob es dabei Bezüge zu ökologischen Gegebenheiten gibt.

Im Rahmen einer Betrachtung der gesamten *Kulturlandschaft* als gewachsene Einheit treten die landschaftshistorischen Heckenstrukturen als Ausdruck der *anthropogenen Ausstattung gleichberechtigt* neben die abiotische und biotische Ausstattung.

Dies sollte bei jeder Landschaftsplanung und -veränderung beachtet werden, um zwei Zielrichtungen zu verfolgen. Im Zusammenhang mit den ökologischen Defiziten, ist es wichtig zu untersuchen, inwieweit die historisch gewachsenen Strukturen als Ausdruck einer ökologischen Anpassung zu bewerten und daher als Ausgangsbasis für aktuelle Planungen zu nutzen sind. Die bestehenden ästhetischen Defizite gerade intensiv genutzter, ausgeräumter Landschaften rechtfertigen allerdings auch die rein landschaftsästhetische Perspektive.

2.4.1 Entstehung und Abgrenzung der Hecken-Landschaftstypen

C. Troll wies auf die Eigenständigkeit der Hecken im "Gebiet der kontinentalen Steppenheide und der Trockenrasen" hin und stellt diesen "Hecken-Landschaftstyp" den "Grünland-Heckenlandschaften" (Troll, 1951a, S.153) gegenüber, worunter er die ozeanisch geprägten Gebiete Norddeutschlands und Westeuropas sowie der montanen Gebiete der Mittelgebirge und der Alpen zusammenfaßte.

Diese beiden Haupt-Heckentypen unterscheiden sich nicht nur hinsichtlich ihrer Entstehung, sondern auch in Bezug auf ihre landwirtschaftlich-betriebswirtschaftliche Funktion, floristisch und in ihrer ökologischen Bedeutung.

Die Grünlandhecken wurden in der Regel planmäßig gepflanzt. In Schleswig-Holstein beispielsweise wurden die ersten Hecken vor etwa 300 Jahren angelegt, zunächst als Umfriedung des Ackerlandes, um das Vieh auszuschließen. Vor 150-200 Jahren wurde das Land zunehmend "verkoppelt", d.h. die Weiden wurden aufgeteilt und das Vieh mit lebenden Zäunen eingeschlossen (Hartke, 1951, S. 141). Dies war die Folge einer zunehmenden Vergrünlandung, die im Zusammenhang mit der Entwicklung des Verkehrswesens und dem Übergang von der autarken bäuerlichen Wirtschaftsweise zu einer marktwirtschaftlich orientierten zu sehen ist (Troll, 1951, S. 152).

In der Funktion mit den maritimen vergleichbar sind die montanen Grünlandhecken in den Mittelgebirgen und den Alpen, wo sich ebenfalls spezielle, den örtlichen Gegebenheiten angepaßte Wirtschaftsweisen in der Heckenlandschaft niederschlagen. Ein Beispiel sind die auch floristisch sehr eigenständigen Baumhecken des Alpenvorlandes im Bereich der Egarten-Landschaft. Neben der Abgrenzungsfunktion spielt hier auch die Viehfuttergewinnung eine Rolle (Schneider, 1982, S.29).

Dieser planmäßigen Anlage steht die spontane Entstehung der Gäuland-Hecken gegenüber. Auf Lesesteinwällen und Hangterrassen sich ansiedelnde Pflanzen wurden geduldet, sodaß sich seit Beginn des Ackerbaus charakteristische Hecken-Assoziationen bilden konnten. Das Alter dieses Heckentyps muß also viel höher angesetzt werden (Schulze, et al., 1984, S.9).

Die künstliche Anlage in Norddeutschland kommt insbesondere in der Form der Wallhecke zum Ausdruck. Wegen der hohen Feuchtigkeit wurden

jeweils zwei parallele Gräben gezogen und in der Mitte als Wall aufgeschüttet, worin sich die genaue Beachtung örtlicher Gegenbenheiten zeigt. Auf diesen Wall setzte man die Pflanzen, die mitsamt ihrem Wurzelballen und der daran hängenden Krautflora und Bodenfauna aus dem Wald geholt wurden, weshalb das Artenspektrum mit dem des Waldes weitgehend übereinstimmt (Weber, 1982, S.9). Auf den Lesesteinwällen und Hangterrassen der Gäulandschaften herrschen dagegen besonders trocken-warme Verhältnisse. Die spontane Besiedlung ohne anthropogene Steuerung bevorzugte Pionierarten.

Vor allem aber unterscheiden sich beide Typen hinsichtlich ihrer geoökologischen Funktion und Bedeutung. Während in den maritimen Bereichen der Windschutz, auch für Weidetiere, im Vordergrund steht, stellt in den Gäulandschaften vor allem die Wassererosion das Hauptproblem dar. Außerdem muß man der Funktion als Biotop in einer ackerbaulich genutzten Umgebung wesentlich mehr Bedeutung beimessen, als im Bereich des naturnahen Grünlandes. Der feuchtigkeitsfördernde Einfluß muß klimaabhängig unterschiedlich bewertet werden.

2.4.2 Historische Nutzung und Bedeutungswandel von Hecken

Nachdem die Hecken auf den süddeutschen Gäuflächen nicht anthropogen angelegt sind, wurden sie primär dort geduldet, wo eine anderweitige Nutzung schlecht möglich war. In der früheren arbeitsintensiven und auf Subsistenzproduktion ausgerichteten bäuerlichen Landwirtschaft konnten die Hecken mit genutzt werden, sodaß die so bestockten Flurteile ebenfalls produktiv wurden.

Im Vordergrund stand die Holzproduktion für Wagner- und Werkholz, Flechtwerk (Ruten und Zweige) und wohl vor allem als Feuerholz. Hierdurch ergab sich auch die niederwaldartige Pflegeform. Wildobst, Beeren und Nüsse konnten hier gut gedeihen und in Hofnähe angebaut werden. Teilweise spielte wohl auch die Laubheugewinnung eine Rolle (Scharl, 1978, S. 31). Diese direkte ökonomische Nutzung ist heute völlig verlorengegangen.

Teilweise kann man auch schon bei der Entstehung der Hecken ökologische Zusammenhänge erkennen, wenn diese beispielsweise hauptsächlich auf Hangterrassen wuchsen. Zwar wird man den mittelalterlichen Bauern kaum

ökologisch motiviertes Handeln und Erkennen von Systemzusammenhängen unterstellen können, jedoch ist anzunehmen, daß sich die charakteristische Standortverteilung auch nicht aus bloßem Zufall entwickelte. Schwer nachvollziehbar ist jedoch die Aussage, daß "trotz aller Bemühungen der Bauern, sich ihrer zu erwehren," eine Hecke aufkommt (Kuhn, 1953, S.17). Die Beseitigung einer Hecke dürfte einem Bauern noch nie schwer gefallen sein (durch Feuer beispielsweise). Der landwirtschaftlich tätige Mensch besaß damals wohl noch eine wesentlich direktere und unmittelbare Beziehung zur Natur und fühlte positive und negative Folgen seines Handelns vermutlich mehr intuitiv. Ein Zusammenhang zwischen der Unterteilung der Hänge und der Verminderung des Bodenabtrags bzw. Verbesserung der Ernten kann durchaus schon damals bekannt gewesen sein, sonst hätte man wohl kaum den hohen Aufwand einer teilweisen Mauerung von Terrassen betrieben. Man kann annehmen, daß Hecken beispielsweise auf rutschungsgefährdeten Stufenrainen als eine erheblich weniger aufwendige und wartungsärmere Möglichkeit der Terrassierung bewußt geduldet und gefördert wurden. Die zusätzlichen Nutzungsmöglichkeiten der Hecken wie Beerenlese und Holzgewinnung mögen diesen Prozeß begünstigt haben.

In manchen Fällen gewinnen aber auch bestimmte Funktionen aufgrund des allgemeinen Wandels in der Bewirtschaftungsweise an Bedeutung. Hier wäre ebenfalls die Erosion zu nennen, die sich infolge der Vergrößerung der Schläge, Veränderung der Pflugtechnik und vor allem der Mechanisierung erheblich verstärkte, sodaß auch Maßnahmen zum Bodenschutz stark an Bedeutung gewinnen. Auch die Funktion der Hecken als Biotop, wiewohl seit ihrer Existenz bestehend, hat durch die generelle Strukturverarmung der Landschaft entscheidend an Wichtigkeit zugenommen.

Zusätzlich erkennt man die Bedeutung von Hecken auch in Bereichen, die vordem keine Rolle spielten, wie beispielsweise beim integrierten Pflanzenschutz oder der Landschaftsästhetik und planmäßigen Landschaftsgestaltung. Außerdem wird die Landschaft inzwischen mehr und mehr aus dem Blickwinkel des ökologischen Gesamtzusammenhangs betrachtet unter Einbeziehung auch indirekter Wechselbeziehungen und den Interdependenzen zwischen einzelnen Funktionen.

Es ist daher sinnvoll, wenn man heute die Entwicklung einer Kulturlandschaft auf eventuelle ökologische Zusammenhänge hin überprüft und Strukturen, die sich als günstig erwiesen haben, weiterverwendet oder wiederherstellt.

2.4.3 Historisch gewachsenes Strukturmuster der Heckenstandorte auf den Gäuflächen Mainfrankens

Will man Hecken in einer Landschaft neu anlegen, so erscheint es am sinnvollsten, sich zunächst an historische gewachsenen Strukturen so weit wie möglich zu orientieren, um das gewachsene Landschaftsbild zu bewahren. In jedem Fall muß aber überprüft werden, in wieweit sich das mit der eigentlichen Zielsetzung, einer Verminderung von Landschaftsschäden, vereinbaren läßt. Oft stellt man hier überraschende Übereinstimmungen fest.

Ein integraler Bestandteil einer Konzeption zur Neuanlage von Hecken muß demzufolge die Analyse des historischen Verteilungsmusters der Hecken sein. Im Vordergrund steht dabei die Untersuchung etwaiger damaliger ökologischer Funktionen.

Quellenlage

Die extrem zersplitterten agrarischen Gunsträume der Gäuflächen wurden bereits zu Beginn der umfassenden Flubereinigungsmaßnahmen in den 1930er Jahren bearbeitet, wie in Tabelle 3 für die Gemarkungen des Untersuchungsgebietes aufgeschlüsselt ist.

Tabelle 3: Rechtlicher Abschluß der Erst-Flurbereinigungen im Untersuchungsgebiet. Flurneuordnung und Zuteilung erfolgte ca. 5 Jahre zuvor. Quelle: Hr.Haas, Flurb. Dir. Würzburg, frdl. mdl. Mitt.).

Gemarkung	Abschlußjahr
Eichelsee	1923
Wolkshausen	1938
Rittershausen	1938
Gaukönighofen	1940

Damals wurde die Flurneuordnung wirklich als "Bereinigung" aufgefaßt. Der Mangel an Kenntnissen über ökologische Zusammenhänge des Landschaftshaushalts zeigt sich deutlich an der Anlage des systematisch rechtwinkligen Wegenetzes, das keinerlei Konzession an historische oder ökologische Sachverhalte macht. Oft verlaufen die neuen Wege schnurgerade nur wenige Meter neben alten, lediglich leicht gekrümmten Trassen.

Häufig induziert die neue Aufteilung Pflügen senkrecht zum Hang. Teilweise erfolgte diese Einteilung sogar mit Absicht, um jedem Landwirt die verschiedenen Bodenqualitäten eines Hanges zuzuteilen. Das verdeutlicht allerdings nur, daß die Erosion schon damals Ertragsunterschiede hervorrief.

Für eine Analyse des historisch gewachsenen Strukturmusters der Hecken muß man folglich auf Unterlagen über die Fluraufteilung vor den Erstbereinigungen zurückgreifen. Die ersten Luftbilder aus diesem Raum stammen aus der Zeit nach diesen Bereinigungen, zeigen also bereits das heutige Bild der Flur.

Leider stehen großmaßstäbliche Karten, die Hecken gesondert verzeichnen, aus der Zeit vor der ersten Flurbereinigung des Raumes ebenfalls nicht zur Verfügung. Die Topographische Landesaufnahme 1:25 000, die beispielsweise im Bereich der Rhön 1902 bis 1904 durchgeführt wurde und sehr genau Höhenlinien, Stufenraine und Hecken darstellt, hatte das Untersuchungsgebiet vor dem 2. Weltkrieg nicht mehr erreicht. Nach Auskunft des bayerischen Landesvermessungsamtes (frdl. schr. Mitt.) erfolgte eine detaillierte kartographische Erfassung erst 1956.

Die Flurkarten im Maßstab 1:5 000 aus dieser Zeit verzeichnen Hecken und Stufenraine nicht gesondert, sondern ordnen sie den betreffenden Besitzparzellen zu. Lediglich bei der Bodenbewertung im Zuge der Flurbereinigung mußten diese Flächen gesondert ausgewiesen werden, woraus sich indirekt Schlußfolgerungen ziehen lassen. Fig. 20 zeigt einen Ausschnitt aus einer derartigen Karte.

Diese Karten (Genossenschaftsvorstände der Flurbereinigungen, 1914, 1932, 1934) wurden daher hinsichtlich der historischen Standorte von Hecken und Stufenrainen ausgewertet und interpretiert und in Karte 3 dargestellt.

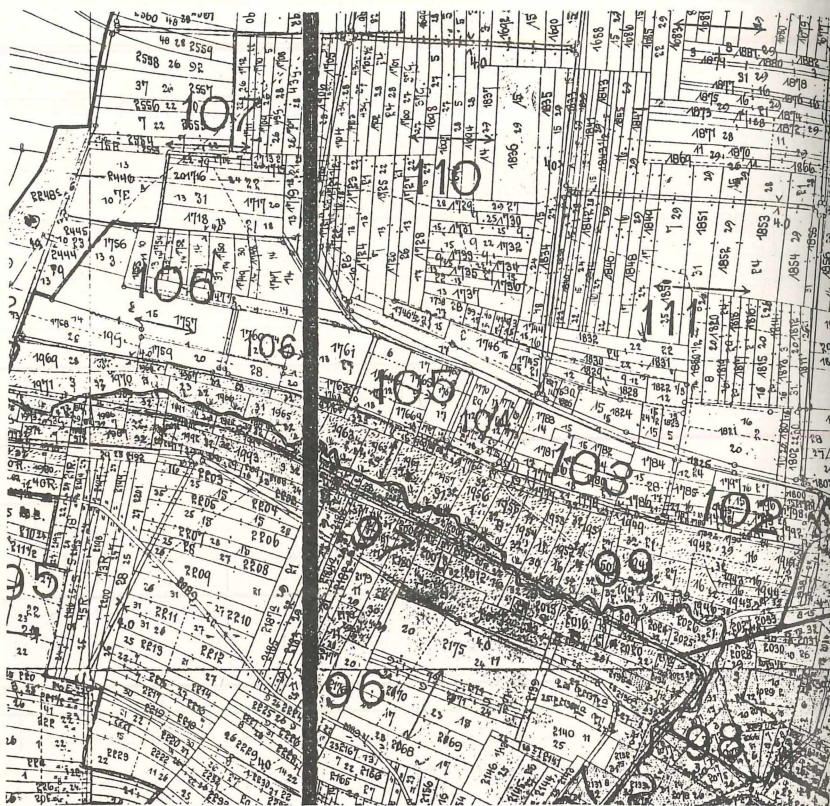


Fig. 20: Ausschnitt aus der Flurkarte NW Eichelsee mit dem Thierbachtal (dunkel; Wiesensignatur), mäßig geneigtem Hang im S (mit alter Wegtrasse), Steilhang im N und anschließenden Flachbereich (etwa oberes Viertel). Die alte Gewinnflur kommt gut zum Ausdruck. Von der neuen Fluraufteilung gibt diese Kopie nur das Wegenetz wider. Die Unterteilung der neuen Gewanne (große Ziffern, allseits von einem Weg begrenzt) in zumeist 5-8 Felder ist leider nicht zu sehen. Die kleinen Zahlen sind im Original dreifarbig differenziert für Flurstücknummer, Besitzer und Bodenbewertung. Anhand der Bewertung 1 innerhalb wesentlich höher eingestufte Umgebung und abgegrenzt durch eine gestrichelte Linie läßt sich auf Hecken und Stufenraine schließen: z.B. eine Hecke an der Weggabelung am unteren Ende von Gewinn 110 und Stufenraine als schmale Verlängerung von 1-2 m Breite nach rechts (Gewinn 110) sowie im Gewinn 106 mehrfach.

Grundlage der Bewertung war damals die Tauschwertzahl der Flurbereinigung. Anders als die Reichsbodenschätzung berücksichtigt diese die örtlichen Wünsche der Teilnehmer mit, wodurch vermutlich die extrem hohen Werte für die wegen des höheren Viehbestandes begehrten Wiesen entstanden (bis über 30). Äcker erreichen in ebener Lage 27-30, in Dorfnähe bis 40. Auf mäßig geneigten Hängen (3-6 %) wurde Ackerland mit 22-25 bewertet, auf 6-9 % geneigten Hängen mit in der Regel 13-18 und in Steillagen darüber mit 8-12, teils sogar nur 6, vermutlich wenn es sich um steinige Parzellen handelte.

Für die Auswertung (Karte 3) war ausschlaggebend die Kombination aus deutlich zur Umgebung abgesetzter Bewertung und linienhafter Form (der Bewertungs-, nicht der Besitzparzelle).

Bewertungen von 0 oder 1 (maximal 3) von schmallänglichen Formen lassen sicher auf Hecken oder Stufenraine schließen. Die niedrige Bewertung für diese Strukturen drückt aus, daß sie in diesem Verfahren belassen werden sollten, entweder weil man Hecken nicht beseitigen wollte, oder wegen der Steilheit des Geländes. Ebene Raine egal welcher Breite wurden entsprechend ihrer künftigen Nutzung als Acker oder Wiese hoch bewertet, da ansonsten dem neuen Besitzer durch Beseitigung auf einfache Weise billig zusätzliches Ackerland zugekommen wäre.

Gelegentlich wurden auch linienhafte Elemente mit höherer Bewertung kartiert, sofern sich eindeutig feststellen ließ, daß es sich dabei nicht um Ackerparzellen handeln konnte. Dies wird durch die Tatsache ermöglicht, daß generell die Bewertung für größere Gebiete mit oft einem Dutzend alter Parzellen zusammengefaßt und gleich ist. Wenn dann am Rand eine Parzelle mit deutlich geringerer Bewertung abmarkiert ist, läßt das auf Hecke oder Stufenrain schließen. Kein Fall wurde gefunden, wo sich Hecke und Parzelle räumlich voll deckten. Die höhere Bewertung zeigt, daß man hier von einer Beseitigung ausging oder die Nutzung eines Raines (Abmähen) relativ hoch veranschlagte. Für Nachteile bei der Bearbeitung (größere Steilheit) oder der Beseitigung (Kosten) wurde die Bewertung dann etwa 20 % niedriger als für die unmittelbare Umgebung angesetzt. Diese Fälle bilden aber die Ausnahme.

Eine Unterscheidung dieser gering bewerteten Streifen zwischen Hecken und Stufenrainen wird auf der Originalkarte nicht vorgenommen. Da sie für die hier bearbeitete Fragestellung jedoch wichtig ist, sind die beschriebenen Strukturen ab 3 m Breite grundsätzlich als Hecke kartiert, darunter als Rain. Für einen Stufenrain über 3 m ergäbe sich eine Höhe, wie sie aus landschaftlichen Gründen auf den Gäuflächen Mainfrankens kaum vorkommt. Unter

3 m Breite könnte es sich theoretisch auch noch um Hecken handeln, die aber ökologisch ohnehin nicht mehr voll wirksam wären. Außerdem sind die weitaus meisten dieser so schmalen Strukturen nur 1 m breit, was die Einstufung als Rain nahelegt, der geringen Bewertung wegen als Stufenrain.

Historische Heckenstandorte und ihre Differenzierung

Ein Blick auf Karte 3 zeigt eine deutliche standörtliche Differenzierung innerhalb des untersuchten Landschafts-Ausschnitts. Die vor der Flurbereinigung vorhandenen Hecken und Stufenraine sind stark auf steilere Hänge ab einer Neigung von etwa 9 % konzentriert. In aller Regel folgten dann mehrere übereinander quer zum Gefälle, wobei auffällt, daß die Abstände zwischen Stufenrainen teilweise äußerst gering waren (10-20 m z.B. E Gaukönigshofen, S Eichelsee). Demgegenüber liegen sie bei Hecken deutlich darüber (z.B. NW Eichelsee, N Gaukönigshofen), was bei der Frage des Flächenbedarfs berücksichtigt werden muß. Der Bezug zum Wassererosionsschutz wird im Anordnungsmuster quer zum Hang deutlich sichtbar.

Aus Lesesteinen zusammengetragene Steinriedel, wie sie für die angrenzenden Gebiete des Tauberlandes typisch sind (vgl. Abb. 4), fehlten auf den Mainfränkischen Gäuflächen wegen der dickeren Lößauflage und dem Keuper-Untergrund, sodaß sich Heckenstandorte senkrecht zum Hang auf Wegböschungen und Hohlwege konzentrierten, das allerdings fast immer (z.B. E Gaukönigshofen und an allen von Eichelsee ausgehenden Wegen).

Auf flacher geneigten Hängen und auf den ausgesprochenen Verebnungen des Reliefs kamen Hecken und Raine zumindest Anfang dieses Jahrhunderts nur selten vor. In wie weit dort einzelne Büsche und Bäume standen, läßt sich aus den vorhandenen Quellen nicht entnehmen (vgl. aber das heutige Bild um Eichelsee, Karte 2). Wegen der kleinteiligen und vor allem unregelmäßigen Parzellierung verbunden mit den naturnaheren Bewirtschaftungsformen, machte die Landschaft damals aber vermutlich einen nicht so stark ausgeräumten Eindruck, wie heute.

Vergleicht man die Standorte von Hecken und Stufenrainen näher mit dem Auftreten steilerer Hänge, so fällt auf, daß sie entweder in hoher Zahl und Dichte auftreten, oder aber gänzlich fehlen, was häufiger der Fall ist. Durch die beschriebene Methode dürften die Hecken ziemlich gut dokumentiert und kaum welche übersehen sein. Ohne weitergehende Untersuchungen, die sich mangels Karten allerdings recht schwierig gestalten würden, können über die Ursachen nur Vermutungen angestellt werden.

Einerseits könnte es sich überhaupt nur um Weinbergsterrassen handeln, was das Auftreten nur auf bestimmten Steilhängen erklären würde. Dagegen spricht aber, daß sie gerade auch auf nordexponierten Hängen vorkommen (z.B. SW Eichelsee). Außerdem zeigen die damals noch bewirtschafteten Weinberge bei Gaukönigshofen und Rittershausen ganz andere Strukturen. Offensichtlich waren sie hier überhaupt nicht terrassiert (s.u.), oder eventuelle Terrassenmäuerchen wurden, was wahrscheinlicher ist, nicht mitkartiert.

Andererseits zeigen mehrere Beispiele im Gebiet ein abruptes Enden der Hecken/Stufenrainstruktur. Am Eselsberg S Rittershausen liegt zwischen den Rainen mit Parzellenanordnung quer zum Hang ein einziges Gewann völlig ohne Raine, dessen Fluraufteilung senkrecht zum Hang verläuft. Da keine reliefbedingten Gründe für diese Änderung erkennbar sind, läßt das an eine früher erfolgte Neuaufteilung mit Beseitigung der Raine denken.

Im Tal SE Eichelsee (außerhalb des Kartenausschnitts) findet sich ebenfalls eine Massierung von quer zum Hang verlaufenden Rainen nur an einer Stelle. Die Abstände und Parzellenbreiten dazwischen betragen nur etwa 20 m. Im anschließenden Gewann folgt zunächst eine Anzahl von noch schmälere Feldern von 8-15 m Breite ebenfalls quer zum Hang. Wenn hier Raine bestanden, können sie nur äußerst schmal gewesen sein, sonst hätte man kaum Ackerfläche übrig gehabt. Dann folgen zwei Gewanne mit erheblich breiteren Feldern (30-40 m), was an eine Zusammenlegung denken läßt, bei der Raine oder Hecken beseitigt worden sein könnten. Dafür spricht auch, daß das Gewann mit den Rainen bereits in der nächsten Gemarkung (Hopferstadt) liegt.

Noch auffälliger ist die Änderung der Strukturen am Nordhang des Thierbachtals mit Neigungen bis über 20 % . Terrassen finden sich in der Gemarkung Gaukönigshofen weder auf den alten Flurkarten, noch als Reste heute. Dagegen fallen im Vergleich zu den ansonsten zersplitterten Gewinnfluren die relativ großen und vor allem sehr regelmäßig aufgeteilten Flurstücke auf, die alle senkrecht zum Hang liegen. Diese Struktur endet exakt mit der Gemarkungsgrenze Eichelsee, wo der Hang, obwohl bereits niedriger, mit mehreren durchgehenden Hecken unterbrochen ist. Dieser Sachverhalt läßt sich nur mit vorangegangenen Veränderungen in der Flur im gaukönigshofener Teil des Talhanges erklären.

Aus diesen Beispielen läßt sich der Schluß ziehen, daß bereits zu Beginn unseres Jahrhunderts das historisch gewachsene Heckennetz nur noch in Teilbereichen erhalten war. Andernorts war es vermutlich bereits beseitigt, was man mit den durch Überbevölkerung und Flurzersplitterung gestiege-

nen Flächenbedarf einerseits, sowie dem Abschied von der autarken bäuerlichen Landwirtschaft im Jahrhundert zuvor erklären kann. Diese hätte zumindest das Brennholz der Hecken gebraucht, da Wälder auf den Flurkarten der Jahrhundertwende genauso selten verzeichnet sind, die heute.

Interessant ist auch ein Vergleich des Bestandes an biotischen Landschaftselementen allgemein in den Gemarkungen Eichelsee im rechten Teil der Karte und Gaukönigshofen. Erstere, die bereits vor 1914 bereinigt wurde (Planung und Neuordnung), konnte bis heute einen erheblich höheren Strukturreichtum bewahren, als letztere, wo dieser sich auf Extremlagen konzentriert. Eichelsee verfügt über eine gute Dorfeinbindung in die Flur und viel mehr Streuobstflächen als Gaukönigshofen, dessen Flurneuordnung zwanzig Jahre später schon mehr einer "Bereinigung" gleichkam.

Man kann deshalb aus dem Bild, wie es Karte 3 zeigt, nicht direkt auf die ursprüngliche Gesamtdichte oder den Gesamtbestand der Hecken schließen. Wohl aber läßt sich aus den Resten das lokaltypische Anordnungs- und Differenzierungsmuster von Hecken ableiten. Sie stocken in der Regel quer zum Hang und sind auf steilere Hänge und kleinräumige Hangversteilungen konzentriert. Das verdeutlicht das Vorherrschen der Erosionsproblematik in geneigtem Gelände im Lößgebiet der Mainfränkischen Gäuflächen.

Veränderungen im Heckenbestand zwischen 1930 und 1987

Karte 3 zeigt den Vergleich des Bestandes an Hecken und Stufenrainen von vor der ersten Flurbereinigung mit heute. Ergänzend zu den Eintragungen der historischen Standorte, die den Bestandskarten vor den ersten Flurbereinigungen 1914-1934 entnommen wurden, entstammt der heutige Bestand an Hecken, Stufenrainen und Feldgehölzen der Kleinstrukturenkartierung (Bay.Landessiedlung, 1985), aktuellen Flurkarten und eigenen Recherchen.

Es fällt auf, daß es sowohl Abnahmen als auch, in geringerem Maße, Zunahmen gegeben hat. Beseitigt wurden alle diese Elemente, wo sie im Zuge der schematischen Neuaufteilung inmitten neuer Gewanne zu liegen kamen. Das betraf vorwiegend schmalere Stufenraine, während bei Hecken allgemein geringere Verluste zu verzeichnen sind. Ein Effekt hiervon ist auch, die heute noch stärkere Konzentration dieser Hangunterbrechungen auf Steilhänge.

Bei den Hecken und Feldgehölzen kamen sogar ein paar neue hinzu. Einige entstanden an Böschungen neu angelegter Wege. Die weitaus meisten

gingen jedoch, wie ein Vergleich mit den alten Flurkarten zeigt, aus nicht mehr bewirtschafteten Streuobstflächen, nicht mehr gemähten alten Stufenrainen oder Weinbergen (NW und SW Gaukönigshofen, SW Eichelsee) hervor. Die ökologische Bedeutung dieser naturnäheren Biotope ist nicht unbedingt höher, als diejenige extensiv genutzter Strukturen. Wo die ehemalige Nutzung eindeutig feststellbar war, ist sie in Karte 3 angegeben. Die unveränderten Hecken besitzen ein hohes Alter, demzufolge ein ausgereiftes Artenspektrum, was ihren hohen ökologischen Wert und die hohe Erhaltungswürdigkeit unterstreicht.

2.4.4 Landschaftsökologischer Bedeutungswandel von Hecken

Das schon früher weitgehende Fehlen von Hecken auf Flachbereichen zeigt, daß die Erosionsgefahr damals geringer war als heute. Das lag an der extremen Kleinparzellierung mit vielfacher Hangunterbrechung und Nutzungswechsel sowie an der wesentlich besseren Bodenbedeckung durch Unkräuter, der geringeren Bodenverdichtung und dem Fehlen von erosionsfördernden Feldfrüchten wie Mais und Zuckerrüben. Außerdem konnten die kleinen Felder viel besser den Hangformen angepaßt werden, was in den meisten Bereichen auch durchgehalten war. Allerdings wirkte die Erosion insgesamt auch damals, wie die Auelehmsedimentation und viele kleinräumige Verlagerungsprozesse zeigen. Infolge der Veränderungen in den genannten Punkten ist die Zone der Gefährdung durch Wassererosion heute jedoch in weit flachere Bereiche ausgedehnt und das Problem insgesamt verschärft.

Die Winderosion, ohnehin auf flache Relieftteile beschränkt, dürfte damals ebenfalls eine wesentlich geringere Rolle gespielt haben, wofür vor allem der permanente Schutz des Bodens durch Unkräuter verantwortlich war. Vor allem aber fehlte bei den damaligen Nutzungssystemen die Schwarzbrache, die heute gerade im Zuckerrübenanbau weite Teile der Flur im Frühling und Herbst völlig ungeschützt läßt.

Die Funktion von Hecken als Biotop war damals noch weit weniger wichtig, als heute, wo sie quasi als Inseln in lebensfeinlicher Umgebung gelten können. Die Felder selbst boten vor dem Einsatz der Pestizide einer großen Zahl insbesondere von Segetalpflanzen und Kleintieren ausreichend Lebensräume.

Tiere und Pflanzen fanden auch in den alten Dörfern erheblich mehr Biotope als heute. Hinzu kommen noch die Streuobstbestände und das Dauergrünland. Bei einem Vergleich der Karten der 30er Jahre mit dem heutigen Stand fällt auf, daß sich die Zahl der Streuobstflächen seit damals erst wenig verändert hat. Einbrüche in diese für die mainfränkische Landschaft so typischen Bestände sind erst nach der neuerlichen Flurbereinigung zu befürchten.

Demgegenüber sind die relativ naturnahen, damals noch extensiver bewirtschafteten Dauergrünlandflächen extrem stark zurückgegangen. Diese Grünzüge konnten damals noch die Aufgabe der Biotopvernetzung wahrnehmen. Ihr Verschwinden, verbunden mit der allgemeinen Intensivierung der Feldbearbeitung, haben die Bedeutung der Hecken als Rückzugsbiotope und Trittsteine gegenüber früher drastisch erhöht.

Mit dem historischen Heckennetz lassen sich bei weitem nicht alle Möglichkeiten ausschöpfen, den heutigen landschaftlichen Problemen zu begegnen. Wegen der heutigen intensiven und vereinheitlichten Landnutzung hat im Vergleich zur historischen Zeit im Landschafts-Ökosystem die **funktionale Bedeutung von Hecken stark zugenommen**. Das Strukturmuster der Hecken und ihr Artenspektrum kann jedoch als Ausgangspunkt für ein neu aufzubauendes Heckennetz dienen, dessen Dichte entsprechend seines Bedeutungszuwachses möglicherweise sogar noch erhöht werden sollte.

2.4.5 Folgen der Ausräumung für die Landschaftsästhetik

Für die ästhetische Wirkung der Landschaft insgesamt macht sich insbesondere die schematisch rechtwinklige Neuaufteilung der Flur sehr negativ bemerkbar. In erster Linie führt das einheitliche Anordnungsschema der Felder, weniger die Zusammenlegung der Parzellen zu dem Eindruck der Monotonie.

Die extreme Vereinheitlichung der Nutzungssysteme auf wenige Anbaufrüchte verstärkt diesen Effekt noch und führt dazu, daß der auch optisch erfaßbare Natürlichkeitsgrad der Agrarlandschaft sinkt. Auch für das Landschaftsbild gilt somit, daß Strukturelementen wie den Hecken heute eine erheblich höhere Bedeutung als früher zukommt.

Die Beseitigung von Hecken (Ausräumung) verstärkt daher noch die **optische Vereinheitlichung** und führt zu einer **Monotonisierung** der Landschaft.

Die Monotonisierung der Landschaft gefährdet ihren ästhetischen Wert in vier Bereichen:

Individuell-ästhetischer Wert

Die Vereinheitlichung des Landschaftsbildes führt zu einer Entfremdung des Einzelnen von seiner Umgebung ("Heimatverlust"). Anhand des historisch entstandenen Strukturmusters lassen sich Landschaften charakterisieren, typisieren und abgrenzen. Der Wiedererkennungswert ist die wesentliche Voraussetzung für eine Identifikation des Menschen mit seiner lokalen Umgebung ("Heimat").

Historischer Wert

Mit dem Verlust charakteristischer Landschaftsstrukturen werden alte, über Jahrtausende gewachsene Unterschiede und Differenzierungen der Kulturlandschaft nivelliert, wodurch sie ihren historischen Wert verlieren. Die Kulturlandschaft stellt genauso ein wertvolles Kulturgut des gestaltenden Menschen dar, wie beispielsweise ein bedeutendes Bauwerk, das heute zwar eventuell anders genutzt wird, auf dessen historische Substanz man aber bei seiner Modernisierung selbstverständlich achtet.

Psychologisch-ökologischer Wert

Mit der Entfremdung des Einzelnen von seiner Umgebung sinkt zwangsläufig die Bereitschaft für umweltbewußtes Verhalten und zu behutsamem Umgang mit der Landschaft. Schonende Bewirtschaftungsformen oder freiwillige Zurückhaltung beim Pestizideinsatz sind nur in Verbindung mit einem Landschaftsbild zu realisieren, das eine Identifikationsmöglichkeit bietet und den Sinn ökologischer Maßnahmen auch visuell vermittelt.

Eine sekundäre Folge sind die Umweltbelastungen durch den zunehmenden Individualverkehr zu weiter entfernten, "schönen", Landschaften verbunden mit Belastungen durch die höhere Besucherquote dort. Beispielsweise werden zahlreiche Landschaftsteile, die als Naturschutzgebiete den höchsten Schutz genießen, durch die Konzentration überhöhter Besucherfrequenzen stark belastet, was in erster Linie an fehlenden ästhetisch ansprechenden Alternativen zur "sanften" Naherholung liegt.

Ökonomischer Wert

Landschaft ist das Kapital des ländlichen Raumes. Von ihrer Gestaltung hängt seine Attraktivität im wesentlichen ab. Eine ausgeräumte, monotone Landschaft hat keine Chancen, als Naherholungsraum angenommen zu werden. Nebenverdienstquellen zur Ergänzung des sinkenden Einkommensniveaus aus der Landwirtschaft sind inzwischen in weniger ertragreichen Gebieten unverzichtbar und erlangen auch in intensiv genutzten Agrarlandschaften für einen Teil der Betriebe zunehmend Bedeutung. Hierfür stellt eine intakte Kulturlandschaft bäuerlicher Prägung in Verbindung mit einer Naherholung im Sinne des "sanften Tourismus" häufig die einzige Möglichkeit dar.

2.4.6 Zusammenfassung: Die ästhetischen Probleme und ihre Folgen für das Agrarökosystem

Wie die vorangegangenen Abschnitte zeigen, stellen Hecken das Ergebnis der jahrhundertelangen Auseinandersetzung des landwirtschaftlich tätigen Menschen mit der spezifischen lokalen ökologischen Ausstattung der Landschaft dar. Daraus folgt, daß neben Aufbau und floristischer Zusammensetzung auch das *historisch gewachsene Strukturmuster* der Hecken landschaftstypisch und damit *Ausdruck der Individualität einer Landschaft* ist.

Unter der *anthropogenen Ausstattung* der Landschaft, ist das *individuelle, historisch gewachsene Strukturmuster* der durch menschliche Aktivität bestimmten Landschaftsbestandteile und -strukturen zu verstehen. In dieser Arbeit ist hier das charakteristische Schema der standörtlichen Differenzierung der Hecken betroffen oder, anders ausgedrückt, das landschaftstypische Muster der wechselnden Anordnung der Hecken. Diese anthropogene Ausstattung hat auf zwei Ebenen für die Landschaft eine hohe Bedeutung:

- Das historisch gewachsene Strukturmuster der Hecken mit seiner Anordnung vorwiegend quer zum Hanggefälle zeigt bereits eine deutliche *Anpassung an ökologische Gegebenheiten* des lokalen Landschafts-Ökosystems. Deshalb ist es nicht nur historisch interessant, sondern auch als Ausgangspunkt einer Konzeption von Neuanpflanzungen mit dem Ziel der Verringerung ökologischer Probleme geeignet, was entsprechend berücksichtigt werden sollte.

- Das historische Strukturmuster der Hecken trägt darüberhinaus ganz entscheidend zur **Charakterisierung des Landschaftsbildes** bei. Darin kommt die Individualität eines jeden Landschaftstyps zum Ausdruck, dessen Wert sich individuell-ästhetisch (Identifikation), historisch (Kennzeichen der Eigenart), psychologisch (Bereitschaft zur Schonung der Landschaft) und ökonomisch (Fremdenverkehr) auswirkt.

Die teilweise völlige Entfernung von Hecken wie auch anderen historisch gewachsenen Landschaftsstrukturen führt zu einer weitgehenden Vereinheitlichung des Landschaftsbildes und damit zu einer **Monotonisierung**, zu einem **Verlust landschaftlicher Individualität**.

Die ästhetischen Probleme besitzen einen indirekten, aber dennoch deutlichen Bezug zum Agrarökosystem. Durch die Monotonisierung leidet die Identifikation mit der Landschaft, wodurch eine der wesentlichen Voraussetzungen für die Bereitschaft der Menschen beseitigt wird, schonend mit ihr umzugehen. Dies jedoch würde der Umsetzung aller weiteren Überlegungen in die Praxis die Basis entziehen.

3. Landschaftsökologische und -ästhetische Funktionen von Hecken auf den Gäuflächen Mainfrankens

Es existiert in der Literatur eine Fülle von Einzeluntersuchungen über spezielle Funktionen, die Hecken theoretisch ausüben können. Darunter fallen sowohl biotisch als auch abiotisch wirksame, physisch und anthropogen bedingte, die alle im Einzelfall von Bedeutung sein können, sich gegenseitig aufs stärkste beeinflussen und deshalb nicht isoliert betrachtet werden dürfen.

Der Schritt von einer theoretischen Auflistung der Einzelfunktionen zu einer praktischen Beurteilung ihrer Bedeutung läßt sich nur unter der Bedingung einer Kenntnis der lokalen Verhältnisse und Probleme durchführen, wie sie im vorherigen Kapitel dokumentiert wurden. Aus diesem Grund werden im folgenden alle Aussagen über Hecken-Funktionen auf das Gebiet der Mainfränkischen Gäuflächen bezogen. Unter Berücksichtigung der bestehenden Differenzierungen lassen sich diese Aussagen auf die übrigen Gäulandschaften Süddeutschlands übertragen, wo im Prinzip vergleichbare Verhältnisse existieren.

Eine Beurteilung der so gewonnenen Erkenntnisse setzt die Aufstellung eines Bewertungs-Maßstabes voraus. Diesen stellt hier die **Funktionsfähigkeit des Landschaftshaushalts** unter Berücksichtigung der gerade auf den Mainfränkischen Gäuflächen dominierenden **menschlichen Nutzung** dar. Hierbei steht vor allem eine mittel- bis längerfristige Betrachtung im Vordergrund, die leider zu oft durch eine an kurzfristigem, ökonomischem Profit orientierte Haltung ersetzt wird, obwohl eine langfristige Schädigung des Landschaftshaushaltes gerade die Landwirtschaft am unmittelbarsten bedroht.

Weitere Bewertungsmaßstäbe, wie z.B. der Artenschutz, werden, wo sie von Bedeutung sind, ebenfalls erwähnt, eventuelle Differenzen oder unterschiedliche Aussagen verglichen. Teilweise lassen sich hieraus Folgewirkungen entwickeln, die wiederum die anthropogene Nutzung beeinflussen.

Vor diesem Hintergrund werden im folgenden Kapitel die Hecken daraufhin betrachtet und untersucht, inwieweit sie die beschriebenen **Defizite des lokalen Ökosystems ausgleichen** können. Dies kommt in der Übernahme von bestimmten **Funktionen im Landschaftshaushalt** zum Ausdruck.

Die Funktionen von Hecken lassen sich in unterschiedliche Gruppen gliedern. Eine Möglichkeit wäre die Unterscheidung nach

1. landschaftsökologischen Funktionen und
2. landschaftsästhetischen Funktionen.

Im vorangegangenen Kapitel wurde jedoch gezeigt, daß diese Trennung nicht sinnvoll ist, weil sie zwischen "Natur" und "Mensch" einen Gegensatz herstellt, obwohl die Kulturlandschaft mit ihren Probleme nur aus der Kombination all dieser Faktoren erklärbar ist.

Eine weitere mögliche Gliederung könnte nach

1. abiotischen ("geoökologischen") Funktionen,
 2. biotischen ("bioökologischen") Funktionen und
 3. anthropogenen ("humanökologischen") Funktionen
- differenzieren, entsprechend der Unterteilung des Kapitels 2 über die landschaftliche Ausstattung.

Es soll jedoch hier am Beispiel der Hecken gerade gezeigt werden, wie ein Landschaftselement als Einheit auf seine Umgebung einwirkt. Jede seiner Funktionen läßt sich zwar über ihren Wirkungsschwerpunkt einem Partialkomplex des Ökosystems zuordnen, beeinflusst aber immer auch andere und darf deshalb nicht isoliert betrachtet oder anderen Funktionen untergeordnet werden. Die vorgestellten Gliederungen bergen die Gefahr einer hierarchischen bzw. sektoralen Sichtweise in sich und sollen deshalb nicht weiter verfolgt werden.

Um die integrierte Sichtweise zu verdeutlichen, werden stattdessen bewußt sämtliche **Funktionen gleichberechtigt nebeneinander** gestellt (Fig. 21). Die intensiven gegenseitigen Wechselwirkungen (**Interdependenzen**) zwischen sämtlichen Funktionen werden am Ende jedes Abschnitts über eine bestimmte Funktion besonders dargestellt. Häufig beeinflussen sich die Funktionen gegenseitig oder es werden durch ihr Zusammenspiel Wirkungen erst richtig verstärkt oder aber gehemmt.

Zu Beginn jedes der einzelnen Kapitel werden der gegenwärtige Untersuchungsstand und die ungelösten Probleme umrissen. Darauf folgt die genaue Analyse der funktionalen Wirkungs-Mechanismen, bevor Rolle und Auswirkung von Hecken bezüglich der betreffenden Funktion untersucht wird. Nach dem Abschnitt über die Interdependenzen mit den übrigen Funktionen erfolgt jeweils am Schluß die Bewertung des ökologischen Ausgleichspotentials dieser Funktion für die Mainfränkischen Gäuflächen.

Die intensiven Wechselbeziehungen und Zusammenhänge spielen im Ökosystem eine äußerst wichtige Rolle, die leider oft viel zu wenig Beachtung findet. Deswegen folgt im letzten Abschnitt dieses Kapitels (3.8) der Versuch, die Interdependenzen in den Vordergrund zu stellen und die Funktionen von Hecken nicht nur *sektoral*, sondern konsequent *synoptisch* im Sinne einer ganzheitlichen Perspektive darzustellen und bewußt zu machen.

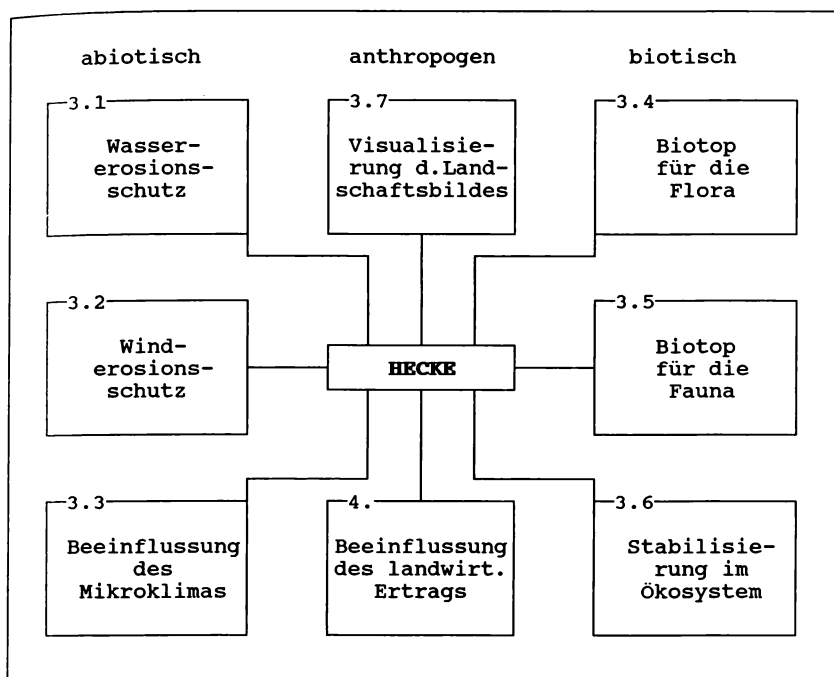


Fig. 21: Landschaftsökologische und -ästhetische Funktionen von Hecken in Überblick. Die Ziffern geben die entsprechenden Teile von Kapitel 3. an, in der die Funktion erläutert wird. Die Ertragsbeeinflussung wird, da nicht aus landschaftsökologischer sondern aus anthropozentrischer Sicht betrachtet, separat in Kapitel 4 behandelt. Eigener Entwurf.

3.1 Funktion Wassererosions-Schutz



Abb. 5: Typus der Wassererosion auf den lößbedeckten Gäuflächen Mainfrankens, wie sie alljährlich vor allem im Frühjahr und Herbst beobachtet werden kann (Foto nach normalem, zyklonalem Regen am 22.4.1986 bei Moos). Die Hangneigung beträgt hier unter 3 %, jedoch wurzeln die Erosionsrinnen an einer kleinen Hangversteilung (ehemalige Terrasse?) im Hintergrund (Neigung 12,5 %). Das Beispiel verdeutlicht die **Wasserakkumulation auf langen Hängen und die Wichtigkeit der Beachtung auch **kleinräumiger Hangversteilungen** ist.**

Bereits bei der Analyse der Landschaftsausstattung kristallisierte sich die **Bodenerosion als abiotisches Hauptproblem** Mainfränkischen Gäuflächen heraus. Der Prozeß der Erosion im Partialkomplex Boden läßt sich in zwei Teilprozesse mit unterschiedlichem Wirkungsgefüge gliedern:

1. Wassererosion und

2. Winderosion,

wovon erstere zweifelsfrei die gravierendsten Folgen nach sich zieht und deshalb auch zuerst behandelt wird.

Die Wassererosion wird von einem **Faktorengefüge** gesteuert, das zunächst in seine Teilfaktoren zerlegt werden muß. Als nächster methodischer Schritt können diese dann dahingehend untersucht werden, in wie weit sie im einzelnen überhaupt durch Hecken beeinflussbar sind und über welche Mechanismen. Schließlich muß nach dem Ausmaß der Beeinflussungsmöglichkeit gefragt werden und nach etwaigen Unterschieden je nach landschaftlicher Situation.

Um Wirkung einer Veränderung der einzelnen Steuerungsfaktoren auf die Gesamt-Erosionsleistung transparent zu machen, werden schließlich einige Beispiele unter den Bedingungen der Mainfränkischen Gäuflächen in konkreten Zahlen vorgeführt.

3.1.1 Problematik

Die Bodenerosion wird bereits seit den dreißiger Jahren wissenschaftlich untersucht. Um über rein qualitative Aussagen hinausgehen zu können und zu einer konkreteren quantitativen Aussage zu kommen, mußten mathematische Modelle entworfen werden, die die verschiedenen Teilfaktoren in ihrer unterschiedlichen Wirksamkeit miteinander verknüpfen.

Das älteste dieser Modelle, die "Allgemeine Bodenabtrags-Gleichung" (ABAG) wurde nach langjährigen praktischen Versuchen bereits in den fünfziger Jahren in den USA entwickelt (Universal Soil Loss Equation, USLE), inzwischen mehrfach verbessert (Wischmeier u. Smith, 1978) und auf mitteleuropäische Verhältnisse übertragen (Schwertmann et al., 1981; 1987).

Immer wieder geäußerte Kritikpunkte gelten der mangelnden Einbeziehung des Verhältnisses Infiltration/Oberflächenabfluß und der Zwischenakkumulation sowie etlichen Einzelheiten des K-Faktors. Auch ist das

Verhältnis der einzelnen Faktoren zueinander und die Bedeutung der Starkregenereignisse im Verhältnis zum Gesamtniederschlag im R-Faktor noch sehr unsicher, was im übrigen für alle Modelle gilt.

Dennoch ist die ABAG das bei weitem am meisten verbreitete und angewandte Modell, das nach wie vor weiter verbessert und ausgefeilt wird, vor allem weil alle neueren, computergestützten Modelle noch nicht zur Anwendungsreife gelangt sind (Bork, 1988, S.167). Unbestritten anerkannt ist vor allem die Aufteilung des Erosions-Prozesses in die Teilfaktoren. Dies genau stellt den Wert für die Fragestellung dar, wo ja nach der Beeinflussung dieser Faktoren durch Hecken gefragt ist.

3.1.2 Steuerungsfaktoren der Wassererosion

Die Formel läßt sich entweder auf den Abtrag bestimmter Flächen oder auf einzelne Faktoren beziehen. Sie lautet für den Abtrag A: $A = R * K * LS * C * P$, wobei die Buchstaben für einzelne Teilfaktoren stehen, die Einfluß auf das Erosionsgeschehen nehmen. Ihre Stärke und Kombination bestimmen demnach den Grad der Schäden.

Die Faktoren werden teilweise vom Naturgeschehen, teilweise durch die anthropogene Nutzung, teilweise durch die Landschaftsgestaltung gesteuert und unterscheiden sich erheblich hinsichtlich:

- ihrer Bedeutung für den Gesamtabtrag,
- ihrer regionalen Unterschiede,
- der Möglichkeit einer Einflußnahme des Menschen durch direkte oder indirekte Maßnahmen.

Regenfaktor (R)

Der Regenfaktor stellt eine rechnerische Kombination aus Niederschlagsmenge und Energie der Starkregen dar. Die jahreszeitliche Verteilung wird im C-Faktor berücksichtigt. Der Regenfaktor läßt sich nicht beeinflussen und geht somit mit seinem lokalen Wert unverändert in die Berechnung ein. Während er in den Alpen und im Bayerischen Wald auf das Erosionsgeschehen relativ stark einwirkt ($R=111$), liegt seine Bedeutung auf den

Mainfränkischen Gäuflächen mit um $R=48$ wesentlich darunter (Rogler und Schwertmann, 1981, S.103).

Bodenfaktor (K)

Die Erodierbarkeit des Bodens wird gesteuert durch seinen Gehalt an Schluff, Feinstsand, Sand, organischer Substanz, Aggregatgröße und Permeabilität, also in erster Linie von der Bodenart. Die Unterschiede der Bodentypen kommen vor allem während des Erosionsprozesses selbst zum Tragen, wenn die verschiedenen Horizonte mit unterschiedlicher Erosionsanfälligkeit bloßgelegt werden, daneben durch die bodeninternen Umlagerungsprozesse (z.B. Tonmineralverlagerung, Ortsteinbildung).

Mit steigendem Anteil an Löß und Lößlehm nimmt auch die Erosionsgefährdung zu und erstreckt sich auf immer flachere Hänge. Der extrem hohe Schluffgehalt der Lößböden macht diese zu den erosionsanfälligsten heimischen Böden überhaupt, wie aus Tabelle 4 hervorgeht.

Tabelle 4: Durchschnittliche K-Faktoren einiger Böden.
Aus: Wittmann, 1982, S.99 und Schwertmann, 1987, S.26.

Bodentyp	K-Faktor
Parabraunerde aus Löß der Gäuflächen m.hoh.Basensättigg., Ap 80% Schluff	0,70
erodierte Parabraunerde aus Löß	0,40
Pararendzina aus Löß	0,59
Braunerde aus Burgsandstein	0,10
Braunerde aus Schilfsandst. (Gipskp.)	0,40
Pelosol aus Gipskeuper	0,30
Pelosol aus Opalinuston (Dogger)	0,24
Gley-Podsol aus Flugsand	0,04

Hier wird die erosionshemmende Wirkung der Tonminerale deutlich, die während des Erosionsprozesses für einen gewissen Zeitraum (erodierte Parabraunerde) an der Oberfläche anstehen und erosionshemmend wirken. Ist diese Zeit aber überwunden, der Tonmineralgehalt verringert und das Profil auf eine Pararendzina verkürzt, so steigt die Erodierbarkeit wieder.

Der K-Faktor läßt sich mit verschiedenen Kulturmaßnahmen etwas senken wie z.B. durch die Vermeidung von Bodenverdichtungen durch schwere Maschinen sowie die Rückführung von Ernterückständen und Einschaltung von Gründüngung, um den Gehalt an Humus zu erhöhen. Letzteres führt neben einer höheren Fruchtbarkeit auch zur Verbesserung des Bodengefüges und der Durchlässigkeit (Schwertmann, 1982, S. 12).

Der K-Faktor zeichnet sich insgesamt durch eine hohe Schwankungsbreite aus. Während er bei Werten unter 0,1, wie z.B. bei skelettreichen, sandig-lehmigen Braunerden auf Granit fast vernachlässigbar erscheint, kommt ihm in Löß-Gebieten eine ungleich höhere Bedeutung zu. Da er kaum zu verändern ist, muß man hier die besondere Gefährdung erkennen und die Erosion bekämpfen, indem man die anderen Faktoren vermindert.

Hangfaktor (LS)

Dieser Faktor teilt sich auf in Hanglänge (L) und Hangneigung (S), die beide das Erosionsgeschehen entscheidend mitbestimmen.

Durch Terrassierung versuchte man die Erosion in nahezu allen höher entwickelten landwirtschaftlichen Kulturen zu mildern. In etlichen Landschaften wurden auf diese Weise die Hänge in eine Abfolge von Ackerterrassen mit wesentlich verminderter Neigung umgestaltet.

Dies war jedoch in Mainfranken kaum der Fall. Hier kommt besonders dem zweiten Effekt der Terrassierung hohe Bedeutung zu. Durch ein vollständiges Abfangen des Oberflächenabflusses wird die erosiv wirksame Hanglänge geteilt, sodaß für die Erosion praktisch getrennte Einzelhänge entstehen. Der wesentliche Punkt dabei ist die Tatsache, daß sich die Parameter des LS-Faktors nicht linear verändern, wie aus der Auswertung der betreffenden Abschnitte und Graphiken des Handbuchs zur Erosionsermittlung (Schwertmann et al., 1981) hervorgeht:

- Mit wachsender Hanglänge nimmt der Bodenabtrag überproportional stark zu was an der Akkumulation des abfließenden Oberflächenwassers im unteren Hangbereich liegt, wodurch dessen Transport- und Scherkräfte hier zunehmen. Dies hat zur Folge, daß auf einem Hang, dessen Oberflächenabfluß in der Mitte unterbrochen wird, die Gesamterosion sinkt. Anders ausgedrückt: Zwei übereinanderliegende, getrennte Teilhänge besitzen zusammen eine geringere Gesamterosionsleistung, als ein Hang gleicher Neigung und Gesamtlänge ohne Unterbrechung.

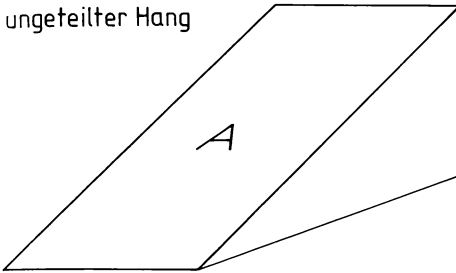
- Prozentual gesehen bringt eine Hangunterbrechung überall dieselbe Reduzierung der Erosionsleistung unabhängig von der Gesamtlänge und der Neigung. Anders ausgedrückt: Ob ein Hang von 500 m in zwei 250 m lange Hänge geteilt wird, oder ob ein 100 m langer Hang auf zwei mal 50 m halbiert wird, ob dies bei einer Hangneigung von 7 % oder von 11 % geschieht, die Erosion beträgt in jedem Fall nur noch rund drei Viertel (genau: 71 %) des Wertes für den ungeteilten Hang. Eine Ausnahme davon gibt es: unter 5 % Hangneigung ist die Halbierung weniger effektiv, die Erosionsminderung beträgt weniger als 1/4.
- Mit wachsender Hangneigung steigt die Erosionsleistung ebenfalls überproportional stark an, was an der Zunahme des Einflusses der Schwerkraft gegenüber der Reibung im Kräftefeld liegt. Die Erosion eines Hanges mit der doppelten Neigung eines Vergleichshangs ist mehr als doppelt so hoch, ebenfalls unabhängig von den absoluten Werten. Anders ausgedrückt: Ein Hang von 10 % Neigung hat einen mehr als doppelt so hohen Bodenabtrag (exakt: 2,5fach) wie ein Hang von nur 5 % Neigung, egal ob beide 400 m oder 40 m lang sind. Dieses Verhältnis steigt mit der Steilheit des Hanges, bei einer Verdoppelung von 10 % auf 20 % nimmt die Erosion bereits auf das 3fache zu.
- Die Aussage Schwertmanns (1982b, S. 12), daß "die Hangneigung praktisch kaum verändert werden kann" ist nicht zutreffend. Beispielsweise beträgt die Höhendifferenz eines Feldes auf einem 5 % geneigten Hang 7,5 m auf 150 m. Ist dieses Feld oben und unten von je einer Terrasse von lediglich 2 m Sprunghöhe begrenzt, dann würde sich durch eine Beseitigung dieser Terrassen die Höhendifferenz auf 7,5 m + 2 mal 1 m (anteilige Sprunghöhe für beide an das Feld angrenzende Terrassen), also 9,5 m erhöhen, was auf den 150 m einer Neigung von 6,33 % entspricht. Der LS-Faktor würde sich dadurch von 1,2 auf 1,6 steigern, die Erosion also um ein Drittel ansteigen. Selbstverständlich wirkt sich die Neigungsänderung durch die Beseitigung von Terrassen bei zunehmender Feldlänge immer weniger stark aus. Bald wird die Hangunterbrechung wichtiger.

Die wesentlichen Aussagen werden anhand einer Graphik (Fig. 22) verdeutlicht und zusammengefaßt.

Fig. 22 (folgende Seite): Prinzip der Beeinflussung der Erosion durch Veränderung des LS-Faktors. Die Halbierung des Hanges bewirkt eine Verminderung des Bodenabtrags auf 71 % (unabhängig von den absoluten Werten); der Effekt der Terrassierung hängt von den absoluten Werten ab (Näheres siehe Text). Eigener Entwurf.

Prinzip der Beeinflussung der Wasser-Erosion durch Hangunterbrechung und Terrassierung

ungeteilter Hang

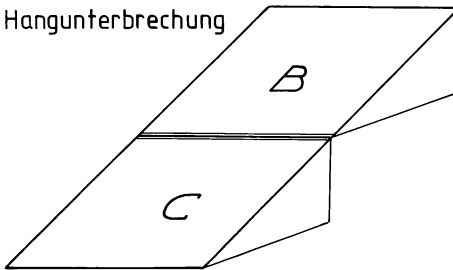


Erosion 100%

z.B.: Hanglänge 300m
Neigung 6%

$$LS = 2,05$$

Hangunterbrechung



Erosion 71%

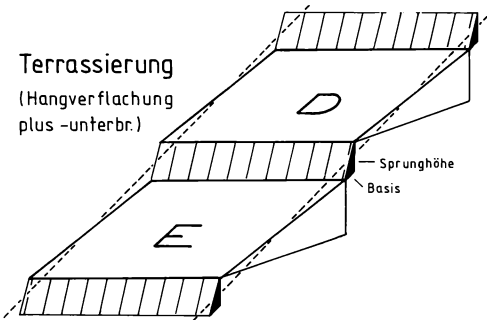
(bei Halbierung des Hanges generell)

z.B.: Hanglänge 150 + 150m
Neigung 6%

$$LS(\text{Gesamthang}) = 1,45$$

Terrassierung

(Hangverflachung plus -unterbr.)



Erosion 49%

(bei Verhältnis Sprunghöhen
Terrasse : Teilhang (Feld) = 1: 4,5)

z. B.: Hanglänge 150 + 150 m
Terrassenbasis 2m
- sprunghöhe 2m
Neigung dadurch
von 6% reduziert
auf 4,67%

$$LS = 1,0$$

Insgesamt schwankt der LS-Faktor in weiten Grenzen. Sowohl bei steilen, als auch bei sehr langen Hängen selbst mit geringer Neigung wird er zum bestimmenden Faktor des Erosionsgeschehens.

Höhenlinienparallele Terrassen, Gräben oder Hecken können den Hang so effektiv unterbrechen, daß die einzelnen Teilstücke praktisch als separat im Sinne des Einzugsgebietes betrachtet werden können (Schwertmann, 1982a, S. 39). Der Teil des Wassers, welcher durch die Unterteilung nicht infiltriert werden kann, muß kontrolliert abgeleitet werden. Da die Hangverkürzung relativ leicht mit landschaftsbaulichen Mitteln zu erreichen ist, wird sie zu einem der wichtigsten Instrumente bei der Erosionsbekämpfung.

Bearbeitungs- und Bedeckungsfaktor (C)

In diesem Faktor werden alle direkten menschlichen Eingriffe im Verhältnis zur Schwarzbrache ($C=1,00$) berücksichtigt. Pflanzen schützen den Boden vor dem Aufprall der Regentropfen, die die Aggregate zerstören. Durch die Wurzeltätigkeit wird die Aufnahmefähigkeit des Bodens für Wasser erhöht.

Dieser Faktor läßt sich auch vermindern, indem die Ernterückstände sinnvoll eingesetzt werden, die Bodenbearbeitung so weit wie möglich reduziert, oder Unkraut teilweise toleriert wird (Schwertmann, 1982b, S. 14). In diesem Zusammenhang wird die Nützlichkeit von Wintersaaten deutlich. Die Beziehung zwischen Bodenbedeckungsgrad und Auftreten der erosiv wirksamen Niederschläge ist im Erosionsindex des C-Faktors verrechnet. Der Niederschlag wird also außer im R-Faktor nochmals hier und zwar in seiner jahreszeitlichen Verteilung berücksichtigt (Schwertmann, 1981, S. 28). Auch die Veränderung der Bodenbedeckung mit dem Wachstum der Feldfrüchte ist im C-Faktor eingearbeitet.

Wie Tabelle 5 zeigt, gibt es in Abhängigkeit von der angebauten Fruchtfolge enorme Schwankungen des C-Faktors. So erweist sich der konventionelle Anbau von Zuckerrüben und Silomais als extrem erosionsfördernd und verursacht einen Abtrag, der mehr als ein Drittel desjenigen von ganzjähriger Schwarzbrache betragen kann. Andererseits bewirkt die Einschaltung von Futterpflanzen eine Reduzierung auf nur ein Fünftel des Bodenabtrags reiner Fruchtfolgen.

Auch die Art der Bodenbearbeitung kann starke Auswirkungen auf die Erosion haben, wie das Beispiel des Hopfens in Tabelle 5 zeigt.

Tabelle 5: Durchschnittlicher C-Faktor einiger häufiger Fruchtfolgen (Schwertmann, 1982, S.68-69).
 "mit Stroh" = Unterpflügen des Strohs z. Humusbildung;
 "ohne Stroh" = Abfuhr bzw. Verbrennen des Strohs.

Fruchtfolge	C-Faktor
reine Getreide/Rapsfr. ohne Stroh	0,25 - 0,30
mit Stroh	0,16 - 0,20
mit Gründüngung	0,11 - 0,15
Zuckerrüben-Getreide (50%-50%)	0,33 - 0,35
(25%-75%)	0,31 - 0,33
Silomais-Getreide (25%-75%)	0,25 - 0,30
(33%-67%)	0,27 - 0,32
(50%-50%)	0,30 - 0,35
(67%-33%)	0,35 - 0,40
(75%-25%)	0,38 - 0,40
Kartoffeln (33%)-Getreide ohne S/B.	0,24 - 0,29
mit Stroh/Blatt	0,19 - 0,25
Klee/Luzerne (33%)-Getreide	0,06 - 0,08
Hopfen, Minimalbodenb.mit Untersaat	0,20
Minimalbodenbearbeitung ohne U.	0,38
Normalbodenbearb. ohne Grubbern	0,61
mit 4 mal Grubbern	0,97

Der genaue C-Wert hängt somit von zahlreichen Faktoren ab, sodaß er exakt nur für genau bezeichnete Felder berechnet werden kann. Insbesondere ist zu beachten, daß er sich mit der Veränderung der Fruchtfolgen in längeren Zeiträumen verschieben kann. Für allgemeinere Aussagen, bezogen auf größere Gebiete, muß daher ein Durchschnittswert angenommen werden. Dies ist auch notwendig, wenn wie bei der vorliegenden Fragestellung eine Vergleichbarkeit der Aussagen innerhalb eines bestimmten Raumes gewährleistet sein soll.

Erosionsschutzfaktor (P)

In diesem Faktor werden besondere Erosionsschutzmaßnahmen zusammengefaßt. Relativ aufwendig und vor allem platzintensiv ist die Anlage von höhenlinienparallelen Streifensaaten, die das abfließende Wasser bremsen, infiltrieren und das Bodenmaterial abfangen. Wie hoch die

Wirksamkeit ist und wie breit solche Streifen sein müssen, ist nach Schwertmann (1982a, S. 39) bisher nicht bekannt. Dagegen gibt Diez (1982, S.29-31) einige Beispiele.

Eine einfachere Möglichkeit besteht darin, die Pflugrichtung von hangauf- hangabwärts auf höhenlinienparallel (Konturpflügen) umzustellen. Die Wirkung dieser Maßnahme ist abhängig von der Hangneigung. Bei einem Gefälle zwischen 3 % und 8 % wird der stärkste Effekt erzielt, nämlich eine Reduzierung des Abtrags auf die Hälfte (von $P=1$ auf $P=0,5$) wie aus Tab. 6 ersichtlich ist. Bei steileren Hängen ist die Schutzwirkung nicht mehr so stark, was vor allem darauf zurückzuführen ist, daß sich dann das Wasser in Querrinnen sammeln, durchbrechen und Rinnen reißen kann (Schwertmann, 1982a, S.38).

