

# Nährstoffverhältnisse im Bannwald „Greifenberg“ (Kraichgau)\*

von WINFRIED BÜCKING

## 1. Einleitung

In Baden-Württemberg wurden bereits zu Beginn des Jahrhunderts die ersten Waldschutzgebiete, 1970 dann eine Gesamtzahl von 40 „Bannwäldern“ ausgeschieden (DIETERICH et al. 1970); sie erhielten durch das neue baden-württembergische Landeswaldgesetz (1. 4. 76) gesetzlichen Status und Schutz. Innerhalb des wissenschaftlichen Beobachtungsprogramms, das die Entwicklung dieser „Freilandlaboratorien“ dokumentieren soll, befassen wir uns auch mit den Wechselbeziehungen zwischen Boden, Bodenvegetation und Baumbestand (BÜCKING und DIETERICH 1976). Unsere gegenwärtige Aufgabe ist es, den Ausgangszustand der Bannwaldentwicklung möglichst genau zu kennzeichnen. Schwerpunkt der Untersuchungen sind dabei vor allem ernährungskundliche Beziehungen, die einerseits die Vegetation und ihr Wachstum steuernd beeinflussen, andererseits von aktuellen Vegetationszuständen und waldgeschichtlichen Entwicklungen beeinflußt werden und wurden und diesen Einfluß dokumentieren.

## 2. Methoden

### Grundsätzliche Bemerkungen zur Methode

Umfassende, tiefgehende Profiluntersuchungen bei den in der Regel in jedem unserer Bannwälder zahlreichen Standortseinheiten und vielfältigen Bestandesbildern wären nicht nur sehr aufwendig, sie würden vor allem den zumeist nur kleinen Bannwaldflächen (vorwiegend 10 bis 20 ha) schaden. Mit der Bodenentnahme wären Störungen verbunden, vor allem, wenn die Messungen im Abstand von etwa 10 bis 20 Jahren wiederholt werden sollen, um die Entwicklung fortlaufend dokumentieren zu können. Um solche Störungen zu minimieren, haben wir uns zu einer auf die oberflächennahen Bodenbereiche bezogenen Diagnose entschlossen, wie sie bei der Klärung ernährungskundlicher Fragen bereits erfolgreich angewendet wurde (EVERS 1967a, b; 1972), die aber über den dort verwendeten 0–4-cm-Bereich auf 20 bis 30 cm u. F. ausgeweitet wurde.

Die Bodenoberfläche und der Oberboden sind der günstigste Meßraum im Nährstoffkreislauf zwischen Pflanzendecke und Boden; hier findet der Umschlag von Streu- und Niederschlagsnährelementen in Boden- und Humusnährstoffe statt. Änderungen der Nährstoffzufuhr oder des Nährstoffentzugs beispielweise durch Bestandesentwicklung oder anthropogene Nutzung sollten hier am leichtesten registrierbar werden; unterschiedliche aktuelle Zustände sollten hier einen deutlichen Ausdruck finden. Der vorgesehene Untersuchungsbereich ist zudem Wurzelraum der Bodenvegetation, die zu vielfachen Zwecken als ökologischer Indikator verwendet werden kann (SCHÖNHAR 1954; ELLENBERG 1974).

\* Erweiterte Fassung eines unpublizierten Diskussionsbeitrags zur IUFRO- (International Union of Forest Research Organisations)-Tagung Oslo 1976, Arbeitsgruppe S. 1.02–07: Quantifizierung von Standortsfaktoren.

## Vorgehen im Gelände

Auf der Basis von Standortskarten (Forstl. Standortskarte Odenheim), Vegetationskarten\* und Geländebeobachtungen werden einheitliche Kleinflächen der Größenordnung 50–100 m<sup>2</sup> ausgewählt und mit Hilfe von genormten Bodenzylindern (Eigenanfertigung bzw. Fa. GERHARDT, Bonn) mit einem Volumen von 50 oder 100 cm<sup>3</sup> und einem Tiefgang von 2 bzw. 4 cm, 10 bis 20 flächenrepräsentative Oberflächenproben gewonnen. Diese Proben beinhalten die Humus-Auflage (allerdings unter Ausschluß der zu variablen Streuschicht), sofern eine solche vorhanden ist, und den oberen A<sub>h</sub>-Horizont.

Zur Gewinnung weiterer Proben im Bereich bis zu 30 cm unter der Oberfläche werden kleine Spatengruben angelegt und ebenfalls mindestens 10 Einzelproben mittels Zylinder aus genau abgegrenzten Tiefenstufen geholt. Im hier vorgestellten Beispiel wurden noch Volumenproben der Tiefen 4 bis 10, 10 bis 20, z. T. auch 20 bis 30 cm gezogen. Die Proben der einzelnen Entnahmezonen werden jeweils zu 1 Mischprobe vereinigt; eine statistische Behandlung der Ergebnisse ist daher nicht möglich.

## Analytik und Auswertung

Die analytische Bestimmung der wichtigsten Nährelemente und Kenngrößen erfolgt nach Standardmethoden des Chem. Laboratoriums der Abt. Botanik u. Standortskunde der Forstl. Versuchsanstalt Baden-Württemberg:

- Organischer Kohlenstoff: C<sub>org.</sub>. Der Humusgehalt errechnet sich aus C<sub>org.</sub> durch Multiplikation mit Faktor 1,72.
- Gesamt-Stickstoff: N<sub>ges</sub>
- Calcium (nach Austausch mit 1 N Kaliumchlorid-Lösung): Ca<sub>KCl</sub>
- Nährelementgehalte im Extrakt mit konzentrierter Salzsäure, s = 1,15:  
Calcium (Zusatz von Lanthanoxid): Ca<sub>HCl</sub>  
Magnesium (Zusatz von Strontiumchlorid): Mg<sub>HCl</sub>  
Kalium: K<sub>HCl</sub>  
Phosphor: P<sub>HCl</sub>
- Bodenreaktion im Wasser (pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub>) und in 1 N Kaliumchlorid-Lösung (pH<sub>KCl</sub>) nach vorhergehender Trocknung des Bodens.

Vgl. zu diesen Standardmethoden weitere Hinweise bei EVERS 1967 b; EVERS et al. 1968. Genaue Arbeitsanleitungen stehen auf Anfrage beim Verfasser zur Verfügung.

- Stickstoff-Mineralisation: gleichzeitig auf allen Flächen entnommene geländefrische Proben werden in Kunststoffbeuteln bei 27° im Labor bebrütet. Ammoniumbestimmung nach BALKS und REEKERS (1955), Nitratbestimmung mit Orion-Nitratelektrode.
- Kennzeichnung der Austausch-kationen: Austauschbare „saure“ Kationen (H-Wert) nach *Schachtschabel*, austauschbare „basische“ Kationen (S-Wert) nach *Kappen*, gesamte austauschbare Kationen berechnet als Summe von S und H (T-Wert). Prozentualer Anteil basischer Kationen: V-Wert (S / 100/T = V in %). Zu den Analysenverfahren s. SCHLICHTING und BLUME 1966.

