

Arbeiten zur Rheinischen Landeskunde
Herausgegeben vom Geographischen Institut der Universität Bonn
ISSN 0373-7187

Heft 45

**Landschaftsökologische Standortanalysen
zur Ermittlung des natürlichen Potentials
von Weinbergbrachen am Drachenfels**

Ein Beitrag zur angewandten Landschaftsökologie

von

Michael Richter

1978

Bonn

Michael Richter

**LANDSCHAFTSÖKOLOGISCHE STANDORTANALYSEN ZUR
ERMITTELUNG DES NATÜRLICHEN POTENTIALS
VON WEINBERGBRACHEN AM DRACHENFELS**

Ein Beitrag zur angewandten Landschaftsökologie

ARBEITEN ZUR RHEINISCHEN LANDESKUNDE

ISSN 0373-7187

Herausgegeben von

H. Hahn W. Kuls W. Lauer P. W. Höllermann und W. Matzat

Schriftleitung: H.-J. Ruckert

Heft 45

Michael Richter

Landschaftsökologische Standortanalysen zur Ermittlung des natürlichen Potentials von Weinbergbrachen am Drachenfels

Ein Beitrag zur angewandten Landschaftsökologie



1978

In Kommission bei
FERD. DÜMMLERS VERLAG · BONN
— Dümmlerbuch 7145. —

**Landschaftsökologische Standortanalysen zur
Ermittlung des natürlichen Potentials
von Weinbergbrachen am Drachenfels**

Ein Beitrag zur angewandten Landschaftsökologie

von

Michael Richter

mit 16 Tabellen, 21 Abbildungen und 8 Karten



In Kommission bei
FERD. DÜMMLERS VERLAG · BONN
1978



Gedruckt mit Unterstützung des Landschaftsverbandes Rheinland

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 3-427-71451-9

© 1978 Ferd. Dümlers Verlag, 53 Bonn 1
Herstellung: Richard Schwarzbald, Witterschlick b. Bonn

V O R W O R T

Die vorliegende Arbeit wurde im Auftrag des Landesamtes für Agrarordnung NW als Gutachten im Rahmen eines Flurbereinigungsplanes für Weinberge am westlichen Siebengebirgsrand erstellt. Die Untersuchungsergebnisse beschränken sich auf das Weinbaugebiet am Südwest-Abhang des Drachenfels zwischen Königswinter und Bad Honnef-Rhöndorf. Zwei weitere Rekultivierungsgebiete in Königswinter-Oberdollendorf bleiben also unberücksichtigt.

Der Text und die Zusammenstellung der Ergebnisse in dieser Arbeit entsprechen weitgehend dem ursprünglichen Manuskript für das Flurbereinigungsprojekt. Mit den vorliegenden Untersuchungen kann daher nicht der Anspruch auf eine konsequente "geographische Betrachtungsweise" erhoben werden. Vielmehr ist die Arbeit als Versuch einer praxisbezogenen Synthese zwischen fachspezifischen Methoden von Nachbardisziplinen und einer raumbezogenen Geoökologie zu verstehen. Auch kann nicht von einer lückenlosen Behandlung aller Problemfaktoren gesprochen werden, da die Zeit für die Feldarbeit, Auswertung der Ergebnisse und Niederschrift auf acht Monate befristet war (Juni 1976 bis Februar 1977).

Neben dem Auftraggeber gilt mein besonderer Dank den Herausgebern dieser Schriftenreihe für die Möglichkeit der Drucklegung der Arbeit.

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	Seite
1. EINLEITUNG	
1.1 Oberlegungen zum Anwendungsbereich landschaftsökologischer Arbeitsweisen.....	1
1.2 Rückgang und heutiger Stand des Weinbaus im Siebengebirge.....	2
2. ABGRENZUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES UND DES THEMAS	
2.1 Lage und Alter der Brachflächen.....	4
2.2 Fragestellung und Ausrichtung der Arbeit.....	9
3. DIE BODENDYNAMIK DER WEINBERG-RIGOSOLE	
3.1 Vorbemerkungen zu den Bodenuntersuchungen.....	10
3.2 Die Hangneigung und ihre Auswirkung auf den Bodenabtrag.....	11
3.3 Die Korngrößenverteilung als Maß für die Materialumlagerung.....	13
3.4 Stickstoffabtrag und Veränderung des Trophiegrades durch Bodenerosion.....	20
3.5 Vergleichende Messungen zur Bodenwasserbilanz.....	25
3.6 Beziehungen zwischen Hangneigung, Korngröße, Bodenwasser, Witterung und Pflanzenformationen über Schiefermaterial.....	30
3.7 Zusammenfassung der bodenkundlichen Untersuchungsergebnisse.....	32
4. GELÄNDE- UND BESTANDSKLIMATOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN	
4.1 Die Besonnungsverhältnisse und ihre Auswirkung auf die Lage der Rebkulturen.....	33
4.2 Die Temperaturschichtung in verschiedenen Pflanzenbeständen.....	36
4.3 Die Auswirkung verschiedener Pflanzenformationen auf die Verdunstung.....	41
4.4 Entstehung und Abgrenzung von Kaltluftgebieten.....	42
4.5 Zusammenfassung der klimatologischen Meßergebnisse.....	45
5. DIE VEGETATIONSENTWICKLUNG AUF DEN WEINBERGBRACHEN AM DRACHENFELS	
5.1 Überblick über den bisherigen Ergebnisstand der Vegetations- dynamik auf Weinbergbrachen.....	46
5.2 Die Anfangsstadien der Brachevegetation.....	47
5.3 Die Glatthaferwiesen.....	49
5.4 Die Ausbreitung von Gehölzarten.....	51
5.5 Bewertung der Brachevegetation am Drachenfels.....	55
5.6 Zusammenfassung der Vegetationsuntersuchung.....	59
6. ZUSAMMENFASSENDE AUSWERTUNG DER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE IM HINBLICK AUF PLANUNGSMASSNAHMEN	
6.1 Ausscheidung und Abgrenzung von Natureinheiten mit ähnlichem Wirkungsgefüge im Hinblick auf weinbauspezifische Nutzungsmög- lichkeiten und landschaftspflegerische Maßnahmen.....	59
6.2 Folgerungen aus der Standortanalyse für die Durchführung der Rekultivierung.....	63
6.2.1 Drachenley.....	63
6.2.2 Ley und Broels Weingut.....	64
6.2.3 Münchenberg SE-Hang.....	67
LITERATURVERZEICHNIS.....	68

VERZEICHNIS DER TABELLEN

	Seite
Tab. 1: Im Ertrag stehende Rebfläche (in ha) im Siebengebirge im Vergleich mit der gesamten BRD (1950-1975).....	2
Tab. 2: Bestockte Rebflächen nach Jahr der Anpflanzung im Siebengebirge und in der BRD.....	3
Tab. 3: Durchschnittliche Güte des Mostes im Siebengebirge und in der BRD (1961-70).....	3
Tab. 4: Der Flächenanteil verschiedener Hangneigungen im Untersuchungsgebiet (in ha und %).....	12
Tab. 5: Korngrößenverteilung von 14 Oberflächen-Bodenproben aus 5 cm Tiefe.....	18
Tab. 6: Kohlenstoff- und Stickstoff-Gehalte von 14 Oberflächen-Bodenproben aus 5 cm Tiefe.....	22
Tab. 7: Einteilung der Drachenfels-Böden in die Gruppierung nach ZAKOSEK (1978).....	27
Tab. 8: Mittlere Sonnenscheindauer pro Monat in Stunden, 1891-1930.....	34
Tab. 9: Gruppen der Besonnungswerte, prozentualer Anteil und Bewertung der Ertragslagen für Rebkulturen im Untersuchungsgebiet.....	34
Tab. 10: Temperaturextreme am 9. 6. 76 auf vier verschiedenen Standorten in °C.....	37
Tab. 11: Minimumtemperaturen in 20 cm Höhe im Okt./) November 1976 an zwei Profilen durch die Drachenley (A-C) und am Münchenberghang (D-F, vgl. Karte 2).....	44
Tab. 12: Minimumtemperaturen in 20 cm Höhe im (Nov./) Dezember 1976 flachen Hangfuß der Drachenley und Ley.....	45
Tab. 13: Mittlere Indikatorenwerte einzelner Teilgebiete auf Berechnungsgrundlage der Pflanzen-Kennzahlen.....	56
Tab. 14: pH-Wert und Farbwert nach MUNSELL für fünf verschiedene Böden (vgl. Karte 1).....	57
Tab. 15: Pflanzenvielfalt und Bewuchsdichte auf den Drachenfels-Brachen.....	58
Tab. 16: Relative Bewertung der bestimmenden Standortfaktoren der in Karte 7 ausgeschiedenen Einheiten in Hinblick auf weinbauliche und landschaftspflegerische Maßnahmen.....	60

VIII

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

	Seite	
Abb. 1	Luftbild des Untersuchungsgebietes aus dem Jahr 1957.....	6
Abb. 2	Luftbild des Untersuchungsgebietes aus dem Jahr 1973.....	6
Abb. 3	Luftbildskizze zum Luftbild aus dem Jahr 1973.....	7
Abb. 4	Beziehung zwischen dem Grobsand/Grus-Anteil und der Hangneigung bei Trachyt- und Tonschiefer-Rigosolen.....	14
Abb. 5	Beziehung zwischen dem Ton/Schluff-Anteil und der Hangneigung bei Trachyt- und Tonschiefer-Rigosolen.....	14
Abb. 6	Verlagerung der einzelnen Korngrößenfraktionen der Proben 3 - 8 in einem Hangprofil am Münchenberghang unter Berücksichtigung der Hangneigung, Pflanzenbedeckung und Hangform.....	15
Abb. 7	Verlagerung der einzelnen Korngrößenfraktionen der Proben 9 - 14 in einem Hangprofil am Drachenleyhang unter Berücksichtigung der Hangneigung, Pflanzenbedeckung und Hangform.....	16
Abb. 8	Der Bodenwassergehalt in drei verschiedenen Pflanzenbeständen sowie die Niederschläge und die Extreme der Lufttemperatur in der Zeit vom 20. 5. - 13. 7. 76.....	29
Abb. 9	Holzarten-Jungwuchs auf einem Hang mit abnehmender Hangneigung in Abhängigkeit von Bodenmächtigkeit und Feinkörnigkeit.....	31
Abb. 10	Temperaturschichtung über vegetationslosem Schiefergrus.....	38
Abb. 11	Temperaturschichtung im und über flachem Clematisgestrüpp, ca. 30 cm hoch.....	38
Abb. 12	Temperaturschichtung im Robinienwald.....	39
Abb. 13	Temperaturschichtung über vegetationslosem, hellem Lehm im Talgrund.....	39
Abb. 14	Temperatur und Luftfeuchtigkeit über vegetationslosem und bewachsenem Untergrund in Abhängigkeit der Windstärke.....	40
Abb. 15	Verdunstungsgang in 20 cm Höhe an drei verschiedenen Standorten.	41
Abb. 16	Veränderungen im Artengefüge von Weinbergbrachen auf basenarmen Böden im Verlauf von vier Jahrzehnten (aus: HARD, 1976)	46
Abb. 17	Das Rebgebiet an der Ley (Photo vom 12. 76).....	47
Abb. 18	Die Vegetation der Schwarzbrache am Ley-Hang (Photo vom 8. 76)..	49
Abb. 19	Brachevegetation der Drachenley (Photo vom 8. 76).....	51
Abb. 20	Baumverbreitung und Buschbewuchs am Münchenberghang.....	52
Abb. 21	Baumverbreitung und Buschbewuchs an der Drachenley.....	53

VERZEICHNIS DER KARTEN

	Seite	
Karte 1	Wirtschaftsflächen des Untersuchungsgebietes im Jahr 1976.....	5
Karte 2	Meß- und Probe-Entnahme-Stellen.....	8
Karte 3	Hangneigungskarte.....	17
Karte 4	Bodenfeuchtegang im Jahr 1976/77.....	26
Karte 5	Karte der maximal möglichen Strahlungssummen.....	35
Karte 6	Kaltluftausbildung im Untersuchungsgebiet.....	43
Karte 7	Naturräumliche Einheiten im heutigen und ehemaligen Weingebiet..	61
Karte 8	Rekultivierungs- und Flurbereinigungsplan.....	62

1. E I N L E I T U N G

1.1 Überlegungen zum Anwendungsbereich landschaftsökologischer Arbeitsweisen

Seitdem C. TROLL 1939 den Begriff Landschaftsökologie erstmals gebrauchte und definierte, gibt es eine Fülle von Beispielen unterschiedlicher Betrachtungsweisen in dieser Disziplin. Innerhalb der Geographie wurden diesbezüglich vor allem großräumige Untersuchungen durchgeführt, wobei das Arbeitsgebiet von naturräumlichen Gliederungen im Maßstab 1:50 000 bis hin zur generalisierenden Beschreibung und Abgrenzung ganzer Landschaftszonen reicht. Dabei handelt es sich fast ausschließlich um Arbeiten zur Grundlagenforschung, deren Bedeutung hier nicht bestritten werden soll, die jedoch selten praxisorientiert waren.

Legt man LESERs (1976) Unterteilung der Arbeitsweisen in eine landschaftsökologische Vorerkundung als abgrenzende Bestandsaufnahme und in eine landschaftsökologische Standortanalyse mit der Erforschung von Haushaltsprozessen innerhalb einzelner Ökosysteme zugrunde, so ist zumindest in der BRD das bisherige Betätigungsfeld der Geoökologie eher in der erstgenannten Richtung zu suchen, während die gegenseitige Beeinflussung verschiedener Ökofaktoren verstärkt durch Biologen, Bodenkundler und Forstwirtschaftler untersucht wurde.

Allen Kompetenzstreitigkeiten zum Trotz finden sich in der landschaftsökologischen Betrachtungsweise der Geographie ideale Voraussetzungen für eine unvoreingenommene Erforschung der natürlichen Gegebenheiten in Hinblick auf planungsbezogene Fragestellungen: Zum einen ermöglicht die Darstellung räumlicher Differenzierungen Aussagen über Verteilung, Lage und Ausmaß der unterschiedenen Einheiten und Vorgänge, zum anderen gestatten die zahlreichen Arbeitsrichtungen der physischen Geographie eine gleichwertige Untersuchung der bestimmenden Prozesse ohne fachspezifische Einschränkungen auf wenige Ökofaktoren.

Die Erforschung der Beeinflussung eines Gebietes durch die im unterschiedlichen Maße wirksamen Ökofaktoren Relief, Klima, Boden, Bodenwasser, Vegetation, Tierwelt und Mensch sollte für Planungsvorhaben eine selbstverständliche Voraussetzung werden. Landschaftsökologische Untersuchungen können dabei Entscheidungshilfen geben, durch die nicht nur neue Aspekte vermittelt, sondern auch Fehlinvestitionen vermieden werden können. Um so weniger verständlich erscheint es, daß der vielmals postulierten Notwendigkeit einer größeren Praxisbezogenheit der geographischen Landschaftsökologie (z.B. KLINK, 1972; LESER, 1976) in der BRD nur selten nachgekommen worden ist. Mit der vorliegenden Arbeit soll also u.a. eine praktische Wertbestimmung von Geofaktoren-Untersuchungen in einem konkreten Zusammenhang dargelegt werden.

1.2 Rückgang und heutiger Stand des Weinbaus im Siebengebirge

Das Rebgebiet am SW-Rand des Siebengebirges bildet heute den Rest eines ehemals erheblich weiter nach N reichenden Weinbauareals, das sich im 19. Jahrhundert über das Bonner Vorgebirge bis Köln sowie an der unteren und mittleren Sieg ausdehnte. Die rückläufige Entwicklung des bereits für das Jahr 966 urkundlich belegten Weinbaus im Siebengebirge fand vor allem zwischen 1850 (ca. 400 ha) und 1920 (48 ha) statt (vgl. STANG, 1962; S. 281 f). Von 1920 bis 1957 blieb die im Ertrag stehende Rebfläche weitgehend erhalten. Seither ist ein erneuter Rückgang festzustellen, der im Gegensatz zur stetigen Zunahme des Weinbaus in der gesamten BRD steht:

Tab. 1: Im Ertrag stehende Rebfläche (in ha) im Siebengebirge im Vergleich mit der gesamten BRD (1950-1975)
(Quelle: Stat. Handbuch d. BRD, 1951-1975)

	Siebengebirge			BRD		
	weiß	rot	insges.	weiß	rot	insges.
1950	38	10	48	37.366	6.232	43.598
1954	40	10	50	46.063	7.563	53.626
1958	36	6	42	47.618	7.216	54.834
1962	31	4	35	55.466	8.653	64.119
1966	27	2	29	57.918	9.017	66.935
1970	17	1	18	63.024	10.676	73.700
1974	12	2	14	72.173	10.855	83.028
1950-1974: Abnahme 71%			Zunahme 90%			

Seit der Studie von STANG (1962) ist das Anbaugebiet also nochmals beträchtlich reduziert worden. Entsprechend ist im Siebengebirge die Anzahl der Weinbaubetriebe zurückgegangen:

1950	=	133	
1960	=	61	STANG, S. 282
1964	=	31	Stat. Jahrbuch 1965
1974	=	6	eigene Erhebungen

War der Rückgang um die Jahrhundertwende vor allem auf Rebkrankheiten sowie erleichterten Wettbewerb für fremde Weine durch verbesserte Verkehrsbedingungen und Abbau der Zollschränken zurückzuführen, so sind die Ursachen der erneuten Einschränkung des Weinbauareals insbesondere in der zunehmenden Verstädterung des rechtsrheinischen Gebietes durch die Aufwertung Bonns als Bundes-Hauptstadt zu suchen. Daneben sei auf die Zunahme des Massentourismus seit Mitte der fünfziger Jahre hingewiesen (s. v. HAJDU, 1969; S. 31), der in Konkurrenz zu bisherigen Verdienstmöglichkeiten trat und damit zu einer Veränderung des Lohnkostenfaktors führte.

Zusätzlich wirkte sich die Oberalterung der Kulturen negativ auf die Ertragsleistungen der Weinbaugebiete im Siebengebirge aus, was ebenfalls den Rückgang förderte. Von 1950 bis 1974 war im Siebengebirge der Ertrag nur 44,8 hl/ha im Durchschnitt und lag damit bei 56% des Mittelwertes der BRD während des gleichen Zeitraums (80,5 hl/ha). Das überdurchschnittlich hohe Alter der Rebstöcke im Siebengebirge verdeutlicht die folgende Tabelle:

Tab. 2: Bestockte Rebflächen nach Jahr der Anpflanzung im Siebengebirge und in der BRD (Stat. Jahrbuch 1975)

angepflanzt	vor 1935	1935-44	1945-54	1955-64	1955-74
Siebengeb. (ha)	3	2	2	5	2
Siebengeb. (%)	22	14	14	36	14
BRD (%)	6	4	13	36	46

Demnach ist im Siebengebirge die Hälfte der Rebstöcke vor mehr als 20 Jahren angepflanzt worden, in der gesamten BRD dagegen weniger als ein Viertel.

Auch die Güte des Mostes liegt etwas unter dem Bundesdurchschnitt, wobei die älteren Rebstöcke zwar ertragsschwächer sind, sich jedoch gerade in guten Jahren durch recht hohe Oechsle-Grade auszeichnen.

Tab. 3: Durchschnittliche Güte des Mostes im Siebengebirge und in der BRD (1961-70)
(Stat. Jahrbuch 1962-71)

	sehr gut	gut	mittel	gering	sehr gering
Siebengebirge %	3,5	32,6	45,0	17,8	1,1
BRD %	10,6	37,1	37,4	12,7	2,2

Nach HOFFMANN (1977, S. 187) sind die Weine des unteren Mittelrheins als "frisch, mild bis herb-saftig, duftig und blumig" zu bezeichnen. Als Spezialität gilt der Spätburgunder "Drachenblut" vom Drachenfels-Trachyt. Insgesamt werden die noch bestehenden Weinflächen am Siebengebirge vom Riesling beherrscht, im weiten Abstand gefolgt von Müller-Thurgau und Silvaner.

Der beschriebene Entwicklungsablauf verdeutlicht, daß der Rückgang des Weinbaus im Siebengebirge nicht unbedingt auf seine nördliche Grenzlage, also nicht auf eventuelle ungünstigere natürliche Gegebenheiten zurückzuführen ist, sondern vielmehr sozio-ökonomische Ursachen hat.

2. ABGRENZUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES UND DES THEMAS

2.1 Lage und Alter der Brachflächen

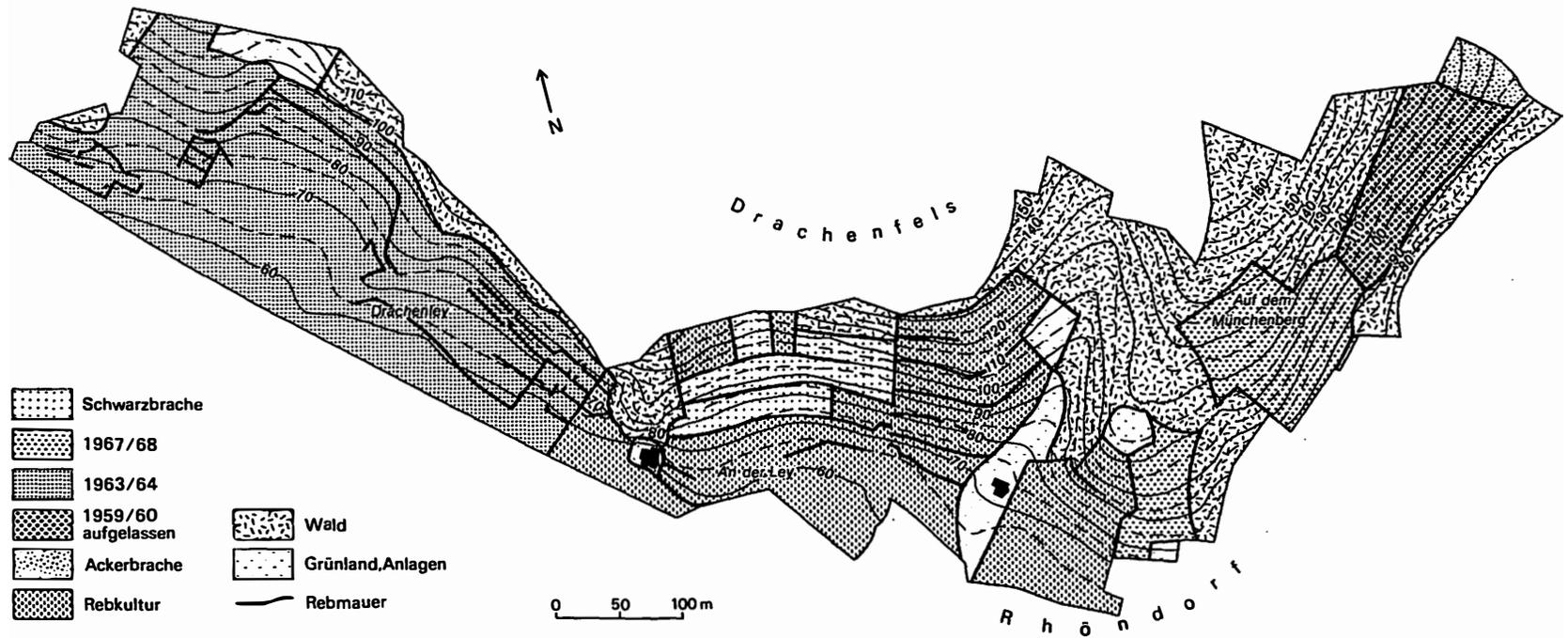
Das in Karte 1 vorgestellte Untersuchungsgebiet liegt am Hangfuß des Drachenfels-Südabfalles. Es umfaßt einen Geländeabschnitt, der bis 1959 als zusammenhängendes Weinbaugebiet von der Drachenley im NW bis in das Rhöndorfer Tal im E reichte. Ein Vergleich der beiden Abbildungen 1 und 2 zeigt, daß 1957, also vor knapp zwanzig Jahren, die Rebkulturen am Drachenfels noch rund dreimal mehr an Fläche einnahmen.

Bis zu dem schlagartigen Rückgang des Weinbaus Anfang der sechziger Jahre kam es am Drachenfels zu regelmäßigen Meliorationen, wobei noch nach 1957 neue Gebiete in die Kulturflächen einbezogen wurden. Dies betrifft insbesondere den flachen Hangfuß an der Ley, wo kleine Obstgärten in das Rebgebiet einbezogen wurden.

Die einzelnen Stadien des Brachfallens sind in Karte 1 dargestellt. Auch die heutige Schafweide, die in der Luftbildskizze (Abb. 3) mit Rüdnet bezeichnet ist, sowie das ebenfalls in Abb. . gekennzeichnete Robinienwäldchen zwischen den beiden jüngeren Weinbergbrachen auf dem Münchenberge lieferten noch Ende der fünfziger Jahre Qualitätsweine. Während die Rüdnet-Weide mit einer angedeuteten Zeilung des Bodens den ehemaligen Weinanbau weithin sichtbar macht, erinnern in dem bezeichneten Waldstreifen mit seinen über 10 m hohen Robinien nur noch vereinzelte Weinstöcke an die früheren Rebkulturen. Letzteres Beispiel zeigt, daß die Sekundärvegetation unter günstigen natürlichen Voraussetzungen recht schnell zu einer relativ dichten selbständigen Wiederbewaldung führen kann. Dies darf jedoch keineswegs auf die übrigen Brachflächen übertragen werden, wie die Untersuchungsergebnisse zur Vegetationsdynamik zeigen werden.

Um das Maß der anthropogenen Veränderungen im Vergleich zu den natürlichen Gegebenheiten herauszustellen (z.B. Veränderungen der Bodenfaktoren), wurden neben den Weinbergbrachen auch umgebende Waldgebiete in die Untersuchung einbezogen. Weiterhin wurde zum Vergleich eine kleine Fläche östlich der Münchenbergbrache untersucht, auf der Ende der vierziger Jahre für kurze Zeit Kartoffeln angebaut wurden (vgl. Luftbildskizze und Karte 1. Die Probeentnahme - bzw. Meßstellen sind in Karte 2 eingetragen). Schließlich ermöglichte die seit rund zwei Jahren bestehende Schwarzbrache an der Ley, Anfangsstadien der Pflanzensukzessionen sowie erste Veränderungen landschaftshaushaltlicher Prozesse nach Brachfallen der Weinberge zu rekonstruieren.

Das gesamte Untersuchungsareal hat eine Fläche von 22,6 ha, wovon 15,5 ha ehemaliges und heutiges Weinbaugebiet sind (vgl. auch Tab. 4). Die bislang vorgesehenen Flurbereinigungsmaßnahmen umfassen mit Ausnahme der östlichen Münchenbergbrache das gesamte Weinbaugebiet, also ca. 14,5 ha, wovon die im Jahre 1976 bearbeiteten Rebflächen nur 6,3 ha ausmachten.



Karte 1 Wirtschaftsflächen des Untersuchungsgebietes im Jahr 1976

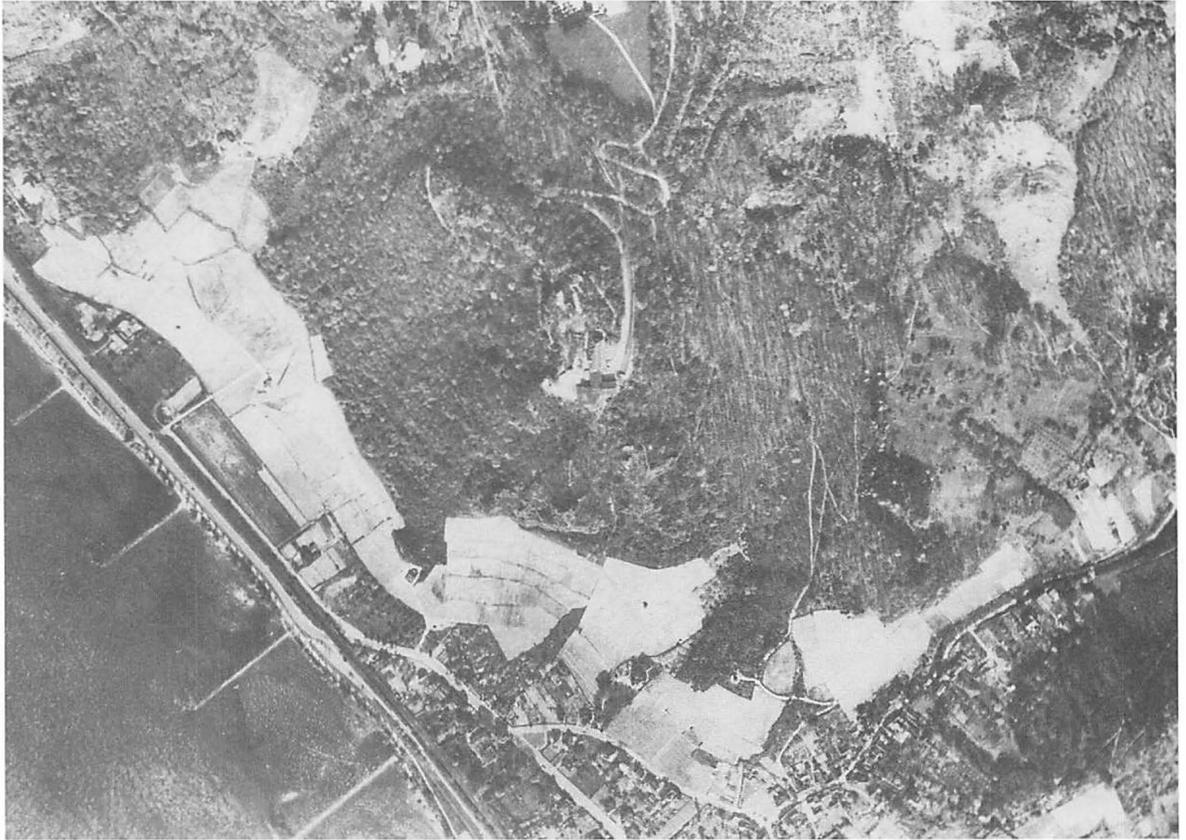


Abb. 1: Luftbild des Untersuchungsgebietes aus dem Jahre 1957. Das Weinbauareal umfaßt noch einen nahezu zusammenhängenden Bestand am Südfuß des Drachenfels.

Abb. 2: Luftbild des Untersuchungsgebietes aus dem Jahre 1973. Im Westen und Osten sind bereits seit mehreren Jahren die Drachenley und der Münchberg brach.