Aus Tabelle 6 geht weiter hervor, daß die Wirksamkeit des Querpflügens auch von der Beachtung maximaler Hanglängen abhängt, da sich sonst trotzdem zuviel Oberflächenwasser sammelt und die angestrebte Reduktion des P-Wertes nicht erreicht werden kann. Die Hanglänge beeinflusst also über den P-Wert nochmals indirekt den Gesamt-Abtrag. Insgesamt muß man feststellen, daß sich die für eine Maximalwirkung geforderten Hanglängen unter heutigen Bedingungen wohl höchstens für unter 5 % geneigte Hänge anstreben lassen.

Tabelle 6: Reduzierung des P-Faktors durch Konturpflügen in Abhängigkeit von maximalen Hanglängen. Hangauf/-abwärtspflügen: $P=1$. (Schwertmann, 1982, S.44).

Hangneigung in %	P-Wert	max.Hanglänge
1 bis 2	0,6	130 m
3 bis 5	0,5	100 m
6 bis 8	0,5	70 m
9 bis 12	0,6	50 m
13 bis 16	0,7	30 m
17 bis 20	0,8	20 m
21 bis 25	0,9	17 m

Ein landtechnisches Problem beim höhenlinienparallelen Pflügen ist der Bedarf an Wendepplatz für die Maschinen. Beim hangauf-/abwärtigen Bearbeiten ist dieser meist in Gestalt von Wegen vorhanden. Beim Quer-

pflügen stehen meistens nur die Raine zwischen den Feldern zur Verfügung, die dafür in ihrer heutigen Form, falls überhaupt vorhanden, nicht ausreichen. Andererseits lassen sich die notwendigen Wendestreifen durch die Anlage langer Schläge stark reduzieren, gegen die ja höhenlinienparallel nichts einzuwenden wäre. Wo sie nicht mit Wegen zusammenfallen, müßten dann breite Raine angelegt werden, die aber wiederum der Vernetzung beispielsweise der quer zum Hang stehenden Hecken dienen und somit eine weitere wichtige Funktion erfüllen könnten.

3.1.3 Tolerierbarer Abtrag

Sowohl Wischmeier und Smith (1978) für die USA als auch Schmidt und Wittmann (1981) für Bayern postulieren bestimmte Grenzwerte für Abtragsleistungen, die als tolerierbar eingestuft werden. Sie richten sich nach der Gründigkeit des Bodens, wie aus Tabelle 7 hervorgeht.

Dabei ist allerdings zu beachten, daß die nachschaffende Kraft des Bodens weitgehend unberücksichtigt bleibt: "Die Toleranzgrenze wurde vorläufig so festgelegt, daß das natürliche Ertragspotential in einem Zeitraum von etwa 300-500 Jahren nicht entscheidend geschwächt wird" (Schmidt und Wittmann, 1981, S. 17-18).

Wenn 15 t/ha/Jahr einem Abtrag von 1 mm pro Jahr über die gesamte Fläche entsprechen (Schwertmann, 1982b, S.10), so ist nach 1000 Jahren immerhin ein Meter Boden flächenhaft abgetragen, wobei es größere Abweichungen von diesem Durchschnittswert gibt. Die Lößauflage auf den Gäuflächen erreicht häufig nicht einmal diese Mächtigkeit, was vor dem Hintergrund der mehrtausendjährigen Geschichte der Landwirtschaft gesehen werden muß.

Außerdem wird bei diesem Konzept nicht beachtet, daß unabhängig von der Bodenmächtigkeit die Bodenqualität bereits während des Erosionsprozesses herabgesetzt wird, sodaß im Prinzip überhaupt keine Erosion zu tolerieren wäre: "Bodenerosion ist nur dann zu tolerieren, wenn das abgetragene Bodenvolumen durch die sich gleichzeitig vollziehende Bodenbildung kompensiert würde. Die Bodenprofilanalysen zeigen aber, daß für beackerte Standorte vernachlässigbar geringe Bodenneubildungsraten kennzeichnend sind... Es ist daher notwendig, die Bodenerosion vollständig zu verhindern" (Bork, 1988, S.202).

Diese Problematik erkennt auch Schwertmann (1987, S.13) indirekt an, indem die in Tabelle 7 zitierten Schwellenwerte von 1, 5, 10 und 15 t/ha/Jahr auf 1, 3, 7 und 10 t/ha/Jahr reduziert sind. Dennoch suggeriert die Einstufung von tolerierbarem Abtrag nach der Profil-Gründigkeit fälschlich eine Harmlosigkeit der Erosion auf tiefgründigen Standorten. Dies birgt z.B. die Gefahr, daß bei der Flurbereinigung die Flureinteilung nicht im Hinblick auf eine weitestmögliche Erosionsverminderung geplant wird, sondern daß man die Toleranzgrenzen möglichst ausschöpft und die Möglichkeiten der Erosionsverminderung nicht voll ausnutzt.

Um diese Fehlentwicklung zu vermeiden, wird in Tabelle 7 eine Einstufung der Toleranzgrenzen vorgeschlagen, die sich an der unter den gegebenen Bedingungen der Landnutzung realistisch möglichen Erosionsverminderung orientiert. Innerhalb eines Raumes mit weitgehend einheitlich tiefgründigen Böden wie den lößbedeckten Mainfränkischen Gäuflächen richten sich diese Möglichkeiten nach dem Kriterium Hangneigung, weshalb sich auch die Toleranzgrenzen daran orientieren sollten.

Tabelle 7: Tolerierbarer Abtrag, Einstufungskriterium Profil-Gründigkeit: Wischmeier u. Smith, 1978, S.2 und ebenso Schmidt und Wittmann, 1981, S.19; Einstufungskriterium Hangneigung: eigener Vorschlag.

Einstufungskriterium		tolerierbarer Abtrag
Profil-Gründigkeit	Hangneigung	
unter 30 cm	unter 3 %	1 t/ha/Jahr
- -	3 % - 6 %	3 t/ha/Jahr
30 - 60 cm	6 % - 9 %	5 t/ha/Jahr
- -	9 % - 12 %	7 t/ha/Jahr
60 - 100 cm	über 12 %	10 t/ha/Jahr
über 100 cm	- -	15 t/ha/Jahr

3.1.4 Beeinflussung der Erosion durch Hecken

Durch Hecken lassen sich nur zwei der Erosions-Faktoren beeinflussen, das allerdings deutlich:

- der LS-Faktor durch die Hangunterbrechung mittels quer zur Neigung angeordneter Hecken direkt,
- der P-Faktor indirekt, indem durch die Ausrichtung der Hecken die Gestaltung der Schläge und höhenlinienparalleles Pflügen herbeigeführt wird.

LS-Faktor

Eine einheitliche Aussage über die Wirkung einer Hecke läßt sich nicht treffen. Sie hängt direkt vom Grad der Hangverkürzung ab und kann somit sehr unterschiedlich ausfallen.

Hangunterbrechung ist der bedeutendste Wirkungsmechanismus über den Hecken ins Erosionsgeschehen eingreifen. Aus der Auswertung der entsprechenden Nomogramme und Formeln bei Schwertmann (1981) ergibt sich, daß eine Verdoppelung der Hanglänge zu einer Zunahme der Erosion auf das 1,4fache führt oder umgekehrt: eine Halbierung bringt eine Reduktion auf 71 % des ursprünglichen Wertes. Eine Drittelung der Hanglänge vermindert den Abtrag von auf 59 % des vorherigen Wertes, während sich mit einer Vierteilung mittels nur dreier Hecken schon eine **Halbierung des Bodenabtrags** (49 %) erreichen läßt, wie Fig. 23 (linke Säule) veranschaulicht. Diese Angaben gelten für Neigungen ab 5 %, jedoch unabhängig von der absoluten Hanglänge (s.o.), während der Wirkungsgrad im flacheren Bereich etwas darunter liegt.

Bei Gewannen, die auf den weitläufigen Gäuflächen Mainfrankens oft 500 m Länge erreichen, ist eine Vierteilung nicht unrealistisch. Wenn die Flurstücke dann höhenlinienparallel entsprechend verlängert würden, würde das zu keiner weiteren Erosionssteigerung führen.

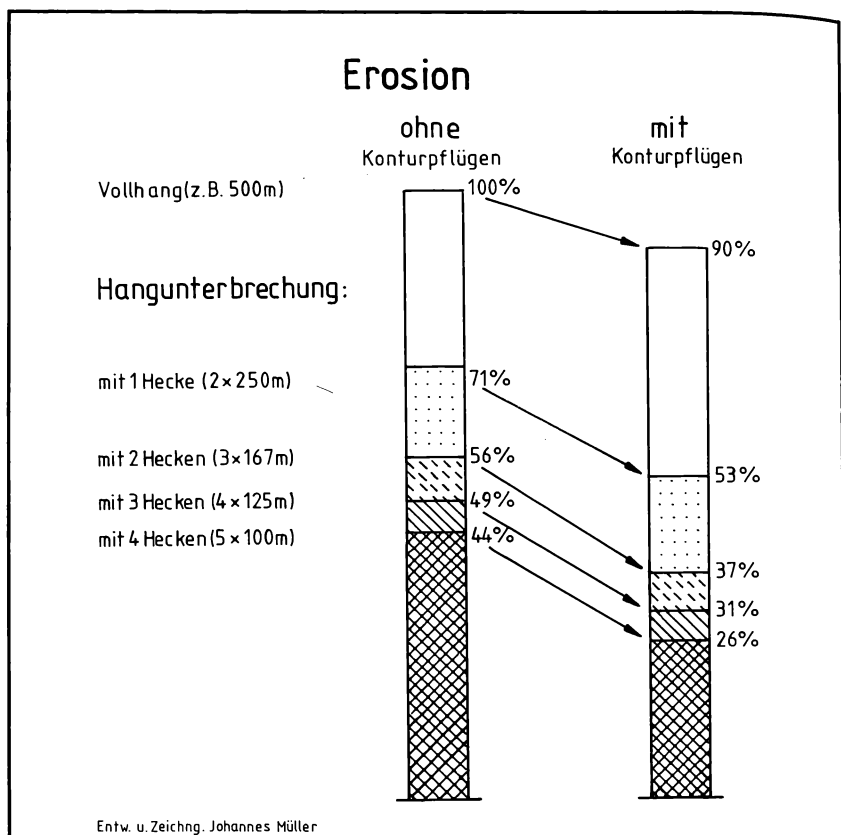


Fig. 23: Die mögliche Beeinflussung der Erosion mittels Hecken durch Hangunterbrechung (linke Säule) und in Kombination mit Änderung der Pflugrichtung (rechte Säule). Die relative Erosionsminderung (%-Werte) gilt auch für alle anderen absoluten Längen des Vollhangs. Eigener Entwurf.

P-Faktor

Die Umorientierung von Hangauf/-abpflügen auf Konturpflügen bringt, neigungsabhängig, eine erhebliche Erosionsminderung. Im besten Fall (Neigungen zwischen 3-8 %) halbiert sie sich unter der Voraussetzung, daß die entsprechenden maximalen Hanglängen beachtet werden (vgl. Tab. 6). Allein eine Kombination von Hangverteilung und dem dadurch praktisch bereits vorgegebenen Konturpflügen kann eine Reduzierung auf nur **ein Viertel** des ursprünglichen Wertes bewirken (vgl. Fig. 23, rechte Säule).

Weitere Maßnahmen im Bereich der Bodenbearbeitung und Fruchtfolge könnten den Abtrag dann noch weiter bis unter 10 % der vorherigen Werte reduzieren! Auch wenn ein Hang von 500 m durch lediglich eine einzelne Hecke halbiert wird und von vorherigem Senkrecht- auf Konturpflügen umgestellt wird, reduziert sich die Bodenerosion auf immerhin fast die Hälfte. Die Möglichkeiten, mittels Hecken den LS- und P-Faktor zu beeinflussen und die dadurch erreichbare Erosionsminderung sind in Fig. 23 zusammenfassend dargestellt. Die Werte gelten bei Hangneigungen über 5 %, darunter liegen sie etwas niedriger.

Selbstverständlich ist es erforderlich, daß die Hecken das Wasser vollkommen abfangen, dessen Menge von Hangneigung und Heckenabstand gesteuert wird. Entscheidend für die Unterbrechungs-Wirkung einer Hecke ist der Zustand des Unterwuchses und vor allem ein möglichst gut ausgebildeter Saum, da die abflußhemmende Wirkung von Gras oder dicht stehenden Kräutern weit stärker ist, als die von Wurzelwerk.

Ein wirkungsvoller Effekt ist nach Diez (1982, S.31) bei einer Hangneigung zwischen 3 % und 8 % ab einer Breite der Grasnabe oder einer vergleichbar dichten Vegetation von 3 m erreichbar. Dieser Wert entspricht einem gut ausgebildeten beiderseitigen Heckensaum. Für überschüssiges Wasser oder bei höherer Neigung wird ein breiterer Saum oder ein zusätzlicher Ableitungsgraben benötigt.

3.1.5 Interdependenzen zu anderen Funktionen

Da die Wassererosion das vordringlichste landschaftsökologische Problem auf den Gäuflächen ist, muß der entsprechenden Anordnung der Hecken an den betroffenen Stellen Priorität eingeräumt werden. Die Funktion Wassererosions-Schutz stellt die höchsten Ansprüche an die Dichte der Hecken, sodaß diese im allgemeinen auch für die anderen Funktionen als ausreichend angesehen werden kann.

Winderosions-Schutz

Der Erhalt der Ton- und Humus-Teilchen durch Verminderung der Wassererosion besonders in den oberen Bodenschichten verringert gleichzeitig auch die Anfälligkeit des Bodens für Winderosion. Das liegt an der verkitenden Wirkung dieser Teilchen für die übrigen Bodenpartikel und an ihrer Fähigkeit, Feuchtigkeit zu speichern. Hier zeigt sich deutlich der enge Zusammenhang zwischen Wasser- und Winderosion.

Im Übergang zu den Plateaus erfolgt eine Zunahme der Funktion Windschutz sukzessive bereits auf den mäßig geneigten (3 %-6 %) Oberhängen, wo der Wassererosionsschutz zwar noch dominiert, der dafür nötige Abstand der Hecken sich aber immer mehr vergrößert. Hier wird es deshalb nötig, bereits auf Windschutz ausgerichtete Hecken zwischenzuschalten und die Anordnung quer zum Hang aufzulockern. Dies ist sogar auf steileren Hängen kleiner Tälchen sinnvoll, da hier durch Kanalisierung hangparallele Winde auftreten können.

Mikroklima-Beeinflussung

Das aus Gründen des Erosionsschutzes abgefangene Oberflächenwasser sollte in Trockengebieten nicht ungenutzt in den nächsten Vorfluter abgeleitet werden. Obwohl ein Graben in diesem Fall für den Erosionsschutz an sich denselben Effekt hätte, kann das Wasser dem Ökosystem erhalten bleiben, indem es infiltriert wird. Hieran zeigt sich einmal mehr die enge Verknüpfung verschiedener Funktionen und der Wert einer integrierten Betrachtungsweise. Beide Funktionen gleichzeitig lassen sich jedoch nur mit biotischen Strukturen erreichen.

Hecken können bei ungünstiger Anordnung zu Kaltluftstaus führen (vgl. Abschnitt 3.3.4), obwohl dies in Hangbereichen weniger kritisch als auf der Ebene ist. Der Abfluß von Kaltluft von den Flächen vornehmlich durch Hangdellen sollte deshalb bereits bei der Funktion Wassererosions-Schutz beachtet werden. Durch entsprechende Durchlässe und versetzte Anordnung mehrerer kürzerer Hecken übereinander kann dies gewährleistet werden. Bilden diese in der Projektionslinie eine durchgehende Hangunterbrechung, dann bleibt die Wirksamkeit für die Hangunterbrechung erhalten.

Biotop für die Fauna

Auch auf steileren Hängen gab es früher senkrecht zum Gefälle angeordnete Hecken und zwar entlang von Wegen. Diese Strukturen sind besonders wichtig als Vernetzungen der quer stehenden Hecken-Biotope und als Migrationswege für Tiere mit wechselnden Lebensraumansprüchen.

Stabilisierung im Agrarökosystem

Ein Beispiel dafür sind Kröten, die teilweise die Feuchtgebiete der Talungen benötigen (Vermehrung) teilweise auf den Flächen ihre Nahrung (Ackerschädlinge) finden. Besonders auf flacher geneigten Hängen hätten Hecken, die rein auf das Kriterium Wassererosions-Schutz abgestellt sind, einen für manche Tierarten unüberwindlichen Abstand. Außerdem lägen dort dann nicht die gesamten Felder im Aktionsbereich der Nützlinge.

Eine Verringerung des Wasserabflusses, oberflächlich und ins Grundwasser, durch allgemeine, frühzeitige Infiltration und Speicherung im Ökosystem verbessert nicht zuletzt auch die Bodenfruchtbarkeit am Ort. Der Erosionsschutz reduziert die Abfuhr von Mineralstoffen, die ansonsten anderswo zur Eutrophierung führen. Der Schutz des Ton-Humus-Komplexes vor Erosion durch denselben Mechanismus verstärkt wegen dessen Speicherkapazität für Mineralstoffe diesen Effekt noch.

Visualisierung des Landschaftsbildes

Die Kombination von quer zum Hang, ursprünglich meist auf Terrassen stockenden Hecken mit einigen entlang von Wegen verlaufenden ist typisch für die mainfränkische Landschaft. Ohne die Auflockerung durch senkrecht zum Hang angeordnete Hecken wäre das ästhetische Bild einförmig.

3.1.6 Bewertung für die Mainfränkischen Gäuflächen

Um die Auswirkung der Wassererosion richtig bewerten zu können, muß zunächst festgestellt werden, von welchen Teilfaktoren die größte Gefahr ausgeht.

Bedeutung der Teilfaktoren der Wassererosion auf den Mainfränkischen Gäuflächen

Die verbreiteten Lößböden der Mainfränkischen Gäuflächen sind extrem erosionsgefährdet und führen dazu, daß praktisch flächendeckend die höchsten K-Faktoren Mitteleuropas erreicht werden.

Obwohl die Gäugebiete zunächst als "Flächen" erscheinen, nehmen im Bereich von Mulden oder Dellen die Neigungen (S-Faktor) schnell auf Werte von 3-9 % zu. Auch kann immer wieder beobachtet werden, daß Erosionsrinnen an etwas steileren Relieftteilen ansetzen und sich dann auch auf flacheren fortsetzen (vgl. Abb. 5). Diese mittleren Neigungen nehmen über die Hälfte des Untersuchungsgebietes ein und kontrollieren somit das Erosionsgeschehen im Gesamtökosystem.

Durch die Zusammenfassung mehrerer Felder bei der Flurbereinigung werden Hänge geschaffen, die enorme Längen (L-Faktor) erreichen. Auf den Gäuflächen geht somit die stärkste Erosionsgefährdung nicht von extremen Neigungen, sondern von den großen Hanglängen aus (S-Faktor).

Die Flanken kleiner Tälchen erreichen oft Neigungen von 10-20 % und stellen innerhalb der Landschaft einen Sonderfall dar. Obwohl diese extremen Neigungen insgesamt nur einen unbedeutenden Anteil der Gesamtfläche einnehmen, wird auch hier teilweise Ackerbau betrieben. Die früheren Flurbereinigungen legten die Felder gerade in diesen Steilbereichen oft senkrecht zum Hang an, sodaß bei den geringen Parzellenbreiten diese Pflugrichtung geradezu erzwungen wird und beängstigende Erosionsbeträge zustandekommen. In diesen Fällen ist nur eine Nutzungsänderung beispielsweise als Streuobstfläche zur Erosionsverminderung sinnvoll.

Zwei der auf den Mainfränkischen Gäuflächen am meisten angebauten Feldfrüchte - Zuckerrüben und Mais - treiben den C-Faktor in die Höhe. Hinzu kommt noch die Bodenverdichtung durch den Einsatz immer schwererer Landmaschinen namentlich beim Zuckerrübenanbau.

Maßnahmen, die die Bodenstruktur verbessern könnten, haben auf den intensiv genutzten Mainfränkischen Gäuflächen wenig Aussicht auf Erfolg. Der hohe Spezialisierungsgrad der Betriebe auf Ackerbau hat die organische Düngung weitgehend eingeschränkt und setzt ihrer Wiedereinführung enge Grenzen. Eine Änderung der Fruchtfolgen, vordringlich der Ersatz von Mais durch Leguminosen, würde praktisch auf Anbaubeschränkungen hinauslaufen und läßt sich kaum durchsetzen. Dasselbe gilt für reduzierte Bodenbearbeitung und wegen der Wasserkonkurrenz für erosionsmindernde Zwischenfrüchte und Untersaaten.

Die Flurbereinigungen aus der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts legten die neuen Gewanne nach einem streng schematischen Muster an, das kaum einen Bezug zum Relief aufweist. Leider wurde und wird bei den Zweitebereinigungen diese Fluraufteilung beibehalten und die dabei durchgeführte Zusammenlegung eines Gewanns zu einem neuen Feld führt regelmäßig nicht nur zu sehr großen Hanglängen, sondern obendrein zum Pflügen mit dem Gefälle, was hohe P-Faktoren bewirkt.

Möglichkeiten und Grenzen der Erosionsbekämpfung auf den Mainfränkischen Gäuflächen

Gerade bei den auf den Gäuflächen vorherrschenden mäßigen Neigungen läßt sich die Erosion mit Konturpflügen und Hangunterbrechungen sehr wirksam bekämpfen. Eine der effektivsten und gleichzeitig praktikabelsten Methoden, um beide Ziele gleichzeitig zu erreichen, ist die Anlage von Hecken quer zum Hang. Auch bei Anerkennung der heutzutage angestrebten Feldgößen kann der Erosion wirksam begegnet werden, wenn die

Felder nur höhenlinienparallel entsprechend gestreckt und in dieser Richtung dann auch gepflügt werden. Zum Abfangen und Infiltrieren des Oberflächenabflusses bieten sich natürliche Strukturen wie Hecken an, da sie gleichzeitig weitere Funktionen im Ökosystem bereitstellen und optisch besser zum Initiieren dieser Pflugrichtung geeignet sind als z. B. Raine.

Wenn solche Maßnahmen eine Wirkung zeigen sollen, so ist ein Gesamtkonzept für großräumige Umstrukturierungen wie Neubemessung der Felder und Neuanlage von Hecken zumindest auf Gemarkungsebene nötig. Dies läßt sich nur im Rahmen einer Flurbereinigung durchführen, weshalb diese Chance unbedingt genutzt werden sollte. Nachträgliche Einzelmaßnahmen können nur erheblich geringere Wirkungen erzielen.

Beeinflussung der entscheidenden Erosionsfaktoren auf den Mainfränkischen Gäuflächen

Um sowohl die unter den konkreten ökologischen Bedingungen der Mainfränkischen Gäuflächen für das Erosionsgeschehen entscheidenden Steuerungsfaktoren herauszuarbeiten, als auch das Ausmaß der Erosion und ihrer Verminderung durch Hecken quantitativ beurteilen zu können, werden im folgenden die Erosionswerte nach der Wischmeier-Formel (Schwertmann, 1981) berechnet und im Überblick dargestellt.

Innerhalb eines ökologisch einigermaßen homogenen Raumes wie den Mainfränkischen Gäuflächen werden Unterschiede im Ausmaß der Erosion in erster Linie vom LS- und vom P-Faktor verursacht. Um die Zahl der zu berücksichtigenden Fälle nicht zu stark steigen zu lassen und dadurch die Gesamtaussage aus den Augen zu verlieren, kann für die übrigen Faktoren ein Durchschnittswert angenommen werden, da diese hier nur innerhalb relativ geringer Grenzen schwanken.

Für die Mainfränkischen Gäuflächen schwankt der R-Faktor nur geringfügig um 48. Als K-Faktor für die vorherrschenden Lössböden wurde bei den Berechnungen 0,5 angesetzt, der Mittelwert zwischen erodierter Parabraunerde und Pararendzina. Der C-Wert wurde mit 0,3 angenommen, dem Durchschnitt für Fruchtfolgen mit den hier verbreiteten Zuckerrüben und Mais.

Als Kontrolle diene das Vergleichsgebiet bei Fuchsstadt (Kapitel 2.2.3), dessen Abtragungswert bei 8,8 % durchschnittlicher Neigung und 408 m Hanglänge mit 23 t/ha/Jahr gemessen wurde. Mit den obigen Faktoren erhält man rechnerisch ein fast übereinstimmendes Ergebnis 24,3 t/ha/Jahr.

Hangneigung und Hanglänge

In Tabelle 8 sind die für die Mainfränkischen Gäuflächen in etwa zu erwartenden Erosionsbeträge in Abhängigkeit von Hanglänge und Hangneigung zusammengestellt. Für die Pflugrichtung wurde zunächst der schlechteste Fall $P=1$ zugrundegelegt, der noch entsprechend verbessert werden kann.

Auffällig ist der extreme Unterschied zwischen flachen und kurzen Hängen einerseits sowie langen und steilen Hängen andererseits. Dies zeigt, daß beide Faktoren nie isoliert betrachtet werden dürfen, weshalb sie ja auch im LS-Faktor zusammengefaßt sind.

Tabelle 8: Durchschnittliche Erosionsbeträge auf den Mainfränkischen Gäuflächen in t/ha/Jahr in Abhängigkeit von Hangneigung und Hanglänge. Als gleichbleibend sind angesetzt: $R=48$, $K=0,50$, $C=0,30$; $P=1$ (Begründung im Text). Die Kombination steiler Neigungen mit extremen Hanglängen ist nur der Vollständigkeit halber angegeben, unterstreicht aber die Gefährlichkeit besonders der Kombination beider Faktoren.

Neigung in %	Hanglänge in m						
	25	50	100	200	300	400	500
1	0,9	1,1	1,3	1,6	1,8	2,0	2,2
2	1,4	1,7	2,1	2,5	2,9	3,2	3,4
4	2,7	3,5	5,0	6,1	7,2	8,3	9,0
6	4,5	6,1	8,8	12,2	15,1	18,8	20,1
9	7,6	10,8	15,3	21,6	26,3	31,0	34,4
12	11,9	16,8	23,8	33,1	41,0	47,9	52,9
16	18,7	25,9	37,4	52,6	64,8	72,3	82,8
20	26,6	37,4	50,4	75,6	93,6	108,8	120,9

Vergleich von Hangauf-/abwärtspflügen mit Querpflügen

Fig. 24 zeigt graphisch den Verlauf der Erosionswerte für beide Pflugrichtungen in Abhängigkeit von Hanglänge und -neigung. Die graphische Darstellung der Tabellenwerte (senkrechtpflügen) fördert geringfügige Unkorrektheiten in Form des nicht völlig geraden Kurvenverlaufs zutage, die sich auf Ableseungenauigkeiten des Nomogramms (a.a.O.) sowie Rundungsfeh-

ler zurückführen lassen. Für die bearbeiteten Fragestellungen haben sie in diesem Rahmen aber keine Bedeutung.

Leider sind weder bei Schwertmann (1981) noch bei Wischmeier (1978) noch in der Sekundärliteratur Angaben zu finden, welchen Wirkungsgrad das Querpflügen außerhalb der optimalen Hanglängen hat. Man kann als sicher annehmen, daß er nicht abrupt auf Null fällt, sondern sich kontinuierlich verändert. Es ist also auch über den Bereich der optimalen Wirksamkeit hinaus sehr sinnvoll, quer zum Hang zu pflügen und Hecken entsprechend anzuordnen. Da diese Frage jedoch bei der Planung der Fluraufteilung (vgl. Abschnitt 5.1.3) Bedeutung erlangt, wird für die Darstellung vorläufig angenommen, daß sich der Wirkungsgrad je 100 m um 20 % verringert (also von $P=0,5$ auf 0;6; 0,7; 0,8; ...), beim letzten Schritt um 10 % (...0,9; 0,95).

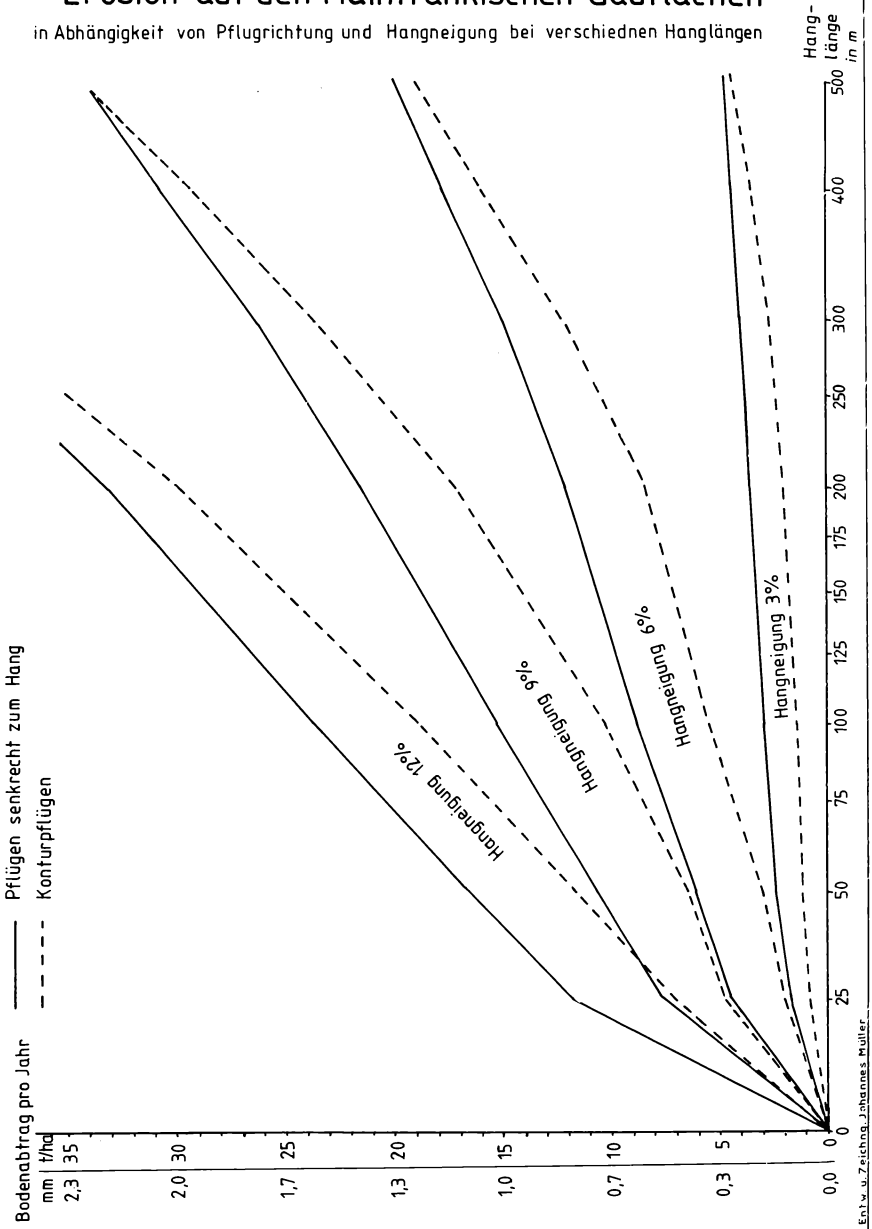
Der ungleichmäßige Verlauf der Kurven für Querpflügen resultiert aus dem veränderlichen Wirkungsgrad dieses Faktors. Es wird deutlich, daß er im Bereich zwischen 3 und 8 % am höchsten ist mit einem Optimum im Bereich der kurzen Hanglängen (größter Abstand zwischen dem gestrichelten und durchgezogenen Kurvenpaar einer Hangneigung).

Außerdem zeigt die Graphik, daß die Erosionsminderung in absoluten Werten abhängig von der Hangneigung ebenfalls unterschiedlich ist (unterschiedlicher Abstand zwischen den gestrichelten und durchgezogenen Kurven der verschiedenen Hangneigungen).

Fig. 24 (folgende Seite): Durchschnittliche absolute Erosionsbeträge in t/ha/Jahr auf den Mainfränkischen Gäuflächen. Als gleichbleibend wurden vorausgesetzt: $R=48$; $K=0,50$ (Durchschnitt erodierte Parabraunerde und Pararendzina auf Löß); $C=0,30$ für Fruchtfolgen mit Getreide, Zuckerrüben und Mais. Auf den steilen Neigungen treten schon bei sehr kurzen Hängen extreme Erosionswerte auf. Die Spreizung der Kurven für Senkrecht- und Querpflügen zeigt, wo das Konturpflügen seine maximale Wirkung entfaltet ($P=0,50$) und wie es mit zunehmender Hanglänge an Wirksamkeit verliert. Eigener Entwurf.

Erosion auf den Mainfränkischen Gäuflächen

in Abhängigkeit von Pflugrichtung und Hangneigung bei verschiedenen Hanglängen



Auswertung

Als Schlußfolgerung dieser Ergebnisse läßt sich zusammenfassen:

- Der Bodenabtrag kann unter den Bedingungen auf den Mainfränkischen Gäuflächen Werte erreichen, die einer durchschnittlichen flächenhaften Profilverkürzung von über einem bis mehrere Millimeter im Jahr entsprechen, sodaß die Erosion zusammen mit der Biotop-Ausräumung als das vordringlichste landschaftliche Problem eingestuft werden muß.
- Die Gefährdungsgrenze für Wassererosion auf den Mainfränkischen Gäuflächen kann bei 3 % Hangneigung angesetzt werden, da die Bodenerosion auf flacherem Gelände die Marke von 5 t/ha/Jahr auch unter ungünstigen Umständen nicht erreicht. Schon bei mäßigen Neigungen zwischen 3 % und 6 % können sich jedoch selbst mit Konturpflügen Erosionsbeträge ergeben, die die 10 t-Marke überschreiten.
- Die größte Gefahr geht von der Kombination steiler Neigungen mit langen Hängen aus.
- Die Wirksamkeit des Konturpflügens besitzt ein Optimum zwischen 3 % und 8 % Neigung, allerdings nur bei Beachtung der maximalen Hanglängen. Folglich ist bei langen Hängen Konturpflügen ohne gleichzeitige Hangunterbrechung nur eingeschränkt sinnvoll.
- Demgegenüber wird bei steileren Hängen die Hangunterbrechung wesentlich wichtiger, da dort das Konturpflügen immer mehr an Wirksamkeit verliert.
- Die Kombination von Hangunterbrechung mit Konturpflügen vervielfacht die erosionsvermindernde Wirkung, weshalb ein der Landschaft angepaßtes Konzept mit Anwendung der verschiedenen Maßnahmen notwendig ist.
- Die angeführten Maßnahmen sind nach oben in ihrer Wirksamkeit begrenzt. Extreme Erosionsbeträge sehr steiler Hänge (längenabhängig ab etwa 12 % Neigung) lassen sich nur durch Aufgabe des Ackerbaus auf tolerierbare Werte senken.

3.2 Funktion Winderosions-Schutz



Abb. 6: Ökologischer Fehlschlag einer neugepflanzten Windschutz-Hecke, wegen der Mißachtung aller Funktionszusammenhänge. Die Wirkung dieser als Windschutzstreifen angelegten Hecke erstreckt sich maximal etwa 70 m weit in die auf Kilometer ausgeräumte Landschaft. Die Ästhetik der für Mainfranken gänzlich untypischen Struktur ist eher negativ zu bewerten und die Biotopvielfalt wird nicht nennenswert gesteigert. Ein Effekt ist am ehesten für die Vernetzung von zwei an den Endpunkten gelegenen Wäldchen zu erkennen, was jedoch völlig an der angestrebten Zielsetzung vorbeigeht.

Bereits in der Einleitung zu Abschnitt 3.1 wurde festgestellt, daß der Prozeß der Erosion im Partialkomplex Boden durch zwei **Ökofaktoren** gesteuert wird: neben dem Oberflächenabfluß auch durch den Wind, und daß es zwischen beiden mehrfache Interdependenzen gibt.

Die Einwirkung desselben Faktors Wind beeinflusst im Landschaftshaushalt nicht nur einen **Partialkomplex**, sondern neben

1. dem Boden auch das
2. das Mikroklima.

In beiden Fällen läßt sich ein direkter Zusammenhang herstellen zwischen der Beeinflussung des Windfeldes am Boden und der Intensität der Auswirkung. Da die Rolle, die Hecken dabei spielen können, dieselbe ist, wird zunächst der **Wirkungsmechanismus des Ökofaktors Wind** im Landschafts-Ökosystems zusammenfassend dargestellt, bevor die Auswirkungen auf die beiden **Prozesse**

1. Winderosion und
2. Evaporation/Taufall

und deren Bedeutung für den Landschaftshaushalt der Mainfränkischen Gäuflächen getrennt beleuchtet werden.

3.2.1 Problematik

Die Bedeutung des Windes für die Erosion auf den Gäuflächen Mainfrankens ist sehr umstritten. Wenn das Amt für Landwirtschaft und Bodenkultur (1981, S.1) feststellt, daß "Beweise für nennenswerte Verlagerungsvorgänge fehlen", dann ist diese Aussage zwar so richtig, geht aber am Problem vorbei.

Sicherlich kann die Winderosion nicht mit derjenigen etwa in Küstengebieten verglichen werden. Da genaue Untersuchungen für die Mainfränkischen Gäuflächen fehlen, muß aufgrund der Erkenntnisse aus anderen Gebieten Süddeutschlands (vgl. Abschnitt 2.2.5) davon ausgegangen werden, daß das Ökosystem zwar nicht durch massive äolische Bodenverlagerungen betroffen ist, dennoch aber durch den Wind beeinflusst wird, zumindest da derzeit **Gegenbeweise** ebenso fehlen.

Keine Erkenntnisse liegen beispielsweise darüber vor, in wieweit der Wind Partikel im Bodenverband zu lockern vermag und der Wassererosion dadurch Vorschub leistet, daß ein geringerer Teil der Scherkräfte des Ober-

flächenabflusses für diesen Mechanismus beansprucht werden.

Der Wind greift die leichteren Bodenteilchen heraus und verweht diese wenigstens auf geringe Entfernung, was jeder Landwirt auf den Gäuflächen bestätigen kann. Diese selektive Erosion wirkt sich überproportional stark aus, da es sich bei den leichteren Partikeln um die Träger der Bodenfruchtbarkeit handelt. Auch eine nur kleinräumige Umlagerung etwa von einer Kuppe in eine Delle kann so bereits Folgen zeitigen, ohne daß dem Gesamtokosystem diese Teilchen verlorengehen.

Auch wenn andere Funktionen im Vordergrund stehen lohnt es sich in jedem Fall, Windschutz-Mechanismen zumindest mit zu beachten, schon allein wegen des gleichen Wirkungsmechanismus im Falle der Beeinflussung des Mikroklimas.

3.2.2 Strömungstechnik des Windfeldes

Nach Geiger (1951, S. 108-109) werden in Bodennähe zwei Komponenten der Luftbewegung wirksam: die Windgeschwindigkeit und der Austausch. Generell nimmt die Windgeschwindigkeit vom Boden in die Höhe erheblich zu, wobei die Zunahme anfangs am stärksten ist und langsam mit der Höhe abnimmt. Als wesentliche Komponente tritt hierzu aber noch die Turbulenz, die teilweise entgegen der Windrichtung verlaufen kann, teilweise diese momentan erheblich verstärkt. Die Turbulenz, die auch bei sehr geringen Windgeschwindigkeiten vorhanden ist, sorgt in erster Linie für den Massenaustausch.

Nur über völlig ebenen Oberflächen greift das Windgeschehen direkt bis ganz zum Boden (Rauigkeitshöhe=0). Im Normalfall aber liegt über dem Boden eine Luftschicht, die von lebhaftem Massenaustausch und geringen Windgeschwindigkeiten gekennzeichnet ist. Die Höhe dieser Schicht hängt ab von der "Rauigkeit" der Oberfläche, die neben dem Relief von der Art der Vegetation bestimmt wird, wie Tabelle 9 zeigt. Die Bremswirkung auf den Wind erstreckt sich dabei je nach Wirksamkeit der entsprechenden Vegetation ein Stück weit in die darüberliegende Luftschicht.

Tabelle 9: Mittlere Rauigkeitshöhen (Luftschicht mit geringem Austausch) bei verschiedenen Vegetationstypen. Daten aus: Geiger, 1951, S.108.

Vegetationstyp	Rauigkeitshöhe
Rasen (Flugplatz)	0,1 m
Wiese	0,2 m
Rübenacker bei Reife	0,5 m
Heckenlandschaft (Herbst/Frühj.)	0,7 m
Getreidefeld bei Reife	1,3 m

"Die erste Forderung für Schaffung eines künstlichen Windschutzes ist somit die Erhöhung der Rauigkeit zum Abheben der freien atmosphärischen Windströmungen von dem zu schützenden Boden." (Geiger, 1951, S. 108). Dabei wirkt die Herabsetzung der absoluten Windgeschwindigkeit direkt auf das Maß der Bewegung von Bodenteilchen (Winderosion), während die Beruhigung der Turbulenzen in der bodennahen Luftschicht den Austausch mit höheren Schichten vermindert und die Umsetzungsprozesse mehr innerhalb der Bodenschicht konzentriert werden (Mikroklima). Wie Tabelle 9 zeigt, gibt es Vegetation, die einen höheren Rauigkeitswert besitzt, als eine Heckenlandschaft. Die Bedeutung der Hecke liegt vielmehr in ihrer permanenten Wirkung, während z.B. ein Getreidefeld nur für die kurze Zeit der Reife den angegebenen Wert erreicht. Hecken schützen den Boden gerade dann, wenn die Acker-Pflanzen noch nicht ausgekeimt sind und später, bei deren Heranwachsen, die Feldfrüchte selbst.

3.2.3 Wirkungsmechanismus der einzelnen Hecke

Um eine möglichst hohe Schutzwirkung zu erzielen, müssen einige Grundsätze bei der Gestaltung von Windschutzanlagen eingehalten werden. Der Grad der Effektivität ist dabei wiederum derselbe für Winderosion und Mikroklima.

An jedem Einzelhindernis wird der Wind zum Aufsteigen gezwungen. Danach behält er diese Bewegungsrichtung noch für kurze Zeit bei, um dann wieder abzusinken, was allerdings wesentlich langsamer erfolgt. Daher läßt sich eine Schutzwirkung auch im Luv feststellen, im Lee erstreckt sie sich

jedoch über eine erheblich größere Entfernung. Da die Reichweite direkt von der Hindernishöhe abhängt, wird sie generell in Vielfachen der Höhe angegeben. Bläst der Wind eine Hecke senkrecht an, so läßt sich eine 10 %ige Abschwächung ab etwa 5facher Höhe im Luv bis zu rund 25facher Höhe im Lee feststellen. Die Wirkung ist jeweils in Heckennähe am stärksten und vermindert sich mit der Entfernung kontinuierlich, wie aus Fig. 25 ersichtlich ist.

Aus Fig. 25 d geht jedoch auch hervor, daß es Unterschiede bei den einzelnen Streifen je nach Anordnung und Grad der Durchblasbarkeit gibt. Die Experimente von Kreutz und Walter (1958) haben gezeigt, daß mit zunehmender Dichte die Schutzwirkung unmittelbar hinter dem Hindernis zwar ansteigt, jedoch auf eine viel kürzere Strecke zusammengedrängt wird, was man analog an Waldrändern beobachten kann, deren Schutzzone in keinem Verhältnis zur Breite des Waldes steht.

Mit zunehmender Dichte steigt der Turbulenzgrad im Lee unmittelbar hinter dem Hindernis, sodaß im Extremfall hier die Erosion und Durchmischung der Luft sogar heraufgesetzt werden können (Fig. 25 a).

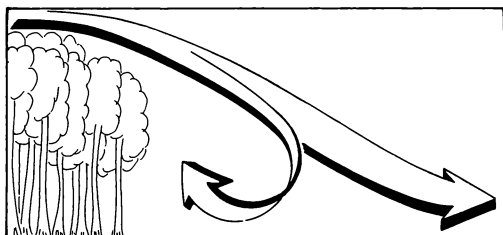
Umgekehrt sinkt der Wirkungsgrad ab einer bestimmten Auflockerung wieder ab. Es kann sogar zu Negativwirkungen kommen. Wird beispielsweise der Luftstrom zwischen Alleebäumen eingeengt oder kann die Luft unter Heckensträuchern mit zu geringem Bodenabschluß hindurchströmen, so kommt es hier zu einer Düsenwirkung mit Windverstärkung (Fig 25 b). Allerdings steht einer solchen Situation dann die positive Bremswirkung auf weitere Entfernung gegenüber, sobald die Einengung durchströmt ist.

Diese Zusammenhänge zeigen, daß es beim Windschutz nicht auf eine bloße Abschirmung ankommt, sondern daß es hier auf eine möglichst effektive *Absorption der Energie* von ihrem Träger Wind ankommt.

Betrachtet man nicht nur eine Windschutzanlage allein, sondern die Landschaft insgesamt, so wird deutlich, daß eine allgemeine Abhebung des Windgeschehens vom Boden den effektivsten flächenhaften Schutz bietet (Fig. 25 c).

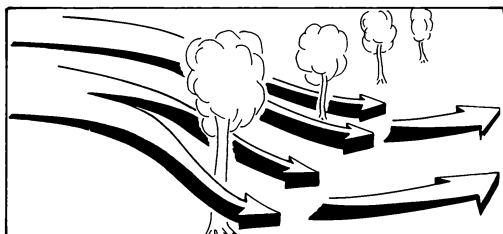
Fig. 25 (folgende Seite): Beeinflussung des Windfeldes durch Kleinstrukturen in der Landschaft. Eigener Entwurf. Teil d nach Geiger, 1951, S. 110.

Beeinflussung des bodennahen Windfeldes durch Landschafts-Strukturen



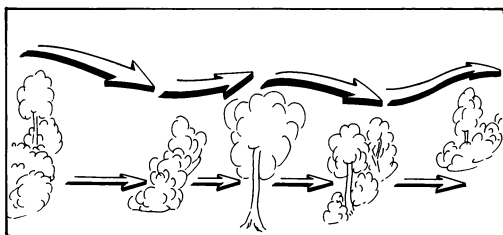
geschlossenes
Hindernnis:

schmale Schutzzone,
Wirbelbildung



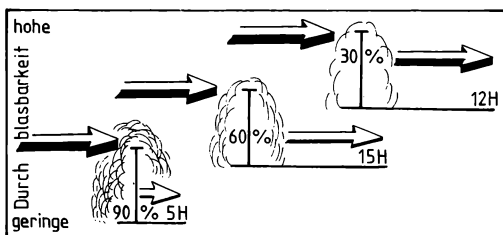
weitmaschiges
Hindernnis:

Düsenwirkung



strukturreiche
Landschaft:

Abhebung der Wind-
dynamik vom Boden



mittlere
Durchblasbarkeit:

effektivste
Energie-Absorption

% = Windabschwächung in % unmittelbar hinter dem Hindernis
H = Reichweite in Vielfachen der Hindernis-Höhe

Lebende Windschutzanlagen setzen dem Wind nicht nur ein Geflecht von schmalen Hindernissen (Astwerk) entgegen, ihr Blattwerk bewirkt durch seine insgesamt sehr große Oberfläche und seine Beweglichkeit eine effektive Energieabsorption. Rein auf die Windschutzwirkung abzielende Strukturen sollten deshalb zu 30 - 50 % durchblasbar sein, was von einer zweireihigen Hecke am besten erfüllt wird (Kreutz und Walter, 1958, S. 281; vgl. Fig 25 d).

3.2.4 Nebenwirkungen und Interdependenzen zu anderen Funktionen

Es muß berücksichtigt werden, daß die Durchblasbarkeit der Hecke mit dem winterlichen Laubfall steigt, was von Kreutz und Walter (1958) nicht diskutiert wird. Der kritischste Zeitraum für die Winderosion liegt wegen der kahlen Felder und erhöhten Windstärken im zeitigen Frühjahr und im Herbst. Da hier die volle Belaubung noch nicht bzw. nicht mehr gegeben ist, wäre eine dreireihige Hecke einer zweireihigen vorzuziehen.

Ein Problem stellt die Umströmung der Hecke dar. Die Schutzwirkung reicht nur bis etwa 20 m seitlich neben die Projektionslinie der Hauptwindrichtung, wo wieder der Normalwert erreicht ist. Von hier aus seitwärts steigt die Windgeschwindigkeit jedoch bis auf 130 % des Normalwertes in einer Entfernung von 100 m neben der Hecke an, bevor sie wieder langsam auf den Normalwert zurückgeht. Diese Schwierigkeit läßt sich nur durch eine sinnvolle flächenhafte Planung mit einer entsprechenden Staffelung der Hecken umgehen.

Die in der Vergangenheit vereinzelt angelegten extrem langgezogenen Anlagen (vgl. Abb. 6) haben den Nachteil, daß sie nur einen sehr schmalen Streifen der Flur zu schützen vermögen und keinen flächenhaften Schutz im Sinne einer allgemeinen Abhebung des Windgeschehens vom Boden bieten können. Außerdem laufen sie mehreren anderen Funktionen zuwider.

Wassererosion

Die Bodenerosion durch Wasser spielt zwar auf flachen Gebieten unter 3 % Neigung eine geringe Rolle. Gleichwohl läßt sie sich durch die primär als Windschutz angelegten Hecken sogar noch reduzieren, da auch diese das Abfließen des Wassers vermindern. Weit wichtiger wird dieser Effekt jedoch

dadurch, daß das von den Flachbereichen ablaufende Wasser verringert wird und sich die Gesamtmenge des erosiv wirksamen Wassers auf den **anschließenden Hängen reduziert**. Auch hieran zeigt sich, daß ökologische Funktionen in der Landschaft nicht isoliert auf einen Standort bezogen gesehen werden dürfen, sondern im Gesamtzusammenhang zu bewerten sind.

Leider finden sich in der Literatur keine Hinweise, ob und in wie weit die Lockerung von Bodenpartikeln durch Wind deren anschließenden Transport durch Wasser begünstigt. Da zusammengetragener Boden generell stärker erosionsgefährdet ist als gewachsener, muß ein solcher Zusammenhang zwischen Wind- und Wassererosion unterstellt werden. Es existieren keine Untersuchungen darüber, welcher Teil des in den Tälern zusammengeschwemmten Bodens vorher auf den Höhen durch den Wind gelockert wurde.

Mikroklima-Beeinflussung

Vor allem auf ebenen Flächen, auf denen Kaltluft entsteht, muß auf die Abstimmung zwischen Windschutz und Frostgefahr geachtet werden (siehe Abschnitt 3.3.4). Hier bereiten lockere, verteilte Strukturen mit ausreichend Durchlässen weit weniger Probleme, als einheitliche, langgezogene Hecken.

Biotop

Aus botanischer Sicht ist ebenfalls eine dreireihige Heckenanlage einer zweireihigen vorzuziehen. Da der Windschutz hierbei nur wenig unter dem einer zweireihigen liegt, kann diese Forderung ohne allzu große Einbußen an Wirksamkeit erfüllt werden.

Eimern (1959, S. 738) fordert eine unruhige Firstlinie der Hecke um horizontale Wirbel zu vermeiden und das Wiederanlaufen des Windes zu verteilen. Dies läßt sich durch einzelne, nicht zurückgeschnittene Überhälter erreichen, was gleichzeitig eine hervorragende Ergänzung der Habitatvielfalt der Hecke insbesondere für Vögel bewirkt.

Sehr wichtig ist ein guter Bodenabschluß der Heckensträucher. Zum einen verhindert er eine nachteilige Düsenwirkung, andererseits benötigen ihn die zahlreichen bodenbrütenden Vögel als Abschirmung, besonders bei der Brut und Überwinterung. Dieser Forderung werden die heimischen Heckensträucher am besten gerecht.

Stabilisierung im Agrarökosystem

Eine möglichst gleichmäßige Verteilung von Hecken als Ausgangspunkte nützlicher Tierarten in der Flur stellt eine unabdingbare Voraussetzung für

eine funktionsfähige biologische Schädlingskontrolle dar. Dies kann von wenigen langgezogenen Hecken, wie sie teilweise als Windschutz angelegt wurden, nicht geleistet werden.

Visualisierung des Landschaftsbildes

Eine aufgelockerte Struktur kommt ebenso der Funktion Visualisierung des Landschaftsbildes zugute. Schematisch angelegte Hecken stellen kaum einen ästhetischen Gewinn für eine Landschaft dar, wie Abb. 6 verdeutlicht. Diese Anordnung wird sofort als nicht natürlich erkannt, da sich jede gewachsene Struktur durch eine gewisse Unregelmäßigkeit auszeichnet. In diesem Sinne ist auch eine durch Überhölzer unruhige Firstlinie von Hecken von hohem landschaftsästhetischen Gestaltwert.

Bei der Forderung nach aufgelockerten, nicht schematischen Strukturen zeigt sich eine starke Übereinstimmung zwischen den ästhetischen Kriterien Vielfalt und Natürlichkeit und den Funktionen flächenhafter Windschutz und Stabilisierung des Agrarökosystems.

3.2.5 Bewertung für die Mainfränkischen Gäuflächen

Eimern stellt generell fest, daß Windschutzanlagen auch in Süddeutschland sinnvoll seien, was besonders für freie Lagen und die Lößstandorte gelte (1959, S. 734). Genau diese beiden Faktoren kommen auf den Mainfränkischen Gäuflächen zusammen.

Der Datenvergleich von Kapitel 2.2.6 dürfte deutlich machen, daß die Gefahr der Winderosion auf den Mainfränkischen Gäuflächen allgemein nicht zu unterschätzen ist. Wegen der selektiven Wirkung der Winderosion auf feine Boden- und Humuspartikel leidet besonders die Bodenfruchtbarkeit.

Die Anfälligkeit des Bodens für Winderosion wird klimatisch begünstigt und gesteuert. Von größter Wichtigkeit ist dabei die Beachtung der **jahreszeitlichen Veränderungen der Einflußfaktoren**. Die Zeit der größten Trockenheit im Februar bis April fällt auf den Mainfränkischen Gäuflächen zusammen mit hohen Windstärken, während der Boden weitgehend ungeschützt von Vegetation daliegt. Zu diesem Zeitpunkt ist die Wintersaat noch klein, die Sommersaat noch gar nicht aufgegangen, was in besonderem Maß für die hier verbreitet angebauten Zuckerrübenfelder gilt.

Demgegenüber ist der Boden trotz ebenso starker Winde im Herbst wegen der Bedeckung mit Vegetation bzw. Stoppeln und im Herbst und Winter wegen der höheren Bodenfeuchte kaum gefährdet. Für die Mainfränkischen Gäuflächen liegt die Zeit der stärksten Erosionsgefährdung durch Wind somit im zeitigen Frühjahr.

Da eine Veränderung der Anbaugewohnheiten, vermehrte Wintersaaten oder Untersaaten nur sehr schwer durchzusetzen sind, verbleibt als einzige Möglichkeit die Reduzierung der Windgeschwindigkeiten durch eine "Aufrauhung" des Landes mit Hilfe einer gesteigerten Strukturvielfalt, wozu sich Hecken in hohem Maße eignen.

Gerade zum Zeitpunkt der stärksten Erosionsgefährdung lassen sich aber **keine einheitlichen Windrichtungen** feststellen (vgl. Fig. 12). Einheitlich in einer bestimmten Richtung ausgerichtete Windschutzhecken wären daher nur eingeschränkt wirksam. Auch deshalb wäre es am sinnvollsten, die flachen Relieftteile mit einem lockeren Netz von Hecken und anderen Strukturelementen wie Einzelbäumen, Gebüsch und Feldgehölzen zu überziehen.

Zu beachten ist ferner die mögliche Umlenkung der Windrichtung durch die lokale Morphologie infolge Kanalisierung. So kann bei Tälern mit einer Abweichung der vorherrschenden Windrichtung von nicht mehr als etwa 45 Grad von einer Umlenkung in tallängs wehende Winde ausgegangen werden, wie das Beispiel Wetterwarte Stein im Maintal zeigt (vgl. Kap. 2.2.5).

Hecken, die dem Windschutz dienen, beeinflussen in dieser Funktion zwangsläufig auch das Mikroklima, da dieses durch die Windsituation entscheidend mitgesteuert wird.

3.3 Funktion Beeinflussung des Mikroklimas



Abb. 7: Typischer, exponierter, dem atmosphärischen Windgeschehen ungeschützt ausgesetzter Plateaubereich auf den Mainfränkischen Gäuflächen. Um die Auswehung fruchtbaren Feinmaterials sowie die Evaporation v.a. der bodennahen Luftschicht zu reduzieren müßte das atmosphärische Windgeschehen durch eine Ausstattung mit Hecken und anderen Kleinstrukturen vom Boden abgehoben werden. Bei allen landschaftsbaulichen Maßnahmen muß jedoch in diesen Kaltluft-Entstehungsgebieten (Foto: Gewinn "Im Kalten Feld", Gemarkung Gaukönigshofen) die Gefahr von Kaltluftstaus beachtet werden.

Im vorherigen Abschnitt wurden die Wirkungsmechanismen untersucht, über die Hecken in das Windgeschehen der bodennahen Luftschicht eingreifen. Der *Ökofaktor Wind* beeinflusst neben dem Boden auch den *Partialkomplex Mikroklima* über dieselben Mechanismen. Während diese deshalb hier nicht mehr beschrieben zu werden brauchen, ist zwischen den *Prozessen* innerhalb der Partialkomplexe funktional klar zu differenzieren.

Während die Erosion erst ab einer bestimmten Windstärke zum Problem wird, wirken sich dagegen bereits geringste Veränderungen der Bodenvindsituation auf die mikroklimatischen Parameter aus. Dabei ist noch zwischen der Nahwirkung und der flächenhaften Beeinflussung zu unterscheiden.

Die *Beeinflussung der mikroklimatischen Parameter* muß methodisch deutlich von der *Bewertung* dieser Veränderungen *für die landwirtschaftliche Nutzung* getrennt werden. Letztere hängt dabei ganz von der Kombination mit den lokalen Klima- und Bodenbedingungen ab: Edaphische Trockenheit oder Staunässe, hohe oder geringe Niederschläge?

3.3.1 Problematik

Die Möglichkeit, mikroklimatische Parameter wie Verdunstung oder Frost durch Hecken und andere biotische Landschaftselemente zu beeinflussen, ist im Prinzip unumstritten und wird seit langem praktiziert. In der bäuerlichen Kulturlandschaft wurden zahlreiche solcher Strukturen bewußt zu diesem Zweck angelegt, was leider im Zusammenhang mit der Technisierung oft in Vergessenheit geraten ist.

Es existiert eine Anzahl wissenschaftlicher Untersuchungen zu vielen einzelnen dieser Parameter, auch mit quantitativen Ansätzen, auf die im folgenden teilweise aufgebaut wird. Ein derzeit längst nicht befriedigend zu lösendes Problem ist die durchgehend quantitative Untersuchung der Beeinflussung des gesamten Mikroklimas mit allen seinen Parametern und deren Wechselwirkungen in einem flächenhaft ausgedehnten Landschaftsausschnitt.

Genau das: eine Aussage zur *flächenhaften und simultanen Beeinflussung sämtlicher mikroklimatischer Parameter* durch Hecken steht jedoch hier zur Debatte und kann nicht mit dem lapidaren Hinweis auf die Unmöglichkeit einer quantitativen Absicherung abgetan werden.

Aus diesem Grund ist man auf absehbare Zeit noch darauf angewiesen, sich aus quantitativen Einzeluntersuchungen ein Bild zu machen und danach deduktiv qualitative Schlüsse über die Veränderung des gesamten Partialkomplexes zu versuchen.

Die **Bewertung** der Beeinflussung des Mikroklimas hängt ganz vom angelegten **Maßstab** ab. Legt man die landwirtschaftliche Nutzung zugrunde, so ergibt sich der Wert oder Schaden für die landwirtschaftlichen Kulturen erst aus dem **Zusammenhang** der lokalklimatischen und edaphischen **Gesamtbedingungen**. Das heißt beispielsweise, ob schwere Böden, hohe Niederschläge und niedrige Temperaturen ohnehin schon für ein Überangebot an Feuchtigkeit sorgen, wie z.B. in den Mittelgebirgen oder ob die Landwirtschaft eher unter Trockenheit leidet. Eine pauschale Beurteilung wäre unsachlich und nicht zweckdienlich.

3.3.2 Flächenhafte Beeinflussung mikroklimatischer Parameter

Niederschlag

Nach Messungen von Th. Müller (1956, S. 42) liegt der Niederschlag im Lee einer Hecke um bis zu 10 % über den entsprechenden Freilandwerten. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß die Niederschlagssummen durch eine Heckenlandschaft nicht erhöht werden können, es findet nur eine räumliche Umverteilung statt.

Evaporation

"Die stärkste Mikroklimawirkung übt der Windschutz durch die Herabsetzung der Verdunstung aus" (Geiger, 1951, S. 113). Diese hängt hauptsächlich von zwei Faktoren ab: Der Temperatur der verdunstenden Oberfläche und der Windstärke. Die Verminderung der Verdunstung verläuft direkt proportional zur Herabsetzung der Windgeschwindigkeit. Als Beispiel zeigt Fig. 26 eine Meßreihe hinter einer Hecke, bei der die Evaporation um über 40 % reduziert ist. Die Wirkung nimmt kontinuierlich ab und erreicht in einer Entfernung, die dem 14fachen der Heckenhöhe entspricht, wieder den Freilandwert.

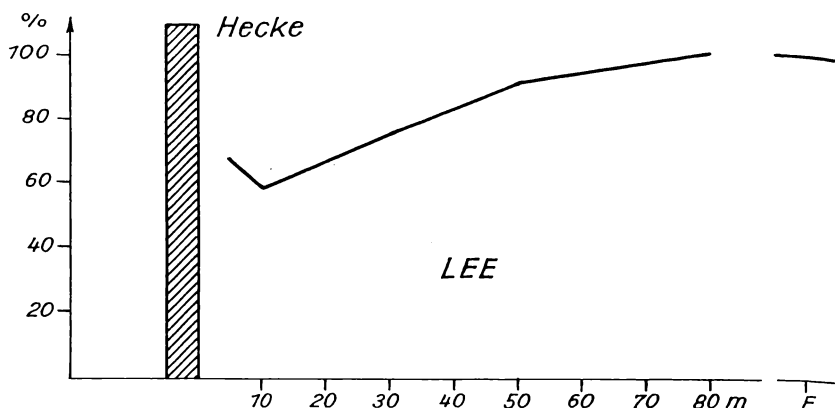


Fig. 26: Veränderung der mittleren Evaporation hinter einer Hecke in % des Freilandwertes (F), nach 5 Meßreihen. Aus: Müller, Th., 1956, Abb. 24.

Wenn auch der Grad der Reduzierung keine allgemeine Gültigkeit besitzt und stark von den örtlichen Verhältnissen wie der Beschaffenheit der Hecke und der Windstärke abhängt, so läßt sich an diesem Beispiel jedenfalls die Tendenz festhalten.

Als ein Indikator für die Auswirkung der Evaporation läßt sich der osmotische Wert von Pflanzen heranziehen. Je höher er liegt, desto größer ist ihr Wassersättigungsdefizit. Messungen an Pflanzen beidseits einer Hecke zeigten für windgeschützte Individuen im Lee ca. 1/4 bis 1/5 geringere osmotische Werte, also eine bessere Wassersättigung (Hydratur) (Steubing, 1968).

Die stärkere Belastung des Wasserhaushaltes bewindeter Pflanzen prägt sich im Aufbau der Pflanzen aus. Sie besitzen ein höheres Gewicht pro Flächeneinheit, sind kleiner und bilden ein stärkeres Wurzelsystem aus (Xeromorphie; a.a.O., S.197). Zumindest die beiden letzten Punkte wirken sich negativ auf den Ertrag landwirtschaftlicher Kulturen aus.

Geiger (1961, S. 533) bemerkt einschränkend, daß die verminderte klimainduzierte Evaporation teilweise durch erhöhte Transpiration der Pflanzen infolge der Temperaturerhöhung wieder zunichte gemacht werden könne. Wenn das der Fall sein sollte, so muß man anmerken, daß das gerade ein erwünschter Effekt wäre. Die Erhöhung der Pflanzenatmung repräsentiert ja einen verstärkten Stoffwechsel und stärkeres Wachstum, was für die landwirtschaftliche Nutzung nur recht sein kann.

Lufttemperatur

Hier gibt Geiger (1961, S. 531) für die bodennahe Luftschicht hinter Hecken $1/2 - 1$ Grad Celsius erhöhte Werte an. Nach Th. Müller (1956, S. 41) läßt sich das auf die geringere Durchmischung mit höheren Luftschichten zurückführen. Allerdings bleibt bei beiden unklar, welche Rückwirkungen die Temperaturerhöhung auf die Verdunstung hat, die dadurch ebenfalls zunehmen müßte. Auch könnte man vermuten, daß die Erhöhung der Bodentemperatur (s.u.) die darüberliegende Luftschicht mit erwärmt.

Taufall

Allgemein wird die starke Zunahme des Taufalls hinter Hecken festgestellt. Während Kreutz (1961, S. 458) bis 80 % beschreibt, kommt Th. Müller (1956, S. 42) nur auf 30 % . Steubing (1952, S. 45) erwähnt eine Erhöhung um das Dreifache in einer Entfernung vom 2-3fachen der Heckenhöhe. Übereinstimmend stellen Müller und Geiger (1961, S. 533) fest, daß die Erhöhung bei mittleren Windstärken am höchsten ausfällt, bei starkem Wind ist die Wirkung der Hecke geringer und bei Windstille fällt sie kaum ins Gewicht. Als Beispiel für den Verlauf der Änderung mit der Entfernung, ist in Fig. 27 ein Meßergebnis dargestellt.

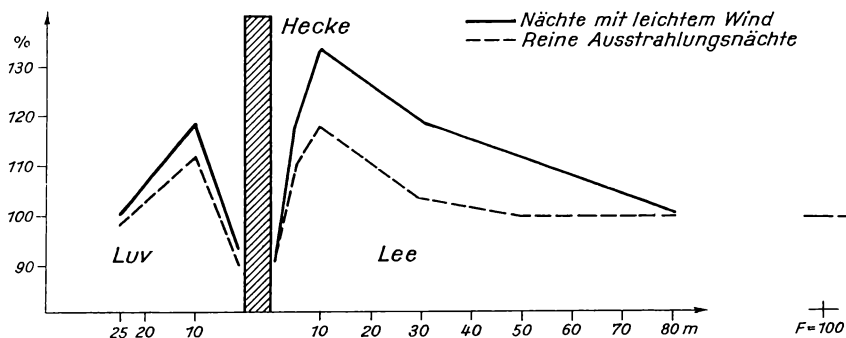


Fig. 27: Veränderung des Taufalls hinter einer Hecke in % des Freilandwertes (F). Aus: Müller, Th., 1956, Abb. 20).