---

\* Eine Vegetationskarte des Bannwaldes „Greifenberg“ liegt noch nicht vor. Artenlisten und vegetationskundliche Beobachtungsflächen hat Herr Dr. PHILIPPI, Landessammlungen für Naturkunde, Karlsruhe, aufgenommen.

- Leicht austauschbare Nährstoff-Fraktion im Extrakt mit Ammoniumlaktatessigsäure (ALE, rd. 3,5 %ig;) nach Egner-Riehm (s. SCHLICHTING und BLUME 1966):  
Kalium:  $K_{ALE}$   
Magnesium:  $Mg_{ALE}$   
Phosphor:  $P_{ALE}$

Die Entnahme von Volumenproben gestattet außer gewichtsbezogenen Konzentrationsangaben auch die Errechnung von Nährstoffvorräten im untersuchten Bodenbereich bzw. die Umrechnung auf Nährstoffmengen/Flächeneinheit bis zur untersuchten Untergrenze.

### 3. Das Untersuchungsgebiet: Der Bannwald „Greifenberg“ (Kraichgau)

Der östlich Bruchsal gelegene „Eichelberg“, zu dem der „Greifenberg“ (früherer Fbz. Odenheim, jetzt Bruchsal-Ost) gehört, ist ein eben noch von Keupersandstein ( $km_4$ ) bedeckter Ausliegerberg des Südwestdeutschen Keuperberglandes, der seine Umgebung um rund 60 m überragt (210–274 m NN). Das kleine Sandstein-Gipfelplateau ist anthropogen stark gestört (ehemalige Wallburg); im übrigen Bannwaldgebiet stehen Schichten der „Bunten Mergel“ ( $km_3$ ) mit schweren Tönen und Tonsteinen an (DIETERICH et al. 1970). Das Gebiet liegt in der Zone des eichenreichen kollinen Laubwaldes (SCHLENKER et al. 1973); als Standortseinheit kommen „Eichen-Hainbuchenwälder“ oder „Eichen-Mischwälder auf Tonhängen bzw. Ton“ größerflächig vor. Klimadaten: etwa 800 mm Jahresniederschläge, 9° Jahresmitteltemperatur (SCHLENKER et al. 1973; KLIMAAATLAS Baden-Württemberg).

Die im Bannwald ausgeprägten Gegensätze\* (vgl. Tab. 1) zwischen flacherem, frischerem Nordhang (2), steilerem, trockenerem und verhagertem Südhang (1; Abb. 1), flachgründig trockenem Ton-Plateau (3) und trockenem, anthropogen gestörtem Sandstein-Plateau (4; Abb. 2) veranlaßten uns zu einem Nährstoffvergleich. Dies ist auch ein Versuch einer Beschreibung des Oberboden-Ausgangszustandes im Hinblick auf eine erwartete Fortentwicklung. Die Bestandesentwicklung wird möglicherweise zu einer veränderten Baumartenzusammensetzung führen. Denn erst 1888 wurde die Mittelwaldbewirtschaftung des Greifenbergs aufgegeben, noch bis in die zwanziger Jahre dieses Jahrhunderts wird Streunutzung vermutet (Quelle: Bestandesdaten).

Die aktuelle Vegetation ist gekennzeichnet durch Eichen-Hainbuchen-(Buchen-)Althölzer, denen in Südexposition Elsbeere (*Sorbus torminalis*) und Speierling (*S. domestica*) beige-mischt sind. Am Nordhang ist schon heute die Rotbuche stärker vertreten. Die Bestandesbeschreibung von 1969 nennt eine Baumartenverteilung (für die ganze Bannwaldfläche) von 80% Eiche, 10% Rotbuche sowie 10% „Hainbuche und sonstige Laubbäume“ und einen Altersrahmen von 120 bis 180 Jahren für die herrschende Baumschicht. Unterschiede bestehen vor allem in der Krautschicht der 4 Kleinflächen.

Auf der Südhang-Fläche ist unter mattwüchsigem Bestand nur eine schütterere, azidophytische und anspruchslose Bodenvegetation entwickelt, die sich vor allem aus Drahtschmiele (*Deschampsia flexuosa*)\*, Schwarzwerdender und Berg-Platterbse (*Lathyrus niger* und *L. montanus*), Wald-Ehrenpreis (*Veronica officinalis*), Buschwindröschen (*Anemone nemorosa*) und Moosen wie *Polytrichum formosum*, *Dicranella heteromalla*, *Dicranum scoparium*, *Pleurozium schreberi* und *Scleropodium purum* zusammensetzt. Die Umgebung der Probefläche ist artenreicher und weist außerdem u. a. auf: Hainrispengras (*Poa nemoralis*), Verschieden-

\* Für die gemeinsame Flächenauswahl, Standorts- und Bodenbeschreibung der Flächen 1 bis 3 danke ich den Herren Prof. Dr. S. MÜLLER und Dr. H. DIETERICH, Forstl. Versuchs- und Forschungsanstalt, Abt. Botanik und Standortkunde, Stuttgart.



Abb. 1: Südhangaspekt im Bannwald „Greifenberg“ (Beobachtungsfläche 1) – Mai 1973.  
Foto: BÜCKING



Abb. 2: Keupersandstein-Plateau des Bannwaldes „Greifenberg“ (Beobachtungsfläche 4) – Mai 1973.  
Foto: BÜCKING

blättrigen Schwingel (*Festuca heterophylla*), Weiches Honiggras (*Holcus mollis*), Waldknäuelgras (*Dactylis polygama*), Waldhabichtskraut (*Hieracium sylvaticum*), Salbei – Gamander (*Teucrium scorodonia*), Blausegge (*Carex flacca*), Erdbeer-Fingerkraut (*Potentilla sterilis*), Kriechende Rose (*Rosa arvensis*), Maiglöckchen (*Convallaria majalis*).

Die Baumschicht der Nordhang-Kleinfläche besteht aus besserwüchsigen Eichen und Hainbuchen. In der Bodenvegetation dominieren Frischezeiger und Arten neutraler bis schwach-saurer Böden (Ökologische Artengruppen nach *Ajuga reptans* und *Asarum europaeum*; (SCHÖNHAR 1954)), wie Scharbockskraut (*Ranunculus ficaria*), Wiesenschaumkraut (*Cardamine pratensis*), Rasenschmiele (*Deschampsia cespitosa*), Gewöhnliches Hexenkraut (*Circaea lutetiana*), Wald-Zwenke (*Brachypodium sylvaticum*), Waldmeister (*Galium odoratum*), Gold-Hahnenfuß (*Ranunculus auricomus*), Aronstab (*Arum maculatum*).