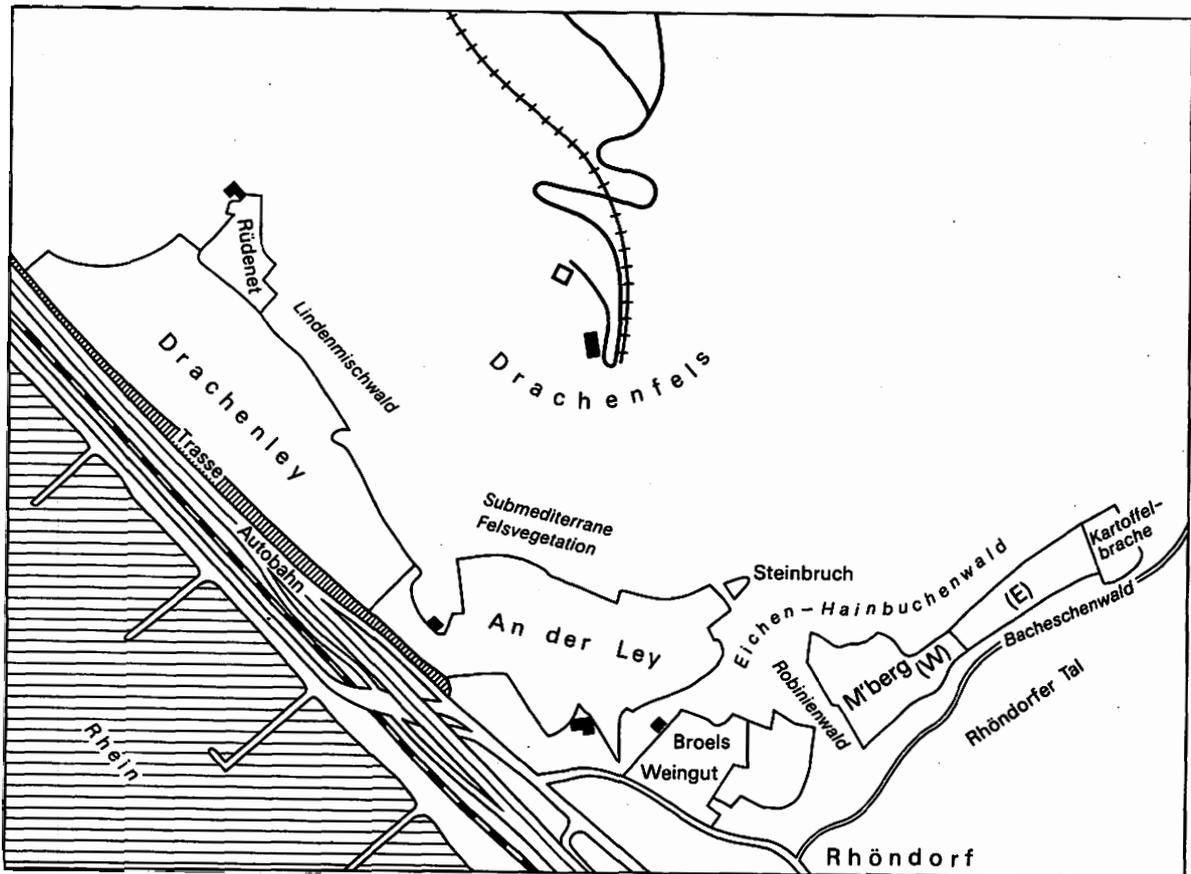
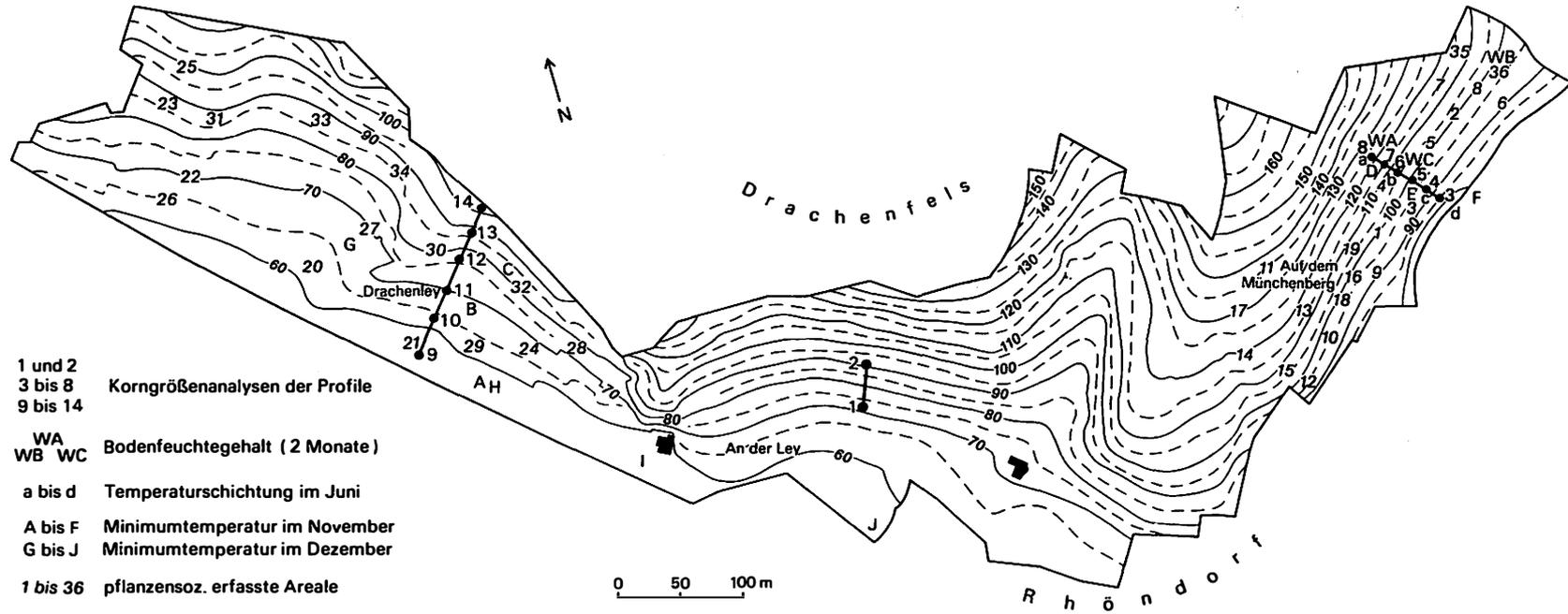


Abb. 3: Luftbildskizze zu Abb. 2.



Karte 2 Meß- und Probe-Entnahme-Stellen

2.2 Fragestellung und Ausrichtung der Arbeit

Da mittlerweile die Rekultivierung eines Großteils der Weinbergbrachen am Drachenfels feststeht, soll in dieser Arbeit nicht erörtert werden, inwiefern die bereits getroffene Entscheidung in sozio-ökonomischer Hinsicht sinnvoll ist.

Nach der näheren Beschreibung der Ausgangssituation in den vorherigen beiden Kapiteln hätten jedoch für planerische Maßnahmen auf den Weinbergbrachen am Drachenfels folgende grundsätzliche Überlegungen in Betracht gezogen werden können:

1. Freigabe für die Bebauung:

Diese Entscheidung wäre in vieler Hinsicht die unpopulärste und unattraktivste Möglichkeit gewesen. Daneben stößt die Oberbauung des Geländes zum Teil auf nahezu unüberwindbare Schwierigkeiten bezüglich der Terrainverhältnisse (Steilhänge der Münchenbergbrache). Die übrigen Gebiete fallen allesamt in den Bereich des Naturschutzgebietes Siebengebirge und kommen daher ebenfalls für eine mögliche Ausweitung der Siedlungsfläche nicht in Frage.

2. Beibehalten des gegenwärtigen Zustandes:

Zahlreiche Untersuchungen während der letzten Jahre führten zu dem Ergebnis, daß Brachflächen in den meisten Fällen in ökologischer Sicht erheblich stabilere Verhältnisse aufweisen als landwirtschaftlich genutzte Flächen (vgl. BIERHALS u. SCHARPF, 1971; BIERHALS, 1976). Ebenso konnte festgestellt werden, daß Erholungswert und Attraktivität der Brachflächen von "potentiellen Benutzergruppen" keineswegs negativ beurteilt werden (NOHL, 1976). Insofern scheinen Überlegungen überholt, die - als extremstes Beispiel - in der Sozialbrache den Niedergang einer wertvollen Kulturlandschaft sehen. Andere Berücksichtigungsmaßstäbe müßten allerdings angelegt werden, falls es sich um labile ökologische Verhältnisse handeln würde, wie z.B. Ödland (s.u.).

3. Wiederaufnahme der landwirtschaftlichen Nutzung:

Da das Untersuchungsgebiet für Ackerbau und Viehwirtschaft ungeeignet ist (steile Hänge, trockene und steinige Böden etc.) und vor allem eine entsprechende Nutzung nicht gefragt ist, kann lediglich eine Rekultivierung der ehemaligen Weinberge in Frage kommen. Damit würde ein landschaftlicher Aspekt vermittelt werden, der den Westabfall des Siebengebirges jahrhundertlang bestimmte. Für Erholungssuchende könnten sich die erforderlichen Flurbereinigungsmaßnahmen vorteilhaft auswirken (z.B. zusätzliche Erschließung des touristisch stark frequentierten Gebietes). Ob die ansässige Bevölkerung allerdings an einer möglichen Ausweitung des Fremdenverkehrs interessiert ist, muß bezweifelt werden, zumal die Rekultivierungsmaßnahmen an den Weinbergen sehr kostenaufwendig sind.

Für die beschlossene Wiederaufnahme der weinbaulichen Nutzung liegt bereits ein vorläufiger Flurbereinigungsplan des Landesamtes für Agrarordnung vor. Als erster Schritt wurde Anfang 1977 mit Planierungsarbeiten des bewirtschafteten Weinberges der südlichen Drachenley begonnen, entsprechende Arbeiten folgten Ende 1977 im nördlichen Abschnitt desselben Gebietes.

Mit der Untersuchung der Brachgebiete in der Drachenley und am SE-Hang des Münchenberges bieten die vorliegenden Ergebnisse bodenkundlicher, klimatischer und vegetationskundlicher Beobachtungen und Messungen die Möglichkeit, naturräumliche Einheiten auszuscheiden und hinsichtlich ihrer Eignung für den zukünftigen Weinbau zu bewerten. Außerdem werden zweckmäßig erscheinende Maßnahmen zur Verbesserung der Standortqualitäten vorgeschlagen.

Daneben geben die durchgeführten Analysen entscheidender Ökofaktoren Aufschluß über die Veränderungen von Partialkomplexen in den brachgefallenen Weinbaugebieten. Gegebenenfalls kann also die in der Arbeit dargestellte zukünftige Entwicklung einzelner Faktoren und Wirkungszusammenhänge als Grundlage für Steuerungsmaßnahmen herangezogen werden, die ähnlich strukturierte Weinbergbrachen in der Nähe des Untersuchungsgebietes betreffen (z.B. Oberdollendorf, Königswinter oder Rheinbreitbach).

Die Feldarbeiten zu dieser Arbeit wurden im Sommer und Herbst 1976 durchgeführt. Zwar mußte auf Grund der raschen Materialsammlung, deren Ergebnisse möglichst bald der Planung vorliegen sollten, auf langandauernde Meßreihen und ein dichtes Netz an Meßpunkten verzichtet werden. Dazu kommt, daß Meßinstrumente nur im begrenzten Umfang zur Verfügung standen und lediglich für kurze Zeitabschnitte wahrgenommen werden konnten.

Andererseits soll die Arbeit zeigen, daß auch zeitlich befristete Vergleichsmessungen durchaus eine quantitative Kennzeichnung zahlreicher Systemfaktoren und -komplexe gestatten (vgl. dazu LESER, 1972, S.4). Dies mag nicht zuletzt in Hinblick auf besonders ehrgeizige Projekte der physischen Geographie gesehen werden, bei denen Fragen nach einer verantwortbaren Relation zwischen zeitlichem bzw. finanziellem Aufwand und den zu erwartenden Ergebnissen an Bedeutung zu verlieren scheinen.

3. DIE BODENDYNAMIK DER WEINBERG-RIGOSOLE

3.1 Vorbemerkungen zu den Bodenuntersuchungen

ZAKOSEK (1961) weist auf die große ökologische Streubreite europäischer Rebsorten in Bezug auf die Böden hin. Entsprechendes gilt auch für die Nachfolge-Vegetation der Weinbergbrachen. Sie zeigt weitgehend thermophilen Charakter, wobei zahlreiche typische Arten sowohl auf kalkhaltigen als auch auf sauren Böden gleich stark vertreten sind. So wird die ökologische Varianz der Weinrebe viel stärker durch das (Gelände-) Klima als durch das Ausgangsgestein bestimmt. Es geht im folgenden also weniger darum, inwiefern die Böden am Drachenfels grundsätzlich für den Weinbau geeignet sind. Die Bodenuntersuchungen sollen vielmehr eine Grundlage für die Unterlagen- bzw. Rebsortenauswahl und für Schutzmaßnahmen gegen Haushaltsstörungen wie Bodenerosion und Austrocknung bilden. Entsprechend behandelt der erste Abschnitt der Betrachtungen den Bodenabtrag und seine Beeinflussung durch Außenfaktoren wie Vegetationsbedeckung oder Hangneigung sowie durch bodeneigene Faktoren wie Bodenart und Bodenstruktur. Der zweite Abschnitt befaßt sich mit den Nährstoffverhältnissen, während in einem dritten Teil die Bodenfeuchte angesprochen wird. Eine abschließende Darstellung der wechselseitigen Beziehungen zwischen bestimmten entscheidenden Faktoren faßt die Hauptmerkmale der Böden im Untersuchungsgebiet zusammen.

Physikalische und auch chemische Eigenschaften der Böden stehen in Hinblick auf die beabsichtigte Nutzung also eher im Vordergrund der Untersuchungen als Klassifikations- und Abgrenzungskriterien nach geographischem Muster.

Bei den anschließenden Ausführungen werden die Böden als Trachyt-Rigosole und Schiefer-Rigosole einander gegenübergestellt (zur Nomenklatur vgl. Kartieranleitung der Arbeitsgemeinschaft Bodenkunde, 1971, S.131). Die Grenze zwischen den beiden Ausgangsgesteinen verläuft ungefähr vom Steinbruch (s. Luftbilder und Abb. 3) aus in N-S-Richtung über den S-Hang des Münchenberges: Drachenley und Ley fallen demnach in das Trachytgebiet, die Münchenbergbrache in das Schiefergebiet. Broels Weingut liegt zwar zum größeren Teil auf Trachyt, im oberen Abschnitt des Münchenberg-Südhanges stehen im Untergrund jedoch schon Tonschiefer an. Im e Teil der Ley ist der Schieferanteil auf anthropogene Auflagerungen zurückzuführen (Schutz gegen Feinmaterialabtrag und "verbesserung" des Mikroklimas, s.u.). Hierzu wurde das Material z.T. aus dem erwähnten Steinbruch herangeschafft.

3.2 Die Hangneigung und ihre Auswirkung auf den Bodenabtrag

Da die Klimabedingungen für den Weinbau am Mittelrhein nicht optimal sind, werden für die Anlage von Rebkulturen mehr oder weniger stark geneigte Hänge in südlichen Richtungen bevorzugt. Die günstigsten Strahlungsbedingungen weisen S-Hänge mit einem Neigungswinkel von 25° - 30° auf (vgl. Kap. 4.1.). Starke Hangneigungen wirken sich jedoch nachteilig auf die Bodenfeuchtigkeit aus (vgl. Kap. 3.5) und haben vor allem einen erhöhten Bodenabtrag zur Folge. Die Hangneignungsverhältnisse im Untersuchungsgebiet zeigt Karte 3. Der Flächenanteil an den verschiedenen Gruppen ist für die einzelnen Teilgebiete in Tab. 4 zusammengestellt. Die Einteilung in Hangneigungsgruppen wurde in Anlehnung an das System von KUGLER (1964) vorgenommen. Da in der Häufigkeitsverteilung das Untersuchungsgebiet einen hohen Anteil an Hängen zwischen 16° - 36° aufweist, wurde für diesen Bereich eine weitere Untergliederung vorgenommen:

0° - 3°	= eben bis schwach geneigt
3° - 8°	= mäßig geneigt
8° - 16°	= stark geneigt
16° - 26°	= mäßig steil
26° - 36°	= steil
36°	= übermäßig steil

Karte und Tabelle verdeutlichen die unterschiedliche Verteilung der Hangneigungsgruppen in den ehemaligen und heutigen Weinbauflächen der drei Teilgebiet. Danach sind die Weinbergbrachen am Münchenberg am steilsten; ähnliche Verhältnisse weist auch das Rebgebiet der Ley auf, während das Brachgebiet der Drachenley im Durchschnitt erheblich flacher geneigt ist.

Den bereits erwähnten Einfluß der Hangneigung auf die Oberflächenabspülung erklärt G. RICHTER (1965) wie folgt: " Da die Bewegungsenergie des Wassers mit der Abfluggeschwindigkeit quadratisch zunimmt, wird es erklärlich, daß die Schleppekraft des Wassers bei steigendem Hangneigungswinkel enorm zunimmt. Daraus resultiert aber auch, daß schon bei gering abnehmenden Hangneigungswinkel ein Teil des in der Suspension mitgeführten Bodens wieder abgelagert werden muß." Eine erhöhte bis starke Abtragung stellt RICHTER (s.251) "... im Bereich der klimatisch stark bevorzugten und daher im Weinbau ... intensiv genutzten steilwandigen Täler" des

Tab. 4: Der Flächenanteil verschiedener Hangneigungen im Untersuchungsgebiet (in ha und %)

	Untersuchungs- gebiet	Drachenley	Ley	Münchenberg
Gesamtfläche	22,60 ha	7,36 ha	6,84 ha	8,40 ha
Rebland	15,48 ha	6,36 ha	5,40 ha	3,72 ha
8°	1,90 ha	0,94 ha	0,64 ha	0,32 ha
8° - 16°	4,14 ha	3,10 ha	0,76 ha	0,28 ha
16° - 26°	5,36 ha	2,16 ha	1,76 ha	1,44 ha
26° - 36°	3,83 ha	0,16 ha	2,11 ha	1,56 ha
36°	0,25 ha	-	0,13 ha	0,12 ha
8°	12,3 %	14,8 %	11,8 %	8,6 %
8° - 16°	26,7 %	48,7 %	14,1 %	7,5 %
16° - 26°	34,6 %	34,0 %	32,6 %	38,7 %
26° - 36°	24,8 %	2,5 %	39,1 %	42,0 %
36°	1,6 %	-	2,4 %	3,2 %

Mittelrheintales fest. So erwähnt er auch speziell die Rebhänge des Siebengebirges (S. 117), von denen nach heftigen Dauerregen, bei denen innerhalb von drei Tagen 112 mm N fielen (2. - 4.6.1961, Bonn), schwere Abspülungsschäden gemeldet wurden.

In Abhängigkeit der bodenphysikalischen Voraussetzungen wirken sich Gefällsunterschiede je nach Substrat differenzierend auf den Oberflächen-Abfluß aus: während auf skelettreichem Schiefer-Verwitterungsmaterial bei regelmäßig bearbeiteten Äckern der kritische Hangneigungswinkel im Durchschnitt bei 13° liegt (G. RICHTER, 1965, S.104), dürfte er für verwittertes Trachytmaterial einen etwas höheren Wert aufweisen.

Mehr oder weniger steil geneigte Hänge sind die Grundvoraussetzung für Abspülvorgänge. Eine Modifikation des Oberflächen-Abflusses wird durch weitere Faktoren bewirkt:

- Hangform und Hanglänge. Akkumulationen sind nicht nur bei geringen absoluten Hangneigungswinkeln, sondern bereits bei geringfügigen relativen Verflachungen am Hang festzustellen (s.u. sowie Abb. 6). Während der Einfluß des Hangprofils, das sich aus konvexen, konkaven oder gestreckten Hangabschnitten zusammensetzen kann, weitgehend geklärt ist, wird die Abhängigkeitsgröße der Abfluß- und Abtragungsprozesse von den jeweiligen Gesamtflächen gleichartig geneigter Einzugsgebiete in einem längerfristigen Forschungsprojekt gegenwärtig noch untersucht (G. RICHTER, 1975).
- Vegetationsbedeckung. Den bei BIERHALS (1976) zusammengestellten Ergebnissen verschiedener Autoren zufolge ist ein zunehmender Oberflächenabfluß in der nachstehenden Reihenfolge zu erwarten:
Laubwald → Wiese → Nadelwald → bearbeiteter Acker → Weide → Hackfruchtanbau in Reihen (entspricht Weinbau) → lückig bewachsener bis nackter Boden.

- Niederschlagsintensität und Schneeschmelze. Abspülvorgänge treten vorwiegend bei anhaltenden Dauerregen sowie bei Starkregen auf, die meistens mit Gewittern verbunden sind. Neben der Niederschlagsintensität spielt für die Zerschlämmung des Bodens und den Bodentransport die Tropfengröße und der Tropfendurchmesser eine Rolle (Prall- und Plantschwirkung). - Rasch verlaufende Schneeschmelzen verursachen ebenfalls Bodenabschwemmungen. Dies trifft vor allem auf Witterungsabläufe zu, bei denen nach längeren Frostperioden der Oberboden gefroren ist, so daß nach anschließenden Schneefällen und plötzlich einsetzenden Schneeschmelzen ein hoher Prozentsatz des Schmelzwassers noch oberflächlich abfließt. Vor allem in den Mulden gezeilter Böden kann der Abtrag durch Schneeschmelze beachtliche Werte erzielen.
- Infiltrationsgeschwindigkeit. Die Infiltrations- oder Einsickerungskapazität der Böden bestimmt sowohl bei starken Niederschlägen als auch bei Abschmelzvorgängen das Abflußverhalten des Wassers. Diesbezüglich wirken sich ein hoher Skelettanteil und ein großes Porenvolumen mit überdurchschnittlicher Grobporenverteilung positiv auf die Einsickerung aus. - Da in der kühlen Jahreszeit der Boden eine höhere Wassersättigung aufweist als im Sommer, ist wegen der geringeren Infiltrationsrate die Oberflächenabspülung im Winter häufiger, jedoch nicht unbedingt stärker

3.3 Die Korngrößenverteilung als Maß für die Materialumlagerung

Da die direkte Messungen zur Ermittlung des Bodenabtrages mit Leitblechen und Auffangbehältern wegen der im Untersuchungsgebiet seltenen Fälle mit Oberflächenabfluß über mehrere Jahre durchgeführt werden müssen, kann hier nur eine qualitative Beurteilung der Abtragungsverhältnisse mit Hilfe der Korngrößenverteilung gegeben werden. Diese Methode geht davon aus, daß unter anderem Feinmaterial an der Oberfläche steiler Hänge ausgespült und auf Verflachungen wieder abgelagert wird. Besonders betroffen sind Korngrößen zwischen 0,2 und 0,06 mm, also die Feinsandfraktionen, da sie schon bei relativ niedrigen Fließgeschwindigkeiten von 10 - 20 cm/sec fortgeschwemmt werden können (RICHTER, 1965, S.85).

Sowohl über Trachyt als auch über Schiefer sind im Untersuchungsgebiet zwei Minima in der prozentualen Korngrößenverteilung zu erkennen (vgl. Tab. 5), nämlich bei den Fraktionen $< 2 \mu\text{m}$ sowie zwischen 0,2 und 0,063 mm (Ausnahme = Probe 9). Der Anteil besonders erosionsanfälligen Feinsandes ist also im Untersuchungsgebiet ziemlich gering, so daß die beiden Fraktionen für die Ermittlung der Abtragsgefährdung nicht herangezogen werden können. Jedoch werden bei Hangneigungen von über 20° auch die verlagerungsresistenteren Schluffkomponenten einerseits sowie die Grobsandanteile andererseits von der Abtragung betroffen.

Bei einem Vergleich der beiden Brachgebiete können für die Trachytböden der Drachenley andere Abtragungswerte erwartet werden als für die Schiefer-Rigosole des Münchenberges, die z.B. durch Unterschiede in den Kornformen und Aggregatzuständen verursacht werden. Diese Überlegung wird durch vergleichende Gegenüberstellungen bestätigt: während für die Tonschiefer durchaus eine Abhängigkeit der Korngrößenverteilung von der Hangneigung sowohl für die Fraktionen unter $63 \mu\text{m}$ festzustellen ist, zeigen die Trachytproben kaum eine entsprechende Beziehung zur Hangneigung (s. Abb. 4 und 5).

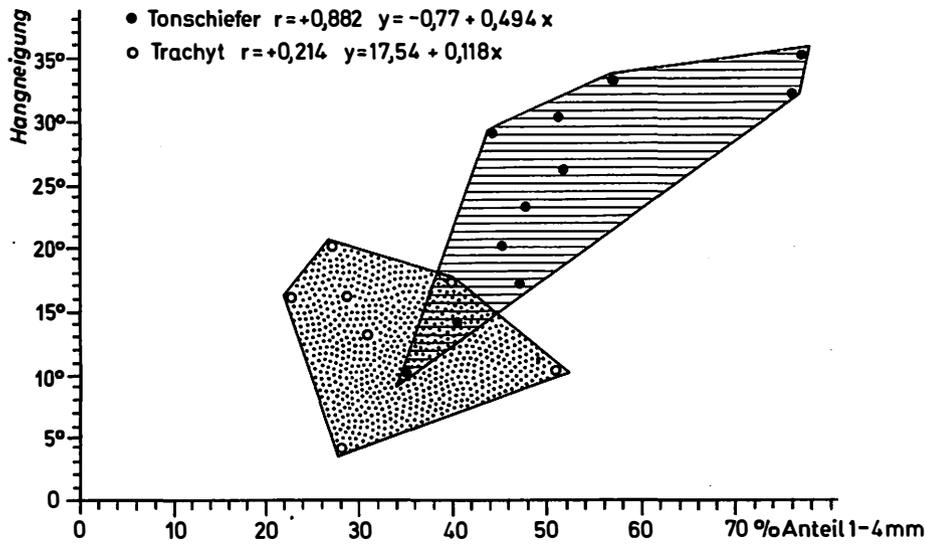


Abb. 4: Beziehung zwischen dem Grobsand/Grus-Anteil und der Hangneigung bei Trachyt- und Tonschiefer-Rigosolen.

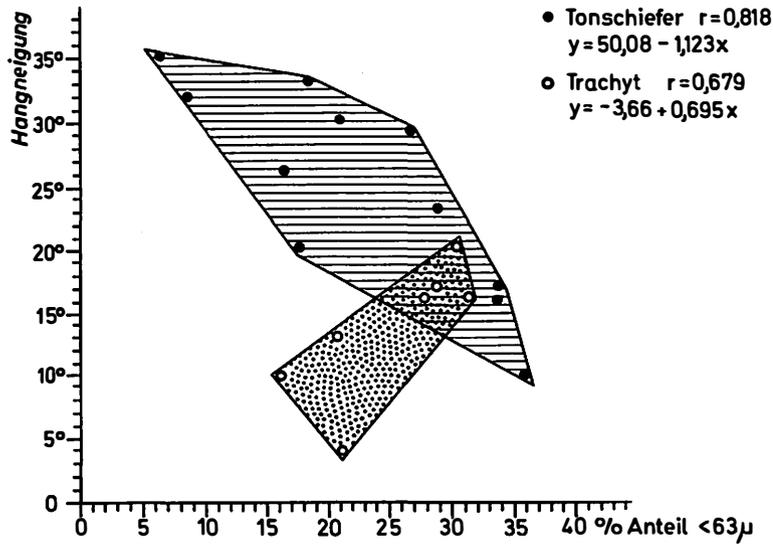


Abb. 5: Beziehung zwischen dem Ton/Schluff-Anteil und der Hangneigung bei Trachyt- und Tonschiefer-Rigosolen. (Punktirtes Feld: Bereich der Proben über Trachytmaterial. Liniertes Feld: Bereich der Proben über Schieferuntergrund).

Tonschiefer

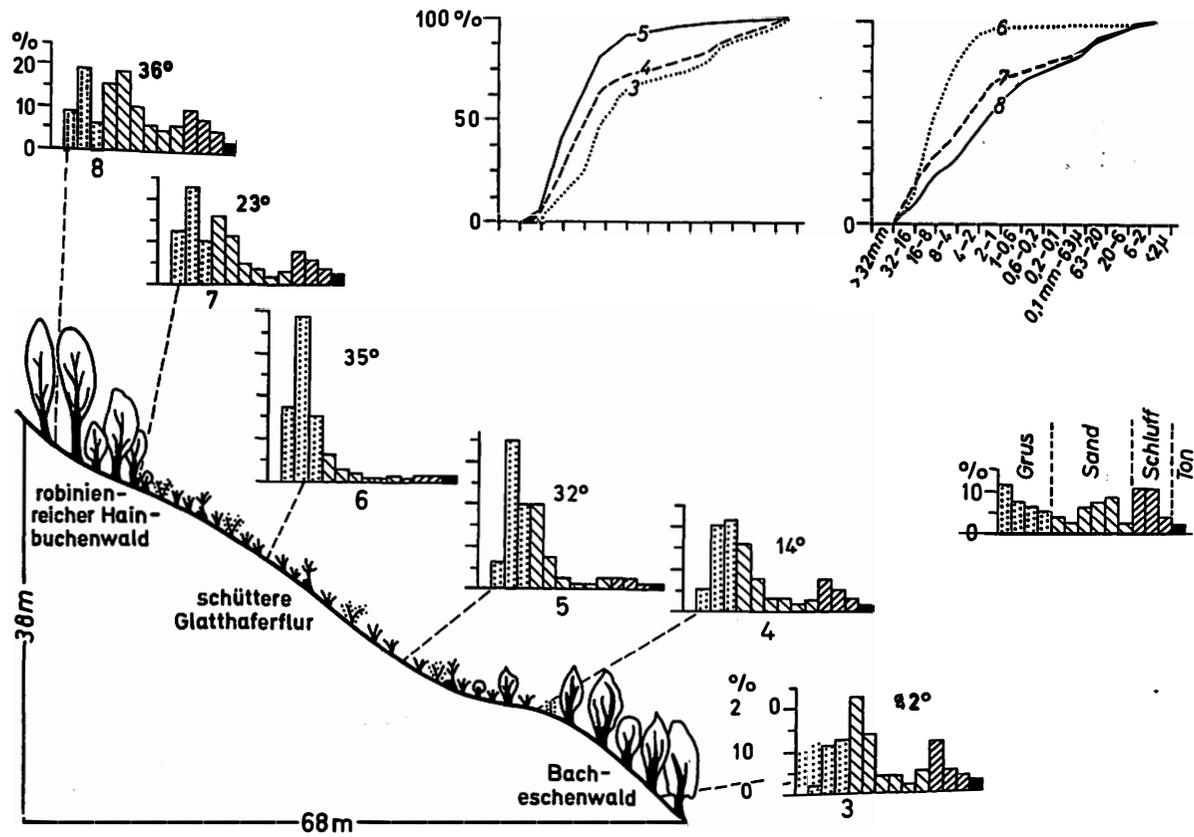


Abb. 6: Verlagerung der einzelnen Korngrößenfraktionen der Proben 3 - 8 in einem Hangprofil am Münchenberghang unter Berücksichtigung der Hangneigung, Pflanzenbedeckung und Hangform

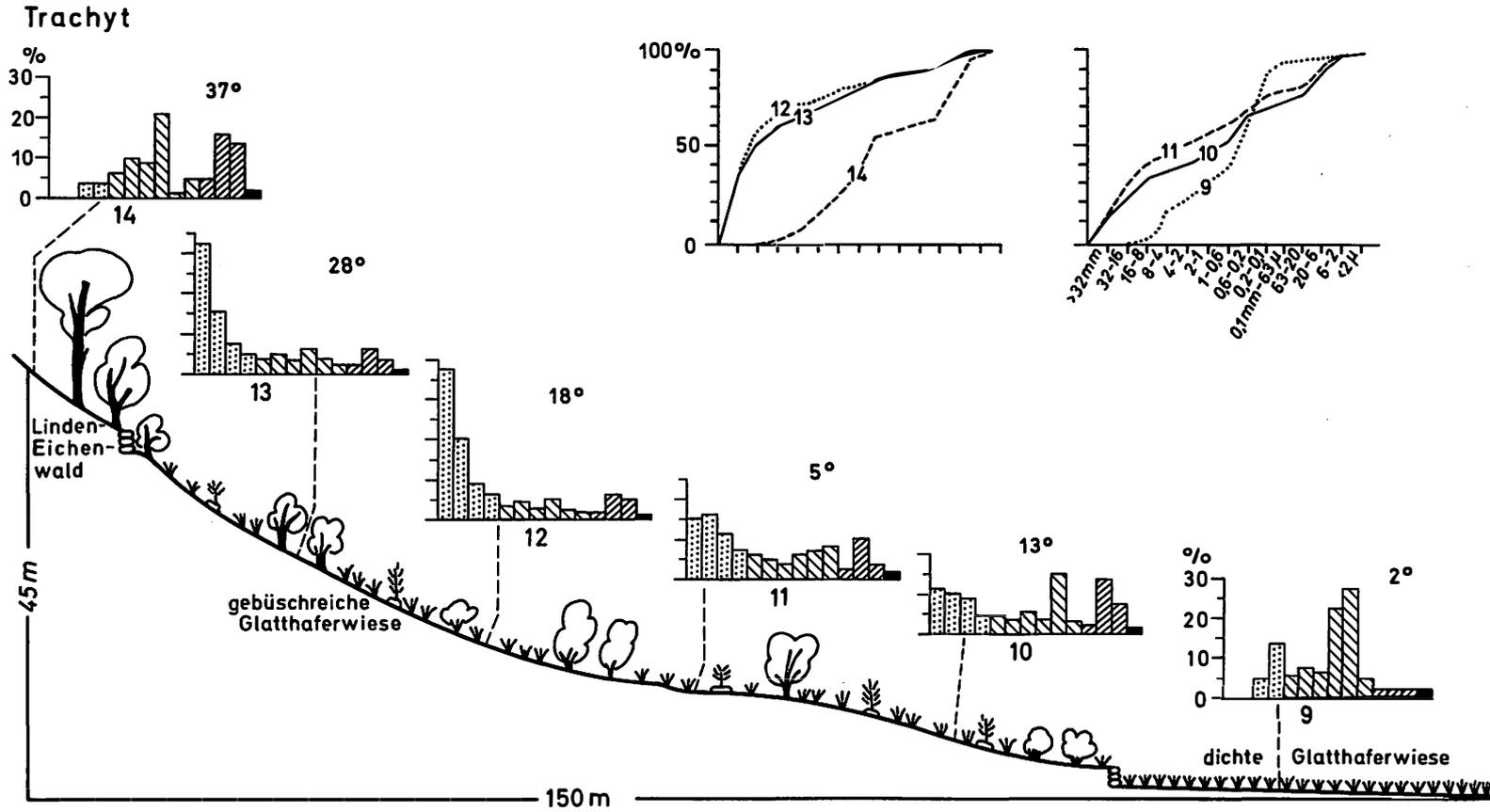
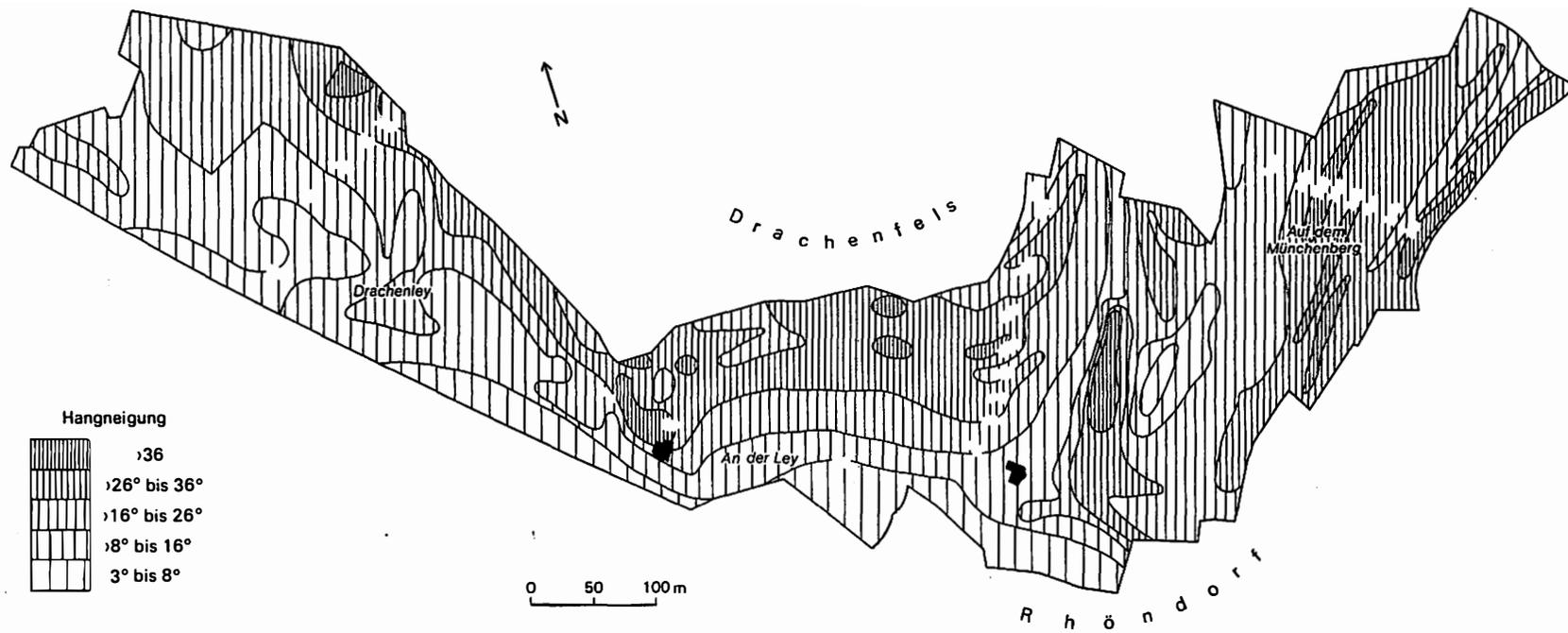