Obwohl die zitierten Ergebnisse sehr unterschiedlich ausfallen, stimmen sie darin überein, daß der Taufall durch den Ausstrahlungs- und Windschutz der Hecke erheblich erhöht wird. Die Bedeutung und Leistungsfähigkeit

des Taufalls für den Wasserhaushalt der Pflanzen läßt sich an speziell angepaßten Landnutzungssystemen mit optimaler Ausnutzung der Tau-spende erkennen. Beispielsweise beziehen die "enarenado"-Kulturen auf Lanzarote zum überwiegenden Teil ihr Wasser nicht durch die spärlichen Niederschläge von 150 - 200 mm (Seymour, 1985, S. 244) sondern durch den Tau.

Einwirkungen auf das Bodenklima

Nach Kaiser (1960, S.3) wird die oben geschilderte Auswirkung des Windschutzes auf die bodennahe Luftschicht von der Wirkung auf Bodenfeuchte und -temperatur noch erheblich übertroffen. Seinen Beobachtungen zufolge verläuft der Gang der Windabschwächung parallel mit der Erhöhung der Bodenfeuchte und Bodentemperatur in einer Tiefe bis 50 cm. Die Kurvenverläufe sind in Fig. 28 wiedergegeben.

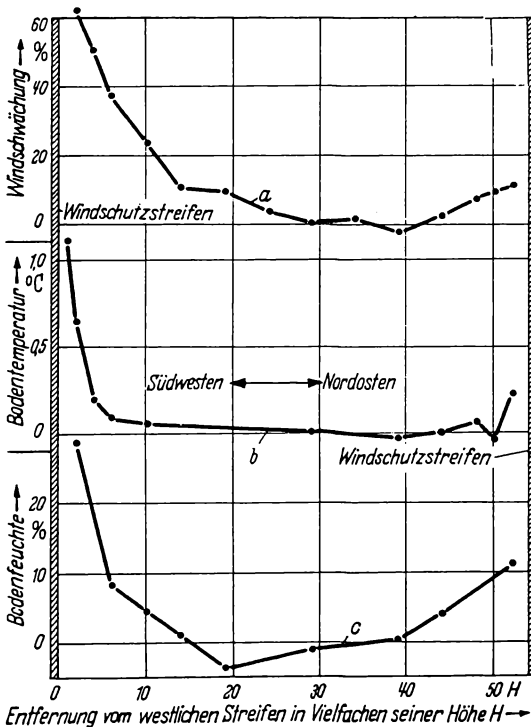


Fig. 28: Mittlere Gänge von Windschwächung, Bodentemperatur in 50 cm und Bodenfeuchte in 10 - 40 cm Tiefe. Die Schraffur deutet Windschutzstreifen an. Auffällig ist der schnellere Abfall der Temperaturerhöhung, der im Originaltext nicht erklärt wird. Aus: Kaiser, 1960, S. 68.

Dies erklärt er "als eine Folge der durch die Windschwächung verminderten Wasserverdunstung aus dem Boden. Durch letztere wird primär die Bodenfeuchte erhöht. Gleichzeitig wird dem Boden weniger Verdunstungswärme entzogen" (Kaiser, 1960, S. 68). Hier erklärt der Autor die Temperatur direkt abhängig von der Verdunstung, was aber seinen Meßergebnissen nicht genau entspricht. Diese in Fig. 28 wiedergegebenen Daten zeigen einen wesentlich steileren Rückgang der Bodentemperatur mit der Entfernung von der Hecke, als das bei der Windabschwächung und der Bodenfeuchte der Fall ist. Es kommt wohl auch noch die Stagnation der Bodenluft hinzu, die eine gewisse Isolationswirkung gegenüber der langwelligen Wärmestrahlung ausübt. Diese Stagnation ist natürlich in Heckennähe überproportional stark und würde den Kurvenverlauf besser erklären.

Im Tagesgang der Wärme- und Feuchtigkeits-Erhöhung ist der Überschuß morgens am kleinsten und abends am größten, was Kaiser (1960, S. 69) damit erklärt, daß "die Verdunstung im wesentlichen nur am Tage erfolgt und hier insbesondere am Nachmittag. Daher tritt abends die summierende Windschutzwirkung des Tages in Erscheinung".

Über längere Zeitspannen überwiegt der temperaturerhöhende Effekt. Bei Windwetter wird die oben beschriebene Temperaturerhöhung des Bodens voll wirksam. Auch zu Beginn einer Strahlungsperiode kann der Wärmeverrat im Boden die Abkühlung ausgleichen oder sogar überkompensieren, indem er die bodennahe Kaltluft mit erwärmt. Bei länger anhaltendem Strahlungswetter wird durch den Windschutz allerdings die Temperatur der bodennahen Luftschicht erniedrigt, somit die Frostgefahr erhöht (s.u.).

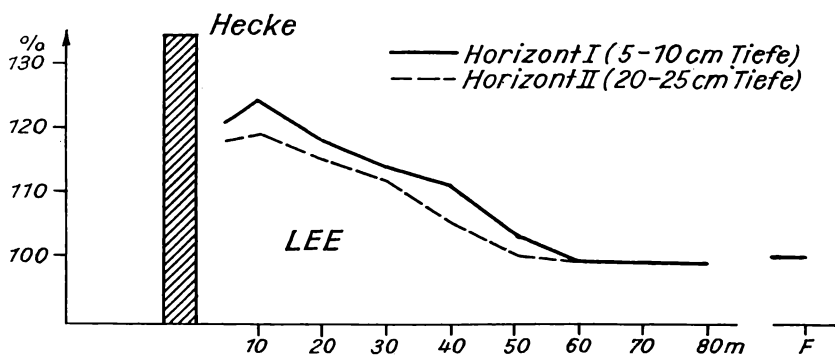


Fig. 29: Mittlere Verteilung des Wassergehaltes in zwei Bodenhorizonten hinter einer Hecke in % des Freilandwertes (F). Aus: Müller, Th., 1956, Abb. 23.

Geiger (1951, S. 531) gibt sogar eine Erhöhung der Temperatur in der obersten Bodenschicht um durchschnittlich 2 Grad Celsius an. Th. Müller (1956, S. 42) ermittelte eine Erhöhung der Bodenfeuchte um maximal 24 % in 5 - 10 cm Tiefe und 19 % in 20 - 25 cm Tiefe (Fig. 29). Bis 14facher Heckenhöhe im Lee gleicht sich der Wert dem Freilandwert an, was mit der Beobachtung von Kaiser gut übereinstimmt.

3.3.3 Reichweite mikroklimatischer Beeinflussung

Die Reichweite mikroklimatischer Beeinflussungen durch Hindernisse hängt direkt mit ihrer Höhe zusammen, weshalb alle Angaben immer in Vielfachen der Höhe gemacht werden. Eine weitere Differenzierung tritt mit der Luv/Lee-Exposition auf.

Th. Müller (1956) kommt in seinen Versuchen zu dem Ergebnis, daß sich die Windgeschwindigkeiten im Luv ab der 7fachen, im Lee bis zur 23fachen Heckenhöhe verändern. Wirkungen auf das Mikroklima konnte er allerdings nur bis zum 14fachen der Höhe im Lee feststellen. Bei den meisten Messungen wurde die Luvseite nicht berücksichtigt, lediglich für den Taufall registrierte er eine Wirkung ab 4facher Höhe im Luv. Bei einer Höhe der Meßhecke von 3,5 m ergibt die 14fache Entfernung also eine Reichweite von rund 50 m.

Kreutz (1968) beziffert die Reichweite im Lee durchschnittlich ebenfalls auf etwa die 14fache Hindernishöhe, differenziert nach Einzelparametern. Einen Einfluß auf den Ernteertrag konstatiert er jedoch nur bis zur 12fachen Höhe (a.a.O., S. 283).

Kaiser (1960) stellt fest, daß auch bis zur 30fachen Hindernishöhe noch meßbare Beeinflussungen festzustellen seien, aber ein Einfluß auf Anbaufrüchte nur bis zur 15 fachen Höhe gegeben ist.

Bei all diesen Angaben ist zu berücksichtigen, daß sich die Auswirkungen von der Hecke aus kontinuierlich vermindern. Die meisten Autoren geben daher Veränderungen auch als Durchschnittswerte des Streifens von 0 bis zur 15fachen Höhe an. Fig. 30 versucht eine Zusammenschau der Veränderung der in den zitierten Arbeiten angesprochenen mikroklimatischen Parameter.

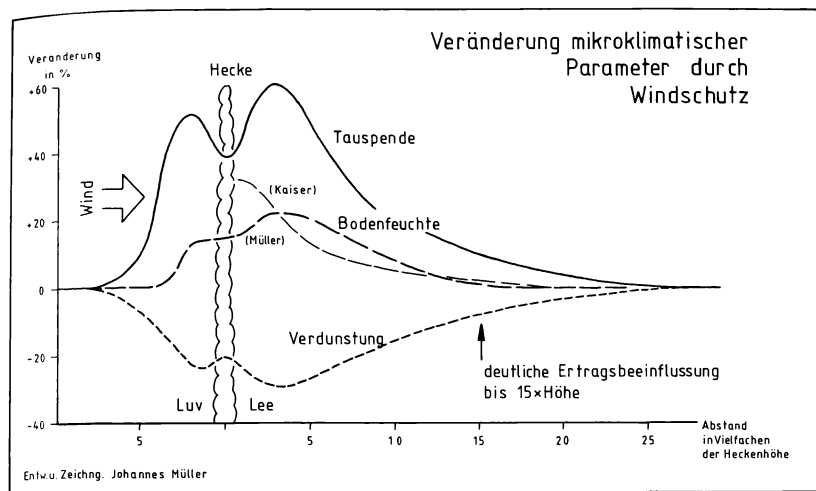


Fig. 30: Veränderung verschiedener mikroklimatischer Parameter im Windschutz. Zusammenfassung aus den zitierten Arbeiten (Kaiser, 1960; Kreutz, 1968; Th. Müller, 1956). Während die Werte je nach Versuchsbedingungen relativ stark schwanken, besteht hinsichtlich des Wirkungsbereiches und der Kurvenverläufe große Übereinstimmung. Besonders deutlich wird die hohe Verstärkung der Tauspende.

3.3.4 Nebenwirkungen: Frostgefahr und Belüftung

Frostgefahr

Die normalerweise erwünschte Herabsetzung der Windgeschwindigkeit kann in besonderen Fällen auch nachteilig wirken. Die Stagnation der Luft in Ausstrahlungsnächten wird im Heckenbereich eher herbeigeführt als in freiem Gelände. Geiger (1951, S. 114) stellt daher fest: "Der künstliche Windschutz bringt also stets eine Erhöhung der Frostgefahr. Man kann diese Gefahr herabsetzen durch Öffnungen in den Windschutzstreifen. Besonders im Hügel- und Berggelände wird man damit Erfolg haben, wo die nächtliche Kaltluft abfließen kann."

Solche Öffnungen müssen an den Punkten angelegt sein, wo vom Relief her Kaltluftabflüsse vorgegeben sind, was aber nur durch genaue Geländebeob-

achtung entschieden werden kann. Die schwere Kaltluft fließt in tieferliegende Relieftteile ab, wobei sie sich nur in etwa ähnlich wie Wasser verhält. Sie folgt zwar Tiefenlinien, wie Mulden oder Dellen, kann aber auch Unebenheiten überfließen (Geiger, 1951, S. 209-210). In solchen Bahnen muß der Kaltluft die Möglichkeit des Abflusses offengehalten werden.

Ein gewisser Widerspruch ergibt sich zu der Forderung des Windschutzes, möglichst geschlossene Hecken anzulegen, um nicht an den Öffnungen die Düsenwirkung zu erhöhen. Hier muß nach lokalen Verhältnissen entschieden werden, welcher Gefahr größeres Gewicht beizumessen ist. In geneigtem Gelände läßt sich dieser Konflikt aber meistens durch eine geschickte Anlage solcher Durchlässe umgehen, da der Kaltluft oft mehrere Abflußmöglichkeiten zur Verfügung stehen. Es sind dafür diejenigen Stellen zu bevorzugen, wo die Hecken längs zur vorherrschenden Windrichtung liegen. Eine Staffelung und Hintereinanderschaltung kürzerer Hecken im Sinne einer aufgelockerten Netzstruktur beschränkt das Auftreten solcher Probleme schon von sich aus stark.

Belüftung landwirtschaftlicher Kulturen

Ein weiteres Problem ergibt sich, indem durch Windschutzanlagen die Belüftung vor allem von Getreidefeldern eingeschränkt wird. Diese ist wichtig, um die Gefahr des Pilzbefalls zu reduzieren, was ja auch eine Verminderung des Fungizid-Einsatzes bedeutet und landschaftsökologisch ebenfalls anstrebenswert ist.

Wird damit durch den Windschutz dem Gesamt-Ökosystem letztlich ein Bärendienst erwiesen? Sicherlich ist dieser Komplex noch einer genaueren Untersuchung wert und es muß zwischen beiden Wirkungen lokal abgewogen werden.

Allerdings muß dabei beachtet werden, daß es bei den hier diskutierten Strukturen keinesfalls um eine Abschirmung mit den Ziel einer völligen Stagnation der Luft geht (schon aus Gründen der Frostgefahr), sondern um eine Reduzierung starker Windgeschwindigkeiten auf eine schwächere Luftbewegung, die eine Bestands-Belüftung weiterhin gewährleistet. Dieser Forderung kommt eine aufgelockerte, nicht geschlossene Struktur ebenfalls entgegen.

3.3.5 Gesamtwirkung und Interdependenzen zu anderen Funktionen

Trotz der zum Teil unterschiedlichen quantitativen Ergebnisse der einzelnen Untersuchungen läßt sich eine deutliche Tendenz der Beeinflussung des Mikroklimas durch Hecken in einem breiten Bereich erkennen.

Während sich die absoluten Niederschlagswerte nicht erhöhen lassen, ist es "die Verringerung der austrocknenden Wirkung des Windes" (Geiger, 1951, S. 518), die zu einer Verbesserung der hydrologischen Bilanz führt. Der Feuchtigkeitsgewinn resultiert aus einer *längeren Verweildauer des Wassers in lokalen Kreisläufen*.

Die hauptsächliche Beeinflussung betrifft dabei den Bodenfeuchtegehalt, der über die herabgesetzte *Evaporationsrate indirekt* erhöht wird. Besonders während längerer Trockenperioden im Sommer macht sich die deutliche Erhöhung des *Taufalles direkt* bemerkbar, wenn den Pflanzen nur wenig Bodenwasser zur Verfügung steht und die Tauspende zur wichtigsten Feuchtigkeitsquelle wird.

Allgemein kann von einer signifikanten Beeinflussung des Mikroklimas bis in eine Entfernung von rund dem Fünfzehnfachen der Heckenhöhe ausgegangen werden.

Ausgangswasserspannung

Die Aufnahmefähigkeit des Bodens für Niederschläge wird durch die Ausgangswasserspannung der Bodenaggregate stark beeinflusst. Ein trockener Boden kann zunächst nur wenig Wasser aufnehmen, sodaß das meiste oberflächlich in den Vorfluter abfließt und damit dem lokalen Ökosystem verlorengelht (Geiger, 1951, S.152). Erst wenn der Benetzungswiderstand überwunden ist, kann der Boden Wasser aufnehmen.

Gerade bei sommerlichen Starkregen trifft eine kurzzeitig große Wassermenge auf einen trockenen Boden. Bis der Benetzungswiderstand überwunden ist, sind diese Regenfälle oft schon zuende, sodaß relativ wenig Wasser in den Boden gelangt. Die Verminderung der Evaporationsrate führt auf diese Weise durch die Erhöhung der Restfeuchte indirekt auch zu einer höheren Einspeisung der Niederschlagsspende ins lokale System.

Wassererosion

Die Verringerung des Oberflächenabflusses durch die Erhöhung der Infiltrationsrate vermindert zusätzlich auch die Erosion. In den einschlägigen Arbeiten wird dieser Effekt nicht beachtet, vermutlich weil es sich dabei nicht um eine mikroklimatische Wirkung im engeren Sinn handelt, sondern um eine "Nebenwirkung" für den Erosionsschutz.

Visualisierung des Landschaftsbildes

Eine geschlossene Heckenlandschaft nach Art der Knicklandschaften Norddeutschlands würde nicht nur erhebliche Probleme durch die Frostgefährdung mit sich bringen, sondern wäre auf den Gäuflächen nicht zuletzt auch ästhetisch völlig unpassend. Eine dem historischen Bild entsprechende Hecken-Anordnung spiegelt dagegen eine weitgehende Übereinstimmung zwischen Landschafts-Ökologie und -Ästhetik wider.

Andere Funktionen

Hinsichtlich der Heckenstruktur und -dichte, sowie der Zusammenhänge mit den Anforderungen der anderen Funktionen gilt wegen des gleichen Wirkungsmechanismus das bei der Winderosion Festgestellte.

3.3.6 Bewertung für die Mainfränkischen Gäuflächen

Alle mikroklimatischen Veränderungen durch Hecken spielen sich in einem Maßstab ab, der hauptsächlich bei trockenen Verhältnissen Bedeutung erlangt. Wie Th. Müller (1956, S. 43) feststellte, wurde der Ertrag angrenzender Felder in trockenen Jahren etwa doppelt so stark verändert, wie in feuchten.

Die Mainfränkischen Gäuflächen gehören zu den trockensten Gebieten Süddeutschlands, was sich in Normaljahren in der Regel günstig vor allem auf die Reife des Getreides auswirkt. Allerdings bestehen große Unterschiede zwischen den einzelnen Jahren, das Risiko von Abweichungen vom durchschnittlichen Niederschlag ist sehr groß. Die primär wegen der Bodengunst angebauten Zuckerrüben leiden sogar regelmäßig unter Trockenheit.

Zu der klimatischen Trockenheit kommt noch eine edaphische Trockenheit des flächenhaft anstehenden Lösses. Durch die verbreitete Bodenerosion wurde er eines Großteils seiner Tonminerale weitflächig beraubt, sodaß die Austrocknungsgefahr noch verschärft ist. Wegen der ungünstigen Grund-

wasserverhältnisse und der mangelnden oberflächlichen Abflüsse scheidet eine Bewässerung auch in extremen Trockensituationen weitgehend aus.

Vor diesem Hintergrund können Maßnahmen zur Erhaltung und Erhöhung der Bodenfeuchte und zur Herabsetzung der Verdunstung in diesem Trockengebiet als positiv eingestuft werden.

Die Frostgefahr stellt ein nicht zu vernachlässigendes Problem dar. Zwar nimmt sie keine so entscheidende Rolle wie im Wein- oder Gemüsebau ein. Allerdings bedeutet sie gerade für die Zückerrüben eine Schwierigkeit, weshalb man sich im Konfliktfall eher auf die Vermeidung von Kaltluftstausituationen konzentrieren wird.

Diese Gefahr tritt jedoch nur in eingeschränktem Maße auf. Ausgedehnte Gebiete völliger Ebenheit, in denen durch Heckenabschluß ein völliger Luftstau entstehen könnte sind selten. Auch die Ebenheiten der Gäuflächen sind durch Mulden und Dellen gegliedert, in denen die Kaltluft entlangfließt. Bei der Neuanlage von Hecken wäre lediglich darauf zu achten, daß diese Abflußrinnen nicht blockiert werden.

Im großen und ganzen decken sich wegen der Übereinstimmung der Wirkungsmechanismen die positiven Auswirkungen von Hecken auf Winderosion und Mikroklima. Da auf den Flächen die Windstärken am größten sind, machen sich hier beide Faktoren am stärksten bemerkbar. Während jedoch die Heckenplanung schon bei geringen Neigungen dem Schutz vor Wassererosion Vorrang gewähren muß, erstrecken sich die Verbesserungen auf das Mikroklima auch in den Bereich der Hänge.

3.4 Funktion Biotop für die Flora



Abb. 8: Die **anthropogen** geförderten Pflanzen der Agrarlandschaft (**Segetal- und Ruderalarten**) sind infolge der intensiven Nutzung und dem Herbizideinsatz zunehmend vom Aussterben bedroht. Für die Sicherung ihres Überlebens eignen sich **Hecken als Ausweichstandorte** besonders gut, da sie in Aufbau und Artenzusammensetzung ebenfalls stark anthropogener Beeinflussung unterliegen.

Hecken stellen nicht nur wichtige Funktionen in abiotischen Prozessen oder für die Tierwelt bereit, sie sind auch für die Vegetation selbst von großer Bedeutung. Dies kommt schon in der Verschiedenheit der Pflanzengesellschaften zum Ausdruck, deren Zusammensetzung enge Bezüge zur landschaftlichen Ausstattung wie auch zur Art der anthropogenen Beeinflussung zeigen.

Im Zusammenspiel dieser Faktoren entstand der eigenständige floristische Charakter der Hecken, die ein Musterbeispiel für Ökotone darstellen. Um ihre Rolle im Ökosystem zu verstehen, muß zunächst die Charakteristik der Hecken-Assoziationen auf den Mainfränkischen Gäuflächen angesprochen werden, bevor ihr Aufbau und der bestimmende Einfluß des Menschen darauf im Detail beleuchtet werden.

Erst aus dieser differenzierten Betrachtung, auf regionaler und auf interner Ebene, ergibt sich der Wert der Hecken als Biotope für ganz charakteristische Pflanzenarten der ackerbaulich genutzten Gäuflächen.

3.4.1 Problematik

Leider existieren bisher keine genaueren botanischen Untersuchungen (etwa exakte Pflanzenaufnahmen) speziell zu den Hecken Mainfrankens mit ihren besonderen Standortbedingungen, auch nicht als Diplomarbeiten am Botanischen Institut der Universität Würzburg oder im Zusammenhang mit Bearbeitungen anderer Vegetationseinheiten. Auch die umfassende, pflanzenökologisch ausgerichtete Arbeit von Schulze et al. (1984) über die Hecken Nordbayerns hat ihren Untersuchungsschwerpunkt in Oberfranken und behandelt Mainfranken nur randlich mit.

Zum Teil mag dieser Mangel mit der recht frühzeitigen und ziemlich umfassenden Beseitigung der Hecken in den agrarischen Gunsträumen zusammenhängen. Andererseits bestehen noch erhebliche taxonomische Unklarheiten bei den sehr kompliziert aufgesplitterten Arten und Unterarten der Gattungen *Rosa* (Rosen) und *Rubus* (Himbeere, Brombeere). Eine genaue botanische Bearbeitung gerade dieser Spezies und Subspezies wäre schon wegen deren besonderer floristischer Bedeutung für die lokalen Hecken sehr wichtig. Sie könnte auch die Notwendigkeit der Beachtung solcher Unterschiede bei der Neupflanzung von Hecken verdeutlichen. Auch die pflanzensoziologische Einordnung der Hecken ist noch nicht unumstritten.

3.4.2 Pflanzengesellschaften und Aufbau mainfränkischer Hecken

Pflanzensoziologische Einordnung

Noch immer herrscht keine Einigkeit unter Pflanzensoziologen ob die Heckengesellschaften eine eigene Klasse darstellen. Während Reif (1982, S. 26) sie in der Klasse der Fallaubwälder (*Querc-Fagetea*) mit der Ordnung *Prunetalia spinosae* führt, betonen Schwabe-Braun und Wilmanns (1982, S.53) ihre Eigenständigkeit in Form der Klasse *Rhamno-Prunetea* (eurosibirische Schlehengebüsche), die auf der Stufe der Ordnung (*Prunetalia spinosae*, Schlehengebüsche) nicht weiter unterteilbar ist .

Auf Verbands-Ebene lassen sich die Hecken Mitteleuropas, parallel zu den oben näher ausgeführten Unterschieden bei Entstehung und natürlicher Ausstattung, auch floristisch unterscheiden (siehe Fig. 31).

Die subatlantischen Brombeerhecken des *Rubo-Prunion spinosae* (Reif, 1982, S.20; nach Wilmanns, 1978, S. 262: *Rubion subatlanticum*) umfassen in erster Linie Grünland-Hecken und haben ihren Schwerpunkt im atlantisch getönten Klimabereich: in Norddeutschland und in den Mittelgebirgen des westlichen Süddeutschlands (östlichstes Vorkommen: Spessart).

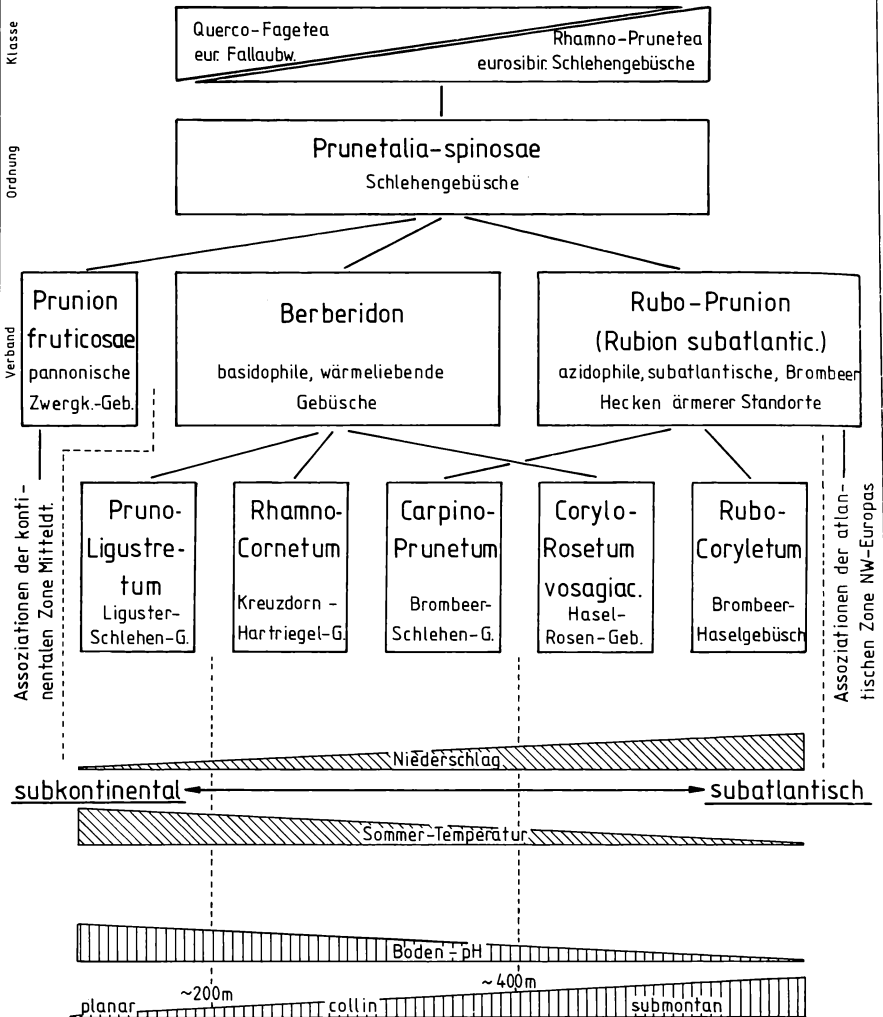
Die Hecken des Verbands *Prunion fruticosae* (pannonische Zwergkirschen-Gebüsche) haben ihren Schwerpunkt in Südosteuropa und kommen nur im subkontinentalen Trockenraum Mitteldeutschlands und dann wieder in Südosteuropa vor (Reif, 1980, S. 163).

Deutlich davon lassen sich die kalk- und wärmeliebenden Gebüsche des Verbands *Berberidion* abgrenzen, die weitgehend die Hecken-Assoziationen Süddeutschlands aufbauen.

Fig. 31 (folgende Seite): Pflanzensoziologische Gliederung der wichtigsten Heckengesellschaften in Mainfranken und Umgebung. Die Differenzierung nach der ökologischen Ausstattung der Landschaft ist Ausdruck ihrer Bedeutung für die Flora. Seltene Gesellschaften außerhalb der Gäugebiete sind nicht dargestellt. Eigener Entwurf.

Pflanzensoziologische Differenzierung von Hecken als Ausdruck ihrer Bedeutung für die Flora

(wichtigste Gesellschaften in Mainfranken und Umgebung)



Hecken-Assoziationen der Mainfränkischen Gäuflächen

Hecken spiegeln die wechselnden Umweltbedingungen durch ihre Arten-Zusammensetzung sehr sensibel wider, was sich in den verschiedenen Assoziationen ausdrückt. In dieser Differenzierung liegt die Bedeutung von Hecken für die Flora.

Auf den trocken-warmen Gäulandschaften ist das Liguster-Schlehen-Gebüsch, die Assoziation *Pruno-Ligustretum*, am weitesten verbreitet, welche für die Gäulandschaften Mainfrankens als der charakteristische Heckentyp schlechthin angesehen werden kann. Seine Strauchschicht ist relativ artenarm und wird überwiegend aus Schlehe, Weißdorn und Rose aufgebaut. Als Trennarten grenzen *Ligustrum vulgare* (Liguster) und *Rosa rubiginosa* das *Pruno-Ligustretum* zu den anderen Assoziationen ab.

Das *Rhamno-Cornetum* (Kreuzdorn-Hartriegel-Gebüsch) folgt in der Höhenzonierung am Rand der Gäuflächen, wobei einige wärmeliebende Spezialisten bereits ausfallen, ohne daß schon montane Arten hinzukämen. Insgesamt ist es artenreicher als das *Pruno-Ligustretum*. Bei Überdüngung kann es als dessen Degradationsstadium auch auf den Gäuflächen auftreten.

Neben den immer noch dominierenden Schlehen, den Rosen- und Weißdornarten sind die Charakterarten des *Rhamno-Cornetums* *Cornus sanguinea* (roter Hartriegel), der durch Überdüngung gefördert wird, *Acer campestre* (Feldahorn), dessen Ausbreitung längeres Aussetzen der Bewirtschaftung anzeigt, und *Corylus avellana* (Hasel), vor allem auf armen oder feuchten Standorten. Wichtigste Trennart ist *Rhamnus cathartica* (Purgier-Kreuzdorn).

Die *Prunus-Spinosa-Prunetalia-Gesellschaft* ist eine sehr artenarme Schlehenhecke, bei der in intensiv genutzter Ackerlandschaft die besonders resistente Schlehe (Feuerresistenz) durch Hieb und Brand herausselektioniert wurde (Reif, 1982, S. 21). Im Extremfall können auf diese Weise reine Schlehenhecken entstehen (Müller, Th., 1982, S. 15). Diese stärkst degradierten Hecken besitzen wegen ihrer einheitlichen Struktur und ihres einseitigen Nahrungsangebotes nur eine eingeschränkte ökologische Wertigkeit, weshalb sie nicht als Vorbild für eine Neuanlage dienen sollten, sondern vielmehr gezielt in ihrer Artenvielfalt ergänzt werden müßten.

In den collinen bis submontanen Lagen der an Mainfranken angrenzenden Mittelgebirge reagieren die Pflanzengesellschaften der Hecken bereits mit deutlich geänderter Florenzzusammensetzung auf die veränderten Umwelt-

bedingungen. Allgemein nimmt die Artenvielfalt innerhalb der *Prunetalia* von den Tief- zu den Hochlagen zu (Schulze und Reif, 1982, S. 127).

In den Mittelgebirgen werden die Hecken vom Hasel-Rosen-Gebüsch (*Corylo-Rosetum vosagiacaе*) des Berberidon gebildet, wo das Klima kontinental genug ist (im Osten). Bei stärker subatlantischen Verhältnissen werden sie im Westen vom Verband des *Rubo-Prunion spinosae* (*Rubion subatlanticum*, subatlantische Brombeerhecken) abgelöst. Er wird vertreten durch die Assoziationen *Carpino-Prunetum* (Brombeer-Schlehen-Gebüsch) im collinen Bereich beispielsweise des Spessarts und *Rubo-Coryletum* (Brombeer-Hasel-Gebüsch) z. B. in den Hochlagen von Schwarzwald und Vogesen.

Dominierende Arten des *Pruno-Ligustretums*

Schlehe (*Prunus spinosa*), Heckenrose (*Rosa canina*) bzw. deren Subspezies und Weißdorn (meist *Crataegus x macrocarpa* oder *laevigata*) haben eine große ökologische Amplitude und beherrschen die Hecken-Assoziationen der klimatisch begünstigten Gebiete ganz Süddeutschlands. Allein die Schlehe trägt meist zu über 50 % zum Aufbau der wärmeliebenden Hecken bei.

Diese Sträucher stellen auch tierökologisch die wichtigsten Arten dar, da sie eine große Vielfalt an Nahrungsressourcen für Insekten, Vögel und Säuger bieten und durch ihre unterschiedlichen Wuchstypen stark zur Strukturvielfalt der Hecken beitragen (Zwölfer, 1982b, S. 131). Die namensgebende Art des Verbands, die Berberitze (*Berberis vulgaris*) wurde in den fünfziger Jahren als Zwischenwirt des Getreiderostes in Mainfranken weitgehend ausgerottet.

Aufbau

Der längliche, bandförmige Aufbau von Hecken bedingt einen sehr kleinen Innenraum im Verhältnis zu den Kontaktflächen nach außen, sodaß Hecken als "Sonderformen von Saumbiozönosen" (Ökotonen) bezeichnet werden können (Rotter und Kneitz, 1977, S.55). In Struktur und Funktion lassen sie sich mit "zwei zusammengeschobenen Waldrändern" vergleichen (Schwabe-Braun und Wilmanns, 1982, S. 50), wodurch quasi eine "Doppel-Saumbiozönose" entsteht und der Wirkungsgrad einfacher Saumbiozönosen nochmals erheblich erhöht wird.

Die Differenzierung einer Hecke in Dach, Mantel, Saum und Trauf repräsentiert Unterschiede im mikroklimatischen Bereich (Strahlungsbilanz, Temperatur, Luftfeuchtigkeit) die zu einer Vielfalt von ökologischen Nischen führt (Schulze, et al., 1984, S. 92). So herrschen beispielsweise im Inneren waldähnliche Bedingungen, die Säume sind Trockenrasen vergleichbar, während am Rand die Verhältnisse mehr an offenere Vegetation erinnern, mit entsprechenden Folgen für die Differenzierung der Pflanzenstandorte innerhalb der Hecke und für die Zusammensetzung der Fauna.

Damit wird auch die Abgrenzung zum Feldgehölz offenkundig, dessen Baumgruppe den ökologischen Verhältnissen des Waldes schon viel näher kommt, woraus sich wesentlich geringere Austauschbeziehungen zur Umgebung ergeben. Dagegen bestehen Hecken vorwiegend aus Sträuchern mit höchstens einzelnen Bäumen (Rotter u. Kneitz, 1977, S.7).

Der Mensch als bestimmender Faktor für die Physiognomie der Hecke

Die Unterscheidung zum Feldgehölz weist bereits auf den Ökofaktor Mensch hin, der entscheidend für die strukturelle Ausprägung und damit die ökologischen Besonderheiten der Hecke verantwortlich ist.

Dieser Einfluß ist auf mehrerlei Weise wirksam. Räumlich betrifft er den Heckenstandort, der allein durch den Menschen bestimmt wird, sei es durch aktives Anpflanzen oder passives Dulden. Zeitlich wirkt er auf die Sukzession der Pflanzengesellschaft ein.

Ohne anthropogene Eingriffe, welche das Ausasten alle paar Jahre sowie das turnusmäßige Auf-den-Stock-Setzen betreffen, würden die Heckengehölze zu Bäumen durchwachsen. Ohne die Bearbeitung der Felder ringsum würden sich die Heckenpflanzen auch horizontal ausbreiten. Beides würde den Charakter so stark verändern, daß man nicht mehr von einer Hecke sprechen könnte. In diesem Zusammenhang wird die Wichtigkeit einer geordneten, regelmäßigen Heckenpflege als entscheidend für die Erhaltung dieses anthropogen gesteuerten Biotops deutlich.

Ein in seiner Bedeutung nicht zu unterschätzender Aspekt bei der Neuanpflanzung ist die Benutzung einheimischen Pflanzenmaterials. Heimische Pflanzen werden den ökologischen Anforderungen in der Regel am besten gerecht, was sowohl für ihre Vitalität, Widerstandskraft gegen Krankheiten und klimatischen Streß (z.B. Trockenheit), als auch für den funktional wich-

tigen Bodenabschluß gilt.

Die Konsequenzen, die sich hieraus für die Neuanpflanzung ergeben, Besonderheiten der wichtigsten Arten und eine Arten-Vorschlagsliste sind im Anhang zusammengestellt.

Hecken-Saum

Die begleitenden Säume sind als ein wichtiger Bestandteil der Hecke anzusehen und mit eigenständigen Aufgaben für ihre ökologische Wirksamkeit sehr wichtig (Schwabe-Braun u. Wilmanns, 1982, S.54).

Reif et al. (1984, S.127-131) untersuchten die Beziehungen zwischen Flur und Heckensaum. Ebenso, wie die eigentlichen Hecken, reagieren die Säume sehr sensibel auf Veränderungen der Umwelteinflüsse und lassen sich aufgrund ihrer charakteristischen Zusammensetzung den unterschiedlichen Heckentypen zuordnen. Sie bestehen aus Kräutern und Gräsern und bilden die Übergangszone zwischen den Heckensträuchern und den angrenzenden Feldern oder Wiesen. Demzufolge sind die Wechselwirkungen zwischen Acker und Saum stärker als zum Heckeninneren. Säume reagieren auch deutlicher auf Veränderungen der angrenzenden Bewirtschaftung.

Wegen ihres "eigenständigen Vegetationscharakters" stellen Reif et al. (1984, S.127) die Hecken säume in eigene pflanzensoziologische Einheiten (vgl. 3.6.1), die in erster Linie die Art der angrenzenden Bewirtschaftung widerspiegeln und in geringerem Maß von der Vegetation der Hecke bestimmt werden.

Aufgrund ihrer weniger schützenden Vegetation haben die Säume ein trockeneres und wärmeres Kleinklima und bieten feldähnlichere Lebensbedingungen. Dadurch werden sie besonders wichtig für den Austausch zwischen den beiden angrenzenden Teilökosystemen Hecke und Feld.

Intakte Säume sind nicht nur ein integraler Bestandteil der Heckenbiozönose, sondern insbesondere für fast alle landschaftsökologischen Funktionen von Hecken sehr wichtig. Da die Säume andererseits gerade den Bereich bedecken, in dem sich die Wurzelkonkurrenz der Heckensträucher am stärksten bemerkbar macht, ist es auch ökonomisch völliger Unsinn, bis unmittelbar an die Hecke zu ackern und damit die Säume zu zerstören.

3.4.3 Ökologische Ansprüche der Heckenflora

Eine häufig vorgebrachte Befürchtung der Landwirtschaft gilt der Hecke als potentielltem Unkrautherd, was, da es sich auf Kräuter bezieht, vor allem für den Saum gilt. Wie Reif et al. (1984, S. 133) demgegenüber feststellten, besteht zwischen der Heckenflora und dem Acker eine scharfe Vegetationsgrenze. "Alle wesentlichen Ackerunkräuter gehören zu den ausgesprochenen Lichtpflanzen, daher gedeihen sie bestenfalls mit stark reduzierter Vitalität in der Hecke" (a.a.O., S. 135).

In Franken konnten lediglich *Agropyron repens*, *Taraxacum officinale*, *Lamium album* und *Galeopsis* gefunden werden, andere Ackerunkräuter nur ausgesprochen selten. Als einziges wäre die Ausbreitung von *Agropyron repens* (Quecke) in die Äcker denkbar. Die Autoren argumentieren jedoch, daß diese viel häufiger in Hecken vorkommen, die an Äcker grenzen, als in solchen neben Grünland, sodaß die umgekehrte Ausbreitungsrichtung wahrscheinlicher sei. Ohne eine Eutrophierung der Hecke von außen wären Feldarten hier nicht konkurrenzkräftig genug um zu existieren. Als weitere Voraussetzung nennt Knauer (1986, S. 14) den Samen-druck vom Feld.

Wesentlich gravierender macht sich dagegen der Nährstoffeintrag in die Hecke bemerkbar. Dies geschieht vor allem am Heckensaum, wo zudem noch ausreichend Licht für die Feldarten zur Verfügung steht. Für die mainfränkischen Gäuflächen ist für mesophile Standorte die Saum-Assoziation des *Trifolion medii* mit 26 Arten charakteristisch. Durch Nährstoffeintrag bei angrenzender Feldnutzung werden dessen mesophile Arten durch nitrophile zurückgedrängt, was mit einer Verarmung auf nur 17 Arten (*Chaerophylletum aurei*) einhergeht. Kommt dazu noch regelmäßige mechanische Belastung (Umbruch), so entsteht die Assoziation des *Convolvulo-Agropyretum repentis* mit nur noch 12 Arten und der hochsteten, fast bestandsbildenden Quecke (Reif et al., 1984, S.127-131).

Diese Zusammenhänge zeigen, daß nicht die Äcker von der Hecke aus verunkrautet werden, sondern daß diese durch die Wirtschaftsmaßnahmen auf den Feldern beeinträchtigt wird (a.a.O., S.127).

3.4.4 Hecken als Biotop anthropogen geförderter Arten

"Eine große Gruppe gefährdeter Pflanzenarten kann in den bisher ausgeschiedenen Naturschutzgebieten und sonstigen Reservaten - ob sich selbst überlassen oder zielgerecht gepflegt - nicht erhalten werden. So uneinheitlich die Zusammensetzung dieser Gruppe auch ist, gemeinsam ist ihren Arten, daß sie auf vom Menschen beeinflussten Standorten wachsen" (Sukopp, 1980, S. 35). Gerade Übergangsbiotop (Ökotone), wie z.B. Hecken, beherbergen in ihrer Artenmannigfaltigkeit einen großen Anteil der gefährdeten heimischen Pflanzenarten (vgl. Kapitel 2.3.2). Werden sie durch Ackerraine und ungespritzte Ackerrandsteifen ergänzt, so läßt sich auf relativ geringer Fläche eine überproportional hohe Zahl der typischen, anthropogen geförderten Arten der Feldflora erhalten.

Sukopp schlägt daher die Schaffung von "Feldflorareservaten" vor, in denen traditionelle, heute unrentable Formen des Ackerbaus betrieben werden sollen (a.a.O., S. 36). Obwohl das vielleicht für einige Arten die einzige Möglichkeit des Überlebens ist, besteht doch die große Gefahr, daß durch den Rückzug ins Museum die übrige Fläche ungehemmt intensiviert wird und den Feldflorareservaten nur Alibifunktionen zukommen.

Wesentlich wichtiger wäre eine Ausstattung der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche mit entsprechenden Biotopen. Ein breites Artenspektrum an Ruderal- und Segetalpflanzen, wie sie im Bereich von Hecken typischerweise vorkommen, ist ein wesentlicher Bestandteil dessen, was die Kulturlandschaft ausmacht, die sich nur als Einheit erhalten läßt. Ohne die über Jahrhunderte an die besonderen Bedingungen der agrarischen Nutzung angepaßte Fauna würde die Landschaft zu einer reinen Produktionsfläche verkommen, ausgerichtet allein am ökonomischen Vorteil. Neben der kulturhistorischen und landschaftsästhetischen Funktion könnten diese Ausgleichsflächen dem gesamten Ökosystem eine höhere Stabilität geben.

Zur Erhaltung der Wuchsform, Artenzusammensetzung und ökologischen Funktion ist es zwingend notwendig, Hecken, wie es ihrer Entstehung entspricht, regelmäßig auf den Stock zu setzen und auszuasten (Reif, et al., 1984, S.125). Andernfalls würden die Gehölze teilweise zu Bäumen durchwachsen, andere Arten verdrängen und die ökologische Charakteristik der Hecke verändern. Obwohl die Gehölze im Entscheidungsbild der Hecke dominieren und sie als solche erst manifestieren, stellen doch die Säume mit ihrer Krautschicht die wesentlichen Standorte für die gefährdeten anthropogen geförderten Pflanzen-Arten dar, weshalb sie besondere Beachtung verdienen.

3.4.5 Interdependenzen zu anderen Funktionen

Wassererosion

Intakte Säume haben auch für den Schutz vor Wassererosion eine entscheidende Bedeutung, da ihre Krautschicht das Wasser erheblich wirksamer abfängt und in den Boden infiltriert, als das Wurzelwerk der Sträucher. Fehlt einer Hecke eine ausreichende Krautschicht, so müßte sie in jedem Fall um einen Graben ergänzt werden, um die im Abschnitt 3.1 beschriebene Wirkung zu erzielen. Diese technische Struktur paßt nicht nur schlechter in die Landschaft, sie bedarf auch dauernden Wartung (Freiräumung), was erheblich aufwendiger ist, als die Heckenpflege.

Biotop für die Fauna

Die physiognomische Differenzierung der Hecke in Inneres, Dach, Trauf und Saum begründet ihre Habitat-Vielfalt und damit erst ihre Attraktivität für die Vielzahl von Tierarten mit unterschiedlichen Lebensraumansprüchen. Jede Veränderung des Zustandes von Hecken, sei es durch ausbleibende Pflege, sei es durch Entfernung von Bestandteilen, führt zu einer Reduzierung der Habitat-Vielfalt.

Stabilisierung im Agrarökosystem

Ein Beispiel hierfür sind wiederum die Säume, die einer Mehrheit der licht- und wärmeliebenden Insekten und Kleinsäuger (Teil-)Lebensräume bieten. Gerade diese Arten sorgen durch ihre intensiven Räuber-Beute-Beziehungen in die umliegenden Felder für die Stabilisierung des Phytophagen-Entomophagen-Komplexes.

Auch für Lebewesen, die sich ihre Rückzugs-, Überwinterungs- oder Schlafplätze innerhalb der Heckensträucher suchen, haben die Säume als Übergang zur offenen Feldflur Bedeutung. Der Unterschied in den ökologischen Bedingungen wird dadurch beim Wechsel von der Hecke auf das Feld abgemildert.

Visualisierung des Landschaftsbildes

Der vielfältige, assoziationsstypische Aufbau der Pflanzenzusammensetzung von Hecken spielt eine entscheidende Rolle für die ästhetische Wirkung. Sie steuern dadurch das ästhetische Kriterium Natürlichkeit ausschließlich und bestimmen das Kriterium Vielfalt entscheidend mit. Die faunistische Eigenständigkeit der Hecken bestimmter Landschaftstypen, wie sie in der pflanzensoziologischen Differenzierung zum Ausdruck kommt, stellt zusammen mit der landschaftstypischen Anordnung im Gelände, eine Grundlage des Kriteriums Eigenart der Visualisierung des Landschaftsbildes dar.

3.4.6 Bewertung für die Mainfränkischen Gäuflächen

Die weitgehende Rodung von Waldflächen hat in den landwirtschaftlichen Gunstgebieten schon in historischer Zeit zu einem starken Rückgang der natürlichen Vegetation geführt. Dennoch bedeutete dies wegen der extensiven Landnutzung und der Nutzungsvielfalt eine deutliche Zunahme an Biotopen und damit einen *Gewinn für die Artenvielfalt der Vegetation*.

Die Intensivierung der Landwirtschaft, der Herbizideinsatz und die Vereinheitlichung der Nutzung sind infolge der Bodengunst auf den Mainfränkischen Gäuflächen besonders weit fortgeschritten. Eine Vielzahl von Arten der *Segetal- und Ruderalflora*, die gerade für diese Landschaft typisch ist, sind deshalb bereits lokal ausgestorben oder stark gefährdet.

Die durch den Ackerbau besonders gefährdeten Arten benötigen im allgemeinen helle und warme Standorte. Einen Ausgleich können deshalb nicht größerflächige Biotope wie Wälder leisten, sondern nur kleinräumig über die Flur verteilte Biotope, die einen Schutz vor den Beeinträchtigungen der modernen Landwirtschaft und eine zeitliche Kontinuität bieten.

Hecken stellen eine *Vielfalt an ökologischen Nischen* für die Pflanzen der Agrarlandschaften bereit, wie keine anderen Kleinstrukturen. Deshalb können mit Hecken *auf relativ geringer Fläche* überproportional viele dieser Arten erhalten werden.

Um die naturnahe Zusammensetzung und das volle Artenspektrum insbesondere der Heckensäume zu erhalten, wäre es darüber hinaus nötig, einen Schutzstreifen entlang der Hecken anzulegen, um den Nährstoffeintrag zu bremsen. Vor allem ist es nötig, das auch ökonomisch wenig sinnvolle Umpflügen der Säume zu verhindern.

3.5 Funktion Biotop für die Fauna

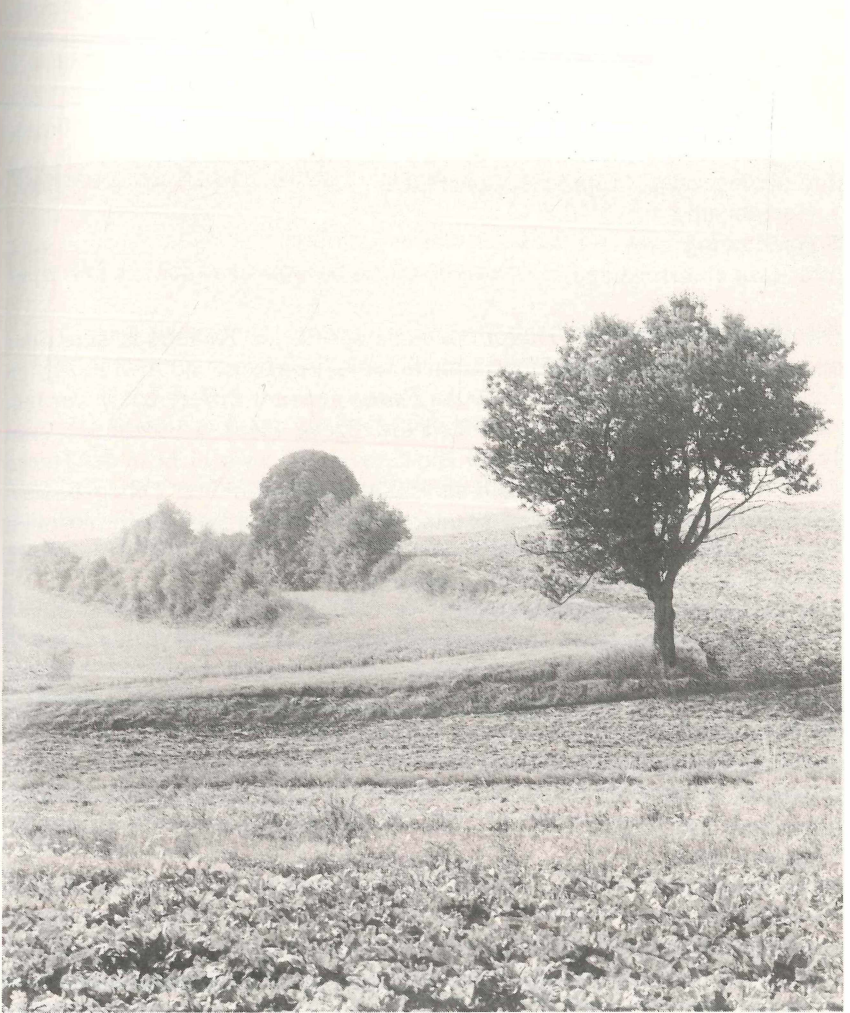


Abb. 9: Die Vielfalt von ökologischen Nischen und differenzierten Biotopstrukturen, konzentriert auf engstem Raum in Hecken wird von keinem anderen Kleinstrukturentyp in der Agrarlandschaft erreicht. Diese Habitats können ihren Bewohnern deshalb Nahrungsreserven, Refugialräume und Trittsteine in zeitlicher Kontinuität bieten, was besonders bei den regelmäßigen anthropogenen Eingriffen auf den Feldern zum Tragen kommt.

Die Biotopfunktion stellt wohl die populärste Funktion von Hecken überhaupt dar. Dies mag auch daran liegen, daß speziell in den intensiv genutzten Agrarlandschaften von heute zahlreiche Tierarten verschwunden oder stark dezimiert sind.

Hierbei wird jedoch oft zu wenig beachtet, daß die Tiere der Heckenbiozönose ganz **verschiedenen Abteilungen des Tierreichs** angehören, weshalb sich ihre ökologischen Ansprüche hinsichtlich

1. Nutzung und

2. Ausstattung

sehr stark unterscheiden.

Die Hecke wird teils als Hauptlebensraum, teils als Teillebensraum oder nur als gelegentliche Zwischenstation benutzt. Entsprechend muß bezüglich der relevanten **Teilfunktionen für die Fauna** genauer differenziert werden. Außerdem betreffen diese zum Teil die eigene Hecken-Biozönose, zum Teil nur Durchgangsgäste anderer Biozönosen, die zwar nicht in der Hecke selbst leben, diese aber dennoch als Ergänzung bestimmter Lebensbedürfnisse dringend benötigen. Es können drei Gruppen von Teilfunktionen unterschieden werden:

1. Trophischen Funktionen (Nahrungsquelle);

2. Strukturfunktionen (Lebensraum);

3. Vernetzungsfunktionen (Biotopverknüpfung).

Entsprechend der Unterschiedlichkeit der Tiere variieren ihre **Ansprüche an die Ausstattung** ihrer Umwelt ganz erheblich. Die Heckenbiozönose muß diesbezüglich zumindest grob nach

1. Vögeln,

2. Insekten und

3. Kleinsäugetern

unterteilt werden.

In dieser Differenzierung spiegelt sich die **Vielfalt der Heckenbiozönose** wider, die aus der im vorhergehenden Abschnitt genauer beschriebenen Vielzahl unterschiedlicher ökologischer Nischen sowie dem besonderen Aufbau von Hecken als Ökotope resultiert.

3.5.1 Teilfunktionen und Bedeutung

Zwölfer (1982, S. 61-63) gliedert die Funktionen der Hecken für Tiere in zwei Hauptbereiche: Trophische- und Strukturfunktionen.

Trophische Funktionen

Das Nahrungsangebot der Kulturlandschaft ist für die Mehrzahl der Tiere bereits nicht mehr ausreichend, weil entweder

- wegen der weitgehenden Monotonisierung der Landwirtschaft bestimmte Nahrungsgrundbedürfnisse garnicht befriedigt wer den können, oder
- der Fauna bei der Ernte die Nahrungsgrundlage entzogen wird.

Dadurch werden Nahrungsspezialisten gefördert, die dann als Schädlinge das für sie überreiche Nahrungsangebot kurzfristig zur Massenvermehrung nutzen, während den Nützlingen die Nahrungsgrundlagen fehlen.

Diese Lücken können die Hecken als "Nahrungsrefugium" (Zwölfer, 1982a, S. 63) überbrücken. Sie zeichnen sich durch eine Vielfalt von Nahrungsressourcen aus, die in Mitteleuropa von keinem anderen Vegetationstyp auf solch kleinem Raum erreicht wird. Zudem ist diese Primärproduktion der Hecke relativ stabil und wird über das ganze Jahr hin angeboten, was "in hohem Maße zur zeitlichen Kontinuität ökologischer Prozesse beiträgt" (a.a.O.). Fig. 33 zeigt diese Funktionen und deren Bedeutung im Agrar-Ökosystem zusammenfassend.

Durch die besondere dreidimensionale Raumstruktur können Hecken eine etwa 2-3 Mal größere Blattfläche bilden als flächige Vegetationstypen, wie Wälder oder Äcker, und eine entsprechend größere Menge an Strahlungsenergie aufnehmen. Dieser hohe Ausnutzungsgrad an Primär-Energie, verbunden mit dem um den Faktor 3-4 über dem Wald liegenden Blattflächenkonsum, kommt in der Menge der produzierten Phyllophagen (blattfressende Insekten) zum Ausdruck, die zehnfach über der eines Buchenwaldes liegt (Lange, 1982, S. 66).

Dieser Sachverhalt führt jedoch nicht zur Massenvermehrung der Phyllophagen, da sie durch eine Vielzahl von Feinden kontrolliert werden, wobei die Rolle der Raubinsekten (Parasiten und Entomophagen) wichtiger ist, als die der Vögel (Peitzmeier, 1969, S. 16). Die Phyllophagen-Population

wird in der Regel auf einem Niveau stabilisiert, das tief unter dem vom Wirtspflanzenangebot her möglichen liegt. Die Räuber transformieren die in den Primär-Konsumenten gespeicherte Energie auf höhere trophische Ebenen und exportieren sie in die Umgebung. Deshalb kommt den Hecken eine wichtige, auf das Umland übergreifende ökologische Produktions- und Verteilerfunktion sowie eine Austauschfunktion zu (Lange, 1982, S. 66).

Strukturfunktionen

Eine Zusammenstellung der Strukturfunktionen von Hecken findet sich bei Blab (1986, S. 176) und Wildermuth (1980, S. 202).

Die Strukturfunktionen lassen sich nach Tiergruppen in zwei Bereiche gliedern, was die Vielfalt an ökologischen Nischen mit sehr unterschiedlicher Ausstattung veranschaulicht.

Für Kleinsäuger und räuberische Insekten:

- Überwinterungsquartier;
- Deckung und Schutz vor Witterung und Bewirtschaftungsmaß nahmen in der Umgebung;
- Verstecke und Schlafplätze für Dämmerungsaktive (Igel, Erdkröte, Eulen);
- Licht und Wärme für sonnenliebende Arten (Reptilien, Schmetterlinge);
- Stützpunkte für Wild (Reh, Hase, Rebhuhn);
- Dickichte und Strukturen für Fallensteller (Spinnen).

Für Vögel:

- Bereitstellung von Nistplätzen für Boden- und Strauchbrüter, in Überhältern (durchgewachsenen Gehölzen) auch für Baum- und Höhlenbrüter;
- Singwarte;
- Ansitzwarte bei der Jagd.

In Fig. 33 sind diese Teilfunktionen für die Fauna im Überblick zusammengestellt. Die überragende Bedeutung von Hecken für die Vogel-Population zeigt sich daran, daß in einer Hecke die Bestandsdichte das 3,5fache des Wertes eines vergleichbaren Waldes betragen kann (Wildermuth, 1980, S. 203). Hierin spiegelt sich auch die Tatsache wider, daß die Heckenvögel die umgebende Landschaft mit als Lebensraum benötigen.

Der Zusammenhang zwischen Hecken- und Vogeldichte läßt sich am Beispiel von Untersuchungen über den Rebhuhnbestand zeigen (Müller, F., 1981; Reicholf, 1973). Wie Fig. 32 anhand der Jagdzahlen zeigt, schwankte er zwar erheblich, hielt sich jedoch im Durchschnitt auf einem gleichbleibenden Niveau. Nach der Flurbereinigung erlebte er nicht nur einen deutlichen Rückgang, sondern war weiterhin rückläufig bis zum völligen Verschwinden der Rebhühner. Da der Rückgang in einem angrenzenden nicht bereinigten Vergleichsgebiet ausblieb, spielten andere Beeinträchtigungen wie Mechanisierung und Biozideinsatz dabei eine untergeordnete Rolle. Entscheidend war die durch die Flurbereinigung bedingte Verarmung an Strukturelementen und der Verlust an Biotopen.

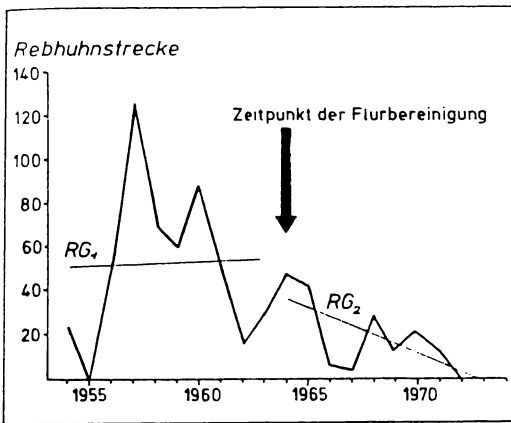


Fig. 32: Veränderung der Abschußzahlen bei der Rebhuhnjagd zwischen 1954 und 1974. Die Beseitigung der Strukturvielfalt der betroffenen Landschaft bei der Flurbereinigung 1964 bewirkte einen dauerhaften Rückgang des Rebhuhnbestands. Aus: Müller, F., 1981, S. 293.

Im modernen Pflanzenbau stellt, insbesondere wenn Grünland fehlt, oft nur noch der Raps geeignete Blüten für Insekten bereit. Der Zeitraum, in dem Blüten zur Verfügung stehen, ist dadurch auf etwa einen Monat eingeschränkt, was für etliche Insektenarten unter dem Lebensminimum liegt. Für an Blüten angepaßte Lebewesen sind nun die Blütenpflanzen der Hecken von noch größerer Bedeutung als früher (Knauer, 1985, S. 43). Außer für Schmetterlinge u.a. gilt das besonders für Wildbienen und

Hummeln, die auf dieser Grundlage eine Population dauerhaft etablieren können. Wenn Raps, Klee, Luzerne oder andere Pflanzen zur Saatgutgewinnung bestäubt werden müssen, kann auf die vorhandene Fauna zurückgegriffen werden. Fehlt sie, so müssen Honigbienenvölker herbeigeht werden (Rotter und Kneitz, 1977. S. 41).

Vernetzungsfunktion

Zu diesen beiden Funktionen der Hecke, die ihre eigene Biozönose direkt betreffen, kommt noch die Vernetzungsfunktion als Trittstein für die Aufrechterhaltung der eigenen und fremder Biozönosen hinzu. Diese zusätzliche Funktion verdeutlicht, daß Hecken nicht nur per se erhaltenswert sind, sondern auch die ökologische Wertigkeit und Artenvielfalt ihrer Umgebung mit steigern bzw. erhalten helfen.

Sukopp (1984, S.13) nennt folgende Effekte der Vernetzungsfunktion:

- Wiederbesiedlungsmöglichkeit nach lokalem Verschwinden einer Art durch natürliche oder anthropogene Einflüsse von Populationen benachbarter Biozönosen aus.
- Langfristiger Genaustausch. Die Erhaltung einer gesunden Population ist auf eine ausreichend große Individuenzahl angewiesen. Kleinere Populationen sind daher auf den Austausch mit Nachbarnpopulationen angewiesen, um die notwendige Genvielfalt zu erreichen.
- Verbindung von Teillebensräumen der Heckenbewohner. Neben der unmittelbaren Bereitstellung von Teillebensräumen ermöglicht die Struktur des Ökotoons intensive Austauschbeziehungen und somit die Existenz von Lebewesen mit komplexen Lebensraumansprüchen, die auf häufigen Lebensraumwechsel angewiesen sind.
- Wanderungswege für Arten fremder Habitats. Zusätzlich stellen Hecken Verbindungen für Gast-Arten bereit, die auf Wanderungen zwischen auseinanderliegenden Teillebensräumen angewiesen sind und für die die Ackerflächen unüberwindliche Barrieren darstellen würden.

Beispielsweise wandert die Erdkröte im Frühjahr zu ihrem Laichplatz (Tümpel), während sie im Sommer z.B. im Wald lebt. Größere Strecken über die offene Feldflur kann sie wegen der mikroklimatischen Unterschiede nicht überwinden (a.a.O.). In einer Untersuchung über Laufkäfer betrug der Anteil der Waldarten in einer Hecke 30-40 %, während die Individuen-

zahl nur bei 9 % lag. Das weist nach Mader (1984, S.12) darauf hin, daß diese Arten die Hecke nur als Migrationsweg benutzen.

In Fig. 33 sind die Funktionen für die Fauna im Überblick zusammengefaßt. Den durch die Hecke für die Fauna direkt bereitgestellten Teilfunktionen ist deren jeweilige Bedeutung aus der Sicht des Agrar-Ökosystems insgesamt gegenübergestellt.

3.5.2 Anforderungen an die Biotopstruktur

Verschiedene Tierklassen, teilweise sogar verschiedene Arten derselben Familie, zeigen erhebliche Unterschiede in ihren Ansprüchen an die Biotopstruktur.

Vögel

Heusinger (1984, S.99-122) untersuchte die für Vögel günstigste Biotopstruktur:

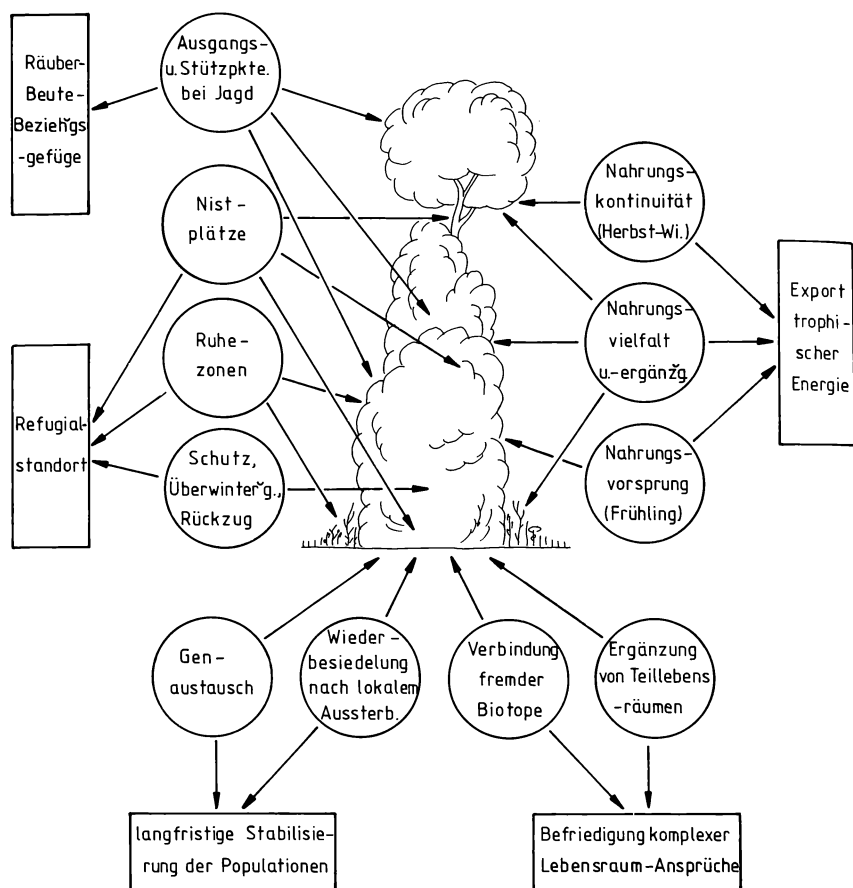
Die Nestdichte von Heckenvögeln bei unterschiedlicher *Heckenlänge* ist in Tabelle 10 zusammengestellt und zeigt ein deutliches Maximum bei Hecken mit 10-15 m Länge. Sowohl längere Hecken als auch Einzelbüsche zeigen eine geringere Nestdichte pro qm Flächeneinheit.

Fig. 33 (folgende Seite): Faunistische Teilfunktionen (ökologische Nischen, Strukturfunktionen, Trophische- und Vernetzungsfunktionen) in einer Hecke. Genauere Aufschlüsselung im Text. Eigener Entwurf.

Funktionale Bedeutung der Hecke für die Fauna und ihre Vernetzung mit dem Agrar-Ökosystem

Struktur-Funktionen

Trophische Funktionen



Bedeutung für:

- Hecken-Fauna
- Agrar-Ökosystem

Vernetzungs-Funktionen

Tabelle 10: Nestdichte von Heckenvögeln in Abhängigkeit von der Heckenlänge. Daten aus: Heusinger, 1984, S. 121.