Die Ton-Plateaufläche besitzt unter dem lichten Schirm mäßig wüchsiger Eichen und Hainbuchen eine Strauchschicht aus Hainbuche, Feldahorn und Weißdorn mit rd. 30%iger Deckung. Die nur flecken- und truppweise ausgebildete Bodenvegetation wird vor allem von Arten mit weitem ökologischem Spielraum wie Buschwindröschen (*Anemone nemorosa*), Hain-Rispengras (*Poa nemoralis*), Flattergras (*Milium effusum*), Wald-Knäuelgras (*Dactylis polygama*), Erdbeer-Fingerkraut (*Potentilla sterilis*) – ökolog. Artengruppe nach *Milium effusum* – gebildet, denen sich aber in bezug auf Wasser- und Basenhaushalt anspruchsvollere Arten wie Waldmeister (*Galium odoratum*), Wald-Zwenke (*Brachypodium sylvaticum*), Wald-Segge (*Carex sylvatica*) Scharbockskraut und Goldhahnenfuß (*Ranunculus ficaria* und *R. auricomus*) sowie das Wiesenschaumkraut (*Cardamine pratensis*) zugesellen. Ferner treten Wärmezeiger wie Arznei-Schlüsselblume (*Primula veris*) und Verschiedenblättriger Schwingel (*Festuca heterophylla*) auf. Für kleinräumigen Wechsel sprechen benachbarte Vorkommen von Säurezeigern wie Weiße Hainsimse (*Luzula albida*), Bergplatterbse (*Lathyrus montanus*) und Drahtschmiele (*Deschampsia flexuosa*).

Standorte, Bestände und Vegetation der 4 Kleinflächen im Bannwald "Greifenberg"

	1. Südhang	2. Nordhang	3. Tonplateau	4. Sandplateau
Höhe m NN Exposition, Hangneigung	253 SSW 20 - 25°	240 NNW 15 - 20°	262 ± eben	274 ± eben
Standortseinheit	Eichen-Hainbuchenwald auf mäßig trockenem Tonhang	Eichen-Mischwald auf mäßig frischem Tonhang	Eichen-Hainbuchenwald auf mäßig trockenem Ton	Luzula-Buchen-Eichenwald auf mäßig trockenem Sand
Bestand	Eichen-Hainbuchen-Altholz mit Elsbeere	Eichen-Hainbuchen-Altholz mit Buche	Eichen-Hainbuchen-Altholz	Eichen-Hainbuchen-Altholz
Bodenvegetation (ökolog. Artengruppen; SCHÖNHAR 1954)	<i>Deschampsia flex.</i> , <i>Milium</i> , <i>Silene nutans</i>	<i>Ajuga</i> , <i>Asarum</i> , <i>Milium</i>	<i>Milium</i> , <i>Ajuga</i> , <i>Asarum</i> , <i>Silene</i> , <i>Chrysanthemum corymb.</i> , <i>Carex glauca</i>	<i>Deschampsia flex.</i> , <i>Milium</i> , <i>Chrysanthemum corymb.</i>
Wasserhaushalt (nach ökolog. Artengruppen)	mäßig trocken - trocken	mäßig frisch - frisch	mäßig trocken - trocken	mäßig trocken - trocken
Bodenreaktion (nach ökolog. Artengruppen)	mäßig sauer	neutral - schwach sauer	neutral - mäßig sauer	mäßig sauer
Potentielle natürl. Vegetation (MÜLLER et al. 1974)	Galio sylvatici - Carpinetum (Waldlabkraut - Traubeneichen - Hainbuchenwald)			Luzulo-Fagetum
Bodentyp	Pelosoil aus Keuper-Tonstein	Palosoil aus Keuper-Tonstein	Braunerde-Ranker aus Keuper-Tonstein mit Sandeteinschutt	Podeolige Braunerde aus Keuper-Sandstein

\* Deutsche und lateinische Artnamen nach OBERDORFER 1970 bzw. BERTSCH 1959.

Auf der Sandplateau-Hochfläche findet sich wiederum eine azidophytische und anspruchslose Bodenvegetation mit z. B. Drahtschmiele (*Deschampsia flexuosa*), Weißer Hainsimse (*Luzula albida*), Salbei-Gamander (*Teucrium scorodonia*), Hain-Rispengras (*Poa nemoralis*), Wald-Knäuelgras (*Dactylis polygama*), Wald-Habichtskraut (*Hieracium sylvaticum*), in Nachbarschaft auch Maiglöckchen (*Convallaria majalis*), Tüpfelfarn (*Polypodium vulgare*) und Pflirschblättrige Glockenblume (*Campanula persicifolia*).

Die hier exemplarisch untersuchten Standorte sind typisch für weite Gebiete des Keuperberglandes; gleiches gilt auch für die jetzt vorherrschende Bestockung.

#### 4. Ergebnisse

##### Kalium, Magnesium, Calcium

Unter den Meßgrößen fallen zunächst einige Elemente auf, die den erwartungsgemäß sehr deutlichen Gegensatz zwischen dem Sand-Standort und den Tonkeuper-Standorten belegen (Abb. 3): Sehr geringe Kaliumgehalte ( $K_{HCl}$  um  $100 \text{ mg}/100 \text{ cm}^3$ ) und Magnesiumgehalte