Abb. 7: Verlagerung der einzelnen Korngrößenfraktionen der Proben 9 - 14 in einem Hangprofil am Drachenleyhang unter Berücksichtigung der Hangneigung, Pflanzenbedeckung und Hangform



Karte 3 Hangneigungskarte

Tab. 5: Korngrößenverteilung von 14 Oberflächen-Bodenproben aus 5 cm Tiefe

Proben-Nr., Neigung	>32 mm	32-16 mm	16-8 mm	8-4 mm	4-2 mm	2-1 mm	1-0,6 mm	0,6-0,2 mm	0,2-0,1 mm	0,1-63 mm - ^	63-20 ^	20-6 ^	6-2 ^	<2 ^	
TONSCHIEFER															
8	36°	-	8,17	16,01	6,64	13,16	15,48	9,10	6,75	2,71	4,20	8,00	5,51	2,49	1,78
7	23°	-	13,17	22,57	9,21	14,94	11,24	4,72	3,88	1,87	2,69	6,28	4,23	2,84	2,36
6	35°	-	15,52	38,23	24,50	14,16	5,13	1,49	1,10	0,49	0,70	0,66	0,45	0,26	0,22
5	32°	-	6,19	36,43	20,64	20,41	7,60	2,46	1,56	0,58	0,86	1,39	0,99	0,53	0,40
4	14°	-	5,74	20,84	21,95	16,64	7,59	2,86	2,70	1,66	2,92	7,22	4,64	2,92	2,41
3	42°	-	2,39	10,90	13,53	23,11	15,05	4,08	4,05	2,72	4,44	9,47	5,72	2,37	1,77
TRACHYT															
14	37°	-	-	3,14	3,46	7,19	10,53	9,31	23,64	2,55	0,39	5,60	17,42	15,63	1,14
13	28°	34,62	17,47	8,90	5,58	3,71	4,26	3,59	6,20	2,93	1,85	1,37	6,12	3,40	-
12	18°	37,89	21,73	8,70	4,71	2,78	3,09	2,46	4,31	2,30	1,11	1,22	5,67	3,82	0,11
11	5°	16,12	16,60	11,54	6,90	5,62	4,57	4,01	6,07	7,56	2,39	2,13	10,49	5,41	0,59
10	12°	12,02	10,97	10,08	4,55	4,27	5,43	4,67	14,78	4,83	2,70	1,57	13,61	8,61	1,91
9	2°	-	-	3,59	14,96	5,51	8,31	7,03	22,86	28,91	5,46	0,70	1,31	1,17	0,19
TRACHYT															
2	29°	-	23,84	16,27	8,09	4,16	5,63	5,74	10,17	4,52	4,67	9,99	5,01	1,27	0,68
1	6°	-	20,73	15,81	7,57	6,95	8,05	6,20	9,70	4,03	3,89	8,18	6,82	1,53	0,51

= Abnahme um 10 - 30 %

= Abnahme um mehr als 30 %

= Zunahme um 10 - 30 %

= Zunahme um mehr als 30 %

Das insgesamt geringere Gefälle auf der Drachenley kann sicherlich nicht als alleinige Ursache für diese Unterschiede angesehen werden, denn auf ehemaligem Weingelände mit einer Neigung von immerhin 28° (Probe 13) wäre im Vergleich mit einem relativ abspülungssicheren Standort von nur 5° Neigung (Probe 11) oder mit einer Hochwaldbestockung ein wesentlich geringerer Schluffanteil zu vermuten. Ebenso sprechen die geringen Unterschiede in der Korngrößenverteilung bei den Proben 1 und 2 an dem nur spärlich bewachsenen Trachyt-Hangprofil der Ley (s. Tab. 5), das zwischen 6° am Hangfuß und 29° im mittleren Abschnitt geneigt ist, gegen eine wesentliche Erhöhung der Abtragungsgefahr auf stark geneigten Hängen.

Im krassen Gegensatz dazu stehen die Weinbergböden am Münchenberge; hier ist an einigen Stellen bei Gefällen von mehr als 30° das Feinmaterial bis in 10 cm Bodentiefe nahezu vollständig abgespült (s.u.).

Inwiefern sich Vegetationsbedeckung, Hangneigung und Hangform auf Umlagerungsprozesse des Bodenmaterials auswirken können, wird in Abb. 6 und 7 sowie Tab. 5 eingehender demonstriert. Hierfür wurde bei insgesamt 14 Proben zusätzlich das Bodenskelett differenziert. Um die Korngrößenverteilung des Grus zu bestimmen, war es erforderlich, Proben von mindestens fünf Kilogramm zu sieben, damit der Anteil zufällig auftretender überdurchschnittlich schwerer Steine repräsentativer wurde.

Während unmittelbar oberhalb der Weinbergbrache am Münchenberghang im robinienreichen Wald wegen des Interzeptionsverlustes auch bei starken Niederschlägen trotz der beachtlichen Hangneigung Probe 8 eine relativ gleichmäßige Verteilung der Korngrößen zeigt (vgl. Kurve 8 in Abb. 6), ist unterhalb einer nur ganz schwach angedeuteten Waldrandstufe bei Probe 7 schon eine prozentuale Abnahme der Fraktionen zwischen 2 mm und $6\ \mu\text{m}$ festzustellen. Bis zur Entnahmestelle der Probe 6 im nur locker bewachsenen, konvexen Hangteil nimmt der Gehalt aller Korngrößen zwischen $2\ \mu\text{m}$ und 2 mm weiter ab, also auch der Feinschluff- und Tonanteil. Das Bodenskelett ist dafür in diesem Bereich mit einem absoluten Maximum von über 92 % vertreten (vgl. Kurve 6, Abb. 6). Obwohl der Hangneigungswinkel an der Entnahmestelle von Probe 5 noch immer 32° beträgt, kommt es an diesem konkaven Hangteil schon zu einer leichten Anreicherung der Korngrößen bis 4 mm. Eine deutliche Akkumulation vor allem der Fraktionen unter 0,6 mm ist aber erst auf der Verflachung im untersten Abschnitt der Weinbergbrache festzustellen. Hier nimmt auch die Vegetationsdichte und der (Baum-) Artenreichtum zu (vgl. Kap. 3.6 und Abb. 9). Erstaunlich ist die weitere Zunahme des prozentualen Anteils der Korngrößen zwischen 4 mm und $6\ \mu\text{m}$ unterhalb der Verflachung. Die Hangneigung weist im Punkt 3 mit 42° das größte Gefälle im Profil auf, die Waldbedeckung verhindert jedoch einen erneuten Bodenabtrag.

Auch am Drachenley-Profil (Proben 9 - 14, Abb. 7) sind die Auswirkungen von Erosion und Akkumulation auf die Rigosole noch gut zu verfolgen, allerdings sind die Unterschiede in der Korngrößenverteilung nicht so krass wie im Münchenberg-Profil. Die Kurven in den beiden Diagrammen oben rechts der Abb. 7 verdeutlichen die schwächeren Umlagerungen, da in jeder Probe die Fraktion $< 0,6$ mm mit mindestens 18,5 % beteiligt ist (Probe 12), während am Tonschiefer-Hang die gleichen Korngrößen am steilsten Abschnitt nur mit 4 - 6 % vertreten sind (Proben 5 und 6). Besonders offensichtlich wird der höhere Feinerdeanteil

über Trachyt bei einem Vergleich der Proben 8 und 14, die bei fast gleicher Hangneigung und Oberschirmung durch Bäume stark voneinander abweichende Verteilungsmuster ergeben. Dementsprechend zeigen die Proben 12 und 13 trotz des durch Abspülung verursachten hohen Steingehaltes einen ausreichenden Feinmaterialanteil.

Ähnlich wie bei Probe 4 im Tonschiefer-Profil deutet auch am Trachyt-Hang die Verflachung bei Probe 11 auf eine Akkumulation des abgespülten Materials hin. Trotz erneuter Versteilung kommt es unterhalb dieser Verflachung nicht wieder zu einer verstärkten Abtragung, wahrscheinlich wegen eines evtl. Staueffektes durch die hangabwärts gelegene Weinbergmauer. Ähnlich wie bei Probe 14 weist der fehlende Fraktionsanteil über 16 mm für Probe 9 auf eine tiefgründige, autochtone Bodenbildung hin, wobei Abtragung in diesem nahezu ebenen Profilabschnitt ausgeschlossen werden darf und auch eine Zufuhr an Fremdmaterial wegen der oberhalb gelegenen Mauer unwahrscheinlich ist.

Aktive Verlagerungen scheinen im Drachenley-Profil vor allem die mittleren und feinen Sandfraktionen zu betreffen, während die unterschiedlichen Skelettanteile sowohl morphogenetisch (Hangschuttbereich bei Probe 10 - 13, darüber anstehender Fels im C-Horizont) als auch agrartechnisch zu erklären sind (vertikale Umlagerung durch tiefgreifendes Pflügen und Rigolen).

Die höhere Abtragungsgefährdung auf den Münchenberg-Schiefern gegenüber den Trachyten scheint auf den ersten Blick nicht auf Infiltrationsunterschiede zurückzuführen sein. Diesbezüglich weisen die Schieferböden der Weinbergbrache an vielen Stellen wegen des größeren Grobporengehaltes eine höhere Einsickerungskapazität und somit günstigere Voraussetzungen als die Trachyt-Rigosole auf. Weiterhin bewirkt der hohe Skelettanteil bei den Schieferen einen Schutz vor Prall- und Plantschwirkung durch Regentropfen sowie auf Grund der Oberflächenrauigkeit eine Verringerung der Abflußgeschwindigkeit. Da die Freilegung des Skeletts jedoch erst als Folgeerscheinung der Ausspülung kleinerer Fraktionen zu betrachten ist, treffen die soeben angeführten Punkte nur für Schieferböden zu, die bereits stark unter der Bodenerosion gelitten haben. Zwar ist an diesen Standorten mit Abrutschungen zu rechnen; die Abtragung als Folge des Oberflächen-Abflusses scheint dagegen weitgehend abgeschlossen zu sein. Erst mit zunehmenden Feinerdegehalt kann bei parallellaufender Verdichtung der Böden eine erhöhte Erosionsgefährdung der Schieferböden erwartet werden. Dies betrifft besonders die weniger dicht bewachsenen Stellen, also auch zukünftige Rebflächen.

3.4 Stickstoffabtrag und Veränderung des Trophiegrades durch Bodenerosion

Die im vorigen Kapitel behandelte unterschiedliche Erosionsintensität hat eine Veränderung der Bodeneigenschaften zur Folge, wobei dem Abtrag von Nährstoffen eine besondere Bedeutung zukommt. In welchem Ausmaß der Nährstoffabtrag durch Oberflächenabfluß zum Tragen kommen kann, deuten erste Ergebnisse der Erosionsforschungsstelle in Weinbau-Parzellen bei Mertesdorf/Ruwer an (vgl. G. RICHTER, 1975). Neben dem oberflächlichen Abtrag kann zudem durch die Auswaschung in tiefergelegene Bodenbereiche ein Nährstoffverlust der Bodenkrume erfolgen. Bezüglich der Stickstoff-Verlagerung ist bei starkem Oberflächen-Abfluß zusammen mit dem Feinerdeabtrag der gesamte bodengebundene Stickstoff betroffen, während bei einer Stickstoff-Auswaschung die weniger stark fixierten, anorganisch gebun-

denen Nitrate eine überdurchschnittliche Verlagerung aufweisen (KÖHNLEIN und WEICHBRODT, 1971). Im Zusammenhang mit der Auswaschung in Weinbergböden sei auf entsprechende Untersuchungen am Bodenkundlichen Institut Bonn hingewiesen, die kurz vor dem Abschluß stehen (KICK, in Vorbereitung).

Auf den Weinbergbrachen am Drachenfels wurden an den beiden Abtragsprofilen über dem Drachenley- und Münchenberg-Hang neben der Korngrößenverteilung für die gleichen Oberflächen-Proben der Stickstoff- (N_{tot} , $NH_4\text{-N}$ und $NO_3\text{-N}$) und über Tonschiefer auch der Phosphor-Gehalt (P_{ortho}) bestimmt. Da die Stickstoff-Werte¹ bei den folgenden Untersuchungsergebnissen vor allem als Maßstab für die Nährstoffverluste durch Abtragung dienen sollen und nicht als öko-physiologischer Standortfaktor behandelt werden, der z.B. die jahreszeitlich wechselnde N-Nachlieferung für die Pflanze betrifft, sind die folgenden Zahlenangaben der einmalig genommenen Proben nur als Relativwerte zu sehen. Zusätzlich wurde durch Glühverlust im Muffelofen der C-Gehalt ermittelt (organische Substanz : 1,724, s. STEUBING, 1965), so daß anhand des C/N-Verhältnisses der Trophiegrad der untersuchten Böden zahlenmäßig erfaßt werden konnte. Die C-, N- und P-Gehalte sowie die Berechnungen der C/N- und C/P- Verhältnisse gehen aus Tab. 6 hervor. Die laufenden Nummern der Bodenproben sind identisch mit denjenigen der Korngrößenverteilungen aus Tab. 5.

Die Ergebnisse der Stickstoff-Verlagerung in den Schiefer-Rigosolen am Münchenberghang lassen sich gut mit den geschilderten Abtragsverhältnissen parallelisieren. So liegt für die Proben 5 und 6 ein verhältnismäßig niedriger N-Gehalt vor, der im Zusammenhang mit der starken Abtragung des Feinmaterials gesehen werden kann. Bezüglich des P_{ortho} -Gehaltes ist die Abspülung auf den ersten Blick weniger offensichtlich. Sie läßt sich am ehesten durch eine P-Akkumulation auf der Hangverflachung bei Probe 4 nachweisen. Sowohl für den Stickstoff als auch für den Phosphor können beträchtliche Unterschiede im jeweiligen Gehalt der Gesamtprobe im Vergleich mit dem Feinmaterial unter 0,2 mm festgestellt werden. Eine Interpretation der entsprechenden Zahlenwerte führt zu dem Schluß, daß die ehemalige Düngung durchschlägt (Stallmist, Hobelspäne, Thomasschlacke), wie sich sowohl aus dem N- wie auch dem Gehalt des Feinmaterials der Rigosole im Bereich der Proben 5 und 6 ergibt. Für diesen Hangabschnitt ist also im Vergleich zu der N- und P-Anreicherung bei den kleinen Fraktionen der jeweilige Nährstoffgehalt im Gesamtmaterial unterrepräsentiert, womit für den Erosionshang auch eine verstärkte Phosphor-Abtragung erwiesen ist.

Die Nährstoffgehalte im Feinmaterial zeigen jedoch ein weiteres Merkmal für die Charakterisierung des Bodenchemismus: hinsichtlich des P-Gehaltes sind nicht nur für den ehemaligen Weinberg sondern auch für den daruntergelegenen Bacheschenwald Auswirkungen durch die Phosphor-Abtragung festzustellen. Dies läßt sich unter anderem durch den Vergleich der untersten Probe 3 mit dem niedrigen Wert der Probe 8 aus dem über dem Weinberg gelegenen Wald ableiten (vgl. a. C/P-Verhältnisse, Tab. 5). Eine derartige Differenz ist bei den Stickstoff-Werten nicht zu erkennen. Vielmehr sind die entsprechenden Gehalte sowohl der Proben des oberen als auch des unteren Waldes durchaus ähnlich, so daß von einer zusätzlichen Anreicherung im untersten Hangabschnitt nicht gesprochen werden kann. Eine Begründung für den vergleichsweise hohen Stickstoff-Gehalt bei den

¹ Die Stickstoff- und Phosphor-Bestimmungen wurden von Herrn Yawari, Inst. f. Siedlungswasserwirtschaft der RWTH-Aachen, durchgeführt, dem an dieser Stelle herzlich gedankt sei. Zur Methode s. SCHULZE-RETTMER und YAWARI, 1976

Tab.6 : Kohlenstoff- und Stickstoff-Gehalte von 14 Oberflächen-Bodenproben aus 5 cm Tiefe

	C in %	N _{tot} mg/100 g	N _{org} %/N _{tot}	NH ₃ ⁻ %/N _{tot}	NO ₃ ⁻ %/N _{tot}	C/N	PO ₄ -P mg/100 g	C/P	C %/<250µ	N _{tot} %/<250µ	N _{tot} Zu-/Abnahme in %
8 (Wald)	1,74	213	98,9	0,6	0,5	8,2	0,4	4442	2,66	326	- 13,0
7 (Waldrd)	1,34	189	99,2	0,5	0,3	7,1	1,6	844	2,02	285	- 131,6
6 (Brache)	1,02	81	98,3	1,0	0,7	12,5	1,4	726	5,04	403	+ 4,4
5 (Brache)	1,31	85	99,2	0,5	0,3	15,4	1,3	1039	7,72	501	+ 120,0
4 (Verebn)	2,34	187	98,8	0,7	0,5	12,5	3,5	672	3,91	313	- 11,2
3 (Wald)	1,86	168	98,9	0,5	0,6	11,1	1,7	1099	3,91	353	
14 (Wald)	3,10	235	76,3	5,3	18,4	13,2	?	?	4,91	372	- 142,3
13 (Brache)	1,47	97	85,1	2,0	12,9	15,2	?	?	3,36	221	0
12 (Brache)	1,40	97	89,0	5,4	5,6	14,4	9,2	152	6,93	481	- 3,2
11 (Verebn)	1,29	94	81,3	2,7	16,0	13,7	?	?	3,81	278	+ 31,9
10 (Brache)	1,58	138	87,0	3,1	9,9	11,5	?	?	5,90	515	+ 11,0
9 (Verebn)	2,04	155	92,2	3,7	4,1	13,5	?	?	2,66	202	
2 (Weinb)	3,89	273	98,9	0,6	0,5	14,2	2,8	1389	3,78	265	+ 19,0
1 (Weinb)	5,39	514	94,1	2,1	3,8	10,5	23,1	233	3,39	327	

Proben des obersten Hangabschnittes läßt sich ohne näherführende Untersuchungen nicht ohne weiteres geben. Sie liegt wahrscheinlich im reichen Vorkommen an Robinien, die als Leguminosen in Symbiose mit N_2 -bindenden Knöllchenbakterien (Rhizobien) zu einer relativen Anreicherung mit elementarem Stickstoff führen könnten (GEMEINHARDT, H., 1959 u. 1960). Dagegen spricht allerdings der niedrige Prozentsatz an anorganischem Stickstoff. Der überdurchschnittliche N-Gehalt im Feinmaterial der Proben 5 und 6 könnte auf die starke sommerliche Erwärmung des unbeschatteten Hanges zurückzuführen sein, sieht man von der ehemaligen Düngung ab. So liegt nach SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL (1970, S. 273) die optimale Temperatur für eine Nitrifizierung zwischen 30° und 35° C, d.h. bei Temperaturwerten, die an den beiden Entnahmestellen während des Sommers häufig erreicht werden (vgl. Kap. 4.2). Mit der Nitrifizierung, also der Oxydation von Ammonium- zu Nitrit- bzw. Nitrat-Ionen, wird zwar keine unmittelbare Stickstoff-Anreicherung erreicht, sie ermöglicht jedoch durch die bessere Wasserlöslichkeit eine erleichterte Aufnahme von NH_4 -N bzw. NO_3 -N durch die Pflanzen. Nach dem Einbau des Stickstoffes in die organische Substanz ist er dem Boden also bis zur erneuten Mineralisierung zunächst entzogen (s.u.).

Bezüglich des Kohlenstoff-Gehaltes läßt sich für die erosionsgefährdeten Hangpartien keine wesentliche Verringerung feststellen. Zwar weisen die beiden Waldgebiete eine etwas höhere Humusanreicherung auf, die mit der wesentlich größeren Streulieferung zusammenhängt, jedoch sorgt der zur Rohhumusbildung neigende Wurzelfilz der Glatthaferbestände im Brachland für einen entsprechenden Ausgleich (s. vor allem den C-Gehalt des Feinmaterials). Die Tatsache, daß für die beiden Proben der stark geneigten Münchenbergbrache beim Kohlenstoff eine relativ geringere Abnahme als beim Stickstoff vorliegt, bewirkt eine Verringerung der Basensättigung und damit eine nachteilige Veränderung der Trophie. Bei einer Einordnung in die durch v. ZEZSCHWITZ (1968) genauer gekennzeichneten Trophiebereiche weisen die C/N-Verhältnisse der beiden Proben 8 und 7 des oberen Waldes und des Waldrandes auf "hypertrophe" Kennwerte hin (< 10). Die übrigen Böden zeigen bei Werten zwischen 11,1 und 15,4 eutrophe Verhältnisse an, wobei zumindest für Probe 5, also für den unteren Brachehang, schon eine Annäherung in den mesotrophen Bereich zu erkennen ist. Die Verschlechterung des Trophiegrades am stark erosionsgefährdeten Schieferhang zeigt sich auch in der ungünstigen Humusform: während in den beiden Waldabschnitten und an den Waldrändern der Oberboden durch Mull charakterisiert wird, zeichnen sich die steinigten Rigosole durch rohhumusartigen Moder aus.

Bei einem Vergleich des Tonschiefer-Profiles vom Münchenberg mit dem Trachyt-Profil über der Drachenley ist für letzteres eine geringere Amplitude zwischen niedrigstem und höchstem Trophiegrad zu erkennen, wobei auf Grund des sauren Ausgangsgesteins allgemein ein etwas ungünstigeres Nährstoffangebot vorzuliegen scheint. Die C/N-Verhältnisse sind jedoch auch hier in keinem Fall so hoch, daß ein Abbau der organischen Substanz auf Schwierigkeiten stößt. Eine nachteilige Festlegung des gesamten mineralischen Bodenstickstoffes in Mikroorganismen ist erst bei Werten von $C/N > 30$ zu erwarten. Die kleineren Differenzen in den C/N-Verhältnissen zwischen den einzelnen Proben lassen sich mit der schwächeren Abtragung über Trachyt erklären.

Trotzdem ist auch über dem Drachenley-Trachyt eine Abhängigkeit zwischen Trophiegrad und Abtragung zu erkennen. So zeigen die beiden stärker geneigten Entnahmestellen der Proben 12 und 13 ein höheres C/N-Verhältnis als die Proben aus dem Hangfußbereich. Ähnlich wie beim Tonschiefer-Profil liegt auch über Trachyt im oberhalb des ehemaligen Weinberges gelegenen Hochwald (hier:

Eichen-Lindenwald) trotz der beträchtlichen Hangneigung und bei erhöhtem C-Gehalt ein günstigeres Stickstoff-Angebot vor als in den drei darunter folgenden Proben des ehemals gedüngten Brachlandes. Als Begründung hierfür kann wiederum der geringere Stickstoff-Abtrag durch erhöhte Boden-Oberschirmung angeführt werden.

Während die C/N-Werte der Waldprobe und der drei oberen Hangproben mit der erhöhten Stickstoff-Produktion bzw. mit der bei geringer werdender Hangneigung abnehmenden N-Erosion gut zu erklären sind, deuten die Trophiegrade für die beiden untersten Proben auf den ersten Blick eine konträre Abhängigkeit zu den Neigungsverhältnissen an. Eine Interpretation ist in diesem Falle schwierig und kann nur auf Vermutungen basieren:

Das günstige N-Angebot bei Probe 10 ist wohl am ehesten auf die nahegelegene Weinbergmauer zurückzuführen, die durch Stauwirkung zusammen mit der Feinerde-Akkumulation eine Anreicherung des Stickstoffes bewirkt. Unterhalb der Mauer ist das Gelände flach (s. Abb. 7), so daß sicherlich keine nennenswerte N-Verlagerung stattfindet, zumal die Zuführung von Feinmaterial aus dem Oberhang ja bereits über der Weinbergmauer aufgefangen wird. Der C/N-Wert von 13,2 entspräche also in etwa dem Zustand unmittelbar nach der Düngung, zumal die biologische Aktivität in diesem Abschnitt kaum zu wesentlichen Veränderungen geführt haben kann, wie der relativ geringe Anteil an $\text{NH}_4\text{-N}$ und $\text{NO}_3\text{-N}$ zeigt.

Erwartungsgemäß sind die insgesamt höchsten N_{tot} -Werte an dem regelmäßig gedüngten Weinberg der Ley zu finden. Bei einem Vergleich der Proben 1 und 2 zeigt sich jedoch auch hier ein relativer Nährstoffverlust am steileren Oberhang, dem eine Stickstoff- und vor allem Phosphor-Anreicherung im flachen Hangfußbereich gegenübersteht. Am Beispiel der Probe 1 wird außerdem deutlich, daß ein erhöhter Gesamtstickstoff-Gehalt auch eine verstärkte Freisetzung anorganisch gebundenen Ammoniums und Nitrats zur Folge haben kann.

Diesbezüglich ist bei einem weiträumigeren Vergleich festzustellen, daß der Anteil organisch fixierten Stickstoffes im Tonschiefer der Münchenbergbrache mit rund 99 % erheblich höher liegt als über dem Trachytmaterial der Ley und besonders der Drachenley. Da Stickstoff erst in anorganischer Form pflanzenverfügbar ist, sind die Reben bzw. die Brachepflanzen des Trachytgebietes in Bezug auf die Nährstoffversorgung gegenüber der Vegetation der Münchenberg-Tonschiefer bevorteilt. Dies geht auch aus einem Vergleich mit dem bis zum Schluß intensiv gedüngten Reb-
gelände des erst 1968 brachgefallenen westlichen Münchenberges hervor, wo trotz erhöhten N_{tot} - und P_{ortho} -Gehaltes (288 mg/100g bzw. 4,8 mg/100g) mit nur 1,8 % ebenfalls ein vergleichsweise geringer Anteil mineralisierten und nitrifizierten Stickstoffes vorliegt.

Dieser Tatbestand mag unter anderem auf eine geringe Aktivität der höher organisierten Bodentiere (z.B. Nematoden, Mollusken, Regenwürmer) zurückzuführen sein, die durch Abnahme, Zerkleinerung und nachfolgender Abgabe im Kot organisches Material in mehr oder weniger zersetzter Form für den Angriff durch Mikroorganismen vorbereiten. Das weitgehende Fehlen der genannten Bodentiere, nicht zuletzt durch den geringen Feinerdeanteil und die ungünstigeren mikroklimatischen sowie bodenhydrologischen Verhältnisse verursacht, wirkt sich also in den Tonschiefer-Rigosolen insofern negativ auf den ohnehin stark gestörten Kreislauf Boden - Pflanze aus (s.u.), als die gehemmte Stickstoff-Zufuhr einer Weiterentwicklung der Brachevegetation und damit einer Herabsetzung der Bodenerosion entgegensteht.

3.5 Vergleichende Messungen zur Bodenwasserbilanz

Untersuchungen des Bodenwassergehaltes und des Vorrates an pflanzenverfügbarem Wasser sind für Neuanlagen sowie für Begrünungsvorhaben eine notwendige weinbautechnische Maßnahme, um Hinweise zur Sicherung der nutzbaren Wassermenge zu erhalten. Außerdem können Fragen zur Wahl geeigneter Unterlagen und Sorten bzw. Klone mit unterschiedlichen Bodenfeuchteansprüchen geklärt werden (vgl. SCHRA-DER, 1974, S. 81 f.).

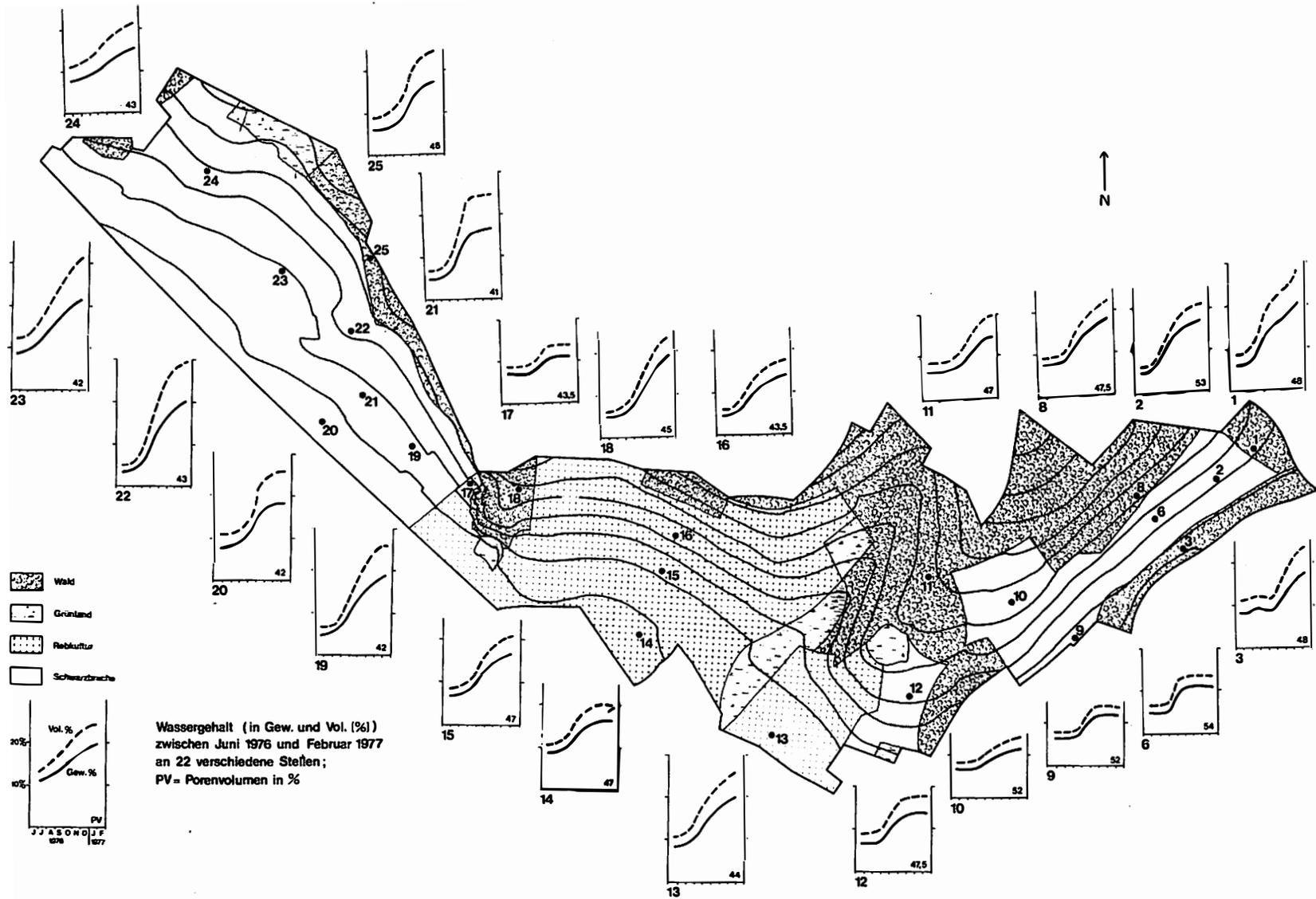
Zum besseren Verständnis der Bodenfeuchte-Verhältnisse im Untersuchungsgebiet wird eine kurze Darstellung der entscheidenden boden-physikalischen Faktoren vorangestellt. Wasser-, Luft- und Wärmehaushalt der Böden und damit auch die biologische Aktivität werden maßgeblich durch die Bodenstruktur (Bodengefüge) beeinflusst. Man versteht darunter die räumliche Anordnung der Bodensubstanz und der -poren. Solange kein extrem humoser oder besonders steinhaltiger Boden vorliegt, besteht eine Beziehung, die auch im Volumengewicht, d.h. der Gesamtdichte der Böden einschließlich der Poren, zum Ausdruck kommt: danach sinkt mit zunehmendem Feinerdegehalt das Volumengewicht des Bodens, da das Porenvolumen mit wachsendem Anteil an Mittel- und Feinporen größer wird (vgl. SCHEFFER-SCHACHT-SCHABEL, 1970, Tab. 45, S.185), es sei denn, der Boden besteht fast nur aus Gesteinsgrus. Form und Pflanzenverfügbarkeit des Bodenwassers hängen von der Größenverteilung der Poren ab; während aus den weiten ($>50\mu\text{m}$) und engen ($50 - 10\mu\text{m}$) Grobporen das Wasser als Sickerwasser bald herausfließt, wird es in den Kapillaren der Mittelporen ($10 - 0,2\mu\text{m}$) für lange Zeit festgehalten und steht den Pflanzen als nutzbares Haftwasser zur Verfügung. In den Feinporen ist das Wasser so fest gebunden, daß es als sogenanntes "Totwasser" von den Pflanzen nicht mehr aufgenommen werden kann. Obwohl die Porengrößenverteilungen für die Böden des Untersuchungsgebietes nicht gemessen werden konnten², sind auf Grund der aufgezeichneten Beziehungen mit der Bestimmung der Bodenart ungefähre Angaben über die Speicherleistung (Feldkapazität) der Drachenfels-Böden möglich.