Heckenlänge	Nestdichte pro 100 m
10 - 15 m	1,4 - 3,5
100 - 150 m	0,8 - 1,5
über 200 m	unter 0,7

Das **Heckenalter** zwischen 10 - 20 Jahren stellt ein Optimum in Bezug auf Artenanzahl und Diversität dar, wenngleich die absolute Nisthäufigkeit bei jüngeren Hecken noch darüber liegt. Bei älteren Hecken nimmt der Anteil an Waldvogelarten zu, Nestdichte und Artenvielfalt nehmen ab, die typischen Heckenbesiedler verschwinden allmählich (a.a.O., S.122). Diese Zusammenhänge weisen mit aller Deutlichkeit auf die Notwendigkeit der Heckenpflege hin, entsprechend der traditionellen Nutzungsweise, die diesen Biotoptyp schuf.

Die Artenmannigfaltigkeit der Vögel steigt mit zunehmender **Heckendichte** pro Flächeneinheit kontinuierlich an. Ab 40-50 m Hecken pro ha (entsprechend 2 % der Gesamtfläche) erhöhen sich die Werte, während sie über 80-90 m Hecken/ha (ca. 4 %) nur noch geringer ansteigen (Zwölfer, 1984, S.21), also diesbezüglich optimal sind.

Einzelne hochgewachsene Überhälter (oder auch separate Einzelbäume) können die Attraktivität einer Landschaft für Vögel noch weiter steigern, indem sie zusätzliche **Biotopstrukturen** zur Verfügung stellen, z.B. Singwarten und Ansitzwarten speziell für die Greifvögel (a.a.O., S.24). Die Strukturvielfalt beeinflusst den Vogelbestand weit stärker, als die Artenvielfalt der Hecken (Heusinger, 1984, S.119). Für die Bodenbrüter, die einen Teil der typischen Hecken-Avifauna ausmachen, ist ein guter Bodenabschluß der Pflanzen unerlässlich, was durch fremdländische Arten oft nicht erreicht wird (a.a.O., S.122).

Da die verschiedenen Vogelarten unterschiedliche Buscharten bevorzugen, läßt sich ein direkter Zusammenhang zwischen **Pflanzenvielfalt** und Vogelbestand einer Hecke erkennen. Insgesamt wird jedoch "der Vogelbestand weit mehr von unterschiedlichen Strukturmerkmalen als von der Artenvielfalt der Vegetation beeinflusst (Heusinger, 1984, S.119).

Insekten

Im Unterschied zu den Vögeln stellte Mader (1984, S.12) für Laufkäfer (Carabiden) eine positive Korrelation zwischen Artenzahl und Heckenlänge fest. Außerdem weisen die Artengemeinschaften dann ausgeglichene Dominanzstrukturen auf. Dieses Erkenntnis bestätigt auch Zwölfer, der allerdings darauf hinweist, daß die Isolationssituation einen stärkeren Effekt ausübt, als die absolute Länge.

Spreier (1984, S.46) gibt für Carabiden eine Maximalentfernung von 200 m an, wenn eine selbständige Besiedlung möglich sein soll. Soll das volle Artenspektrum aus Wald- und Feldarten erreicht werden, dann müssen die Hecken mindestens 5 m, besser 8 m breit sein, um die nötige mikroklimatische Differenzierung zwischen Rand und Innerem zu schaffen. Hecken von 2 m Breite bieten praktisch nur denjenigen Carabidenarten eine Lebensmöglichkeit, die sowieso auf Feldern leben.

3.5.3 Schlußfolgerungen und Interdependenzen zu anderen Funktionen

Diese Beispiele machen deutlich, daß es unmöglich ist, eine Idealhecke zu benennen, die den diversen Bedürfnissen aller Lebewesen gleichermaßen entspricht. Um den unterschiedlichen Lebensraumansprüchen gerecht zu werden, sollte man deshalb eine möglichst vielgestaltige Biotopausstattung der Landschaft anstreben. In Bezug auf Hecken heißt das, in *Breite, Länge, Aufbaustruktur und Pflanzenkombination möglichst stark abzuwechseln*, ergänzt durch Einzelbäume und Feldgehölze, und keinesfalls "Einheitshecken" zu pflanzen.

Gerade dabei ist die historische Struktur mit einheimischen Pflanzen und Varietäten ein sinnvoller Anhaltspunkt. Von großer Bedeutung ist auch die regelmäßige Heckenpflege (Beschneidung, Ausasten und auf den Stock setzen), um eine Überalterung, und eine Veränderung der Florenzusammensetzung zu vermeiden.

Abiotische Funktionen

Um das Biotopangebot einer Landschaft zu steigern kommt es weniger auf die exakte Lage der Hecken an, als vielmehr auf eine möglichst gleichmäßige Verteilung in der Flur. Dieses allgemeine Prinzip stimmt mit den Funk-

tionen Mikroklima-Beeinflussung und Windschutz überein. Im Einzelfall kann die genaue Lage einer Hecke, beispielsweise die Ausrichtung quer zum Hanggefälle für die Funktion Wassererosions-Schutz, den abiotischen Funktionen gemäß erfolgen. Dadurch läßt sich die Nutzung der Hecke für *mehrere Funktionen gleichzeitig* gut realisieren.

Stabilisierung im Agrarökosystem

Die bisher in diesem Abschnitt verfolgte Argumentation orientierte sich an naturschützerischen Grundsätzen. Dies trifft zwangsläufig auf die Konkurrenz der landwirtschaftlichen Nutzung. Neben dem Flächenbedarf tritt von dieser Seite her vor allem die Frage in den Vordergrund, wie stark die Beziehungen zwischen der Hecke und den angrenzenden Agrarflächen sind, und ob es sich um landwirtschaftlich insgesamt nützliche oder schädliche Einwirkungen handelt.

Wegen der Vielschichtigkeit dieser für die Landwirtschaft äußerst wichtigen Frage, soll diese Problematik im nächsten Abschnitt genauer untersucht werden.

Visualisierung des Landschaftsbildes

Die für die Biotopfunktion Fauna hergeleitete Notwendigkeit einer Vielfältigkeit im Heckenaufbau stellt die Voraussetzung für die ästhetischen Kriterien Vielfalt und Natürlichkeit dar und kann somit problemlos direkt auf diese Funktion übertragen werden.

3.5.4 Bewertung für die Mainfränkischen Gäuflächen

Die Mainfränkischen Gäuflächen gehören infolge ihrer relativ einheitlichen landschaftsökologischen Ausstattung und ihrer Bodengunst schon seit Jahrhunderten zu den Gebieten Mitteleuropas mit den *höchsten Flächenanteilen der Landwirtschaft* an der Gesamtfläche.

Großflächige Biotope fehlen weitgehend, in manchen Gebieten völlig. So liegt der Waldanteil im Untersuchungsgebiet mit nur rund 1 % an der Gesamtfläche äußerst niedrig.

Dieser Mangel an Refugialräumen für die Fauna kommt durch die wegen der äußerst intensiven und einseitig auf Ackerbau ausgerichteten Landwirtschaft extrem lebensfeindlichen Agrarflächen erst richtig zum Tragen.

Trotzdem ließen sich diese Probleme ausgleichen. Während in strukturreichen, gegliederten Landschaften wie in Teilen Schleswig-Holsteins über die Flur verteilte Strukturelemente die *Funktionen des Waldes weitgehend übernehmen* und sein Fehlen damit ausgleichen können, fallen diese in ausgeräumten Landschaften wie den Mainfränkischen Gäuflächen ersatzlos aus.

Für diesen Zweck bieten sich Hecken geradezu an. Sie stellen eine von anderen Landschaftselementen nicht erreichte Vielfalt an ökologischen Nischen und Nahrungsmöglichkeiten bereit. Dabei ist der *Flächenbedarf von Hecken im Verhältnis zu ihrer faunistischen Bedeutung gering*, sodaß sie über die gesamte Flur verteilt werden können. Durch den hohen Anteil von Kontaktflächen dieser Ökotope ist der Nutzen für den Artenschutz erheblich höher als beispielsweise der eines Waldes gleicher Gesamtfläche.

Die Heckenlänge pro Hektar beträgt im Untersuchungsgebiet nur 4,86 m (Bayerische Landessiedlung, 1985). Die Wald- und Strukturarmut des Untersuchungsgebietes kann als repräsentativ für die gesamten Mainfränkischen Gäuflächen gelten und ist in manchen Gemarkungen sogar noch schlimmer.

Nach Zwölfer (1982b, S. 133) ist ein Wert von unter 5 m/ha selbst für die sehr mobilen Vögel so gering, daß die Hecken in ihrer Bedeutung für den Artenschutz und ihrer natürlichen Regenerationsfähigkeit stark eingeschränkt sind. Für andere Tiergruppen, wie den für den integrierten Pflanzenschutz wichtigen Laufkäfern, liegt dieser Grenzwert noch erheblich höher.

3.6 Funktion Stabilisierung im Agrarökosystem



Abb. 10: Ein Netz ökologischer Nischen als Voraussetzung für die biologische Schädlingsbekämpfung stellt innerhalb der Feldflur Nützlingen (Entomophagen, Carnivoren) eine dauerhafte Lebensgrundlage bereit. Von dieser Basis aus kann eine bestehende Nützlings-Population schnell auf die Massenvermehrung eines Schädlings auf den Feldern reagieren und so stabilisierend auf das Agrarökosystem einwirken, wie beispielsweise 1989, als sich nach starkem Blattlausbefall die Marienkäfer schlagartig vermehrten. (Foto: Marienkäfer (mit Kreis markiert) auf Trittrasen zwischen einer Hecke und einem Feld.)

Bereits bei der Bearbeitung der abiotischen Grundlagen der Mainfränkischen Gäuflächen wurde deutlich, daß sich die aktuellen Probleme durch die Kombination der natürlichen Ausstattung unter den Bedingungen der anthropogenen Nutzung ergeben. Dies trifft für die Funktion Stabilisierung in verstärktem Maß zu und muß auch auf die Bewertung ausgedehnt werden.

Bei den Biotop-Funktionen bezog sich die Problematik auf die Bereitstellung von Strukturen, die den ökologischen Lebensraum-Ansprüchen von Pflanzen- und Tierarten genügen und ihr Überleben ermöglichen. Man muß sich stets vor Augen halten, daß sich die **Stabilisierung** demgegenüber auf die anthropogene Nutzung des Agrarökosystems bezieht und sich ihre Notwendigkeit erst aus dem Eingriff des Menschen ergibt. Wenn im folgenden von "Nützlingen" oder "Schädlingen" gesprochen wird, so ist dies stets eine **Bewertung aus der anthropozentrischen Perspektive**, die jedoch im Zusammenhang mit der im Gebiet so dominierenden Landwirtschaft berechtigt erscheint.

3.6.1 Problematik

Vereinfachende, allgemein formulierte Zusammenstellungen über günstige Funktionen der Hecken schreiben diesen zumeist auch bei Pflanzenschutzproblemen einseitig positive Wirkungen zu. Diese lassen sich jedoch in der wissenschaftlichen Literatur nicht nachvollziehen. Wie Zwölfer et al. (1984, S. 28) schreiben, setzt diese Gesamtaussage "eine Einsicht in die Funktionen unserer ökologischen Systeme voraus, die wir erst sehr bruchstückhaft besitzen... und diese Unkenntnis nimmt zu, wenn nach der ökologischen Vernetzung zwischen landwirtschaftlichen Kulturen und ihrem Umland gefragt wird." Genau diese Frage ist es aber, die einen Landwirt, als den unmittelbar am stärksten von einer Hecke Betroffenen, wohl zuerst interessiert. Es führt also kein Weg daran vorbei, sich damit auseinanderzusetzen und aus den vorhandenen Erkenntnissen vorläufige Schlüsse zu ziehen.

Viele Arbeiten greifen einzelne der zahlreichen Tiergruppen, Schädlinge oder Nützlinge, aus der Gesamtfaua der Hecke heraus, und untersuchen die Intensität ihrer Beziehung zum Feld. Einige wenige Arbeiten (siehe unten) stellen die vielen Einzelbeobachtungen zusammen und versuchen daraus eine Aussage zu entwickeln. Diese Methode ist sicher als Darstellung des aktuellen Wissensstandes wertvoll, muß aber zwei wichtige Aspekte vernachlässigen:

- Eine bloße Auflistung ist wenig sinnvoll, wenn nicht die intensiven Räuber-Beute-Beziehungen mit berücksichtigt werden, wie das Zwölfer et al. (1984) für einige Komplexe untersuchten.
- Das Ausmaß einer etwaigen Schädigung hängt entscheidend von den angebauten Nutzpflanzen ab, die im einzelnen nur bei einer genau lokal eingegrenzten Begutachtung mit bekannten Fruchtfolgen berücksichtigt werden können.

Aus diesen Gründen ist es derzeit weder möglich, eine generelle Gesamtbilanz der faunistischen Beziehungen zwischen Hecke und Feld zu ziehen, noch eine im Hinblick auf den integrierten Pflanzenschutz optimale Hecke zu charakterisieren (Zwölfer, et al., 1984, S. 35).

Es erscheint daher wenig nützlich, hier eine weitere isolierte Aufstellung aller möglichen Schädlinge und Nützlinge zu präsentieren. Vielmehr sollen einige wichtig erscheinende Gedanken im Zusammenhang mit ökologischer Stabilisierung und integriertem Pflanzenschutz verfolgt werden.

3.6.2 Intensität und Bedeutung der Beziehungen zwischen Hecke und Umland

Insekten

Sinnvoller als eine Betrachtung bestimmter Tiergruppen erscheint eine Untersuchung zwischen den einzelnen Gliedern der Nahrungsketten. Pflanzenfressende Insekten (Phytophagen) kommen dann zur Massenvermehrung (und werden damit erst zu Schädlingen), wenn

- in Gestalt der Monokulturen für sie optimale Verhältnisse herrschen und der wichtigste natürliche Begrenzungsfaktor, die Nahrungsknappheit, wegfällt;
- der Vertilgerkomplex geschwächt oder seine Lebensgrundlage völlig entzogen ist (Franz und Krieg, 1976, S. 32).

Die meisten Insektenfresser (Entomophagen) spielen in mehreren Vertilgerkomplexen eine Rolle. Sie benötigen Wirtswechsel oder unterschiedliche Teillebensräume zum Überleben (Zwölfer, et al., 1984, S. 29). Daher ist

es für die Beurteilung der Möglichkeiten einer biologischen Schädlingskontrolle entscheidend, die Lebensbedingungen und Ansprüche sowohl der Nützlinge als auch der Schädlinge zu untersuchen und entsprechende Konsequenzen für das Funktionieren des *Phytophagen-Entomophagen-Komplexes* zu formulieren.

Tischler (1958) untersuchte die Beziehungen zwischen Hecken und angrenzenden Feldern mit dem Schwerpunkt auf der Insektenfauna, wobei er nach einzelnen Insektengruppen vorgeht und vor allem deren Antreffhäufigkeit ermittelt. Abschließend stuft er das Beziehungsgefüge als relativ wenig entwickelt ein. Er begründet dies mit der Eigenständigkeit der Biozöosen der Felder einerseits und der Hecken andererseits, die einen waldähnlichen Charakter und eine entsprechende Artenzusammensetzung zeigten. Eine Ausnahme bilden lediglich etliche Arten der Staphyliniden (Kurzflügelkäfer) und der Carabiden (Laufkäfer), was auch Fuchs (1969) bestätigt. Vor allem bei letzteren handelt es sich zumeist um räuberische Arten, die in angrenzende Felder auf einem Streifen von 30 bis 40 m Streifzüge unternehmen, also als Nützlinge einzustufen sind.

Jedoch beziehen sich diese Untersuchungen auf die Verhältnisse in Schleswig-Holstein, mit dessen typischen Klimabedingungen und wo die Hecken direkt aus der Waldvegetation hervorgegangen sind. Obwohl Zwölfer et al. (1984, S. 23) auch für Franken feststellen, daß die Beziehungen der Insektenfauna von Hecken zu umgebendem Grünland stärker sind, als zu den sich starker unterscheidenden Feldern, lassen sich Tischlers Ergebnisse und Einschätzungen nicht ohne weiteres auf Mainfranken übertragen. Neben den anders gearteten Klimaverhältnissen unterscheidet sich hier vor allem die Heckenvegetation, die ja spontanen Ursprungs ist und deshalb geringere Unterschiede zu den Lebensbedingungen der Felder zeigt, weshalb sich stärkere faunistische Austausch-Beziehungen ausbilden können.

Diese Zusammenhänge lassen sich am Beispiel der Blattläuse, den bedeutendsten Pflanzenschädlingen, zeigen. Blattläuse stellen sehr geringe Ansprüche an die ökologischen Bedingungen ihrer Umgebung und können überall gut existieren, vorausgesetzt sie finden genug Nahrung. In einem heranwachsenden Feld ist diese Bedingung optimal erfüllt, weshalb es leicht zu Massenvermehrungen kommen kann.

Die natürlichen Feinde der Blattläuse, wie Marienkäfer, Florfliegen und Schwebfliegen, benötigen allesamt geeignete Überwinterungsplätze. Meistens überwintern die Imagines, während die Larven die bedeutenderen Schädlingsvertilger sind. Eine Marienkäferlarve beispielsweise vertilgt innerhalb von 3 Wochen etwa 400 Blattläuse, Florfliegenlarven ebenfalls 200

bis 500 während die Larven von Schwebfliegen 400 bis 800 Blattläuse vertilgen. Eine einzige Schwebfliege legt etwa 500 Eier, aus denen nach 10 bis 14 Tagen die Larven schlüpfen (Geis, 1983, S. 21-29). Eine gesunde Nützlingspopulation kann die Blattläuse daher ohne Schwierigkeiten auf einem niedrigen Niveau halten, unter der Voraussetzung, daß die entsprechenden Biotope zur Verfügung gestellt werden.

Auch für Raubschmarotzer (Parasiten), Schlupfwespen, Erzwespen, Brackwespen und Raupenfliegen spielen Hecken eine wichtige Rolle. Auf Wildrose, Schlehe und Weißdorn wurden Raubschmarotzerarten gefunden, die in Vertilgerkreisen von 40 verschiedenen Arten von Schadinsekten eine Rolle spielen. Diese wandern auch teilweise in das agrarisch genutzte Umland ein (Zwölfer, et al., 1984, S. 14).

Wenn es auch zutrifft, "daß mangels Kenntnis gegenwärtig eine Beurteilung von Hecke und Feldgehölz als Schädlingsherde noch nicht sicher möglich ist", so läßt sich doch festhalten: "Die Biozönose der Hecke liefert neben den Schädlingen auf alle Fälle Räuber und Parasiten zu ihrer Bekämpfung mit" (Rotter und Kneitz, 1977, S. 39). "Die komplexen Verknüpfungsmöglichkeiten innerhalb der Hecke und ins Umland sorgen dafür, daß gleichzeitig mit einem Schädling auch sein Vertilger-Komplex im System erhalten bleibt" (Zwölfer, et al., 1984, S. 35). Außerdem zeigt sich, "daß bestimmte räuberisch lebende Nutzarthropoden (Gliederfüßer) aus dem Heckenbereich in das landwirtschaftlich genutzte Umland einwandern". Zu diesen "mobilen Prädatoren", die sowohl in der Hecke, als auch im Umland Nahrung finden, gehören insbesondere Blattlausfeinde, etwa Marienkäferarten, Schwebfliegenarten, räuberisch lebende Wanzenarten, Netzflügler, wie auch der Ohrwurm (a.a.O., S.14).

Regenwürmer

Wegen ihrer großen Bedeutung für die Lockerung, Durchlüftung und Aufbereitung des Bodens sei hier auf die Regenwürmer (Lumbricidae) hingewiesen. Durch verschiedene Untersuchungen konnte belegt werden, daß hier "von einer Regenerationsmöglichkeit der Feldfauna aus einer Gehölzfauna auszugehen ist" (Rotter und Kneitz, 1977, S. 27).

Vögel und Säuger

"Bei Säugern und Vögeln mit ihren größeren Raumansprüchen und höherer Mobilität liegen wieder andere Verhältnisse vor: Vögel und Säuger

suchen ihre Nahrung außer in den Hecken in größerem Ausmaß auch in benachbarten Biozönosen" (Rotter und Kneitz, 1977, S. 27). "Die in der Hecke beobachteten Vogel- und Säugerarten erlauben eine Beurteilung von Heckenkomplexen und ihrem Umland, da sich bei diesen Tiergruppen die Aktivität nie auf eine Einzelhecke beschränkt" (Zwölfer et al., 1984, S. 15). Diese Tatsache macht deutlich, daß das Hauptaugenmerk hier auf die Räuber-Beute-Beziehung gelegt werden muß, wie das am Beispiel der Feldmaus, dem bedeutendsten Schädling unter den Säugern, gezeigt werden kann.

Wie Tischler (1950) und Herold (1948) übereinstimmend feststellen, lebt die Feldmaus (*Microtus arvalis*) praktisch ausschließlich auf dem Feld, ungeachtet des Vorhandenseins oder Fehlens von Hecken, was sich auf ihre Herkunft als Steppentier zurückführen läßt (Herold, 1948, S. 279). Die in den Hecken vorkommenden Mäuse (Kleine Waldmaus *Sylviaemus sylvaticus*, Brandmaus *Apodemus agrarius*, Gelbhalsmaus *Apodemus flavicollis*, Rötelmaus *Clethrionomys glareolus*) wirken als Insektenvertilger dagegen ausgesprochen nützlich (a.a.O., S. 282).

Im Unterschied zur Feldmaus selbst sind alle ihre natürlichen Feinde auf Rückzugsbiotope innerhalb der Feldflur angewiesen. Pro Jahr erlegt ein Wiesel 2000 - 3000 Mäuse. Die Beute eines Bussards besteht zu 80 %, die des Steinkauzes zu 85 %, bei Eulen zu über 90 % und beim Turmfalken zu 95 % aus Mäusen (Hintermeier, 1983, S.239).

Alle diese Tiere benötigen Standorte wie Hecken zwingend als Deckung oder Ansitzwarte für die Jagd, daneben für weitere Lebensfunktionen wie Nisten oder Überwinterung. Eine natürliche Bekämpfung der Mäuse ist ohne die Bereitstellung von Biotopen für ihre Feinde nicht möglich.

Einschränkend muß angemerkt werden, daß Rotter und Kneitz (1977, S. 36) darauf hinweisen, daß die Untersuchungen Tischlers und Herolds in Norddeutschland durchgeführt wurden und unter süddeutschen Klima- und Vegetationsbedingungen Feldmäuse doch in Hecken vorkommen können, obwohl die Autoren keine diesbezüglichen Untersuchungen zitieren. Daher bleibt die Frage offen, ob es sich hier um eine Förderung der Feldmaus handelt, oder nur um eine Einstrahlung von den Feldern. Letzteres erscheint aber wahrscheinlicher, da die ökologischen Ansprüche der Feldmaus auch unter süddeutschen Verhältnissen auf dem Feld besser befriedigt werden.

Wesentlich ist jedoch, daß in jedem Fall die Existenz von Hecken den Feinden der Feldmaus größere Vorteile bringt, als dem Schädling selbst.

Daneben befriedigen sie die notwendigen Standortsansprüche einer Reihe von Insektenvertilgern, wie den oben genannten Mausarten, des Igels und vor allem von Vögeln.

3.6.3 Zusammenfassung: Prinzipien der faunistischen Beziehungen zwischen Hecke und Umland

Insgesamt zeigen alle angeführten Beispiele gemeinsame Tendenzen, sodaß einige Prinzipien des Funktionierens faunistischer Beziehungen zwischen Hecken und ihrem Umland allgemein formuliert werden können.

- Die *Glieder höherer trophischer Ebenen* innerhalb der Nahrungskette (Entomophagen, Carnivoren) werden durch das Fehlen oder Vorhandensein von Hecken *stärker beeinflusst*, als die unterste Ebene der Konsumenten (Phytophagen).
- Hecken können nicht als allgemeine Schädlingsherde angesehen werden. Sie beherbergen zwar Schädlinge, aber, davon nicht zu trennen, immer auch Nützlinge, also einen Phytophagen-Entomophagen-Komplex, der zur *Selbstregulation* befähigt ist.
- Dieser Komplex steht im *Austausch mit der Umgebung* der Hecke, führt folglich zusätzliche Einwirkungen der Nützlinge auf die Schädlinge der Felder herbei, die ohne Hecke nicht bestünden.
- Dieser Austausch nimmt mit der physischen *Größe der Tierarten* und ihren Raumansprüchen zu.

3.6.4 Aktionsradien heckenbewohnender Carnivoren

Die Bestimmung der Aktionsradien der heckenbewohnenden Nützlinge sind von großer Bedeutung, um

- die mögliche Flächenwirkung der Stabilisierung, die von einer Hecke ausgehen kann, abzuschätzen;

- Maximalentfernungen und Mindestheckendichten festzulegen, da durch eine Isolation die Heckenbiozönose beeinflusst und in ihrer Leistungsfähigkeit beeinträchtigt wird.

Die unterschiedlichen Aktionsradien wichtiger heckenbewohnender Carnivoren sind in Fig. 34 zusammengestellt.

Nach Angaben von Spreier (1982, S. 40) liegt der Aktionsradius für Laufkäfer (Carabiden) bei 100 - 200 m, im Gegensatz zu der Angabe von 50 m bei Wildermuth (1980, S. 203).

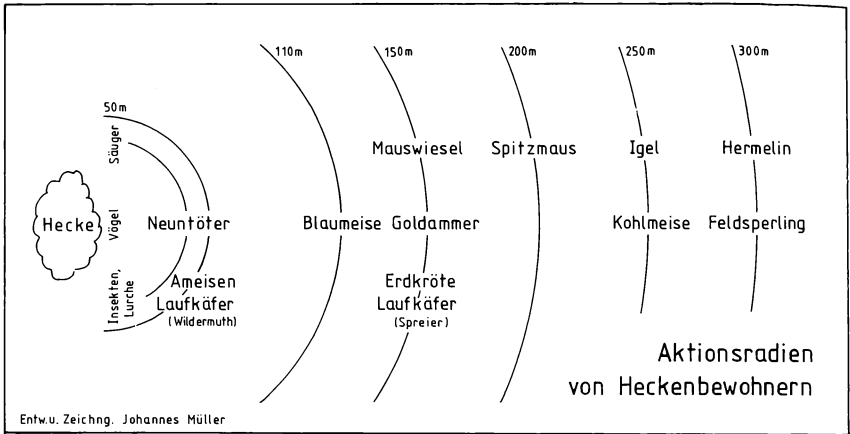


Fig. 34: Zusammenstellung der Aktionsradien einiger fleischfressender Heckenbewohner; nach Wildermuth (1980), Spreier (1982), Blab (1986). Es ergeben sich Häufungen der maximalen Aktionsradien bei 150 m für Insekten und etliche Vögel sowie bei 250-300 m für die meisten Kleinsäuger. Eigener Entwurf.

Eine Übersicht der Aktionsradien von Heckenvögeln findet sich bei Blab (vgl. Tab. 11). Sie zeigt, wie stark unterschiedlich weit sich selbst Tiere derselben Familie oder sogar Gattung in die Flur bewegen und daß teilweise sehr enge Heckenabstände nötig wären, um einen vollen Austausch zu gewährleisten.

Tabelle 11: Aktionsradien einiger Heckenvögel. Aus: Blab, 1986, S. 185.

Vogelart	Aktionsradius
Kohlmeise	250 m
Blaumeise	110 m
Feldsperling	300 m
Neuntöter	40 m

Die angeführten Beispiele zeigen, daß man in der Frage der Aktionsradien der Heckenbewohner zwischen Vögeln, Kleinsäugetieren und Insekten unterscheiden muß. Während manche Vögel und wohl die Mehrzahl der Insekten nur 50 - 100 m überwinden können, liegt dieser Wert für Kleinsäuger aber auch andere Vögel bei rund 250 m. Blab (1986, S. 185) stellt fest, daß "400 - 800 m ... für die meisten Heckenbewohner die äußerste überwindbare Entfernung" darstellt. Für Insekten wird dieser Wert jedoch zu hoch gegriffen sein, obwohl einige durch den Wind und andere Tiere weiter verbreitet werden, als es ihrem aktiven Radius entspricht. Man wird daher eine Entfernung von **maximal 300 - 400 m** von einer Hecke zur nächstliegenden fordern müssen, wenn die Artenvielfalt auf Dauer erhalten bleiben soll und die Populationen die Fähigkeit zur Regeneration nach Störungen haben sollen.

Diese Ergebnisse sind nicht nur für die Funktionsfähigkeit von Hecken als Biotop wichtig, sondern werden besonders dann bedeutsam, wenn es um die Ausstrahlung der stabilisierenden Funktion von Hecken auf das Umland geht, also um die Rolle, die sie im Integrierten Pflanzenschutz spielen können.

3.6.5 Integrierter Pflanzenschutz

Der Integrierte Pflanzenschutz versucht, den sich abzeichnenden Problemen des chemischen Pflanzenschutzes dadurch zu begegnen, daß er ökosystemaren Zusammenhängen mehr Beachtung schenkt und zunächst natürliche Schädlingskontrollmechanismen aufbaut. Da die meisten Schäden in der Landwirtschaft durch Insekten verursacht werden, konzentrieren sich

die Konzepte auf diese Schädlingsgruppe.

Generell werden bei diesem Konzept keine vorsorglichen (chemischen) Maßnahmen ergriffen, sondern eine Schädlingsbekämpfung erst dann eingeleitet, wenn der wirtschaftliche Schaden die Kosten der Bekämpfung voraussichtlich überschreiten würde, was primär eine exakte Beobachtung der Schädlings-Populationen voraussetzt. Überschreitet eine Schädlingspopulation diese **wirtschaftliche Schadensschwelle**, dann wird zunächst auf biotechnische Methoden zurückgegriffen, bevor als letztes Mittel auch chemische Präparate zur Anwendung gelangen, sofern ihr Gesamtnutzen erwiesen ist. Es lassen sich drei Strategien bei der Durchführung unterscheiden:

- Im Mittelpunkt steht der Hauptschädling und dessen Bekämpfung, was bei entsprechender Beratung und gezielten Maßnahmen relativ schnelle Erfolge verspricht.
- Konzentration auf eine Kulturpflanze und deren Ökosystem mit sämtlichen vorkommenden Schädlingen. Diese Strategie findet im Kernobstbau Anwendung.
- Allgemeine Förderung der biologischen Selbstregulation in einem größeren Gebiet mit verschiedenen Kulturpflanzen, um Schädlinge mit natürlichen Maßnahmen von vornherein unter der wirtschaftlichen Schadensschwelle zu halten und menschliche Eingriffe zu minimieren (Steiner, 1975, S. 398).

3.6.6 Rolle der Hecken im integrierten Pflanzenschutz

Wegen der hohen Kosten einerseits und wegen der wechselnden Feldfrüchte andererseits sind gezielte Maßnahmen des integrierten Pflanzenschutzes im Ackerbau seltener als z.B. beim Obstbau. Hier erlangt vor allem die Förderung der biologischen Selbstregulierung Bedeutung. Fig. 35 zeigt, wie sich die regulativen und stabilisierenden Beziehungen des Agrarökosystems an Hecken summieren, die dadurch zur zentralen Basis der biologischen Selbstregulation der Landschaft werden.

Zwölfer et al. (1984) untersuchten die entscheidenden Mechanismen der Selbstkontrolle des Agrarökosystems und die Rolle, die Hecken dabei spielen. Die Phytophagen eines Hecken-Systems werden in der Regel auf ei-

nem Niveau stabilisiert, das tief unter dem vom Wirtspflanzenangebot her möglichen liegt. Dafür ist der Vertilgerkomplex verantwortlich, der meistens sehr kompliziert zusammengesetzt ist und dem mehrere Entomophagen angehören, die daneben auch noch auf andere Nahrungsquellen angewiesen sind. Die Aufrechterhaltung einer gewissen Population des Schädlings ist Voraussetzung für die Existenz des Vertilgerkomplexes und dessen schnelle Reaktion auf Vermehrungen des Schädlings (a.a.O., S.17).

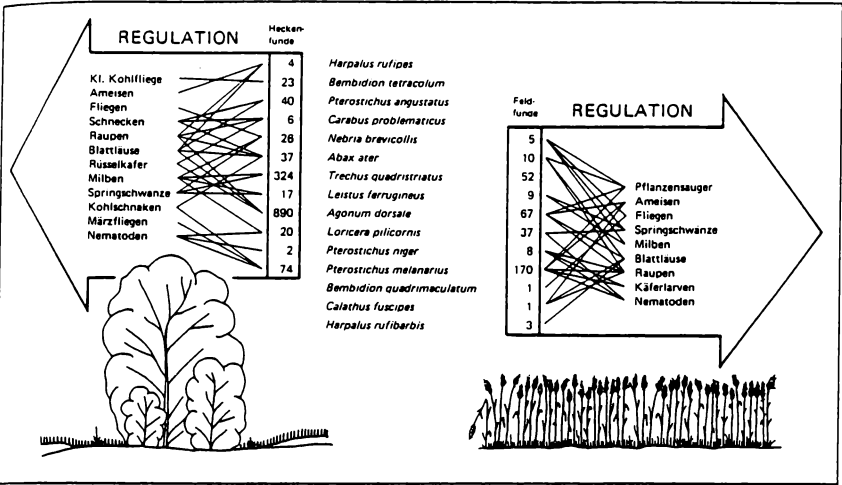


Fig. 35: Regulative und stabilisierende Funktionen der Räuber-Beute-Beziehung zwischen Hecke und Feld am Beispiel der Laufkäfer (Carabiden) und ihrer Opfer. Aus: Mader, 1984. S.13.

Geflügelte Blattlausarten können über große Entfernungen als "Luftplankton" verdriftet werden. Existieren im Zielgebiet keine ökologischen Zellen mit Blattlausfeinden, so kommt es regelmäßig zur Massenvermehrung. Das Vorhandensein dieser Nützlinge kann die Schädlinge jedoch unter der wirtschaftlichen Schadensschwelle halten und eine Bekämpfung unnötig machen (a.a.O., S. 23).

Das frühe Nahrungsangebot der Hecken bereits im April/Mai führt zunächst zu einer Zunahme der Phytophagen bevor im Juli die Entomophagen ihr Maximum erreichen. Während jetzt die Phytophagenbiomasse im Heckenbereich steil sinkt, erreicht sie auf den Feldern mit der Reife der Anbaufrüchte ihren Höhepunkt. Die Entomophagenpopulation kann nun

dorthin überwechseln und sofort wirksam eingreifen, da ihre Population bereits aufgebaut ist. Teilweise wechseln die Nützlinge dabei die Art der Nahrung, was die Bedeutung der Nahrungsvielfalt der ökologischen Nischen unterstreicht (a.a.O., S. 14).

Bei der gezielten biologischen Schädlingsbekämpfung arbeitet man häufig mit der großtechnischen Vermehrung von Nützlingen, wie z.B. dem Eiparasiten *Trichogramma*. Das setzt voraus, daß auf Material mit einer großen genetischen Variabilität zurückgegriffen werden kann. Dieses ist aber nur dort verfügbar, wo auch die entsprechende Vielfalt an Wirtsinsekten vorhanden ist, also nur in natürlicher Umgebung, was deren Bedeutung als genetisches Reservoir unterstreicht (a.a.O., S. 35).

Die Rolle der meisten indifferenten Arten im Ökosystem, die weder ausgesprochen schädlich noch nützlich sind, ist noch weitgehend unerforscht. Viele von diesen spielen aber in der einen oder anderen Nahrungskette von Nützlingen, deren Nahrung meist sehr vielfältig zusammengesetzt ist, eine Rolle. Häufig benötigen Nützlinge auch recht komplexe Wirts-Beziehungen für ihre Existenz. Eine Beseitigung der indifferenten Arten schadet daher unter Umständen den Nützlingen ganz erheblich. Andererseits besetzen Indifferente auch einen Teil des Lebensraumes, der auch von Schädlingen eingenommen werden kann, sodaß sich ihre Vernichtung auch direkt fördernd auf die Schädlinge auswirken kann (a.a.O., S. 29).

Im Gegensatz zu den agrarischen Monokulturen besitzen Hecken die Fähigkeit der Populationsregulation, die durch ihre Beziehungen zum Umland teilweise auch dort zur Wirkung gelangen kann (Zwölfer, 1982a, S. 63). Als Regel für Natur- und Kulturlandschaften läßt sich festhalten, daß in vielseitigen, gegliederten, artenreichen Lebensgemeinschaften Massenvermehrungen einer Art seltener auftreten. "Ein allgemeines Verfahren zur kulturellen Schädlingsabwehr besteht daher darin, die Vielfalt einer Landschaft zu steigern und damit ihre biotisch bedingte Regulationsfähigkeit zu erhöhen (= kulturelle Schädlingsbekämpfung)" (Franz u. Krieg, 1976, S.32).

Der Aufbau eines sich selbst regulierenden Agrarökosystems mit geringsten anthropogenen Eingriffen ist angewiesen auf den "Aufbau einer standortspezifischen Systemstabilität..., was wiederum mit der Erhaltung und Förderung ökologischer Zellen als Ausgangspunkt und Teillebensraum verschiedener Schaderreger und Prädatoren verknüpft ist" (Knauer, 1985, S.101-102).

Außerdem ist für eine flächenhafte Wirksamkeit der "kulturellen Schädlingsbekämpfung" ein möglichst lückenloses Netz ökologisch wertvoller

Strukturen (Zellen oder Nischen) nötig. In diesem Zusammenhang gewinnen die Erkenntnisse über die Aktionsradien der Heckenbewohner an Bedeutung, die in die Überlegungen zur Anlage eines Heckennetzes einbezogen werden müssen. Ohne eine ausreichende Dichte ist dieses für den integrierten Pflanzenschutz relativ wenig wert.

Da andererseits der Platz in der intensiv genutzten Agrarlandschaft knapp ist, benötigt man hierfür solche Biotope, die bei geringstmöglichem Platzbedarf ein Höchstmaß an Austausch mit ihrer Umgebung gewährleisten und so eine hohe Effizienz versprechen. Diese Voraussetzungen lassen sich am besten mit Hecken erfüllen.

3.6.7 Interdependenzen zu anderen Funktionen

Eine allgemeine Verbesserung der Selbstregulationsfähigkeit, wie auch gezielte Maßnahmen setzen eine möglichst gleichmäßige Aussattung der gesamten Landschaft entsprechenden Biotopen voraus. Insofern können Hecken hierfür eingesetzt werden, auch wenn sie im Einzelfall daneben ganz anderen Funktionen dienen sollen.

Wassererosions-Schutz

In seltenen Fällen können sich Maßnahmen der Erosionsverminderung begünstigend auf Schädlinge auswirken. Mit der Minimalbodenbearbeitung versucht man die Zeit der Schwanzbrache zu verkürzen. Unterbleibt deshalb das Unterpflügen der Maisstoppeln, dann überleben in ihnen die Maiszünslerlarven und müssen im Folgejahr bekämpft werden (Mainpost, 17.7.1989, S11). Eine Erhöhung der landschaftlichen Strukturvielfalt mittels Hecken kann diese Problematik lösen: Einerseits reduziert sie die Boden-erosion soweit, daß man leichter auf die Minimalbodenbearbeitung verzichten kann, andererseits stellt sie Biotope für eine biologische Bekämpfung des Schädlings zur Verfügung, die bereits vor Erreichen der wirtschaftlichen Schadensschwelle wirksam wird.

Gewässerschutz

Gerade in jüngster Zeit verschärften sich die Probleme der Trinkwasserqualität erheblich und erfahren im Zuge der zunehmenden Sensibilisierung der Öffentlichkeit für Umweltgefahren eine immer breitere Berücksichtigung. Einerseits wurden die gültigen Grenzwerte für Nitrat und Insektizide (z.B. Atrazin) deutlich herabgesetzt, andererseits sind die Böden inzwischen teilweise bereits an den Grenzen ihrer Pufferkapazität angelangt und nicht

mehr belastbar.

Aus den oben geschilderten Zusammenhängen wird klar, daß eine weiterhin konventionell betriebene und auf Pestizidanwendung ausgerichtete Landwirtschaft zwangsläufig mit dem Gewässerschutz zunehmend in Konflikt geraten muß. Auch wenn dies derzeit noch nicht überall erkannt wird, so muß doch damit gerechnet werden, daß aufgrund des Öffentlichkeitsdrucks in wenigen Jahren der Einsatz insbesondere der gefährlichen Insektizide auf dem Verbotsweg zumindest stark eingeschränkt werden wird.

Damit wird sich vermutlich bereits bald aus politischem Zwang die Notwendigkeit einer Einführung biologischer Methoden zumindest in der prophylaktischen Schädlingsbekämpfung ergeben. Da die gezielte biologische Schädlingsbekämpfung relativ teuer und deshalb nicht präventiv einsetzbar ist, sind ökologische Zellen in der Flur aus ökonomischen Gründen unverzichtbar.

Andere Funktionen

Die gleichmäßige Verteilung läßt sich mit den anderen Funktionen gut vereinbaren. Hinsichtlich Strukturierung, Anordnung und Zusammensetzung gilt ansonsten das im Abschnitt 3.5.5 für die Funktion Biotop für die Fauna Festgestellte.

3.6.8 Bewertung für die Mainfränkischen Gäuflächen

Die Gesamtheit der Beziehungen zwischen der Biozönose der Hecke und ihrer Umgebung ist äußerst komplex, doch kann zusammenfassend festgestellt werden, daß die positiven *stabilisierenden Einflüsse auf das Agrarökosystem überwiegen*, da die Nützlinge von der Existenz ökologischer Zellen stärker profitieren, als die Schädlinge.

Nach dem bisherigen Wissensstand gestalten sich die Beziehung zwischen der Insektenfauna der Hecken und dem Umland nur im Obstbau kompliziert, sodaß hier eine Überwachung und gezielte Steuerung im Sinne des integrierten Pflanzenschutzes notwendig ist, um Schäden zu vermeiden bzw. eine Nutzwirkung zu erreichen.

Die Mainfränkischen Gäuflächen werden jedoch von Ackerbau beherrscht. Die Beziehung zu den Insekten der Hecke ist hier deutlich geringer, wie die Auflistung von landwirtschaftlichen Schadinsekten bei Zwölfer et al. (1984,

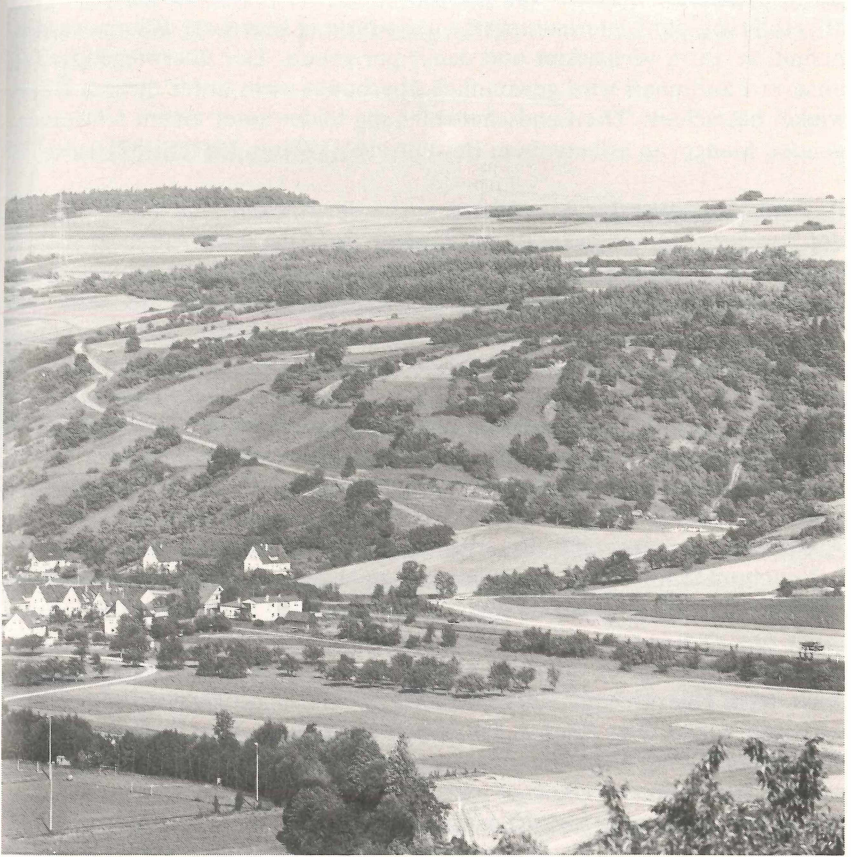
S. 140-144) zeigt: Von 66 Insekten sind über 90 % Obstbäumen und -sträuchern schädlich, lediglich zwei treten an den auf den Gäuflächen verbreitet angebauten Feldfrüchten als Schädlinge auf.

Vor allem läßt sich feststellen, daß die Nutzwirkungen die Schadwirkungen zumindest ausgleichen, ohne besondere Steuermaßnahmen erforderlich zu machen. Eine Schadwirkung durch Vögel oder Säuger kann nach den vorliegenden Erkenntnissen als ausgeschlossen gelten, das Gegenteil erscheint wahrscheinlicher.

Die Konzepte des integrierten Pflanzenschutzes weisen neben gezielten Maßnahmen auf die Möglichkeit der *Selbstregulation des Agrarökosystems* hin. Hecken oder andere Biotope, die die dafür nötige Rolle als ökologische Nischen übernehmen könnten, existieren wegen der intensiven Nutzung der fruchtbaren Böden auf den Mainfränkischen Gäuflächen weithin entweder überhaupt nicht oder in zu geringer Dichte, müssen also neu geschaffen werden. Im Rahmen der *Flurbereinigung* besteht die einmalige Chance, ein *umfassendes Netzkonzept* mit dem Ziel einer allgemeinen Schädlingsabwehr durch Verstärkung der selbstregulativen Mechanismen zu verwirklichen, was mit Einzelmaßnahmen nie erreichbar wäre.

Auch wenn heute gezielte Maßnahmen des integrierten Pflanzenschutzes im Ackerbau in Mainfranken noch kaum angewendet werden, läßt es die oben hergeleitete zunehmende Bedeutung dieser Konzepte geraten erscheinen, bei einer einschneidenden Flurumlegung die dafür notwendigen Strukturen mit zu berücksichtigen. Verbaut man sich jetzt diese Möglichkeit, dann werden die Mängel später kaum auszugleichen sein. Eine nachträgliche Einführung des gezielten integrierten Pflanzenschutzes wird durch einen weitgehenden Mangel an Hecken erheblich erschwert, wenn nicht gar unmöglich gemacht.

3.7 Funktion Visualisierung des Landschaftsbildes



*Abb. 11: Das historisch gewachsene Strukturmuster der Heckenstandorte bringt die ökologischen Unterschiede der Landschaft optisch zum Ausdruck, worin die Bedeutung der Funktion **Visualisierung des Landschaftsbildes** liegt. In diesem Fall (bei Weikersheim) stehen die senkrecht angeordneten Hecken am Talhang auf Steinriedeln des unteren Muschelkalkes während der Oberhang bereits zu den lößbedeckten Gäuflächen mit völlig anderem Landschaftshaushalt gehört, was von der dort quer angeordneten Heckenstruktur sofort nachgezeichnet wird.*

Die bisher behandelten, naturwissenschaftlich orientierten Funktionen von Hecken bezogen sich auf abiotische und biotische Prozesse im landschaftlichen Ökosystem. Landschaft besitzt neben ihrer ökologisch-funktionalen Dimension aber auch eine **ästhetisch-psychologische Komponente**. Jede Landschaft spricht den Menschen über seine Sinne direkt emotional-intuitiv an und weckt Gefühle und Assoziationen. Zumeist wird dieser Aspekt allenfalls von der Unterhaltungsindustrie für eng begrenzte Räume vernachlässigt, verzerrt, vermarktet und damit pervertiert. Der überwiegende Teil unserer Landschaft wird gewöhnlich überhaupt nicht unter diesem Blickwinkel betrachtet: "Die Landschaftsplanung leidet unter einem schwerwiegenden Mangel an ästhetischem Bewußtsein" (Wöbse, 1981, S.152).

Außerdem spiegelt das Anordnungsmuster der Hecken, also die Struktur in der Landschaft (im Gegensatz zur inneren Struktur ihres Aufbaus), neben dem anderer Kleinstrukturen, die Kulturlandschafts-Entwicklung wider, besitzt also einen **historischen Wert**. Der historische Hintergrund stellt den Bezug zur anthropogenen Grundlage der landschaftlichen Ausstattung dar und geht ebenfalls in die ästhetische Wirkung mit ein.

Nach einer Zeit der Entfremdung von Natur und Natürlichkeit im Zeichen des unkritischen technischen Fortschritts beginnt man inzwischen, Werte wie landschaftliche Schönheit und Identifikation mit der Heimat wieder stärker zu berücksichtigen. Unter dem Begriff Landschaftsästhetik werden Ansätze zusammengefaßt, die versuchen, dieses Phänomen auf eine rational nachprüfbare Basis zu stellen und nach seinen Ursachen und nach seinen optischen und psychologischen Mechanismen zu untersuchen.

In Kulturlandschaften spielen Hecken als prägende Gestaltelemente oft auch dabei eine wichtige Rolle, weshalb in einer naturwissenschaftlich orientierten Arbeit über Hecken der ästhetische Aspekt ihrer landschaftlichen Gesamtbedeutung nicht übergangen werden darf. Vielmehr muß überprüft werden, inwieweit sich **Ökologie und Ästhetik** gegenseitig beeinflussen und in einem **Gesamtkonzept verbinden** lassen. Um diese Frage beantworten zu können, muß sie methodisch in mehrere Teilschritte zerlegt werden:

- Welche Kriterien steuern das ästhetische Empfinden des Menschen beim Erfassen eines Landschaftsbildes?
- Lassen sich **konkrete, reproduzierbare Kriterien** herauszuarbeiten, auf denen die ästhetische Wirkung von Hecken basiert?
- In welcher Weise kann dieser immaterielle Prozeß in Bezug zu den bisher behandelten materiellen Prozessen im Ökosystem gesetzt werden?

3.7.1 Problematik

Hinter dem Schlagwort Landschaftsästhetik verbirgt sich der Versuch, die vom Menschen allgemein übereinstimmend empfundenen ästhetischen Unterschiede zwischen Landschaften auf ihre objektiven Kriterien zu reduzieren, um sie in ihrer Auswirkung auf die menschlich Psyche bewerten zu können.

Wissenschaftlicher Stand

Obwohl "für eine ästhetische Bewertung die wissenschaftlichen Voraussetzungen noch im Anfangsstadium stehen" (Kraus, 1974, S. 35) fanden ästhetische Ansprüche an die Landschaft bereits ihren Niederschlag in wesentlichen Gesetzeswerken. So heißt es z.B. im Bay. Naturschutzgesetz (Art. 6, Abs. 1, zit. nach Feller, 1981, S. 33): "Für Vorhaben in der Natur, die ... a) das Landschaftsbild verunstalten und b) den Naturgenuß beeinträchtigen, kann die behördliche Genehmigung untersagt werden. Bei der Anwendung dieses Gesetzes tauchen dann natürlich unwillkürlich die Fragen auf: wann ist das Landschaftsbild verunstaltet? oder wann ist der Naturgenuß beeinträchtigt? Antwort hierauf findet man im Text jedoch nicht."

Aus diesem Theoriedefizit wird deutlich, wie schnell sich die öffentliche Meinung in Bezug auf die ästhetische Wertschätzung und Erhaltung der Landschaft gewandelt hat. Andererseits zeigt sich eine große Unsicherheit der Wissenschaft, die die Anforderungen der Öffentlichkeit (noch) nicht erfüllen kann.

Subjektivität der Wahrnehmung

Das Hauptproblem einer ästhetischen Bewertung liegt darin, eine objektive Erfassung subjektiver Wirkungen versuchen zu müssen.

Die Wahrnehmung oder das Erlebnis des Landschaftsbildes jedes Einzelnen wird von seinem sozialen Hintergrund beeinflusst, d.h. von seinen bisherigen Erfahrungen wie Beruf, Alter, Erziehung, Wohnort (Stadt/Land), Beziehungen zur Landschaft, Ausbildung (z.B. Interesse für ökologische Zusammenhänge).

Diese Beeinflussung stellt man beispielsweise beim Begriff "Heimat" fest der einen starken Bezug zum Landschaftsbild besitzt. Hierin kommt ein

hohes Maß an Subjektivität zum Ausdruck, die bei einer allgemeingültigen Bewertung nicht berücksichtigt werden kann.

Es ist nötig, wenigstens zu versuchen, soweit wie möglich die subjektiven Einflüsse herauszufiltern und Regelmäßigkeiten zwischen Gestaltung und Empfindung aufzustellen. Nohl (1981, S.7) unterscheidet zwischen dem persönlichen "Landschaftsbild" und der von einer größeren Gruppe übereinstimmend anerkannten "Naturauffassung". Letztere unterliegt zwar mit dem gesellschaftlichen Wandel ebenfalls einer Veränderung, teilweise auch einer Manipulation (Werbung), wird jedoch von größeren Gruppen der Gesellschaft geteilt und ist derzeit geprägt von einer Rückbesinnung auf die Werte der Natur. "Die interindividuellen Unterschiede und persönlich bedingten Abweichungen innerhalb des gemeinsamen Landschaftserlebnisses sind für die ästhetisch-psychologische Landschaftsforschung nur in dem Maß von Bedeutung, als sie dazu beitragen, den Grad der Übereinstimmung subjektiver ästhetischer Einzelurteile zu erkennen und daraus so etwas wie einen konstanten Kern eines gemeinsamen geistigen Vorstellungsbildes von Schönheit einer Landschaft abzugrenzen" (Kraus, 1974, S.34).

Quantifizierbarkeit ästhetischer Bewertungen

Praktisch sämtliche Autoren, die sich mit der landschaftsästhetischen Bewertung befassen, stellen die Unmöglichkeit einer Quantifizierbarkeit heraus. So stellt beispielsweise Krauss (1974, S. 27) seiner Arbeit ein Zitat von M. Traube voran: "Eine Grenze für die kybernetische Behandlung der Wahrnehmung liegt im qualitativen Gehalt der Sinneserlebnisse. Qualität ist eine inhaltliche Kategorie, die sich jeder Formalisierung grundsätzlich entzieht."

Trotzdem wird bei allen Ansätzen einer praktischen Bewertbarkeit des Landschaftsbildes der Versuch einer Quantifizierung gemacht, um neben den harten Daten aus dem Ökosystem oder der Wirtschaftlichkeitsrechnung bestehen zu können. Derselbe Autor (a.a.O., S. 32) versucht das später, indem er feststellt, "daß von einem bestimmten Abstraktionsgrad an die Voraussetzungen zu einer quantitativen Messung ästhetischer Qualitäten erfüllt sind."

Die meisten Untersuchungen zur landschaftsästhetischen Wirkung bestimmter Landschaften gehen das Problem der Quantifizierung methodisch mit Hilfe des "semantischen Differentials" (Krauss, 1974, S. 36) an. Hierbei werden Testpersonen mehrere Positiv-Negativ-Begriffspaare vorgelegt, die

diese dann in Bezug auf die betrachtete/erlebte Landschaft mit einer Notenskala einstufen.

Die grundsätzlichen Probleme umgeht man damit jedoch nicht, wenn es sich bei den befragten Personen um Besucher der Landschaft handelt, deren freiwillige Anwesenheit ja schon eine positive Vorentscheidung für diese Landschaft darstellt. Außerdem können die vielen Probleme des persönlichen Hintergrunds weder sinnvoll einbezogen noch eliminiert werden. Auch bezieht man sich bei dieser Methode nur auf eine bestimmte Landschaft und ist von einer allgemeingültigen Theorieformulierung noch weit entfernt, sodaß wiederum nur die qualitative Übertragung von Ergebnissen bleibt.

Die Frage nach der Zuverlässigkeit einer formalen Abstraktion bzw. nach dem zu verantwortenden Grad der Formalisierung des Landschaftsbildes steht unbeantwortet über allen diesbezüglichen Konzepten. Die Gefahr ist dabei stets, zu weit zu gehen, das Untersuchungsgebiet zu atomisieren, also in seine Einzelbestandteile zu zerlegen und ihm seinen übergreifenden Sinnzusammenhang zu nehmen. Das genau wirft man aber der naturwissenschaftlichen Betrachtung vor: "Die Naturwissenschaft ist gerade dadurch gekennzeichnet, daß sie darauf verzichtet, von Natur zu sprechen und sie vielmehr in ihre Komponenten zerlegt und damit denaturiert" (Frank, zit. n. Heringer, 1981, S.12).

Übertragbarkeit der Aussagen

Trotz der vorhandenen wissenschaftlichen Probleme kann man postulieren, daß Hecken das Landschaftsbild verändern, weshalb ein Weg gefunden werden muß, um auch diese: die ästhetische Funktion von Hecken methodisch fassen zu können.

Allein die Bevorzugung bestimmter Landschaften für die Erholung verdeutlicht ein Maß an recht breiter allgemeiner Übereinstimmung in der ästhetischen Bewertung durch unterschiedlichste Personen. Legt man Bilder von strukturreichen Landschaften wie in Abb. 11 oder 1 solchen von monotonen, ausdruckslosen wie in Abb. 3 oder 4 einer Anzahl von Betrachtern zum Vergleich vor, dann wird man ohne Zweifel eine große Übereinstimmung in der spontanen ästhetischen Bewertung "optisch ansprechend", "ästhetisch wertvoll" oder einfach "schön" feststellen.

Dabei sind modische Schwankungen zu berücksichtigen und möglichst auszuklammern, um eine gemeinsame Grundauffassung der ästhetischen

Bewertung herauszuarbeiten. Sicherlich fließen dabei auch Erfahrungen wie etwa die Erkenntnis der Schädlichkeit der Biotop-Ausräumung mit ein, was bei der Frage nach dem Zustandekommen der ästhetischen Bewertungen mit zu berücksichtigen ist.

Es ist auch zunächst anzunehmen, daß nicht in allen Kulturkreisen und Regionen dieselbe Auffassung von landschaftlicher Ästhetik Gültigkeit besitzt. Nachdem sich diese Arbeit mit einem begrenzten Bereich der mitteleuropäischen Kulturlandschaft befaßt, ist es zwangsläufig, die Aussagen auch auf diesen Raum zu beziehen.

Allein die Unterschiedlichkeit der ästhetischen Bewertung verschiedener Landschaftsbilder rechtfertigt die Beachtung der Funktion Ästhetik. Angesetzt werden muß bei der Frage, welche *ästhetischen Bewertungskriterien* der Wirkung von Hecken auf das Landschaftsbild zugrundeliegen.

3.7.2 Kriterien der Landschaftsbildbewertung

Trotz der bestehenden methodischen Unsicherheit lassen sich aus zahlreichen landschaftsästhetischen Untersuchungen und Modellen bestimmte, in der einen oder anderen Form immer wiederkehrende und im Prinzip übereinstimmende Bewertungskriterien herausfiltern.

Komplexität und Ordnung

Im Zentrum des Versuchs einer ästhetischen Bewertung der Landschaft stehen in der Regel die Begriffe "Komplexität" und "Ordnung" als grundlegende Kriterien der visuellen Wahrnehmung. Krauss zitiert in diesem Zusammenhang die Formel von Birkhoff, nach der die Qualität des ästhetischen Objektes mit größerer Ordnung steigt, bei zunehmender Komplexität jedoch fällt (Kraus, 1974, S. 29). Inwieweit die Landschaft in diesem Sinne noch als Einzelobjekt anzusehen ist, wird nicht untersucht, Krauss stellt lediglich die direkte Proportionalität von Ordnung und Komplexität in Frage (a.a.O., S.32). Dennoch läßt sich festhalten, daß mit diesem Begriffspaar und seiner Relation zueinander die entscheidenden Kriterien für eine ästhetische Differenzierung genannt sind.

Im Gegensatz zu Birkhoff legt Kiemstedt (1967) seinem auch in der Praxis der Fremdenverkehrsgeographie und Landespflege anerkannten V-Wert

(Vielfältigkeitswert) die Erkenntnis zugrunde, daß Vielfältigkeit den ästhetischen Wert einer Landschaft direkt positiv beeinflusst. In diesem Verfahren werden zum größeren Teil Grenzlinien (Waldränder, Ufer, Nutzungsgrenzen), also wechselnde Strukturen herangezogen, zunehmende Komplexität also positiv bewertet (ders., 1972, S. 35-36). Gleichzeitig lassen sich Grenzlinien, insbesondere wenn sie bestimmten Mustern folgen, was in der Landschaft in der Regel der Fall ist, auch als ordnende Elemente ansehen. Ohne daß diese beiden Kriterien von Kiemstedt direkt benannt werden, kommen sie doch in seinem Bewertungsrahmen deutlich zur Geltung.

Nach Riccabona (1981, S. 25) läßt sich die Beziehung zwischen dem Begriffspaar Komplexität und Ordnung in seiner optischen Wirkung auf den Menschen so definieren: "Als nachgewiesen gilt, daß ein Objekt dann als ästhetisch schön empfunden wird, wenn es das Bedürfnis des Menschen nach Ordnung und Vielfalt erfüllt." Oder mit Heringer (1981, S.4): "Ordnung ohne Vielfalt bringt *Monotonie*, Vielfalt ohne Ordnung *Chaos*." "Bei gestalterischen Maßnahmen darf demzufolge Vielfalt nicht mit einer Anhäufung von Elementen verwechselt werden. Es geht um Gesetzmäßigkeiten, die innere Ordnung" (Wöbse, 1984, S. 36). Leider fehlt bisher vollkommen eine Definition von Grenzwerten oder Einheiten, wo Monotonie bzw. Chaos beginnen, bzw. welches Maß an Ordnung nötig ist, um ästhetisch zu befriedigen. Man muß sich daher einstweilen mit der qualitativen Aussage begnügen, die jedoch bei einer Bewertung bereits sinnvoll eingesetzt werden kann.

Natürlichkeit und Eigenart

Die optischen Strukturen, die durch Komplexität und Ordnung charakterisierbar sind, werden nicht nur direkt wahrgenommen, sondern wecken beim Betrachter darüberhinaus Assoziationen, die seine Reaktion auf das Landschaftsbild mit beeinflussen und demzufolge auch in eine Bewertung mit einbezogen werden müssen.

Riccabona (1981, S.30) gliedert die ästhetische Bewertung in drei Hauptkriterien:

"Geschlossenheit befriedigt das Bedürfnis des Menschen nach Harmonie und Ordnung", was durch strukturierende, gliedernde Elemente erreicht wird, etwa entsprechend dem Begriff "Ordnung" bei Krauss. "Vielfalt befriedigt das Bedürfnis des Menschen nach Komplexität, nach Neuem, nach Vielseitigkeit" (a.a.O. S.31), und wird durch abwechslungsreiche Gestaltungselemente erzielt. Deren Wahrnehmbarkeit und damit Wirksamkeit hängt

von ihrem Kontrast und ihrer Unterschiedlichkeit ab.

Neben diese beiden optischen Kriterien stellt Riccabona die Ursprünglichkeit der Landschaft. Sie befriedigt das menschliche Verlangen nach Intaktheit und Vollständigkeit in einer Zeit der technisierten Umwelt (a.a.O., S. 31).

In diesem Kriterium kommt damit unausgesprochen der soziale Hintergrund des Menschen zum Ausdruck, da es sich ja um eine Interpretation der optischen Reize durch den Betrachter handelt, die je nach seinem Vorwissen unterschiedlich ausfallen kann. Ursprünglichkeit scheint sich bei Riccabona, nachdem es sich bei seinem Untersuchungsbeispiel um eine Kulturlandschaft handelt, auf naturnahe Landschaftsbestandteile zu beziehen, im Gegensatz zu den agraren Produktionsflächen. Das Kriterium Ursprünglichkeit wirkt indirekt assoziativ, ist für eine ästhetische Bewertung jedoch ebenso wichtig, wie direkt optisch wirksame Strukturen.

Auch Feller (1981, S. 34) führt die ästhetische Qualität einer Landschaft auf diese "Gestaltungsprinzipien" zurück, wobei bei ihr "Vielfältigkeit" der Vielfalt entspricht; "Harmonie" einem "aufeinander abgestimmt sein" der einzelnen Gestaltelemente, d.h. entsprechend der Geschlossenheit bei Riccabona oder dem Begriff Ordnung. "Natürlichkeit" bei Feller entspricht dessen Ursprünglichkeit durch "die Existenz von natürlichen Landschaftselementen" und "natürlich wirkenden Gestaltmitteln".

Zusätzlich wird die ästhetische Qualität eines Landschaftsbildes nach Feller (1981, S.35) bestimmt durch die Eigenart einer Landschaft, die die Unterscheidbarkeit zu anderen gewährleistet. Eigenart bedeutet Individualität, Charakteristik und Unverwechselbarkeit. Die eindeutige Erkennbarkeit ist zwingend notwendige Voraussetzung für die Identifikationsmöglichkeit des Menschen mit bestimmten Landschaften, also für einen erheblichen Teil dessen, was den Begriff "Heimat" ausmacht (Heringer, 1981, S.13).

Diese Assoziation läßt sich rational wohl überhaupt nicht fassen, geschweige denn irgendwie quantifizieren. Sie läßt sich aber mit Sicherheit zurückführen auf die Wahrnehmung der charakteristischen Kombination von Nutzungsmustern, Reliefformen, Gestaltelementen (Hecken, Bäume) und kulturhistorischen Elementen (Dorfform, Wegeanordnung, Flurdenkmale). "Es besteht eine tiefe wechselseitige Verbindung der Eigenart mit den sie zum erheblichen Teil bedingenden landschaftlichen Vorgaben wie Relief-Gestein-Boden, Klima, Vegetation" (Heringer, 1981, S.212). Die Anordnungs- und Gliederungsprinzipien der Landschaftselemente haben sich in der Regel in Jahrhunderten langsam herausgebildet. Daher kommt der

Bewahrung der Grundprinzipien des historischen Landschaftsbildes, wie sie für die Mainfränkischen Gäuflächen in den Abschnitten 2.4.1 und 2.4.3 umrissen wurden, eine große Bedeutung für das ästhetische Kriterium Eigenart zu.

3.7.3 Die Rolle von Hecken im Landschaftsbild

Ohne im Rahmen dieser Arbeit noch weiter auf die Schwierigkeiten der landschaftsästhetischen Bewertung eingehen zu wollen, sollen im folgenden *Kriterien* erarbeitet werden, mit denen der *ästhetische Beitrag von Hecken am Zustandekommen des Landschaftsbildes* aufgeschlüsselt und definiert werden kann. Obwohl Hecken im V-Wert Kiemstedts (1972, S. 35) nur 1/4 bis 1/10 des Wertes für Waldränder zugebilligt wird, stellt man fest, daß sie in allen vier oben genannten Bewertungskriterien der Landschaftsbildbewertung eine Rolle spielen. Besonders wegen ihrer flächenhaften Wirksamkeit müßte ihnen eigentlich ein höherer Wert zugebilligt werden.