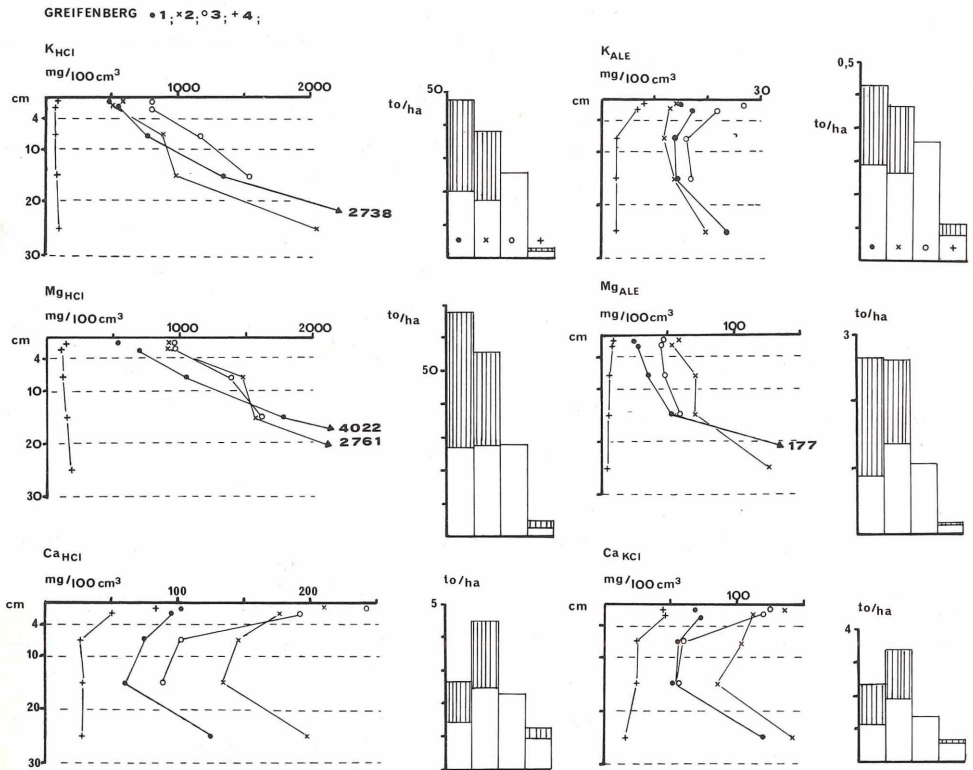


Abb. 3: Tiefenfunktionen des HCl-löslichen und des austauschbaren Kaliums, Magnesiums und Calciums, (vgl. 2. „Methoden“; im Text). Die unterbrochenen Querlinien grenzen die jeweiligen Entnahmetiefen 0-4, 4-10, 10-20, 20-30 cm ab. Außerdem sind noch die Meßwerte der Proben 0-2 cm eingetragen. In Säulendiagrammen sind die Vorräte dargestellt: weiße Säulenteile 0-20 cm, schraffierte Säulenteile 20-30 cm. - Die 4 Beobachtungsfelder sind in Tab. 1 und Kapitel 3 näher beschrieben.

( $Mg_{HCl}$  um 100 bis 200  $mg/100\text{ cm}^3$ ) bei der Sandfläche einerseits, Kaliumgehalte über 500 und auf  $> 2000\text{ mg}/100\text{ cm}^3$  ansteigend bzw. Magnesiumgehalte über ca. 700 und auf rd.  $4000\text{ mg}/100\text{ cm}^3$  stark zunehmend bei den Tonböden andererseits. Die Divergenz dieser Substrate zeigt sich auch in den Gesamtgehalten und in der leicht austauschbaren Basen-Fraktion: Von den Oberflächenproben aus abnehmende Nährstoffmengen im Sand (7 bis 8 auf  $3\text{ mg}/100\text{ cm}^3\text{ K}_{ALE}$ ; 10 auf  $4\text{ mg}/100\text{ cm}^3\text{ Mg}_{ALE}$ ; ca. 50 auf etwa  $20\text{ mg}/100\text{ cm}^3\text{ Ca}_{ALE}$ ); jedoch geringe oder keine Abnahme in den oberen 20 cm bei den Tonböden (außer  $Ca_{KCl}$  Fläche 3), tiefer deutliche Zunahme ( $15\text{ bis }25\text{ mg}/100\text{ cm}^3\text{ K}_{ALE}$ ;  $25\text{ bis }180\text{ mg}/100\text{ cm}^3\text{ Mg}_{ALE}$ ;  $50\text{ bis }150\text{ mg}/100\text{ cm}^3\text{ Ca}_{KCl}$ ).

Die  $Ca_{HCl}$ -Gehalte weisen einen sehr ähnlichen Verlauf auf wie die  $Ca_{KCl}$ -Gehalte und sind z. T. nur unbedeutend größer. Die  $Ca_{KCl}$ -Gesamtgehalte der Oberbodenprofile betragen rd. 60 bis 90 % des  $Ca_{HCl}$ . Auffällig sind die  $Ca_{HCl}$ -Anstiege der oberflächennächsten Zone, eine Folge der Nährstoff-Pumpwirkung der Vegetation.

Im einzelnen sind aber auch die Tonböden differenziert. So erweist sich die Südhangfläche als oberflächlich ärmer an Magnesium und Calcium, nicht an Kalium, holt dann aber in der 20 bis 30 cm Bodentiefe sehr deutlich auf (vgl.  $Mg_{HCl}$ ,  $Mg_{ALE}$ ,  $Ca_{KCl}$ ). Fläche 3 weist unterhalb der Oberfläche ein stärkeres Ca-Defizit auf, das sich auch im pH-Wert sehr deutlich äußert (Abb. 4).

### Bodenreaktion und Austauschkörper

Die pH-Werte (Abb. 4) lassen in der 0 bis 4 cm Zone eine sehr deutliche Reihe abnehmender Werte vom Nordhang über Ton-Plateau und Südhang zum Sand-Plateau erkennen. Im tieferen Boden gleichen sich Ton-Plateau und Südhang an; die übrige Differenzierung bleibt aber aufrechterhalten. Geringe Unterschiede bestehen bezüglich der „sauren“ Austauschkationen (H-Werte), die um  $10\text{ mval}/100\text{ cm}^3$  streuen (Abb. 4); deutliche Abweichungen dagegen bei

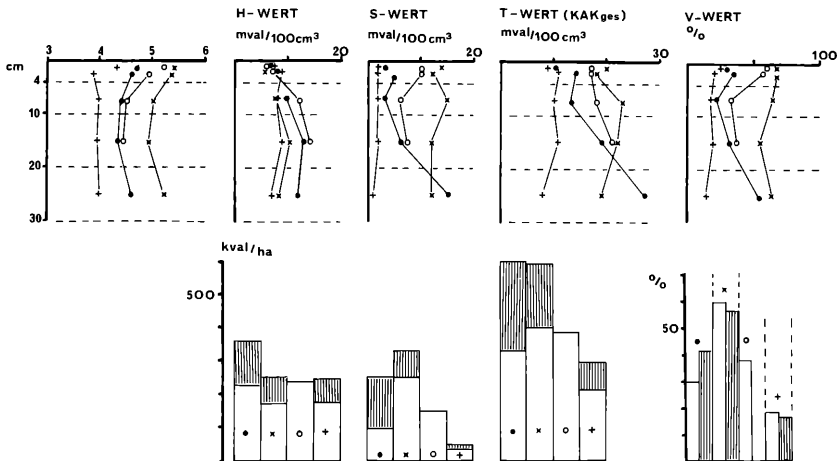


Abb. 4: Tiefenfunktionen des pH-Wertes, der Kationenaustauschkapazitäten („Saure“ Kationen: H-Wert; „Basische“ Kationen: S-Wert; Summe von S und H: T-Wert), der Basensättigung (V-Wert). In den Säulendiagrammen sind die Summenwerte der Austauschkationen in  $k\text{вал}/\text{ha}$  angegeben (weiße Säulenteile bis 20 cm Profiltiefe, schraffierte Säulenteile 20–30 cm Profiltiefe) bzw. die Basensättigung insgesamt 0–20 cm (weiß) und 0–30 cm (Schraffur) angegeben.