Langfristige Unterschiede im Wassergehalt werden in Karte 4 gezeigt; der Einfluß der Witterung und der Oberflächenbedeckung auf den Bodenfeuchtegang wird im nächsten Kapitel beschrieben und in den Diagrammen der Abb. 6 dargestellt. Besondere Berücksichtigung fand bei den Wassergehaltsmessungen am Drachenfels der Hauptdurchwurzelungsbereich der Reben in 10 - 40 cm Bodentiefe.

Der Wassergehalt der 25 Bodenproben aus 10 cm Tiefe wurde durch Trocknen bei 110°C bestimmt (= Gew. %); indem von den raumtrockenen Proben das Volumengewicht ermittelt wurde, konnte außerdem der Wassergehalt in Vol. % umgerechnet werden, so daß bessere Vergleichsmöglichkeiten zu den Messungen anderer Autoren bestehen. Die langfristigen Untersuchungen der witterungsbedingten Bodenwasseränderungen in verschiedenen Tiefen wurden hingegen an Ort und Stelle mit der Calcium-Carbid-Druckflasche durchgeführt.

Die für Rebkulturen günstige Strahlungs- und Wärmekapazität in südliche Richtungen geneigter Hänge wirkt sich durch verstärkte Verdunstung, rascheren Sickerwasser-Abfluß über dem anstehenden Gestein und verstärkten Feinmaterial-Abtrag nach-

² Exakte Messungen der Porengrößenverteilungen wurden - abgesehen vom hohen zeitlichen Aufwand - sowohl bei der Probenentnahme im Gelände als auch bei den Laborarbeiten nicht durchgeführt, da Vergleichsuntersuchungen an einzelnen Böden auf technische Schwierigkeiten gestoßen wären. (Schiefer-Rigosole 4 - 7 und 9 wegen zu hohen Grusanteils; Trachyt-Rigosole 13 - 17 wegen regelmäßiger Bearbeitung). Diese Tatsachen gelten auch für indirekte Messungen im Gelände, z.B. der Saugspannung mit Tensiometern.



Karte 4 Bodenfeuchtegang im Jahr 1976/77

teilig auf die Bodenfeuchte aus (ZAKOSEK, 1960, S.39). Diese Tatsache wird durch den Vergleich der Wassergehaltsmessungen im Untersuchungsgebiet mit SCHEGIEWALS Messungen (1976) am nördlichen Siebengebirgsrand deutlich: während in den ton- und schluffreichen Böden (stets mehr als 80 % < 63 µm) am Nordabfall des Siebengebirges in 10 cm Tiefe die Bodenwassergehalte zwischen 16 und 32 Vol. % bei dem relativ trockensten Boden sowie zwischen 24 und 54 Vol. % bei dem relativ feuchtesten Boden lagen, wurden in den Rigosolen am Drachenfels im Schiefergrus zwischen 6 und 14 Vol. % (vgl. Karte 4, Meßstelle 6 = trockenster Boden) sowie über Trachyt zwischen 13 und 31 Vol. % gemessen (vgl. Karte 4, Meßstelle 23 = feuchtester Boden). Auch wenn die Meßzeiten nur bedingt miteinander vergleichbar sind (SCHEGIEWAL: 1974 und 1975 jeweils von Mitte März bis Mitte Dezember; eigene Messungen: von Mitte Mai 1976 bis Anfang Februar 1977) deutet die Gegenüberstellung zumindest eine größere Trockenheit der Schiefer-Rigosole am mittleren Münchberg an.

Etwas größere Ähnlichkeiten zeigen die eigenen Werte mit den in Weinbergböden des Rheingau durchgeführten Feuchtigkeitsbestimmungen durch SCHRADER (1974). Im Vergleich zu SCHRADERs Messungen liegen ebenfalls die Minima in den lockeren Schieferböden erheblich niedriger, während die winterlichen Maxima in der gleichen Größenordnung liegen. Da die Feuchtwerte des Sommers auf Grund der Hitzeperiode allgemein sehr gering waren, ist eine Vergleichbarkeit bei den Minimumwerten etwas in Frage gestellt. Gerade in den Schwankungen der Bodenfeuchte sind daher große Unterschiede festzustellen: sie sind im gesamten Untersuchungsgebiet trotz der kürzeren Meßperiode viel höher als bei den vergleichbaren Rigosol-Proben von SCHRADER (S.218, Abb.115).

In Bezug zu den Feuchtigkeitsmessungen seien mit den folgenden Mittelwerten die prozentualen Anteile der Porenvolumen angegeben (vgl. auch Karte 4):

Tonschiefer (1 - 12) = 50 % (Min. = 47 %, Max. = 54 %)
Trachyt (13 - 25) = 44 % (Min. = 41 %, Max. = 47 %)

Aus dieser Gegenüberstellung geht also letztlich hervor, daß die Schieferböden wesentlich lockerer sind als die Trachytböden, woraus die insgesamt größere Austrocknungsgefahr in den feinerdearmen Schiefer-Rigosolen resultiert, zumal hier gerade der Grobporenanteil erheblich stärker vertreten sein dürfte als in den Trachyt-Rigosolen. Nach der Einteilung ZAKOSEKs (1978, vgl. a. BIRK und ZAKOSEK, 1960) der Weinbergböden in acht Bodengruppen beschränken sich die Rigosole im Untersuchungsgebiet auf die ersten drei Gruppen:

Tab. 7: Einteilung der Drachenfels-Böden in die Gruppierung nach ZAKOSEK (1978)

Gruppe	Allgemeine Charakterisierung	Ökologischer Feuchtegrad	Gestein	Probennummern
I	kalkfrei, flachgründig, skelettreich oder sandig-kiesig	trocken bis wechselltrokken	Tonschiefer (Trachyt)	6,9,10; 17
II	kalkfrei, mittel- bis tiefgründig, lehmig, skelettreich oder sandig	mäßig trocken bis frisch	Tonschiefer, Trachyt	2,3,7,(11), 12;13,14,15, 16;(18),19, 20,21,22,23, 24,(25)
III	kalkfrei, tiefgründig, lehmig	frisch	Tonschiefer	(1,8)

() = keine Weinberg-Rigosole

Die Zusammenstellung in Tab. 7 läßt sich folgendermaßen interpretieren (vgl. auch Karte 4):

1. Die Böden des Münchenberges (Nr. 1 - 12) zeigen in den Feuchteverhältnissen die relativ größten Unterschiede, da sie in allen drei Gruppen vertreten sind. Diese Tatsache entspricht auch den vielfältigeren Voraussetzungen durch die bestimmenden Faktoren Hangneigung, Pflanzenbedeckung, Bodenstruktur und Mikroklima.

Während die skelettreichen, wärmespeichernden und nur locker bewachsenen Rigosole der Weinbergbrache (6, 9, 10) wechsellrocken sind, zeigen die lehmigen Böden der Ackerbrache (1) und im lichten Robinienwald (8) oberhalb des ehemaligen Rebgebietes frischere Verhältnisse an. Die übrigen Proben lassen auf mäßig trockene bis frische Böden schließen, wobei im NE (2) und SW (12) die geringere Hangneigung eine etwas bessere Haltekapazität verursacht. Im dichten Wald hingegen ist der Oberboden mäßig trocken, da die starke Belaubung die Interzeptionsverdunstung erhöht und auch die dichtere Laubstreuauflage die Niederschlagszufuhr hemmt; die Böden weisen mit relativ niedrigen Amplituden zwischen Minimal- und Maximalwert (1:2,3 bzw. 1:2,5) ziemlich beständige Feuchtigkeitsverhältnisse auf. Im Gegensatz dazu steht die wechselnde Durchfeuchtung in der östlichen Weinbergbrache (2), wo das Verhältnis bei 1:3,6 liegt.

2. Etwas ausgewogenere Verhältnisse liegen in den Rebkulturen der Ley vor, wo mit der regelmäßigen Auflockerung des Bodens für eine günstigere Durchfeuchtung gesorgt wird. Es fällt jedoch auch die zunehmende Trockenheit nach ausbleibender Bearbeitung des Bodens (16) auf.
3. Im Vergleich zu den beiden zuvor beschriebenen Gebieten weist die Drachenley eine etwas höhere Feuchtekapazität auf:

Münchenbergbrache = durchschnittl. Max.: 12,7 Gew. % bzw. 16,1 Vol. %
 Ley-Weinberg = durchschnittl. Max.: 15,4 Gew. % bzw. 19,4 Vol. %
 Drachenleybrache = durchschnittl. Max.: 18,5 Gew. % bzw. 26,5 Vol. %

Bei den meisten Proben ist auch der langfristige Schwankungsbereich der Bodenfeuchte höher, wie die folgenden Min./Max.-Verhältnisse der Volumprozente zeigen:

Münchenbergbrache = 1:2,2
 Ley-Weinberg = 1:2,1
 Drachenleybrache = 1:2,9

Allerdings wird die damit verbundene Gefahr einer rascheren Austrocknung des Oberbodens einiger Standorte während einer Hitzeperiode (vgl. Min.-Werte von 19, 21, 22) bei regelmäßiger Bearbeitung des Bodens in der Drachenley wahrscheinlich nicht mehr gegeben sein, wie die Untersuchungen der gleichartigen Trachyt-Rigosole an der Ley zeigen.

Der soeben aufgezeigte Versuch einer Differenzierung der drei Teilbereiche hinsichtlich der Bodenfeuchtigkeit darf jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, daß die Unterschiede gering sind. Vielmehr ist im Hinblick auf die bevorstehende Rekultivierung festzuhalten, daß die Rigosole am Drachenfels durchweg trocken sind. Diese Tatsache braucht sich bei einer richtigen Auswahl der Rebsorten nicht unbedingt nachteilig auswirken, zumal die tonarmen Böden einen relativ hohen Anteil an Poren mit pflanzenverfügbarem Wasser vermuten lassen. Dies betrifft besonders die skelettärmeren Trachyt-Rigosole, während die grusreichen Tonschieferböden bei überwiegendem Grobporenanteil zwar eine gute Durchlüftung und Wärmezufuhr (s.u.) gewährleisten, jedoch bei hohem Sickerwasser-Durchlauf zu einer verstärkten Austrocknung neigen.

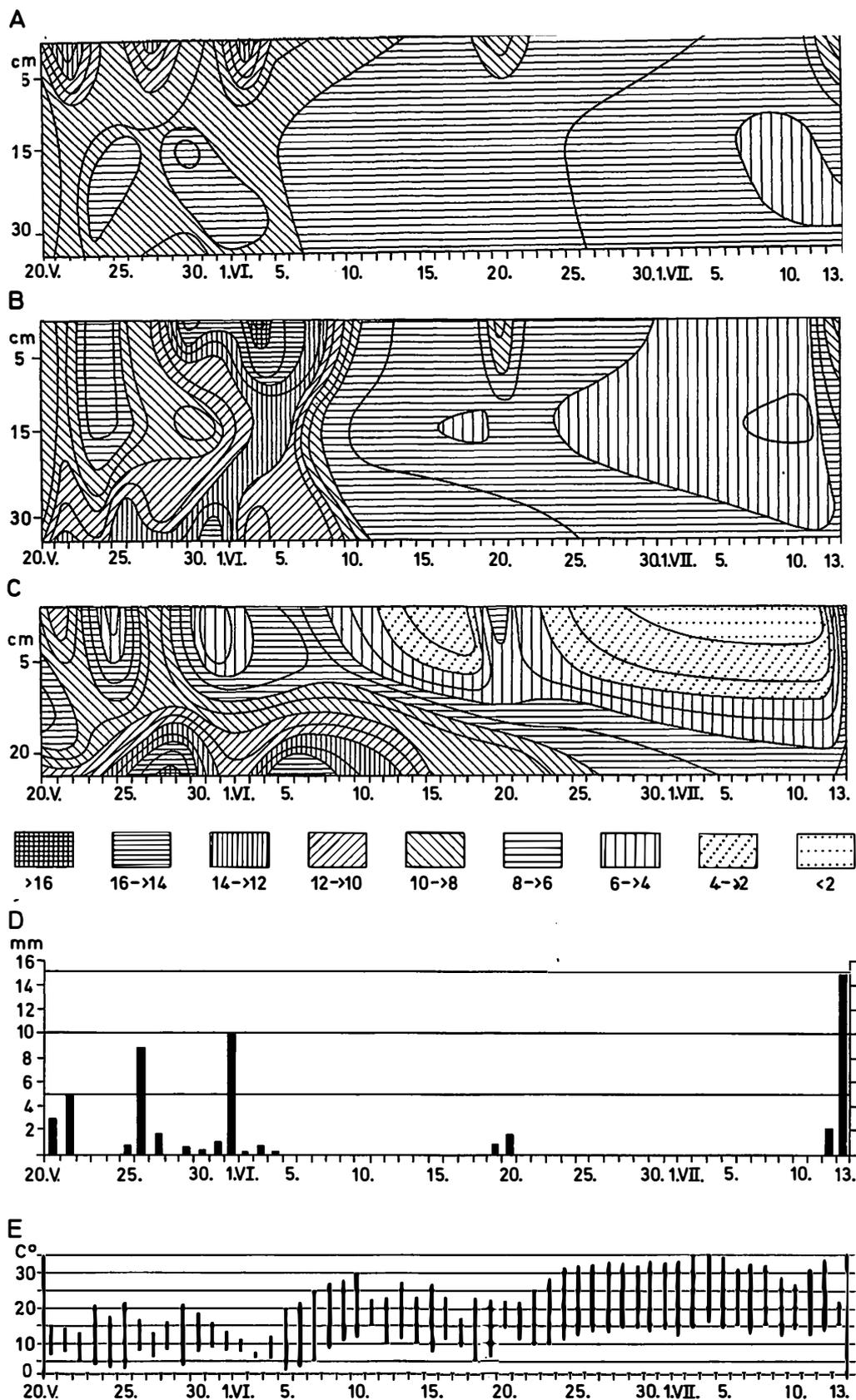


Abb. 8: Der Bodenwassergehalt in drei verschiedenen Pflanzenbeständen sowie die Niederschläge und die Extreme der Lufttemperatur in der Zeit vom 20. 5. - 13. 7. 76. A: Bodenfeuchtegang im Robinienwald, B: im Schlehengebüsch, C: im unbewachsenen Schieferboden (Probeentnahmestelle 5 der Abb. 6), D: Niederschlags-Tagessummen, E: Temperaturamplituden zwischen Minimum- und Maximum-Tageswerten (n. Thermo-Hygrographen-Aufzeichnungen einer Station am Wintermühlhof/Königswinter)

3.6 Beziehungen zwischen Hangneigung, Korngröße, Bodenwasser, Witterung und Pflanzenformationen über Schiefermaterial

Bereits die Ergebnisse der Korngrößen- bzw. Abtragungsuntersuchungen deuten darauf hin, daß die Stabilitätsverhältnisse in den Ökotypen des Untersuchungsgebietes unterschiedlich sind (hinsichtlich des natürlichen Gleichgewichtes). Bei den Schieferböden des Münchenberges z.B. führen die verschiedenen Körnungsverhältnisse zu einer entsprechenden Heterogenität weiterer Faktoren, die an Beispielen des besonders komplexen SE-Hanges vorgestellt werden soll.

Der in Kap. 3.2 erläuterte Einfluß der Vegetationsbedeckung auf Bodenstruktur und -mächtigkeit spiegelt sich auch im Bodenwasserhaushalt wieder. In Abb. 8 werden die Wassergehaltsschwankungen in einer mittelgründigen Braunerde des Robinienwaldes, in einem vegetationslosen, skelettreichen Schiefer-Rigosol und in einem lehmigen Boden einer "Lichtung" mit Fiederzwenken-Bewuchs im Schlehengebüsch des ehemaligen Kartoffelackers einander gegenübergestellt.

Die Messungen wurden alle zwei Tage in 5 cm, 15 cm und 30 cm Tiefe (Abb. 8, A und B) bzw. in 5 cm und 20 cm (Abb. 8, C) vom 20. 5. bis zum 13. 7. 76 durchgeführt, so daß ein Großteil der extremen Trockenperiode im Juni/Juli des Jahres miterfaßt wurde (Abb. 8, D und E). Die Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Der Boden im Robinienwald zeigt entsprechend dem ausgeglichenen Bestandsklima (erhöhte Luftfeuchtigkeit durch Pflanzentranspiration, geringere Einstrahlung und Erhitzung bzw. Ausstrahlung und Abkühlung etc., vgl. Abb. 11 und 12) geringe Schwankungen in der Bodenwasserbilanz und zeichnet sich außerdem wegen der größeren Bodendichte (Volumengewicht = $1,35 \text{ g/cm}^3$) durch eine niedrigere Feldkapazität aus. Gelegentliche Niederschläge während der Sommermonate bewirken nur im Oberboden bis 10 cm Tiefe einen geringen Anstieg der Bodenfeuchte. Der hohe Interzeptionsverlust durch das dichte Kroneendach und die Efeubedeckung des Untergrundes tragen ebenfalls zu dem geringen Wassergehalt bei.

Der lehmige Boden des Schlehengebüsches weist zwar ebenfalls ein dichtes Aggregatgefüge auf, jedoch verursachen die abweichenden bestandsklimatischen Verhältnisse, die durch die geringere Laub-Oberschirmung verursacht werden, bereits größere Schwankungen in der Bodenfeuchte. Allerdings erfolgt die Reaktion auf Grund der relativ hohen Dichte (Volumengewicht $1,4 \text{ g/cm}^3$) erst mit einiger Verzögerung, z.B. nach den Niederschlägen am 1. 6. 76 mit zweitägiger Verspätung in 5 cm Tiefe!

Im Vergleich zu den beiden ersten Böden zeigen die lockeren Schiefer-Rigosole der Weinbergbrache die deutlichste und rascheste Reaktion. Dabei werden die oberen 10 cm wohl nur für kurze Zeit durch Sickerwasser benetzt, während sich im etwas feinerdereicheren Horizont über dem Anstehenden das zugeführte Niederschlagswasser etwas länger hält. Während der Hitzeperiode trocknete der lockere Schiefergrus (Volumengewicht $1,23 \text{ g/cm}^3$) natürlich sehr stark aus, wobei die Wassergehaltswerte in 5 cm Tiefe ein Minimum von 2,4 Gew. % erreichten. Im Verbund mit der Austrocknung erschwert die extreme Aufheizung der Oberfläche (Abb. 11) natürlich das Aufkeimen der Pflanzen, so daß diese Minimalfaktoren, die letztlich durch den fehlenden Vegetationsschutz verursacht werden, auch zukünftig einer raschen Entwicklung einer dichten Pflanzendecke entgegenstehen. Die Steilhänge der Weinbergbrachen sind also im mittleren Abschnitt des Münchenberges derart gestört, daß die Schäden irreparabel zu sein scheinen und eine autogene Stabilisierung durch zunehmenden Brähebewuchs fraglich ist. Vielmehr ist zu befürchten,

daß sich mit fortlaufender Abspülung des noch vorhandenen Feinmaterials das Ödland nach W und E ausdehnen wird. Anzeichen sind vor allem im westlich anschließenden Hangabschnitt (also im E-Teil des 1968 aufgegebenen Münchenberg-Weinhangs) gegeben, wo ein Flächenbrand im März 1976 die ohnehin schütterere Pflanzendecke zerstörte und vor allem die Holzarten vernichtete.

Im vorliegenden Fall ist also eine besonders ungünstige Konstellation der Wirkungsfaktoren auszumachen, die auf Grund der extensiven bzw. fehlenden Bearbeitung und Düngung des Schieferbodens während der letzten Wirtschaftsjahre zu folgendem Kreislauf führte:

Geringe Vegetationsdynamik in den ersten Brachejahren → verstärkte Bodenerosion und zunehmende Flachgründigkeit (Minimum = 10 cm) → Veränderung des Intergranularraumes durch Feinmaterialabspülung → beschleunigte Versickerung des Bodenwassers im lockeren Grus → erhöhte Austrocknungsgefahr und Erhitzung der Oberfläche → erschwerte Pflanzenbesiedlung.

Sobald die Hangneigung geringer ist, verbessern sich die Verhältnisse der übrigen Systemfaktoren. So ist der Holzartenbewuchs auf der Verflachung am unteren Rand der Münchenbergbrache erheblich dichter als am Steilhang (s. Abb. 9), da sich die edaphischen Voraussetzungen günstig auf die übrigen Ökofaktoren auswirken:

Akkumulation des Feinmaterials und zunehmende Tiefgründigkeit (Maximum = 70 cm) → gute Wasserhaltekapazität im dichten Boden → geringe Schwankung der Bodenfeuchte und fehlende Oberhitzungsgefahr → rasche Pflanzenbesiedlung, auch durch Holzarten.

Abschließend sei erwähnt, daß die Böden und die Vegetation der Drachenley-Brachfläche auf ausgeglichene Haushaltsprozesse hinweisen. Standorte, die durch daerartige Störungen gekennzeichnet werden wie der näher beschriebene Schieferhang, sind hier nicht zu finden.

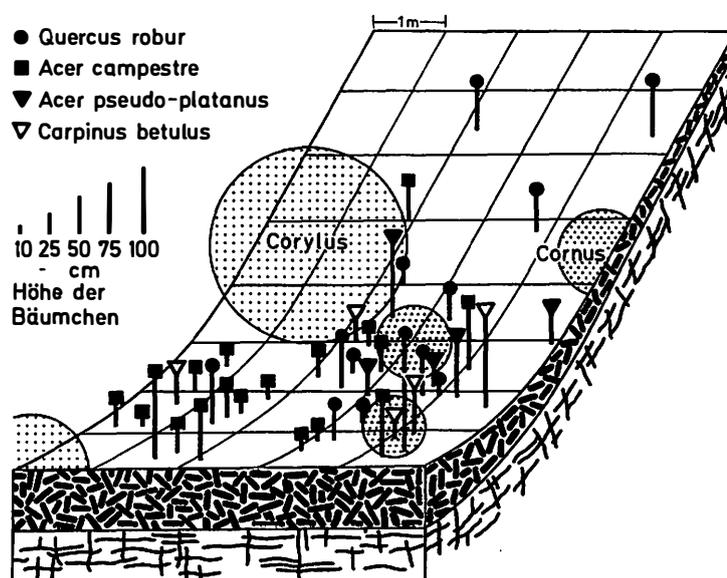


Abb. 9: Holzarten-Jungwuchs auf einem Hang mit abnehmender Hangneigung in Abhängigkeit von Bodenmächtigkeit und Feinkörnigkeit (bei Probenentnahmestelle 4 der Abb. 6)

3.7 Zusammenfassung der bodenkundlichen Untersuchungsergebnisse

Die Beurteilung der Bodenerosion auf Trachyt- und Schiefer-Rigosolen steht im Vordergrund der Betrachtung. Die Schieferhänge des Münchenberges weisen eine erheblich größere Gefährdung durch Oberflächenabtrag auf als die Trachythänge der Ley und Drachenley. Die unterschiedlich starke Feinmaterial-Verlagerung in Abhängigkeit des Ausgangsmaterials und der Hangform schlägt sich auch im Nährstoffangebot nieder. Ungünstigere C/N-Verhältnisse in stark erodierten Teilgebieten deuten darauf hin, daß sich der Trophiegrad auf ehemals gedüngten Weinhängen verschlechtert. Schließlich dokumentiert sich der erhöhte Bodenabtrag am Münchenberge in einer Veränderung des Intergranularraumes, wobei in skelettreichen Schieferböden der Sickerwasser-Durchfluß und damit die Austrocknungs-Gefährdung verstärkt wird. Somit sind hinsichtlich der Bodenfeuchtigkeit die Trachyt-Rigosole ebenfalls günstiger zu bewerten als die Schiefer-Rigosole. Dies kommt auch in der unterschiedlich dichten Pflanzenbedeckung zum Ausdruck.

4. GELÄNDE- UND BESTANDSKLIMATOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN

4.1 Die Besonnungsverhältnisse und ihre Auswirkung auf die Lage der Rebkulturen

Die Intensität der von der Erdoberfläche empfangenen Strahlungsenergie wird maßgeblich von der Hangneigung, Exposition und Horizonteinengung beeinflusst. Breitengrad- und Höhenlage sowie Dunst und Bewölkung als weitere Bestimmungsfaktoren können dagegen normalerweise bei geringer Ausdehnung eines Untersuchungsgebietes als feststehende bzw. einheitliche Größe vernachlässigt werden.

In bestimmten Fällen können sich allerdings auch kleinräumig regelhafte Bewölkungsabläufe unterschiedlich auf Gebiete mit verschiedener Exposition und Horizontabschirmung auswirken. Nach EMONDS (frdl. mdl. Mitt. und EMONDS, 1954, Anhang, Abb. 4) liegt das mittlere tägliche Sonnenscheinoptimum für Bonn in der Zeit kurz nach Mittag. Die tageszeitlichen Bewölkungsunterschiede werden vor allem in den Übergangsjahreszeiten durch morgendliche Nebelbildungen bestimmt.

In diesem Falle spielt z.B. die relative Benachteiligung eines SW-Hanges mit überwiegender Sonneneinstrahlung am Nachmittag bei gleichzeitiger Horizonteinengung gegen E (diese Situation ist an der Drachenley gegeben) keine so große Rolle, da auch ein SE-Hang ohne Horizonteinengung (im Untersuchungsgebiet am Münchenberg) bei Nebel während des Vormittags nicht mehr bevorteilt ist.

Vielmehr gewinnt in dem beschriebenen Fall der SW-Hang den Vorzug, von der längeren Einstrahlungszeit während des Spätnachmittags zu profitieren. Diese Tatsache müßte jedoch nur bei einer Berechnung der Strahlungsenergie des gesamten Jahres als maßgeblicher Faktor berücksichtigt werden. Die erwähnte Nebelbildung tritt im Untersuchungsgebiet jedoch vor allem außerhalb der Vegetationsperiode auf, so daß sie bei den folgenden Überlegungen nicht berücksichtigt zu werden braucht.

Die hierdurch ermöglichte Beschränkung auf eine Berechnung der Besonnungsunterschiede einzig in Abhängigkeit vom Relief wurde mit Hilfe der Tabellenwerte von MORGEN (1957) an der topographischen Karte durchgeführt, wobei die gewonnenen Werte im Gelände nochmals mit dem Besonnungsmesser MORGEN-LEISS überprüft wurden. Zwar handelt es sich dabei um theoretische Optimalwerte, die als Berechnungsgrundlage nur den Anteil der direkten Sonnenstrahlung berücksichtigen; die Ermittlung der maximal möglichen Strahlungssumme von April bis September (= Vegetationsperiode) an einem beliebigen Punkt läßt jedoch eine flächenhafte Darstellung der relativen Besonnungsunterschiede zu und ist damit in ihrer praktischen Anwendung für die Planung vor allem im Bereich landwirtschaftlicher Nutzungsmöglichkeiten von Bedeutung.

Das Untersuchungsgebiet bietet hinsichtlich der Sonnenscheindauer, die ja gleichzeitig Aufschluß über die Bewölkungshäufigkeit gibt, recht günstige Voraussetzungen. In der nachfolgenden Tabelle 8 werden die Stundenwerte für Bonn mit denen von Stationen weiterer Weinbaugebiete in der BRD verglichen.

Der für das Untersuchungsgebiet maximal mögliche Besonnungswert von $108,1 \text{ Kal/cm}^2/\text{Veg. Per.}$ wird im Untersuchungsgebiet, mittlere Trübung vorausgesetzt (vgl. MORGEN, 1957, S. 4, verändert auf die entsprechende Breitengradlage n. BJELANOVIC, 1967, S. 96), mit ca. $107 \text{ Kal/cm}^2/\text{Veg. Per.}$ am oberen Hang der Ley fast erreicht;

Tab. 8: Mittlere Sonnenscheindauer pro Monat in Stunden, 1891 - 1930 (Quelle: Klimakunde des Deutschen Reiches, Bd. II, Tab. 37; ⁺ = WENDLING, 1962, Abb. 4: 1923 - 1961; ⁺⁺ = frdl. mdl. Mitt. Prof. HAVLIK, RWTH Aachen: 1901 - 1950)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Jahr	Veg. Per.
Bonn (Siebengebirge)	59	78	108	156	211	204	205	189	138	102	63	43	1563	1103
Ahrweiler ⁺ (Ahr)	41	58	106	110	182	183	169	153	127	73	47	31	1280	924
Bernkastel (Mosel)	37	67	108	162	211	213	217	186	132	81	47	28	1489	1121
Geisenheim (Rheingau)	47	78	127	177	226	228	233	214	159	96	51	34	1670	1237
Blankenhornsberg ⁺⁺ (Kaiserstuhl)	62	97	144	174	231	241	257	248	180	120	60	44	1858	1331

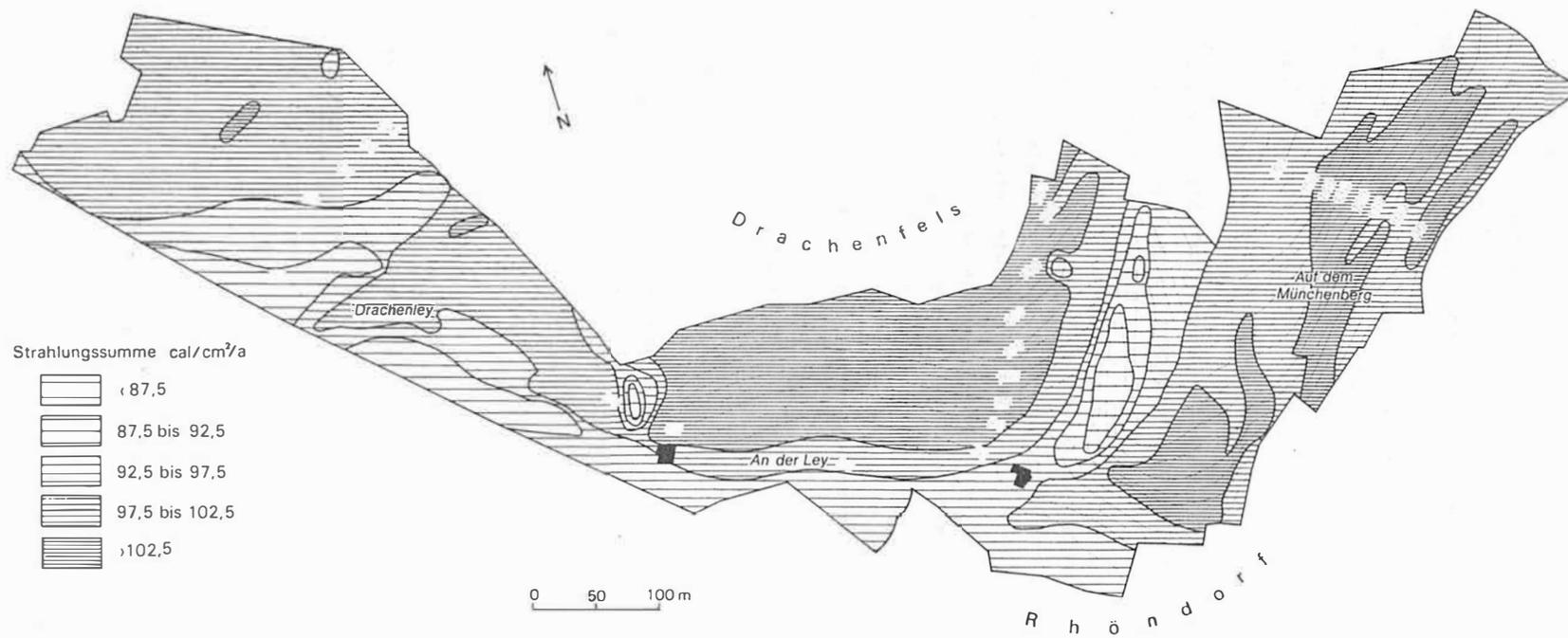
dieser Wert kommt durch die optimale Kombination von Hangneigung und Exposition zustande und wird lediglich durch die geringe Horizonteinengung von 2 - 4° im W und E etwas eingeschränkt. Minimalwerte von ca. 80 Kal/cm²/Veg. Per. werden im Untersuchungsgebiet an zwei Stellen erreicht, und zwar an W-Hängen mit mehr als 30° Neigung bei gleichzeitig erhöhter Horizonteinengung gegen E bis S (Karte 5).