Vielfalt

Hecken können einen enormen Beitrag zum vielfältigen Erscheinungsbild einer Landschaft leisten, indem sie das Niveau optischer Reize deutlich anheben. Gerade weiträumig überblickbare, durch das Relief wenig gegliederte Landschaften erzeugen einen Eindruck der Verlorenheit, der durch das Fehlen von Gestaltelementen, z.B. in ausgeräumten Agrarlandschaften bis zur Monotonie gesteigert werden kann. Obwohl ein zusammenhängendes Waldstück als Einzelelement einen höheren ästhetischen Wert besitzt, liegt der positive Effekt einer größeren Anzahl von Hecken mit derselben Gesamtfläche ungleich darüber. Während der Wald nur einen einzigen Blickfang bietet, sind Hecken, über eine ausgedehntere Fläche verteilt, in der Lage, die Vielfalt der **gesamten** Flur zu bereichern.

Von großer Bedeutung für ein vielfältiges Erscheinungsbild ist eine möglichst abwechslungsreiche Struktur der Hecken in Aufbau und Anordnung. Mehrere kleinere Hecken wirken wesentlich stärker bereichernd, als eine einzige lange. Wichtig ist eine möglichst reichhaltige Vegetationszusammensetzung, ohne freilich den landschaftstypischen pflanzensoziologischen Rahmen zu verlassen, was dem Kriterium Natürlichkeit zuwiderliefe. Eine unruhige Firstlinie mit einzelnen durchgewachsenen Einzelbäumen steigert die optische Wirkung noch (vgl. Fig. 36 a).

Ordnung

Neben einer Bereicherung des Landschaftsbildes im Sinne von visueller Vielfalt wirken Hecken als Gestaltelemente gleichzeitig ordnend und damit beruhigend und befriedigend das Harmoniebedürfnis des Betrachters. Dieselbe Anzahl von Büschen und Bäumen, die auf Hecken konzentriert ästhetisch angenehme Empfindungen auslöst, würde, wahllos über die Flur verteilt, eher den Eindruck von Chaos und Überfülltheit erwecken (Fig. 36 b).

"Ein wesentlicher Faktor für ein positives Landschaftserlebnis ist die Geborgenheit, d.h. die wahrgenommene Landschaft muß als Einheit erfaßbar sein. Das setzt ihre Überschaubarkeit voraus, eine Überschaubarkeit, die bestimmte Größenordnungen nicht überschreiten darf" (Wöbse, 1984, S.36). Diese Überschaubarkeit ist kaum durch ein Übermaß an Gestaltelementen gefährdet, sondern durch das weitgehende Fehlen optischer Begrenzungen. Hecken mit ihrem linienförmigen Aufbau eignen sich besonders gut um die Landschaft in überschaubare Kompartimente zu gliedern. Daneben wirken Hecken optisch leitend, indem sie morphologische Formen (Höhenlinien, Hänge) oder Grenzlinien (Flurgrenzen, Nutzungsgrenzen) nachzeichnen und dadurch den Blick des Betrachters führen.

Natürlichkeit

Die Bedeutung naturnaher Landschaftsbestandteile als Biotop kann heute bei nahezu allen Besuchern einer Landschaft als bekannt vorausgesetzt werden. Infolgedessen wird der Betrachter, außer vom rein Optischen, zusätzlich von dieser erfahrungsdeterminierten Assoziation positiv beeinflusst. In ihrem auch vom Laien erkennbaren Natürlichkeitsgrad übertreffen Hecken sowohl die umgebenden Intensiv-Agrarflächen, als auch Begrenzungen aus totem Material wie etwa Zäune deutlich (Fig 36 c).

Auch an der Einzelform läßt sich der Grad der Natürlichkeit erkennen. Völlig gerade ausgerichtete, parallel verlaufende Hecken, beispielsweise einer Windschutzanlage, mit einheitlicher Vegetationszusammensetzung verlieren nicht nur ihren optisch-gestalterischen Wert, sondern können unschwer als weniger naturnah eingestuft werden, als abwechslungsreich angeordnete Hecken mit gemischter Flora.

Eigenart

In Kulturlandschaften trägt die anthropogene Nutzung und die damit zusammenhängende Fluraufteilung und -gliederung entscheidend zur Ausprägung der landschaftlichen Eigenart bei. In vielen Gebieten Europas, so auch auf den Gäuflächen, besteht eine lange wechselseitige Beziehung zwischen Nutzung und Gliederung der Landschaft einerseits und den Hecken andererseits. Selbst innerhalb eng begrenzter Räume, wie z.B. Franken, ergibt sich eine deutliche Differenzierung zwischen den Heckentypen hinsichtlich Anordnung und Vegetationszusammensetzung entsprechend den Unterschieden in Klima, geologischem Untergrund und damit zusammenhängend der Nutzung (Schulze et al., 1984, S.141-144).

Hecken sind als ein Teil der Kulturlandschaft anzusehen und tragen zu ihrer Charakterisierung und damit Eigenart bei. Ihre Erhaltung unter Beachtung der feinen Unterschiede in Anordnung und Aufbau v.a. bei Neuansplanzungen trägt entscheidend zu der kleinräumigen kulturlandschaftlichen Differenzierung Mitteleuropas bei. Um die lokale Eigenart einer Landschaft zu bewahren ist es daher unumgänglich, sich so weit wie möglich am historisch gewachsenen Strukturmuster der Heckenverteilung und an der lokaltypischen Vegetationszusammensetzung zu orientieren. Besonders die Eigenart einer Landschaft ist es, die über eine verstärkte Identifikation positive Rückwirkungen auf den Umgang mit dem Allgemeingut Landschaft ausübt.

Abb. 12 soll mit vier Beispielen das landschaftsästhetische Kriterium Eigenart verdeutlichen und die Bedeutung von Hecken herausstellen. In Landschaften, in denen keine oder wenig Hecken existieren, wird diese Rolle von anderen Kleinstrukturen (Einzelbäumen, Feuchtflächen, Streuobstfeldern) übernommen. Sogleich läßt sich das geschlossene Heckennetz einer verkoppelten weidewirtschaftlich dominierten Landschaft erkennen (Abb. 12 a). Die Abhängigkeit von den pedologisch-geologischen Bedingungen zeigen Abb. 12 c und d, deren Heckennetz durch das Vorhandensein von Lesestein-Riedeln (c) bzw. einer erosionsgefährdeten Lößauflage (d) geprägt wird. Das Heckennetz planmäßig besiedelter Landschaften, wie etwa das der Mittelgebirge, gehorcht dagegen anthropogenen Vorgaben, wie in Abb. 12 d der Aufteilung der Waldhufenflur.

Abb. 12 (folgende Doppelseite): Hecken als Elemente unverwechselbarer landschaftlicher Eigenart.



a: Geschlossene Heckenlandschaft bei vorherrschender Grünlandnutzung in Yorkshire/England.

b: Anthropogen gesteuerte Heckenanordnung in einer Hufenflur in der Rhön bei Unterweißbrunn





c: Senkrechte Hecken auf Steinriedeln im Muschelkalk bei Weikersheim, nur 20 km von Abb. d entfernt.

d: Quer zum Hang an geordnete Hecken im Lößgebiet (im Untersuchungsgebiet bei Eichelsee).



Zusammenfassung:

Ästhetische Bewertungskriterien von Hecken

Fig. 36 versucht die herausgearbeiteten ästhetischen Bewertungskriterien von Hecken

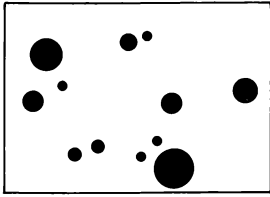
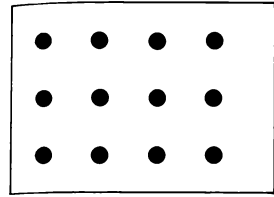
- Vielfalt,
- Ordnung,
- Natürlichkeit und
- Eigenart

im Überblick graphisch darzustellen. Diese Kriterien lassen sich auch problemlos auf andere Kleinstrukturen der Landschaft übertragen, deren gemeinsame ästhetische Wirkung darin liegt, daß sie durch ihr historisch gewachsenes Strukturmuster ökologische und historische Charakteristika einer Landschaft optisch sichtbar machen.

Diese *Visualisierung des Landschaftsbildes* repräsentiert die Funktion der Hecken in der Landschaftsästhetik. Die jeweils zugesprochene Bewertung kann sich durch Mode- und Zeitströmungen verändern und wird je nach betroffener Menschengruppe und Landschaft unterschiedlich ausfallen. Ungeachtet des Ergebnisses einer Bewertung läßt sich der ästhetische Beitrag von Hecken am Zustandekommen des Landschaftsbildes anhand dieser Kriterien nachvollziehen und zum Ausdruck bringen.

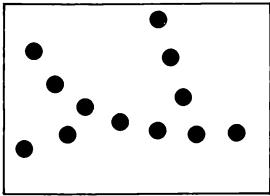
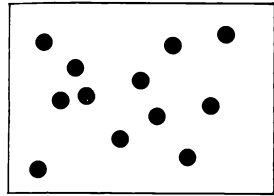
Fig. 36 (gegenüberliegende Seite): Ästhetische Bewertungskriterien von Hecken und anderen Strukturelementen im Landschaftsbild. Versuch einer graphischen Darstellung. Eigener Entwurf.

Ästhetische Bewertungskriterien von Hecken



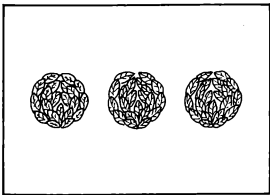
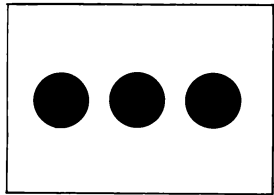
Ⓐ

Vielfalt
(Abwechslung
in Struktur + Anordnung)



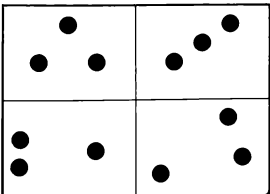
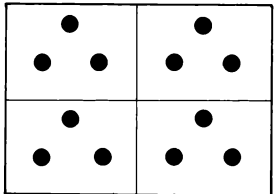
Ⓑ

Ordnung
(innerer
Sinnzusammenhang)



Ⓒ

Natürlichkeit
(Strukturvielfalt
im einzelnen)



Ⓓ

Eigenart
(charakteristisches,
unverwechselbares
Strukturmuster)

3.7.4 Psychologische Auswirkungen landschafts- ästhetischer Reize

Die über Jahrhunderte entstandenen feinen lokalen Unterschiede in der Landschaft wurden und werden beseitigt und in einen "gut gedüngten, mitteleuchten Einheitsstandort von der Nordsee bis zum Alpenraum" (Weiger, 1982, S.23) umgewandelt. Die damit verbundene Nivellierung und Vereinheitlichung des Landschaftsbildes bewirkte eine zunehmende Entfremdung und Desinteresse an eben dieser Landschaft und ihrer intakten Erhaltung bis hin zu ausbeuterischem, achtlosem Umgang mit ihr. Sicherlich läßt sich diese Entwicklung nicht allein auf ein geschädigtes Landschaftsbild zurückführen, jedoch kann ein deutlicher Zusammenhang hergestellt werden zwischen ungenügender Identifikation mit einer anonym wirkenden Landschaft und mangelndem Bewußtsein für die inneren Zusammenhänge ihres Ökosystems.

Erst die zunehmend akuten, für jedermann sichtbaren Umweltschäden und Probleme führten ja in der breiten Bevölkerung zu einer verstärkten Beachtung landschaftsökologischer Sachverhalte. Um das Verantwortungsbewußtsein jedes einzelnen dafür zu wecken ist es notwendig, sein Interesse auch für die ökologischen Zusammenhänge und die Folgen unsachgemäßen Verhaltens wenigstens in einem Mindestmaß zu fördern. Dies läßt sich jedoch nur erreichen, indem die Bevölkerung über ein ästhetisch ansprechendes Landschaftsbild, mit dem sie sich identifizieren kann, motiviert wird. Das betrifft weniger die Touristen als insbesondere die Bewohner und (Be-)Nutzer einer Landschaft.

Eine reine agrare Produktionsfläche wird, von wenigen Ausnahmen abgesehen, allgemein nur unter ökonomischen Gesichtspunkten gesehen und bewertet. **Motivation** zum schonenden Umgang wird im wesentlichen nur vom ästhetisch Schönen ausgehen.

Neben der rein optisch wirkenden Schönheit des Landschaftsbildes spielt bei dieser Einstellung der Grad der Natürlichkeit eine große Rolle, sodaß die Ausstattung mit naturnahen Landschaftselementen auch als eine Maßnahme betrachtet werden kann, um die Akzeptanz eines ökologisch verträglichen Umgangs mit der Landschaft zu erhöhen. In diesem Zusammenhang ist eine bessere Aufklärung wichtig, um z.B. zu erreichen, daß Hecken nicht als "nutzloses Gestrüpp" angesehen werden, sondern daß ihr ökologischer und kultureller Wert erkannt wird.

Diese Akzeptanz eines ökologisch verträglichen Handelns hängt schließlich eng mit dem Grad der Identifikation mit der Landschaft zusammen, die im Extremfall bis zum Heimatgefühl gehen kann. Maßgeblich verantwortlich für ein "Sich-heimisch-fühlen" ist aber die Unterscheidbarkeit der eigenen Landschaft von anderen, d.h. ihre charakteristische Ausprägung oder Eigenart. "Heimat ist der Bereich von unverwechselbarer, teils auf Gestaltung durch den Menschen zurückgehender Eigenart, der Voraussetzung für die **Identifikation** der Bewohner, für ihre Unterscheidung von anderen ist" (A. von Branca, zit. in Heringer, 1981, S.18).

3.7.5 Interdependenzen zu anderen Funktionen

Die landschaftsästhetische Forderung nach einer Bereicherung und Gliederung der Landschaft mit naturnahen Gestaltelementen läßt sich allgemein sehr gut mit landschaftsökologischen Funktionen in Einklang bringen. Dieser Verträglichkeit kommt zugute, daß es bei der ästhetisch motivierten Anordnung weniger auf konkrete Lagebeziehungen wie etwa zum Hanggefälle oder zur Windrichtung ankommt, sondern die allgemeine Bereicherung der Landschaft im Vordergrund steht.

Die durch die wechselnde Dominanz verschiedener ökologischer Funktionen vorgegebene Abwechslung bei der Anordnung erhöht die ästhetische Wirkung (Vielfalt) sogar noch erheblich. Im Einzelfall kann daher immer einer ökologisch begründeten Anordnung der Vorzug gegeben werden.

Es können jedoch sehr wohl Flächen nach ihrer Einsehbarkeit oder Dominanz im Landschaftsbild ausgegliedert werden. Diese müssen für die Landschaftsästhetik, und somit auch für eine entsprechende Gestaltung mit Hecken, verstärkt gewichtet werden.

Wassererosions-Schutz

Die Anlage von Hecken quer zum Hang zum Schutz vor Wassererosion entspricht der historischen Heckenstruktur Mainfrankens und somit auch den ästhetischen Anforderungen. Nachdem die Wassererosion an Hängen das Hauptproblem im Landschaftshaushalt darstellt und die stärksten Schäden verursacht, ist der Funktion Erosionsschutz bei der Heckenanlage Vorrang einzuräumen und die höhenlinienparallele Anordnung konsequenter durchzuhalten, als das früher der Fall war.

Winderosions-Schutz

Die einheitliche Orientierung von Windschutzhecken quer zu einer dominierenden Windrichtung würde der Forderung nach harmonischer Ordnung und abwechslungsreicher Vielfalt widersprechen. Überlange Hecken von mehreren 100 m Länge, wie sie teilweise auch auf den Gäuflächen angelegt wurden (Abb. 6), sind nicht nur als Windschutz von stark eingeschränkter Wirksamkeit, sondern widersprechen der kulturlandschaftlichen Tradition. Wie in Kapitel 3.2 ausgeführt, deckt sich allerdings auch das Prinzip einer Abhebung der bodennahen Winddynamik durch allgemeine strukturelle Vielfalt der Landschaft mit dem Prinzip der ästhetischen Vielfalt. Dieser Anordnung ist daher aus Gründen sowohl des Windschutzes und der Verbesserung des Mikroklimas als auch der Ästhetik der Vorrang zu geben. Durch innerhalb der Hecken hochgewachsene oder freistehende Bäume läßt sich die Winddynamik noch weiter günstig beeinflussen und gleichzeitig die ästhetische Wirkung steigern.

Mikroklima-Beeinflussung

Die Notwendigkeit, quer zu Kaltluftabflußbahnen liegende Hecken zu unterbrechen, kommt der ästhetischen Forderung nach nicht zu langen Hecken sehr entgegen.

Biotop für die Flora

Völlige Übereinstimmung ist bei der Verwendung von möglichst lokalem Pflanzgut und naturnaher Zusammensetzung gegeben. Je authentischer der lokaltypisch-pflanzensoziologische Aufbau einer Hecke ist, desto höher ist der Biotopwert und damit das Kriterium Natürlichkeit der landschaftsästhetischen Bewertung.

Biotop

Die Funktionen von Hecken als Biotop stellen keine Anforderungen an die exakte Raumlage einzelner Hecken. Sie bedürfen einer möglichst guten Verteilung im gesamten Gebiet, was sich ebenfalls mit landschaftsästhetischen Prinzipien deckt. Im konkreten Einzelfall können daher andere Funktionen bzw. Nutzungsgrenzen den Ausschlag geben.

3.7.6 Ergebnisse: Systematische Stellung, Bezug zu den ökologischen Funktionen und Übertragbarkeit der Funktion Visualisierung des Landschaftsbildes

Stellung der Funktion

Visualisierung des Landschaftsbildes

Zwischen der Landschafts-Ästhetik und der natürlichen landschaftlichen Ausstattung bestehen, wie der vorangegangene Abschnitt deutlich gezeigt hat, intensive und differenzierte Interdependenzen. Deshalb muß den landschaftsökologischen Funktionen die landschaftsästhetische Funktion nicht gegenüber-, sondern zu Seite gestellt werden, was sich aus dem deutlichen anthropogenen Einfluß in einem Agrarökosystem ableiten läßt.

Im ästhetischen Bereich beruht die Wirkung von Hecken auf ihrer *standörtlichen Differenzierung*, also dem Wechsel ihrer Anordnung in der Landschaft. Dies gilt sowohl im chorologischen Maßstab, wobei durch das charakteristische Anordnungsschema von Hecken (und anderen Kleinstrukturen) Landschaftstypen voneinander unterschieden werden können (Knicklandschaften, Gäu-Heckenlandschaften). Es gilt aber genauso auf der topologischen Ebene, wobei Hecken innerhalb eines eng begrenzten Landschaftsausschnitts dessen ökologische Differenzierung widerspiegeln (Reliefunterschiede, Unterschiede in der Erosionsgefährdung).

Parallel zu den abiotischen und biotischen Prozessen in der Landschaft kann daher das *optische Sichtbarmachen* der ökologischen und historischen Unterschiede der Landschaft als Prozeß der *Visualisierung des Landschaftsbildes* angesehen werden, der im Partialkomplex Ästhetik der Landschaft abläuft und mit den übrigen Prozessen über mehrere Interdependenzen verknüpft ist.

Bezug zu den landschaftsökologischen Funktionen

Diese vielfältigen Wechselbeziehungen machen auch deutlich, daß sich eine weitgehende *Übereinstimmung zwischen landschaftsästhetischen und landschaftsökologischen Gestaltprinzipien* herleiten läßt. Nachdem sich die landschaftsästhetischen Kriterien zumindest teilweise auf die Gestaltung der historischen Kulturlandschaft stützen (Eigenart), kommt hierin die weit entwickelte ökologische Anpassung der traditionellen standörtlichen Differenzierung zum Ausdruck.

Die Herausbildung unseres ästhetischen Empfindens läßt sich auch auf die über lange Zeiträume gewachsene, unbewußte, intuitive Beziehung zur Landschaft zurückführen, die durch die übertriebene Technisierung überlagert wurde. Der *Umgang mit der Natur prägte die Grundlagen des ästhetischen Empfindens* und damit den Schönheitsbegriff des Menschen.

Aus dem monotonen Erscheinungsbild läßt sich bereits optisch auf eine mangelnde ökologische Anpassung der Landnutzung schließen, die freilich inzwischen naturwissenschaftlich abgesichert ist. "So gesehen ist die Schönheit der vom Menschen geprägten Landschaft kein Zufallsprodukt, sondern das Ergebnis eines jahrhundertelangen Arbeitens und Mühens, das in hohem Maße von ökologischer Stimmigkeit und Ausgewogenheit getragen war. Mehr Schönheit in der Landschaft kann nur durch stärkere Berücksichtigung ökologischer Prinzipien im Umgang mit Landschaft entstehen" (Heringer, 1981, S.3).

Übertragbarkeit der ästhetischen Bewertung

Aus dem Zusammenhang zwischen der Bildung ästhetischer Anschauungen und ökologischer Gestaltprinzipien folgt direkt, daß sich beide *landschaftsabhängig* verändern. Dieser Schluß zieht landschaftliche Unterschiede im Schönheitsbegriff nach sich, weshalb gefolgert werden kann, daß das ästhetische Empfinden z.B. eines Steppenbewohners sicherlich ein anderes ist, als das eines Mitteleuropäers.

Das ästhetische Empfinden unterliegt zwar modischen Schwankungen, dennoch kann die Gültigkeit der Bewertungskriterien über lange Zeiträume verfolgt werden. Während beispielsweise in der historischen Entwicklung der europäischen Gartenbaukunst ein Überwiegen des Kriteriums "Ordnung" in der Barockzeit erkennbar ist, gewann in der Romantik das Kriterium "Natürlichkeit" an Bedeutung. Dennoch muß man die Relevanz des jeweils anderen Kriteriums sowie der weiteren Kriterien "Vielfalt" und "Eigenart" als durchgehend anerkennen. Ähnlich verlief die Schwankung in der Beurteilung der Fluraufteilung in unserem Jahrhundert. Auf die übertriebene Zersplitterung folgte die radikale Zusammenlegung, die heute wiederum weitgehend als ästhetisch unbefriedigend empfunden wird. Letztendlich zeigen diese Beispiele nur eine Schwankung um den gemeinsamen *Kern der ästhetischen Bewertung* des Mitteleuropäers.

Ungeachtet des Ergebnisses einer Bewertung fußt diese stets auf bestimmten Kriterien, die in diesem Abschnitt herausgearbeitet und auf Hecken bezogen werden sollten.

3.7.7 Bewertung für die Mainfränkischen Gäuflächen

Die auf den fruchtbaren Gäuflächen Mainfrankens weit fortgeschrittene Vereinheitlichung der Nutzungen und Zusammenlegung der Felder bewirkt eine zunehmende **Monotonisierung des Landschaftsbildes**. In der Bevölkerung wird diese **ästhetische Ausdruckslosigkeit** Parallel zu dem gewachsenen Umweltbewußtsein zunehmend negativ bewertet.

Da diese Problematik wirtschaftlichen Zwängen unterliegt, besteht die einzig wirksame Möglichkeit, die ästhetische Ausdruckslosigkeit auszugleichen, in der **Bereicherung mit Gestaltelementen** wie Hecken, deren landschafts-ästhetische Wirkung auf den vier Kriterien Vielfalt, Ordnung, Natürlichkeit und Eigenart basiert.

Die Gäuflächen sind wegen ihrer relativ geringen Reliefenergie weiträumig überblickbar. Dazu kommt ihre von Ackerbau bestimmte, stark vereinheitlichte Nutzung ohne den Wechsel mit Grünland oder Waldflächen, was zu einem gravierenden Mangel an optischer **Vielfalt** führt.

Gestaltelemente würden die optische Vielfalt nicht einfach nur allgemein anheben, sondern gleichzeitig in ihrer logisch nachvollziehbaren **Ordnung** abgrenzend wirken, sodaß die Gäuflächen in für den Menschen erfaßbare und überschaubare Teileinheiten gegliedert würden.

Besonders vor dem Auskeimen der Saat im zeitigen Frühjahr und nach Ernte und Umpflügen im Herbst macht sich auf den Gäuflächen ein gravierender Mangel an **Natürlichkeit** bemerkbar, der mehr und mehr von der sensibilisierten Bevölkerung beachtet wird. Er könnte durch Hecken mit ihrem vielfältigen Aufbau und ihrem gegenüber den Feldern erheblich breiteren Artenspektrum ausgeglichen werden.

Das über lange Zeiträume historisch gewachsene Strukturmuster der Hecken auf den Mainfränkischen Gäuflächen vorwiegend quer zum Hang spiegelt die Anpassung des Menschen an die ökologische Ausstattung der Landschaft wider. Der dadurch bedingte kleinräumige Wechsel der standörtlichen Differenzierung von Hecken drückt die individuelle **Eigenart** der Landschaft optisch aus.

Weite Teile der Mainfränkischen Gäuflächen drohen zu bloßen Produktionslandschaften zu verkommen, die nur noch aus ökonomischem Blickwinkel gesehen werden. Das führt auch dazu, daß die Bereitschaft der Bewohner, etwas im Bereich der landschaftsökologischen Probleme zu verbes-

sern, verloren geht.

Eine Identifikation mit der Landschaft, bei den Landwirten mehr als bei jeder anderen gesellschaftlichen Gruppe zugleich Arbeitsstätte und Lebensraum, also Heimat im besten Sinne des Wortes, kann nur durch eine ästhetisch ansprechende Gestaltung erreicht werden.

3.8 Gesamtwirkung und Interdependenzen der landschaftlichen Funktionen von Hecken

Die vorangegangenen Abschnitte sind jeweils einer Funktion gewidmet, wobei die Kapitel über die *Interdependenzen* bereits andeuten, daß diese Gliederung nur der Übersichtlichkeit dient und keinesfalls einer sektoralen Betrachtung Vorschub leisten soll.

Es ist an dieser Stelle nicht notwendig, nochmals alle Wechselbeziehungen zwischen den Heckenfunktionen aufzuführen, vielmehr soll auf graphische Weise die *integrale, ganzheitliche Perspektive* verdeutlicht werden.

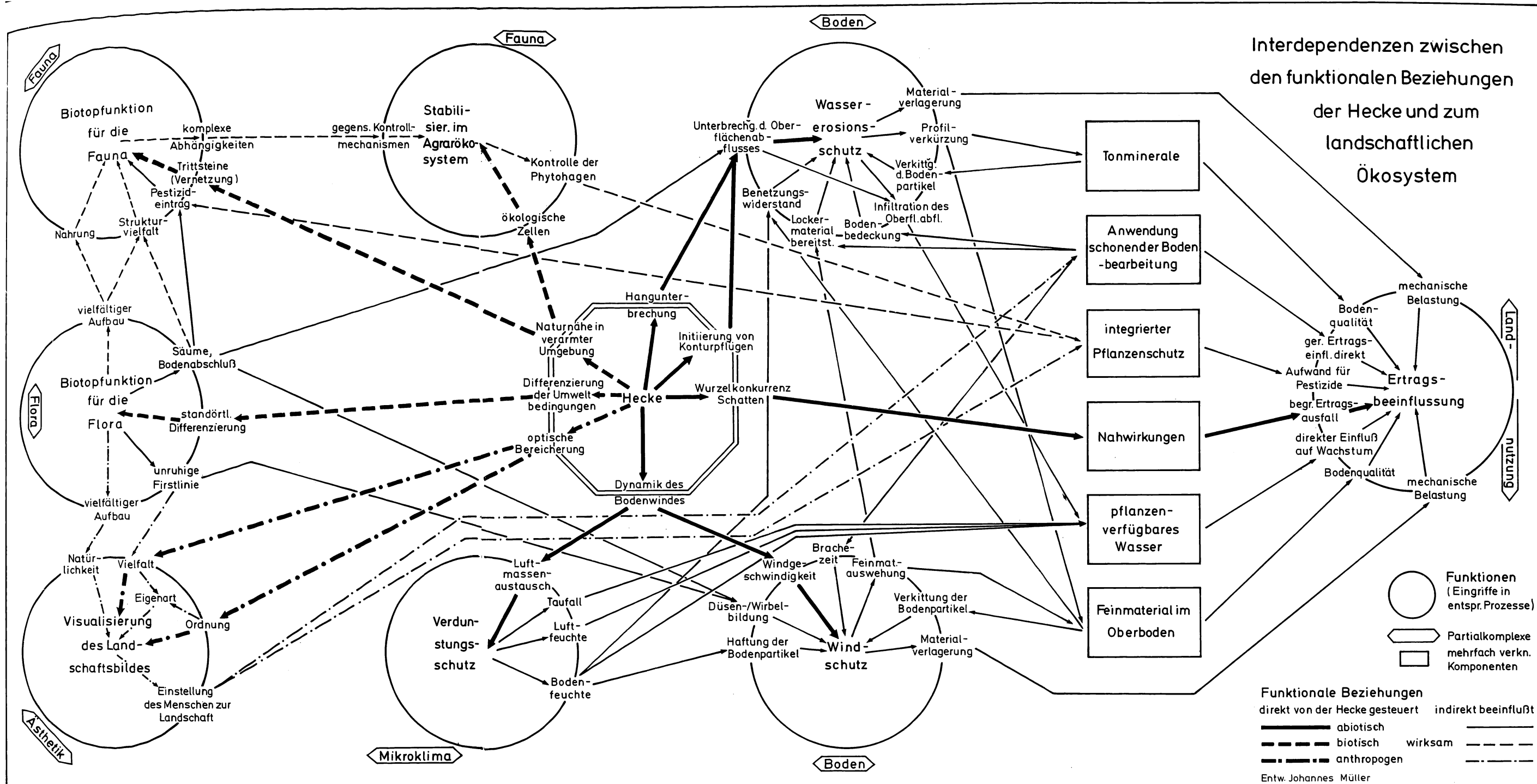
Man muß sich bei sämtlichen Bewertungen und Beurteilungen, die irgendwelche Elemente im Landschafts-Ökosystem betreffen, immer vor Augen halten, daß alle Prozesse miteinander vernetzt sind und sich Veränderungen eines Faktors auch auf fremde Prozesse auswirken können.

Andererseits läßt sich eine Hecke, die für eine bestimmte Funktion wie beispielsweise den Erosionsschutz dienen soll, *gleichzeitig und ohne zusätzlichen Flächenbedarf für mehrere Funktionen* nutzen, etwa als Biotop und zur ästhetischen Bereicherung. Um die volle Wirksamkeit zu erreichen, muß dabei allerdings sowohl hinsichtlich der *am Ort überwiegenden funktionalen Bedeutung* als auch hinsichtlich der dafür notwendigen Ausstattung und Anordnung abgewogen und differenziert werden, wofür in jedem Fall genauere Felduntersuchungen nötig sind.

Fig. 37 ist der Versuch, sämtliche funktionalen Beziehungen im Ökosystem, bei denen die Hecke direkt oder indirekt eine Rolle spielt, im Überblick darzustellen. Eine Hecke, mit ihren intensiven Funktionsbeziehungen in das umgebende landschaftliche Ökosystem kann als Prototyp eines in das Ökosystem eingebundene Landschaftselementes oder einer ökologischen Zelle angesehen werden.

Fig. 37 (Ausklapptafel): Funktionsbeziehungen zwischen Hecke und landschaftlichem Ökosystem. Es soll vor allem die Komplexität und die intensive Vernetzung verdeutlicht werden, weshalb nie eine Funktion isoliert betrachtet werden darf. Eigener Entwurf

Interdependenzen zwischen den funktionalen Beziehungen der Hecke und zum landschaftlichen Ökosystem



Mit Fig. 37 sollen mehrere wichtige Aspekte der Stellung und Rolle von Hecken im Agrarökosystem verdeutlicht werden:

- Die **Komplexität** der funktionalen Beziehungen im Ökosystem.
- Die intensive **Vernetzung** der Partialkomplexe, die bei Eingriffen in einen stets Folgewirkungen in anderen Partialkomplexen nach sich zieht.
- Zunächst greift die Hecke nur über relativ wenige Funktionsbeziehungen **direkt** steuernd in Prozesse des Ökosystems ein, die aber über eine Vielzahl weiterer Verbindungen **indirekte** Wirkungen nach sich ziehen.
- Diese indirekten **Funktionsabfolgen** beeinflussen häufig ein und denselben Partialkomplex gleichzeitig über mehrere Funktionsbeziehungen, was mit Hilfe der Graphik nachvollziehbar werden soll.

Die Gliederung der landschaftsökologischen Funktionen von Hecken und ihre graphische Positionierung in Fig. 37 erfolgt primär nach den berührten Partialkomplexen, wobei bewußt gewisse systematische Unklarheiten in Kauf genommen wurden. Die abiotischen Prozesse lassen sich vergleichsweise leicht definieren. Wegen der sehr unterschiedlichen Wirkungsmechanismen und der besonderen Bedeutung werden allerdings aus dem Partialkomplex Boden die Prozesse Wasser- und Winderosion extra herausgegriffen. "Visualisierung des Landschaftsbildes" im Partialkomplex Ästhetik kann problemlos diesen Prozessen gleichgestellt werden.

Im Falle der Tierwelt und der Vegetation ist die Prozeßebene nicht so klar darstellbar. Die Funktion der Hecke für die Partialkomplexe Flora und Fauna liegt auf einem höheren Niveau. Die Beziehungen auf Prozeßebene sind hier derart komplex, daß sie nicht mehr graphisch anschaulich wären.

Bei der Stabilisierung im Agrarökosystem handelt es sich eigentlich nicht um einen eigenständigen Prozeß, sondern um eine vorwiegend indirekt wirksame Funktion des Partialkomplexes Fauna, die auf die Perspektive der anthropogenen Nutzung bezogen ist (Schädlingsbekämpfung) und der Übersichtlichkeit halber hier auf der Prozeßebene angeordnet wird.

Ebenfalls kompliziert verhält es sich mit der Ertragsbeeinflussung, die in einem Agrarökosystem unvermeidlich ist und deshalb in der Graphik nicht weggelassen werden kann. Sie läßt sich ebenfalls als Prozeß ansehen und stellt praktisch einen "Sammelprozeß" aus zahlreichen Beeinflussungen mit gemeinsamem Endergebnis im Partialkomplex Landnutzung dar.

4. Ertragsbeeinflussung und Flächenbedarf



Abb. 13: Im Wurzelkonkurrenz- und Schattenbereich unmittelbar neben einer Hecke wirkt sich die höhere Konkurrenzkraft der perennierenden Heckensträucher negativ auf den Ertrag aus. Diese Zone reicht jedoch höchstens bis in eine Entfernung gleich dem eineinhalbfachen der Heckenhöhe, wie auf dem Foto (Gäuflächen bei Eichelsee) deutlich zu erkennen ist. Darauf folgt eine erheblich breitere Zone positiver Ertragsbeeinflussung.

In den vorangegangenen Abschnitten wurden die landschaftsökologischen und -ästhetischen Funktionen von Hecken als Auswirkungen auf das Agrarökosystem dargestellt. Die Entstehung von Hecken in Wechselwirkung mit dem landschaftsverändernden Menschen, ihre Bedeutung, die aus ihrer Existenz in der *Agrar*-Landschaft erwächst, zwingen dazu, dieses Thema auch aus der *Sicht der landwirtschaftlichen Nutzung* anzugehen. Konkret stellen sich dabei die folgenden Fragen:

- Welche (kurzfristigen) landwirtschaftlichen Nachteile muß man in Kauf nehmen, um die (mittel- bis langfristigen) landschaftsökologischen und -ästhetischen Vorteile zu erhalten (die sich letztlich auch wieder wirtschaftlich bemerkbar machen)?

Hierbei sind drei Komplexe zu trennen:

- Inwieweit beeinflussen die in Kapitel 3 beschriebenen Heckenfunktionen über ihre Einwirkung auf das Ökosystem auch den Ertrag angrenzender Felder (*Fernwirkungen*)?
- Wie wirkt sich der direkte Einfluß der Hecken auf ihre unmittelbare Umgebung auf den Ertrag aus (*Nahwirkungen*)?
- Um die Frage nach der *Gesamtwirkung auf den Ernteertrag* beantworten zu können, müssen beide Bereiche räumlich abgegrenzt und ihre positiven und negativen Auswirkungen bilanziert werden.
- Wie groß ist der *Flächenbedarf* eines ökologisch voll funktionsfähigen, lebens- und regenerationsfähigen Heckensystems? Diese Frage erhebt sich besonders in intensiv genutzten Agrarlandschaften wie den Mainfränkischen Gäuflächen mit ihrer hohen Flächenkonkurrenz. Weil dieser Aspekt bei der Diskussion insbesondere bei der Flurbereinigung, wo es ja um die Zuteilung von Flächen und Nutzungen geht, häufig dominiert, ist es auch für eine landschaftsökologische Argumentation entscheidend, den Flächenbedarf beziffern zu können.

Selbstverständlich können sich alle diese Aussagen nur auf ein Gebiet mit bekannten ökologischen Faktoren und Problemen beziehen, wie sie in Kapitel 2 für die Mainfränkischen Gäuflächen skizziert wurden. So würden beispielsweise sowohl die Erosionswerte, als auch ein Heckensystem als Gegenmaßnahme auf anderen Böden völlig anders ausfallen. Auf dieser Grundlage läßt sich der Flächenanspruch ermitteln, den Hecken benötigen ("Kosten"), um im Agrarökosystem Funktionen übernehmen zu können ("Nutzen").

4.1 Beeinflussung des landwirtschaftlichen Ertrags

In dieser Frage muß räumlich zwischen Nah- und Fernwirkungen unterschieden werden, da sie sich auf den Ertrag sehr unterschiedlich auswirken und über verschiedene Mechanismen auf die angrenzenden landwirtschaftlichen Kulturen einwirken. Letztlich entscheidend ist aber ihre Gesamtwirkung.

4.1.1 Nahwirkungen

Die Nahwirkungen setzen sich aus mehreren Komponenten zusammen, denen ein negativer Einfluß auf den Ertrag gemeinsam ist. Sie wirken sich alle auf einen Streifen parallel zu beiden Seiten der Hecke aus. Da hier mit einer Ertragsminderung zu rechnen ist, ist es wichtig, die Ausdehnung dieser Streifen zu kennen, wozu wiederum die Ursachen aufzuschlüsseln sind.

Wurzelkonkurrenz

Die perennierenden Sträucher und vor allem Büsche und Bäume sind im Wurzelbereich zwangsläufig den einjährigen Feldfrüchten in der Konkurrenz um Wasser und Nährstoffe überlegen. Da das Wurzelsystem der Heckengehölze sich mit deren zunehmender Größe ausdehnt, wird die Zone der Wurzelkonkurrenz üblicherweise in Vielfachen der Heckenhöhe angegeben.

Die Entfernung von der Hecke, bei der wieder 100 % des normalen Ertragsniveaus erreicht werden, wird nach Kreutz (1968, S. 283) spätestens beim 1,5fachen der Höhe erreicht. Auch nach Müller, F. (1981, S. 295) liegt sie beim 1,5fachen der Heckenhöhe. Müller, Th. (1956, S. 43) ermittelte empirisch bei einer 3,5 m hohen Hecke weniger als 4 m. Bender (1955, S.80/93) nennt bei zwei Versuchshecken einmal 4,4 m Entfernung bei einer Höhe von 5,7 m, bei einer anderen Hecke von 3 m Höhe je nach Anbaufrucht zwischen 3,5 und 7 m.

Bei einer durchschnittlichen Heckenhöhe von etwa 4 m reicht die Zone der Wurzelkonkurrenz also höchstens 6 m weit. Es ist dabei allerdings zu beachten, daß der Ertrag in diesem Bereich nicht völlig ausfällt, sondern von Null am Heckenrand aus zunimmt, um nach 6 m den Normalertrag (= 100 %) zu erreichen (vgl. Fig. 38). Deshalb geht im Wurzelkonkurrenzbereich nur etwa die Hälfte des Ertrags verloren.

Schattenfall

Geiger (1961, S. 529) nennt Werte, in wie weit sich die Globalstrahlung neben einer Hecke vermindert. Beim günstigsten Fall, einer N-S verlaufenden Hecke, entsteht während des höchsten Strahlungsangebotes über Mittag durch Schatten kein Verlust. Die Globalstrahlung vermindert sich daher in einem Streifen gleich dem der Heckenhöhe auf beiden Seiten nur um 16 % auf 84 % des Gesamtwertes.

Im ungünstigsten Fall einer W-E verlaufenden Hecke erhält die N-Seite (Schatten) in einer der Heckenhöhe entsprechenden Entfernung nur 48 % der Globalstrahlung, aber bereits bei doppelten Entfernung wieder 97 %. Die Südseite erhält dagegen fast das gesamte Strahlungsangebot (99 %).

Bei einer NE-SW verlaufenden Hecke liegt der Wert auf der NW-Seite bei 79 % in einer Entfernung gleich der Heckenhöhe. Bei allen anderen Ausrichtungen liegen die Werte auch bei einem Abstand gleich dem Einfachen der Heckenhöhe über 90 %.

Die o.g. Werte beziehen sich auf Wien und können daher praktisch unverändert für Süddeutschland übernommen werden. Sie gelten für den Sonnenhöchststand am 21. Juni. Folglich verbreitert sich die Schattenzone bis zum Tiefststand im Dezember. Diese Veränderung geht im Bereich der Extremstände langsam, im Bereich der Sonnenwenden im Herbst und Frühjahr schneller vonstatten, weshalb sie für die im Sommer reifenden Feldfrüchte nur geringe Bedeutung besitzt. Unterschiede treten noch in geneigtem Gelände auf, wobei sich die beschattete Fläche durch die Projektion je nach Exposition des Hanges sowohl vergrößern als auch verkleinern kann.

Aus diesen Angaben folgt, daß eine erhebliche negative Ertragsbeeinflussung durch Beschattung nur im Extremfall auf einer Seite in einem Streifen gleich der Heckenhöhe feststellbar ist. Auch diese Beeinträchtigung nimmt mit dem Abstand von der Hecke kontinuierlich ab. Im Durchschnitt liegt der Wert jedoch weit darunter, sodaß er mit dem Bereich maximaler Wurzelkonkurrenz direkt an der Hecke oder gar nur dem Saum zusammenfällt.

Laubfall

Nachdem alle einheimischen Heckengehölze durchwegs laubabwerfend sind, fällt im Spätherbst das Laub auf die angrenzenden Bereiche. Starke Laubbedeckung konzentriert sich dabei auf einen schmalen Streifen neben der Hecke. Wird danach gepflügt, so begünstigt dieser Umstand die Humusbildung im Boden und kann beim vorherrschenden Humusdefizit positiv eingestuft werden. Ist Wintergetreide angebaut, dann könnte die Laubschicht in ungünstigen Fällen so dick sein, daß sie unter Umständen (z.B. Feuchtjahre) durch den Wind nicht ausreichend verteilt wird und die Saat vermodert.

Es liegen über dieses Detailproblem in der Literatur keine konkreten Angaben vor. Vermutlich kommen aber nur in der Nähe größerer Laubwaldbestände so hohe Laubmengen zustande, daß das Problem akut wird. Insgesamt dürfte es bei Gebieten mit hohem Ackerlandanteil kaum ins Gewicht fallen.

Schneebedeckung

Durch die Herabsetzung der Geschwindigkeit des Windes hinter Hecken sinkt dessen Schleppkraft. Auf diese Weise wird die im Gebiet fallende Schneemenge lokal unterschiedlich stark abgelagert. Die entsprechende Zone hinter einer Hecke erstreckt sich weiter, als die der übrigen Nahwirkungen. Th. Müller (1956, S. 42) ermittelte an Hecken auf der Schwäbischen Alb, daß die Freilandschneehöhen erst in einer Entfernung entsprechend dem drei- bis fünffachen der Heckenhöhe wieder erreicht waren. Wenn große Schneehöhen mit tiefen Temperaturen zusammenfallen, wie das in den Mittelgebirgen der Fall ist, so kann der Schnee so lange liegenbleiben, daß unter Wächten hinter Hecken das Wintergetreide im Wachstum behindert wird oder im Extremfall sogar vermodert.

Die Mainfränkischen Gäuflächen zeichnen sich jedoch durch sehr geringe Höhen an Schnee aus, der infolge der Temperaturgunst in aller Regel längst vor Beginn der Wachstumsphase abgetaut ist. Deshalb stellt dieser Effekt der Hecken hier kein Problem dar und braucht nicht berücksichtigt zu werden.

Manövrierhindernis für Landmaschinen

Auch wenn eine Hecke direkt an ein Feld grenzt, kann der ganze Platz landwirtschaftlich genutzt werden, wenn parallel zu ihr geackert wird. Ist dies nicht möglich, dann kann ein Streifen vor den Hecken, vor denen gewendet werden muß, nicht genutzt werden. Gründe dafür können in der Topographie liegen, durch die Zufahrtsmöglichkeiten erzwungen werden oder sich daraus ergeben, daß Hecken entlang zweier Seiten eines Feldes liegen, die im Winkel aufeinanderstoßen. In solchen Fällen müßte dann auf der betreffenden Seite der Hecke ein Streifen von einigen Metern Breite freigehalten werden und folgerichtig dem Flächenbedarf zugerechnet werden.

Bei der Frage, wie häufig diese Situation auftreten würde, müssen folgende Gesichtspunkte berücksichtigt werden:

- Auf erosionsgefährdeten Lagen sollte ja gerade durch quer zum Hang verlaufende Hecken auch die Pflugrichtung so vor gegeben werden. In diesen Bereichen stehen daher nur die wenigen zur Vernetzung senkrecht zum Hang verlaufenden Hecken im Weg.
- Ein Teil der Hecken grenzt mit einer Seite an nicht landwirtschaftlich genutzte Flächen (Wege, Böschungen). Entsprechend ergeben sich hier auch keine Manövrierbehinderungen.
- Die wohl unumgängliche Vergrößerung der Felder im Zuge der modernen Flurbereinigung bringt es mit sich, daß praktisch jedes Feld auf mehreren Seiten von Wegen umgeben ist und die entsprechenden Manövierrmöglichkeiten bestehen.
- Nachdem aus ästhetischen und ökologischen Gründen ausdrücklich keine allseitige Umschließung der Felder durch Hecken angestrebt wird, was ja einem Grünland-Heckenmuster entspräche, sondern eine höhere Zahl kürzerer Hecken, läßt sich eine Heckenneuanlage heute, im Gegensatz zur extrem zersplitterten Flur früher, so planen, daß die Felder weitgehend über die entsprechenden Zufahrts- und Wendemöglichkeiten auf Wegen verfügen.

Insgesamt dürften gravierende Behinderungen durch Hecken aus diesen Gründen nicht sehr häufig vorkommen und daher auch wenig zusätzliche Fläche beanspruchen.

Zusammenfassung

All diese Komponenten zusammen genommen ergibt, daß sich die Nahwirkungen von Hecken mit negativen Auswirkungen auf einen schmalen Streifen konzentrieren, der durchschnittlich nach dem 1,5fachen der Heckenhöhe endet. Der Ertrag fällt hier jedoch nicht völlig aus, sondern nimmt kontinuierlich bis zur Hecke hin ab, sodaß die Ernte auf diesen Streifen nur rund zur Hälfte verloren geht.

Die Beeinträchtigungen durch Wurzelkonkurrenz und Schattenfall fallen weg, wenn sich dieser Bereich mit Wegen deckt. Durch geeignete Planung lassen sich diese Probleme noch reduzieren.

4.1.2 Fernwirkungen

Der Einfluß von Hecken auf die Erosionsminderung und auf das Mikroklima wirkt sich direkt auf die Erträge der angebauten Feldfrüchte aus, wie in verschiedenen Untersuchungen belegt wurde. Leider liegen solche praktischen Untersuchungen aus den Mainfränkischen Gäuflächen nicht vor. Inzwischen gibt es auch nur noch so vereinzelt Hecken, daß es schwierig sein würde, geeignete Standorte zu finden. Deshalb ist man auf die Übertragung anderer Ergebnisse angewiesen. Hierzu ist jedoch zwischen qualitativen Aussagen und exakten quantitativen Angaben zu unterscheiden, wie an einigen Beispielen aus der Literatur gezeigt werden soll.

Wassererosion

Jung (1956) stellte Untersuchungen über den Einfluß der Bodenerosion auf den Ertrag auf verschiedenen geneigten Hängen an. Er ermittelte, daß ab 5 % Neigung durch den ungebremsten Bodenabtrag das Aufgehen der Saat stark beeinträchtigt ist (30 % bei Getreiden, a.a.O., S.30).

Im Akkumulationsbereich treten Schäden durch Übersättigung auf; später kommt es durch Überdüngung infolge Nährstoffakkumulation regelmäßig zu Lagergetreide. Die physikalischen Bodeneigenschaften (Pufferkapazität, Bodenluft) verschlechtern sich sowohl in Erosions- als auch in Akkumulationsbereichen zum Nachteil des Ernteertrags.

Die Erträge der Hänge, aber auch der Akkumulationsflächen lagen zwischen 7,5 % und 30 %, in Extremfällen sogar bis 50 % unter denen der oben anschließenden Verebnungen. Mit dieser Beobachtung stimmen auch die Ergebnisse der in Abschnitt 2.2.3 zitierten Untersuchung aus dem Ochsenfurter Gau (10-17 % Ertragseinbuße) überein. Bei den meisten der 29 Lokalitäten handelt es sich um Löß- bzw. Lößlehmstandorte süddeutscher Gäulandschaften, sodaß die Ergebnisse von der Naturausstattung her im Prinzip auf den Mainfränkischen Gäuflächen übertragbar wären.

Der Autor diskutiert jedoch nicht, welcher Anteil dieser Ertragsminderung auf die Erosion, welcher auf die Lageunterschiede zurückzuführen ist. Es kann unterstellt werden, daß auf Hängen durch Expositionsunterschiede, mikroklimatische Unterschiede und anderes Infiltrationsverhalten niemals dieselben Erträge wie auf Verebnungen gegeben sind. Eine exakte quantitative Aussagebeziehung zwischen Erosionsminderung durch Hecken und daraus resultierender Ertragssteigerung ist folglich nicht möglich.

Außerdem muß unterstellt werden, daß Wasser- und Winderosion auch schon auf den Flachbereichen, die in der Untersuchung als Vergleich zu den jeweils anschließenden Hängen gelten, für eine gewisse Ertragsdepression sorgen. Die Werte für den Minderertrag beziehen sich also nicht auf den theoretisch möglichen Höchstertrag, sondern auf einen bereits reduzierten Wert.

Es lassen sich lediglich die qualitativen Schlußfolgerungen übernehmen, wonach "bei normalen, ungestörten Bodenverhältnissen die Erträge am höchsten sind" (a.a.O., S. 34), sich also Maßnahmen zur Erosionsminderung über verschiedene Wirkungsmechanismen auf jeden Fall ertragssteigernd auswirken.

Winderosion und Mikroklima

Auch die Veränderung des Mikroklimas im Windschatten von Hecken wirken sich positiv auf den Ernteertrag in trockenen Gebieten aus, was im Prinzip seit langem bekannt ist (Wendt, 1951). Hierzu gibt es eine Reihe von genauen Untersuchungen.

Bender (1955) stellte bei langjährigen Versuchen die in Tabelle 12 zusammengestellten Ertragssteigerungen fest. Der Autor führt diese erheblichen Steigerungsraten sowohl auf die geringere Verdunstung, als auch auf die reduzierte Erosion durch die Hecken zurück. Die Messungen wurden auf Flugsandboden gemacht, der noch erheblich erosionsgefährdeter ist, als der

Lößboden der Mainfränkischen Gäuflächen. Auch die Windgeschwindigkeiten liegen im Raum Peine höher. Bender macht allerdings keine genauen Angaben zu den Verhältnissen während der Messungen.

Tabelle 12: Ertragssteigerung durch Windschutzpflanzungen auf einem Hof bei Horst, Kr. Peine, auf Flug-sandboden (Durchschnittswerte eines Streifens von 70-80 m ab Hecke). Aus: Bender, 1955, S. 79.

Anbauf Frucht	Meßperiode	Ertragssteig.
Roggen	3 Jahre	+ 6,2 %
Kartoffeln	2 Jahre	+ 12,5 %
Sommergerste	3 Jahre	+ 19,4 %
Zuckerrüben, Gewicht	2 Jahre	+ 16,5 %
- " - , Zuckergehalt	2 Jahre	+ 19,7 %

Hanke und Kaiser (1956) machten Messungen auf einem Gut in Wahn/Rheinland. Danach erhöhte sich der durchschnittliche Ertrag auf dem Streifen zwischen der Windschutzhecke und dem 30fachen ihrer Höhe bei Hafer um 9,2 % . Bei Zuckerrüben lag bis zum 28fachen der Höhe im Durchschnitt das Gewicht um 5,6 % , der Zuckergehalt um 8,5 % höher als auf dem ungeschützten Feld, während der unerwünschte Stickstoffanteil um 5 % darunter lag.

Müller, Th. (1956, S. 43) stellt auf der Schwäbischen Alb im Streifen bis zum 20fachen der Heckenhöhe in Trockenjahren Ertragssteigerungen bei Gerste von 16,6 % und bei Kartoffeln von 19,4 % fest, während die Steigerungen in feuchten Jahren nur etwa halb so hoch ausfielen. Genauere Angaben zu den Niederschlagsverhältnissen der Meßjahre macht er leider nicht. Im Durchschnitt liegen sie über denen der Mainfränkischen Gäuflächen, während die edaphische Trockenheit mindestens genauso hoch sein dürfte.

Tabelle 13: Durchschnittliche Ertragssteigerungen durch zwischen Windschutz-Hecken und dem 14fachen ihrer Höhe. Nach Angaben div. Autoren zusammengestellt in: Kreutz, 1961, S. 458 und 1968, S.284.

Anbaufrucht	durchschnittliche Ertragssteigerung
Kartoffeln	+ 20 %
Hafer/Gerste	+ 10,4 %
Zuckerrüben, Gewicht	+ 6 %
- " - , Zuckergehalt (18f.H.)	+ 8,5 %

4.1.3 Schlußfolgerung und Bewertung für die Mainfränkischen Gäuflächen

Die Reihe der angeführten Beispiele ließe sich mühelos verlängern. Reif, et al. (1984, S. 135-136) bringen in ihrer ansonsten bedeutenden Forschungsarbeit in diesem Zusammenhang eine Liste mit Werten von Schweden bis Rumänien und Kanada und ziehen die unkritische Schlußfolgerung: "die Ergebnisse sind als durchwegs positiv zu beurteilen".

Die Aussage ist so generell jedoch nicht zutreffend und ist zu differenzieren. Zunächst muß untersucht werden, ob die ökologischen Verhältnisse eine Übertragbarkeit der Ergebnisse zulassen. Damit verglichen lassen sich für die Gäuflächen Mainfrankens folgende Aussagen machen:

- Die Untersuchung von Jung zeigt, daß sich die Verminderung der mechanischen Belastung und Materialumlagerung der *Wassererosion* auch sofort auf den Ertrag steigernd auswirkt. Stärker schlägt hier jedoch der mittelfristige Effekt zu Buche, wenn sich wieder gesündere Bodenprofile aufbauen können, später die langfristig bodenschützenden Effekte. Dies quantitativ mit der notwendigen belegbaren Exaktheit auseinanderzuhalten ist wohl kaum möglich.
- Eine direkte Schädigung der Pflanzen durch *Winderosion* kann vermutlich in ganz Süddeutschland wegen der geringeren Windgeschwindigkeiten vernachlässigt werden. Die Ausblasung feinsten Bodenteile führt durch die

Verminderung der Bodenqualität vermutlich langfristig zu einer Ertragsminderung, die durch flächenhaften Windschutz vermindert werden könnte.

- Die Reduzierung der austrocknenden Wirkung des Windes durch Hecken im Partialkomplex **Mikroklima** wurde in Abschnitt 3.3 gezeigt. Im klimatisch und edaphisch trockenen Mainfranken wirkt sie sich aller Voraussicht nach steigernd auf den Ertrag aus.
- In wieweit sich die qualitativ nachweisbare **Stabilisierung im Agrarökosystem** durch die Beeinflussung der Erntemengen und die Kosteneinsparungen beim Pestizideinsatz auf die Gesamt-Ertragsbilanz auswirken, wurde bisher noch nicht bilanziert. Speziell im Untersuchungsbereich gibt es hierzu noch gar keine Ansätze.
- Die Tabellen 12 und 13 zeigen, daß gerade die in Mainfranken verbreitet angebauten **Zuckerrüben** auf die Effekte durch Hecken besonders positiv reagieren, vor allem beim qualitätsbestimmenden Zuckergehalt.

Welche genaue Änderung in Prozent all das für die Ertragssteigerung bewirken würde, läßt sich aus den vorliegenden Daten jedoch nicht schließen. Fig. 38 kann daher nur das bekannte Schema der Ertragsbeeinflussung durch Hecken zeigen.

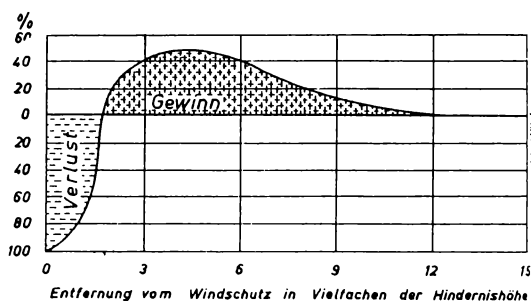


Fig. 38: Schema der Beeinflussung des Ernteertrags durch eine Hecke. Aus: Kreutz, 1968, S. 283

Alle diese Probleme werden noch überlagert durch den Wechsel der Feldfrüchte. Menge und Qualität werden, wie sämtliche zitierten Untersuchungen zeigen (vgl. Tab. 12 und 13), **artspezifisch in unterschiedlichem Maß** beeinflußt (Kreutz, 1961, S.459), was von deren Feuchtigkeitsbedarf, osmotischem Verhalten und der Feuchtigkeitsaufnahmefähigkeit abhängt. Exakt kann der Effekt also nur bei bekannten Anbaufrüchten ermittelt werden.

Hinzu kommt noch die Gesamtwirkung einer ganzen Heckenlandschaft. Es kann unterstellt werden, daß diese die Ergebnisse an einer einzelnen Hecke nochmals in irgendeiner Weise beeinflußt. Diese Frage ist wohl überhaupt nicht quantitativ zu fassen, weshalb ihr sämtliche zitierten Untersuchungen aus dem Weg gehen (müssen).

Obwohl dies vermutlich für eine Argumentation mit den betroffenen Bauern das günstigste wäre, kann aus diesen Gründen der Einfluß von Hecken auf den Ernteertrag quantitativ nicht ermittelt und schon garnicht vorhergesagt werden. Für die spezifischen Verhältnisse der Gäuflächen Mainfrankens läßt sich aber als qualitative Aussage festhalten, daß sich der Ertrag auf dem gesamten Feld möglicherweise sogar steigern ließe, auf jeden Fall würde der Ausfall direkt neben einer Hecke zumindest ausgeglichen.

Als echter Verlust bliebe damit höchstens die reine bestockte Fläche übrig. Knauer (1985, S. 49) stellt für vergleichbare Gebiete allgemein fest: "Zusammengenommen deutet sich aus den bisherigen Messungen im Vergleich zum Referenzfeld ohne Hecke eine gewisse Wirkungsneutralität von Hecken auf den Gesamtertrag von Weizen an. Daß Hecken auf Standorten mit einer Gefährdung durch Winderosion eine Bodenschutzfunktion und eine starke positive Wirkung auf die Ertragsbildung haben, ist allgemein bekannt."

4.1.4 Ergänzung durch das Ackerrandstreifenprogramm

Seit einigen Jahren wird mit gutem Erfolg das Ackerrandstreifenprogramm angewendet. Hierbei wird ein normalerweise 5 m breiter Streifen am Rand eines Feldes von jeglicher Herbizidanwendung und Unkrautbekämpfung ausgenommen, um den gefährdeten "Ackerwildkräutern" (Segetalpflanzen, Unkräutern) einen Lebensraum zu bieten. Ansonsten wird dieser Streifen normal bewirtschaftet, für die Ernteverminderung erhält der Landwirt einen finanziellen Ausgleich, der von etwa 30 % Ernteausfall ausgeht (Schumacher, 1984, S.16).

Dieses Programm kann eine hervorragende Ergänzung eines Heckensystems sein, wenn man die Ackerrandstreifen entlang der Hecken platziert. Diese Anordnung bewirkt, daß die Ackerrandstreifen mit den ohnehin weniger produktiven Wurzelkonkurrenzbereichen zusammenfallen, sodaß durch die Entschädigungsregelung im Zuge des Programms die heckenbedingte Ertragsminderung teilweise mit ausgeglichen wird.

Zum anderen puffert der ungespritzte Ackerrandstreifen schädliche Einflüsse von Herbiziden ab, sodaß die Hecke selbst weniger belastet ist und damit ökologisch noch aufgewertet wird. Die dichtere Bodenbedeckung des Ackerrandstreifens fängt bereits einen Teil des Stickstoffüberangebotes des Feldes auf. Gegen eine erhöhte Entschädigung ist in den entsprechenden Programmen teilweise vorgesehen, auf diesem Streifen auf die Stickstoffdüngung ganz zu verzichten. Dadurch vermindert sich der Nährstoffeintrag in die Hecke ganz erheblich und sie wird als Refugialstandort für die besonders gefährdeten mesotrophen Kräuter stark aufgewertet.

Für die heckenbewohnenden Insekten, die in die umliegenden Felder Streifzüge unternehmen reduziert sich die Giftbelastung überproportional stark, da der unmittelbar angrenzende Streifen am häufigsten aufgesucht wird.

Auch der Schutz vor Wassererosion wird im Vergleich zu der Wirkung einer Hecke allein noch verbessert, weil die Fläche mit dichterem Bodenbewuchs vergrößert wird und auf diese Weise mehr Wasserabfluß in den Boden infiltriert werden kann. Hierbei spielt eine entscheidende Rolle, daß die Orientierung der Hecken quer zum Hang auch die Lage der Ackerrandstreifen daneben vorgibt, die Wirkung also verstärkt wird.

Durch die Verbindung von Heckenanlage und Ackerrandstreifenprogramm ließen sich die ökonomischen Nachteile einer ökologischen Bereicherung der Landschaft bündeln. Die wirtschaftliche Gesamtbilanz könnte verbessert werden, was vermutlich die Akzeptanz beider Konzepte bei den Landwirten erhöhen würde. Gleichzeitig ließe sich aber auch die ökologische Gesamtwirkung noch erheblich steigern. Diese Kombination wäre somit in jedem Fall empfehlenswert.

4.2 Funktionsabhängiger Flächenbedarf

Neben der Ertragsbeeinflussung kommt vor allem dem Flächenbedarf von Hecken in der sich immer stärker auf ertragreiche Böden konzentrierenden Landwirtschaft eine erhöhte Bedeutung zu.

Jeweils nach den kleinräumig wechselnden ökologischen Problemen richtet sich die dominierende Funktion der Hecken. Sie bestimmt die Anordnung im Raum und die Dichte der Hecken, weshalb es unumgänglich ist, auch den Flächenbedarf nach Funktionen zu differenzieren.

Zwischen der Dichte eines Heckensystems und seinem ökologischen Wirkungsgrad besteht ein direkter Zusammenhang. Es ist also sinnvoll, für verschiedene Netzdichten abgestuft, sowohl den ökologischen Wirkungsgrad als auch den Flächenbedarf zu kennen.

Bei allen Flächenberechnungen wird stets zugrundegelegt, daß die in Kapitel 3 dargestellten, je nach Funktion unterschiedlichen Anforderungen an die Struktur des Heckennetzes (Anordnung in der Flur, Aufbau der Hecken) eingehalten werden, um die optimale Wirkung zu erzielen.

4.2.1 Berechnungsmethodik

Heckenbreite

In Tabelle 14 sind Angaben zur Mindestbreite einer Hecke zusammengestellt, wie sie von diversen Autoren zur Erfüllung bestimmter Einzelfunktionen genannt werden.

Tabelle 14: Mindestbreite von Hecken für die Erfüllung bestimmter Funktionen.

Autor	Mindestbr.	Funktion
Diez (1982, S. 31)	3 m *	Wassererosion
Kreutz u. Walt. (1958, S. 281)	2-3reihig	Winderosion
Knauer (1985, S. 107)	3 m	ökolog. Nische
Zwölfer (1982b, S. 133)	3-4 m	Biotop allgem.
Zwölfer et al. (1984, S. 21)	4 m	Biotop Vögel
Spreier (1984, S. 47)	5-8 m	Biotop Laufkäf.

zu * : Angabe für Rain. Für Hecken ist entweder eine größere Gesamtbreite notwendig, oder ein intakter beidseitiger Saum von zusammen entsprechender Breite.

Eine Unterschreitung dieser Mindestwerte läßt die angestrebten Wirkungen rasch sinken: die Durchblasbarkeit steigt, wodurch der Windschutzeffekt und der Biotopcharakter verändert wird. Außerdem nimmt die Infiltrationsrate für abfließendes Wasser und damit die Erosionsschutzwirkung ab.

Wesentlich breitere Hecken hätten eine zu geringe Durchblasbarkeit und damit ebenfalls eine schlechtere Windschutzwirkung zur Folge. Außerdem würden im Heckeninneren waldähnliche Bedingungen entstehen, wodurch sich eine entsprechende Biozönose mit einem geringeren Austausch zur Flur ansiedeln würde.

Aus den Werten der Tabelle 14 wird daher eine dreireihige Hecke von 3 Metern Breite plus ein Saum von beiderseits 1 Meter gleich einer Gesamtbreite von 5 Metern als optimaler Durchschnitt angenommen und für die

folgenden Berechnungen zugrundegelegt. Dieser Wert stellt das Minimum dar, das notwendig ist, um die volle Funktionalität zu gewährleisten. Wenn unter dem Druck der Flächenkonkurrenz am Heckensystem Abstriche unumgänglich sind, sollten diese höchstens durch Aufweitung der Abstände erfolgen, um wenigstens die Wirkung der verbleibenden Hecken sicherzustellen. Dies gilt besonders für die Sicherung der wichtigen Säume. Eine schmalere Hecke von z.B. nur 2 statt 3 Metern brächte lediglich 0,5 % Flächengewinn. Der Wurzelkonkurrenzbereich würde sich nicht wesentlich verändern. Wo es möglich ist (z.B. an Weggabelungen, Steilhängen) wäre eine Ergänzung der Biotopvielfalt durch breitere Hecken oder Feldgehölze sehr sinnvoll.

Flächenberechnung

Je nach Funktion ergeben sich für die Hecken bestimmte **Abstände**, die auch als Heckenanzahl pro Längeneinheit angegeben werden können (z.B. ein Heckenabstand von 135 m entspricht 7,40 Hecken pro Kilometer).

Um ihn auf die Fläche umzurechnen, muß dieser Wert mit der **Heckenlänge** multipliziert werden (bei obigem Beispiel mit 1000; ergibt 7400 Heckenmeter pro Quadratkilometer). Dabei ist die Anordnung in der Flur, netzartig oder nur in einer Richtung, entsprechend mit einzubeziehen. Das Ergebnis würde allerdings ununterbrochene Endloshecken repräsentieren, weshalb für Durchlässe bei Wegen bzw. zwischen kürzeren Hecken von dieser Länge ein bestimmter Teil wieder abzuziehen ist. Da sich die Zahl der Unterbrechungen der Hecken je nach Funktion unterscheiden, sind die entsprechenden Abzüge jeweils dort angegeben und begründet.