den basischen Austauschaktionen (S-Werten): Nordhang > Ton-Plateau > Südhang > Sand-Plateau, jeweils bezogen auf die 0- bis 4-cm-Zone; im tieferen Boden erkennt man Verarmung beim Ton-Plateau und Anreicherung beim Südhang. Aus den unterschiedlichen S-Werten folgt eine Differenzierung der Gesamt-Austauschkationen (T-Werte). Nach der Gliederung von v. ZESCHWITZ 1968 wäre das Sand-Plateau der Gruppe „schwach basenhaltig“ (1 bis 3 mval/100 g TS), der Südhang der Gruppe mäßig basenhaltig (4 bis 9 mval/100 g TS) und der Nordhang der Gruppe „stark bis mäßig basenhaltig“ zuzuordnen (10 bis 18 mval/100 g TS); das Ton-Plateau steht zwischen beiden letztgenannten Gruppen. Auch die diesen Gruppen typischerweise zugeordneten Basensättigungswerte (V-Werte; v. ZESCHWITZ 1968) decken sich völlig. Die Gesamtaustauschwerte (T-Werte) sind beim Sand-Plateau und Südhang „mittel bis mäßig“, bei den übrigen beiden Flächen „sehr hoch bis hoch“

**Kohlenstoff (Humus), Stickstoff, Phosphor**

Auf Grund der Kohlenstoffgehalte der 0 bis 2 cm und 0 bis 4-cm-Bereiche (Abb. 5, Tab. 2) sind die Böden als „stark humos“ (Bereich von 5 bis 10% Humus; Arbeitsgemeinschaft Bodenkunde) bis „sehr stark humos“ (> 10% Humus) zu bezeichnen. Die höheren Humusgehalte der Plateaulagen sind deutlich erkennbar; die Verarmung der Hanglagen, vor allem der Südhang-Fläche, läßt sich vielleicht über Erosionsverluste deuten. Die Humusakkumulation ist beim Sand-Plateau im ganzen untersuchten Profilbereich erkennbar, sie bleibt dagegen beim Ton-Plateau auf die oberen Profil-Zentimeter beschränkt.

Deutliche Unterschiede bestehen bei den Stickstoffgehalten (Abb. 5), wobei sich folgende 2 Gruppen ergeben: weniger als 200 mg/100 cm<sup>3</sup> N im Oberboden, auf weniger als 100 mg/100 cm<sup>3</sup> abnehmend beim Sand-Plateau und Südhang; um 300 mg/100 cm<sup>3</sup> auf 200 mg/100 cm<sup>3</sup> abfallend beim Nordhang und Ton-Plateau. Die Gesamtmengen bis 20 cm ergeben klare Größenordnungsunterschiede zwischen 2,8 und 4,8 t/ha N.

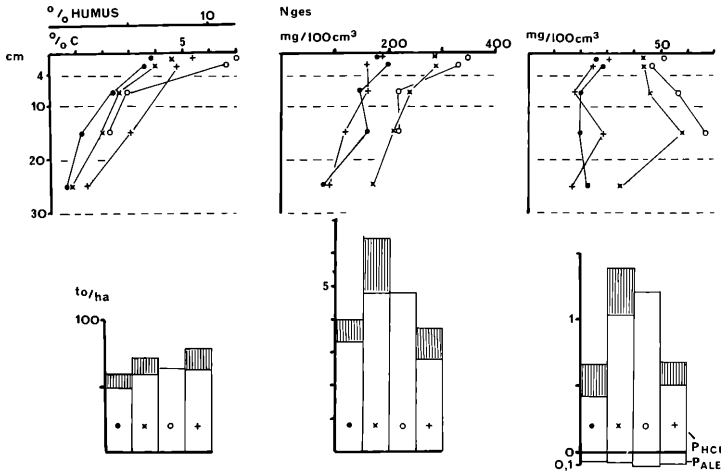


Abb. 5 Tiefenfunktionen der Humus- bzw. Kohlenstoffkonzentrationen, des Gesamt-Stickstoffs und des HCl-löslichen Phosphors. In den Säulendiagrammen sind die Vorräte an Kohlenstoff, Stickstoff und HCl-löslichem sowie ALE-löslichem Phosphor dargestellt. Weiße Säulenteile 0–20 cm, schraffierte Säulenteile 20–30 cm



Tab. 2 Kohlenstoff-bezogene Werte

Fläche	1	2	3	4
0–4 cm Volumenproben:				
C/K <sub>HCL</sub>	6	7	6	47
C/K <sub>ale</sub>	211	267	220	533
C/Mg <sub>HCL</sub>	5	4	5	29
C/Mg <sub>ALE</sub>	120	65	106	480
C/Ca <sub>KCL</sub>	49	31	41	80
C/P <sub>HCL</sub>	120	78	105	155
C/N	21	13	15	24
C %	3.6	4.0	6.6	4.8
Humus %	6.2	6.9	11.4	8.3
0–2 cm Volumenproben:				
C/N	19	14	15	22
C %	3.8	4.6	7.0	5.4
Humus %	6.5	7.9	12.0	9.3

Auch die Stickstoff-Mineralisation erwies sich als unterschiedlich: im Labortest ergaben sich in 3 Wochen 4,4 mg/100 cm<sup>3</sup> beim Sand, 4,6 mg beim Südhang gegenüber 6,2 mg beim Nordhang und 7,4 mg beim Ton-Plateau. Der Nitratanteil am mineralisierten Stickstoff betrug im Mittel 20 bis 30 % beim Sand- und Südhangboden, rund 60 % bei den übrigen beiden Standorten (vgl. BÜCKING 1976)

Die Gruppenbildung findet auch bei den Phosphorwerten (P<sub>HCL</sub>) ihre Entsprechung (Abb. 5): sie betragen rd. 20 bis 30 mg/100 cm<sup>3</sup> P bei Sand-Plateau und Südhang gegenüber rd. 40 bis 60 mg bei Nordhang und Ton-Plateau. Die Nährstoffsummen über 20 cm Bodentiefe verdeutlichen diese starken Unterschiede weiter: die Extreme liegen z. B. bei 0,4 und 1,2 to/ha P (Abb. 5, Tab. 3) für den 0 bis 20-cm-Bereich.

Selbst wenn man nur die leichter lösliche Fraktion P<sub>ALE</sub> betrachtet, ergibt sich noch eine Relation von nahezu 1:2 (0,056:0,100 to/ha P für Südhang zu Ton-Plateau), doch treten im einzelnen Verschiebungen der Reihenfolge auf.