Die Einteilung der ermittelten Daten in fünf Gruppen zu je 5 Kal/cm²/Veg. Per. ermöglicht einerseits für das Untersuchungsgebiet eine übersichtliche kartographische Darstellung der vorherrschenden Besonnungsverhältnisse; andererseits läßt sie im Hinblick auf die Ertragslage für Rebkulturen eine Bewertung zu (vgl. ähnliche Stufeneinteilung von BJELANOVIC, 1967, S.100):

Tab. 9: Gruppen der Besonnungswerte, prozentualer Anteil und Bewertung der Ertragslagen für Rebkulturen im Untersuchungsgebiet

Gruppe	Besonnungswert in Kal/cm ² /Veg. Per.	Bewertung	Anteil in %
1	> 102,5	sehr gute Lage	27
2	102,5 - 97,5	gute Lage	47
----- Grenze des produktiven Weinbaus -----			
3	97,5 - 92,5	mäßige Lage	19
4	92,5 - 87,5	schlechte Lage	5
----- Grenze des möglichen Weinbaus -----			
5	< 87,5	ungenügende Lage	2

Aus der Tabelle geht hervor, daß rund ein Viertel der Fläche im Untersuchungsgebiet in Bezug auf die Besonnung eine sehr günstige Ausgangslage für den Weinbau aufweist. Davon fallen auf die Gebiete an der Ley 61,2 % und des Münchenberges



Karte 5 Karte der maximal möglichen Strahlungssummen

37,5 %, während die Drachenley nur an zwei Stellen mit insgesamt 1,3 % entsprechende Voraussetzungen zeigt. Die gute Ertragslage, die fast die Hälfte des Untersuchungsgebietes bestimmt, kennzeichnet mit 48 % und 42 % vor allem die Drachenley bzw. den Münchenberg, während der Rest von 10 % auf das Gebiet an der Ley fällt. Mäßige und geringe Ertragslagen sind jeweils zur Hälfte in der Drachenley und Ley zu finden, während auf dem Münchenberg die Besonnungsverhältnisse vorwiegend gut bzw. sehr gut sind. Außerdem bestehen am W-Hang des Münchenberges große Flächen des wegen der geringen Besonnung für den Weinbau weniger geeigneten Gebietes ohnehin aus Wald (vgl. Karte 1) und können somit für weitere Untersuchungen ausgeklammert werden. Das gleiche trifft für die verbleibenden 2 % mit ungeeigneten Hängen zu, die zum größeren Teil ebenfalls in dem Waldgebiet liegen, zum kleineren Teil durch steile Felsausläufer des Drachenfels oberhalb des Weingutes Domley bestimmt werden.

Zusammenfassend ergibt sich, daß von den Strahlungsbedingungen her der S-Hang der Ley für den Weinbau besonders gut geeignet ist, fast ebenso die waldfreien Partien des Münchenberges. An der Drachenley bietet die Besonnung auf dem oberen und mittleren Hangabschnitt gute Voraussetzungen, wobei sich allerdings die morgendliche Schatteneinwirkung durch den Drachenfels negativ bemerkbar macht (Horizonteintringung im Sektor NE - SE), da der lokale Sonnenaufgang hier auch im Hochsommer nirgendwo vor 10⁰⁰ Uhr liegt. Die unteren, nur noch schwach geeigneten Hangpartien sowohl an der Ley als auch in der Drachenley sind für den Weinbau nicht in dem gleichen Maße geeignet; entsprechendes trifft natürlich für den waldbestandenen Hang am westlichen Münchenberg zu.

Die unterschiedlichen Besonnungswerte schlagen sich letztlich auch in der Zusammensetzung der Brachevegetation nieder: während für die jeweils dominierenden Arten (in mehr als einem Drittel der pflanzensoziologisch erfaßten Areale vorhanden) auf dem Münchenberg das Verhältnis von Pflanzen submediterraner zu nicht-mediterraner Herkunft bei 3:1 liegt, beträgt es für die Drachenley ca. 2:1.

Inwiefern die im Hinblick auf den Strahlungsempfang nur mäßig oder wenig geeigneten Gebiete für eine eventuelle Rekultivierung überhaupt zur Diskussion stehen, wird erst nach Abhandlung der weiteren Faktoren in der Schlußbetrachtung bestimmt werden können.

4.2 Die Temperaturschichtung in verschiedenen Pflanzenbeständen

Da das Untersuchungsgebiet an der nördlichen Grenze der Weinbaugebiete in der BRD liegt, kommen hier nur noch spezielle Standorte mit günstigen lokal- und mikroklimatischen Bedingungen für den Anbau von Qualitätsweinen in Frage. Faktoren wie Hangneigung, Bodenfarbe oder auch Bodenstruktur spielen daher hier eine größere Rolle als in weiter südlich gelegenen Regionen. Defizite im Wärmehaushalt werden nicht nur durch Hanglagen in südliche Richtungen ausgeglichen. So führt auch das künstliche "Schiefern" der Weinberge durch die starke Erhitzung der relativ dunklen und lockeren Gesteinsauflage zu einer Verbesserung der Wärmekapazität von Boden und bodennaher Luftschicht. Am Drachenfels erwies sich auf den Trachyt-Rigosolen das Schiefern als eine nützliche Maßnahme. Ein bedeutender Schieferanteil auf den Rebkulturen der Ley in der Nähe des Steinbruchs weist auf entsprechende Anschüttungen hin (s.o.). Aber auch das Mauerwerk terrasserter Weinhänge verursacht durch Rückstrahlung eine Verbesserung des örtlichen Klimas (Kammerzwirkung; s. LINCK, 1954, S. 14). Schließlich wird durch die regelmäßige Auflockerung der Böden im Frühjahr ein erleichterter Wärmeaustausch zwischen Boden und Biosphäre des Weinbergs bewirkt.

Aus den Isoplethendiagrammen in Abb. 10 - 13 gehen die Temperaturschichtungen der Biosphäre in Abhängigkeit von verschiedenen Pflanzenformationen hervor. Die Messungen wurden am 8. und 9. Juni durchgeführt, also am Anfang der Trockenperiode im Sommer 1976 (s. Abb. 8 E), wobei die erhebliche Temperaturveränderung über einer kaum bewachsenen Fläche den weniger extremen Verhältnissen in einem lockeren *Clematis*-Gestrüpp und dem relativ ausgeglichenen Tagesgang im *Robinien*-Wald gegenübergestellt wird (vgl. Barflecken, Gebüsch und Wald am Hang in Abb. 6 = Punkt 6, 4 und 8 in Karte 2). Die Einflüsse der Hangneigung und Bodenfarbe gehen aus dem Vergleich der Diagramme der beiden Barflecken am Hang und im Talgrund hervor: die Messungen am 35° gegen SSE geneigten Hang wurden über dunklem Schiefergrus durchgeführt, diejenigen im ebenen Talgrund über hellem Lehm. Zwischen 21h30 und 3h30 wurde in zweistündigem Abstand gemessen, bis 11h30 und ab 15h30 wurde stündlich, in der Mittagszeit halbstündlich jeweils in 5 cm Tiefe (Bodenthermometer), unmittelbar über dem Boden, in 10 cm und 150 cm Höhe mit dem Aspirations-Psychrometer gemessen.

Tab. 10: Temperaturextreme am 9. 6. 76 auf vier verschiedenen Standorten in °C

Höhe in cm:	Minimum				Maximum				Diff.	
	-5	1	10	150	-5	1	10	150	1	150
Wald 36°	15,4	15,2	15,8	15,9	24,6	27,7	28,4	27,8	12,5	11,9
Barflecken 35°	15,0	13,2	13,8	14,8	45,6	<u>47,8</u>	36,7	30,3	34,6	15,5
Gebüsch 14°	14,6	13,3	14,4	13,6	26,8	30,8	29,6	29,1	17,5	15,5
Barflecken 3°	?	12,7	12,5	<u>11,5</u>	?	33,6	32,6	30,8	20,9	19,3

Bei einem Vergleich der Thermo-Isoplethendiagramme und der Werte in Tab. 6 fällt die starke Aufheizung des Schieferbodens auf dem nahezu vegetationslosen Flecken am Hang auf. Dagegen zeigt die weitständige Scharung der Isolinien für die Meßstelle im Wald einen relativ ausgeglichenen Tagesgang der Lufttemperatur an. Entsprechend sind hier die Temperaturschwankungen erheblich niedriger als an den übrigen Standorten, wobei die Unterschiede zwischen der mit Efeu bedeckten Bodenoberfläche und dem Stammraum in 150 cm Höhe gering sind. Der relativ feinkörnige Boden weist am Vormittag auf Grund der schlechteren Wärmeleitung schon in 5 cm Tiefe eine deutliche Verzögerung der Bodentemperatur auf. Da sich der Oberboden also nur langsam erwärmt, bleibt er im Gegensatz zu dem rasch reagierenden Schiefergrus des Barfleckens auch nach Erreichen des Temperaturmaximums kühler als die darüber befindliche Luft. Auf dem dunkelen, strahlungsabsorbierenden Schieferboden hat die starke Erhitzung der Steine eine Aufheizung der Luftschicht bis in ca. 30 cm Höhe zur Folge. Dagegen weichen in 150 cm die Maximaltemperaturen über diesem Standort nicht wesentlich von denen über dem *Clematis*-Gebüsch oder der vegetationslosen Stelle im Talgrund ab. Die Minimumtemperatur sinkt am frühen Morgen auch an der Bodenoberfläche auf ähnliche Werte wie an den umgebenden, stärker bewachsenen Stellen ab, so daß der Temperaturgang nahe der Bodenoberfläche und im Oberboden großen Schwankungen unterworfen ist. Da der lockere Schiefergrus eine rasche Durchlüftung zuläßt, zeigen die Temperaturwerte in 5 cm Tiefe bei der Aufheizung nur eine geringe Verzögerung. Für tiefwurzelnde Reben braucht sich die starke Erwärmung des Schieferbodens nicht negativ auszuwirken; dagegen hat die Erhitzung auf weit über 50 °C (s. u.) bei einer parallellaufenden verstärkten Austrocknung des Oberbodens für die autogene Brachevegetation eine Selektion zur Folge, die nur ausgesprochen hitze- und trockenresistenten Pflanzen ein Überleben gestattet. So zeigten nach dem trockenen Sommer zahlreiche Arten auf der Münchenbergbrache z.T. bleibende Trockenschäden. Besonders betroffen waren bei den Bäumen *Quercus robur* und *Betula pendula*, aber auch an vielen Stauden waren Welkerscheinungen zu erkennen.

Mit einer weiteren vergleichenden Messung während der Mittagszeit wurden am 4. 7. 76 auf zwei ca. 1 m voneinander entfernten Standorten über vegetationslosem bzw. überwachsenem Schieferboden die mikroklimatischen Unterschiede eingehender untersucht.

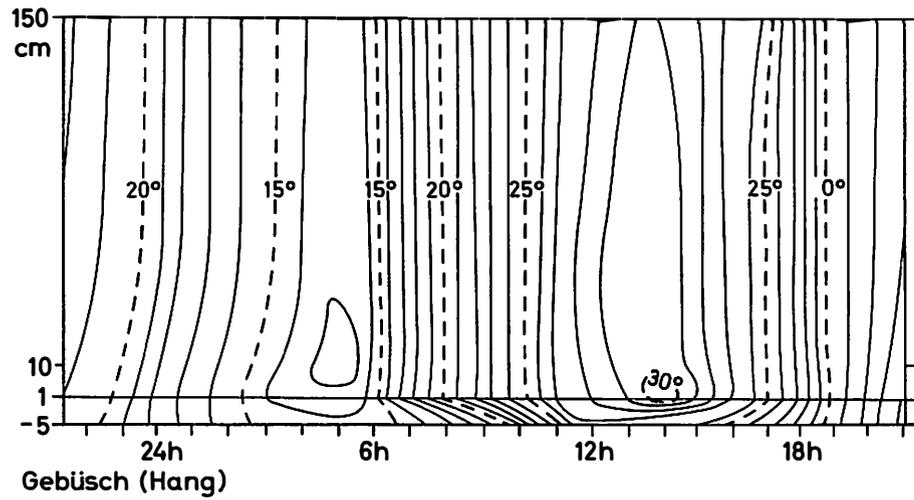


Abb. 10: Temperaturschichtung im und über flachem Clematis-Gestrüpp, ca. 30 cm hoch (Probeentnahmestelle 6 in Abb. 6)

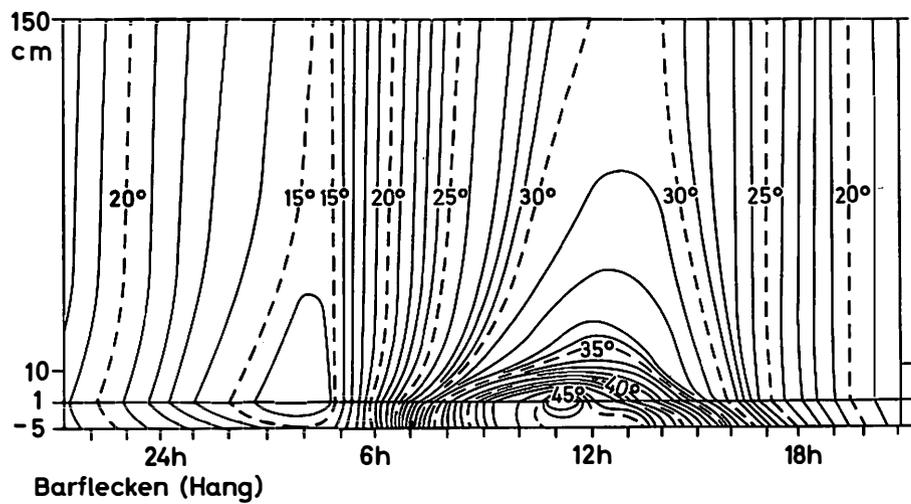


Abb. 11: Temperaturschichtung über vegetationslosem Schiefergrus (Probeentnahmestelle 5 in Abb. 6)

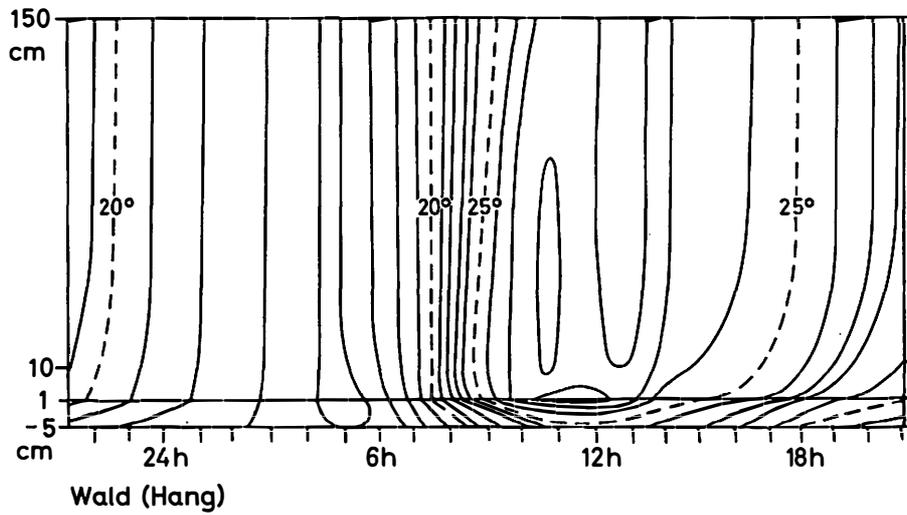


Abb. 12: Temperaturschichtung im Robinienwald (Probeentnahmestelle 8 in Abb. 6)

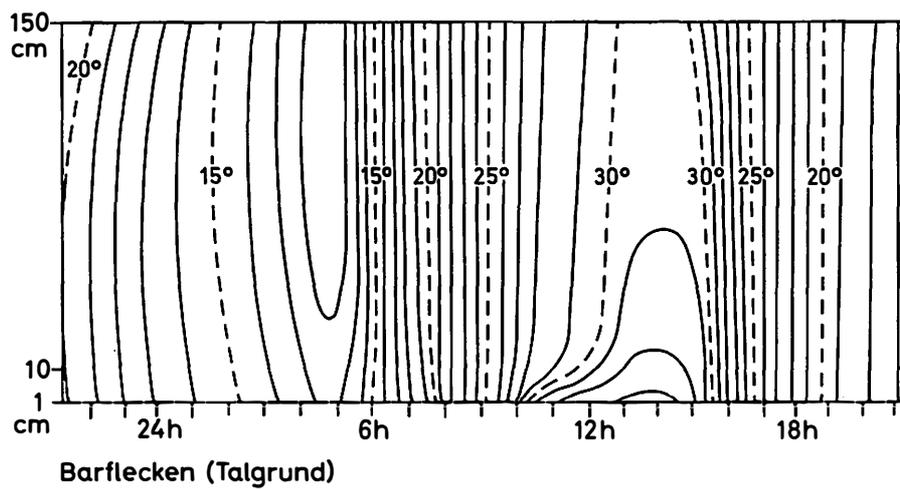


Abb. 13: Temperaturschichtung über vegetationslosem, hellem Lehm im Talgrund

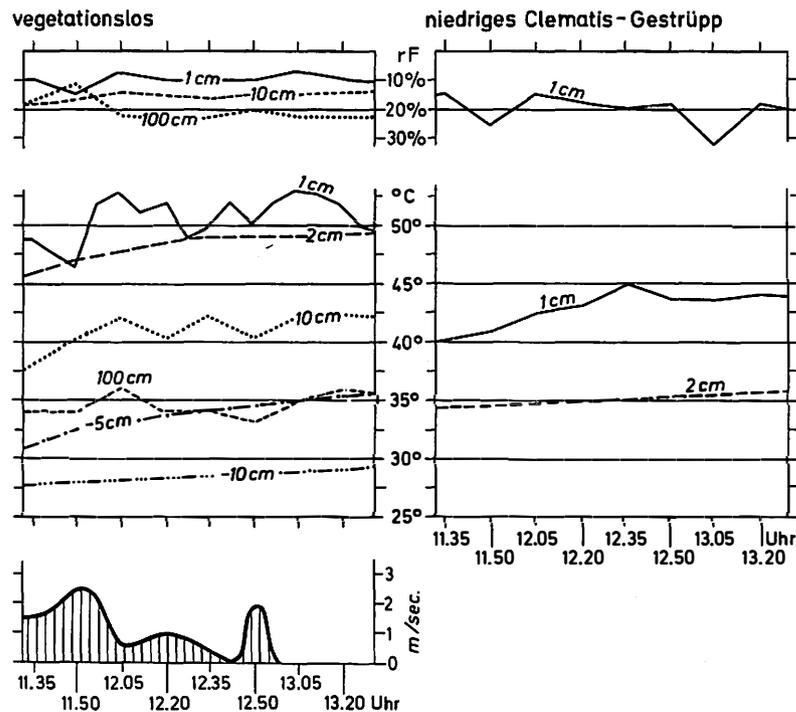


Abb. 14: Temperatur und Luftfeuchtigkeit über vegetationslosem und bewachsenem Untergrund in Abhängigkeit der Windstärke (4. 7. 76)

Die aus Abb. 14 hervorgehenden Ergebnisse verdeutlichen, daß die Temperaturen an der offenen Bodenoberfläche und in 10 cm Höhe schon bei leichten Luftbewegungen absinken. Dagegen weist die Temperaturkurve im schattenspendenden und windschützenden Clematis-Gestrüpp einen gleichmäßigeren Verlauf auf. Beachtlich sind die Unterschiede der Bodentemperatur in 2 cm Tiefe, die bei gleicher Bodenstruktur im vegetationslosen Grus um fast 15°C höher ist als im beschatteten Boden. Schließlich schlägt sich das veränderte Bestandsklima in der rel. Luftfeuchtigkeit nieder: während auf der unbewachsenen Oberfläche Werte zwischen 8 und 16 % gemessen wurden, schwankten sie im Clematis-Bestand zwischen 14 und 32 %.

Das Thermo-Isoplethendiagramm der bodennahen Luftschicht im Talgrund beweist, daß Neigungswinkel, Exposition und Farbe des Gesteins einen wesentlichen Einfluß auf die Temperatur der Bodenoberfläche ausübt. So weist der helle, strahlungsreflektierende Boden des Barflecks im ebenen Talgrund eine Maximaltemperatur auf, die mit $33,6^{\circ}\text{C}$ um $14,2^{\circ}\text{C}$ niedriger ist als die des Schieferskeletts am Hang. Dagegen sind die Werte in 150 cm Höhe in der Mittagszeit ähnlich, während die nächtliche Abkühlung auf $11,5^{\circ}\text{C}$ die Kaltluftansammlung im Talgrund andeutet (vgl. Kap. 4.4).

Abschließend sei noch vermerkt, daß über den weniger geneigten Stellen im Gebüsch und im Tal die Maximumtemperatur erst gegen 14 h erreicht wurde, während sie über den beiden anderen Standorten wegen der starken Exposition gegen SE bereits um 12 h gemessen werden konnte.

4.3 Die Auswirkung verschiedener Pflanzenformationen auf die Verdunstung

Nach BIERHALS (1976, S. 101, weitere Lit. s. dort) darf hinsichtlich des Bewuchses in etwa folgende Rangfolge abnehmender Verdunstungsintensität angenommen werden; dies kann auf Grund zunehmender Abflußintensität mit einer Verbesserung des Wasserdargebotes gleichgesetzt werden:

Nadelwald Laubwald Acker Wiese und Weide Brachflächen.

Die relativ geringe Gesamtverdunstung (Evapotranspiration) auf Brachflächen läßt sich vor allem mit der Verminderung der Bodenverdunstung (Evaporation) erklären, wobei die Pflanzenüberschirmung einen Strahlungs- und Windschutz verursacht. Bei zunehmendem Bewuchs mit Büschen und Bäumen nähern sich die Verdunstungsverhältnisse auf Brachflächen jedoch denen in Wäldern an, da Pflanzenverdunstung (Transpiration) und Interzeptionsverdunstung steigen. Am Drachenfels durchgeführte Relativ-Messungen der Evaporation bestätigen weitgehend die soeben zusammengefaßten Ergebnisse anderer Autoren.

So wurden während der Schönwetterperiode im Juni-Juli an drei Stellen am SE-Hang des Münchenerberges (vgl. Karte 2; a, b und c) regelmäßige Messungen mit Piche-Evaporimetern in 10 cm Höhe über dem Boden durchgeführt: im Wald, über vegetationslosem Schiefergrus und im C l e m a t i s -Gebüsch. Als Beispiel der während der Schönwetterperiode sehr regelhaften Tagesabläufe werden in Abb. 15 die jeweiligen Verdunstungskurven während des Meßtages der Temperaturschichten-Ermittlung dargestellt. Die kulminativ aufgezeichneten Verdunstungswerte zeigen eine hohe Evaporation über der vegetationslosen Stelle. Deutlich ist der besonders steile Anstieg zwischen ca. 10 h und 16 h zu erkennen, der bei zusätzlich erhöhter Windeinwirkung vor allem in der starken Erhitzung der Bodenoberfläche (vgl. Abb. 14) seine Erklärung findet; in der Nacht ist an der gleichen Stelle eine geringe Evaporation festzustellen. Im Gegensatz zu diesem alternierenden Tagesverlauf stehen die erheblich ausgeglicheneren Verdunstungsverhältnisse im Wald. Schatteneinwirkung und Windschutz sorgen hier für eine relativ geringe Verdunstung tagsüber, während nachts die größere Biomasse eine verstärkte Transpiration und damit die relativ höchste Gesamtverdunstung auf Grund erhöhten Wasserdampf-Sättigungsdefizits bewirkt. Die insgesamt geringste Verdunstung weist die Meßstelle in dem der Brachland-Formation am ehesten entsprechenden Gebüsch auf (schwache Verdunstung nachts durch geringe Pflanzentranspiration, schwache Verdunstung tagsüber durch geringe Bodenerhitzung), während vegetationsloses Ödland als Beispiel einer extremen Brache hinsichtlich der Verdunstung ungünstige Voraussetzungen bedingt.

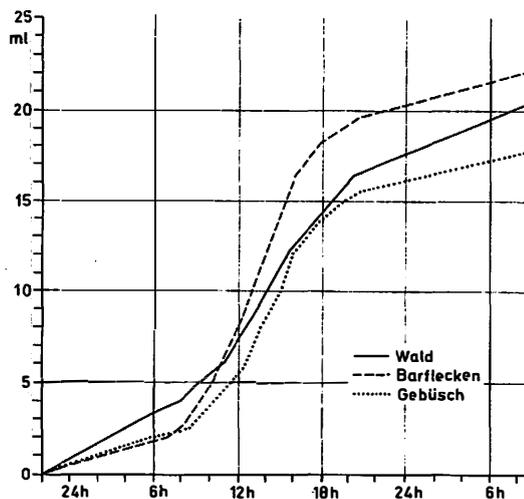


Abb. 15: Verdunstungsgang in 20 cm Höhe an drei verschiedenen Standorten (8. - 10. 6. 76, Messungen mit Piche-Evaporimetern, weißes Filterpapier)

4.4 Entstehung und Abgrenzung von Kaltluftgebieten

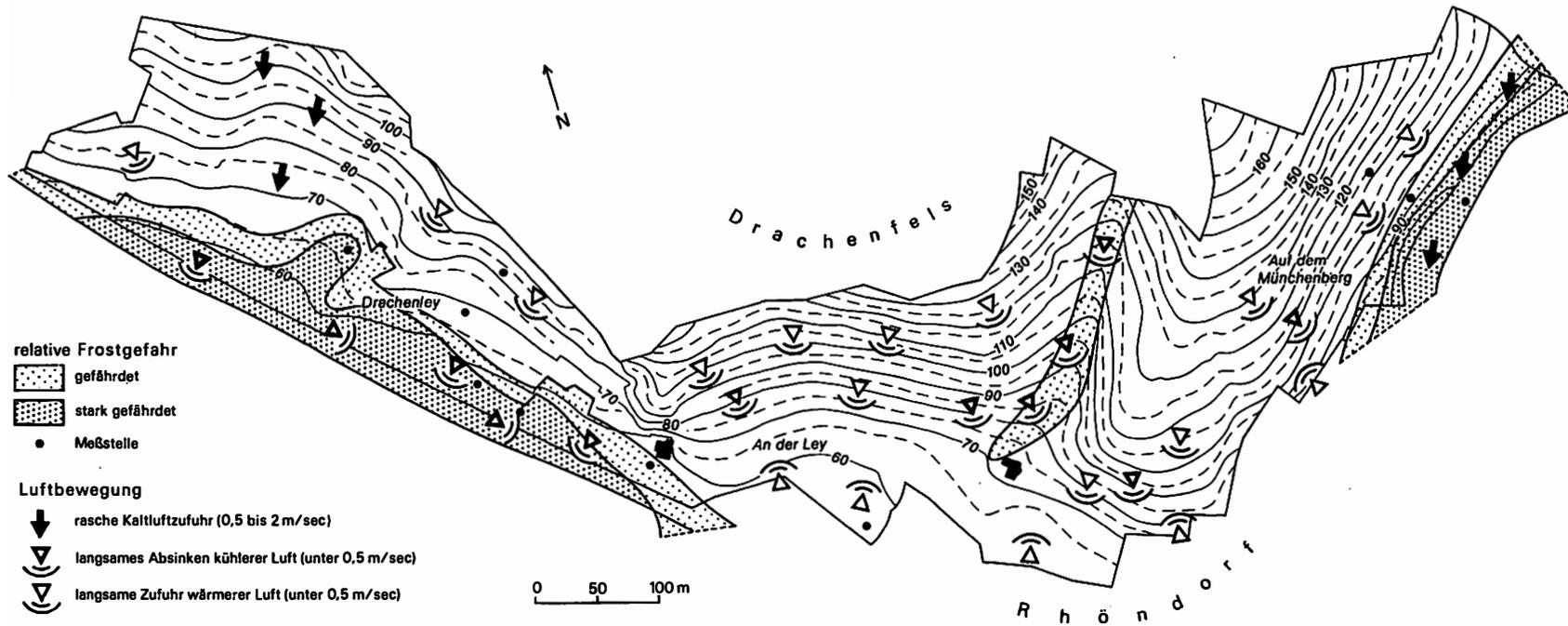
Neben dem Witterungsgeschehen während der Wachstumsperiode wird die Wirtschaftlichkeit des Weinbaus durch das Auftreten von Früh- und Spätfrösten und der damit verbundenen Vegetationsverkürzung beeinflusst. Als weiterer Kardinalpunkt des Weinbergklimas müssen die Winterfrostschäden durch extreme Tiefsttemperaturen berücksichtigt werden (vgl. SCHELL, 1936, S. 6).

Abgesehen von überregionalen, durch Großwetterlagen verursachten Advektivfrösten können lokale Ansammlungen relativ kalter Luft verschiedene Ursachen haben (zur Kaltluftbildung und -verlagerung vgl. BAUMGARTNER, 1963). So beeinflussen verschiedene Pflanzenformationen in entscheidendem Maße die Frosthäufigkeit und -intensität. Eine erhöhte Kaltluftproduktion in Brachflächen mit dichtem Bewuchs muß auf die Bedeckung des Bodens mit lebenden und abgestorbenen Pflanzenteilen zurückgeführt werden, wobei der Wärmefluß zwischen Luft und Boden beeinträchtigt wird: "Durch den verringerten Energiegewinn am Tage und die erschwerte Energieabgabe in Strahlungsnächten ist bei vielen Brachflächen mit einer stärkeren nächtlichen Abkühlung und einem daraus resultierenden verstärkten Abfluß von Kaltluft zu rechnen" (BIERHALS, 1976, S. 151). Aber auch schon die Pflanzendecke des Unkrauts in Weinbergen wirkt wärmeisolierend und erhöht die Frostgefahr (LINCK, 1954, S. 34), so daß für Kaltluftbildung auf Grund der Vegetationsbedeckung zumindest für die Brachflächen und Rebkulturen des Untersuchungsgebietes entsprechende Voraussetzungen gegeben sind. Nach beabsichtigter Rekultivierung wird sich die vegetationsabhängige Kaltluftproduktion bei gleichartiger Nutzung der weitgehend zusammenhängenden Weinbauareale weniger differenzierend auswirken. Die durch die Brachevegetation bzw. Verunkrautung der Weinberge verstärkte nächtliche Kaltluftproduktion wird insgesamt durch den Einfluß benachbarter Hochwälder vermindert. Nach BIERHALS (s.o.) nimmt der geschlossene Hochwald eine Sonderstellung ein, da die über dem Kronendach entstehende Kaltluft in die warme Stammregion einsickert und dort neutralisiert wird. Da das zukünftige Weinbaugebiet am Drachenfels an seinem oberen Rand größtenteils von Hochwald (östliche Drachenley, Münchenberg oder von ebenfalls wärmeliefernden Felspartien oberhalb der Ley) begrenzt wird, hat die lokale Hangzirkulation mit hangabwärts gerichteter Luftströmung während der Nacht zur Folge, daß relativ warme Luft von außen zugeführt und die "innere", pflanzenbedingte Kaltluftproduktion abgeschwächt wird.

Einen noch stärkeren Einfluß auf die Frostgefährdung bestimmter Gebiete verursachen Reliefunterschiede. Dabei kommt es im Talbereich zu Bodeninversionen, bei denen die Höhe des Temperaturgradienten und die Mächtigkeit bis zur oberen Umkehrschicht von der Wetterlage abhängig ist. Zwar konnte im Untersuchungsgebiet während der Meßzeit fast immer eine nächtliche Temperaturumkehr festgestellt werden (vgl. Temperaturzunahme mit der Höhe im Profil A - C und D - F, Tab. 11 und 12), jedoch ist in Strahlungsnächten der positive Temperaturgradient und damit die Inversionsintensität besonders groß (Strahlungsfrost).

Für eine Bewertung der Frostgefährdung im Untersuchungsgebiet wurde als Grundlage das System von UHLIG (1954) verwendet. Die resultierende theoretische Einschätzung des Geländes wurde durch zusätzliche Messungen mit Minimumthermometern in 30 cm Höhe ü. B. an insgesamt 9 bzw. 10 Punkten³ in Verbund mit gelegentlichen Windmessungen getestet und bestätigt. Die angeführte Methode ermöglichte schließlich die Anfertigung einer Isolinienkarte der relativen Frostgefahr (vgl. Karte 6), wobei als Bezugspunkt zu den eigenen Messungen die Werte der 5 cm über dem Erdboden gemessenen Minimumtemperaturen an der Station des DWD Bonn-Plittersdorf herangezogen wurden (vgl. Tab. 11 und 12). Daß diese Untersuchungen erst nach der Traubenernte durchgeführt wurden, spielt für eine relative Beurteilung der Frostgefährdung keine Rolle.