Um nun auf einen Flächenwert zu kommen muß mit der **Breite** einer Hecke incl. Saum von 5 m multipliziert werden. Das Ergebnis läßt sich in Quadratmetern pro Flächeneinheit oder in Prozent der Gesamtfläche angeben (obiges Beispiel: 37.000 qm pro qkm oder 370 qm pro ha oder 3,7 %).

Abstufung des Wirkungsgrades

Da sich der Wirkungsgrad eines Heckennetzes mit seiner Dichte kontinuierlich ändert, ließe sich im Prinzip für jede Stufe eine Berechnung von Dichte, ökologischer Wirksamkeit und Flächenbedarf anstellen. Eine zu feine Aufschlüsselung aller Zwischenstufen würde aber zu einem unüberschaubaren Zahlenwust führen. Deshalb werden hier für jede Funktion drei Stufen herausgegriffen und ihr Ergebnis für den Landschaftshaushalt

charakterisiert. Für diese Zielvorgaben läßt sich dann der jeweilige Flächenbedarf funktionsbezogen, später auch für das Gesamtgebiet, ermitteln.

- **"Ökologisches Optimum"**

Priorität: Minimierung der ökologischen Belastungen.

Diese Stufe soll die maximalen Möglichkeiten ausschöpfen, mittels eines Heckensystems die Belastungen des Landschaftshaushalts zu reduzieren. Mit Hecken ist keine weitere Verbesserung der Verhältnisse in einem Agrarökosystem zu erreichen (beispielsweise läßt sich Erosion in landwirtschaftlich genutzten Gebieten niemals völlig vermeiden). Agrarökonomische Bedürfnisse werden ökologischen Erfordernissen untergeordnet, wobei kleine Teile der Flur unter den heutigen, stark mechanisierten Produktionsmethoden nicht mehr wirtschaftlich nutzbar wären.

- **"Landschaftlicher Konsens"**

Priorität: mögliche Reduzierung der ökologischen Belastungen bei Aufrechterhaltung moderner Landwirtschaft.

Diese Stufe versucht die ökologischen Belastungen einerseits so weit wie möglich zu reduzieren, ohne jedoch andererseits im Endergebnis die Landwirtschaft wesentlich einzuschränken. Mit diesem Heckensystem ließen sich die Belastungen des Landschaftshaushalts flächenhaft erheblich senken, bei nur geringem Flächenverbrauch und unter Anerkennung der betrieblichen Erfordernisse heutiger Landwirtschaft. Es wären kaum (Ertrags-) Einbußen zu erwarten, vielmehr müßte ein Umdenken bei Bauern und Flurbereinigungsingenieuren einsetzen.

- **"Funktionales Minimum"**

Priorität: heutige Landwirtschaft und Fluraufteilung

Diese Stufe bezieht sich auf die Minstdichte des Heckensystems, wenn es noch nennenswerte Effekte für das Gesamtökosystem bringen soll. Es wird hierbei ausgegangen von einer unverändert durchgeführten landwirtschaftlichen Nutzung und einer Flureinteilung wie bei benachbarten Flurbereinigungen (Zusammenlegung aller Äcker eines oder zweier Gewanne zu einem neuen bei unverändertem Wegenetz) und das unter diesen Voraussetzungen Machbare beurteilt. Dieses Heckensystem könnte unter den aktuellen Gegebenheiten überall auch noch "nachgerüstet" werden, wobei lediglich der geringe Flächenbedarf zu berücksichtigen wäre.

Eine Unterschreitung dieser Stufe würde die Hecken-Funktionen punktuell konzentrieren, teilweise zu deren Ausfall führen, teilweise sie sogar ins Negative umkehren (z.B. lokale Windverstärkung beim Umströmen der Hecke, Förderung von Schädlingen durch Isolation der Biozönose). Eine Pflanzung von weniger Hecken als unter "funktionales Minimum" angegeben oder deren räumliche Konzentration hätte kaum mehr als kosmetischen Charakter.

Welche ökologischen Auswirkungen jeweils konkret unter diesen drei Stufen zu erwarten sind, wird bei den einzelnen Funktionen definiert (z.B. unterschiedlicher Wirkungsgrad des Erosionsschutzes). Die Einstufung fußt auf den in Kapitel 3 erarbeiteten und durch Hecken erreichbaren Wirkungen. Letzten Endes stellt sie eine subjektive Auswahl und Bewertung dar, die jedoch aus Gründen der Praktikabilität und Übersichtlichkeit notwendig ist.

4.2.2 Wassererosions-Schutz

In Tabelle 15 sind die Ergebnisse der Berechnungen zum Flächenbedarf eines Heckensystems mit Orientierung auf Wassererosions-Schutz zusammengestellt. Wegen der starken Abhängigkeit der Erosion von der Hangneigung muß in Neigungsklassen differenziert werden, die jeweils drei Prozentpunkte zusammenfassen, wie Spalte 1 zeigt. Bei der Berechnung des Durchschnitts wurde das arithmetische Mittel aus den Flächen- bzw. Erosionswerten der betreffenden vollen Prozentpunkte gebildet.

In Spalte 2 wurden für jede Hangneigungsklasse drei Erosionswerte weiter differenziert. Um diese nicht zu überschreiten, sind maximale Heckenabstände (als Unterbrechungen der Gesamthanglänge) einzuhalten, die in Spalte 3 beziffert sind.

Diese Hecken sollen in der Projektion gesehen quer zum Hang jeweils durchgehend sein um den Wasserabfluß überall zu unterbrechen. Aus dem Produkt dieser Länge, der Heckenbreite und des Abstandes ergibt sich der Flächenbedarf, der nötig ist um die zuvor angegebenen Erosionswerte nicht zu überschreiten. Das Ergebnis zeigt Spalte 4 als Flächenbedarf in Quadratmetern pro Hektar, Spalte 5 in Prozent der Gesamtfläche.

In Spalte 6 schließlich erfolgt die bewertende Einstufung. Sie gewichtet jeweils das ökologische Kriterium (hier: angestrebtes Erosionsminimum)

oder das landwirtschaftliche Kriterium (tolerierter Flächenbedarf) in der in Abschnitt 4.2.1 angegebenen Weise unterschiedlich stark.

Tabelle 15: Flächenbedarf von Hecken mit dominierender Funktion Wassererosions-Schutz unter den Verhältnissen auf den Mainfränkischen Gäuflächen.

1 Hang- neigung	2 Erosion * in t/ha/Jahr	3 Hecken- abstand in m	4 resultierender Flächenbedarf: qm/ha	5 in %	6 Einstu- fung
< 3 %	Funktion Winderosion/Mikroklima dominierend				
3 - 6 % **	3	79	759	7,6	Optimum
	5	180	333	3,3	Konsens
	10	400	150	1,5	Minimum
6 - 9 %	5	54	926	9,3	Optimum
	10	135	370	3,7	Konsens
	15	240	208	2,1	Minimum
9 -12 %	7	33	1515	15,2	Optimum
	10	60	833	8,3	Konsens
	15	100	500	5,0	Minimum
> 12 %	Sonderfälle mit spezieller Einzelbeurteilung				

zu * : bei Konturpflügen (quer zum Hang)

zu ** : incl. 20 % zusätzlicher Windschutzhecken

Bei den Ergebnissen von Tabelle 15 müssen noch einige Details beachtet werden. Wegen des Kaltluftabflusses oder aus ästhetischen und zoologischen Gründen nötige Unterbrechungen der Hecken müssen durch Hineinanderstaffeln ausgeglichen werden, damit die wegen der Unterbrechung des Oberflächenabflusses möglichst durchgehende Anordnung quer zum Hanggefälle erhalten bleibt.

Lediglich für Wege sind Unterbrechungen unumgänglich, weshalb von der Gesamtlänge quer zum Hanggefälle nur etwa 95 % realisierbar sind. Andererseits sind einige Hecken senkrecht zum Hang zusätzlich nötig (Funktion Biotop-Vernetzung) für die 5 % ausreichen, sodaß bei der Berechnung insgesamt von 100 % ausgegangen werden kann. Im Bereich 3-6 % Neigung werden mehr senkrechte Vernetzungen nötig (Funktion Winderosions-

schutz). Man kann von einem Flächenbedarf ausgehen, der 20 % desjenigen für Wassererosionsschutz ausmacht und ihm deshalb in der Tabelle zugeschlagen wurde.

Die Anlage von Erosionsschutzhecken bleibt Stückwerk, wenn nicht parallel dazu Pflügen quer zum Hang durchgeführt wird, was zu initiieren ein gewünschter Effekt des Anlagemusters ist. Bei der Berechnung der Erosionswerte wurde daher Konturpflügen allgemein unterstellt.

Noch steilere Hänge als 12 % existieren auf den Mainfränkischen Gäuflächen nur kleinräumig am Rand von Tälern und müssen gesondert betrachtet werden. Selbst bei Hanglängen von 25 m und Querpflügen ergäbe sich hier bei Neigungen von 14-18 % ein Bodenabtrag von 10,5-18,1 t/ha/Jahr. Unter 3 % Neigung spielt die Funktion Winderosion und Mikroklima eine größere Rolle.

Bei den diversen Hangneigungen werden jeweils unterschiedliche Erosionswerte als Optimum, Konsens oder Minimum angesehen. Hierin kommt die Tatsache zum Ausdruck, daß auf flacheren Hängen eine bessere Erosionsverminderung möglich ist, als auf steileren. Umgekehrt ausgedrückt: auf Hängen mit großer Neigung muß eine höhere Erosion akzeptiert werden, als auf flachen, da sonst eine Landwirtschaftliche Nutzung nicht möglich wäre. Es würde der komplexen Problematik nicht gerecht werden, hier einen starren Schwellenwert für alle Neigungen einzusetzen.

Außerdem muß auch der Flächenanteil der Neigungsklassen im Untersuchungsgebiet mit berücksichtigt werden. So kann z.B. ein Heckenabstand von nur 60 m bei Neigungen zwischen 9 % und 12 % als "Konsens" eingestuft werden, denn diese Neigungen nehmen nur sehr geringe Flächen ein. Größere Abstände hätten hier aber extreme Erosion zur Folge.

4.2.3 Winderosions-Schutz und Mikroklima-Beeinflussung

Diese beiden Funktionen können gemeinsam behandelt werden, da sie über denselben Mechanismus (Abheben des Bodenwindes durch Aufrauung der Oberfläche) wirksam werden, deshalb dieselbe Heckenstruktur erfordern und dieselbe Fläche beanspruchen. Die Ergebnisse der Flächenberechnung sind in Tabelle 16 zusammengestellt, wobei unabhängig von der Maschenweite des Heckennetzes zwei Gestaltprinzipien zugrunde liegen:

- Eine Struktur ohne einheitliche Ausrichtung (wegen der wechselnden Windverhältnisse).
- Wegen der Frostgefahr, aus ästhetischen und zoologischen Gründen sind kurze Hecken, die überall Durchlässe freilassen, insgesamt am günstigsten, womit sich der Flächenbedarf stark reduziert.

Deshalb wurden bei der Berechnung nicht die Längen von allseitig die Felder umgebenden Hecken zugrundegelegt, sondern eine aufgelockerte Struktur, wo nur 50 % dieser Fläche bestockt ist. Hauptschwierigkeit bei der Bewertung des ökologischen Wirkungsgrades ist die Tatsache, daß schon jedes einzelne Gestaltelement in der Landschaft eine Wirkung zeigt, aber mit Ausnahme des direkten Einflußbereiches einer Hecke keine Grenzwerte existieren.

Tabelle 16: Flächenbedarf von Hecken mit dominierender Funktion Winderosions-Schutz und Beeinflussung des Mikroklimas unter den Verhältnissen auf den Mainfränkischen Gäuflächen.

Feldgröße/ Maschenweite des Heckennetzes	resultierender Flächenbedarf:		Einstu- fung
	qm/ha	in %	
1,5 ha (z.B. 75*200 m)	458	4,6	Optimum
6,5 ha (z.B. 185*350 m)	207	2,1	Konsens
12,5 ha (z.B. 250*500 m)	150	1,5	Minimum

Ökologisches Optimum

Nach den verschiedenen in Abschnitt 3.3.3 zitierten Autoren beschränkt sich die Veränderung der neben einer Hecke meßbaren Größen (Windgeschwindigkeit, Luftfeuchtigkeit, Ertragsbeeinflussung, etc.) auf einen Bereich bis zum 15fachen der Heckenhöhe (bei 4 m Höhe 60 m). Einzeln stehende und durchgewachsene Bäume in Hecken erhöhen den Wert noch, sodaß man etwa auf die Breite der heutigen, in den 30er Jahren angelegten Felder von durchschnittlich 75 m kommt, bei einer Länge von rund 200 m. Würde man diese Größe von rund 1,5 ha beibehalten und auf allen Feldgrenzen Anpflanzungen vornehmen, dann könnte man im Sinne von Winderosion und Mikroklima von einer optimalen Ausstattung sprechen.

Funktionales Minimum

Sämtliche Autoren weisen darauf hin, daß ein weitmaschigeres Heckensystem sehr wohl positive Auswirkungen für das Gesamtökosystem auch über das 15fache der Höhe der Einzelhecke hinaus hat. Wichtig ist vor allem, daß die Landschaft möglichst überall mit Hecken und anderen Gestaltelementen ausgestattet ist. Bei der Stufe "funktionales Minimum" wird von landwirtschaftlichen Prioritäten ausgegangen. Wenn die bisherige Gewanngröße von etwa 250 * 500 m (12,5 ha) als für die heutige Landwirtschaft optimale Feldgröße angesehen wird, dann könnte zumindest an den Rändern dieser Großfelder konsequent Fläche für Hecken bereitgestellt werden. Dieses Netz wäre als funktionales Minimum einzustufen, da sich bei konsequenter Verteilung der Hecken über die gesamte Flur immer noch eine flächenhafte Verbesserung der Situation für Mikroklima und Winderosion erreichen ließe.

Landschaftlicher Konsens

Wenn man sich dazu entschließen könnte, die bisherigen Felder eines Gewannes nicht zu einem einzigen, sondern zu zwei neuen Feldern von etwa der halben Größe (6,5 ha) zusammenzulegen, dann könnte die Wirkung mit nur wenigen Hecken überproportional gesteigert werden. Bei einem direkten Heckeneinfluß auf 75 m würde, alle Windrichtungen übers Jahr summiert, nur ein kleiner Bereich in Feldmitte nicht mehr in den direkten Einflußbereich fallen. Die übrigen Bereiche würden zumindest zeitweise die Schutzwirkung der Hecke spüren. Die resultierenden Feldgrößen von beispielsweise 180 * 300 wären nach heutigen betriebswirtschaftlichen Maßstäben auch noch vertretbar.

4.2.4 Biotop und Stabilisierung im Agrarökosystem

Nachdem die Stabilisierungswirkung der Hecke im Agrarökosystem, die man mit dem Konzept des integrierten Pflanzenschutzes nutzen will, auf ihrer Existenz als ökologischer Zelle beruht, bestehen dieselben Ansprüche an die Heckenstruktur wie bei deren allgemeiner Funktion als Biotop für Fauna und Flora, sodaß diese Funktionen in Bezug auf ihren Flächenbedarf gemeinsam behandelt werden können. Die benötigten Flächen sind in Tabelle 17 zusammengestellt. Bezüglich der Anordnung in der Flur sind drei Punkte von Bedeutung.

- Der räumliche Bezug wird in den zoologisch-ökologischen Arbeiten immer in Metern Heckenlänge pro Hektar (m/ha) ausgedrückt, weshalb auch bei dieser Berechnung davon ausgegangen wird.
- Hinsichtlich der Anordnung in der Flur ergibt sich eine Differenzierung zwischen den Funktionen "Biotop für die Fauna" und "Stabilisierung im Agrarökosystem". Für die Aufrechterhaltung einer lebensfähigen Biozönose kommt es nur auf den Abstand zur nächstgelegenen Hecke an, eine linienhafte Vernetzung wäre also ausreichend. Für die stabilisierende Wirkung ist es jedoch nötig, daß die gesamte Feldflur innerhalb der Reichweite liegt. Dafür benötigt man eine möglichst gleichmäßige Verteilung in der Flur mit allseitiger Vernetzung, also Hecken entlang sämtlicher Seiten der Felder.
- Die Artenvielfalt liegt bei gleicher Gesamtlänge für kürzere Hecken höher. Für die Flächenberechnung wurde deshalb davon ausgegangen, daß die Feldgrenzen nicht mit durchgehenden Hecken bepflanzt werden, was ja auch wegen der anderen Funktionen nicht anstrebenswert ist. Als Richtwert wurde deshalb von einem Bepflanzungsgrad von nur 50 % der Feldgrenzen ausgegangen.

Tabelle 17: Flächenbedarf von Hecken bei dominierender Funktion Biotop (Flora und Fauna) und Stabilisierung im Agrarökosystem unter den Verhältnissen auf den Mainfränkischen Gäuflächen.

Heckenlänge in m/ha (verteilt)	resultierender Flächenbedarf:		Einstufung
	qm/ha	in %	
90	450	4,5	Optimum
60	300	3,0	Konsens
30	150	1,5	Minimum

Ökologisches Optimum

Nach Untersuchungen von Zwölfer (1984, S.26) in Franken wird eine dauerhafte, stabile Artenvielfalt von verschiedenen Tiergruppen bei unterschiedlicher Heckendichte erreicht. Die höchsten Ansprüche stellen demnach die Vögel, die eine Heckendichte von 80-90 lfd. Metern pro ha benö-

tigen um das Überleben des gesamten Artenspektrums sicherzustellen. Knauer (1985, S.107) nennt für im integrierten Pflanzenschutz als Ausgangspunkte von Nützlingen eingesetzte ökologische Zellen als Fläche ebenfalls 4-5 % . Dieser Wert kann also für beide Funktionen als optimal eingestuft werden.

Natürlich wäre eine größere Dichte für beide Funktionen noch günstiger. Wegen des weitgehenden Fehlens der Austauschmöglichkeit mit Wäldern wäre das speziell auf den Mainfränkischen Gäuflächen sogar anzustreben. Wichtiger als die absoluten Flächenanteile ist jedoch die gleichmäßige Verteilung.

Funktionales Minimum

Würde man zwei heutige Gewanne zu einem zusammenfassen (ca. 500 * 250 m, siehe oben) und dann die Grenzen zu 50 % mit Hecken bepflanzen, dann ließe sich dort bei geeigneter Verteilung insgesamt der für einen Austausch notwendige Abstand noch einhalten. Der Anteil des Aktionsbereiches der Nützlinge am Gesamtfeld hinge dann vom Zuschnitt ab, wobei die Frequenz zur Feldmitte hin abnähme.

Der resultierende Wert von 30 Metern pro ha würde also den Zuschnitt der Felder, selbst bei einer sehr weitgehenden Flurbereinigung, nicht behindern. Eine gleichmäßige Verteilung vorausgesetzt, läge er etwa dort, wo sich bereits die Populationen der Wirbellosen stabilisieren (Zwölfer, 1984, S. 25: 25 m/ha) und somit eine Selbstregulation des Phytophagen-Entomophagen-Komplexes möglich wäre. Der Wert von 5 m/ha, der eine Hecke als Biotop nahezu wertlos macht (a.a.O.), würde noch erheblich überschritten.

Landschaftlicher Konsens

Da sich der Wirkungsgrad zwischen den beiden anderen Stufen kontinuierlich verändert, kann für diese Stufe ein mittlerer Wert zugrundegelegt werden. Wenn die Felder schmallänglich zugeschnitten würden, wäre sogar ein Queraustausch zwischen den Hecken über das Feld hinweg möglich und auch die Erreichbarkeit im integrierten Pflanzenschutz noch gut gewährleistet. Allerdings würde sich nicht das volle erreichbare Artenspektrum einstellen, was sowohl für den Wert als Biotop insgesamt, als auch für das Funktionieren integrierter Nahrungsketten bereits einen gewissen Mangel bedeutete.

4.2.5 Visualisierung des Landschaftsbildes

Im Abschnitt 3.7 wurde gezeigt, daß eine sinnvoll angelegte, auf landschaftsökologische Wirkungen ausgerichtete Heckenlandschaft in ihrer wechselnden Anordnung nicht nur gleichzeitig landschaftsästhetischen Anforderungen genügt, sondern die Voraussetzung für die Funktion "Visualisierung des Landschaftsbildes" darstellt. Diese Übereinstimmung hat ihren Grund darin, daß die Wurzel des Schönheitsempfindens in der Gestaltung der landschaftlichen Umgebung des Menschen liegt.

Voraussetzung hierfür ist allerdings, daß die Anordnung der Hecken nicht konzentriert an wenigen Refugialstandorten erfolgt, sondern möglichst die ganze Flur durchzieht, was ja auch die ökologische Wirksamkeit verbessert. Ist dies der Fall, dann genügen diese Hecken aus ihrer ökologischen Sinnhaftigkeit heraus bereits den ästhetischen Ansprüchen, sodaß hierfür keine weiteren Flächen benötigt werden. Rein aus ästhetischen Gründen angelegte Hecken sind in einem landschaftlichen Umfeld nicht vorstellbar. Die sich durch den Wechsel der ökologischen Funktionen von selbst ergebende Vielfalt müßte theoretisch bei aus rein ästhetischen Gründen angelegten Hecken künstlich geschaffen werden.

Die kulturlandschaftliche Eigenart des historisch gewachsenen Anordnungsmusters erwuchs aus der Anpassung an die lokalen ökologischen Verhältnisse. Dieses ästhetische Kriterium läßt sich folglich auch nur durch eine entsprechende Beachtung ökologischer Funktionen erreichen.

Auch bei der wertmäßigen Abstufung der Heckendichte vollzieht sich die Bewertung parallel. Je dichter das Heckennetz wird, desto höheren ästhetischen Anforderungen genügt es auch: Wiederum eine Übereinstimmung zwischen Ästhetik und Ökologie. Der Sättigungspunkt wird dabei in einer Agrarlandschaft wohl nicht überschritten. Durch die Übereinstimmung des Grades ästhetischer Qualität mit ökologischer Wirksamkeit ergibt sich einerseits eine Kongruenz im Flächenbedarf. Andererseits läßt sich feststellen, daß für die Funktion Landschaftsästhetik keine zusätzlichen Flächen benötigt werden, sondern daß diese bereits abgedeckt sind.

5. Integrierte Betrachtungsweise und räumliche Differenzierung der Funktionen von Hecken als Grundlage einer Gesamtkonzeption



Abb. 14: Die **Gesamtbedeutung von Hecken für die Landschaft** sollte die Grundlage jeglicher Bewertung und Betrachtung bilden: Diese beiden Hecken (bei Ochsenfurt) bestimmen nicht nur das ästhetische Bild und das Biotopangebot für Flora und Fauna in der ausgeräumten Umgebung, sie stabilisieren darüberhinaus das labile Agrarökosystem, Reduzieren die Erosion von Wasser und Wind ganz erheblich und beeinflussen gleichzeitig das Mikroklima günstig. Dabei ist der Flächenverbrauch wegen der Breitenwirkung insgesamt verhältnismäßig gering.

In den vorangegangenen Kapiteln wurden in *funktionaler* Betrachtungsweise die Grundlagen für die Bewertung des Einflusses von Hecken auf das Ökosystem gelegt. Nun soll anhand einiger konkreter Beispiele die *räumliche* Betrachtungsweise in den Vordergrund gestellt werden, um schließlich auch diesbezügliche Aussagen zu erarbeiten, die freilich stark regional bezogen sind.

Während bereits im Abschnitt 3.8 die Notwendigkeit einer synoptischen Betrachtungsweise betont wurde, soll anhand der Beispiele gezeigt werden, daß man bei der Betrachtung der Landschaft zwangsläufig um eine *Gesamtbewertung* des Einflusses von Hecken auf das Agrarökosystem nicht umhin kann und zu einer *integrierten* Betrachtungsweise kommt, die alle Funktionen und deren Interdependenzen berücksichtigt.

Im ersten Teilabschnitt 5.1 wird die Gesamtproblematik anhand dreier realer Beispiele von den Mainfränkischen Gäuflächen aus unterschiedlichen Perspektiven (gegenwärtiger Nutzen, gegenwärtige Defizite, mögliche Chancen und Gefahren bei der Flurbereinigung) vorgestellt, immer bezogen auf das gesamte Agrarökosystem.

Abschnitt 5.2 stellt für den in Kapitel 2 hinsichtlich seiner Probleme und Defizite näher untersuchten Landschaftsausschnitt die *räumliche Differenzierung* der möglichen Heckenfunktionen innerhalb eines größeren Landschaftsausschnitts als Ausgleich ökologischer Defizite vor. Diese sollte *als Planungs-Grundlage* für ein Vernetzungskonzept dienen, das die jeweils dominierenden Heckenfunktionen in den Mittelpunkt stellt und gleichzeitig die Überlagerung mehrerer Funktionen veranschaulicht. Es wurde hierfür wieder derselbe Ausschnitt wie auf den Karten 1 bis 3 gewählt und diesen in Karte 4 gegenübergestellt als Möglichkeit der Verbesserung der gesamtökologischen Situation.

5.1 Integrierte Betrachtungsweise der Funktionen von Hecken im Gesamt-Ökosystem

Die integrierte Betrachtungsweise, die das Gesamt-Ökosystem und nicht eine einzelne Funktion in den Mittelpunkt stellt, soll in diesem Abschnitt anhand dreier konkreter Beispiele beleuchtet werden.

Im Beispiel 1 wird die Bedeutung zweier Hecken für einen typischen Landschaftsausschnitt der Mainfränkischen Gäuflächen analysiert, der in den Abbildungen 1 und 12 vorgestellt ist. Für dieses Gewann wird der Zustand des Ökosystems mit den beiden vorhandenen Hecken dem (theoretischen) Zustand ohne Hecken gegenübergestellt, weitmöglichst mit Daten untermauert. Dabei werden auch die Grenzen der rein quantitativen Darstellungsform sichtbar.

Mit Beispiel 2 sollen anhand eines alltäglichen Zeitungsartikels über die Auswirkungen der Trockenheit auf den Zuckerrübenanbau die Zusammenhänge der landschaftsökologischen Probleme demonstriert werden. Selbst in diesem nicht wissenschaftlichen Artikel werden, bei entsprechendem Hintergrundwissen, die Ökosystem-Zusammenhänge klar deutlich.

Beispiel 3 erweitert die Perspektive und stellt einen Hang mit mehreren Gewannen aus dem Untersuchungsgebiet vor. Der heute existierenden Situation mit relativ kleinen Feldern, schematischer Fluraufteilung und völliger Ausgeräumtheit werden zwei Szenarien für die Möglichkeiten im Rahmen der Flurbereinigung gegenübergestellt: die Gefahren einer technokratischen Zusammenlegung einerseits und die Chancen einer Verbesserung der ökologischen Gesamtsituation andererseits. Mit der kartographischen Ausarbeitung sollen die Möglichkeiten der Umsetzung einer an Landschaftsfunktionen orientierten Fluraufteilung sichtbar gemacht werden.

5.1.1 Beispiel 1:

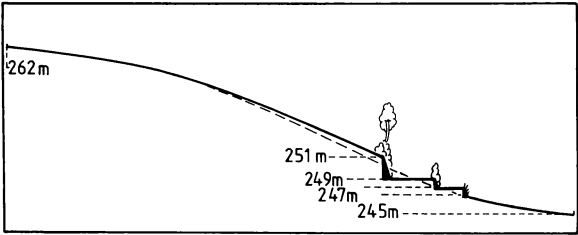
Gesamtbedeutung zweier Hecken für ein Gewann bei Ochsenfurt

Abbildung 14 am Beginn dieses Kapitels zeigt zwei Hecken in einem Lößgebiet auf den Mainfränkischen Gäuflächen, südlich von Ochsenfurt gelegen. Abb. 1 gibt einen erweiterten Überblick über dieses Gebiet, während Abb. 9 dieselben Hecken nochmals genauer aus einem anderen Blickwinkel zeigt und Fig. 39 die topographischen Verhältnisse verdeutlicht.

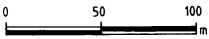
Die Gegenüberstellung der ökologisch-ästhetischen Situation dieses Landschaftsausschnitts mit und ohne diese Strukturen wird hier nicht für eine Funktion näher untersucht, sondern soll mehrere Sachverhalte an einem konkreten Beispiel demonstrieren:

- Die Gesamtwirkung von Hecken auf das Landschafts-Ökosystem;
- die Konsequenzen einer Beseitigung dieser Hecken, d.h. eines deutlichen negativen Eingriffs in dieses System;
- den Zusammenhang der verschiedenen Funktionen;
- die Tatsache, daß Elemente wie diese Hecken niemals nur eine Funktion in der Landschaft ausüben,
- man also bei einer Bewertung ihrer Rolle für das Ökosystem immer alle Funktionen beachten und untersuchen sollte.

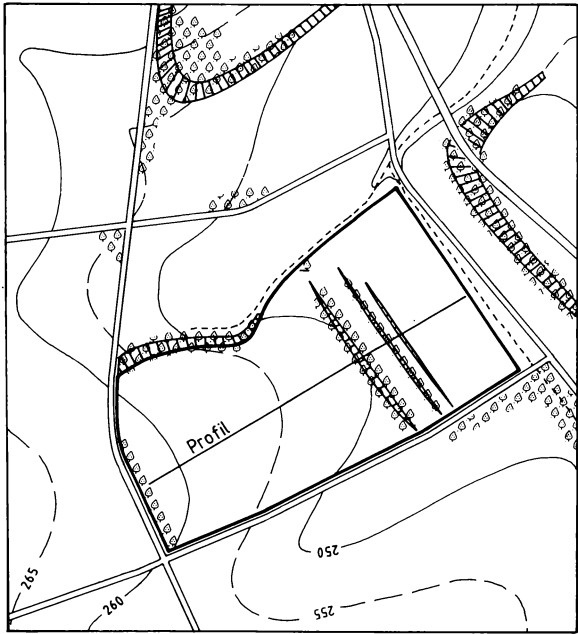
Fig. 39 (folgende Seite): Lage, Ausdehnung, Biotopausstattung, Schnitt und ästhetische Wirkung des untersuchten Gewanns bei Ochsenfurt (Aufnahme 9/1989).



Profil

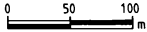


Überhöhung 5fach

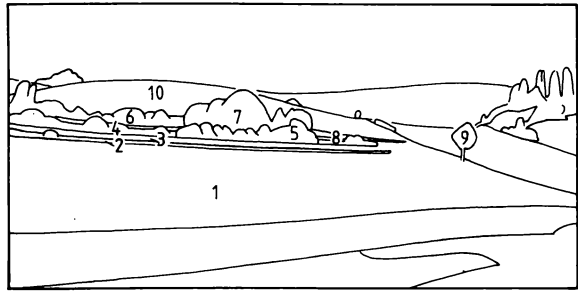


Lage

Maßstab 1: 15 000



-  untersuchtes Gewann
-  Terrassen, Böschungen
-  Hecken, Feldgehölze
-  Graben, Bach



Ästhetik

1-10 optische Bereiche

Bereiche 2-9 (Hecken und Rain) decken 35% der Gewann-Fläche optisch ab.

Grundlage: Abb.1

Die Angaben beziehen sich alle auf das gesamte betroffene Gewann, welches durch die beiden Hecken an seiner steilsten Stelle geteilt wird. Bei einer Entfernung der Hecken ergäbe sich eine längs zum Hang längliche Form, weshalb diese Pflugrichtung dann aller Erfahrung nach anzunehmen ist, obwohl natürlich auch Querpflügen möglich wäre.

Die Werte der anderen Erosionsfaktoren lauten in beiden Fällen: $R = 48$; $K = 0,50$ (teils erodierte Parabraunerde, teils Pararendzina auf Löß); $C = 0,30$ (Fruchtfolge mit Winter- und Sommer-Getreide, Zuckerrüben und Mais) (vgl. Abschnitt 3.1.4). Die unterschiedlichen Flächenanteile der Hangstücke wurden bei der Gesamtrechnung berücksichtigt. Für den sich bei der Entfernung der Hecken ergebenden konvex-konkaven Gesamthang (siehe Fig. 39) mit wechselnder Neigung wurde der LS-Faktor nach der Methode mit Wichtungsfaktoren ermittelt (Schwertmann, 1987, S.35).

Für die Funktionen Biotop und Stabilisierung ist zu berücksichtigen, daß um das Gewann herum noch andere Hecken existieren. Wäre dies nicht der Fall, würde die Bedeutung dieser beiden Hecken steigen, gleichzeitig aber auch ihr Isolationsgrad.

Problematik der Darstellung

Einige Angaben sind quantitativ nur schwer faßbar, insbesondere bei Übergangssäumen und bei der Ästhetik. Vor allem aber suggeriert die gewählte Darstellung in Zahlenform eine einheitliche Maßeinheit, die eine gleiche Wertigkeit und einen direkte Vergleichbarkeit der einzelnen Bewertungskriterien vorgaukelt, welche keineswegs gegeben ist. Darin zeigen sich deutlich die **Mängel der rein quantitativen Analyse**, die allein für sich dem Thema nicht gerecht werden würde. Die Ungenauigkeiten wurden jedoch der gewählten knappen Darstellungsform halber in Kauf genommen.

Insgesamt soll die folgende Gegenüberstellung nicht mehr als der **Versuch einer prägnanten Übersicht der Gesamtbedeutung** einer Heckenstruktur für einen bestimmten Landschaftsausschnitt sein. Ihr Anteil an der Gewinnfläche (5,44 ha) beträgt nur 1020 qm, gleich 1,83 % .

<u>mit Hecken:</u>			<u>ohne Hecken:</u>
Wasser-Erosion			
Hanglänge	Oberhang	220 m	320 m
	Mittelhang	20 + 20 m	
	Unterhang	60 m	
Hangneigung	Oberhang	5,0 %	5,3 %
	Mittelhang	0 %	
	Unterhang	3,3 %	
Pflugrichtung zum Gefälle		quer	längs
Erosion (pro ha)	Oberhang	5,2 t/Jahr	13,7 t/Jahr
	Mittelhang	0 - " -	
	Unterhang	1,5 - " -	
Gesamthang (pro ha)		3,9 t/Jahr	13,7 t/Jahr
Gesamtgewinn			
(auf insgesamt 5,44 ha)		21,2 t/Jahr	74,5 t/Jahr
Wind-Erosion/Mikroklima			
günstige Stellung der Hecken NNE-SSW			
Höhe obere Hecke 3-5 m (Überhälter)			
Höhe untere Hecke 3 m			
Anteil der Gewinnfläche			
im Windschutzbereich		53 %	---
Biotop für die Flora			
bereitgestellte Biotoptypen:			
Hecke, Pruno-Ligustretum,			
(nährstoffreich, Schlehe 50%,			
Holunder 25%, Rose 10 %,			
Weißdorn 5%, Brombeeren)			---
Rain, trocken-warm, nährstoffr.			
Saum, nährstoffreich			---
Einzelbaum (Kirsche)			---
Überhälter in Hecke			
(Kastanie, Holunder)			---
Ackergesellschaft			Ackergesellschaft
Anzahl Biotoptypen		5	1
Biotop für die Fauna			
bereitgestellte Biotopfunktionen:			
in Hecken:			
Nahrungsgrundlage			Nahrungsgrundlage
(Winter, Frühling)			(nicht ganzjährig)
Nahrungsergänzung (Herbst)			
Überwinterung			---
Rückzug/Schutz			---
Übernachtung			(teilw.)
Dickicht f. Fallensteller			---
Ausgangspunkt für Jagd			(teilw.)
Nistplatz			---
Singwarte			---

<u>mit Hecken:</u>	<u>ohne Hecken:</u>
in Überhältern und im Einzelbaum:	
Nistplatz für Höhlenbrüter	---
Singwarte	---
Ansitzwarte für Jagd	---
Nahrungsergänzung	---
Nahrungsgrundlage für Borkens.	---
auf Säumen und Stufenrainen:	
Rückzug/Ruheplatz	---
Ausgangspunkt für Jagd	---
Besonnungsplatz für Reptilien	---
Nahrungsergänzung	---
Vernetzung außerhalb gelegener Biotope:	
zwischen Graben und Bachlauf (Auengehölzgruppe)	---
zwischen angrenzenden Hecken	---
zwischen Wegrainen und Wiese (am Graben)	(teilw.)
Stützpunkt zwischen Gehölz- gruppen im N und SE	---
Anzahl Biotopfunktionen 22	4 (teilw.)
Stabilisierung im Agrarökosystem	
Flächenanteil des Gewinns im direkten Einflußradius des Vertilger-Komplexes der beiden Hecken (50-100 m):	
45 %	---
Ergänzung durch umliegende Hecken:	
70 %	70 % *
v. Vertilger-Komplex erreichte Fläche:	
100 %	70 % *
Entfernung zwischen heckenfernstem Punkt nächster Hecke:	
50 m	110 m
Ästhetik	
optisch klar unterscheidbare Bereiche (Abb.1, Fig.39)	
Unterhang	Unterhang
unterer Stufenrain	---
mittleres Feld	---
untere Hecke, linker Teil	---
-, rechter Teil (höher)	---
obere Hecke, linker Teil	---
-, Überhälter rechts	---
Stufenraine rechts	---
Einzelbaum rechts	---
Oberhang (perspektivisch stark verkürzt)	Oberhang
Anzahl optischer Bereiche: 10	2
durch die Hecken optisch abgedeckter Teil des Blickfeldes (Abb.1, Fig.39):	
35 %	---

* diese Wirkung beruht auf günstiger Ausstattung der Umgebung mit Biotopen

5.1.2 Beispiel 2:

Zusammenhänge ökologischer Probleme beim Zuckerrübenanbau im Ochsenfurter Gau

Nachdem im letzten Beispiel die positiven Auswirkungen einer Heckenstruktur der Situation gegenübergestellt wurden, wie sie nach deren Entfernung durch den Ausfall ihrer Funktionen entstehen würde, soll nun der umgekehrte Weg beschritten werden. Am Beispiel einer konkreten Problematik werden die negativen Auswirkungen des Fehlens derartiger Strukturen sichtbar, gleichzeitig die Zusammenhänge der Landschaftsfaktoren dabei überdeutlich.

Anhand eines Zeitungsberichtes, wie man ihn in dieser Art nicht selten im Landwirtschaftsteil der Tageszeitung lesen kann, werden - bei näherer Betrachtung - zahlreiche der angesprochenen Probleme und Interdependenzen des Landschaftshaushalts berührt. Der folgende Artikel, von dem nur die wichtigsten Teile wiedergegeben werden (in kursiv, Hervorhebungen vom Autor), erschien am 29. September 1989 (in der Mainpost), einem der auf den Mainfränkischen Gäuflächen relativ häufigen Trockenjahre unter der Überschrift:

Rüben wuchsen heuer mühsam heran

DAS WEISSE GOLD, DAS "BAURÄ LIEWÄ"

*"...Was fehlte, war der Regen. Man kann sagen, daß durch die heuer andauernde Trockenheit mit deutlichen **Ertragseinbußen** gerechnet werden muß... Und weil auch der Frühsommer ungewöhnlich **trocken** war, wurden die Äcker nicht mehr richtig durchfeuchtet... Für das... Bild der stellenweise extremen Blattaufhellungen macht Dr. Fenner jedoch nicht nur den akuten Wassermangel verantwortlich.*

*Die Blattverluste könnten... auch durch ein Vergilbungsvirus verursacht worden sein. Das Virus konnte sich nach dem **Blattlausbefall** im Frühsommer ausbreiten. Die Läuse hatten sich heuer invasionsartig vermehrt.*

*Bei den Ursachen... spielte auch die **Bodenqualität** eine Rolle... Auf den mittelschweren Lehmböden, die das Wasser speichern, stehen die Rüben mit saftig grünen Blättern da... Auf einem kargerem Feld sind die Trockenschäden an den lang und dünn aufgeschossenen Stauden und "schlafenden Rüben" erkennbar. Dazu kommt, daß sich die Rüben im festen Erdreich "mehrbeinig" entwickelten.*

Leider macht dieser Text den Eindruck, die **Folgen** der Trockenheit seien genauso gottgegeben, wie diese selbst. Dagegen läßt sich das Ausmaß der Anfälligkeit des Ökosystems für solche, in Mainfranken alle paar Jahre auftretende Trockenperioden mit auf das Fehlen von Landschaftsstrukturen zurückführen.

Die Ausstattung der Landschaft mit Hecken könnte auf mehrfache Weise auf den Landschaftshaushalt einwirken und alle im Text angesprochenen Probleme gleichzeitig positiv beeinflussen, was den Zusammenhang der Partialkomplexe und die Wechselwirkungen ihrer Probleme im Ökosystem verdeutlicht.

Zunächst wäre in einer an Hecken reichen Landschaft die Verdunstungsrate verringert, der Taufall verstärkt und die Infiltrationsrate der knappen Niederschläge erhöht, die Feuchtigkeitsbilanz also mit Sicherheit verbessert worden. Dieser Effekt wäre hier das Entscheidende gewesen, da sich die Wassermangelsituation ja noch in einem korrigierbaren Rahmen bewegte, was der Hinweis auf die nicht überall gleichen Schäden zeigt.

Diese Unterschiede werden im Text in Zusammenhang mit der Bodenqualität gebracht. Hinter den "mittelschweren Lehmböden" verbirgt sich nichts anderes, als ein höherer Tonmineral-Gehalt mit besserer Wasserspeicherkapazität, der über die Erosion durch Hecken ebenfalls beeinflussbar gewesen wäre, wenn auch langfristig.

Dieselben Hecken hätten aber auch dazu beigetragen, die durch den Läusebefall verursachten zusätzlichen Schaden und Folgeschaden (Vergilbungsvirus) zu vermindern, der in diesem Jahr noch nicht einmal mit hohem Pestizideinsatz beherrschbar war. Eine in Hecken bereits existierende Anzahl von Nützlingen hätte auf den Läusebefall sofort reagieren können und ihn auf einem erträglichen Niveau eingedämmt.

Somit werden Zusammenhänge zwischen Trockenheit, Bodenqualität, Schädlingsanfälligkeit, ökologischen Nischen und Ertragseinbußen deutlich, obwohl man zunächst versucht ist, die Einzelursachen separat zu betrachten.

Dies verdeutlicht die Notwendigkeit einer integrierten Betrachtungsweise, wann immer es um landschaftsökologische Probleme geht. Der einzige Weg, um die Gesamtsituation des Ökosystems nachhaltig zu verändern, führt über die Flurbereinigung, die, wie wohl sie für die heutige Fluraufteilung mit verantwortlich ist, die Chance einer umfassenden Verbesserung bietet.

5.1.3 Beispiel 3:

Chancen und Gefahren für das Landschafts- Ökosystem bei der Flurbereinigung

Die beiden vorangegangenen Beispiele haben einmal die positiven Auswirkungen existierender Hecken betrachtet, zum anderen die negativen Auswirkungen ihres Fehlens beleuchtet.

Nun möchte ich beide Perspektiven in einem konkreten, zur (Zweit-)Flurbereinigung anstehenden Beispiel kombinieren und aufzeigen, welche Gefahren dem Ökosystem einerseits durch eine falsch verstandene technokratische Flur-Zusammenlegung drohen und welche weitreichenden Möglichkeiten sich andererseits mit einem durchdachten Gesamtkonzept bei der Flur-Neugestaltung bieten.

Beispielsgebiet

Mit diesem in Fig. 40 gezeigten Landschaftsausschnitt aus dem Untersuchungsgebiet nördlich von Eichelsee möchte ich die Veränderungsmöglichkeiten darstellen, die sich bei der praktischen Umsetzung bieten. Dabei wird auf die Untersuchung der Landschaftsfunktionen (Karte 4) aufgebaut.

Das Beispielsgebiet liegt im Übergangsbereich zwischen einem größeren geneigten Abschnitt und der Hochfläche und beinhaltet mehrere Wechsel der dominierenden Funktion und der funktionalen Kombination. Mit seiner völligen Biotopfreiheit, der bei der Erstbereinigung geschaffenen schematischen Feldaufteilung, deren Ausrichtung zum Gefälle, der Neigungscharakteristik und der ästhetischen Ausdruckslosigkeit kann es als typisch für weite Teile der Mainfränkischen Gäuflächen gelten.

Wird die anstehende Zweit-Flurbereinigung nach konventionellen Maßstäben durchgeführt, so beschränken sich die Maßnahmen in erster Linie auf Befestigung und Versiegelung der vorhandenen Wege (Zuckerrübentransport) und der Zusammenlegung der bisherigen, relativ kleinen Felder von 1-2 ha zu einem einzigen pro Gewinn oder sogar pro zwei Gewinnen von dann über 15 ha Fläche.

Der Schwerpunkt des vorgeschlagenen Konzeptes liegt bei der Verknüpfung von neuer Fluraufteilung anstelle des bisherigen, unnatürlichen, rechtwinkligen Schemas mit der parallel dazu durchzuführenden Neuaus-

staltung mit Hecken und anderen Kleinstrukturen. Realistischerweise muß daher anerkannt werden, daß die Zusammenlegung der bisherigen Felder zu größeren Einheiten, etwa ein Feld pro Gewinn (ca. 7 - 9 ha), unter den **Umständen der heutigen Landwirtschaft** unumgänglich zu sein scheint. Ebenso werden die bereits befestigten Wege unverändert zugrundegelegt, nicht aber die derzeit noch unbefestigten, die sich problemlos neu trassieren ließen. Diese Vorgabe wird hier ausdrücklich zugrundegelegt, obwohl sie etwa aus rein naturschützerischer Perspektive sicherlich nicht das Optimum darstellt. Es soll jedoch hier die realistische Möglichkeit der tatsächlichen Umsetzung dieses Konzeptes aufgezeigt werden. Letzten Endes stellt das Untersuchungsobjekt ja die Kulturlandschaft mit ihren aktuellen Problemen dar, in der die heutige Landnutzung ein wesentlicher Einflußfaktor ist.

Es soll gezeigt werden, daß **trotz Zusammenlegung eine deutliche Verbesserung für die ökologische Gesamtsituation erreichbar** ist. Nachdem für Beispiel 1 bereits eine detaillierte Liste der Veränderungen aufgestellt wurde, möchte ich hier mit Hilfe der drei Graphiken den Blick auf die möglichen Planungsvarianten und deren praktische Umsetzung lenken.

Fig. 40: Heutige Fluraufteilung und die Möglichkeiten bei einer Flurneuordnung

Der Kartenausschnitt von Fig. 40 a - c zeigt ein Gebiet von rund 100 Hektar Ausdehnung am nördlichen Rand der Gemarkung Eichelsee. Es ist auch in den Karten 1 - 4 enthalten, wo es am rechten Rand zu liegen kommt und anhand des Straßenverlaufs gut identifiziert werden kann.

Der Kartenausschnitt umfaßt in der östlichen Hälfte einen Hangbereich, wo bei Neigungen von 4 bis 7 % die Wassererosion das dominierende landschaftsökologische Problem darstellt. Teilweise nehmen die Neigungen in kleinräumigen Verteilungsbereichen bis über 9 % zu (vgl. Karte 1).

Nach Westen geht das Gebiet in einen ausgedehnten Flachbereich über, der nur durch eine langgezogene Verteilung unterbrochen wird. Einige wenige Kleinstrukturen, die vor der ersten Flurbereinigung bestanden, wurden beseitigt, sodaß das Gebiet heute völlig ausgeräumt ist und die Biotoparmut das zweite wesentliche landschaftsökologische Problem bietet.

Fig. 40 a: Heutige Situation

Im Untersuchungsgebiet wurden während der Erstbereinigungen Gewanne von etwa 200-250 m Breite und 300-500 m Länge angelegt, die quer in je vier bis sechs Felder von 50-75 m Breite aufgeteilt sind. In der Regel wurden die Gewanne mit ihrer Längsseite senkrecht zum Hang angelegt und quer dazu in die Felder unterteilt.

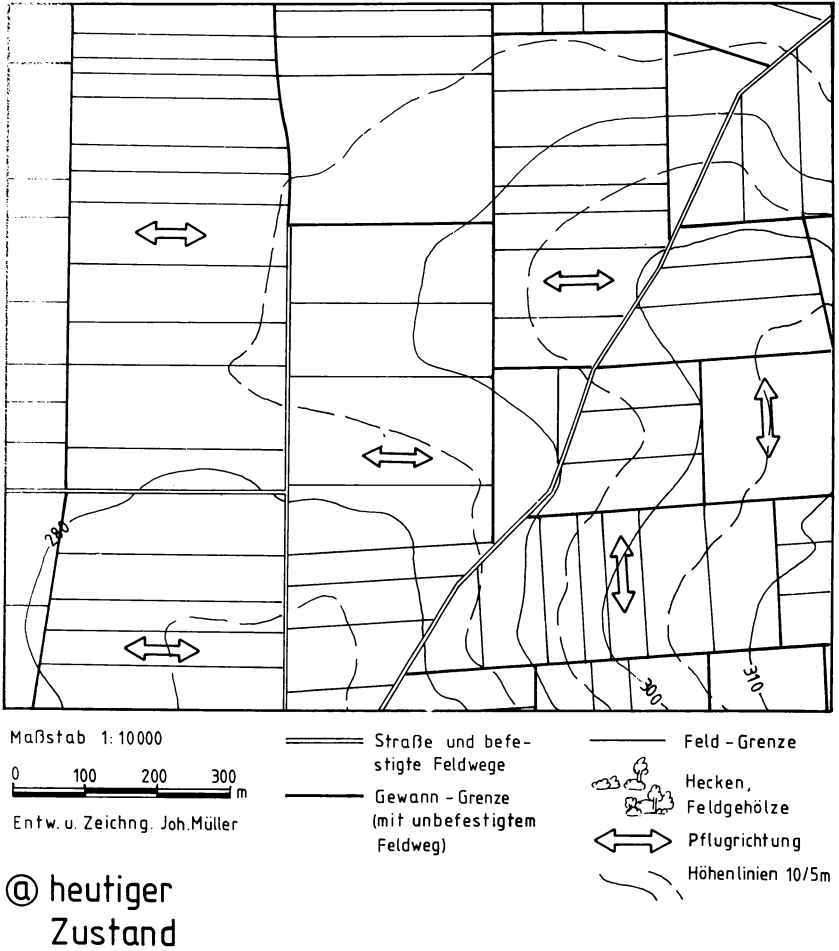
Obwohl erosionswirksame Hangunterbrechungen fast nirgends existieren, wird durch das Querpflügen am Hang (rechter Teil der Fig.) und den Wechsel der angebauten Kulturen wenigstens eine gewisse Erosionsminderung erreicht. Dennoch erreicht der Bodenabtrag verbreitet Werte von 15 bis 20 Tonnen pro Hektar und Jahr, teilweise erheblich mehr.

Der ausgedehnte Plateaubereich, der nach Norden, Westen und Süden nicht durch höhere Relieftteile begrenzt wird und besonders die exponierten Riedel am Hang sind dem Windgeschehen schutzlos ausgesetzt. Mikroklimatisch wirksame Strukturen fehlen im Gebiet völlig.

Die wenigen existierenden Kleinstrukturen wurden bei der Erstbereinigung beseitigt, sodaß heute im betroffenen Landschaftsausschnitt keine Biotope mehr existieren, wenn man von den degradierten und stark belasteten Rainen entlang der Straße absieht. Allerdings existieren südwestlich außerhalb des Bereiches zahlreiche gut vernetzte Hecken am Hang des Thierbachtals und im Norden folgt nach 500 m ein Waldstück, von wo aus einzelne Vögel und Kleinsäuger bis ins Gebiet Streifzüge unternehmen. Förderlich hierfür ist das relativ kontinuierliche Nahrungs- und Deckungsangebot infolge der zu unterschiedlichen Zeitpunkten heranwachsenden Feldfrüchte zumindest während des Zeitraums vom Spätfrühling bis zur Ernte.

Dennoch bedeutet die 1,5 Kilometer breite Ackerfläche zwischen dem Wald und dem Heckenbereich für viele Vögel, Kleinsäuger und für nahezu sämtliche Insekten eine unüberwindliche Barriere, sodaß kaum ein Austausch zwischen diesen Populationen zu erwarten ist, vor allem während des Winterhalbjahres. Rückzugs- und Überwinterungsplätze fehlen dazwischen völlig, ebenso wie Stützpunkte für die Jagd, weshalb eine natürliche Schädlingskontrolle auf den Feldern nicht stattfinden kann.

Das Landschaftsbild vom Relief her noch relativ belebt, mit dem in Riedel gegliederten Hang im Osten, dem Übergang zur Ebenheit im Westen und dem Beginn einer Delle im Süden. Positiv beeinflusst wird der ästhetische Aspekt durch den Wechsel der angebauten Feldfrüchte infolge der kleinen Feldgrößen bei unterschiedlichen Saat-, Reife- und Erntezeitpunkten.



Blickfänge oder optische Begrenzungen fehlen dagegen völlig, was sich insbesondere nach der Ernte im Herbst, im Winter und noch lange ins Frühjahr hinein (Sommergetreide) auswirkt, wenn die ausgeräumte Landschaft sehr monoton erscheint.

Fig. 40 b: Konventionelle Zusammenlegung

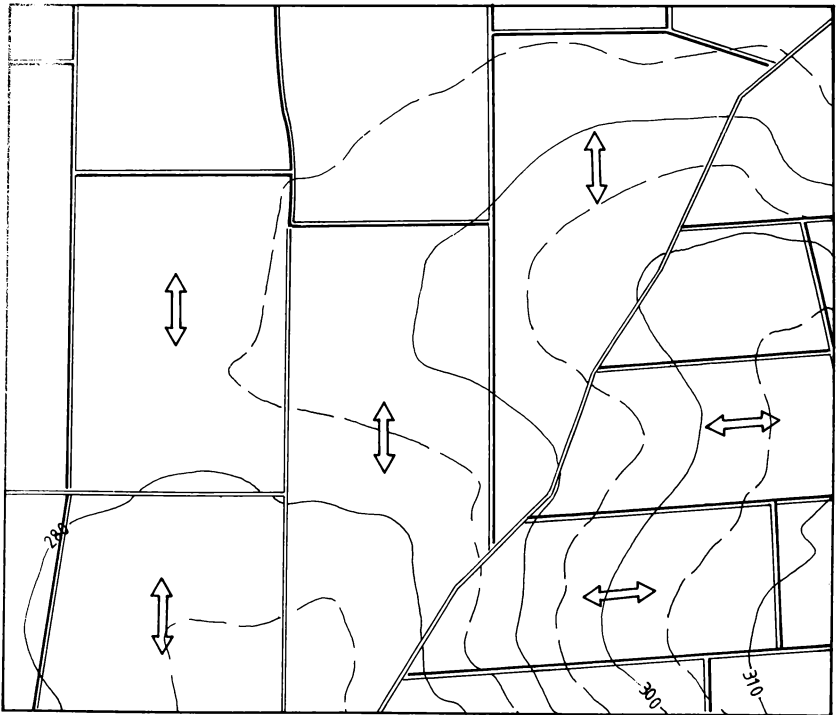
Das Amt für Landwirtschaft und Bodenkultur, Würzburg fordert für die Neugestaltungsgrundsätze bei der im Untersuchungsgebiet anstehenden Zweit-Flurbereinigung zumindest ein, möglichst zwei der heutigen Gewanne zu einem einzigen zusammenzulegen. "Ideal wären quadratische Zuteilungen, die die jeweilige Bewirtschaftungsrichtung frucht- bzw. arbeitsspezifisch erlauben". Bodenschutzpflanzungen seien wegen der "geringen Wirkung" und des Flächenbedarfs nicht erforderlich (zitiert in Bayerische Landessiedlung, o.J., S.44).

Ganz offensichtlich stehen dabei nur die kurzfristigen betriebswirtschaftlichen Aspekte im Vordergrund, während die schon mittelfristigen Gefahren der Bodenerosion unterschätzt werden. Die Wirksamkeit von Gegenmaßnahmen wird offensichtlich nicht gesehen, ebenso wenig wie die Möglichkeit, gleichzeitig Biotopausstattung, Selbstregulationskraft und ästhetisches Bild zu verbessern. Der dafür nötige Flächenbedarf von Hecken wohl überschätzt.

Quadratische Zuteilungen würden die Hanglängen im besten Fall gleich belassen, teilweise sogar enorm vergrößern, wenn vorherige Unterbrechungen durch Fruchtwechsel wegfallen. Auf jeden Fall würde allein das Pflügen senkrecht zum Hang, was ja ausdrücklich eingeplant ist, die Erosion extrem verstärken. Aus Fig. 40 b ist deutlich ersichtlich, daß sehr häufig die Pflugrichtung von heute quer zum Hang durch die Zusammenlegung umgekehrt und die Richtung senkrecht zum Gefälle geradezu erzwungen würde. Im Extremfall bedeutete allein dies eine Verdoppelung der Erosion ($P = 1$ anstatt vorher $P = 1/2$). Werte von 20 bis 25 Tonnen Bodenverlust und darüber wären für den größten Teil des Hanges pro Hektar und Jahr zu erwarten.

Gleichzeitig wäre auf absehbare Zeit die Chance vertan, ein Biotopversnetzungs-system anzulegen oder integrierte Pflanzenschutzkonzepte einzuführen, selbst wenn in ein paar Jahren die Bereitschaft oder die schiere Notwendigkeit dazu wüchse.

Eingriffe wie Ernte oder Pestizideinsatz würden, infolge der Feldzusammenlegung, gleichzeitig größere Bereiche zum selben Zeitpunkt treffen, was die ohnehin geringen Überlebensmöglichkeiten der Fauna noch weiter verringern würde. So entstünde beim Abmähen eines Feldes eine für die meisten Kleinlebewesen unüberwindliche Barriere von 200 bis 300 m Breite. Die bestehenden Biotope außerhalb des betrachteten Landschaftsausschnitts wären einer verschärften Verinselung ausgesetzt.



Maßstab 1: 10 000

0 100 200 300 m

Entw. u. Zeichng. Joh. Müller

—— Straße und befestigte Feldwege
 —— Gewann - Grenze (mit befestigtem Feldweg)

Hecken,
Feldgehölze

Pflugrichtung



Höhenlinien 10/5m

⑥ konventionelle Zusammenlegung

Das bereits heute geringe Nahrungsangebot würde sich stark vereinheitlichen, was vor allem den auf bestimmte Nutzpflanzen spezialisierten Schädlingen zugute käme, während deren biologische Kontrolle unmöglich wäre.

Das ästhetische Bild wird durch die Vergrößerung der Felder und den damit verbundenen Wegfall des Wechsels der Feldfrüchte noch erheblich monotoner.

Fig. 40 c: Mögliche neue Fluraufteilung

Demgegenüber kann der Bodenabtrag im Vergleich zu heute drastisch vermindert werden, *ohne* daß von der geforderten Feldgröße abgewichen werden muß, wie Fig. 40 c beispielhaft zeigt. Lediglich die Anordnung in der Flur wäre anders zu planen und eine geringe Fläche für Hecken bereitzustellen, beides auch in der Absicht, Querpflügen herbeizuführen. Dadurch ergäben sich für die Erosion wirksame Änderungen: effektive Hangunterbrechungen alle 100 - 150 m, konsequentes Konturpflügen (vgl. Fig 40 c, rechter und unterer Teil). Dabei sollten auch kleinräumige Hangversteilungen innerhalb des ansonsten flachen Plateaubereiches berücksichtigt werden, wie z.B. Fig 40 c links unten.

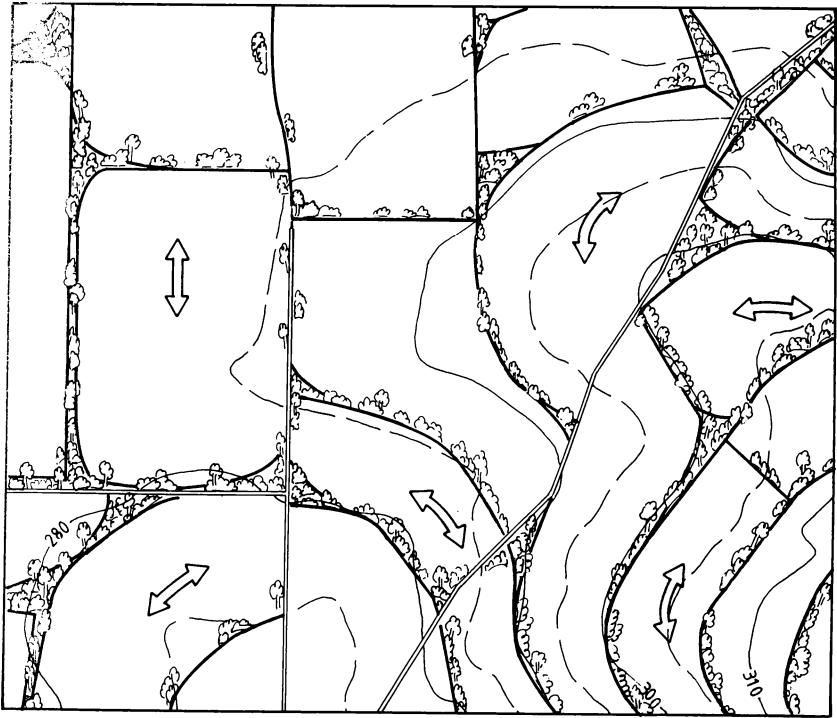
Dennoch würden die Felder ebensogute Bearbeitungsbedingungen für den Einsatz moderner Landmaschinen bieten wie bei einer konventionellen Zusammenlegung, teilweise wegen schmallänglichen Felder sogar bessere. Die Erosion könnte selbst auf den steilsten Hangbereichen auf weit unter 10, teilweise unter 5 Tonnen pro ha und Jahr gesenkt werden.

Auch der heute ausgeräumte Flachbereich (Fig. 40 c, linker Teil) könnte mit Hecken und Einzelbäumen bepflanzt werden. Um die Winddynamik vom Boden abzuheben würde eine lockere, nicht durchgängige Bepflanzung der Parzellengrenzen ausreichen. Gleichzeitig wäre der Kaltluftabfluß aus dem Plateaubereich gewährleistet. Dadurch könnten Ausblasungsvorgänge fruchtbaren Bodenmaterials verhindert und parallel die Feuchtigkeitsbilanz dieses trockensten Teils der Gemarkung durch erhöhten Taufall und verminderte Evaporation deutlich verbessert werden.

Der Flächenbedarf für die vorgeschlagenen Hecken beträgt nur rund 4 % der Gesamtfläche. Ohne zusätzliche Flächen könnten gleichzeitig weitere Verbesserungen für das Agrarökosystem erzielt werden:

Eine Biotop-Vernetzung ergäbe sich bereits durch die als Raine ausgebildeten Parzellengrenzen. Um Rückzugs-, Überwinterungs- und Nistplätze für das gesamte Artenspektrum bereitzustellen, könnten auf ungünstig zu bearbeitenden spitzwinkligen Parzellenecken Hecken und Feldgehölze als ökologische Nischen angelegt werden; dies auch zur Stabilisierung des Agrarökosystems und als Ausgangspunkte für eine mögliche zukünftige biologische Schädlingsbekämpfung.

Wo diese Nischen nicht ohnehin vernetzt wären, wie am Hang durch als Wassererosions-Schutz gepflanzte Hecken, müßten sie mit Zonen verdichteter Bepflanzung verbunden werden (z.B. am linken Rand von Fig. 40 c).



Maßstab 1:10000

0 100 200 300 m

Entw. u. Zeichng. Joh. Müller

- Straße und befestigte Feldwege
- Gewinn - Grenze (mit Feldweg, teils befestigt (Gürtelwg.))

- Hecken, Feldgehölze
- Pflugrichtung
- Höhenlinien 10/5m

© mögliche
Neugestaltung

Durch diese ökologisch motivierte, abwechslungsreiche Neuausstattung der Flur ergäbe sich eine erhebliche Bereicherung des Landschaftsbildes. Die Anordnung der Hecken quer zum Hang entspräche im Prinzip dem historischen Strukturmuster, wenn auch die Anpassung der Felder an das Relief wesentlich konsequenter geplant werden könnte, als bei einer gewachsenen Fluraufteilung. Dagegen würden in den Flachbereichen mehr Kleinstrukturen als in historischer Zeit existieren was als Ausgleich für die Nutzungsvereinheitlichung und Parzellenvergrößerung auch ästhetisch begründbar ist.

5.2 Räumliche Differenzierung **der Funktionen von Hecken** **als Planungsgrundlage** **(Karte 4)**

Eine Neuaufteilung der Flur verbunden mit einer Neuausstattung mit Hecken, wie sie im vorangegangenen Abschnitt dargestellt und gefordert wurde, setzt, um die gewünschten Effekte zu erzielen, eine genaue Analyse der aktuellen landschaftsökologischen und -ästhetischen Defizite und der möglichen Verbesserungen durch die Funktionen von Hecken in ihrer räumlichen Differenzierung voraus.

Die Untersuchung der lokalen Ökofaktoren wurde in Kapitel 2 durchgeführt. Nachdem in Kapitel 3 die Heckenfunktionen theoretisch gleichberechtigt nebeneinandergestellt wurden, kann nun der ***Raumbezug*** zum Untersuchungsgebiet hergestellt werden. Dabei sollen folgende Aussagen graphisch ausgedrückt werden:

- Die lokal jeweils dominierende Funktion, die Anordnung und Dichte der Hecken bestimmt.
- Der räumliche Wechsel der jeweils dominierenden Funktion.
- Die parallele Überlagerung der übrigen Funktionen, die neben der dominierenden Funktion ebenfalls wirksam sind.
- Die räumliche Relevanz der Heckenfunktionen im Gegensatz zu ihrer funktionalen Wirksamkeit im Ökosystem.

Die sich daraus ergebende Karte 4 kann als ***Planungsgrundlage für eine ökologisch wirksame Neuausstattung mit Hecken*** dienen.

5.2.1. Kartographische Darstellung

Analysiert man die Funktionen von Hecken, so zeigt sich rasch, daß auch auf den Mainfränkischen Gäuflächen die Naturausstattung (Karten 1 und 2) sehr kleinräumig wechselt. Damit geht eine Differenzierung hinsichtlich der ökologischen Probleme einher, denen ein Heckensystem folgen muß, wenn es helfen soll, diese Mängel auszugleichen. Hierfür muß man den kleinräumigen Wechsel der jeweils **dominierenden Funktion** analysieren, die Anordnung und Dichte im Raum sowie den Aufbau der Hecke bestimmt.

Trotzdem darf dies nicht darüber hinwegtäuschen, daß jede Hecke daneben noch andere **begleitende Funktionen** ausübt, was durch die kartographische Darstellung ebenfalls gezeigt werden soll. Es genügt den vielfältigen Verflechtungen keinesfalls, die einzelnen Funktionen nur dort zu berücksichtigen, wo sie gerade vorherrschen. Die volle Wirksamkeit ist nur bei einer Gesamtschau aller Funktionen gemeinsam zu erreichen.

Deshalb wird für jede Funktion untersucht, unter welchen Ökofaktoren sie dominiert, wo sie eine Nebenrolle spielt und wo sie nicht wirksam ist. Fast überall spielen mehrere Funktionen gleichzeitig eine Rolle. Durch diese Durchdringung entsteht ein sehr kompliziertes Verteilungsmuster.