### Kohlenstoffbezogene Werte

Kohlenstoffbezogene Werte wurden in letzter Zeit z. B. von EVERS (1967 a, b; EVERS et al. 1968), von v. ZESCHWITZ (1968, 1972) und von JAHN (1972) ernährungskundlich und standortkundlich interpretiert. Es zeigte sich, daß neben der überregional gültigen Beziehung „C/N-Quotient“ mit Hilfe standardisierter Probenahmetechniken, wie sie bei diesen Bannwalduntersuchungen angewendet wurden, auch für K, P, Ca regional gültige Quotienten gefunden werden können. Wenn auch der regionale Rahmen für das Untersuchungsgebiet und für Laubwaldbestände noch fehlt, wird doch beim Vergleich mit Daten aus anderen Untersuchungsräumen und anderen Baumarten deutlich, daß die Nährstoffrelationen zum Kohlenstoff auf den Probeflächen im Bannwald „Greifenberg“ in der Regel sehr eng, d. h. sehr günstig sind (Tab. 2).

Die Tonstandorte lassen sich bezüglich K<sub>HCL</sub> und Mg<sub>HCL</sub> kaum differenzieren (C/K = 6-7, C/Mg = 4-5), die Ausweitung der Quotienten zum Sandstandort wird aber sehr deutlich (C/K = 47; C/Mg = 29). Bei Standorten mit hoher Basenversorgung, wie am „Greifenberg“ gege-

ben, erlaubt die Berücksichtigung leicht austauschbarer Nährstoff-Fraktionen weitere Differenzierungen; in der Tat ergeben sich bei Verwendung von  $K_{ALE}$  und  $Mg_{ALE}$  Reihungen von Ton- und Nordhang über Südhang zum Sand ( $C/K_{ALE} = 211$  bis  $533$ ;  $C/Mg_{ALE} = 65$  bis  $480$ ). Bei den  $C/Ca$ -Werten wurde bisher nur die  $Ca_{KCL}$ -Fraktion berücksichtigt. Die im Greifenberg beobachtete Variation zwischen Tonstandorten ( $C/Ca_{KCL}$  rd.  $30-50$ ) zu Sand ( $C/Ca_{KCL}$   $80$ ) entspricht etwa den Differenzen zwischen den Standortseinheiten „Nährstoffreicher Sand“ zu „Mäßig trockener Sand“ im Virngrund (EVERS 1967 b; bei Fichtenbestockung).

Die  $C/P$ -Werte differenzieren zwischen den beiden P-reicheren Standorten Ton-Plateau/Nordhang (rd.  $80-100$ ) und Südhang/Sand-Plateau (rd.  $120-160$ ). Im Vergleich zu anderen regionalen Kennwerten sind aber die etwas weiteren Relationen der letzteren Standorte immer noch sehr günstig.

In der Größenordnung stimmen die gefundenen Vorräte ( $0-4$  cm) mit den aus den  $C/P_{HCL}$  ( $0-4$  cm)-Werten errechenbaren Nährstoffmengen überein (Tab. 3). Diese Berechnung kann nach einer von EVERS et al. (1968) für Baden-Württemberg aufgestellten Funktionsgleichung erfolgen. Nur das Ton-Plateau wies demgegenüber höhere Vorräte auf, alle anderen Flächen zeigten dagegen geringere P-Gehalte, als nach den  $C/P$ -Quotienten zu erwarten war. Die Reihenfolge der Standorte nach den P-Mengen im  $0-4$  cm-Bereich gilt, wie in Tab. 3 gezeigt wird, auch für den  $0-20$  und  $0-30$  cm-Bereich; die oberflächennächste Bodenzone ermöglicht somit fundierte Prognosen für weitere Oberbodenbereiche (vgl. z. B. auch SCHMIDT 1970), wodurch die Nährstoffdiagnose sehr erleichtert wird.

Tab. 3 C/P-Relationen und P-Vorräte

Fläche	1	2	3	4
$C/P_{HCL}$ , $0-4$ cm	120	78	105	155
$P_{HCL}$ -Vorräte in to/ha:				
Vorräte $0-4$ cm				
– berechnet nach				
EVERS et al. 1968:	0,143	0,205	0,155	0,130
– gefunden	0,116	0,176	0,188	0,100
Vorräte $0-20$ cm	0,436	1,032	1,204	0,508
Vorräte $0-30$ cm	0,660	1,384	–	0,680
$P_{ALE}$ , $0-20$ cm, in to/ha	0,056	0,068	0,100	0,088

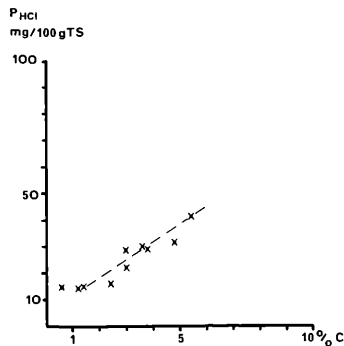


Abb. 6 Beziehungen zwischen Phosphorkonzentrationen und Kohlenstoff-Konzentrationen für die ärmeren Flächen 1 und 4 und die reicheren Flächen 2 und 3.

Die unterschiedliche Phosphat-Akkumulationstendenz im Oberboden der beiden Standortsgruppen macht Abb. 6 deutlich, in der die Phosphat-Konzentrationen in Abhängigkeit vom Kohlenstoff- (Humus-) Gehalt der jeweiligen Probe dargestellt werden; dieser ist gleichzeitig ein relatives Maß für die Bodentiefe, der die Probe entstammt (ULRICH und KHANNA 1969). Man sieht deutlich, daß die Kleinstandorte 1 und 4 auf einer flacheren Geraden liegen als die Werte der Kleinflächen 2 und 3, sich beide Geraden aber im tieferen Boden annähern. Offenbar ist der Phosphatgehalt im „Ausgangsgestein“ weniger stark verschieden als im Oberboden, und offenbar ist die Akkumulationstendenz der beiden Standortsgruppen unterschiedlich. Dies kann darauf beruhen, daß die Kreislaufintensitäten des Nährstoff-Flusses unterschiedlich sind; es ist aber ebenso eine Verarmung durch z. B. überstarke Streunutzung oder Oberflächenerosion denkbar.