³ Meßstelle A wurde bei der zweiten Meßreihe nach Diebstahl eines Thermometers um ca. 20 m verlegt = Meßstelle H



Karte 6 Kaltluftausbildung im Untersuchungsgebiet

Im Untersuchungsgebiet können zwei Regionen mit erhöhter Frostgefährdung ausgeschieden werden.

1. Das Kaltluftgebiet im Rhöndorfer Tal, das sich auf einen schmalen Abschnitt im Talgrund (Bergwind) beschränkt. Die Grenze zum weitgehend ungefährdeten Gebiet fällt ziemlich genau mit dem Unterrand des Brachgeländes am östlichen Münchenberghang zusammen, so daß sich nur der Bacheschenwald innerhalb der gefährdeten Zone befindet.
2. Im Gegensatz zu der Kaltluftansammlung im Rhöndorfer Tal greift das zweite frostgefährdete Gebiet weit in den tiefergelegenen Bereich der Drachenley und damit in ein für die Rekultivierung vorgesehenes Weinbaugebiet hinein. Die Kaltluftzufuhr in der unteren Drachenley erfolgt vor allem aus dem höher gelegenen waldfreien Hang der Rüdenet (vgl. Abb. 1 und 2), zum geringeren Teil wohl auch aus der dichten Brachvegetation der Drachenley selbst. Der Kaltluftsee wird nach NE weitgehend durch die untersten Rebmauern und nach SW scharf von der Autobahn-Trasse begrenzt, die einem weiteren Abfluß der Luftmassen entgegensteht (bzgl. Kaltluftstau durch Dämme vgl. BJELANOVIC, 1967, S. 120, Abb. 8, und SCHNEIDER, 1965, S. 57, Abb. 36). Daneben verhindert die Autobahn-Trasse auch die Zufuhr feucht-warmer Luft vom Rhein, wohl im Gegensatz zu dem schon seit vielen Jahrzehnten bestehenden, parallellaufenden Eisenbahn-Damm mit erheblich geringerer relativer Höhe. Zwar kann man den Luftbildern aus den Jahren 1933 und 1957 entnehmen, daß der unterste, flache Abschnitt zwischen Eisenbahn-Trasse und Drachenley schon lange nicht mehr von Rebkulturen eingenommen wurde, so daß hier wohl schon vor dem Autobahn-Bau die geländeklimatischen Verhältnisse nicht ideal waren. Jedoch wird für die Zeit nach der Aufschüttung des Straßendammes für den äußersten, westlichen Abschnitt des Weinanbaugebietes der Ley von ansässigen Weinbauern eine erhebliche Zunahme der Frostschäden an den dortigen Reben bestätigt.

Tab. 11: Minimumtemperaturen in 20 cm Höhe im (Okt./) November 1976 an zwei Profilen durch die Drachenley (A-C) und am Münchenberghang (D-F, vgl. Karte 2)

+ = Strahlungsnacht

	29.10.	30. ⁺	31.	1.11.	2.	3.	5. ⁺	6. ⁺	8.	9.	11.	13. ⁺	14.	15.	16.
Bonn	5,8	0,1	5,0	0,8	5,6	5,7	0,9	4,1	0,8	5,8	7,0	-1,5	0,5	5,6	5,0
A	6,0	0,3	1,6	-0,1	6,6	5,4	-0,3	1,5	1,2	6,0	7,7	-0,3	3,2	1,2	4,5
B	7,3	2,8	3,9	2,0	8,4	6,4	1,2	3,1	2,0	6,6	7,6	0,4	3,4	2,0	5,5
C	8,2	3,7	4,4	2,0	8,3	6,7	1,3	3,5	2,5	7,2	8,1	0,6	4,2	3,3	5,4
F	4,4	1,5	2,9	0,7	6,2	4,3	-1,5	-1,2	0,5	5,8	7,5	-1,9	2,9	1,4	4,9
E	5,2	2,1	3,1	0,8	6,4	5,0	-0,9	-0,4	1,7	6,6	7,8	-0,8	3,1	2,0	5,3
D	6,0	3,1	3,4	1,4	6,7	5,8	-0,4	0,5	2,6	7,1	8,1	-0,1	4,1	3,6	5,7
	17.	18.	19. ⁺	20.	21. ⁺	22. ⁺	23.	24.	26.11.	gesamt Mittel	Diff. zu Bonn	Strahl.nacht Mittel	Diff. zu Bonn		
Bonn	5,0	6,5	0,4	2,5	-6,0	-4,8	1,5	1,6	6,7	2,7	-	-1,0	-		
A	4,1	3,8	-0,2	1,5	-6,1	-1,9	1,1	-0,2	4,9	2,1	-0,6	-1,0	0		
B	4,7	4,4	0,4	2,0	-5,6	-1,3	1,7	0,9	6,0	3,2	+0,5	0,1	+1,1		
C	5,3	5,0	1,8	2,6	-4,6	-0,7	2,0	1,5	5,9	3,5	+0,8	0,8	+1,8		
F	4,4	3,6	-0,3	1,8	-5,3	-2,0	0,5	0	4,6	1,9	-0,8	-1,5	-0,5		
E	5,0	4,3	0,4	2,5	-4,5	-1,1	1,4	0,8	5,3	2,5	-0,2	-0,7	+0,3		
D	5,3	4,8	1,0	3,0	-3,8	-0,4	2,1	1,1	6,0	3,2	+0,5	0	+1,0		

Die Rebkulturen am Fuße der Ley, für die von den orographischen Verhältnissen her ebenfalls eine Kaltluft-Gefährdung erwartet werden konnte, zeigen auf Grund der Messungen der Minimumtemperaturen wesentlich günstiger Verhältnisse als die unterste Drachenley (vgl. Tab. 12, Meßstelle I). Hier macht sich verstärkt der Einfluß der südlich angrenzenden Wohnhäuser bemerkbar, durch die nachts genügend Wärme an die Umgebung abgegeben und damit offensichtlich die potentielle Frostgefahr verringert wird.

Tab. 12: Minimumtemperatur in 20 cm Höhe im (Nov./) Dezember am flachen Hangfuß der Drachenley und Ley
+ = Strahlungsnacht

	28.11.	29. ⁺	30.	6.12. ⁺	7. ⁺	9.	10. ⁺	12.	13.	16.	17.
Bonn	4,6	2,8	5,2	- 1,3	3,9	2,5	- 2,5	2,7	- 2,4	-4,6	-5,1
I	4,0	5,0	5,3	- 1,1	5,6	2,2	- 1,4	4,5	- 2,0	-4,9	-5,0
J	2,5	4,2	4,5	- 1,6	5,0	1,4	- 3,2	3,3	- 3,2	-5,3	-5,6
H	3,4	3,2	3,3	- 2,6	3,8	1,0	- 4,3	4,0	- 3,3	-5,0	-5,7
G	3,4	2,9	2,6	- 2,5	2,6	1,2	- 3,3	4,6	- 2,7	-4,6	-5,8
	Mittel gesamt			Diff. zu Bonn		Mittel Strahlungsnacht		Diff. zu Bonn			
Bonn	0,5					- 0,3					
I	1,1			+ 0,6		0,6		+ 0,9			
J	0,3			- 0,2		- 0,2		+ 0,1			
H	- 0,2			- 0,7		- 1,0		- 0,7			
G	- 0,1			- 0,6		- 1,0		- 0,7			

4.5 Zusammenfassung der klimatologischen Meßergebnisse

Hinsichtlich der direkten Sonneneinstrahlung weisen die Ley und die brachgefallenen Weinhänge des Münchenberges sehr günstige Voraussetzungen auf, während die Drachenley auf Grund der schwächeren Inklination benachteiligt ist. Auf den dunkleren Tonschieferhängen hat die Einstrahlung an Schönwettertagen eine starke Aufheizung des Oberbodens und der bodennächsten Luftschicht zur Folge, wobei die Maximaltemperaturen weit über 50 °C liegen können und somit die Bodenwasser-Verdunstung erhöht wird. Dagegen bewirken die helleren Trachytböden eine verstärkte Bodenreflexstrahlung, was sich auf die Weinreben günstiger auswirkt als die außergewöhnliche Bodenerwärmung über dem Schiefer. Die Drachenley ist nicht nur vom Strahlungs- und Wärmeangebot her benachteiligt, da hier zusätzlich ein ausgedehnter Kaltluftsee zumindest im Bereich des Hangfußes die Standortqualität für den Weinbau beeinträchtigt. An der oberen Drachenley, an der Ley und am Münchenberg ist dagegen die Spätfrostgefährdung gering.

5. DIE VEGETATIONSENTWICKLUNG AUF DEN WEINBERGBRACHEN AM DRACHENFELS

5.1 Überblick über den bisherigen Ergebnisstand der Vegetationsdynamik auf Weinbergbrachen

Aus der Sicht der Landschaftspflege hat die Erforschung der Pflanzensukzessionen auf Brachflächen in letzter Zeit einen deutlichen Aufschwung genommen. Dabei wurde auch die Vegetationsentwicklung auf brachliegenden Weinbergen mit Schieferböden angeschnitten; eine ausführliche Zusammenfassung zahlreicher Untersuchungsergebnisse gibt HARD (1976). In seinem Diagramm zeigt er die maßgeblichen Veränderungen im Artengefüge der Weinbergbrachen auf devonischem Substrat.

Dieses Schema trifft weitgehend auch für das Untersuchungsgebiet im Siebengebirge zu. So kann ein vereinfachter Ablauf mit folgenden Stadien nachgewiesen werden:

- a) 2-3jähriges Stadium vorwiegend ein- und zweijähriger Unkräuter
- b) ruderale Stauden mit Übergang zur Glatthaferwiese während der folgenden fünf Jahre
- c) Glatthaferwiese mit aufkommenden Holzarten-Beständen nach ca. acht bis zehn Jahren.

Diese Einteilung, die vorerst physiognomischer Natur ist, soll für die anschließende eingehendere Betrachtung als Grundlage dienen.

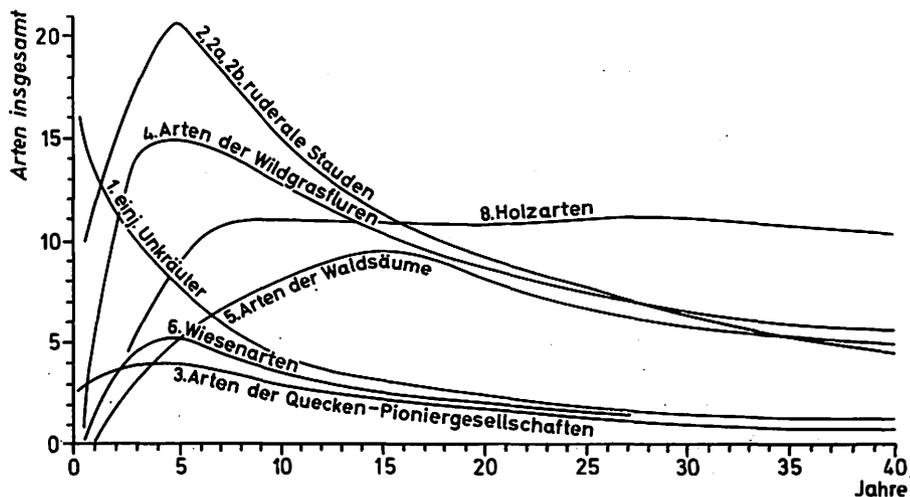


Abb. 16: Veränderungen im Artengefüge von Weinbergbrachen auf basenarmen Böden im Verlauf von 4 Jahrzehnten.
(Abszisse: Zeit, Ordinate: Artenzahl in bestimmten charakteristischen Artengruppen)
(aus HARD, 1976, S.137)

5.2 Die Anfangsstadien der Brachevegetation

Da es am Drachenfels nur eine kleine Fläche mit jüngerem Brachland gibt (Schwarzbrache auf Trachyt, vgl. Karte 1 und Abb. 16), wird eine Rekonstruktion des Ablaufes der Vegetationsentwicklung während der ersten Jahre erschwert. Zudem bereitet eine Untersuchung der gesetzmäßigen Abfolge einer Sukzession der Pflanzen für die ersten zwei bis drei Jahre ohnehin Schwierigkeiten, da die Artenzusammensetzung eine hohe Zufälligkeit zeigen kann: einige bestimmende Faktoren unterliegen nämlich bis zur Normalisierung der Verhältnisse einer unberechenbaren Variabilität, die z. B. durch den Witterungscharakter während der ersten Brachjahre, durch den ebenfalls zufälligen Besatz an Therophyten (hier sommer-einjährige Arten) in benachbarten Parzellen oder durch die Bewirtschaftungs- und Pflegeintensität (u. a. Stickstoffdüngung, Bodenbegrünung) in der Zeit vor dem Brachfallen verursacht werden. So konnten auf der jungen Brache der Ley keine der beschriebenen Pflanzengesellschaften für ein- bis dreijährige Weinbergbrachen eindeutig festgestellt werden.

Als typisch angesehen wurden bisher das *Agropyro - Convolvuletum arvensis* Felföldy 43 (Quecken-Ackerwinden-Ges., vgl. RUNGE, 1969, S. 52 und HARD, 1976, S. 124), das *Ranunculetum repentis* Knapp 46 (vgl. WENDLING, 1966, S. 49 f. und HARD, 1976, S. 123) sowie ferner das *Geranio - Allietum Tx* 50 (Weinbergslauch-Ges., vgl. RUNGE, 1969, S. 57 und LEHMANN, 1971, S. 63). Von dem Arteninventar der genannten Gesellschaften trifft man im Brachgebiet der Ley nur *Hypericum perforatum* und *Papaver rhoeas* häufiger an, ferner noch *Lapsana communis*. Dagegen gibt es in den Rebzellen der noch bewirtschafteten Kulturen zahlreiche Arten, die in der Liste der Pflanzengesellschaften kurz zuvor aufgelassener Weinberge erwähnt sind: *Taraxacum officinale*, *Plantago major*, *Rumex acetosa*, *Convolvulus arvensis*, *Lapsana communis*, *Equisetum arvensis* und *Euphorbia peplus*. Aber auch diese Arten treten nicht

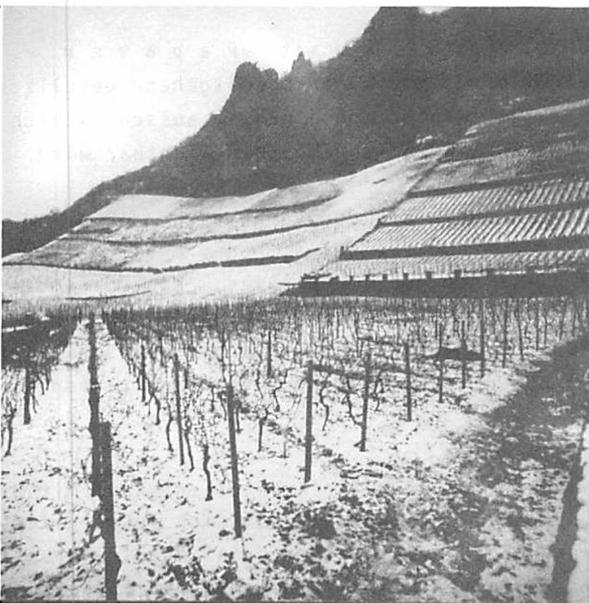


Abb. 17: Das Rebgebiet an der Ley. Am oberen linken und mittleren Hang ist die (dunkler getönte) Schwarzbrache zu erkennen. (Dez. 1976)

beherrschend auf, sondern vielmehr Pflanzen, die für verschiedene Ruderal- und Hackunkraut-Gesellschaften typisch sind. Die meisten dieser Gesellschaften sind nach RUNGE (1969, S. 54 ff) für wärmere, trockene und sandige Standorte bezeichnend. Es handelt sich um die folgenden Pflanzen, die in der jeweiligen Pflanzengesellschaft dominierend sein können:

a) in Rebkulturen und auf Schwarzbrache:

<i>Setaria glauca</i> (AC)	: Niedrige Borstenhirse	
<i>Digitaria sanguinalis</i> (VC)	: Bluthirse	Borstenhirse-Sandacker (Panico-Galinsogetum Tx. et Becker 42)
<i>Chenopodium album</i> (OC)	: Weiße Melde	

b) nur in den Rebkulturen:

<i>Mercurialis annua</i> (AC)	: 1jähr. Bingelkraut	Hirse-Bingelkraut-Ges. (Panico-Mercurialeetum Tx. 50)
<i>Setaria viridis</i> (VC)	: Grüne Borstenhirse	
<i>Solanum nigrum</i> (OC)	: Schwarzer Nachtschatten	
<i>Chenopodium polyspermum</i> (AC)	: Vielsam. Gänsefuß	Vielsamen-Geänsefuß-Ges. (Chenopodietum polyspermi Br.-Bl. 21)
<i>Sonchus asper</i> (VC)	: Rauhe Gänsedistel	
<i>Polygonum lapathifolium</i> (OC)	: Ampferknöterich	
<i>Polygonum persicaria</i> (OC)	: Flohknöterich	

(AC = Assoziations-Charakterart, VC = Verbands-Charakterart, OC = Ordnungs-Charakterart)

Capsella bursa-pastoris und *Galinsoga parviflora* sind Ordnungs-Charakterarten, die in allen drei Gesellschaften häufig sind. Daneben treten folgende Arten bestandsbildend auf, die nicht in den Assoziationslisten erwähnt werden: *Sinapsis arvensis* und *Amaranthus chlorostachys* im ersten Jahr sowie *Hypericum perforatum* und *Cirsium arvense* im zweiten Jahr nach dem letzten Pflügen.

c) nur auf der zweijährigen Schwarzbrache:

<i>Erigeron (Conyza) canadensis</i> (VC)	: Kanad. Berufskraut	Kompaßblattichflur (Conyzo- Lactucetum serriolae Lohm.50)
<i>Lactuca serriola</i> (AC)	: Kompaßblattich	

Außerdem finden sich hier, wie bereits erwähnt, dichte Fluren mit *Papaver rhoeas* und *Hypericum perforatum* als weitgehend gesellschaftsvage Arten, wobei *Papaver rhoeas* (Klatschmohn) nahezu ausschließlich auf den ehemaligen Zeilenwülsten vorkommt, so daß die Zeilung weithin sichtbar wird.

Oberhaupt fällt auf dem Gelände der Schwarzbrache auf, daß die vorherrschenden Arten *Papaver rhoeas*, *Conyza canadensis*, *Hypericum perforatum* und *Digitaria sanguinalis* zusammen mit *Setaria glauca* keine Konkurrenz (auch nicht untereinander) dulden und mosaikartig einzelne homogene Flächen von 100-200 m² besiedeln. Ebenfalls massenweise tritt an einzelnen Stellen *Sedum album* auf, das sich von den trockenen Rebmauern aus ausbreitet.

Die Flächendeckung dieser Bestände liegt zwischen 10 und 80 %. Am steilen, kaum mit Pflanzen bewachsenen Hangstück im nordöstlichen Abschnitt der Brache läßt sich feststellen, daß an der Bodenoberfläche schon nach zwei Jahren nahezu alles Feinmaterial abgetragen ist. Aber auch die übrigen Flächen der Schwarzbrache zeigen keine stabilen Verhältnisse; diese Tatsache kommt letztlich in der räumlich und zeitlich sehr veränderten Pflanzenbesiedlung am besten zum Ausdruck.⁴

⁴ Für Hinweise bei der Pflanzenbedeckung sei Herrn P. Gerstberger, Botanisches Institut der Universität Bonn, gedankt.

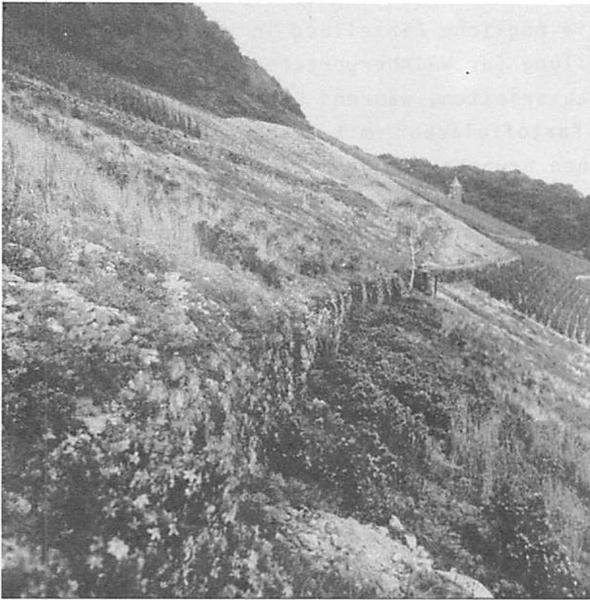


Abb. 18: Die Vegetation der Schwarzbrache am Ley-Hang. Rechts, untere Hälfte: vorwiegend *Conyza canadensis*. Unter der Mauer: *Hypericum perforatum*. Auf der Mauer: *Sedum album*. Oberhalb der Mauer: abgestorbene *Papaver rhoeas*-Büschel, *Hypericum perforatum*. Im Hintergrund: nahezu vegetationsloser Hang mit dichter Skelettauflage.
(Aug. 1976)

5.3 Die Glatthaferwiesen

Bereits im 3. bis 4. Brachjahr werden die einjährigen Ackerunkräuter durch langlebige, ruderal Hochstauden verdrängt. Mit *Cirsium arvense* und *Hypericum perforatum* treten sogar noch während der Bewirtschaftung erste Hemikryptophyten auf (s. o.). Wärmeliebende Arten wie *Daucus carota*, *Inula conyza*, *Origanum vulgare* und *Senecio jacobaea* besiedeln nun die relativ trockenen und grobkörnigen Böden, während *Solidago canadensis* etwas feuchtere Standorte bevorzugt. Zusammen mit dem sich allmählich ausbreitenden Glatthafer (*Arrhenatherum elatius*) charakterisieren die genannten Arten eine Gesellschaft, die zumindest für Weinbergbrachen auf devonischem Material ganz typisch ist, am Drachenfels aber auch über Trachyt dominiert (vgl. pflanzensoziologische Liste im Anhang).

Darüber hinaus entwickeln sich immer stärker Gebüsch, die durch wild wucherndes Clematis- und Brombeer-Gestrüpp gekennzeichnet werden. Ferner siedeln sich bereits in den ersten fünf Jahren Holzarten an, wobei *Quercus robur*, *Cornus sanguinea* und *Crataegus monogyna* auf allen Brachen gleichmäßig vertreten sind (vgl. Abb. 20 und 21). - Von den Therophyten aus dem Unkraut-Stadium ist dagegen nur noch *Sonchus asper* übriggeblieben. Es entsteht also ein mageres, halbruderales *Arrhenatheretum*, das nicht mit den Glatthafer-Fettwiesen (*Arrhenatheretum elatioris* Br.-Bl. 19) auf frischen, schweren Lehmböden verwechselt werden darf. Vielmehr gehören die Glatthaferwiesen am Drachenfels zu einer wärmeliebenden, durch Rohbodenpioniere bestimmten Assoziation, die wohl dem von MEISEL/v.HÜBSCHMANN (1973) nicht näher gekennzeichneten *Daucos - Arrhenatheretum* entspricht. HARD (1976, S. 142) schlägt als Unterscheidung zur Glatthaferwiese im üblichen Sinne für das "Brache-Arrhenatheretum auf steinschuttreichen Weinbergbrachen der Täler des Rheinischen Schiefergebirges" die Bezeichnung "*Inulo - Arrhenatheretum*" vor. In allen Weinbergbrachen mit Glatthaferwiesen sind außerdem Pflanzen aus dem Mittelklee-Odermennig-Saum (*Trifolium medii-Agrimonetum* TH. MÜLLER 61) und dem Salbeigamander-Flockenblumen-Saum (*Teucrio scorodonio-Centaureetum nemoralis* TH. MÜLLER 61) vertreten.

Innerhalb dieser Glatthaferwiesen können nun am Drachenfels Subassoziationen ausgeschieden werden, deren Differentialarten Abweichungen in einzelnen Standortfaktoren anzeigen. Die pflanzensoziologische Liste verdeutlicht die mögliche Einteilung in verschiedene Gruppen: großflächig läßt sich jeweils eine Unterteilung für Weinbergbrachen über Tonschiefer (Gruppe 1 und 2) sowie über Trachyt (Gruppe 3) herausarbeiten, während Gruppe 4 ein dichtes Gebüsch über dem vor rund 25 Jahren aufgelassenen Kartoffelacker mit lehmigem Boden beschreibt. Dabei decken sich grundsätzlich die einzelnen Gruppen mit den Arealen der verschieden alten Brachparzellen; diese Tatsache wird vor allem bei der Differenzierung der Gruppen 1 und 2 über gleichartigem Ausgangsgestein bei gleicher Exposition und Hangneigung interessant.

Auf den Tonschiefer-Rigosolen am SE-Hang des Münchenberges sind neben den erwähnten Charakterarten, die auf allen untersuchten Brachen vorkommen, weitere Arten regelmäßig anzutreffen, die auf den Trachyt-Rigosolen fehlen: *Chrysanthemum leucanthemum*, *Galeopsis angustifolia*, *Fragaria vesca*, *Hieracium laevigatum* und *Bupleurum falcatum*. Es handelt sich durchweg um Pflanzen, die nach OBERDORFER (1969) in Hinblick auf Nährstoffgehalt und Bodenfeuchtigkeit nicht besonders anspruchsvoll sind und als Tiefwurzler steinig-sandige Lehmböden auf sonnigen und warmen Standorten bevorzugen.

Auf den beiden unterschiedlich alten Brachen läßt sich eine weitere Unterteilung vollziehen: auf dem westlichen Hangabschnitt im jüngeren Brachgebiet mit etwas dichterem Pflanzenbewuchs (Deckungsgrad 65-95 %) deuten *Epilobium lamyi*, *Calamintha vulgaris*, *Cirsium vulgare* sowie *Rosa canina*, *Cirsium arvense* und *Hypericum perforatum* eine Variante auf nährstoff- und basenreicheren, mäßig frischen Böden an. Die genannten Arten belegen, daß der Weinberg bis zum Schluß regelmäßig gedüngt wurde, was auch den relativ dichten Bewuchs trotz großer Hangneigung erklärt. Auf der älteren Weinbergbrache am östlichen Hangabschnitt treten die zuvor angeführten Arten zurück, während *Erigeron strigosus*, *Campylosiphium rapunculoides* und *Hieracium pilosella* hinzukommen.

Im Grenzgebiet der beiden Parzellen ist vor allem auf der Ostseite die Vegetation artenarm und die Pflanzenbedeckung mit 30 - 75 % dürftig (vgl. Listen-Nr. 1-5 und 19). Noch weiter nach Osten nehmen Artenreichtum und Deckungsgrad wieder zu (Listen-Nr. 6-8), da der Hang wieder flacher und feinerreicher wird. Noch entscheidender für die größere Vielfalt ist jedoch die unmittelbare Nachbarschaft der Gebüschformation auf dem ehemaligen Kartoffelacker (Gruppe 4), die mit zahlreichen Arten in den Grenzbereich der Weinbergbrache übergreift (z.B. *Prunus spinosa*, *Acer campestre*, *Erigeron strigosus*, *Lathyrus latifolius* aber auch die in Gruppe 1 pflanzensoziologisch nicht erfaßten Charakterarten *Brachypodium pinnatum*, *Chrysanthemum vulgare* und *Galium mollugo*).

Die erheblich feinerreicheren Böden der dichten Strauchformation in Gruppe 4 tragen eine gänzlich andere Pflanzengesellschaft; sie wird durch die Fiederzwenke (*Brachypodium pinnatum*) bestimmt und ähnelt dem Schlehen-Weißdorn-Gebüsch bzw. Schlehen-Liguster-Gebüsch (*Prunus spinosa* - *Crataegus* - *Ass.* Hueck 31 bzw. *Ligustro - Prunetum* Tx. 52).

Die Glatthaferwiese auf den Trachyt-Rigosolen der Drachenley zeigt eine andere Subassoziation mit verschiedenen Fazies. Die weniger steilen und nicht so sommer-warmen Hänge werden neben den Charakterarten des *Inulo - Arrhenatheretums* (s. o.) v. a. durch *Chrysanthemum vulgare*, *Urtica dioica*, *Achillea millefolium*, *Convolvulus arvensis*, *Sambucus nigra*, *Pastinaca sativa* und auch junge Bäumchen wie *Carpinus betulus*, *Acer pseudoplatanus* und *Acer campestre* charakterisiert.

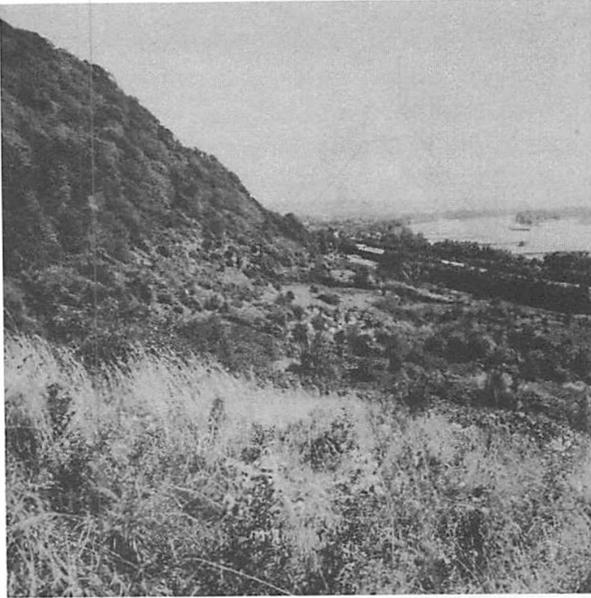


Abb. 19: Dichte Brachevegetation der Drachenley; im Vordergrund Glatthaferwiese mit *Inula conyza* und restlichen Weinreben, im Mittelgrund gehölzreiches Brombeergestrüpp. (Aug. 1976)

Die genannten Pflanzen sind typisch für mäßig frische bis frische, tiefgründige und nährstoffreiche Böden, wobei einige Arten als Stickstoffzeiger bekannt sind und ihre Zugehörigkeit zum Rainfarn-Beifuß-Gestrüpp (*Tanacetum - Artemisietum vulgare* Br.-Bl. 49) anzeigen.

Obwohl die natürlichen Bedingungen in der Drachenley weniger extreme Verhältnisse aufweisen als auf dem Münchenberg, ist die Artenvielfalt der Vegetation nicht größer. Die ökologische Wirkung drückt sich stattdessen in der Pflanzenbedeckung aus, die mit 95-100 % erheblich dichter ist (vgl. Abb. 19). Zahlreiche Standorte werden ausschließlich durch Herdenbildung weniger Arten bedeckt (Polykormonbildung, s. u.).

5.4 Die Ausbreitung von Gehölzarten

Abb. 16 zeigt, daß der Besatz an Holzarten bereits nach 5-7 Jahren ein Stadium erreicht hat, welches sich in der Artenzahl während der folgenden Jahrzehnte nicht mehr wesentlich verändert. Die pflanzensoziologischen Untersuchungen von WENDLING auf steinigem Schieferböden des Unterdevon im Ahrtal lassen dagegen ein etwas verzögertes Aufkommen von Gehölzen vermuten, wobei erst nach 10 Jahren (evtl. sogar noch später, vgl. WENDLING, 1966, S. 51-53) eine zunehmende Verbuschung auffällt. Insgesamt läßt sich nachweisen, daß keine Beziehung zwischen dem Alter der Brache und dem Deckungsgrad festgestellt werden kann (vgl. HARD, 1975, Abb. 4, S. 250). Diese Erkenntnis läßt sich auch auf die Weinbergbrachen am Drachenfels übertragen: So liegt der Deckungsgrad der 2-3 m hohen Brombeergebüsche im NW der Drachenley bei 100 %, während im südlichen Teil des gleichen Gebietes Wildgrasfluren mit nur sporadisch auftretendem Strauch- und Baumwuchs zu finden sind. Die Verbreitung von Büschen und Bäumen im Untersuchungsgebiet wird für Tonschiefer-Rigosole am SE-Hang des Münchenberges in Abb. 20 gezeigt, während die Verhältnisse für Trachytböden in der Drachenley durch einen Kartenausschnitt in Abb. 21 dargestellt sind.