Die Vielzahl der Kombinationsmöglichkeiten macht die kartographische Darstellung recht kompliziert. Der Maßstab sollte mindestens 1:10 000 betragen. Je nach dem, ob man mehr Wert legt auf Detailinformationen oder Überblicksdarstellung, ob man schwarz-weiß oder farbig arbeitet, bestehen mehrere Möglichkeiten. Für eine Darstellungsform, die für jeden Punkt der Landschaft die relevante Kombination aller Heckenfunktionen zeigt, läßt sich keine Flächensignatur verwenden, sondern es kommt nur eine Symbolsignatur in Frage, die die Überlagerungen der diversen Funktionen sichtbar werden läßt. Insgesamt deuten folglich Bereiche mit einer Symbolhäufung auch Gebiete an, die bezüglich Hecken besonders sensibel sind. Eine solche Darstellung ist nur in Farbe gut lesbar und wurde von mir, unter Beibehaltung desselben Kartenausschnitts, für das Untersuchungsgebiet bereits veröffentlicht (Müller, J., 1989, S.50).

An dieser Stelle soll daher für dasselbe Gebiet eine Schwarz-Weiß-Darstellung gezeigt werden. Notwendigerweise muß diese stärker generalisieren und kann nicht so stark differenzieren, wie die Farbversion. Andererseits bietet sie den Vorteil größerer Übersichtlichkeit und schnellerer Erfassbarkeit. Die folgenden Abschnitte sollen Karteninhalt und Ergebnisse der Kartierung näher erläutern.

5.2.2 Das Relief als entscheidender Steuerungsfaktor der kleinräumigen funktionalen Differenzierung

Beim Versuch, die Heckenfunktionen für ein begrenztes Gebiet räumlich zu differenzieren, wird bald deutlich, daß unter den gegebenen Bedingungen eines bestimmten räumlich begrenzten Landschaftstyps, wie hier der Gäulandschaften, das Relief (vgl. Karte 1) der entscheidende Steuerungsfaktor insbesondere für die Einstufung der dominierenden Funktion ist.

Die Wassererosion ist direkt abhängig vom Relief. Das kommt verstärkt nochmals durch ihre innere Differenzierung je nach Hangneigung zum Ausdruck.

Eine Dominanz der Funktion Windschutz besteht auf exponierten Flachbereichen und hängt somit ebenfalls vom Relief ab.

Auch beim Versuch, die Funktion Ästhetik räumlich näher zu fassen und zu differenzieren stößt man auf eine deutliche Reliefabhängigkeit. Hänge sind besser einzusehen, gleichzeitig fächern sie Gestaltelemente optisch auf, sodaß Hänge einerseits optisch hervortreten, andererseits auch dichter bestückt werden müssen. Auf Flachbereichen hingegen werden vorhandene Gestaltelemente optisch verdichtet, sodaß diese vom ästhetischen Gesichtspunkt her mit einem dünneren Besatz auskommen. Allein bei der Biotopfunktion kann nicht von einer Reliefabhängigkeit ausgegangen werden.

Wegen dieser hohen Bedeutung wurde das Relief auf sämtlichen Karten unterlegt. Als wichtiger Arbeitsschritt ist eine Hangneigungskarte unerlässlich. Diese wurde mit Hilfe der Flurkarten 1:5 000 erarbeitet, deren Höhenlinien im Gebiet meist für jeden Meter, in Flachbereichen sogar alle halbe Meter angegeben sind und ist in Karte 1 eingearbeitet. Allein für sich ist sie jedoch nicht zur Funktionsdifferenzierung ausreichend. Sie muß für die Funktionen noch jeweils interpretiert werden. Es besteht also keine direkte, sondern eine indirekte Abhängigkeit der Differenzierung der dominierenden Heckenfunktionen vom Relief.

5.2.3 Wassererosions-Schutz

Je nach der Hangneigung ändert sich die Erosionsgefahr so stark, daß innerhalb dieser Funktion im Prinzip nach Intensitätsstufen weiter unterteilt werden müßte. Eine zu feine Unterteilung (etwa für jedes Prozent Neigung) würde auf der anderen Seite zu so kleinen Gebieten führen, daß die Unterschiede nicht mehr durch Änderung der Heckenstruktur nachgezeichnet werden könnten. Die entstehenden Areale wären kleiner, als die empfohlenen Heckenabstände und müßten ohnehin wieder zusammengefaßt werden.

So stellt jede Karte also einen Kompromiß zwischen inhaltlicher Auflösung und Übersichtlichkeit dar. Auf o.e. Farbkarte wurde der Wassererosions-Schutz noch drei Mal nach Stärke der Neigung unterteilt. In Karte 4 können werden vier Stufen ausgegliedert:

- Zonen unter 3 % Neigung auf den Hochflächen mit dominierender Funktion Winderosions-Schutz/Mikroklima.
- Übergangsbereiche zwischen 3 % und 6 % Neigung zwischen Hochflächen und Hängen mit dominierender Funktion Wassererosions-Schutz bei noch stark wirksamer Funktion Winderosions-Schutz.
- Hangbereiche über 6 % Neigung mit dominierender Funktion Wassererosions-Schutz einschließlich der Hangfuß-Bereiche ab 3 % Neigung (wegen der Wasserakkumulation dort).
- Die Flachbereiche der Talauen können nicht als winderosionsgefährdet eingestuft werden. Hier gehören auch typischerweise keine Hecken hin, sondern Wiesen und Auenvegetation, die den Bodeneintrag in die Gewässer stoppen und gleichzeitig als Biotopvernetzung wirken.

Für die Einstufung der dominierenden Funktion Wasser- oder Winderosions-Schutz genügt es also nicht, einfach die Hangneigungskarte zugrundezulegen und die Grenze bei einem starren Schwellenwert zu ziehen. Vielmehr ist die jeweilige Reliefsituation, ob die Fläche am Ober- oder am Unterhang, erhöht oder eingetieft liegt, mit zu berücksichtigen. So ziehen sich gelegentlich beispielsweise 3-6 % geneigte Hänge von den Hochflächen bis hinunter in die Talauen. In solchen Fällen muß vor Ort die relevante Grenzziehung der o.g. Zonen bestimmt werden, da sich die Exposition für Wind- bzw. Wassererosion innerhalb dieser Neigungsklasse entsprechend der Lage im Relief verschiebt. Außerdem soll die Heckendichte und -an-

ordnung der zonalen Einteilung nicht starr folgen, sondern, entsprechend der wirklichen Neigungsänderung, kontinuierlich.

Besondere Beachtung verdienen kleinräumige Hangversteilungen, da hier das oberflächlich abfließende Wasser kurzfristig erheblich an erosiver Energie gewinnt und häufig Erosionsrisse ansetzen, die dann weit in anschließende Flachbereiche hinein Schäden anrichten (vgl. Abb. 3). Es empfiehlt sich daher, Hecken oder Feldgrenzen genau auf diese Steilstellen zu setzen. Für diese Relieftile wurde eine linienhafte Signatur gewählt, da sie kleiner sind als der empfehlenswerte Abstand zwischen zwei Hecken. Da diese Versteilungen teilweise auch auf den Karten 1:5 000 nicht mehr verzeichnet sind, wurde das Gelände vor Ort daraufhin kartiert.

5.2.4 Winderosions-Schutz und Mikroklima-Beeinflussung

Auf den hoch gelegenen, flachen Relieftilen unter 3 % Neigung sollte die Heckenanordnung den Prinzipien des Windschutzes folgen. Eigentlich müßte die Winderosions-Gefährdung je nach Exponiertheit noch weiter untergliedert werden, was jedoch ebenfalls nur bei der stärker differenzierenden Farbdarstellung berücksichtigt werden konnte.

Eine starke Windgefährdung besteht besonders für die landschaftstypischen, langgezogenen, exponierten Riedel (z.B. E Eichelsee) und für die schutzlosen Hochgebiete (z.B. E und S Gaukönigshofen). Eine geringere, aber trotzdem beachtenswerte Windschutzfunktion üben Hecken auf Flachbereichen aus, die von höheren Relieftilen umgeben sind (z.B. W Eichelsee) sowie auf den an die Plateaus unmittelbar anschließenden Hängen.

Überlagert wird diese Einstufung in stark/schwach durch die Beurteilung, ob die Windschutzfunktion dominiert. So kann die Windschutzfunktion beispielsweise mangels anderer Gefährdungen dort dominieren, wo sie selbst als schwach eingestuft wurde (z.B. auf geschützten Flachbereichen). Dagegen sind Riedel mit Gefälle über 3 % zwar stark windexponiert, dennoch dominiert kann hier die Funktion Wassererosions-Schutz.

Bei Neigungen zwischen 3 % und 6 % dominiert allgemein zwar noch die Wassererosion, weshalb sich die Heckenanordnung nach dieser Funktion richten sollte. In Hangbereichen, die an erhöhte Flachbereiche anschließen, weisen die zum Wassererosions-Schutz nötigen Hecken bereits relativ große Abstände auf, sodaß die Windgefährdung hier schon so stark wird, daß sie

in Form von senkrecht dazu verlaufenden Hecken, die etwa 20 % zusätzlicher Fläche benötigen, mitberücksichtigt werden sollte. Das wurde auch schon bei der Flächenberechnung einkalkuliert (vgl. Tab. 15).

Die Frostgefahr tritt bei der Heckenanlage als problematischer mikroklimatischer Aspekt auf, weshalb sie an dieser Stelle mit berücksichtigt werden muß. Als Kaltluftentstehungsgebiete können erhöht gelegene Flächen mit hoher nächtlicher Ausstrahlung kartiert werden. Gute Hinweise darauf geben oft Flurnamen, wie z.B. "Kaltes Feld" oder "Im Kalten Bauer". Von hier fließt die schwere Kaltluft nach unten ab, wobei sie Tiefenlinien in etwa folgt, weshalb diese Relieftteile kartographisch erfaßt und in die Heckenplanung mit einbezogen werden müssen. (Näheres, auch zur Heckenanordnung, im Abschnitt 3.3.4).

5.2.5 Biotop und Stabilisierung im Agrarökosystem

Die drei Funktionen Biotop für die Fauna, für die Flora und Stabilisierung im Agrarökosystem stellen keine konkreten Bedingungen an die Raumlage der Hecken, dafür umso mehr an die gute Verteilung in der Flur. Es ist deshalb möglich, sich in Bezug auf die Anordnung der Hecken nach den abiotischen Funktionen zu richten, wobei die biotischen Funktionen trotzdem flächendeckend überall wirksam sind.

Die Ansprüche an eine optimale Dichte liegen niedriger als bei der Funktion Wassererosion, sodaß sie in Bereichen, wo diese dominiert, auf jeden Fall mit abgedeckt sind.

Obwohl im Prinzip überall in der Flur eine hohe Heckendichte sinnvoll wäre, können doch Bereiche mit besonderer Bedeutung für die biotischen Funktionen ausgegliedert werden:

- Biotop-Verdichtungsgebiete als Ausgangspunkte stabilisierender Wirkungen und als abgeschirmte Rückzugsgebiete, wobei zwischen existierenden und neu zu schaffenden zu differenzieren ist.
- Biotop-Vernetzungsgebiete zur Verknüpfung der Verdichtungsgebiete mit Wäldern, Feldgehölzen und Auenvegetation in Talungen;
- Zonen mit abschirmender Funktion, z.B. entlang von Talzügen.

Die Reste noch vorhandener Hecken haben einen besonders hohen Biotopwert. Wie an entsprechenden Stellen der Literatur immer wieder erwähnt wird (z.B. Schulze et al., 1984, S.139), ist die Artenvielfalt besonders der Flora bei alten Hecken ungleich höher als bei neu gepflanzten mit entsprechenden Folgen für die ökologische Stabilität und Ausstrahlung, weshalb sie unbedingt erhaltenswürdig sind. Notfalls ist eine Umsetzung einer alten Hecke einer Neuanpflanzung in jedem Fall vorzuziehen und auch kostengünstiger (Unger, 1981, S.300).

In der Karte 4 wurden deshalb die existierenden Biotop-Verdichtungsgebiete mit mehreren Hecken als Schwerpunkte und ökologische Zellen besonders vermerkt. Sie sollten mittels Vernetzungskorridoren verbunden sein, die bei relativ hoher Heckendichte einen starken Austausch zwischen den Populationen ermöglichen.

Um den Effekt insbesondere der Stabilisierungsfunktion flächendeckend zu erhalten, ist es notwendig, dieses System von Verdichtungsgebieten und Vernetzungsstrukturen auf das gesamte Gebiet auszudehnen. Dabei darf der Abstand zwischen den Vernetzungsstrukturen den maximalen Aktionsradius der Nützlinge des Entomophagen-Komplexes nicht überschreiten, weshalb die Maschenweite nicht über rund 400 m liegen sollte (siehe hierzu Abschnitt 3.6.3).

Sinnvollerweise ist dabei eine Funktionsbündelung anzustreben und wegen der oben erwähnten Flexibilität der biotischen Funktionen auch durchführbar. Es können Hecken-Verdichtungsgebiete also dort angelegt werden, wo neben der Funktion als ökologische Zelle auch starker Wassererosionsschutz nötig oder ästhetisch hohe Wirksamkeit gegeben ist.

5.2.5 Visualisierung des Landschaftsbildes

Wie in Abschnitt 3.7.6 gezeigt, leistet gerade die Differenzierung der Heckenstruktur und -dichte in der Flur entsprechend den landschaftsökologischen Unterschieden den entscheidenden Beitrag zum ästhetischen Wert einer Landschaft, weshalb aus Gründen der Landschaftsästhetik keine zusätzlichen Hecken nötig sind. Dennoch lohnt es sich, die Landschaft nach Unterschieden in ihrer ästhetischen Wirksamkeit und Bedeutung für den Menschen zu untersuchen und damit Gebiete abzugrenzen, wo die ästhetische Funktion besonders wichtig ist:

- Bereiche um die Siedlungen herum zur Dorfeinbindung in die Landschaft, d.h. als Verknüpfung zwischen bebauter Fläche (besonders auch bei Neubaugebieten!) und freier Flur, wofür sich neben den Streuobstflächen zur Ergänzung Hecken entlang von Wegen als optische Leitlinien sehr gut eignen.
- Geneigte Bereiche als optische Anziehungspunkte, wo der ästhetische Gestaltwert eine höhere Bedeutung erreicht, weil sie als Begrenzung des Blickfeldes häufiger betrachtet werden als Flachbereiche und von einer weiteren Entfernung aus auffallen.
- Verstärkt eingesehene Bereiche guter Erreichbarkeit, sodaß auch die Erschließung durch Verkehrswege mit berücksichtigt werden muß. Durch sie wird die Häufigkeit der visuellen Kontakte gesteuert, mithin die ästhetische Bedeutung der betreffenden Landschaftsteile.
- Für die Kompartimentierung der Landschaft geeignete Bereiche, die die bisher erwähnten ergänzen. Die Aufteilung der Landschaft in für den Menschen optisch erfaßbare Einheiten wirkt wesentlich dem Eindruck der Verlorenheit und Monotonie, der besonders auf den ausgedehnten Hochflächen vorherrscht, entgegen.

Der Extremfall wäre ein häufig durch Spaziergänger besuchter, leicht erreichbarer Hangbereich am Ortsrand, auf den eine Straße für eine gewisse Strecke genau zuführt, sodaß ihn viele Menschen lange Zeit wahrnehmen, d. h. er für ihr visuelles Erleben einen hohen Stellenwert hat.

Aus diesem Grund wurde das gesamte Verkehrsnetz im Untersuchungsgebiet daraufhin untersucht und kartiert. Außerdem wurde die Einsehbarkeit der Flur von den Siedlungen aus überprüft. Da es sich bei der Visualisierung des Landschaftsbildes um eine rein anthropogene Funktion handelt, ist diese Vorgehensweise legitim.

Für den Bereich der Hänge zeigt sich damit eine starke Übereinstimmung zwischen den Funktionen Visualisierung des Landschaftsbildes und Wassererosionsschutz, der ja ebenfalls eine relativ hohe Heckendichte erfordert. Auch an diesem Beispiel wird deutlich, wie sich ökologische und ästhetische Prinzipien häufig ergänzen.

6. Zusammenfassung, Summary, Résumé

6.1 Zusammenfassung

Zielsetzung der Arbeit

Diese Arbeit versucht, die Landschaft aus einer *ganzheitlichen Perspektive*, als ein in sich zusammenhängendes Wirkungsgefüge, als *Landschafts-Ökosystem* zu betrachten. Dieses System wird durch eine Anzahl von abiotischen, biotischen und anthropogenen Einfluß-Faktoren (Ökofaktoren) gesteuert, die durch Prozesse miteinander funktional verknüpft sind.

Da man in Mitteleuropa keine unberührten Naturlandschaften, sondern nur *Kulturlandschaften* findet, muß der Mensch und seine Landnutzung als ganz entscheidender Faktor in dieses System mit einbezogen werden, welches somit zum *Agrar-Ökosystem* wird.

Es soll mit dieser Arbeit auch gezeigt werden, daß die vielfältigen anthropogenen Eingriffe nicht primär als Zerstörung, sondern im Sinne der landschaftlichen Vielfalt (Flora, Fauna, Ästhetik) durchaus als *bereichernde Gestaltung* der Umwelt betrachtet werden können. Dies stellt eine sich dynamisch verändernde Entwicklung dar, weshalb in dieser Arbeit nicht die Erhaltung einzelner Arten oder vergangener Zustände verfolgt wird, sondern ein Gesamtkonzept unter den aktuellen Bedingungen landwirtschaftlicher Nutzung.

Aus der Kombination bestimmter lokaler Ökofaktoren entstehen erst unter den Bedingungen der modernen, großflächigen, vereinheitlichten, mechanisierten Landbewirtschaftung landschaftliche Defizite und Probleme. Damit stellt sich die Frage nach Möglichkeiten des Ausgleichs dieser Probleme mit dem Ziel eine *dauerhafte Nutzung des Agrar-Ökosystems* langfristig sicherzustellen, also ohne seine Schädigung durch kurzfristige Übernutzung einerseits und ohne die Nutzung aufgeben zu wollen andererseits.

Genauer bedeutet dies, ob sich ökologische Stabilität, ökonomische Nutzung und landschaftsästhetische Grundsätze kombinieren lassen. Erst in diesem Zusammenhang wird die Bedeutung von Hecken deutlich und gegenüber früher stark angehoben: im abiotischen (Erosionsschutz), im biotischen (ökologische Zellen) und im ästhetischen Bereich (Landschaftsbild).

Um Notwendigkeit und Möglichkeiten dieses Ansatzes aufzuzeigen, wird zunächst eine Bestandsaufnahme der existierenden ökologischen und ästhetischen *Ausstattung der Landschaft* und der daraus resultierenden aktuellen *Probleme* für einen bestimmten Landschaftstyp, die Mainfränkischen Gäuflächen, erarbeitet. Sie wurden gewählt, weil Strukturen wie Hecken bereits weitgehend fehlen, landschaftliche Probleme deutlich zutage treten und neue Perspektiven notwendig sind.

Im zweiten Schritt werden die möglichen *Funktionen von Hecken* im Landschaftshaushalt analysiert, wobei entsprechend der angestrebten Gesamtperspektive die Funktionen nicht isoliert (sektoral), sondern gleichberechtigt und zusammenhängend (*integral*) betrachtet werden. Dabei werden ihre vielfachen *Interdependenzen* (Wechselwirkungen) und gegenseitige Beeinflussungen und Zusammenhänge deutlich, die eine synoptische Gesamtbeurteilung geradezu erzwingen.

Aus der aktuellen Konkurrenzsituation ergibt sich die Notwendigkeit einer Untersuchung des Flächenverbrauchs, bevor im letzten Kapitel in einer integrierten Betrachtungsweise ein Gesamtkonzept als *Planungsvorschlag* für Flurbereinigungen oder Landschaftsplanungen erarbeitet wird. Um die angestrebte Verbesserung der Gesamtsituation des Agrar-Ökosystems zu erreichen, muß das gewählte Untersuchungsgebiet auf den kleinräumigen Wechsel der dominierenden Funktionen und auf deren räumliche Differenzierung hin untersucht werden.

Ergebnisse

Das landschaftliche Ökosystem der Mainfränkischen Gäuflächen ist durch mehrere Prozesse stark belastet, die häufig, direkt oder indirekt, mehrere Partialkomplexe gleichzeitig berühren, was Gegenmaßnahmen schwierig macht und häufig fehlschlagen läßt.

Die *Wassererosion* gefährdet nicht nur mittelfristig das wichtigste agrarische Potential dieses Raumes, den Löß, sie reduziert bereits heute die Bodenfruchtbarkeit erheblich. Diese wird gleichzeitig durch die *Winderosion* vermindert, wobei sich die räumlichen Schwerpunkte beider Prozesse zwar nicht decken, die betroffenen Gebiete aber räumlich eng verzahnt sind und sich teilweise überlappen.

Eine Beeinflussung desselben Ökofaktors, des Windes, durch Hecken steuert gleichzeitig einen weiteren Partialkomplex, das Mikroklima, welches über eine reduzierte Verdunstungsrate und die erhöhte Tauspende mehr

Pflanzenverfügbare Feuchtigkeit ins lokale System einspeist. Diese kann parallel durch den Erosionsschutz über eine höhere Infiltrationsrate des (erosiv schädlichen) Oberflächenabflusses erhöht werden.

Hecken bieten als lebende Erosions-Schutzmaßnahmen zum selben Zeitpunkt eine Vielfalt ökologischer Nischen für die typischen **Segetal- und Ruderalpflanzen** der Feldfluren wie auch der entsprechenden **Tierwelt**, sodaß auf kleiner Fläche die Artenvielfalt der gesamten Landschaft angehoben wird.

Die Hecke fungiert dabei nicht nur als Rückzugs- oder Vernetzungsbiotop. Infolge ihres Charakters als **Ökoton** mit Doppelsaumstruktur und überproportionalem Anteil an Kontaktflächen fördert sie speziell die anspruchsvolleren Carnivoren, die für die Nahrungssuche Streifzüge in die Umgebung unternehmen müssen. Ein Ausfall der Hecken belastet speziell diese Nützlinge, während die Schädlinge in der Regel auf die Kulturpflanzen spezialisiert sind und das Heckenbiotop nicht benötigen.

Neben ihrer Funktion im Artenschutz können Hecken somit als ökologische Zellen dienen, deren Bewohner schnell auf Vermehrung von Schädlingen reagieren und diese in vielen Fällen unter der wirtschaftlichen Schadensschwelle halten, also eine **Stabilisierung im Agrarökosystem** durch Stärkung der selbstregulativen Mechanismen bewirken. Dadurch wird der Einsatz von Pestiziden seltener nötig, was wiederum der Vitalität der Hecken-Biozönose selbst zugute kommt.

Das kleinräumig wechselnde Muster der Kombination dieser Funktionen charakterisiert die ökologische Ausstattung bestimmter Landschaftstypen. Folgen Hecken dieser Anordnung, dann machen sie diese Eigenart optisch sichtbar, bewirken also mit ihrem landschaftstypischen Anordnungsmuster eine **Visualisierung des Landschaftsbildes**.

Die Anpassung der Heckenstruktur an die wechselnden Ökofaktoren zeigt eine **Übereinstimmung ökologischer und ästhetischer Prinzipien**, die bereits der historisch gewachsenen Struktur zueigen war. Sie stellt eine Grundvoraussetzung für die Identifikation des Menschen mit der Landschaft und die Bereitschaft zu umweltbewußtem Handeln dar, wie etwa zur schonenden Bodenbearbeitung was wiederum die Erosion vermindert, oder zum Rückgriff auf biologische Schädlingsbekämpfungsmaßnahmen, wofür ökologische Zellen eine Voraussetzung darstellen.

Ein möglichst **vielgestaltiger Aufbau** der Hecke mit Säumen und einzelnen durchgewachsenen Bäumen fördert die Artenvielfalt der Flora, die Habitatvielfalt für die Fauna, den ökologisch entscheidenden Austausch mit der

Umgebung, den Windschutz durch Auffächerung des Windfeldes, den Wassererosions-Schutz durch den dichten Krautbewuchs der Säume und nicht zuletzt die ästhetische Vielfalt und Natürlichkeit.

Eine **lokaltypische Artenzusammensetzung** stellt nicht nur einen wesentlichen Beitrag zum Artenschutz der Flora dar, sondern auch die beste Anpassung an lokale Klima- und Bodenbedingungen, bietet der heimischen Fauna gleichzeitig das passende Nahrungs- und Biotopangebot und prägt die ästhetisch wirkungsvolle Eigenart und Natürlichkeit der Hecke.

Ein wesentlicher Vorteil von Hecken ist ihr **hoher ökologischer Wirkungsgrad bei geringem Flächenbedarf**, der sich freilich funktionsabhängig unterscheidet. Für ein Heckensystem mittlerer ökologischer Wirksamkeit unter Beibehaltung der heutigen landwirtschaftlichen Nutzung und Feldgrößen von 7-9 ha wären auf den Mainfränkischen Gäuflächen nur etwa **4 % der Gesamtfläche** erforderlich. Voraussetzung für die volle Wirksamkeit ist in jedem Fall die Verteilung in der gesamten Flur und die Kombination mit einer Flur-Neuaufteilung.

Mit etwa **7 %** der Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes ließe sich ein ökologisch optimales Heckensystem aufbauen während auch ein gut geplantes Heckennetz von nur **1,5-2 %**, selbst nachträglich ergänzt, die ausgeräumten Agrarsteppen noch deutlich aufwerten können.

Agrarpolitische Einordnung

Die generelle Tendenz in den meisten Lebensbereichen geht zunehmend zu einer **Konzentration**, wobei die Landnutzung keine Ausnahme macht. In den Grenzertragsgebieten der Mittelgebirge ist eine flächenhafte Aufgabe der Landwirtschaft zu befürchten, sodaß gerade dort die anthropogene Vielfalt verloren geht, wo auch ökologisch noch einigermaßen intakte Landschaften existieren.

Demgegenüber nimmt in landwirtschaftlichen Vorzugsgebieten die Nutzungsintensität immer weiter zu, sodaß hier unter den ökonomischen Zwängen die einstige Vielgestaltigkeit verloren geht, während die Landschaftsschäden alarmierend zunehmen. Gleichzeitig erbringen diese Intensiv-Agrarlandschaften Überschüsse an Nahrungsmitteln, die nicht abgesetzt werden können.

Die Überproduktion führte zu einer Diskussion um die Ziele der europäischen Agrarpolitik, wobei eine Strategie auf die **Flächenstillegung** zielt. Läßt

man dabei allein ökonomische Prinzipien arbeiten, so würden die wenig ertragreichen Grenzertragsflächen aus der Produktion genommen werden, wodurch sich jedoch der oben skizzierte Prozeß der Konzentration nur noch beschleunigen würde, andererseits der gewünschte Effekt der Produktionssenkung gering bliebe. Dasselbe gilt für allgemeine Preissenkungen als Maßnahme, wodurch ebenso ein Aufgeben der Nutzung in heutigen Grenzertragsgebieten erzwungen würde.

Das Ergebnis dieser Arbeit zeigt, wie diese Umstrukturierung aber auch genutzt werden kann, um neben der Senkung der Überproduktion **gleichzeitig** die landschaftliche Vielfalt flächenhaft zu steigern und die landschafts-ökologischen Probleme zu verringern. Dazu muß dort angesetzt werden, wo dieser Zwiespalt am stärksten ist und der größte Beitrag zur Produktions-senkung zu erwarten wäre, also in den intensiv genutzten Agrarlandschaften, zu denen auch die Mainfränkischen Gäuflächen gehören.

Die sinnvollste Weiterentwicklung des vorgestellten Konzeptes wäre sicherlich die Einführung integrierter Pflanzenschutzmaßnahmen und schließlich der Übergang zu **kontrolliert biologischen Anbausystemen**. Bis dahin ist jedoch noch ein langer Weg, wofür vor allem politische Entscheidungen notwendig sein werden. Diese Arbeit setzt dagegen bei der Landschaftsgestaltung an und versucht, die landschaftlichen Grundlagen für solche Entwicklungen zu legen (Beispiel: ökologische Zellen).

Es geht dabei nicht um die museale Erhaltung einer antiquierten Kulturform, sondern um die Neuschaffung ökologisch notwendiger Strukturen infolge **geänderter Nutzungssysteme** bei **Neubewertung des Wertes der Landschaft** für die Allgemeinheit.

Offene Fragen

Zunächst muß betont werden, daß ein Heckensystem natürlich nicht alle landschaftlichen Probleme allein lösen kann und seine volle Wirksamkeit auch nur in Zusammenhang mit **weiteren Maßnahmen** entfalten könnte, die bei einer umfassenden Planung zu untersuchen und zu berücksichtigen wären. Eine sinnvolle Ergänzung zur Senkung der Wassererosion wäre die Entwicklung eines mit dem Heckensystem korrespondierenden Konzeptes zur Flureinteilung, Pflugrichtung und zum Wegenetz. Die Erosion ließe sich durch schonende Bodenbearbeitung noch weiter reduzieren, wozu in erster Linie ein Umdenken der betroffenen Bauern nötig wäre. Daneben müßte zur Humusvermehrung auch entsprechendes Pflanzenmaterial bereitgestellt werden. Dieses ließe sich gewinnen, wenn die ohnehin weniger produktiven

Flächen der Talauen und der am stärksten erosionsgefährdeten Steilhänge in Wiesen umgewandelt würden. Gleichzeitig ließe sich die Vielfalt an Biotopen steigern, der Stickstoff- und Phosphateintrag in die Gewässer reduzieren, die Grundwasserneubildung fördern und die ästhetische Vielfalt anheben. Eine Förderung des Leguminosenanbaus würde die Nitratbelastung noch weiter verringern, indem die Düngergaben gesenkt werden könnten.

Interessant wäre es auch, die *einzelnen Ökofaktoren* näher zu untersuchen, wie z.B. den Verlauf der Lößmächtigkeit durch Refraktionsseismik oder den Zusammenhang zwischen der Materiallockerung durch Wind und dem Weitertransport durch Wasser. Bisher fehlt eine exakte Aufnahme des Artenspektrums und die pflanzensoziologische Einordnung der noch vorhandenen Hecken der Mainfränkischen Gäuflächen. Während die Erkenntnisse der biologischen Schädlingsbekämpfung im Obstbau relativ weit fortgeschritten sind, stecken sie bei der biologischen Selbstregulation ganzer Landschaften noch in den Anfängen. Bei einer solchen Vorgehensweise bestünde jedoch die Gefahr, wieder in eine zu starke sektorale Sichtweise der Landschaft zu verfallen.

Das in dieser Arbeit aufgestellte Konzept könnte auch weiterentwickelt und auf *andere Landschaften* übertragen werden. Hierzu müßten Untersuchungen bezüglich der Ökofaktoren und des historischen Landschaftsbildes angestellt werden, was jedenfalls zu anderen Endergebnissen führen würde. Interessant wäre der Vergleich unterschiedlicher Landschaften auf der Grundlage des Netzes ökologisch-ästhetischer Funktionen.

In mehreren Abschnitten dieser Arbeit ist bereits angeklungen, daß die Funktionen von Hecken in der Regel durch die Funktionen anderer Kleinstrukturen (Solitär bäume, Raine, Auenvegetation, usw.) ergänzt, in bestimmten Landschaftstypen auch übernommen werden können. Daraus ergibt sich in aller Regel ein *Kleinstrukturen-Mosaik*, welches für jede Landschaft eine eigene, typische Kombination zeigt.

Es wäre interessant, die Integration der ökologisch-ästhetischen Funktionen der verschiedenen Kleinstrukturen zu einem funktionalen Netz und dessen Gesamtwirkung im Ökosystem zu untersuchen, was allerdings die Komplexität der vorliegenden Arbeit um eine Stufe erhöhen würde. Dieses Kleinstrukturen-Mosaik wird sich in verschiedenen Landschaften unterscheiden und sich deshalb für eine *Typisierung von Landschaften aus ökologisch-funktionaler Perspektive* eignen, worauf dann auch eine *Bewertung* des Kleinstrukturen-Mosaiks aufbauen könnte.

6.2 Summary

General

This paper approaches the landscape from a comprehensive point of view, looking at it as a complex interactive system, as an ecosystem. The ecosystem is controlled by a set of biotic, non-biotic and anthropogenic eco-factors, being functionally connected by processes.

As untouched natural landscapes are virtually no longer existent in central Europe, having been replaced by cultural landscapes, it is inevitable to include the human impact and land use by man as an integral part into this system, extending it towards an agro-ecosystem.

Another objective is to show that the many interferences of man should not primarily be regarded as destructive, but as a kind of creative formation in the sense of enhancing diversity of the landscape (biotopes for flora and fauna, aesthetical variety). As this is a dynamic process, this paper must take an overall view taking into consideration the conditions of present-day land use.

However, it was only the combination of specific local ecological factors under the influence of modern, large-scale, standardized, mechanized agriculture, which led to the existing ecological deficits and problems. Consequently there arises the question of how to solve these problems, ensuring the use of the ecosystem by man on a long term basis, without destroying it or questioning land use as such.

This leads to investigating the possibilities of a combination of ecological stability, economical land use and aesthetical principles. At this point the importance of hedges, having much increased compared with former times, becomes evident: for protecting the soil against water and wind erosion, for serving as biotopes and ecological niches and for enhancing the aesthetical situation of the environment.

To show both the necessity as well as the possibilities of this approach, firstly the existing physical and cultural inventory of the landscape and the resulting problems have been investigated related to a specific type of landscape. The "*Mainfränkische Gäuflächen*" were chosen, because they represent the most intensively cultivated parts of Southern Germany with fertile loess cover, where ecological problems like soil erosion, temporary

dryness, the almost complete clearance of biotopes and aesthetical monotony are apparent and new conceptions are essential.

As a second step, the possible functions hedges can take over in the ecosystem, have been analysed. According to the comprehensive approach aimed at, these functions are not screened separately on a sectoral basis, but synoptically on an integral basis, taking into account the manifold interactions and interdependencies between them.

As a result of the tough competition for the fertile land, it is, thirdly, necessary to examine the use of land by hedges as well, before, fourthly, it is possible to set up a general conception for planning purposes in landscapes. In order to rectify the general ecological well-being of a certain ecosystem it is necessary to examine the micro-scale spatial change of the dominating function in the area investigated as well as looking at accompanying functions.

Results

A number of processes place a strain on the ecosystem of the *Mainfränkische Gäuflächen* simultaneously, which, in many cases, do relate to different parts of the system, making it very difficult to propose well-suited counteractions.

Soil erosion by water, for instance, does not only endanger the the most important agricultural potential of the region, the loess cover, as such in the long run, it actually reduces soil fertility already while the process is going on. At the same time wind-erosion works in the same direction, though both processes affect the landscape at different parts to a different extent but may act together.

If the eco-factor wind is influenced by hedges, this will have effects on another part of the ecosystem, the micro-climate, which controls humidity available to plants via evaporation rate and dew. However, the higher infiltration rate of the run-off, caused by measures taken to reduce water erosion, increases soil humidity even further.

As a protection against soil erosion hedges provide simultaneously many different biotopes for segetal and ruderal plants and for the typical animal species of the open, agriculturally influenced cultural landscape, which only became resident in the area as a result of the human influence on vegetation. Thus hedges enhance species diversity of the whole ecosystem.

Hedges serve as habitats for shelter and as a network of biotopes. By means of the high edge-effect, being typical for ecotones, hedges stimulate the interchange of carnivores to hunt in the surrounding fields. On the contrary, the herbivores, usually highly specialized on field crops, are not much affected by the absence of hedges.

Hedges provide an essential basis of integrated pest management, thus stabilizing the agro-ecosystem by means of self-regulating control mechanisms. The application of pesticides on a reduced scale will, on the other hand, augment the vitality of plants and species of the hedges.

It is possible to characterize types of landscapes by way of the spatial change of the combination of these functions on the micro-scale. Provided the structure of hedges follows this pattern, it expresses the ecological characteristics visually. Therefore it can be stated that the ecologically adapted layout of hedges represents an integral part of visualizing the image of the landscape.

The adaptation of hedges to the spatial change of ecological functions shows a high rate of accordance of ecological and aesthetical principles, dedicated already to the historical pattern of hedges. This may be regarded as an important base of the identification of the people with their land, being inevitable to the readiness for the application of soil protection measures or integrated pest management practices.

A multiform structure of hedges with shrubs, trees and a dense herb cover on the edges is essential for the functional effectiveness. It promotes the diversity of biotopes, habitats, flora and fauna. It enhances the edge-effect, the influence on wind dynamics, the protection against water erosion and the aesthetical diversity.

A composition of plant species, which follows the local pattern most closely, helps not only to protect species, but is the best adaptation to the local climate and soil conditions. It provides the natural supply of food and biotope structures for the animals, as well as the basis of the aesthetical criteria originality (the composition of specific local features) and naturalness.

An essential advantage of hedges is their high ecological effectiveness combined with their low demand for room, which is, however, dependent on the relevant function. It would be well possible to set up a system of hedges for the *Mainfränkische Gäuflächen* while leaving the actual average field size of 7 to 9 ha untouched. Presupposing a good distribution, this

would require about 4 % of the total area to work effectively in ecological terms.

With 7 % it could be regarded as optimal in terms of ecological stability, while even hedges covering only 1.5 to 2 % of the area still could have a significantly positive effect on the ecosystem.

6.3 Résumé

But de l'étude

Cette étude tente de traiter le paysage dans une perspective qui tienne compte de l'ensemble, en tant que système complexe de causes et d'effets, c'est-à-dire en tant qu'écosystème. Ce système est déterminé par un certain nombre de facteurs abiotiques, biotiques et anthropogènes (facteurs écologiques) qui sont liés fonctionnellement les uns aux autres par des processus.

Comme on ne trouve pas de paysages naturels et vierges en Europe centrale, mais seulement des paysages dûs à la main de l'homme, il faut tenir compte de l'homme et de son agriculture qui sont un facteur extrêmement décisif. L'écosystème devient donc un système agro-écologique (agro-éco-système).

Cette étude veut aussi montrer que les multiples interventions anthropogènes n'impliquent pas forcément une destruction mais dans le sens d'une diversité du paysage (flore, faune, esthétique) un enrichissement de l'environnement. Il s'agit d'une évolution dynamique, c'est pour cela que cette étude ne s'occupe pas de la conservation des espèces particulières ou des états passés mais elle poursuit une conception d'ensemble dans les conditions actuelles de l'exploitation agricole.

C'est seulement de la combinaison de certains facteurs écologiques locaux dans les conditions d'une organisation agricole déterminée par la mécanisation, les parcelles agrandies et l'uniformité dans l'utilisation du sol, que résultent des problèmes et des déficits agricoles. On doit donc se poser la question de savoir s'il est possible d'équilibrer ces problèmes avec le but d'assurer une utilisation durable de l'agro-écosystème; c'est-à-dire d'une part sans l'endommager par une surutilisation, ni d'autre part vouloir le délaisser.

Si l'on regarde de plus près, cela pose la question de savoir, si on peut combiner stabilité écologique, exploitation économique et principes d'esthétique paysagère. C'est dans ce contexte qu'on comprend l'importance des haies accrue en comparaison d'autrefois: dans le secteur abiotique (prévention contre l'érosion), biotique (niches écologiques) et esthétique (l'ensemble d'un paysage).

Pour montrer la nécessité et les possibilités de cette étude j'établirai d'abord l'inventaire des équipements écologiques et esthétiques du paysage et celui des problèmes actuels qui résultent pour un certain type de paysage - les "Mainfränkische Gäuflächen". J'ai choisi les "Mainfränkische Gäuflächen" parce qu'elles représentent les parties les plus utilisées de l'Allemagne du Sud, avec le loess fertile où se multiplient les problèmes écologiques et esthétiques ainsi que l'érosion du sol, la sécheresse périodique, la disparition presque totale des biotopes et la monotonie esthétique, et qu'elles demandent de nouvelles conceptions.

Dans une deuxième partie j'analyserai les fonctions des haies dans l'écosystème. En conséquence de la perspective totale envisagée, les fonctions ne seront pas considérées séparément (sectorales) mais à valeur égale et dans leur rapports mutuels (intégrales). C'est ainsi que se manifestent les interdépendances (interactions), les influences réciproques et les corrélations qui rendent une appréciation synoptique inévitable.

C'est de la situation actuelle de concurrence que résulte la nécessité d'analyser aussi la réduction de la surface agricole par les haies. Dans le dernier chapitre je voudrais, d'un point de vue intégral, faire une proposition pour la planification du remembrement et de l'architecture du paysage. Pour obtenir une amélioration de l'agro-écosystème, il faut examiner la région choisie en fonction du changement des fonctions dominantes qui se produit à courte distance et de leur différenciation spatiale.

Résultats

L'écosystème paysager der "Mainfränkische Gäuflächen" est mis gravement en danger par plusieurs processus. Ces processus touchent souvent, directement ou indirectement, plusieurs complexes partiels en même temps, ce qui rend des contre-mesures très difficiles.

L'érosion par l'eau ne met pas seulement en danger à moyen terme le potentiel agricole le plus important - le loess -, mais elle est de plus déjà en train de réduire la fertilité du sol. En même temps elle est aussi réduite par l'érosion du vent. Les centres de la distribution spatiale de ces deux processus ne sont pas identiques, les régions se chevauchent et empiètent les unes sur les autres.

Une influence exercée sur ce même facteur écologique, le vent, agit en même temps sur un autre complexe partiel, le microclimat. Celui-ci peut, par une évaporation réduite et une plus grande quantité de rosée, stocker

plus d'humidité disponible pour les plantes. Cette humidité peut être augmentée parallèlement par la protection contre l'érosion et une infiltration plus intensive aux dépens de l'écoulement superficiel.

Les haies qui ont une fonction protectrice contre l'érosion, offrent en même temps beaucoup de niches écologiques pour les plantes typiques des champs et des herbes sauvages (plantes rudérales et ségétales), et pour les animaux. De cette manière la diversité des espèces du paysage entier augmente sur une petite superficie.

Outre leur fonction dans le domaine de la protection des espèces, les haies peuvent aussi servir de niches écologiques. Par suite de la structure en qualité d'écotone les populations des haies réagissent très vite à la propagation des parasites et elles limitent les dommages économiques causés par ceux-ci. Les haies stabilisent donc l'écosystème en renforçant les mécanismes autorégulateurs. Par conséquent on peut réduire l'utilisation d'insecticides, ce qui vitalise de nouveau la biocénose des haies.

La combinaison de ces fonctions, changeant à courte distance, peut caractériser l'équipement écologique de certains types de paysages. En suivant ce système, les haies laissent apparaître les particularités de ces types de paysages. Par leur arrangement caractéristique dans le paysage elles mettent en relief l'ensemble du paysage et le rendent visible. Ainsi, cette fonction esthétique peut être considéré à valeur égale avec les fonctions écologiques.

(Traduction Brigitte Weisel)

7. Literaturverzeichnis

Das Literaturverzeichnis ist primär nach den Heckenfunktionen entsprechend Kapitel 3 geordnet. Titel, die sich nicht einer Funktion allein zuordnen lassen, Arbeiten zur Stellung von Hecken im Ökosystem und zur Theorie der Landschaftsökologie findet man bei 7.1. Titel mit direktem Bezug und Datenquellen zur untersuchten Region sind in 7.9 aufgeführt, wie auch Arbeiten zur Bewertung und Kartierung von Heckenfunktionen in der Landschaft.

Verwendete Abkürzungen:

A.u.Pfl.	Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau
ANL	Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, Laufen/Salzach
Ber. ANL	Berichte der ANL
Ber. Wetterd.	Berichte des Deutschen Wetterdienstes in der US- Zone
BFANL	Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie
BMELF	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
DLG	Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft
Erdk.	Erdkunde
F.Ber.FFA	Forschungsberichte der Forstlichen Forschungsanstalt München
GR	Geographische Rundschau
Lu.S	Landschaft und Stadt
L.Sem.Beitr.	Laufener Seminarbeiträge, ANL
LÖLF-Mitt.	Mitteilungen der Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung, Nordrhein-Westfalen
N.u.H.	Natur und Heimat
N.u.L.	Natur und Landschaft

7.1 Hecken im Landschaftsökosystem; Stellung, Gesamtbedeutung, Theorie, Allgemeines

Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (1982): s.7.5

Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (1984):
Begriffe aus Ökologie, Umweltschutz und Landnutzung.-Informationen 4, 48 S.

Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (1985):
Naturschutz.- Grundlagen - Ziele - Argumente; Informationen 2, 48 S.

Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (1982):
Hecken, Feldgehölze und Feldraine in der landwirtschaftlichen Flur.- Merkbl. f. Bodenkultur, Nr. 3, 6 S., München.

Borchert, J. (1980):
Bibliographie über Hecken und Feldgehölze, ihr Beitrag zur Erhaltung von Flora und Fauna sowie ihre Bedeutung aus visuell-ästhetischer Sicht für die Landschaft.- Natur und Landschaft, 55 (10), S. 388-389.

Borchert, J. (1988):
Hecken und Feldgehölze. Ihre Funktionen im Landschaftshaushalt.- BFANL, Hrsg.: Bibliographie Nr. 53, Köln (Dt. Gemeindeverlag), 53 S. (624 Titel).

Bouz, F. (1980):
Landschaftsplanung: belastete Landschaft, verdrängte Natur.- Öko-Institut Freiburg i.Br.: Reihe Öko-Magazin, Bd. 3, 106 S.

- Broggi, M.F.(1978):
Die ökologische Bedeutung von Flurgehölzen.- Mitt. d. Eidgen. Anst. forstl. Versuchsw. 54 (4), S. 449-463.
- Buchwald, K. (1968):
Naturnahe und ihnen verwandte vom Menschen mitgeschaffene Elemente der Kulturlandschaft.- Buchwald, K. und W. Engelhardt, Bd. 2, S. 11-69.
- Buchwald, K. (1968):
Landschaftsökologische Forschung als Grundlage und Voraussetzung der Landschaftsplanung.- Tüxen, R., S. 359-376.
- Buchwald, K. und W. Engelhardt (1968 /69):
Handbuch für Landschaftspflege und Naturschutz.- 4 Bde, München (BLV).
- Buchwald, K. und W. Engelhardt, Hrsg. (1978-1980):
Handbuch für Planung, Gestaltung und Schutz der Umwelt.- 4 Bde., München (BLV).
- Deutscher Naturschutzring, Hrsg. (1979):
Hecken und Feldgehölze, Bedeutung-Schutz-Pflege.- Bonn, 16 S.
- Ellenberg, H. (1973):
Ökosystemforschung.- Berlin (Springer), 280 S.
- Finke, L. (1986):
Landschaftsökologie.- Braunschweig (Westermann), 206 S.
- Grabski, U. (1985):
Landschaft und Flurbereinigung. Kriterien für die Neuordnung des ländlichen Raumes aus der Sicht der Landschaftspflege.- BMELF, Rh. B, 76, 335 S.
- Haber, W. (1968):
Landschaftsökologie und Flurbereinigung.- Tüxen, R., S. 381-395.
- Hartke, W. (1951):
Die Heckenlandschaft. Der geographische Charakter eines Landeskulturproblems.- Erdk., 5 (2), S. 132-152.
- Jessen, O. (1937):
Heckenlandschaften im nordwestlichen Europa.- Mitt. d. Geogr. Ges. Hamb. 45, S. 7-58.
- Knauer, N. (1986):
Hecken: Ein "Störfaktor" in der Agrarlandschaft?.- LÖLF-Mitt., 11 (1), S. 10-20.
- Langer, H., C. v. Haaren und A. Hoppenstedt (1985):
Ökologische Landschaftsfunktionen als Planungsgrundlage. Ein Verfahrensansatz zur räumlichen Erfassung.- L.u.S., 17 (1), S. 1-9.
- Leser, H. (1978a):
Landschaftsökologie.- Stuttgart (Ulmer), 433 S.
- Leser, H. (1978b):
Quantifizierungsprobleme der Landschaft und der landschaftlichen Ökosysteme.- L.u.S., 10 (3), S. 107-114.
- Leser, H. (1984):
Zum Ökologie-, Ökosystem- und Ökotypbegriff.- N.u.L., 59 (9), S. 351-357.
- Marquart, G. (1950):
Die Schleswig-Holsteinische Knicklandschaft.- Schr. d. geogr. Inst. Uni. Kiel, 13 (3), 98 S.
- Müller, J. (1988):
Landschaftsökologische und -ästhetische Funktionen von Hecken auf den Gäuflächen Mainfrankens.- Diplomarbeit im Fach Geographie an der Universität Würzburg, 229 S.
- Müller, J. (1989):
Landschaftsökologische und -ästhetische Funktionen von Hecken und deren Flächenbedarf in Süddeutschen Intensiv-Agrarlandschaften.- Ber. ANL, 13, S. 3-58.
- Neef, E. (1968):
Der Physiotope als Zentralbegriff der komplexen physischen Geographie.- Petermanns Geographische Mitteilungen, 112, S. 15-23.

- Odum, E. (1980):
Grundlagen der Ökologie.- 836 S. (2 Bde.), Stuttgart (G.Thieme).
- Olschowy, G. und W. Engelhardt (1978):
Flurgehölze und nützliche Tierwelt.- Ausw. u. Infdienst f. Ernähr., Landw. u. Forst., 253, Bonn, 32 S.
- Pohle, A. (1978):
Ökologische Bedeutung von Hecken und Wallhecken.- LÖLF-Mitt., 3 (3), S. 249-262.
- Reichelt, G. und O. Wilmanns (1973):
Vegetationsgeographie.- Das geographische Seminar, Braunschweig (Westermann), 210 S.
- Ringler, F. (1978):
Flurbereinigung und Landschaftspflege am Beispiel Bad Windsheim.- Ber. ANL 2, S. 31-33.
- Schmithüsen, J. (1968):
Der wissenschaftliche Landschaftsbegriff.- Tüxen, R., S. 23-34.
- Schmithüsen, J. (1974):
Was verstehen wir unter Landschaftsökologie? - Verh. d. Dt. Geographentages, 39, Wiesbaden, S. 409-416.
- Stichmann, W. (1977):
Gehölze in der Feldflur als Ansatz einer Ökologisch-historischen Landschaftsinterpretation, Nat.- u. Landschaftskde. i. Westf., 13 (4), S. 109-116.
- Stichmann, W. (1986):
Naturschutz mit der Landwirtschaft. Eine Stellungnahme zur Entwicklung und Zukunft der Agrarlandschaften in Mitteleuropa.- GR, 38 (6), S. 294-302.
- Strößner, G. (1986):
100 Jahre Flurbereinigung in Bayern - Verpflichtung für die Zukunft. Möglichkeiten und Grenzen der Flurbereinigung beim Aufbau eines Biotopverbundsystems.- Z. f. Vermessungsw., 12/86, S. 560-565.
- Tischler, W. (1975):
Ökologie.- Wörterbuch der Biologie, Stuttgart (Fischer), 125 S.
- Tischler, W. (1976):
Einführung in die Ökologie.- Stuttgart, New York (G. Fischer), 307 S.
- Troll, C. (1951a):
Heckenlandschaften im maritimen Grünlandgürtel und im Gäuland Mitteleuropas.- Erdk., 5 (2), S. 152-157.
- Troll, C. (1951b):
Die Problematik der Heckenlandschaft. Ihr geographisches Wesen und ihre Bedeutung für die Landeskultur.- Erdk., 5 (2), S. 105-106.
- Troll, C. (1968):
Landschaftsökologie.- Tüxen, R., S. 1-21.
- Tüxen, R., Hrsg. (1968):
Pflanzensoziologie und Landschaftsökologie. Bericht über das internationale Symposium in Stolzenau/Weser 1963 der internat. Vereinigung für Vegetationskunde.- Den Haag (Junk), 426 S.
- Umwelt Bundes Amt (1984):
Daten zur Umwelt.- Berlin, 399 S.
- Weiger, H. (1982):
Flurbereinigung und Naturschutz. Bilanz 1982: Nach wie vor negativ.- Nat. & Umwelt, 2/82, S. 21-25.

7.2 Funktion Wassererosions-Schutz

- Bork, H.R. (1988): Bodenerosion und Umwelt. Verlauf, Ursachen und Folgen der mittelalterlichen und neuzeitlichen Bodenerosion. Bodenerosionsprozesse, Modelle und Simulationen.- Landschaftsgenese und Landschaftsökologie (TU Braunschweig), 13, 249 S.

Deutsche Landwirtschafts Genossenschaft, Hrsg. (1982): Ursachen des Bodenabtrags und Gegenmaßnahmen.- Arbeiten der DLG, 174, Frankfurt.

Diez, T. (1982): Praxisnahe Lösungsmöglichkeiten für die Einschränkung der Bodenerosion.- Arbeiten der DLG 174, S. 17-36.

Ganssen, R. (1965): Grundsätze der Bodenbildung.- BI Hochschultb. Bd. 327, 135 S.

Jung, L. (1968): Bodenerosion durch Wasser und ihre Bekämpfung.- Buchwald, K. und W. Engelhardt, Bd. 2, S. 288-303.

Jung, L. (1956): Untersuchungen über den Einfluß der Bodenerosion auf die Erträge im hängigen Gelände.- Schriftenrh. f. Flurber., (9).

Kuhn, W. (1953): Hecken, Terrassen und Bodenzerstörung im hohen Vogelsberg.- Rhein-Main. Forsch. 39, 54 S.

Kuron, H. und L. Jung (1961): Untersuchungen über Bodenerosion und Bodenerhaltung im Mittelgebirge als Grundlage für Planungen bei Flurbereinigungsverfahren.- Z. f. Kulturtechnik, 2, S.129-145.

Maier, J. und U. Schwertmann (1981): Das Ausmaß des Bodenabtrags in einer Lößlandschaft Niederbayerns.- Bay. Landw. Jahrb., 58 (2), S. 189-195.

Rogler, H. und U. Schwertmann (1981): Erosivität der Niederschläge und Isoerodentkarte von Bayern.- Z. f. Kulturtechnik u. Flurber., 22, S.99-122.

Rühl, R. (1984): Biologischer Erosionsschutz unter besonderer Berücksichtigung von Nebeneffekten.- Gieß. Geogr. Schr. 57, 103 S.

Schmidt, F. und O. Wittmann (1981): K-Faktoren und Toleranzgrenzen verbreiteter Böden Bayerns.- Schwertmann et al., S. 17-20.

Schmidt, F. und O. Wittmann (1983): Die Bewertung von Schutzhecken bei Wassererosion.- Manuskript (Bay. Geol. LA).

Schwertmann, U. et al. (1981): Die Vorausschätzung des Bodenabtrags durch Wasser in Bayern.- Bay. Staatsmin. f. Landw., Ernähr. u. Forst., München.

Schwertmann, U. (1982a): Flurbereinigung und Bodenabtrag.- ANL: Bodennutzung und Naturschutz, L.Sem. Beitr. 3/82, S. 37-42.

Schwertmann, U. (1982b): Grundlagen und Problematik der Bodenerosion.- Arbeiten der DLG 174, S.9-16.

Schwertmann, U., W.Vogl und M.Kainz (1987): Bodenerosion durch Wasser. Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen.- Stuttgart (Ulmer), 64 S.

Seymour, J. und M. Girardet (1985): Fern vom Garten Eden. Die Geschichte des Bodens. Kultivierung, Zerstörung, Rettung.- (Krüger Verlag), 344 S.

Wischmeier, W. H. und D.D. Smith (1978): Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning.- United Agric. Dept.: Agricultural Handbook, 537, 58 S.

7.3 Funktion Winderosions-Schutz

Eimern, J. van (1955): Über Schwankungen der Windschutzwirkung von Hecken und Baumreihen.- Meteor. Rundsch., 8 (7/8), S. 122-127.

Eimern, J. van (1959):
Die Zweckmäßigkeit von Windschutzanlagen in Bayern.- Bay. Landw. Jahrb., 36, S. 734-740.

Hanke, E. und H. Kaiser (1957):
Untersuchungen über die Auswirkungen von Windschutzstreifen auf den Ertrag von Hafer, Hafer-Gerste-Gemisch und Zuckerrüben im Jahre 1955.- A.u.Pfl., 103, S. 90-110.

Horning, H. M. (1967):
Einfluß von Windschutzhecken auf die Erosion leichter Böden.- Mitt. Leichtweiss-Inst. f. Wasserbau u. Grundbau d. TH Braunschweig, 15, 111 S.

Kreutz, W. und W. Walter (1958):
Windschutzwirkung in Abhängigkeit von der Breite und Durchlässigkeit des Hindernisses.- A.u.Pfl., 105, S. 271-282.

Schwerdtfeger, G. (1982):
Gefahren der Winderosion.- Arbeiten der DLG, 174, S. 37-44.

7.4 Funktion Mikroklima

Bender, (1955):
Einfluß des Windschutzes auf den Bodenertrag.- Landw.-angew. Wiss., 37, S. 75-102.

Eimern, J. van (1953/54):
Beeinflussung meteorologischer Größen durch ein engmaschiges Heckensystem.- Ann. d. Meteor., 6, S. 213-219.

Fuß, E. (1966):
Über die Beeinflussung des Mikroklimas und des Pflanzenwachstums durch Wallhecken.- N.u.L., 41 (10), S. 222-225.

Geiger, R. (1951):
Der künstliche Windschutz als meteorologisches Problem.- Erdk., 5 (2), 106-114.

Geiger, R. (1951):
Das Klima der bodennahen Luftschicht.-

3. Aufl., Braunschweig (Vieweg), 646 S.

Kaiser, H. (1960):
Untersuchungen über die Auswirkungen von Windschutzstreifen auf das Bodenklima.- A.u.Pfl., 111 (1), S. 47-62.

Kaule, G. (1983):
Vernetzung von Lebensräumen in der Agrarlandschaft.- Daten und Dokumente zum Umweltschutz, Sonderrh. Umwelttagung, 35, S. 691-694.

Kreutz, W. (1961):
Die ertragssteigernde Wirkung von Windschutzpflanzungen.- Allg. Forstz., 16 (31), S. 458-459.

Kreutz, W. (1952):
Der Windschutz.- Dortmund, 167 S.

Kreutz, W. (1968):
Beeinflussung des Standortklimas durch Windschutz.- Buchwald, K. und W. Engelhardt, Bd. 2, S. 257-287.

Maxhofer, A. und M. Schuch (1971):
Beeinflussung von Klimafaktoren durch eine Windschutzpflanzung und deren Auswirkungen auf die Erträge.- Bay. Landw. Jahrb.

Müller, Th. (1956):
Versuche über die Windschutzwirkung von Hecken auf der Schwäbischen Alb.- Akad. f. Raumf. u. Landespl. Hann., Hrsg.: Umschau. d. Forschungsaussch. Landschaftspfl. u. -gestaltung, 6 (1/2), S. 1-55.

Nägeli, W. (1941):
Über die Bedeutung von Windschutzstreifen zum Schutze landwirtschaftlicher Kulturen.- Schweiz. Z. f. Forstw., 11, S. 265-280.

Nägeli, W. (1943):
Untersuchungen über die Windverhältnisse im Bereich von Windschutzstreifen.- Mitt. d. Schweiz. Anst. f. das forstl. Versuchsw., 23, S. 221-276 und (1946): 24, S. 657-737.

Steubing, L. (1952):
Der Einfluß der Heckenanlagen auf den
Taufall.- Ber. Wetterd., 5 (32), S. 17-48.

Steubing, L. (1969):
Untersuchungen über den Einfluß von
Windschutzhecken auf den Wärme- und
Wasserhaushalt von Pflanzen und die
Rückwirkungen auf Stoffwechselprozesse.-
Tüxen, R. (1969) S. 193-202.

Thran, P. (1952):
Ertragssteigerungen durch den Windschutz
der Wallhecken (Knicks) in
Schleswig-Holstein.- Ber. Wetterd., 5
(32), S. 57-59.

Tüxen, R. (1969): s. 7.1

Wendt, H. (1951):
Der Einfluß der Hecken auf den land-
wirtschaftlichen Ertrag.- Erdk., 5 (2), S.
115-125.

7.5 Funktion Biotop für die Flora

Akademie für Naturschutz und Land-
schaftspflege, Hrsg. (1982):
Hecken und Flurgehölze. Struktur, Funk-
tion und Bewertung.- L.Sem.Beitr. 5/82,
138 S.

Fukarek, F. (1979):
Pflanzenwelt der Erde.- Leipzig

Müller, Th. (1982):
Vegetationskundliche und Standortskund-
liche Charakterisierung der Hecken in
Südwestdeutschland.- ANL: Hecken und
Flurgehölze. S. 15-18.

Reif, A. (1982):
Die vegetationskundliche Gliederung und
Standörtliche Kennzeichnung nordbayeri-
scher Heckengesellschaften.- ANL:
Hecken und Flurgehölze, S. 19-28.

Reif, A. (1984):
Die Ökologie wichtiger Holzarten der
Hecken.- Schulze et al., S. 103-124.

Reif, A. et al. (1984):
Die Beziehungen von Hecken und Acker-
rainen zu ihrem Umland.- Schulze et al.,
S. 125-140.

Scharl, G. (1978):
Die ökologische Bedeutung naturnaher
Landschaftsbestandteile. Waldränder,
Hecken und Gebüsch.- ANL: Lehrg. A
1, S. 30-40.

Schulze, E.-D. und A. Reif (1982):
Die Bewertung der Nordbayerischen
Hecken aus botanischer Sicht.- ANL:
Hecken und Flurgehölze, S. 125-129.

Schulze, E.-D., A. Reif und M. Küppers
(1984):
Die pflanzenökologische Bedeutung und
Bewertung von Hecken.- Beih. 3 (1) z. d.
Ber. ANL, Laufen, 159 S.

Schumacher, W. (1984):
Gefährdete Ackerwildkräuter können auf
ungespritzten Feldrändern erhalten blei-
ben.- LÖLF-Mitt., 9 (1), S. 14-20.

Schwabe-Braun A. und O. Wilmanns
(1982):
Waldrandstrukturen. Vorbilder für die
Gestaltung von Hecken und Flurgehöl-
zen.- ANL: Hecken und Flurgehölze, S.
50-60.

Sukopp, H. (1980):
Arten- und Biotopschutz in Agrarland-
schaften.- Univ. Hohenheim, Hrsg.: Da-
ten und Dokumente zum Umweltschutz,
Sonderh. Umwelttagung, 30, S. 23-40.

Sukopp, H. (1984):
Vernetzte Biotopsysteme. Aufbau, Ziel-
setzung, Problematik.- Min. f. Soz., Ge-
sundh. u. Umwelt RhLPf: Arten- und Bio-
topschutz, Aufbau eines vernetzten Bio-
topsystems in Rheinland-Pfalz (Fachta-
gung), S. 10-20.

Tüxen, R. (1952):
Hecken und Gebüsch.- Mitt. d. Geogr.
Ges. Hamb. 50, S. 85-117.

Weber, H.E. (1982):
Vegetationskundliche und Standortskundliche Charakterisierung der Hecken in Schleswig-Holstein.- ANL: Hecken und Flurgehölze, S. 9-14.

7.6 Funktion Biotop für die Fauna

ANL, Hrsg. (1982): Hecken und Feldgehölze. s.7.5

Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, Hrsg. (1982):
Inselökologie. Anwendung in der Planung des ländlichen Raumes.- L.Sem.Beitr. 7/84, 90 S.

Benjes, H. (1986):
Die Vernetzung von Lebensräumen mit Feldhecken.- Natur u. Umwelt-Praxis, 1, Bickenbach, 120 S.

Biber, J.P. (1979):
Bedeutung und Funktion der Hecken für die Vögel.- Vögel u. Heimat, 49 (5), S. 98-101.

Fuchs, G. (1969):
Die ökologische Bedeutung der Wallhecken in der Agrarlandschaft Nordwestdeutschlands am Beispiel der Käfer.- Pedobiologia, 9 (5/6), S. 432-458.

Heusinger, G. (1984):
Untersuchungen zum Brutvogelbestand verschiedener Heckengebiete.- Zwölfer et al., S. 99-123.

Kroker, H. (1979):
Die Käferfauna in Wallhecken.- Nat.- und Landschkde. in Westf. 15 (1), S. 15-22.

MacArthur, R.H. und E.D. Wilson (1967):
Biogeographie der Inseln.- München, 201 S.

Mader, H.-J. (1980):
Die Verinselung der Landschaft aus tierökologischer Sicht.- N.u.L., 55 (3), S. 91-96.

Mader, H.-J. (1981):
Untersuchungen zum Einfluß der Flächengröße von Inselbiotopen auf deren Funktion als Trittsteine oder Refugien.- N.u.L., 56 (7/8), S. 235-242.

Mader, H.-J. (1984):
Inselökologie - Erwartungen und Möglichkeiten.- ANL: Inselökologie, S. 7-16.

Mader, H.-J. (1985):
Die Verinselung der Landschaft und die Notwendigkeit von Biotopverbundsystemen.- LÖLF-Mitt., 10 (4), S. 6-14.

Mühlenberg, M. (1984):
Versuche zur Theorie der Inselökologie am Beispiel experimenteller Wiesenverkleinerungen.- ANL: Inselökologie, S. 25-38.

Müller, F. (1981):
Die Bedeutung von Rainen, Hecken und Feldgehölzen in der Landschaft - besonders für Wildtiere.- Praxis d. Natwiss.- Biologie, 30 (10), S.289-300.

Peitzmeier, J. (1956):
Zur Ansiedlung der Vögel in unseren westlichen Getreidesteppen.- N.u.H., 16, S. 119.

Peitzmeier, J. (1969):
Insektenschutz.- N.u.H., 29 (1), S. 13-15.

Reicholf, J. (1973):
Der Einfluß der Flurbereinigung auf den Bestand an Rebhühnern.- Anz. d. Ornith. Ges. Bay., 12 (2), S. 100-105.

Rotter, M. und G. Kneitz (1977):
Die Fauna der Hecken und Feldgehölze und ihre Beziehung zur umgebenden Agrarlandschaft.- Waldhygiene, 12 (1/3), S. 1-82.

Spreier, B. (1984):
Hecken in Flurbereinigungsgebieten als Inselbiotope.- ANL: Inselökologie, S. 39-48.

Tischler, W. (1958):
Synökologische Untersuchungen an der Fauna der Felder und Feldgehölze.- Z. f. Morph. u. Ökol. d. Tiere, 47, S. 54-114.

Tischler, W. (1980):
Biologie der Kulturlandschaft.- Stuttgart, New York (G.Fischer), 262 S.

Watts, D. (1971):
Principles of Biogeography.- Maidenhead (McGraw Hill), 231 S.

Zwölfer, H. et al. (1984):
Die tierökologische Bedeutung und Bewertung von Hecken.- Beih. 3 (2) z. d. Ber. ANL, Laufen, 155 S.

Zwölfer, H. (1982a):
Tiere und Hecken. Einführung in den Themenkreis.- ANL: Hecken und Flurgehölze, S. 61-66.

Zwölfer, H. (1982b):
Die Bewertung von Hecken aus tierökologischer Sicht.- ANL: Hecken und Flurgehölze, S. 130-134.

Zwölfer, H. (1981):
Hecken als ökologische Systeme.- Mitt. d. dt. Ges. f. allg. angew. Entomologie, 3, S. 9-11.

7.7 Funktion Stabilisierung im Agrarökosystem

ANL, Hrsg. (1982): Hecken und Feldgehölze. s.7.5

Apple, J.L. und R.F. Smith, Hrsg. (1976):
Integrated pest management.- London (Plenum Press), 200 S.