Deutlich folgt auch aus den C/N-Werten eine Reihe vom Nordhang über Ton-Plateau zum Südhang und Sand-Plateau. Geht man von diesen C/N-Verhältnissen aus, so sind die besseren Standorte ( $C/N < 17$ ) nach v. ZESCHWITZ (1972) noch reinen Mull-Humusformen zuzuordnen, die beiden weniger guten schon als „Mullartiger Moder“ bis „Feinhumusarmer Moder“ zu klassifizieren. Der humusmorphologische Geländebefund entspricht dem im wesentlichen, wobei allerdings die Ton-Plateau-Lage schon zum „Mullartigen Moder“ tendiert. Das etwas heterogene Sand-Plateau weist zumindest stellenweise eine allerdings nur geringmächtige und relativ mineralreiche Humustoffschicht ( $H = 0_H$ -Lage) auf. Anzumerken ist, daß die Probe-nahme nach v. ZESCHWITZ horizontbezogen, nicht standardisiert erfolgt. Wie sich aus dem Vergleich der Werte für 0–2 und 0–4 cm ergibt, ist die Differenzierung bezüglich Humusgehalt und C/N-Werten gering (desgleichen auch bei den übrigen C-bezogenen Werten, die in der Tabelle nicht aufgeführt wurden). Hinzuweisen ist auf das relativ weite C/N-Verhältnis der Sand-Plateau-Fläche, das einem Grenzwert von  $C/N = 25$  nahe kommt, von dem an z. B. für Fichte mit Stickstoffmangel zu rechnen ist (EVERS 1967 b).

## 5. Diskussion

Untersuchungen von wesentlichen Nährstoffen (Stickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium) in verschiedenen Fraktionen und von anderen bodenkundlichen Kenngrößen (Kohlenstoff- bzw. Humus-Gehalte; pH-, H-, S-, T-Werte) des Oberbodens bei stufenweiser, standardisierter, volumenbezogener Probenahme 0–30 cm u. F. an 4 Kleinstandorten ergeben zunächst 2 an das Bodensubstrat bzw. Ausgangsgestein gebundene Gruppen (Meßgrößen K, Ca, Mg): drei Ton-Standorte und einen Sand-Standort. Im einzelnen sind aber auch die drei Ton-Standorte vor allem im oberflächennahen Bereich differenziert: bezüglich der Gesamt-vorräte, der leicht austauschbaren Nährstoff-Fraktionen, der Sorptionsverhältnisse und der Basensättigung (H-, S-, T-, V-Werte) sowie vor allem des pH-Wertes. Die C/K-, C/Mg-, C/Ca-Quotienten (Meßwerte der HCl- und vor allem der Austausch-Fraktionen) geben die an der Bodenoberfläche herrschenden Bedingungen und Differenzierungen wieder.

Dem Substratunterschied ist eine Differenzierung des N- und P-Haushaltes überlagert, bei dem sich eine ärmere (Sand-Plateau und Südhang) von einer reicheren Gruppe (Nordhang, Ton-Plateau) trennen läßt. Diese Differenzierung findet sich entsprechend in den C/P- und C/N-Quotienten; bezüglich des N-Haushaltes auch in Vergleichswerten für die potentielle Stickstoff-Mineralisation und Nitrifikation. Die Aussage der Quotienten beschränkt sich dabei nicht auf den 0–4-cm-Bereich; vielmehr bleiben hier gefundene Unterschiede auch in einem größeren Oberboden-Bereich gültig. Die C/P-Verhältnisswerte gestatten eine Prognose über Nährstoffvorräte.

Die gefundenen Unterschiede sind mit unterschiedlichen Vegetationsaspekten korreliert, eine ökologisch-kausale Deutung der Nährstoffwerte ist jedoch nicht leicht möglich, da an-

dere Standortsfaktoren wie z.B. bodenphysikalische Eigenschaften und der Bodenwasserhaushalt sich überlagern; erst eine integrierende Gesamtstudie könnte weitere Klarheit schaffen. Auf die Schwierigkeit bei der ökologischen Interpretation bodenchemischer Daten weisen auch ULRICH et al. (1971). Bei insgesamt guter, bezüglich Phosphor und Stickstoff z. T. mäßiger Nährstoff-Versorgung ist die Bedeutung des Standortsfaktors „Nährstoffe“ schwer abzuschätzen, die Nährelemente allerdings gut quantifizierbar. Wir nehmen jedoch an, daß dynamische Aspekte wie z. B. die Messung von Nährstoffkreisläufen oder die Registrierung von Ökosystemveränderungen, die im Bannwaldprogramm beabsichtigt ist, die Aussagemöglichkeiten spezifiziert. So wird vor allem zu klären sein, inwieweit die Meßgrößen N und P, die Austausch- und pH-Werte standortbedingt oder anthropogen bedingt sind (Auswirkungen von Mittelwaldwirtschaft und Streunutzung). Es ist anzunehmen, daß der Südhangstandort aus kleinklimatischen Gründen anfälliger auf Übernutzungen reagiert als der Nordhang bei sonst gleichem Substrat. Die Unterschiede der Tonstandorte zum Sand-Plateau sind im wesentlichen substratbedingt, doch wäre denkbar, daß bei letzterem auch noch anthropogene Störungen hinzukommen.

## **6. Zusammenfassung**

Am Beispiel des Bannwaldes (Naturwaldzelle) „Greifenberg“ östlich Bruchsal, einem ehemaligen Mittelwaldbestand mit Eichen-Hainbuchen-(Buchen-)Bestockung, werden Unterschiede der Nährstoffversorgung und einiger anderer Bodenkennwerte im Oberboden verschiedener, für das Keuperbergland typischer Kleinstandorte erarbeitet. Das Bodenmaterial wird mit weitgehend standardisierter Probenahmetechnik gewonnen (stufenweise Entnahme mit Bodenzylindern; vgl. Abschnitt 2), die die Berechnung von Nährstoffvorräten ermöglicht. Weiterhin werden indirekte Methoden (Kohlenstoff-bezogene Nährelement-Werte) zur Kennzeichnung der Standorte benützt.

In Tab. 1 sind die untersuchten Kleinstandorte näher charakterisiert, mit Abb. 1 und 2 werden zwei der Bestände illustriert. Die Abb. 3 bis 5 geben die Tiefenfunktionen der wichtigsten Meßdaten sowie die Summenwerte der Daten (Nährstoff-Vorräte) bis zu bestimmten Tiefen wieder. In Abb. 6 wird die unterschiedliche Phosphorakkumulation der Standortgruppen 1 und 4 im Gegensatz zu 2 und 3 demonstriert. In Tab. 2 sind die C-bezogenen Nährstoffwerte, in Tab. 3 die Phosphorvorräte zusammengestellt.

Substratunterschiede bestimmen die Größenordnung der K-, Mg-, Ca-Meßwerte (Ton-Standorte 1, 2, 3 und Sand-Standort 4). Diesen überlagert sind jedoch Differenzen der Stickstoff- und Phosphor-Versorgung, der pH-Werte, der Kationen-Austauschwerte und der Basensättigung, die mit Vegetationsaspekten (ökologischen Artengruppen, Bestandesbild) korreliert sind (Standorte 1 und 4 im Gegensatz zu 2 und 3). Im wissenschaftlichen Bannwaldprogramm soll geklärt werden, inwiefern vor allem die letztgenannten Werte natürlichen Standortbedingungen (z. B. Unterschieden der Exposition und des Kleinklimas, der Hangneigung und der Erosionsanfälligkeit) und naturnaher Bestockung entsprechen, oder aber durch menschliche Übernutzung (Streunutzung, Mittelwaldwirtschaft) bedingt sind.