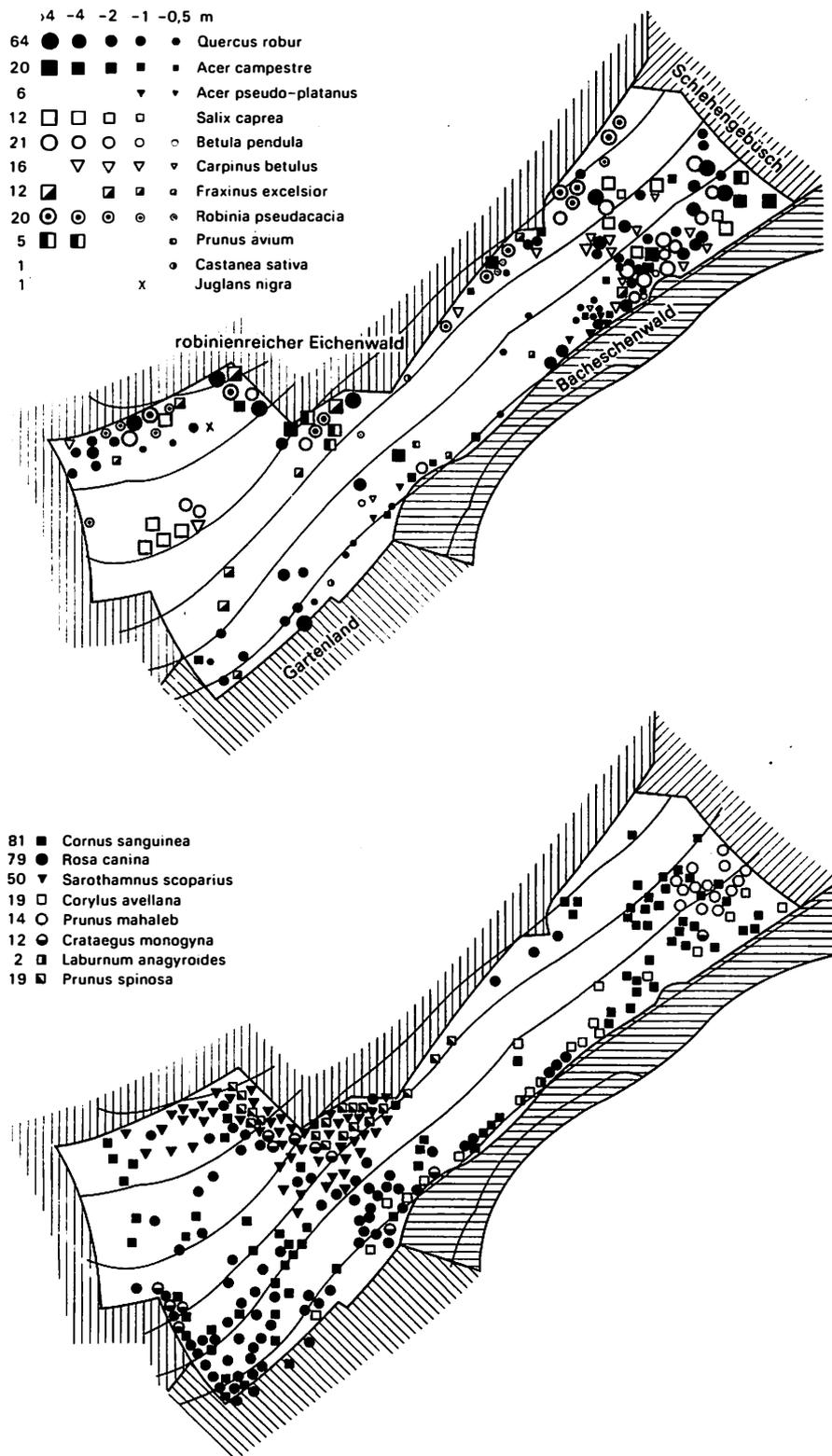


Abb. 20: Baumverbreitung (oben) und Buschbewuchs (unten) am Münchenberghang. Die einzelnen Bäume sind nochmals nach der Höhe differenziert. Links neben der Legende: Anzahl der auf der dargestellten Fläche gezählten Individuen der jeweiligen Art.

Die Invasion der Holzarten auf Brachflächen kann sich nach HARD (1975 und 1976) auf zwei Wegen vollziehen:

1. schlagartige Besiedlung während der ersten Brachjahre nahezu ausschließlich in Waldrandnähe
2. allmähliche Etablierungen in den späteren Phasen der Polykormon-Sukzession (s. u.).

Da die Brachflächen am Drachenfels noch alle recht jung sind, können hier hauptsächlich Ergebnisse über die frühzeitige Invasion von Gehölzen vorgestellt werden. Die Betrachtungen zur langfristigen Polykormon-Entwicklung haben dagegen mehr hypothetischen Charakter.

Eine rasche Verbuschung bzw. Verwaldung vor der Verdämmung der Bodenkrume durch dichte Grasbestände ist normalerweise auf eine Saumzone von 30-100 m am Waldrand beschränkt. Die dichtere Holzarten-Besiedlung in Waldrandnähe ist auf den Brachflächen des Münchenberges gut zu erkennen, wo die Schwerpunkte von Gebüschern vor allem an Stellen mit zweiseitiger Waldbegrenzung festzustellen sind (Abb. 20 unten), während die Baumarten etwas gleichmäßiger am Waldrand auftreten (Abb. 20 oben). Den unterschiedlichen Deckungsgraden der Glatthaferwiesen entsprechend findet man auf dem Münchenberg auch bei den Holzarten verschiedene Besiedlungsdichten. Auf den steilen bis mäßig steilen Partien im westlichen, bis zuletzt intensiv genutzten Weinberggelände sowie auf den flacheren, mittelgründigen Hängen im östlichen Abschnitt des zusammenhängenden Brachgeländes ist eine dichtere Verbuschung festzustellen als im mittleren, steilen und erosionsanfälligen Teil des zum Schluß nur noch extensiv genutzten Weinberges. Dieser Hangabschnitt böte grundsätzlich wegen der geringen Pflanzenbedeckung gute Voraussetzungen für die natürliche Besiedlung durch Holzarten. Außerdem könnte sich die Hangneigung des Brachgeländes unterhalb des Waldrandes positiv für eine weiterreichende Ausbreitung von Bäumen mit schweren Saattrüchten auswirken. Denn nur so läßt sich das Vorkommen von Eichen in der weit vom Herkunftsort entfernten Hangpartie erklären, während sich die beiden Ahornarten, Eschen und Birken auch vom unteren Schluchtwald verbreiten konnten. Ebenso wie auf die Kräuter und Stauden wirken sich jedoch auch für Gehölze die ungünstigen edaphischen und mikroklimatischen Bedingungen des steilen mittleren Hangabschnittes negativ aus.

Für die Gebüscharten lassen sich folgende Verbreitungsmuster angeben: *Rosa canina* kommt fast ausschließlich in der nährstoffreicheren westlichen Hälfte der Münchenberg-Brache vor, während *Cornus sanguinea* alle Standorte besiedelt, die nicht extrem feinerdearm sind. *Prunus spinosa* und *Sarothamnus scoparius* treten als Charakterpflanzen thermophiler Saumgesellschaften nur am oberen Rand des westlichen Hangteiles auf. Inwiefern der Besenginster noch an anderen Stellen aufkommen wird, läßt sich noch nicht absehen, da seine Samen Jahrzehnte überdauern können. Daß *Prunus mahaleb* ausschließlich im östlichen Teil der Brache auftritt, ist evtl. auf die basenreicheren Lehmböden des Standortes zurückzuführen (an gleicher Stelle auch Zunahme von *Brachypodium pinnatum*).

Während auf den warmen und (edaphisch-) trockenen Hängen des Münchenberges *Quercus robur* als Baumart dominiert, ist auf den flacheren Hängen der Drachenley mit ihren mäßig feuchten und dichteren Böden die Verteilung und Verbreitung verschiedenartiger Bäume gleichmäßiger (vgl. Abb. 21 oben). Beiden Brachflächen ist jedoch die erwähnte auffallende Verbuschung bzw. Verwaldung im Bereich des angrenzenden Waldes gemeinsam. So konnte der Saum zwischen der erfaßten Fläche und dem benachbarten Eichen-Lindenwald an der Drachenley nicht mehr kartiert werden, da die oberste Weinbau-Terrasse für genauere Eintragungen zu dicht mit Brombeeren, Hundsrosen, Clematis und Schlehen sowie Birken, Ahornen und Eichen bewachsen ist (vgl. lfd. Nr. 28, 32, 34 der pflanzensoziol. Liste). Die Abhängigkeit des Baumartenbestandes auf Brachflächen von benachbarten Wäldern wird an der Drachenley durch das Fehlen der Robinie deutlich, die im angrenzenden Wald ebenfalls nicht auftritt (vgl. dagegen die Verhältnisse am Münchenberg). Eine weitere Gemeinsamkeit beider Untersuchungsflächen besteht in den konzentrierten Vorkommen von Weidenbäumen mit einer Höhe von 6-8 m.

Die anfängliche Annahme, daß sie schon während der Bewirtschaftung der Rebflächen angepflanzt wurden, damit ihre Ruten Verwendung beim Binden der Reben finden konnten, wurde nicht bestätigt: trotz ihrer beachtlichen Höhe sind die Weidenbäume erst 5-10 Jahre alt. Ansonsten zeigt das Gebiet der Drachenley im Vergleich zum Münchenberg zahlreiche Gehölze, die etwas anspruchsvoller in Bezug auf Bodenfeuchte, Tiefgründigkeit, Humus- und Nährstoffgehalt sind, wie es bei der Analyse der Standortfaktoren der pflanzensoziologisch erfaßten Areale im vorigen Kapitel auffiel. Dazu gehört vor allem der am Münchenberg fehlende Holunder, aber auch die massenweise auftretende Hundsrose bei den Gebüschern sowie die Vogelkirsche, der Bergahorn und der Walnußbaum bei den Bäumen.

Die langfristig verlaufende Polykormon-Etablierung wird von HARD (1975, S. 255-258 sowie 1976, S. 95-103) beschrieben. Unter Polykormon bzw. Sproßkolonie versteht man eine Gruppe einer rasch sich vegetativ ausbreitenden Pflanzenart. Im Untersuchungsgebiet findet man so Ausläufer bildende Rohbodenpioniere wie *Rosa canina*, *Cornus sanguinea*, *Rubus fruticosus* und *Clematis vitalba*. Die beiden letztgenannten können in der Glatthaferwiese undurchdringliche Inseln von 20-100 qm bilden (vgl. dunkle Flecken auf Abb. 2). In diesen Kolonien entsteht ein Bestandsklima, das in Hitzeperioden ein Austrocknen des Oberbodens verhindert. Außerdem wird der Boden nicht in gleichem Maße versiegelt wie bei Grasbewuchs. Eine Besiedlung dieser Sproßkolonien durch andere Gehölze wird durch die genannte Verbesserung einzelner Standortbedingungen gefördert, wobei zahlreiche Stadien durchlaufen werden können (mit "Doppelpolykormonen" bzw. gestaffelten Polykormonen, vgl. HARD, 1975, Abb. 5), also eine Polykormon-Sukzession entsteht. Baumwuchs im Brombeergestrüpp läßt sich an vielen Stellen in der Drachenley feststellen, während auf dem Münchenberg *Clematis vitalba* eine größere Rolle bei der Polykormon-Bildung übernimmt. Es ist allerdings fraglich, inwiefern auf den Drachenfels-Brachen der Baumwuchs durch Sproßkolonien gefördert wird. Er ist nämlich nur dort in Polykormonen festzustellen, wo er ohnehin stärker vertreten ist, jedoch nicht an den Stellen mit ungünstigen Standortverhältnissen, wo meist *Clematis vitalba* infolge fehlender Konkurrenz dicht wuchern kann (mittlerer Hangabschnitt des Münchenberges). Eine überragende Bedeutung der Polykormone in Bezug auf eine Wiederbewaldung muß ohnehin angezweifelt werden, da sich diese "Monokulturen" recht instabil verhalten und rasch zerfallen können.

5.5 Bewertung der Brachevegetation am Drachenfels

Aus den vorigen Kapiteln geht hervor, daß die Bewirtschaftungsweisen vor dem Brachfallen der Rebkulturen und Hangneigung als ausschlaggebende Faktoren für Bodenfeuchte, Erosion, Nährstoffgehalt und Mikroklima entscheidenden Einfluß auf die Wiederbesiedlung der Vegetation ausüben. Entsprechend können die ausgeschiedenen Einheiten durch den Zeigerwert der Pflanzen charakterisiert werden. Tabelle 13 zeigt die mittleren Indikatorenwerte der pflanzensoziologisch ermittelten Gruppen sowie, im Vergleich dazu, die eines benachbarten Waldes und der Rebkulturen der Ley. Als Grundlage für die Mittelwertbildung dienen alle angetroffenen Arten, für die die jeweiligen Faktorenzahlen der grundlegenden Arbeit von ELLENBERG (1974) entnommen wurden; außerdem wird in Tabelle 13 der Anteil an Pflanzen mit unterschiedlicher Blattausdauer und der anatomische Bau in Hinblick auf Wasserhaushalt und Isolationsschutz berücksichtigt.

Lichtverhältnisse:

In Bezug auf den Lichtwert zeigt die Schwarzbrache der Ley den höchsten Wert. Diese Tatsache ist auf die günstige Exposition und geringe Horizonteinengung, auf die helle Farbe des Ausgangsgesteins (vgl. Tab. 14, 16 a) sowie auf das vorläufige Fehlen hochwüchsiger, dichter und damit schattenspendender Pflanzenarten zurückzuführen. Dagegen wird die Brachevegetation in der Drachenley und am Münchenberg ebenso wie die Unkräuter der Rebkulturen durch Halblichtpflanzen bestimmt, während die Arten des Waldes die niedrigsten Lichtwerte zeigen.

Temperaturverhältnisse und Kontinentalitätsindex:

Während hinsichtlich der Kontinentalität alle Areale einen ziemlich ähnlichen, subozeanischen Charakter aufweisen, zeigt die Schwarzbrache der Ley wiederum einen höheren Anteil an thermophilen Pflanzen mit submediterraneum Schwergewicht. Die übrigen Gebiete werden relativ einheitlich durch mäßig wärme- bis wärmeliebende Arten gekennzeichnet.

Tab. 13: Mittlere Indikatorenwerte einzelner Teilgebiete auf Berechnungsgrundlage der Pflanzen-Kennzahlen nach ELLENBERG (1974)

	L	T	K	F	R	N	s_N	S	W	I	hg	m	sk	Anz.
Rebkultur an der Ley	6,9	6,1	3,7	4,6	6,4	6,4	1,5	17	6	-	8	9	6	23
Ley-Schwarzbrache	7,9	6,8	4,0	3,8	5,7	4,3	2,1	5	3	-	1	3	4	8
Drachenley-Brache	6,8	5,8	3,6	4,8	6,6	5,5	1,8	42	7	2	7	28	16	51
M'berg-Brache (W)	7,0	5,5	3,6	4,5	6,3	5,4	2,1	34	12	3	6	28	15	49
M'berg-Brache (E)	6,8	5,7	3,7	4,5	6,3	4,0	1,9	30	14	-	2	28	13	44
M'berg-Kartoffelbrache	6,5	5,6	3,6	4,2	7,0	4,3	1,6	21	5	1	-	12	15	27
"Schluchtwald"	5,4	5,6	3,4	5,2	7,1	6,3	1,8	16	6	1	6	12	5	23

L = Lichtzahl (1-9)	:	5. Halbschattenpflanze	8. Lichtpflanze
T = Temperaturzahl (1-9)	:	5. Mäßigwärmeanzeiger	7. Wärmeanzeiger
K = Kontinentalitätszahl (1-9):	:	3. Fast ozeanisch und 4. subozeanisch	
F = Feuchtezahl (1-12)	:	3. Trocken	5. Mäßig feucht
R = Reaktionszahl (1-9)	:	5. Mäßig sauer	7. neutral
N = Stickstoffzahl (1-9)	:	4. Mäßig stickstoffarm	7. stickstoffreich

s_N = Standardabweichung der Stickstoffzahlen

B = Blattausdauer: S = sommergrün, W = überwinternd grün, I = immergrün

Anat = anatomischer Bau: hg = hygromorph, m = mesomorph, sk = skleromorph

(Anz. = Anzahl der erfaßten Pflanzenarten)

Bodenfeuchte:

Den Temperaturverhältnissen entsprechend werden die Hänge der Ley-Schwarzbrache durch Pflanzen bestimmt, die für relativ trockene Böden typisch sind. Ebenfalls eine niedrige Feuchtezahl weist der Buschwald östlich der Weinbergbrache am Münchenberg auf. Hier dürfte jedoch weniger ein geringerer Gehalt an Bodenwasser (vgl. Abb. 8 B) als vielmehr eine "physiologische" Trockenheit des Bodens ausschlaggebend sein, der bei erheblichem Anteil an Feinmaterial und Feinporen eine erhöhte Menge des für Pflanzen nicht verfügbaren Totwassers aufweisen dürfte. Mit Ausnahme des feuchteren Waldbodens zeigen die Rigosole der übrigen Gebiete ebenfalls ziemlich niedrige Werte, die für mäßig frische Böden sprechen.

Reaktionszahl und Stickstoffgehalt:

Bei den Zeigerwerten für die Bodenreaktion sind die Unterschiede zwischen den ausgeschiedenen Arealen im Untersuchungsgebiet nicht allzu groß: während auf der Schwarzbrache der Ley die Reaktionszahl auf einen schwach sauren Boden (= Trachyt, 16 a) schließen läßt, zeugen die Werte der übrigen Pflanzengruppen für neutrale Böden. Messungen des tatsächlichen pH-Wertes ergeben allerdings größere Abweichungen:

Tab. 14: pH-Wert und Farbwert nach MUNSELL für fünf verschiedene Böden (vgl. Karte 1)

Bodenzahl	Ort	pH-Wert	Farbwert
6 a	M'berg-Brache, Mitte	5,8	2,5 Y 4/2
9 a	M'berg-Brache, W.	6,2	10 YR 5/3
14 a	An der Ley, Rebkultur	6,6	7,5 YR 5/2
16 a	An der Ley, Schwarzbrache	4,7	10 YR 5/1
22 a	Drachenley	4,4	10 YR 5/2

Danach ist also auch für die Trachytrigosole der Drachenley eine saure Reaktion nachgewiesen, so daß der Zeigerwert durch die Pflanzen zumindest für dieses Gebiet in Frage gestellt werden muß.

Dagegen lassen sich hinsichtlich der Stickstoffzahl die Ergebnisse recht eindeutig interpretieren:

Den niedrigsten Wert weist die östliche Weinbergbrache des Münchenberges auf, also das Gebiet, wo während der letzten Wirtschaftsjahre die Bearbeitung und Pflege nur noch extensiv war: die letzte Düngung wurde hier Anfang der fünfziger Jahre durchgeführt (Hobelspäne, Thomasschlacke, Kali). Einen ähnlichen Wert zeigt die erst zwei Jahre alte Ley-Schwarzbrache, deren Stickstoffzahl mit dem relativ höchsten Wert verglichen werden muß; er wird durch die Unkrautflora der benachbarten Rebkulturen angezeigt. Auf den ehemals selten gedüngten sowie auf den sehr steilen Rebhängen scheint sich also der erhöhte Stickstoffabtrag schon nach wenigen Jahren entscheidend auf die Artenzusammensetzung der Vegetation auszuwirken. Auf dichter bewachsenen Brachflächen, die unmittelbar vor Aufgabe des Weinbaus noch gedüngt wurden, so z. B. auf der westlichen Weinbrache des Münchenberges, deuten die Pflanzenarten einen höheren N-Gehalt an.

Die Standardabweichungen vom Mittel der ermittelten Stickstoffzahl sind erwartungsgemäß auf den beiden Weinbrachen am Münchenberge und auf der Ley-Schwarzbrache am höchsten; da hier die Hangneigungsverhältnisse recht unterschiedlich sind, ist auch die Bodenerosion und damit der Stickstoffabtrag unterschiedlich groß. Etwas niedrigere Standardabweichungen der N-Zahl zeigen dagegen für die Rebkulturen der Ley und das dichte Gebüsch auf den feinerdereichen Böden des ehemaligen Kartoffelackers ausgeglichene Verhältnisse an.

Blattausdauer und anatomischer Bau:

Das Verhältnis der Pflanzen mit sommergrünen zu wintergrünen, d. h. auch im Winter zumindest in geringem Maße photosynthetisch aktiven Blättern, kann als Maß für die Frostgefährdung herangezogen werden. Danach scheint der relativ hohe Anteil an Pflanzen mit wintergrünen Blättern am SE-Hang des Münchenberges für mildere Wintertemperaturen zu sprechen als auf der Drachenley-Brache.

Bezüglich des anatomischen Baus zeigen die drei älteren Weinbergbrachen ähnliche Werte; am trockeneren Hangabschnitt im Osten der Münchenbergbrache fehlen allerdings zartgebaute, hygromorphe Schatten- bis Halbschattenpflanzen fast ganz. Demgegenüber ist der hohe Anteil an skleromorphen Pflanzen an den Hängen der Ley-Schwarzbrache und auf der Münchenberg-Ackerbrache bemerkenswert: im ersten Fall ist die starke Einstrahlung, im zweiten Fall die erwähnte physiologische Trockenheit des Lehmbodens dafür verantwortlich. Aber auch auf den drei älteren Weinbergbrachen sind skleromorphe Pflanzen mit mehr als einem Drittel stark vertreten.

Was die vegetationskundliche Vielfalt ("Diversität", vgl. HARD, 1976, S. 164 ff.) und die Dichte der Pflanzendecke angeht sind die Unterschiede auf den untersuchten Brachflächen tabellarisch festgehalten:

Tab. 15: Pflanzenvielfalt und Bewuchsdichte auf den Drachenfels-Brachen

	florist.Vielfalt (Artenreichtum)	pflanzensoz.Viel- falt (Veg.vielfalt)	physiognom.Viel- falt (Formationsvielf.)	Dichte d. Veg. in %
Ley-Schwarzbrache	-	o	o	10- 80
Drachenley	o	o	+	95-100
Münchenberg-West	o	o	o	70- 95
Münchenberg-Mitte	-	-	-	30- 75
Münchenberg-Ost	o	+	o	50- 80
Münchenberg-Acker- brache	+	(o)	+	90-100

- = gering o = mittel + = groß; die pflanzensoziologische Vielfalt bezieht sich hier auf die unteren Einheiten, d. h. Subassoziationen und Varianten.

Während die Drachenley-Weinbergbrache mit einer Pflanzenbedeckung von 95-100 %, hauptsächlich aus fleckenhaft verteilten Gehölzpolykormonen und umgebenden, staudenreichen Glatthaferwiesen zusammengesetzt, einen (biologisch und erscheinungsmäßig) vielfältigen Eindruck hinterläßt, die regelhafte Verteilung der einzelnen Formationen jedoch eine insgesamt geschlossene Einheit bildet, findet man auf den Münchenberg-Brachen verschiedene Komplexe vor. Der westliche Abschnitt kann noch als verhältnismäßig dicht bewachsene Partie ausgeschieden werden, die bei einer Gesamtbedeckung von 70-95 % nur an einzelnen Stellen kleine, ca. 5 m² umfassende Flecken ohne Vegetation erkennen läßt. Für die relativ dichte Pflanzendecke können neben den erwähnten Zusammenhängen mit den Nährstoff- und Feinerdegehalten im westlichen Münchenberg-Weinberg auch die zurückgelassenen Rebstangen verantwortlich gemacht werden, die an den überwiegend steilen Hängen für einen besseren Halt dicht austreibender Gehölze wie Hundsrose, Brombeeren und Clematis sorgen und damit auch einen dichteren, bodenbefestigenden Unterwuchs bedingen. Die pflanzensoziologische und physiognomische Pflanzenvielfalt wird durch buschreiche und -arme Glatthaferwiesen sowie geschlossene Bestände an Besenginthern und Schlehen oder durch reine Goldruten-Fluren charakterisiert.

Ziemlich schlagartig nimmt die Pflanzenvielfalt und -dichte an der Grenze zum östlichen, ehemals weniger intensiv gepflegten Weinberg ab. Glatthafer und Clematis bestimmen die Vegetation, ansonsten herrschen Barflecken mit Tonschiefergrus vor. Weiter gegen Osten nimmt der Feinerdegehalt und damit auch die Pflanzenbedeckung wieder allmählich zu. Trockene Stellen mit *Hieracium pilosella* und *Fragaria vesca* wechseln sich mit *Arrhenatherum* -Wiesen unterschiedlicher Zusammensetzung (z. B. vorwiegend mit *Teucrium scorodonia* oder auf flacheren, feuchteren Stellen mit *Solidago canadensis*) sowie Gebüschformationen (*Prunus mahaleb*, *Cornus sanguinea*) und Gehölzen ab (vgl. Abb.). Das Gebiet der Ackerbrache am östlichen Rand des untersuchten Streifens weist schließlich die größte Vielfalt auf. Flecken von nur wenigen qm, die z. B. durch Grasbestände (*Brachypodium pinnatum*), Gebüsche (*Prunus spinosa*) oder Gehölze (*Fraxinus* - *Acer*) bestimmt werden, schaffen auf kleinstem Raum ein abwechslungsreiches Bild.

5.6 Zusammenfassung der Vegetationsuntersuchung

Bei einer Beurteilung der Entwicklung der Brachevegetation während der ersten 15 Jahre läßt sich für die Drachenley ein normaler Sukzessionsablauf feststellen (vgl. Abb. 16). Auch die seit zwei Jahren nicht mehr bewirtschaftete Schwarzbrache an der Ley weist eine rasche Erschließung durch Sekundärvegetation auf, wobei die Besiedlung durch Ruderalpflanzen vorerst zufälligen Charakter besitzt. Dagegen zeigt das Brachgebiet am erosionsgefährdeten Münchenberg relativ große Lücken in der Pflanzenbedeckung, wobei vor allem für Holzarten und Gebüsch die Aufwuchsbedingungen ungünstig sind.

Es ist also festzustellen, daß sich die Brachevegetation über Trachyt-Material schneller entwickelt als über den Tonschiefer-Rigosolen. Dynamik und Genese der Pflanzenbesiedlung hängen nachweislich von den Unterschieden im Nährstoff-Angebot, im Bodenfeuchtegang und im Mikroklima ab.

Eine Gruppierung der wichtigsten Charakterarten der pflanzensoziologisch erfaßten Areale geht aus der Liste im Anhang hervor.

6. ZUSAMMENFASSENDE AUSWERTUNG DER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE IM HINBLICK AUF PLANUNGSMASSNAHMEN

6.1 Ausscheidung und Abgrenzung von Natureinheiten mit ähnlichem Wirkungsgefüge im Hinblick auf weinbauspezifische Nutzungsmöglichkeiten und landschaftspflegerische Maßnahmen

Die Ergebnisse der Faktorenuntersuchungen dienen der Bestimmung der Standortverhältnisse in den Weinbergbrachen des Drachenfels. Dabei kam bereits eine räumliche Differenzierung einzelner Faktoren und Faktorengruppen zum Ausdruck, ohne jedoch eine genauere Abgrenzung der verschiedenen Teilgebiete und ihres jeweiligen natürlichen Potentials zu geben. Eine Einteilung nach den Betrachtungsweisen der naturräumlichen Gliederung erscheint in diesem Zusammenhang wenig zweckmäßig, selbst wenn man sich auf die untersten Einheiten beschränken würde (Ökotope, Ökotopegefüge). Da die Ausscheidung verschiedener Naturräume auf weinbauspezifische Rekultivierungs- und Meliorationsmaßnahmen ausgerichtet werden soll, wird gegebenenfalls eine weitere Untergliederung der Ökotope erforderlich. So würde das gesamte Gebiet der Drachenley nach den Kriterien der naturräumlichen Gliederung als ein weitgehend homogenes Gebiet zusammengefaßt werden, da die Boden- und Vegetationsverhältnisse keine großen Unterschiede erkennen lassen. Im vorliegenden Fall ist jedoch im Hinblick auf den Weinbau eine zusätzliche Unterteilung in Bereiche mit erhöhter Kaltluftgefährdung notwendig, d. h. es wird eine Differenzierung getroffen, die bei einer physiognomisch-qualitativen Beurteilung des Standortes nicht offensichtlich wäre.

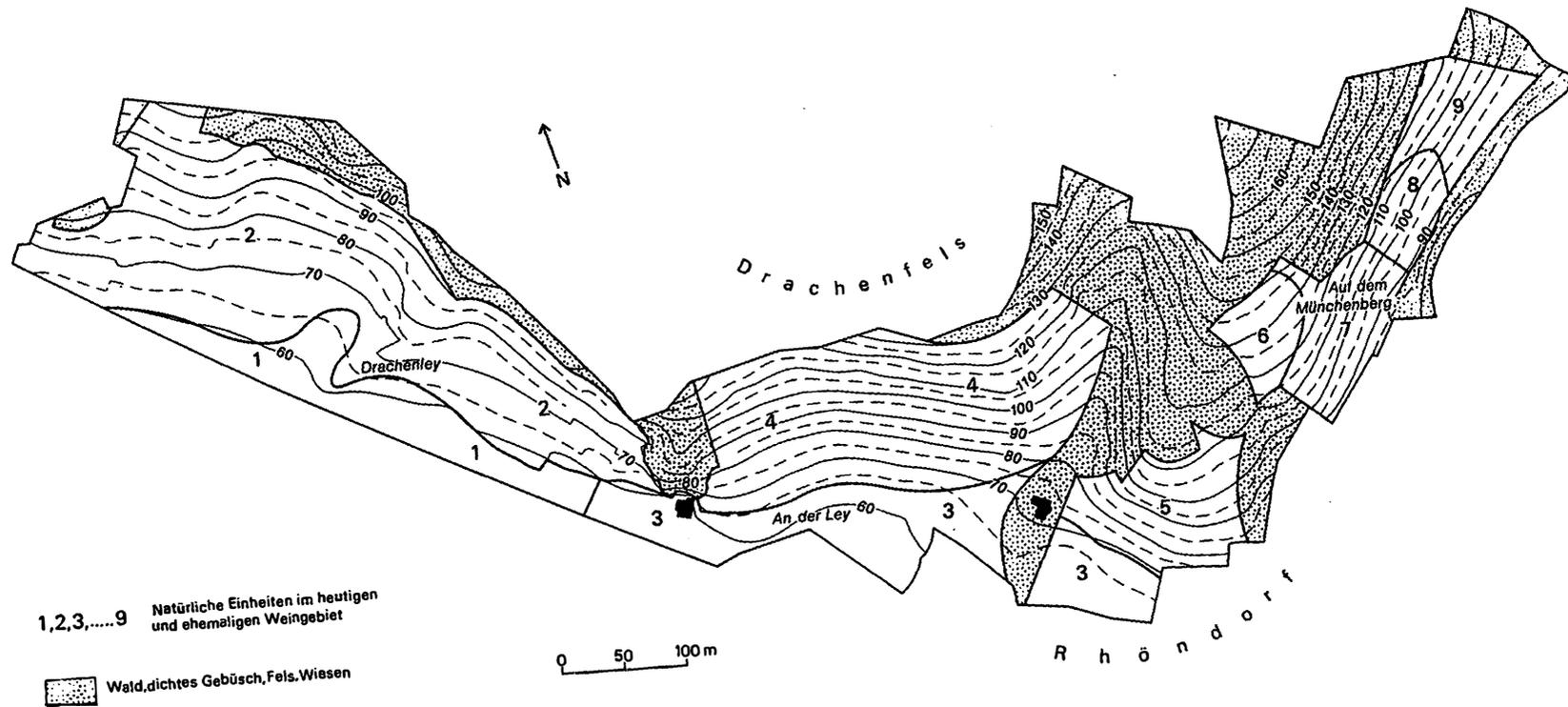
Die Abgrenzung der Einheiten geht aus Karte 7 hervor, während die maßgeblichen Standortfaktoren der ausgeschiedenen Flächen in Tab. 16 aufgeführt sind. Die getroffene Unterteilung, in der Merkmale und o. a. Ergebnisse zusammengefaßt sind, sollen als Grundlage für die im letzten Kapitel angeführten Planungsmaßnahmen gelten. In diesem Zusammenhang

muß betont werden, daß nur die Eignung für Weinbau auf Grund der natürlichen Gegebenheiten Berücksichtigung findet. Die Beurteilung der arbeitstechnischen Eignung kann nicht Aufgabe der vorliegenden Arbeit sein, da z. B. Fragen des erforderlichen Kostenaufwandes nicht geklärt werden können. Außerdem sei darauf hingewiesen, daß Überlegungen außer acht gelassen wurden, die die Arbeitsintensität betreffen: natürlich übt ein Gebiet wie der flache Hangfuß der unteren Drachenley für die Rekultivierung und anschließende Bearbeitung von Rebflächen wegen seiner geringen Hangneigung einen größeren Anreiz aus als der erheblich arbeitsaufwendigere Steilhang des Münchenberges. Allerdings sprechen die natürlichen Voraussetzungen eher gegen das erste als gegen das zweite Gebiet.