Blab, J. (1986):
Grundlagen des Biotopschutzes für Tiere. Ein Leitfaden zum praktischen Schutz der Lebensräume unserer Tiere.- Bonn, 255 S.

Diercks, R. (1985):
Biozide im Land- und Gartenbau. Maßnahmen und Überlegungen zur Vermeidung von Schädigungen des Bodens und der übrigen Biosphäre.- BFALR, Hrsg: Boden - das dritte Umweltmedium, Forschungen zur Raumentwicklung, 14, S. 59-75.

Franz, J.M. und A. Krieg (1982):
Biologische Schädlingsbekämpfung.- Berlin (Parey), 252 S.

Geis, L. (1983):
Bedeutung der nützlichen Insekten im integrierten Pflanzenschutz.- D. Biologieunterricht., 19 (3), S. 17-35.

Hassan, S. A. (1983):
Die Anwendung von Nutzarthropoden in der biologischen Schädlingsbekämpfung.- D. Biologieunterricht., 19 (3), S. 36-41.

Herold, W. (1949a):
Die Bedeutung der Feldhecke für landwirtschaftliche Schädlinge.- Forsch. u. Fortschr., 25, S. 270-274.

Herold, W. (1949b):
Heckenlandschaft und Feldmausschäden.- Z. f. Pflanzenkrankh., S. 270-284.

Hintermeier, H. (1983):
Biologische Schädlingsbekämpfung als grundlegender Bestandteil des integrierten Pflanzenschutzes.- Natwiss. i. Unterr. Biologie, 31 (7), S. 230-243.

Knauer, N. (1985):
Landschaftsökologische Folgen des modernen Pflanzenbaues.- Min. f. Umwelt, Raumord. u. Landw. NrW, Hrsg.: Forsch. u. Berat., Rh C, Wiss. Berat. u. Diskussionsbeitr., 42: Fachübergreifende Forschung als Grundlage integrierter Pflanzenbauverfahren, S. 37-52.

Lange, N. (1982):
Blattkonsum in Heckenökosystemen.-
ANL: Hecken und Feldgehölze, S. 64-66.

Peitzmeier, J. (1959):
Windschutzhecken und biologische
Schädlingsbekämpfung.- N.u.H., 19 (2), S.
103-106.

Pollard, E. und J. Relton (1970):
Hedges : A study in small mammals in
hedges and cultivated fields.- J. f. Appl.
Ecology, 7, S. 549-557.

Raabe, E.W. (1952):
Unkraut kommt nicht aus dem Knick.-
Die Heimat, 59, S. 149-151.

Spreier, B. (1984): s. 7.6

Steiner, H. (1975):
Erfahrungen bei der Entwicklung und
Einführung des integrierten Pflanzen-
schutzes in Baden-Württemberg.- Z. f.
angew. Entomologie, 77, S. 398-401.

Thiele, H.U. (1963):
Ökologische Untersuchungen an boden-
bewohnenden Coleopteren einer Hecken-
landschaft.- Z. f. Morph. u. Ökol. d. Tiere,
53 (6), S. 537-586.

Thiele, H.U. (1960):
Gibt es Beziehungen zwischen der Tier-
welt von Hecken und angrenzenden
Kulturfeldern?- Z. f. angew. Entomologie,
47 (1), S. 122-127.

Tischler, W. (1951):
Die Hecke als Lebensraum für Pflanzen
und Tiere unter besonderer Berücksichti-
gung ihrer Schädlinge.- Erdk., 5 (2), S.
125-132.

Tischler, W. (1961):
Gedanken über Agrarökologie und Land-
schaftsschutz.- N.u.L. 36 (2), S. 79-81.

Tischler, W. (1948):
Über die Bedeutung der Schädlingsfauna
in den Wallhecken Schleswig-Holsteins.-
Beitr. z. Agrarwiss., (2).

Wildermuth, H. (1978):
Natur als Aufgabe. Leitfaden für die Na-
turschutzpraxis in der Gemeinde.- Basel
(Schweiz. B. f. Natursch.), 298 S.

Wilhelm, H. (1983):
Grundlagen des integrierten Pflanzen-
schutzes.- Der Biologieunterricht., 19, (3), S.
10-16.

Zwölfer, H. et al. (1984): s. 7.6

Zwölfer, H. (1978):
Probleme des Naturschutzes im agraröko-
logischen Bereich - ökologische Aspekte.-
Ber. ANL, 2, S. 39-42.

7.8 Funktion Visualisierung des Landschaftsbildes

Adorno, T. (1986):
Ästhetische Theorie. - 8. Aufl., Frank-
furt/M, 273 S.

Akademie für Naturschutz und Land-
schaftspflege, Hrsg (1981):
Beurteilung des Landschaftsbildes.- Ta-
gungsber. 7/81, Laufen, 55 S.

Feller, N. (1981):
Beurteilung des Landschaftsbildes.- ANL:
Beurteilung des Landschaftsbildes, S. 33-
39.

Gundermann, E. (1974):
Beiträge zur Quantifizierung der Sozial-
funktionen des Waldes im bayerischen
Hochgebirge.- F.Ber.FFA, 21.

Heringer, J. (1981):
Landschaftsbild - Eigenart und Schön-
heit.- ANL: Beurteilung des Landschafts-
bildes, S. 12-22.

Jordan, H. (1970):
Ärztliche Anforderungen an den Charak-
ter und die Gestaltung einer "Erholungs-
landschaft".- Archiv f. Natursch. u.
Landschforsch., 10 (2/3).
Kiemstedt, H. (1967):

Zur Bewertung der Landschaft für die Erholung.- 1. Sonderh. d. Beitr. z. Landschaftspflege, Stuttgart.

Kiemstedt, H. (1972):

Erfahrungen und Tendenzen in der Landschaftsbewertung.- Veröff. d. Akad. f. Raumf. u. Landespl., Forschungs- und Sitzungsber., 73, S. 33-44.

Krauss, K.O. (1974):

Ästhetische Bewertungsprobleme in der Landschaftsplanung.- L.u.S., 6 (1), S. 27-38.

Kühn, W. (1983):

Untersuchungen zur Landschaftsästhetik. Die Erlebniswirksamkeit von Flurbereinigungsmaßnahmen.- Psychologische Diagnostik, Planung und Kontrolle Psychologischer Entscheidungen. 12. Kongress für Angewandte Psychologie, 21.- 24. Sept. 1983, Uni. Düsseld.

Nohl, W. (1981):

Der Mensch und sein Bild der Landschaft.- ANL: Beurteilung des Landschaftsbildes, S. 5-11.

Riccabona, S. (1981):

Landschaftsästhetische Bewertungsprobleme.- ANL: Beurteilung des Landschaftsbildes, S. 23-32.

Sepänmaa, Y. (1986):

The beauty of environment. A general model for environmental aesthetics.- Ann. Acad. Scient. Fennicae, Serie B, 234, Helsinki, 184 S.

Wöbse, H. (1981):

Landschaftsästhetik - Gedanken zu einem einseitig verwendeten Begriff.- L.u.S., 13 (4), S. 152-160.

Wöbse, H. (1984):

Erlebniswirksamkeit der Landschaft und Flurbereinigung - Untersuchungen zur Landschaftsästhetik.- L.u.S., 16 (1/2), S. 33-54.

7.9 Landschaftliche Ausstattung des Untersuchungsgebietes / regionale Datenbasis und Kartierung

Amt für Landwirtschaft und Bodenkultur Würzburg (1980):

Bodengesellschaften im Löß Mainfrankens bei intensivem Ackerbau.- (unveröff. Manusk.), 10 S.

Amt für Landwirtschaft und Bodenkultur Würzburg (1981):

Bodenerosion in Unterfranken.- (unveröff. Manusk.), 5 S.

Auweck, F.A. (1978):

Kartierung von Kleinstrukturen in der Kulturlandschaft.- N.u.L., 53 (3), S. 84-89.

Bayerisches Geologisches Landesamt (1987):

Geologische Karte von Bayern 1:500 000, München.

Bayerisches Geologisches Landesamt (1987):

Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Blatt 6326 Ochsenfurt.- unkorrigierter Vorabdruck, München.

Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung (1987): Gemeindedaten 1986, 415 S., München.

Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur (o.J.):

Merkblätter für Bodenkultur.

Bayerische Landessiedlung GmbH (o.J.):

Landschaftsplanung in der Flurbereinigung. Stufe 1 Entwicklung. Gruppenverfahren Ochsenfurt West.- 81 S.

Bayerische Landessiedlung GmbH (1985):

Kleinstrukturenkartierung der Flurbereinigung Gruppe Ochsenfurt West und Rittershausen.- Würzburg, 2 Bde, o.S.

Bayerisches Landesvermessungsamt (1954):

Flurkarten 1:5 000, Blätter NW 7148, NW 7149, NW 7150, NW 7248, NW 7249, NW 7250, NW 7251, NW 7348, NW 7349, NW 7350.- Geländeaufnahme von 1954, München.

Bayerisches Landesvermessungsamt und Landesvermessungsamt Baden-Württemberg (div. Jg.): Topographische Karte 1: 100 000, Blätter 6322 Würzburg, 6326 Kitzingen, 6722 Bad Mergentheim, 6726 Ansbach.

Deutscher Wetterdienst in der US-Zone (1952):

Klima-Atlas von Bayern.- Bad Kissingen.

Eigner, J. (1978):

Ökologische Knickbewertung in Schleswig-Holstein.- Die Heimat, 85 (10/11), S. 241-249.

Genossenschaftsvorstände der Flurbereinigungen:

Übersichtspläne für die Flurbereinigungen 1:5000, Eichelsee (1914), Gaukönigshofen (1934), Rittershausen (1932), Wolkshausen (1932).

Gießner, K. (1982):

Mainfranken - ein hydrologisches Problemgebiet.- Würzb. Geogr. Arb., 57, S. 109-140.

Grothe, H., Marks, R. und V, Vuong (1979):

Die Kartierung und Bewertung gliedern-der und belebender Landschaftselemente im Rahmen der Landschafts- und Freiraumplanung.- N.u.L., 54 (11), S. 375-380.

Jerz, H. & J. Schwarzmeier (1981):

Periglazialer Bereich.- Erl. z. geol. Karte von Bayern, S. 142-149.

Hörth, M. (1982):

Kostendatei für Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege.- Bay. Staatsmin. f. Umweltf.: Materialien, 95 S.

Mainpost vom 8.4.1987:

Fruchtbarer Lößboden gefährdet? Leichte Beute für Regen und Wind.- S. 16.

Mainpost vom 25.9.1989:

Rüben wuchsen heuer mühsam heran. Das weiße Gold, das "Baurä liewä".- S. 17.

Müller, J. (1988): s.7.1

Reif, A. (1980):

Die Hecken in Mainfranken.- Abh. d. Naturwiss. Vereins Würzburg, 21/22, S. 163-171.

Reschke, K. (1980):

Lebende Hecken werden versetzt - Neue Arbeitsweisen in der Flurbereinigung.- N.u.L., 55 (9), S. 351-354.

Rutte, E. (1981):

Bayerns Erdgeschichte.- München (Ehrenwirth), 266 S.

Skowronek, A. (1982):

Paläoböden und Löss in Mainfranken vor ihrem landschaftsgeschichtlichen Hintergrund.- Würzb. Geogr. Arb., 57, S. 89-107.

Skowronek, A. (1986):

Über Veränderungen der mainfränkischen Landschaft durch den Menschen.- Frankenland 38 (5), S. 136-142.

Söhngen, H.H. (1975):

Die Bewertung von Landschaftsbestandteilen für die Landschaftspflegerische Begleitplanung in der Flurbereinigung.- N.u.L., 50 (10), S. 274-275.

Unger, H.-J. (1981):

Verpflanzung von Hecken und Feldrainen im Rahmen der Flurbereinigung. Erste Erfahrungen aus Bayern.- N.u.L., 56 (9), S. 295-300.

Vaupel, A. (1982):

Prägendes Umwelt-Element: Die Witterung in Mainfranken.- Würzb. Geogr. Arb., 57, S. 141-151.

Anhang: Praktische Überlegungen **zur Neuanlage von Hecken**

Prinzipielle Überlegungen

Bei der Neuanpflanzung von Hecken in der Flur sollten in Bezug auf die Artenwahl einige Punkte beachtet werden, die die Erfolgsaussichten wie auch die ökologische Verträglichkeit verbessern.

So weit wie irgend möglich sollte auf einheimisches lokales Pflanzgut zurückgegriffen werden, insbesondere im Falle der *Crataegus*-, *Rosa*- und *Rubus*-arten, die eine Vielzahl von Bastarden bzw. Unterarten besitzen. Diese Unter- und Kleinarten zeigen eine genaue Anpassung an die lokalen ökologischen Verhältnisse und bieten ein Optimum beim Anwuchserfolg, bei der Vitalität und beim Widerstand gegen Krankheitsbefall. Außerdem stellen sie ein umfangreiches genetisches Potential dar, dessen Erhaltung für die Vitalität der Flora von großer Bedeutung ist. "Zum Beispiel kann gepflanzter *Crataegus monogyna* mit bodenständigen Weißdornarten bastardisieren, was zu einer schleichenden Florenveränderung bis hin zum Aussterben der *Crataegus*-Unterarten führen kann. Die Kleinarten der Rosengewächse (Rosen, Brombeeren) sind in gleicher Weise gefährdet. Durch die einheitliche, standortfremde Gehölzauswahl der "Einheitshecke" werden die Unterschiede der natürlichen Heckentypen in den einzelnen Landschaften beseitigt. Es ist abzusehen, daß daraus in Zukunft eine bemerkenswerte Verarmung der einheimischen Flora resultiert" (Reif et al., 1984, S. 139). Da auf den Gäuflächen Süddeutschlands der Verbreitungsschwerpunkt des wärmeliebenden *Pruno-Ligustretums* liegt und keine anderen Hecken-Assoziationen vorkommen, genügt es, sich im Untersuchungsgebiet auf diese Gesellschaft zu konzentrieren.

Besonderheiten der wichtigsten Arten im *Pruno-Ligustretum*

Die Schlehe *Prunus spinosa* ist problematisch im Anwachsen, was zu einer hohen Ausfallrate führt und bei einer Neuanpflanzung mengenmäßig entsprechend berücksichtigt werden sollte. Die Art ist auch vegetativ vermehrungsfähig (Schulze, et al., 1984, S.90).

Rosa gehört zu den genetisch variabelsten Gattungen der heimischen Flora und ist auch in Mainfranken mit mehreren Arten vertreten. *Rosa canina* ist eine Sammelart mit einer Vielzahl von Unterarten, die taxonomisch noch nicht bis ins Detail erfaßt sind. Diese stellen ein großes genetisches Potential dar, das unbedingt erhalten werden sollte. Aus diesem Grunde sollte von der Möglichkeit Gebrauch gemacht werden, einheimische Rosen vegetativ zu vermehren und auszubringen.

Ein besonderes Problem stellt die Gattung *Crataegus* (Weißdorn) dar, die mit den Arten *laevigata*, *monogyna* und *curvisepala* vertreten ist, die alle miteinander bastardisieren. Auf der einen Seite stellt sie eine der drei wichtigsten Gehölzarten des Pruno-Ligustretums dar und ist somit für eine hiesige Hecke ein unverzichtbarer, typischer Bestandteil. Andererseits ist sie ein Überträger des gefährlichen Feuerbrandes *Erwinia amylovora*. Diese aus Amerika eingeschleppte Bakterienkrankheit, die leicht übertragbar ist, kann bei zahlreichen Kernobst-Arten und der Eberesche zum Absterben der ganzen Pflanze führen und ist bisher mit Bakteriziden nicht bekämpfbar. Aus diesem Grund kann nach der Feuerbrandverordnung sogar das Entfernen von befallenen Pflanzen angeordnet werden. Allerdings wurde beobachtet, daß in gepflegten Anlagen die Pflanzen trotz der Befallsmöglichkeit verschont blieben (Pfänder, 1986, S. 21). Das läßt sich möglicherweise mit der dort gesteigerten Vitalität der Pflanzen begründen, was eine Verwendung einheimischer Pflanzen mit bester Vitalität und ökologischer Anpassung angeraten sein läßt. Diese Überlegung sollte auch vorbeugend auf alle anderen neu gepflanzten Arten ausgedehnt werden. Mader (1984, S.20) lehnt die Ausräumung des Weißdorns aus Hecken als "völlig ungerechtfertigt" ab, da bereits ein Abstand von nur 200 m zur nächsten Obstpflanzung genüge, um die Übertragung des Feuerbrandes wirksam zu vermeiden. Für Feldfrüchte besteht ohnehin keine Gefahr. Im Einzelfall müßte darauf geachtet werden, daß der geforderte Abstand auch zu Streuobstbeständen eingehalten wird.

Berberis vulgaris (Berberitze), ursprünglich die Charakterart des Verbandes Berberidion, wurde um 1955 fast völlig ausgerottet, da sie einen Zwischenwirt des Getreiderostes, einer der bedeutendsten Getreidekrankheiten, darstellt (Schulze, et al., 1984, S. 103).

Rhamnus cathartica (Purgier-Kreuzdorn) ist der Zwischenwirt für den Kronenrost, den einzigen weiteren Schadorganismus von Bedeutung im Ackerbau, dessen Verbreitung von bestimmten Wirtspflanzen abhängt (Zwölfer, et al., 1984, S. 142). Da diese Art ohnehin nur selten in mainfränkischen Hecken vorkommt ist zu überlegen, ob man dem Vorschlag in der Neuanpflanzungsliste besser nicht nachkommt.

Erhaltung, Versetzung oder Neuanpflanzung von Hecken?

Künstliche Heckenanpflanzungen weisen selbst nach 40 Jahren nur etwa 10-20 % des Gesamtartenspektrums einer alten Hecke auf, was besonders die Arten der Krautschicht betrifft. Die Gründe dafür liegen im Herbizideintrag während der ersten Jahre und der mangelnden Pflege der Hecken (Schulze, et al., 1984, S. 139-140). Obwohl diese Probleme mittels Schutzstreifen ohne Herbizidanwendung entlang der Hecken einerseits (Ackerlandstreifen), bzw. eines guten Pflegemanagements andererseits zu mildern sind, zeigen diese Zahlen deutlich, daß einer Erhaltung von Hecken in jedem Fall der Vorzug zu geben ist. Vor allem stellen diese derzeit die einzigen Refugien und Ausgangspunkte für Arten dar, die bei einer Neuanlage nicht alle mitgepflanzt werden können, aber ebenfalls zur Gesamtbiozönose gehören (v.a. die Kräuter). Bei der Planung der Flurneuordnung wären deshalb die wenigen noch vorhandenen Hecken als unbedingt erhaltensnotwendig einzustufen.

Wenn es nicht möglich ist, die Flurstücke entsprechend der vorhandenen Althecken einzuteilen, ist einer Neuanpflanzung in jedem Fall die Versetzung der Hecke vorzuziehen. Auf diese Weise läßt sich ein Großteil des Gesamtartenspektrums retten, da der Anwuchserfolg bei 60-100 % liegt (Unger, 1981, S. 299). Die Kosten der Verpflanzung liegen in jedem Fall unter denen für eine Neuanlage, wenn man den Schutzzaun für letztere und die Stubbenbeseitigungskosten bei der Rodung mitrechnet (Reschke, 1980, S. 353). Nach Angaben von Unger (1981, S. 299-300) liegen die Kosten für Neuanlage incl. verstärkter Anfangspflege und Beseitigungskosten einer Althecke bei insgesamt 43,-- bis 46,-- DM pro laufendem Meter. Für eine Versetzung betragen sie nur 7,-- bis 22,-- DM, je nach Entfernung zwischen altem und neuem Standort (22,-- DM bei 500 m). Zu den Kosten der Neuanlage von Hecken ausführlich siehe Hörth (1982).

Es existieren Förderprogramme, die die Kosten für das Pflanzenmaterial voll abdecken (z.B. "Mehr Grün durch Flurbereinigung"). Als Problem bleibt die Heckenpflege, die notwendig ist, um einerseits den Fortbestand der Biozönose zu sichern, andererseits unnötige Behinderungen der Landwirtschaft zu vermeiden. Sie hält sich in Grenzen und umfaßt lediglich das gelegentliche Ausasten und das turnusmäßige Auf-den-Stock-Setzen alle 10-25 Jahre (Reif, et al., 1984, S. 125), auf das wegen der Überalterung keinesfalls verzichtet werden kann. Dabei ist auf abschnittsweises Vorgehen zu achten, um die Wiederbesiedelung der abgeholzten Heckenteile durch Tiere zu gewährleisten.

Als Folge der geänderten Einstellung zu Hecken ist es notwendig, diese Pflege zu organisieren und dauerhaft zu kontrollieren, z.B. durch die untere Naturschutzbehörde. In jedem Fall anzustreben wäre eine volle Einbeziehung der Landwirte, die diese Arbeiten im Winter (gegen Bezahlung) ausführen könnten. Grundlage hierfür ist die Aufklärung über die Funktionen von Hecken und die Überzeugung der Landwirte, daß Hecken erhaltenswert sind.

Artenliste für Neuanpflanzungen

Eine Neuanpflanzung von Hecken sollte in jedem Fall mit Arten der lokaltypischen Assoziation erfolgen, um Anwuchserfolge und Vitalität zu optimieren sowie aus landschaftsästhetischen und landschaftshistorischen Gründen.

Reif et al. geben Empfehlungen für die naturnahe Zusammensetzung von Hecken-Neuanpflanzungen. Es ist dabei zu berücksichtigen, daß nur die Sträucher, als die bestimmenden Leitarten der Assoziation, aufgeführt werden. Auf die Aufzählung der krautigen Pflanzen vor allem des Saumes wurde verzichtet. Nach Schwabe-Braun und Wilmanns (1982, S. 54) genügt es, für die spontane Ansiedlung dieser Pflanzen einen Streifen von mindestens 1 m vor der Hecke freizulassen, auf dem sich sehr bald der Saum ausbilden und stabilisieren kann. Wichtig ist nur, diesen als Bestandteil der Hecke aufzufassen und nicht zu pflügen, was zu einer Verschiebung des Artenspektrums mit einer Artenverarmung führen würde. Um diesen Prozeß zu ermöglichen, müssen allerdings entsprechende Ausbreitungszentren in der betreffenden Flur vorhanden sein. Die Erhaltung der wenigen noch verbliebenen Hecken und Säume des Untersuchungsgebietes ist hierfür von sehr großer Bedeutung. Andererseits bestehen gerade bei den Saumarten die Probleme mit lokalen Unterarten, sodaß auch von dieser Seite einer spontanen Ansiedlung aus dem örtlichen Genreservoir der Vorzug gegeben werden sollte.

Tabelle 18: Empfehlung für eine naturnahe Pflanzung von Hecken im Pruno-Ligustretum. Aus: Reif et al., 1984, S. 139.

Art	Bedeckung	Art	Bedeckung
Prunus spinosa	4	Lonicera xylosteum	+
Rosa canina	2	Ribes uva-crispa	+
Crataegus x macrocarpa	1	Rhamnus cathartica	+
Rosa rubiginosa	+	Sambucus nigra	+
Rosa corymbifera	+	Acer campestre	+
Crataegus leavig.	+	Prunus avium	+
Cornus sanguinea	+	Quercus robur	+
Euonymus europaeus	+	Corylus avellana	r
Viburnum opulus	+	Crataegus monogyna	r
Viburnum lantana	+		

Bedeckungsgrad: 4: 70-75 % der Fläche +: zerstreut
 2: 2-25 % der Fläche r: rar
 1: 1- 5 % der Fläche

Register

- ABAG**, 114
Acer campestre, 165
Ackerrandsteifen, 170
Ackerrandstreifenprogramm, 238
Agarökosystem, 41, 44, 74, 196
Agarökosystem/Hecke, 41
Agarökosystem/Stabilität, 75
Agropyron repens, 169
Aktionsradien, 191
Aktionsradien/Vögel, 192
Ansitzwarte, 176, 185
Apodemus agrarius, 190
Apodemus flavicollis, 190
Artenrückgang, 81
Arthropoden, 189
Auf-den-Stock-Setzen, 167, 309
Ausasten, 167, 309
Ausgangswasserspannung, 157
Ausräumung, 80, 83, 104, 114, 221
Autökolgie, 33
- Ästhetik**, Partialkomplex, 201, 219, 225
Ästhetische Bewertungskriterien,
 206, 209, 214
Ästhetische Ausdruckslosigkeit, 221
Ästhetischer Wert, 105, 114
- Barriere-Effekt**, 87
Bearbeitungs- und Bedeckungsfaktor (C),
 120
Bedeutungswandel von Hecken, 94, 103
Begleitende Funktionen, 273
Belüftung landwirtschaftlicher Kulturen,
 156
Berberidon, 163
Berberis vulgaris, 308
Berberitze, 308
Bereicherung der Landschaft, 16
Bewertungskriterien, ästhetische,
 206, 209, 214
Biogeocoenologie, 34
Biologische Schädlingsbekämpfung
 gezielte, 196
 selbstregulierende, 196
Bioökologie, 35
Biotop, 33, 39
Biotoparmut/Gäufflächen, 80
Biotop/Flora
 Flächenbedarf, 249
 Funktion, 161
 räumliche Differenzierung, 277
Biotop/Fauna
 Flächenbedarf, 249
 Funktion, 173
 räumliche Differenzierung, 277
Biotop/Hecke, 40
Biozönose, 33
Biozönose/Hecke, 40
Blattläuse, 185, 188, 195
Bodenerosion, 53
Bodenfaktor (K), 116
Bodenfeuchte, 152, 165
Bodenklima, 152, 165
Bodentemperatur, 151
Bodenverwehungen, 69
Brackwespen, 189
Brandmaus, 190
Brombeer-Hasel-Gebüsch, 166
Brombeerhecken, subatlantische, 163
Brombeer-Schlehen-Gebüsch, 166
Bussard, 190
- Carabiden**, 182, 185, 188, 192
Carnivore, 191
Carpino-Prunetum, 166
Chaos, 207
Chaerophylletum aurei, 169
Chorologischer Maßstab, 42, 219, 286
Clethrionomys glareolus, 190
Convolvulo-Agropyretum repens, 169
Cornus sanguinea, 165
Corylo-Rosetum vosagiaceae, 166
Corylus avellana, 165
Crataegus, 166, 308
- DDT**, 87
Deckschichten, 47
Deckung, 176, 185
Diversität, 76
Diversitätsindex, 76
Dominierende Funktion, 42, 241, 273
Durchblasbarkeit, 141, 143
Düsenwirkung, 141
Dynamisches Gleichgewicht, 37

Edge-effect, 77
 Eigenart, 207, 211
 Entomophage, 89, 175, 185, 191, 195
 Erodierter Parabraunerde, 54, 116
 Erosion siehe Wasser-, Winderosion
 Erosionsschutzfaktor (P), 121
 Ertragsbeeinflussung, 228, 261
 Mikroklima, 234
 Stabilisierung im Agrarökosystem, 237
 Wassererosion, 56, 233
 Winderosion, 234
 Erzwespen, 189
 Eulen, 190
 Eurosibirische Schlehengebüsche, 163
 Eutrophierung/Hecke, 169
 Evaporation, 149
F
 Feinmaterial-Auswehung, 70
 Feldahorn, 165
 Feldmaus, 190
 Fernwirkungen/Ertrag, 228, 233
 Fläche, 45
 Flächenbedarf, 228
 Flächenbedarf
 Funktionsabhängigkeit, 241
 Flächenbedarf, Berechnung, 243
 Flächenstilllegungsprogramm der EG, 17, 284
 Florfliegen, 188
 Flurbereinigung, 36, 57, 81, 96, 199, 263
 Frostgefahr, 155, 165
 Fruchtfolge, 121
 Fulvosäuren, 51
 Fungizide, 85
 Funktion, 41, 109, 114, 223
 Funktionale Betrachtungsweise, 254
 Funktionale Gruppe, 38
G
 Galeopsis, 169
 Ganzheitliche Perspektive, 37, 111, 223, 254, 281
 Gäuland-Heckenlandschaft, 93
 Gelbhalsmaus, 190
 Genaustausch, 178, 185
 Geographie/Landschaftsökologie, 36
 Geologischer Untergrund/Gäufächen, 45
 Geoökologie, 34
 Geosynergetik, 34
 Gesamtwirkung, 223, 253, 263
 Gestaltung, 16
 Gewässerschutz, 197
 Gliederfüßer, 189
 Grundwasserregime Mainfrankens, 46

Grünland-Heckenlandschaft, 93

H
 Habitat, 33
 Hangfaktor (LS), 117
 Hanglänge, 117, 132
 Hangneigung, 117, 132
 Hangunterbrechung, 118, 125, 130, 135
 Hasel, 165
 Hasel-Rosen-Gebüsch, 166
 Heckenalter/Vögel, 181, 185
 Heckenbreite, 242
 Heckendichte/Vögel, 181, 185
 Heckenlänge/Carabiden, 182, 185
 Heckenlänge/Vögel, 179, 185
 Heckenpflanzen/Vögel, 181, 185
 Heckenrose, 166
 Heckenstrukturen/Vögel, 181, 185
 Hecken-Landschaftstypen, 93
 Heimat, 203
 Heimatverlust, 105, 114
 Herbizide, 85
 Hindernishöhe, 141, 154, 165
 Historisch gewachsenes Strukturmuster, 92, 96, 106, 114, 211, 221
 Historische Nutzung/Hecken, 94
 Historischer Wert, 105, 114
 Huminsäuren, 51
 Hydrologische Situation, 45

I
 Identifikation, 217
 Individuell-ästhetischer Wert, 105, 114
 Insekten, 182, 185, 187
 Insektizide, 85, 197, 270
 Integrale Perspektive, 111, 223, 254, 281
 Integrierter Pflanzenschutz, 193
 Interdependenzen, 72, 110, 114, 127, 143, 157, 171, 182, 185, 197, 217, 223, 261, 282
 Isolation/Biotop, 87

K
 Kalk- und wärmeliebende Gebüsche, 163
 Kaltluftabfluß, 155, 165
 Kaltluft-Abfluß, 277
 Kaltluft-Entstehungsgebiet, 147, 277
 Kartographische Darstellung, 273
 Kationen-Sorptionsfähigkeit, 51
 Kleine Waldmaus, 190
 Kleinräumige Hangversteilungen, 113, 277
 Kleinstrukturen, 16, 41, 286
 Klimaxvegetation, 74
 Kolluvium, 54

Komplexität, 206
 Kontinuität ökologischer Prozesse,
 175, 185
 Konturpflügen, 122, 126, 132, 135
 Kreuzdorn-Hartriegel-Gesch., 165
 Kulturelle Schädlingsbekämpfung, 196
 Kulturlandschaft, 16, 92
 Kurzflügelkäfer, 188

Lamium album, 169
 Landesnatur, 32
 Landschaft, 31
 Landschaftliches Ökosystem, 38
 Landschaftsbild, 107, 114, 204
 Landschaftselement, 41
 Landschaftshaushalt, 39, 109, 114
 Landschaftsökologie, 33, 35
 Landschaftspflege, 36
 Landschaftsraum, 32
 Landschaftstypen, 42
 Landschaftstypen/Hecken, 93
 Landschafts-Ökosystem, 38
 Laubfall, 231
 Laufkäfer, 182, 185, 188, 192
 Liguster, 165, 307
 Liguster-Schlehen-Gebüsch, 161, 165,
 307, 311
 Ligustrum vulgare, 165, 307
Löß
 Böden aus, 50
 Entstehung, 47
 Erosion, 116
 Erosionsgefährdung, 52, 53
 Mächtigkeit, 43, 49, 123
 Lufttemperatur, 151
 Lumbricidae, 189
 Luv, Lee/Hecke, 140

Manövrierhindernis, 232
 Marienkäfer, 185, 188
 Massenaustausch/Luft, 139
 Maximale Hanglänge, 122
 Microtus arvalis, 190
 Mikroklima-Beeinflussung
 Flächenbedarf, 247
 Funktion, 147
 räumliche Differenzierung, 276
 Mineralhaushalt des Bodens, 54
 Monotonie, 207
 Monotonisierung des Landschaftsbildes,
 104, 114, 221
 Motivation, 216

Nahwirkungen/Ertrag, 228, 229
 Naturauffassung, 204
 Naturlandschaft, 16, 92
 Naturraum, 32
 Natürlichkeit, 207, 210
 Nettoproduktion, 76
 Neuanpflanzung/Hecken, 309
 Niederschlag, 149
 Niederschlag
 Gesamt, 59
 Verteilung, 61
 Maximum, 61
 Minimum, 61
 Nistplätze, 176, 185

Oberflächenabfluß, 117, 131
 Optische Vereinheitlichung, 104, 114
 Optischer Bereich, 258, 260
 Optisches Sichtbarmachen, 219
 Ordnung, 206, 210
 Organisationsgrad, ökologischer, 75
 Osmotischer Wert, 150

Ökofaktor, 38,
 Ökofaktor Mensch, 167
 Ökofaktor Wind, 138, 148
 Ökologie, 33
 Ökologische Nische, 173, 185
 Ökologischer Wirkungsgrad, 243
 Ökonomischer Wert, 106, 114
 Ökosystem, 37
 Ökoton, 77, 82, 166, 170
 Ökotope, 39
 Ökotope/Hecke, 40

Pannonische Zwergkirschen-Gebüsche,
 163
 Parabraunerde, 50, 52, 116
 Pararendzina, 52, 54, 116
 Parasiten, 175, 185, 189
 Partialkomplex,
 38, 41, 44, 74, 138, 148, 219, 225
 Pestizide, 85
 Pflugrichtung, 122, 126, 132, 268, 270
 Phyllophage, 175, 185
 Physiotop, 40
 Phytophage, 89, 187, 191, 194
 Phytophagen-Entomophagen-Komplex,
 188, 191
 Populationsschwankungen, 88
 Prädatoren, 189
 Primäre Ökofaktoren, 38
 Produktionsüberschuß, 76

Prozeß, 39, 41, 138, 148, 219, 225
Prunetalia spinosae, 163
Prunion fruticosae, 163
Pruno-Ligustretum, 161, 165, 307, 311
Prunus spinosa, 161, 165, 166, 307
Prunus-Spinosa-Prunetalia-Gesellschaft, 165
 Psychologische Wirkung/Landschaftsästhetik, 216
 Psychologisch-ökologischer Wert, 105, 114
 Purgie Kreuzdorn, 165, 308

Quantifizierbarkeit ästhetischer Bewertungen, 204
 Quantitative Analyse, 259
 Quecke, 169
Querco-Fagetea, 163, 165
 Querplügen, 122, 132

Randeffekt, 77
 Raubschmarotzer, 189
 Rauigkeitshöhe, 139
 Räuber-Beute-Komplex, 89, 187, 195
 Räumliche Betrachtungsweise, 254
 Räumliche Differenzierung, 254, 272
 Regenerationsfähigkeit, 88
 Regenfaktor (R), 115, 120
 Regenwürmer, 189
 Reichweite, Windbeeinflussung 141
 Mikroklima-Beeinflussungen, 154, 165
 Relaisfunktion, 77
 Relief, 45
 räumliche Differenzierung, 274
 Resistenz, 86
Rhamno-Cornetum, 165
Rhamno-Prunetea, 163,
Rhamnus cathartica, 165, 308
 Rose, 165, 166, 308
Rosa canina, 166, 308
Rosa rubiginosa, 165
 Roter Hartriegel, 165
 Rötelmaus, 190
Rubion subatlanticum, 163,
Rubo-Coryletum, 166
Rubo-Prunion spinosae, 163, 165
 Ruderalarten, 83, 170

Sanfter Tourismus, 106, 114
 Saum, 127, 168
 Saumbiozönose, 77, 166
 Schattenfall, 230

Schlehe, 161, 165, 307
 Schlehengebüsche, 163
 Schlupfwespen, 189
 Schneebedeckung, 231
 Schutz/Fauna, 176, 185
 Schwäbisch-fränkische Gäulandschaften, 26
 Schwebfliegen, 188
 Segetalarten, 83, 170
 Selbstregulation/Ökosystem, 75, 194
 Sektorale Perspektive, 111, 281
 Singwarte, 176, 185
 Stabilisierung im Agrarökosystem
 Ertragsbeeinflussung, 237
 Flächenbedarf, 249
 Funktion, 185
 räumliche Differenzierung, 277
 Stabilitätsgrad, ökologischer, 76
 Standort, 33
 Standörtliche Differenzierung, 42, 100, 106, 114, 219
 Staphyliniden, 188
 Starkregen, 63, 115
 Störungsanfälligkeit/Ökosystem, 76
 Streifensaat, 121
 Strukturfunktionen, 176, 185
 Strukturmuster, historisch gewachsenes, 92, 96, 106, 114, 211, 221
 Subatlantische Brombeerhecken, 163, 166
 Subjektivität der Wahrnehmung, 203
 Subsystem, 38
 Sukzession, 37, 76, 167
Sylvaemus sylvaticus, 190
 Synökologie, 33
 Synoptische Perspektive, 111, 223, 281

Taraxacum officinale, 169
 Taufall, 151
 Temperaturmaximum, 63
 Terrassierung, 117
 Tolerierbarer Abtrag, 123
 Tonminerale, 50, 54, 116
 Tonmineral-Anreicherungs-Horizont, 50, 54
 Ton-Humus-Komplex, 51
 Topologischer Maßstab, 42, 219, 286
 Transpiration, 150
 Trichogramma, 196
 Trifolion medii, 169
 Trockenheit, 59, 63, 71
 Trophische Funktionen, 175
 Turbulenz, 139, 141

- Umströmung/Wind/Hecke, 143
- Untergrund, geologischer, 45
- USLE, 114
- Übertragung der Ergebnisse, 26, 286
- Überwinterung, 176, 185
- Verbindung von Teillebensräumen, 178, 185
- Verdunstung, 149
- Verhülltes Relief, 43, 49
- Verinselung, 87
- Vernetzungsfunktion, 178, 185
- Versetzung/Hecken, 309
- Vertilgerkomplex, 89, 187, 195
- Vielfalt, 209
- Vielfältigkeitswert (V-Wert), 207
- Visualisierung des Landschaftsbildes
 - Flächenbedarf, 252
 - Funktion, 201
 - räumliche Differenzierung, 278
- Vögel, 179, 185, 189
- Waldarmut/Gäufächen, 80
- Wallhecke, 93
- Wanderungswege/Fauna, 178, 185
- Wasserbilanz, 63
- Wassererosion
 - Gäufächen, 54, 129
 - Verminderung, 125, 130
 - Ertragsbeeinflussung, 56, 233
 - Steuerungsfaktoren, 115
- Wassererosions-Schutz
 - Flächenbedarf, 245
 - Funktion, 113
 - räumliche Differenzierung, 275
- Wasserhaushalt der Pflanzen, 63
- Weißdorn, 166, 308
- Wiederbesiedlung, 178, 185
- Wiesel, 190
- Winddynamik, 139
- Winderosion/Gäufächen, 69
- Winderosions-Schutz
 - Ertragsbeeinflussung, 234
 - Flächenbedarf, 247
 - Funktion, 137
 - räumliche Differenzierung, 276
- Windgeschehen, 139
- Windgeschwindigkeit, 139
- Windrichtung, 64
- Windrichtungen
 - monatliche, 66
- Windstärken
 - monatliche, 68
- Wind-Energie/Absorption, 141
- Wintersaat, 120
- Wirkungsgefüge, 37
- Wirtschaftliche Schadensschwelle, 86, 194
- Wischmeier-Formel, 114
- Wurzelkonkurrenz, 168, 227, 229

über den Autor:

JOHANNES MÜLLER,

Jahrgang 1959, studierte Geographie, Geologie und Botanik an den Universitäten Würzburg, Hull/GB und Caen/F und spezialisierte sich auf landschaftsökologische Fragestellungen.

Derzeit arbeitet er freiberuflich als Gutachter für Landschaftsarchitekten, Behörden und Gebietskörperschaften.

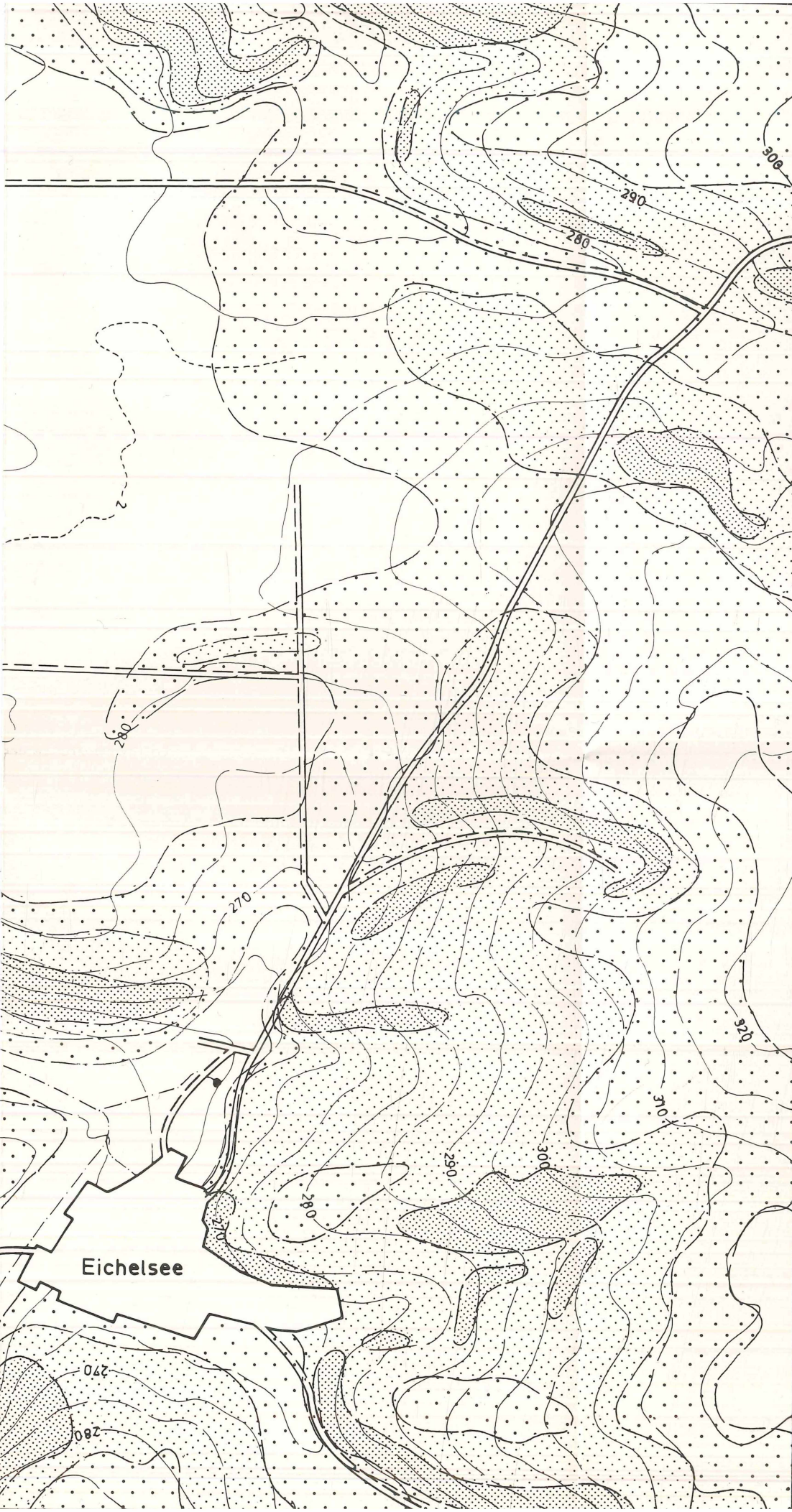
Daneben promoviert er an der Uni Würzburg über das Thema "Typisierung und Bewertung von Landschaften anhand des Mosaiks und der ökologisch-ästhetischen Funktionen von Kleinstrukturen am Beispiel Frankens".

Zahlreiche Veröffentlichungen und Vorträge zu den Themen Landschaftsökologie und Geographie Asiens, seinem privaten Interessensgebiet.

Anschrift des Autors:

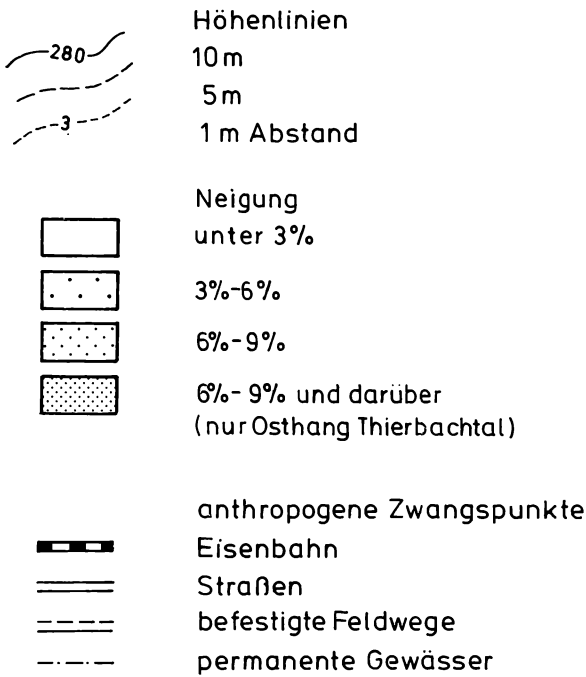
Johannes Müller, Röntgenring 7, 87 Würzburg





Karte 1

Abiotische Ausstattung der Landschaft

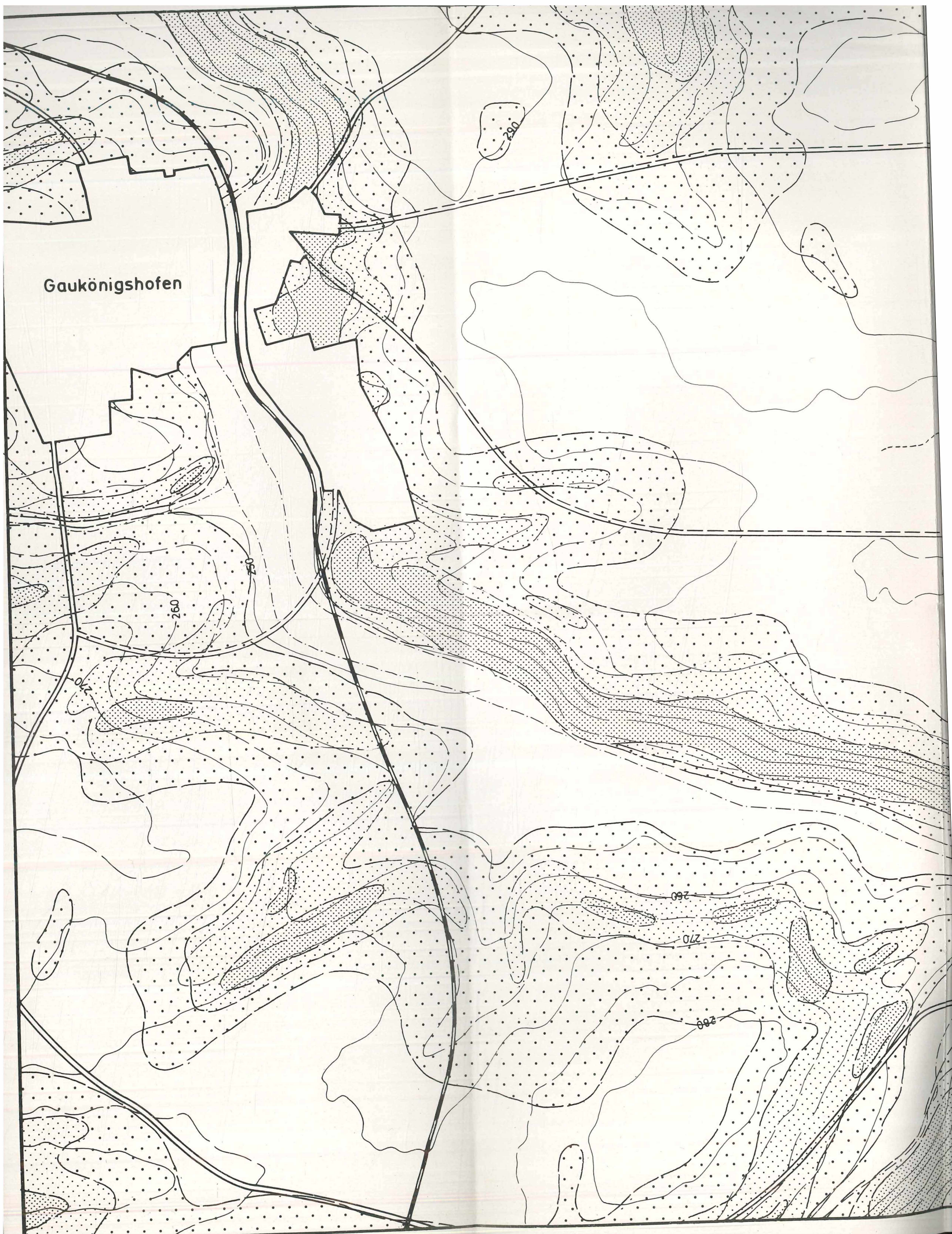


Selbst die einförmig erscheinenden Gäuflächen werden durch Tälchen und Dellen vielfach gegliedert. Kleinräumige Verteilungen kommen sowohl in Flach- als auch in Hangbereichen vor.



Entw. Johannes Müller

Gaukönigshofen

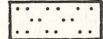




Karte 2

Hecken im Kontext der biotischen Ausstattung der Landschaft

biotische Landschaftsstrukturen

-  Hecken
-  Stufenrain (Krautflora)
-  Wegrain (meist artenarme Quecken - Rumpfgesellschaft)
-  Feldgehölz
-  Auenvvegetation (artenreiche, bachbegleitende Gehölz- u. Krautflora)
-  Streuobstfeld / -baumreihe
-  Einzelbaum
-  Wiese (vereinzelt Nutzung aufgegeben, dort Staudenflur)

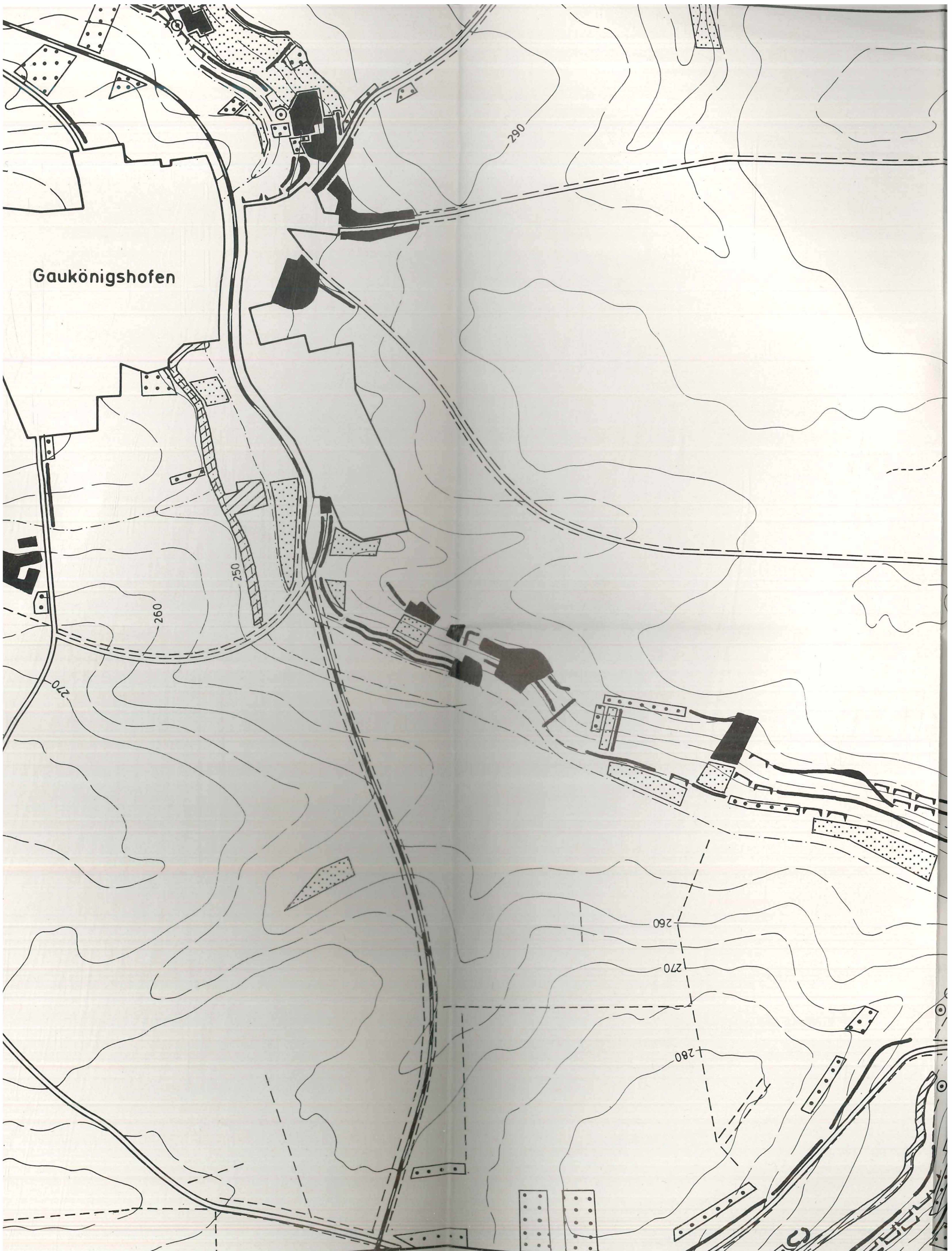
- Höhenlinien
 10 m
 5 m
 1 m Abstand

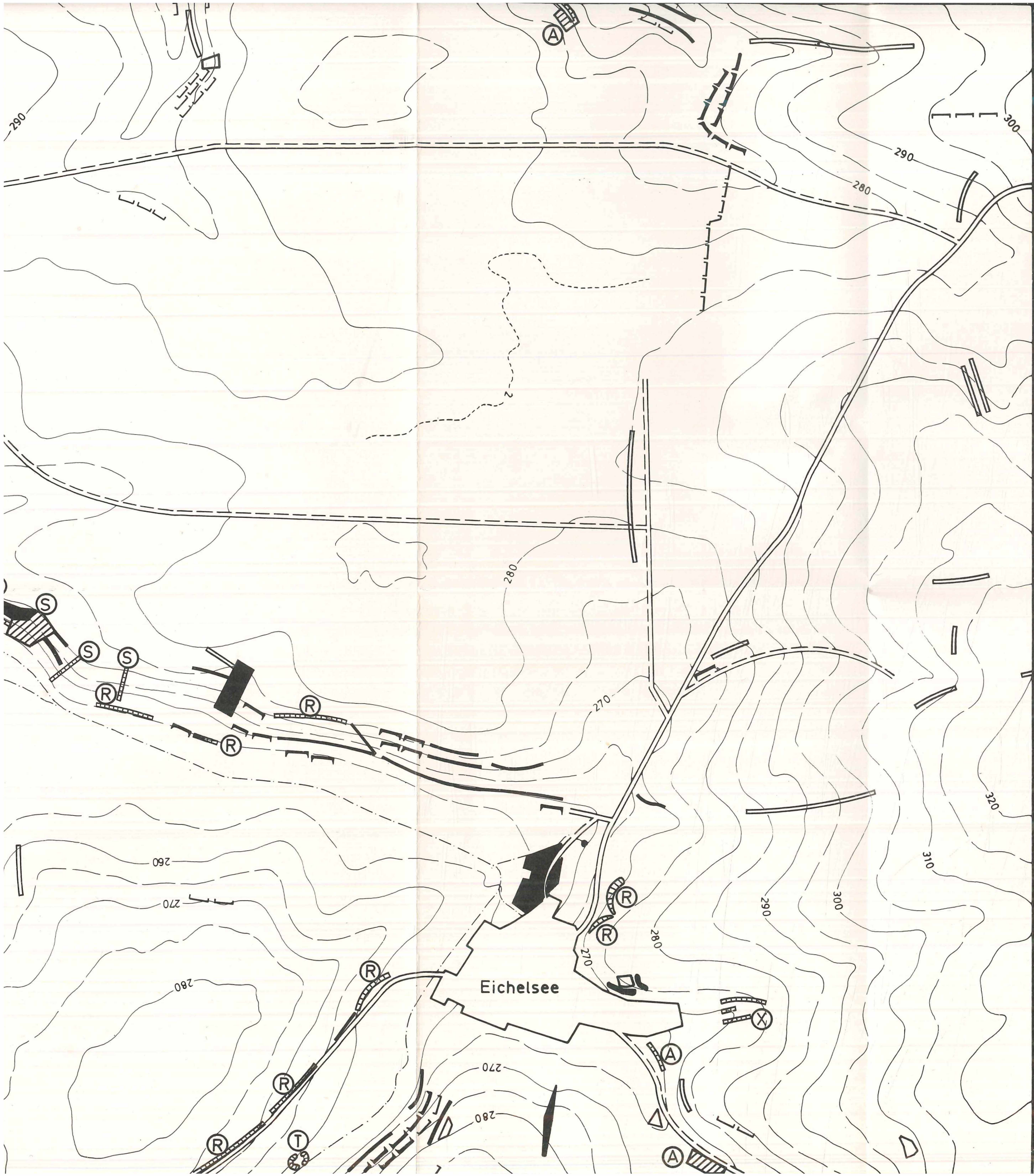
- anthropogene Zwangspunkte
-  Eisenbahn
 -  Straßen
 -  befestigte Feldwege
 -  permanente Gewässer

Hecken beanspruchen im Verhältnis zum ökologischen Nutzen die geringste Fläche. Ihre volle Wirksamkeit erreichen sie jedoch erst im Kontext des lokaltypischen Gesamtbestandes aller biotischer Landschaftsstrukturen.

0 500 m

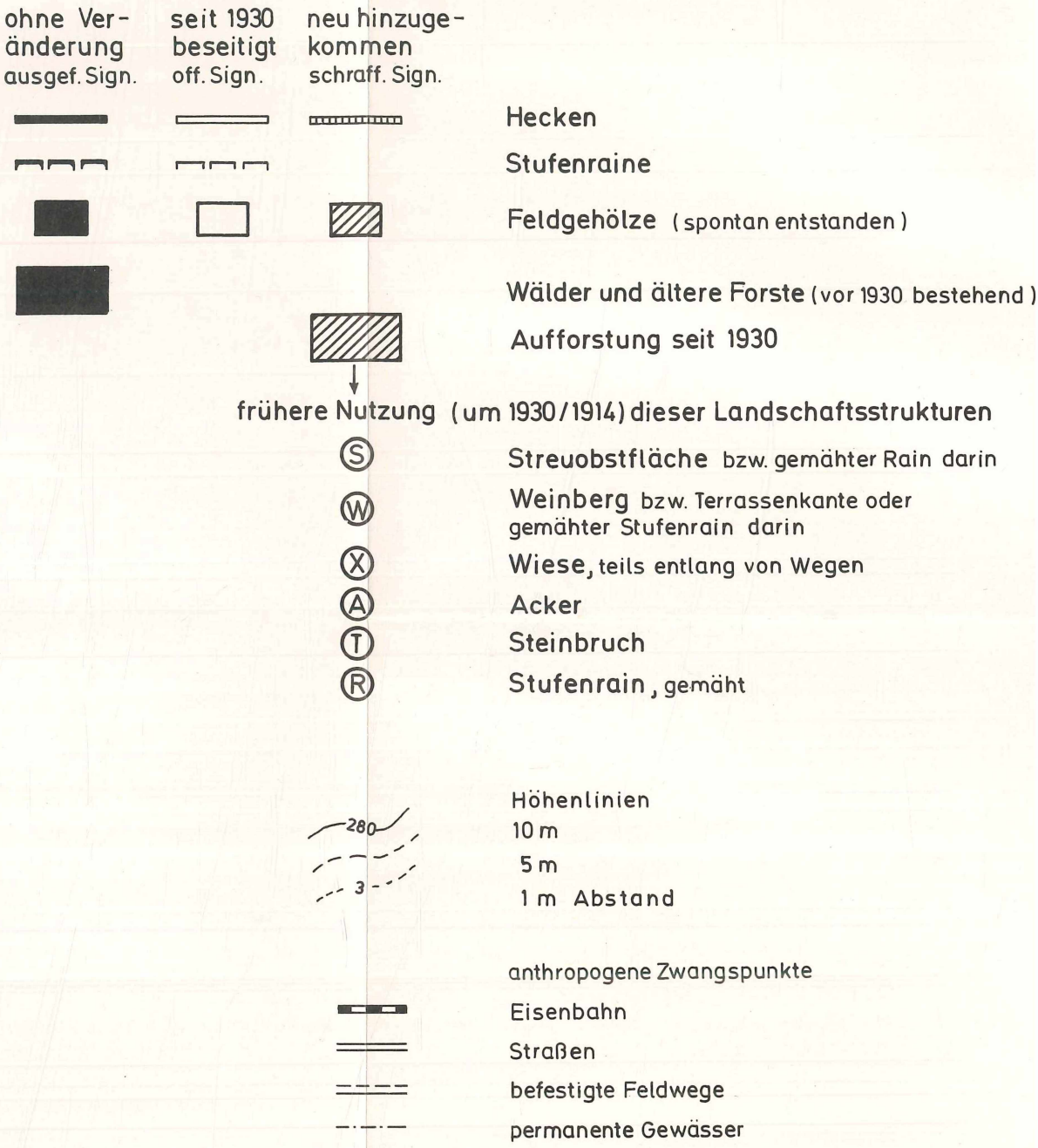
Entw. Johannes Müller





Karte 3

Historisch-genetische Entwicklung des Bestandes an Hecken und anderen biotischen Landschaftsstrukturen. Um 1930 - 1987.

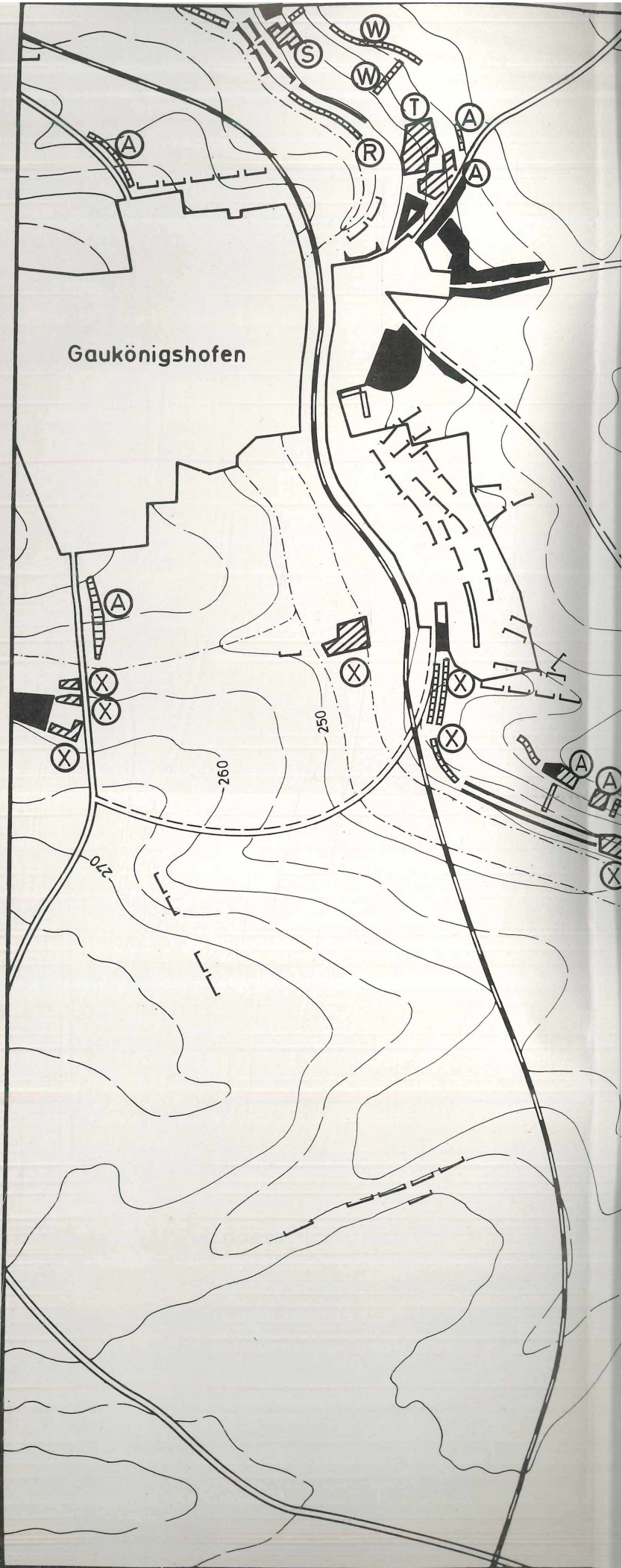


Die starke Abhängigkeit des historischen Heckennetzes vom Relief wird deutlich.
Die wenigen Strukturen auf den Flachbereichen wurden vollends beseitigt.

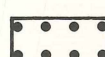
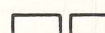
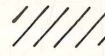
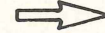
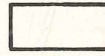
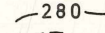
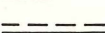
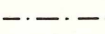


Entw. Johannes Müller

Gaukönigshofen



Räumliche Differenzierung der landschaftsökologischen und- ästhetischen Funktionen von Hecken als Grundlage einer Gesamtkonzeption.

dominierende Funktion		Hecken- Anordnung
	Wassererosions- Schutz	quer zum Hanggefälle
	Wassererosions- Schutz mit starkem Anteil Winderosions- Schutz	quer zum Hanggefälle mit Verdichtung für Windschutz
	Windschutz und Mikroklima- Verbesserung	gleichmäßig verteilt und aufgelockert
	Biotop- Verdichtungs- bereich/ Ökolog. Zellen vorhanden	alte abwechslungsreiche Strukturen belassen, ggf. ergänzen
	dto. neu zu schaffen	abwechslungsreich, verdichtet
	Biotop- Vernetzungsstrukturen (zumeist neu zu schaffen)	abwechslungsreich in geringem Abstand
	Ästhetik/ Visualisierung des Landschaftsbildes	abwechslungsreich orientiert an ökologischen Vorgaben
lokale Hazards		
	verstärkte Wassererosion durch kleinräumige Hangverteilung	Hecken quer zum Gefälle genau hier
	Kaltluft Entstehungsgebiet (teils nach Flurnamen)	geschlossene Strukturen vermeiden
	Kaltluft- Abflußbahn	freien Kaltluft- Abfluß gewährleisten
weitere Signaturen		
	Auenbereiche	keine Hecken Bachrenaturierung
	Höhenlinien	
		
anthropogene Zwangspunkte		
	Eisenbahn	 befestigte Feldwege
	Straßen	 permanente Gewässer

Die Dominanz einer bestimmten Funktion soll nicht darüber hinwegtäuschen, daß am selben Ort immer auch andere Funktionen relevant sind. Sie bestimmt lediglich die effektivste Anordnung der Hecken im Raum.

0 500 m

Entw. Johannes Müller