## **Danksagung**

Für die sorgfältigen analytischen Arbeiten danke ich den technischen Assistentinnen Frau E. HOLLSTEIN, Frau E. SCHULISCH und Frä. A. WOLTER, für Diskussionen und Anregungen den Herren ORBioL. Dr H. DIETERICH, FDir. Dr. F. H. EVERS, Prof. Dr. S. MÜLLER, Prof. Dr. G. SCHLENKER, Dr. G. PHILIPPI.

## **7. Literatur, Quellen**

Arbeitsgemeinschaft Bodenkunde der Geolog. Landesämter und der Bundesanstalt für Bodenforschung der BRD., 1971; Kartieranleitung, 2. Aufl. 169 S. Hannover.

- BALKS, R. u. REEKERS, I., 1955: Bestimmung des Nitrat- und Ammoniakstickstoffs im Boden. Landwirtsch. Forsch., 8, 7–13.
- BERTSCH, K., 1959: Moosflora von Südwestdeutschland. – 234 S. 2. Aufl. Stuttgart (Ulmer).
- Bestandesdaten und bestandesgeschichtliche Unterlagen, erhoben vom Forstamt Odenheim aus Einrichtungswerken usw. Unveröffentlicht.
- BÜCKING, W., 1972: Zur Stickstoffversorgung südwestdeutscher Waldgesellschaften. Flora, 161, 383–400.
- BÜCKING, W., 1976: Untersuchungen zu den Oberboden-Nährstoffverhältnissen im Bannwald „Sommerberg“ (Stromberg). Veröff. Naturschutz Landschaftspflege. Baden-Württemberg, 44/45, 119–140.
- BÜCKING, W. u. DIETERICH, H., 1976: Bannwaldforschung in Baden-Württemberg. Allg. Forstzeitschrift, 31, 327–329.
- DIETERICH, H., MÜLLER, S. u. SCHLENKER, G., 1970: Urwald von morgen. 174 S. Stuttgart (Ulmer).
- ELLENBERG, H., 1974: Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. Scripta Geobotanica, 9. 97 S. Göttingen (Goltze).
- EVERS, F. H., 1967a: Zur Frage der Zusammenhänge zwischen Standort, Bestandestyp, Wachstum und Nährstoffverhältnissen des Bodens. XIV. IUFRO-Kongreß, S. 21, 177–193.
- EVERS, F. H., 1967b: Kohlenstoffbezogene Nährelementverhältnisse (C/N, C/P, C/K, C/Ca) zur Charakterisierung der Ernährungssituation in Waldböden. Mitt. Ver. Forstl. Standortskde. u. Forstpflanzenzücht., 17, 69–76.
- EVERS, F. H., 1972: Die ernährungskundliche Auswertung der Standortskartierung in Baden-Württemberg. Allg. Forst- u. Jagdzeitg. 143, 6–12.
- EVERS F. H., SCHÖPFER, W. u. MIKLOSS, J., 1968: Die Zusammenhänge zwischen Stickstoff-, Phosphor- und Kalium-Mengen (in kg/ha) und den C/N-, C/P- und C/K-Verhältnissen der Oberböden von Waldstandorten. Mitt. Ver. Forstl. Standortskde. u. Forstpflanzenzücht., 18, 59–71.
- Forstliche Standortskarte Odenheim, 1966, 1:10 000 mit Erläuterungen, unveröffentlicht.
- JAHN, G., 1972: Forstliche Wuchsräumgliederung und waldbauliche Rahmenplanung in der Nordeifel auf vegetationskundlicher-standörtlicher Grundlage. Dissert. Botan. 16, 288 S.
- KLIMAATLAS von Baden-Württemberg, 1953. Dt. Wetterdienst (Hrsg.) 75 Seiten, 9 Diagramme, 37 S. Erl. Bad Kissingen.
- MÜLLER, TH., OBERDORFER, E. u. PHILIPPI, G., 1974: Die potentielle natürliche Vegetation von Baden-Württemberg. Beih. Veröff. Landesstelle Naturschutz u. Landschaftspflege Baden-Württemberg. 6. 46 S. 1farb. Veg.-Karte 1:900 000. Ludwigsburg.
- OBERDORFER, E., 1970: Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Süddeutschland. 987. S. Stuttgart (Ulmer).
- SCHLENKER, G., MÜLLER, S. u. Mitarbeiter, 1973: Erläuterungen zur Karte der Regionalen Gliederung von Baden-Württemberg. I. Mitt. Ver. Forstl. Standortskde. u. Forstpflanzenzücht., 23, 2–66.
- SCHLICHTING, E. u. BLUME H. P., 1966: Bodenkundliches Praktikum. 209 S., Hamburg u. Berlin (Parey).
- SCHÖNHAR, S., 1954: Die Bodenvegetation als Standortsweser. Allg. Forst- u. Jagdzeitg., 8, 259–266.
- SCHMIDT, W., 1970: Untersuchungen über die Phosphorversorgung niedersächsischer Buchenwaldgesellschaften. Scripta geobotanica, 1, 120 S., 1. Tab. Göttingen (Goltze).
- ULRICH, B., AHRENS, E. and ULRICH, M., 1971: Soil Chemical Differences between Beech and Spruce Sites – an Example of the Methods used. In: Ecological Studies, 2, Integrated Experimental Ecology (ed. H. ELLENBERG). 171-190. Berlin-Heidelberg-New York (Springer).
- ULRICH, B. u. KHANNA, P. K., 1969: Ökologisch bedingte Phosphatumlagerung und Phosphatformenwandel bei der Pedogenese. Flora B, 158, 594–602.
- ZEZSCHWITZ, E. von, 1968: Beziehungen zwischen dem C/N-Verhältnis der Waldhumusformen und dem Basengehalt des Bodens. Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., 16, 145–174.
- ZEZSCHWITZ, E. von, 1972: Waldhumusformen und Podsoligkeit im rheinisch westfälischen Bergland. Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., 21, 29–58.

Anschrift des Verfassers: Dr. WINFRIED BÜCKING, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, Abteilung Botanik und Standortskunde, Sektion Bodenchemie und Pflanzenernährung, Fasanengarten, D 7000 Stuttgart 31 (Weilimdorf).

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Beiträge zur naturkundlichen Forschung in Südwestdeutschland](#)

Jahr/Year: 1977

Band/Volume: [36](#)

Autor(en)/Author(s): Bücking Winfried

Artikel/Article: [Nährstoffverhältnisse im Bannwald "Greifenberg" \(Kraichgau\) 67-79](#)