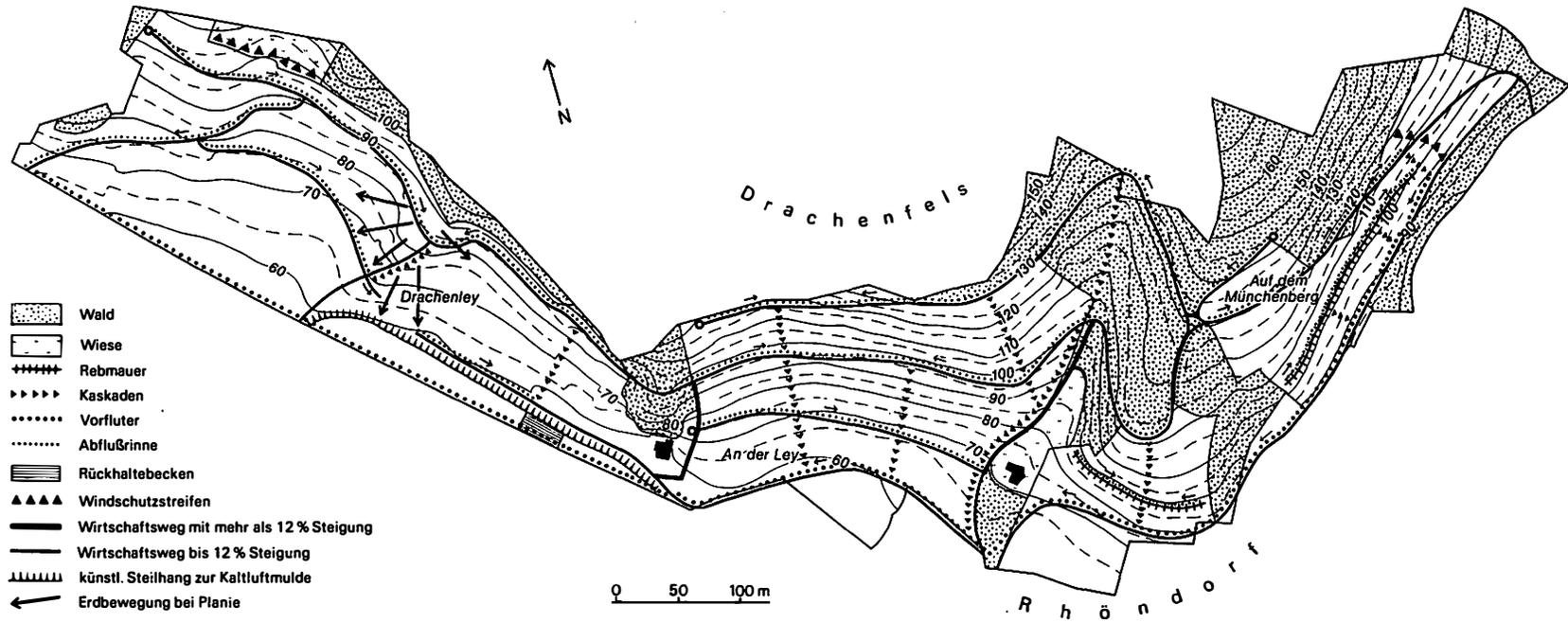
Tab. 16 verdeutlicht auch, daß sich unterschiedliche Stabilitätsverhältnisse in der Vitalität, Diversität und Dichte der reellen (und potentiellen) natürlichen Sekundärvegetation niederschlägt. Dementsprechend ist auf den Weinbergbrachen im Trachytgebiet auch an den steileren Rebhängen der Ley mit einem raschen und dichten Bewuchs bei normalem Ablauf der in Abb. 16 dargestellten Pflanzensukzessionen zu rechnen. Als Endstadium wäre in allen Brachgebieten mit Trachytböden in wenigen Jahrzehnten ein lichter Wald zu erwarten, der, ähnlich wie am Steinbruch östlich der Ley-Steilhänge, durch Vogelkirsche, Esche, Berg- und Feldahorn gekennzeichnet ist. Dagegen zeigen die Schieferhänge ein komplexes Vegetationsmosaik, wobei erst sehr langfristig bestenfalls mit einem mehr oder weniger lückigen Eichen-Birkenwald zu rechnen ist, dem nur an günstigen Standorten mit geringerem Gefälle Feldahorne, Hainbuchen, Eschen und Robinien beige-mischt sein werden.

Tab. 16: Relative Bewertung der bestimmenden Standortfaktoren der in Karte 7 ausgeschiedenen Einheiten in Hinblick auf weinbauliche und landschaftspflegerische Maßnahmen.

nat. Einheit (Ort)	1 Drachenley flacher Hangfuß	2 Drachenley SW-Hang	3 Broels Weingut + Ley flacher Hangfuß	4 Ley S-Hang	5 Broels Weingut S-Hang	6 M'berg flacher Hangkopf	7 M'berg w SE-Hang	8 M'berg mittlerer SE-Hang	9 M'berg e SE-Hang
Hangneigung	schwach geneigt	mäßig steil	schwach geneigt	sehr steil	steil	mäßig steil	sehr steil	sehr steil	mäßig steil
Bodenabtrag	sehr gering	gering	sehr gering	mäßig	mäßig	mäßig	stark	sehr stark	stark
Durchlüftung	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	gut	gut	gut
Bodenfeuchtigkeit	mäßig	mäßig	mäßig	gering	mäßig	gering	gering	gering	mäßig
Austrocknungs- gefahr	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	hoch	mäßig
Haltevermögen	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	mäßig	gering	mäßig
Boden- und Bio- sphärenenerwärmung	gering	mäßig	gering	stark	stark	mäßig	stark	sehr stark	stark
Besonnung	gering	mäßig	gering	stark	stark	mäßig	stark	stark	mäßig
Kaltluftgefahr	groß	mäßig	gering	gering	gering	gering	gering	mäßig	mäßig
Voraussetzungen f. pot. Brachebe- wuchs (Vielfalt, Dichte, Vitalität)	gut	gut	gut	mäßig	mäßig	mäßig	schlecht	sehr schlecht	mäßig
Stabilität nach Brachfallen)	hoch	hoch	hoch	mäßig	mäßig	mäßig	gering	sehr gering	mäßig
Eignung für Weinbau	gering	mäßig	mäßig	sehr gut	gut	gut	sehr gut	gut	mäßig



Karte 7 Naturräumliche Einheiten im heutigen und ehemaligen Weingebiet



Karte 8 Rekultivierungs- und Flurbereinigungsplan

6.2 Folgerungen aus der Standortanalyse für die Durchführung der Rekultivierung

6.2.1 Drachenley

Aus Karte 7 und Tab. 16 geht hervor, daß das Brachgebiet der Drachenley in zwei Abschnitte unterteilt wurde, die sich in unterschiedlichem Maße für den Weinbau eignen. Grundsätzlich sind zwar die klimatischen Voraussetzungen auf der gesamten Drachenley nicht optimal, auf dem mittleren und oberen Hangabschnitt ist bei entsprechender Sortenwahl (z. B. Riesling, Müller-Thurgau, nicht Silvaner) die Rekultivierung aber durchaus noch vertretbar. Dagegen ist der flache Hangfuß vor der Autobahn-Trasse nur noch zum Teil und erst nach bestimmten praktischen Maßnahmen für den Rebbau geeignet:

Durch entsprechende Meliorationen sollten die Besonnungsverhältnisse korrigiert sowie der Kaltluftabfluß verringert werden, wobei die erforderlichen Verbesserungen vor allem dem westlichen Hangfuß sowie der im mittleren Abschnitt liegenden Mulde zugute kommen sollten. Zu diesem Zweck sind umfangreiche Erdbewegungen und Planierungen notwendig, indem mit dem Material des im Hang gelegenen Riedels die benachbarte Kaltluftmulde aufgefüllt wird (vgl. Karte 8). Mit dieser Maßnahme wird dort außerdem die Hangneigung vergrößert, so daß eine Erhöhung des Besonnungswertes erreicht wird. Daneben ist eine zusätzliche Möglichkeit zur Verminderung der Frostgefährdung gegeben. Aus Karte 6 geht hervor, daß der Hauptanteil kühler Luft aus höher gelegenen Geländeteilen durch eine lange Schneise abströmt, die bereits weit oberhalb der Rüdenet-Weide beginnt. SCHNEIDER (1965, S. 46 ff.) empfiehlt für die Verringerung der Kaltluftzufuhr durch derartige Waldlücken entweder die Aufforstung der höheren Flächen mit einem sog. Frostbannwald oder zumindest die Anlage eines Schutzwaldstreifens. Auf das Untersuchungsgebiet bezogen würde die Anpflanzung eines ca. 10 m breiten und ebenso hohen, dichten Waldstreifens zwischen der Rüdenet-Weide und dem zukünftigen Weinberg zu einer Abriegelung des entscheidenden Kaltluftstromes und einer verringerten Frostgefährdung im westlichen und mittleren Abschnitt der Drachenley führen, wo der Höhenunterschied zwischen der Hangfuß-Verflachung und dem Straßendamm nicht mehr gravierend ist (ca. 1-2 m). Der in Karte 8 mit der gestrichelten Linie umrissene flache Hangfußbereich im SE der Drachenley, also das Gebiet zwischen der an dieser Stelle ca. 6 m hohen Autobahntrasse und der untersten Rebmauer, profitiert im Gegensatz zum genannten westlichen und mittleren Abschnitt kaum von den Maßnahmen gegen die Kaltluftansammlung. Nach der beschriebenen Begradigung des Hanges bliebe an dieser Stelle eine Rinne übrig, in die die restliche Kaltluft abfließen könnte. Dieser Abschnitt, den man ggf. auf ca. 15 m Breite einengen kann, sollte auf keinen Fall weinbaulich genutzt werden, da sich die ungünstigen Temperaturverhältnisse nicht nur in häufigen Frostschädigungen, sondern auch in einer verminderten Ertragsmenge und einem erhöhten Säuregehalt der Trauben niederschlagen würden. So stellte z. B. GEIGER (1975, S. 22, Abb. 5) für eine nur rund 5 m tiefe Delle, die durchaus mit der Mulde an der Drachenley zu vergleichen ist, eine Ertragsmenge fest, die lediglich ein Viertel des Ertrages eines 4 m höher an einer schwach geneigten Südabdachung gelegenen Standortes betrug. Der Säuregehalt betrug 9,4 g/l für die Ernteprobe aus der Mulde und 8,3 g/l für diejenige des Hanges; das Mostgewicht schien dagegen nicht von der schlechteren Lage betroffen zu sein. Der geringere Ernteertrag ist auf Verzögerungen in der Entwicklung und Hemmungen im Wachstum der Reben zurückzuführen, wobei GEIGER bei entsprechenden Messungen Unterschiede in den Triebblängen und Gescheinsgrößen feststellte. Schließlich sei auf die größere Anfälligkeit gegenüber Pflanzenkrankheiten hingewiesen, wobei die höhere Luftfeuchtigkeit in Kaltluftmulden vor allem den Pilzbefall begünstigt.

Neben den aufwendigen Rekultivierungsmaßnahmen am Anfang müßte auch bei der anschließenden Bewirtschaftung der zukünftigen Rebfläche an der Drachenley besonders im Grenzbereich zur Kaltluftmulde einer erhöhten Frostgefährdung entgegengearbeitet werden. Hierzu zählt neben der Bodenbearbeitung und Unkrautbeseitigung vor Frosteintritt die Ausrichtung der Zeilung in N-S-Richtung bei entsprechender Anordnung der Rebstöcke, wodurch bei Einstrahlung eine gleichmäßigere Erwärmung des Bodens gewährleistet wäre. Nach HORNEY (1972, S. 316) hat die N-S-Zeilung mit entsprechender Erziehungsform außerdem eine positive Wirkung der Sonnenstrahlung auf die Laubwand zur Folge, da das Reblaub vor- und nachmittags, wenn eine Erwärmung auf Optimaltemperaturen (25-27 °C) erwünscht ist, voll von den Sonnenstrahlen getroffen wird. Hingegen werden mittags, dem Zeitpunkt erhöhter Oberhitzungsgefahr, bei N-S-Erziehung nur relativ wenig Blätter der Sonne ausgesetzt, so daß die Veratmung von Assimilaten eingeschränkt wird und das Sättigungsdefizit der umgebenden Luft herabgesetzt ist. Diese Überlegungen beziehen sich natürlich auch auf die übrigen Weinanbaugebiete, jedoch läßt sich die N-S-Zeilung auf steilen West- und Osthängen technisch nicht durchführen. Auf der Drachenley und in den flachen Gebieten der Ley bzw. von Broels Weingut würde sie sich allerdings als sehr nützlich erweisen, da die Terrainverhältnisse nicht gegen eine entsprechende Erziehungsform sprechen.

Schließlich muß darauf hingewiesen werden, daß bei der ohnehin relativ geringen Hangneigung der Drachenley die Errichtung von Weinbergmauern vermieden werden sollte, da die entsprechende Verflachung des dahinterliegenden Terrains eine Verminderung der direkten Sonneneinstrahlung auf den Boden zur Folge hätte.

Maßnahmen, die sich gegen die Feinerdeabspülung oder die Bodenaustrocknung richten, sind für die Drachenley nur in geringem Ausmaß erforderlich.

6.2.2 Ley und Broels Weingut

Dieser Bereich, der die heutigen Rebkulturen umfaßt, wurde hinsichtlich der natürlichen Eignung in drei Teilgebiete untergliedert (s. Tab. 16).

Ideale Voraussetzungen für den Weinbau sind unter anderem am steilen S-Hang der Ley gegeben. So sind hier bei geringer Kaltluftgefährdung wegen der Hangneigung und Exposition optimale Strahlungsbedingungen anzutreffen. Im Vergleich zu den Schieferrigosolen des Münchenberges konnten auch für den Bodenabtrag, für die Permeabilität und Feldkapazität des Bodenwassers weniger extreme Verhältnisse festgestellt werden. Allerdings sollte nach der Traubenlese nicht viel gegen die Verunkrautung durch *Therophyten* unternommen werden, so daß einer raschen Wassersättigung des Bodens während des Winterhalbjahres entgegengewirkt ist und der Oberflächenabfluß durch den gleichmäßigen Pflanzenbewuchs gemindert wird (zur Erhöhung des Bodenabtrags durch zunehmenden Bodenwassergehalt während feuchter, kühler Perioden vgl. erste Untersuchungsergebnisse von G. RICHTER, 1975). An den steilen Rebhängen der Ley wäre also eine weitgehende Einschränkung der tiefen Herbst- und Winterbearbeitung angebracht. Dies betrifft vor allem den steilsten Teil im östlichen Abschnitt der Schwarzbrache. Hier scheint auch eine Grüneinsaat nützlich, die zeitlich nach der Planie und vor dem Rigolen (also während des Wege- und Gewässerbaus, vgl. SCHNEKENBURGER u. a. S. 188 f.) vorgenommen werden sollte. Ebenfalls für die Zeit vor dem Tiefpflügen ist eine Müllkompostierung zur Verbesserung der bodenphysikalischen Eigenschaften (Erhöhung der Flockungsbereitschaft bzw. Koagulation, vgl. dazu BOSSE, 1968, S. 389 f.) erforderlich. Zur Neutralisierung der sauren Trachytböden sollte schließlich eine Aufkalkung vorgenommen werden.

Außerdem sind zur schadlosen Ableitung der Tagwässer kulturbautechnische Maßnahmen notwendig; neben den vorgesehenen befestigten Rinnen bergseits der Wege dienen terrassierte Abflußrinnen der Aufnahme von Oberflächenwässern und der Zuführung in die Vorfluter. Die geplante Kaskadenstrecke im Westen des Leyhanges genügt nicht zur Ableitung des Ober-schubwassers, so daß zwei weitere Abflußrinnen (s. WENDLING, 1976, S. 422, Abb. 3) angelegt werden sollten (vgl. Karte 8). - Da bekanntlich stark geneigte Weinberghänge in den ersten beiden Jahren der Neuanlage besonders erosionsgefährdet sind, haben die genannten Maßnahmen eine vorrangige Bedeutung bei der Durchführung der Rekultivierungsarbeiten.

Ebenfalls recht günstige Voraussetzungen für den Weinbau zeigt der Hangabschnitt von Broels Weingut, der sich an der Südabdachung des Münchenberges befindet. Die Hangneigung ist weniger stark als am Leyhang, so daß zumindest im heutigen Rebgebiet auf einzelne Maßnahmen gegen den Bodenabtrag verzichtet werden kann (z. B. Begrünung). Erst in der östlich angrenzenden Parzelle, die 1963 brachgefallen ist (vgl. Karte 1), sollte man nach der beabsichtigten Rekultivierung wegen des zunehmenden Tonschieferanteiles und der damit verbundenen Erosionsgefährdung zu den gleichen Methoden wie an den Leyhängen greifen, also vor allem so selten wie möglich den Unkrautbewuchs zerstören.

6.2.3 Münchenberg SE-Hang

Die Münchenberg-Weinbergbrache wurde in 4 Gruppen unterteilt, wobei im westlichen Abschnitt der flachere Hangstirn-Bereich und der darunter befindliche Steilhang als die zwei wesentlichen Einheiten des jüngeren Brachlandes ausgeschieden wurden. Obwohl bei Hangneigungen zwischen 12° und 40° beträchtliche Unterschiede in der Erosionsgefährdung zu erwarten sind, zeigen beide Teilgebiete mit ihren dichten Pflanzendecken verhältnismäßig stabile Verhältnisse an. Im benachbarten mittleren Abschnitt sind hingegen auf Grund der fehlenden Düngung und ungenügenden Bodenpflege während der letzten Wirtschaftsjahre sowie wegen der herausgezogenen Rebstangen (s. S. 58) bei gleichartigem Ausgangsmaterial und einer Inklinations von 30° bis 40° beachtliche Störungen festzustellen, wobei an einigen Stellen offensichtlich schon ein "umgekipptes" Stadium erreicht ist. Es ist zu befürchten, daß sich im westlichen Grenzsaum das ökologische Wirkungsgefüge weiter verschlechtern wird, z. B. indem durch erneuten Feinerdeabtrag die Pflanzenvielfalt und -dichte abnimmt sowie die Austrocknungsgefahr des Bodens und Oberhitzung der Oberfläche erhöht wird. Mit der beabsichtigten Rekultivierung wäre jedoch die Möglichkeit gegeben, bei Einbeziehung des mittleren Hangabschnittes eine Melioration mit nur geringem Mehraufwand durchzuführen, wenn entsprechende Maßnahmen von vornherein auf die gegebene Situation ausgerichtet werden. Dazu zählt vor allem eine Wegeführung, durch die das betroffene Gebiet optimal bearbeitet werden kann. Mit der in Karte 8 vorgeschlagenen Anlage der Wirtschaftswege wäre die gesamte Steilhangpartie der westlichen und mittleren Münchenbergbrache von oben und unten erschlossen, so daß die anschließenden Rigolarbeiten erleichtert wären. Während des Rigolens wäre besonders im mittleren Hangabschnitt eine Beigabe von Feinmaterial und Müllkompost erforderlich, damit die zu hohe Permeabilität des Bodens mit parallellaufender Nährstoffauswaschung vermindert und die Haltekapazität erhöht wird. Während normalerweise die Gefügeveränderung von Weinbergsböden auf eine Auflockerung der Rigosole hinausläuft, ist also im vorliegenden Fall eine Verdichtung des Bodens mit einer Verringerung des Porenvolumens nötig.

Da nach der Beimengung mit Feinmaterial die Abschwemmungsgefahr durch Oberflächenabfluß wieder erhöht ist, müssen gerade auf den steilen Schieferhängen des Münchenberges wirksame Maßnahmen gegen die Bodenerosion vorgenommen werden:

1. Die Dauerbegrünung sorgt nicht nur für die Verminderung der Abschwemmung, sondern hat auch eine zusätzliche Humuszufuhr, eine Förderung der Bodengare und eine Vermehrung des Bodenlebens zur Folge. Nach STEINBERG (1970) ist in steilen und in trockenen Lagen allerdings darauf zu achten, daß der Wasserentzug durch Begrünung nicht zu groß wird. Dieser Nachteil kann durch Niedrighalten des Wuches (z. B. durch häufiges Mulchen) und geringe Stockbelastung ausgeglichen werden. Eine geringfügige Verschlechterung des Bestandsklimas durch die weitständige Erziehungsform (Auslastung ca. 4-5 m²) wäre bei Anlage eines Windschutzstreifens im Osten (s. u.) nicht sehr folgenschwer, da der Wärmehaushalt am Münchenberg für Weinbau ohnehin sehr günstig ist.
2. Für die Feinmaterialbeigabe bietet sich verwitterter Trachyt an, da er sich als nicht sehr erosionsanfällig herausstellte. Für die Beimengung bietet sich Trachytmaterial des erwähnten Drachenley-Riedels an, zumal er nicht über weite Strecken herantransportiert werden braucht. Neben der Bodenverbesserung wäre durch die Trachytzugabe auch eine Verminderung der Oberflächenerhitzung erreicht, da die Reflexion der Sonnenstrahlung höher ist als bei den dunkleren Tonschiefern. Dadurch wären folglich nicht nur die in Abb. 11 aufgezeigten extremen Temperaturamplituden in Bodennähe abgeschwächt, sondern auch die Temperaturverhältnisse im Bestand, d. h. in der Laubregion verbessert.
3. Zu den kulturtechnischen Maßnahmen gegen die Bodenabschwemmung zählt die Anlage der in Karte 8 eingezeichneten Abflußbrinnen, Kaskaden und Vorfluter. Außerdem ist zur Verringerung der Hangneigung und als Barriere gegen die mit der Distanz zunehmenden Abflußkraft die Errichtung der ebenfalls dargestellten Stützmauer sinnvoll.

Die erwähnten Vorkehrungen betreffen besonders den mittleren Münchenberg-Hangabschnitt. Am westlichen Steilhang des jüngeren Brachgebietes ist die Feinmaterialbeigabe nicht im gleichen Maße erforderlich; Müllkompostierung und Grüneinsaat erscheinen jedoch auch hier angebracht, ebenso die weitständige Erziehung der Rebstöcke. Oberhalb des Fahrweges ist die Grüneinsaat nicht mehr notwendig, so daß hier die Stockauslastung auf Grund des besseren Wasserangebotes erhöht werden kann (pro Stück ca. 3-4 m²). Die empfohlenen Rekulтивierungsmaßnahmen am westlichen und mittleren Münchenberghang führen gegenüber dem üblichen Verlauf des Rebenneuaufbaus zu einem veränderten Arbeitsablauf bei der Flurbereinigung. Im Gegensatz zu der sonst geübten Praxis ist nach der Reinigung des Geländes der Wege-, Mauer- und Gewässerbau der nächstfolgende Schritt. Erst danach kämen das Rigolen und die Grüneinsaat, es folgen Feinmaterialbeigabe und die Müllkompostierung, das Auszeilen und schließlich die Pflanzung. Entsprechende Überlegungen sollten auch bezüglich der Neuanlage am Leyhang angestellt werden.

Entgegen den bisherigen Absichten wäre also für den mittleren Münchenberghang die Einbeziehung in den Rekulтивierungsplan wünschenswert, da eine natürliche Stabilisierung des Gebietes fraglich ist, für Weinbau jedoch gute Voraussetzungen gegeben sind. - Dagegen ist am östlichen Münchenberg unter dem Gesichtspunkt der ökologischen Bewertung kein Eingriff erforderlich. Lediglich im Grenzsäum zum mittleren Hangabschnitt bzw. am östlichen Rand der zukünftigen Kulturfläche sollte ein Windschutzstreifen angepflanzt werden. Anderenfalls würden die das Tal hinunterströmenden Bergwinde (s. Karte 6) eine Erwärmung der bodennahen Luftschicht zwischen den Rebstöcken abschwächen: "Eine Verringerung der Windgeschwindigkeit setzt die Evapotranspiration entsprechend herab und senkt damit direkt und indirekt die Temperatur der Laubmasse" (BRANDTNER, 1975, S. 326).

Abschließend sei darauf hingewiesen, daß die Arbeitsaufwendungen für eine Rekultivierung am Münchenberghang im Vergleich zu den übrigen Gebieten am höchsten sind. Auch wenn für den Weinbau hier günstigere Erträge bzw. bessere Qualitäten erwartet werden dürfen als an der Drachenley, bleibt die Frage nach der Rentabilität einer vorgesehenen Flurbereinigung an dieser Stelle offen. Ein Argument für den Rebenneuaufbau ist die Aufwertung des mittlerweile teilweise verödeten Hanges, da andere Möglichkeiten zur Stabilisierung der dortigen Ökofaktoren auf Grund der schlechten Erreichbarkeit sicherlich nicht bestehen. Es bleibt folglich neben der ökonomischen Frage eine Wertungsfrage, inwiefern die Rekultivierung in diesem Teilgebiet auch landschaftspflegerischen Gesichtspunkten dienlich ist und die entsprechenden Kosten rechtfertigt.

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

- Arbeitsgemeinschaft Bodenkunde, 1971: Kartieranleitung. Anleitungen und Richtlinien zur Herstellung der Bodenkarte 1:25 000. - Arbeitsgemeinschaft Bodenkunde der Geologischen Landesämter der BRD, Hannover
- BAUMGARTNER, A., 1963: Einfluß des Geländes auf Lagerung und Bewegung der nächtlichen Kaltluft. in: Frostschutz im Pflanzenbau (Hrsg. F. SCHNELLE), Bd. 1, S. 151-194, München
- BIERHALS, E., 1976: Ökologische Folgen der Vegetationsentwicklung und des Wegfalls der Bewirtschaftungsmaßnahmen. in: Brachflächen in der Landschaft. KTBL-Schrift 195, Darmstadt
- BIERHALS, E. und SCHARPF, H., 1971: Zur ökologischen und gestalterischen Beurteilung von Brachflächen. - Natur und Landschaft 46, S. 31-34, Stuttgart
- BIRK, H. und ZAKOSEK, H., 1960: Die bodenangepaßten Unterlagssorten der hessischen Weinbaugebiete. - Weinberg und Keller, Bd. 7, S. 9-15, Frankfurt a. M.
- BJELANOVIC, M., 1967: Mesoklimatische Studien im Rhein- und Moselgebiet. - Ein Beitrag zur Problematik der Landesklimaaufnahme, Diss. Bonn
- BOSSE, I., 1968: Ein Versuch zur Bekämpfung der Bodenerosion in Hanglagen des Weinbaus durch Müllkompost. - Weinberg und Keller, Bd. 15, S. 385-397, Traben-Trarbach
- BRANDTNER, F., 1975: Geländeklimatologie in Weinbaulagen. - Weinberg und Keller, Bd. 22, S. 319-327, Traben-Trarbach
- ELLENBERG, H., 1974: Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. Scripta Geobotanica IX, Göttingen
- EMONDS, H., 1954: Das Bonner Stadtklima, Arbeiten zur Rheinischen Landeskunde, H. 7, Bonn
- GEIGER, M., 1975: Methoden, Ergebnisse und Folgerungen mesoklimatischer Studien in der Vorderpfalz. - Mitteilungen der Pollichia, Bd. 63, S. 10-44, Bad Dürkheim
- GEMEINHARDT, H., 1959 u. 1960: Bodenmikrobiologische Beiträge zum Robinienproblem. Arch. f. Forstwesen, Bd. 8, S. 1078-1116 und Bd. 9, S. 1082-1104
- HAJDU, J. G., 1969: Königswinter. Entwicklung und wirtschaftliche Basis einer Fremdenverkehrsstadt. Arbeiten zur Rheinischen Landeskunde, H. 27, Bonn
- HARD, G., 1975: Vegetationsdynamik und Verwaltungsprozesse auf den Brachflächen Mitteleuropas. Die Erde, 106. Jahrg., H. 4, S. 243-276, Berlin
- HARD, G., 1976: Vegetationsentwicklung auf Brachflächen. - Brachflächen in der Landschaft. KTBL-Schrift 195, Darmstadt
- HOFFMANN, K., 1977: Weinkunde in Stichworten, Kiel
- HORNEY, G., 1972: Die klimatischen Grundlagen des Anbaus von Weinreben in Deutschland. - Weinberg und Keller, Bd. 19, S. 305-320, Traben-Trarbach
- KLINK, H.-J., 1972: Geoökologie und naturräumliche Gliederung - Grundlagen der Umweltforschung. Geograph. Rundschau, 24. Jahrg., S. 7-19, Braunschweig
- KNOCH, K., 1963: Die Landesklimaaufnahme, Wesen und Methodik. - Ber. des DWD. Offenbach (Main)
- KÖHNLEIN, J. u. WEICHBRÖDT, H. H., 1971: Die Nährstoffauswaschung aus der Ackerkrume in den Unterboden und ihr Einfluß auf die Nährstoffbilanz. Zeitschr. f. Acker- und Pflanzenbau, Bd. 134, S. 50-82
- KUGLER, H., 1964: Großmaßstäbige geomorphologische Kartierung und Geomorphologische Reliefanalyse. - Math.-nat. Diss. Leipzig
- LESER, H., 1972: Probleme der Landschaftsökologie und des Umweltschutzes auf den Gemarkungen der Gemeinden Altbach, Deizisau und Zell (Mittleres Neckartal zwischen Esslingen und Plochingen). Hannover
- LESER, H., 1976: Landschaftsökologie, Stuttgart

- LINCK, O., 1954: Der Weinberg als Lebensraum. (Am Beispiel des Neckarlandes). Oehringen
- LEHMANN, H., 1971: Die Agrarlandschaft in den linken Nebentälern des oberen Mittelrheins und ihr Strukturwandel. Forschungen zur deutschen Landeskunde 191, Bonn-Bad Godesberg
- MEISEL, K. und v. HOBSCHEMANN, A., 1973: Grundzüge der Vegetationsentwicklung auf Brachflächen. - Natur und Landschaft 48, S. 70-74, Stuttgart.
- MORGEN, A., 1957: Die Besonnung und ihre Verminderung durch Horizontbegrenzung. - Veröffentlich. d. MHD der DDR, Nr. 12, Berlin
- NOHL, W., 1976: Erlebniswirksamkeit von Brachflächen. - Brachflächen in der Landschaft. KTBL-Schrift 195, Darmstadt
- OBERDORFER, E., 1971: Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Süddeutschland und die angrenzenden Gebiete, 3. Aufl., Stuttgart
- RICHTER, G., 1965: Bodenerosion. Schäden und gefährdete Gebiete in der BRD. Forsch.z. Dt. Landeskunde, Bd. 152, Bad Godesberg
- RICHTER, G., 1975: Der Aufbau der Forschungsstelle Bodenerosion und die ersten Messungen in Weinbergslagen. Forschungsstelle Bodenerosion Mertesdorf, H. 1, Trier
- RUNGE, F., 1973: Die Pflanzengesellschaften Deutschlands, Münster
- SCHEFFER, F. u. SCHACHTSCHABEL, P., 1970: Lehrbuch der Bodenkunde, Stuttgart
- SCHEGIEWAL, A. D., 1976: Die Böden am Nordabfall des Siebengebirges und deren physikalische und chemische Eigenschaften in Abhängigkeit vom Ausgangsgestein. Diss. Bonn
- SHELL, H., 1936: Klima, Witterung und Weinbau, Reichsamt für Wetterdienst. Wissenschaft. Abhandl. Bd. 1, Nr. 8 Berlin
- SCHNEIDER, M., 1965: Klimatisch ausgerichteter Anbau und Beeinflussung der Frostgefährdung. in: Frostschutz im Pflanzenbau (Hrsg. F. SCHNELLE), Bd. 2, S. 3-65, München
- SCHNEKENBURGER, F., RÖHLE, H., WÖHRLE, H., 1973: Organisation, Ablauf und Aufbau des Rebenneuaufbaues nach Flurbereinigung. - Weinberg und Keller, Bd. 20, S. 185-196, Traben-Trarbach
- SCHRADER, L., 1974: Untersuchungen über die Dynamik des Wasserhaushaltes von Weinbergböden mit Hilfe der Neutronensonde. Diss. Bonn
- SCHULZE-RETTMER, R. u. YAWARI, T., 1976: Die Bestimmung des Gesamt-Stickstoffs im Abwasser als Ammoniak ohne Destillation sowie Automatisierung der eigentlichen Analyse. Vom Wasser, Bd. 46, S. 11-20, Weinheim
- STANG, F., 1962: Der Rückgang des Weinbaus im Siebengebirge. - Ber. z. Dt. Landeskunde 28, 2, S. 280-292, 1962
- STEINBERG, B., 1970: Methoden und Ergebnisse von Bodenbearbeitungsversuchen im Weinberg. - Weinberg und Keller, Bd. 17, S. 313-348, Traben-Trarbach
- STREUBING, L., 1965: Pflanzenökologisches Praktikum, Berlin und Hamburg
- UHLIG, S., 1954: Beispiel einer kleinklimatologischen Geländeuntersuchung. - Zeitschr. f. Meteorol., 8, S. 66-75
- WALTER, B., 1976: Maßnahmen zur Bodenerhaltung bei Flurbereinigungsverfahren weinbaulich genutzter Hanglagen. - Bodenerosion in Mitteleuropa (Hrsg. G. RICHTER), S. 419-427, Darmstadt
- WENDLING, W., 1966: Sozialbrache und Flurwüstung in der Weinbaulandschaft des Ahrtales. Forschungen zur deutschen Landeskunde, Bd. 160, Bad Godesberg
- ZAKOSEK, H., 1960: Die Weinbergsböden, Zeitschr. f. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkd., Jahrg. 93, H. 1, S. 38-43, Weinheim und Berlin
- ZAKOSEK, H., 1978: Die Böden. - Das große deutsche Weinbaubuch (Hrsg. H. AMBROSI u. H. BECKER), München (in Vorbereitung)
- v. ZEJSCHWITZ, E., 1968: Beziehungen zwischen dem C/N-Verhältnis der Waldhumusformen und dem Basengehalt des Bodens. Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., Bd. 16, S. 143-174, Krefeld

