

Das Naturschutzgebiet Brucker Lache in Erlangen

Beiträge zum Grundwasser, zum Boden und zur Vegetation

Das Gebiet der Brucker Lache stellt mit seiner im Kernbereich noch weitgehend natürlichen Vegetation des Erlenbruchwaldes und des Traubenkirschen-Eschenwaldes einen einzigartigen Lebensraum innerhalb des Stadtgebietes von Erlangen dar. Die Bedeutung dieses ökologischen Kleinods wurde dadurch gewürdigt, daß es vor 1969 von der Regierung von Mittelfranken unter Naturschutz gestellt wurde. Darüber hinaus wurde ein Teil dieses Naturschutzgebietes vom Staatlichen Forstamt in Erlangen als Naturwaldreservat ausgewiesen, in dem keinerlei forstliche Eingriffe und Nutzungen zugelassen sind. Trotz der großen ökologischen Bedeutung des Naturschutzgebietes Brucker Lache innerhalb der Region und über die Region hinaus sind die Kenntnisse über dieses einzigartige stadtnahe Ökosystem vergleichsweise gering. Als einzige grundlegende Arbeit galt bis vor kurzem die Arbeit von P. TITZE aus dem Jahr 1969 über die Pflanzengesellschaften der Brucker Lache. Um diesem allgemeinen Kenntnismangel abzuhelfen, wurden vom Institut für Geographie, Institut für Geologie und Institut für Botanik in den Jahren 1989 und 1990 wissenschaftliche Arbeiten angeregt und von drei Diplomanden durchgeführt.

In den folgenden drei Beiträgen werden die Ergebnisse dieser Arbeiten in verkürzter und zusammenfassender Form vorgestellt.

Uwe Treter

Grundwasser und Bodenwasser im Naturschutzgebiet Brucker Lache

von

UWE TRETER UND RICHARD SCHIESSL

mit 8 Abbildungen, 2 Tabellen und 1 Kartenbeilage

1 Einführung

Das Kernstück des Naturschutzgebietes Brucker Lache sind der Erlenbruchwald und die Schwarzerlen-Eschen-Auwald-Gesellschaften auf Standorten, die sich durch einen hohen Grundwasserstand und große saisonale Grundwasserschwankungen auszeichnen. Der naturnahe Erlenbruchwald in seiner typischen Ausbildung des *Carici elongatae* - *Aletum glutinosae* beschränkt sich jedoch nur auf einen kleinen geschlossenen Bestand. Alle anderen grundwassernahen Flächen werden dagegen von verschiedenen Ausbildungen und Gesellschaften des Schwarzerlen-Eschen-Auwaldes (*Pruno-Fraxinetum*) besetzt (vgl. Beitrag NEZADAL & RÖDER). Nach TITZE (1969) und RÖDER (1990) deutet deren große Verbreitung auf eine gewisse Entwässerung hin, bei deren Andauer der Erlenbruchwald in der Brucker Lache ernsthaft gefährdet werden könnte.

Die alten Gräben, die die feuchten Teile des Gebietes durchziehen, bewirken trotz ihrer allmählichen Verlandung wohl auch heute noch eine raschere Entwässerung, als es dem ungestörten Wasserhaushalt des Brucker Lache-Gebietes entsprechen würde.

Voraussetzung einer fundierten Beurteilung der gegenwärtigen hydrologischen Verhältnisse sind genaue Kenntnisse über die Verbreitung und Lage des Grundwassers, seine langfristigen, saisonalen und witterungsabhängigen kurzfristigen Schwankungen sowie die Menge und Verteilung der Niederschläge, die unmittelbaren Einfluß auf das Grundwasser haben. Da Witterung und Niederschläge von Jahr zu Jahr verschieden sind, sind längerfristige Meßreihen und Untersuchungen erforderlich, mit denen im Rahmen einer Diplomarbeit (SCHIESSL 1992) im Jahr 1989 begonnen wurde und die bis heute fortgeführt werden.

Das Naturschutzgebiet liegt im Stadtgebiet von Erlangen und ist allseits von Siedlungen und Straßen umgeben. Damit ist es – wie jeder andere Ort in der Stadt auch – dem gesamten Spektrum städtischer Immissionen ausgesetzt. Neben dieser allgegenwärtigen Grundbelastung stammen spezifische Stoffeinträge von den begrenzenden Straßen, insbesondere der verkehrsreichen B4, von der z.B. streusalzbelastetes Oberflächenwasser bis in die Brucker Lache verfrachtet wird (vgl. *Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen* 1992).

Um auch darüber Aussagen machen zu können, wurden im Zeitraum von Mai 1989 bis September 1990 (vgl. SCHIESSL 1992) Analysen des Grund- und Bodenwassers durchgeführt. Deren vorrangiges Ziel war es, eine bisher fehlende Bestandsaufnahme über die Nähr- und Schadstoffverhältnisse im Naturschutzgebiet zu erstellen, aus der dann Art und Umfang einer eventuellen Belastung durch Schadstoffe – auch im Vergleich zum übrigen Stadtgebiet – abgeleitet werden können.

2 Methoden

Für die Untersuchungen mußte zunächst ein umfangreiches Meßnetz aufgebaut werden. Zu den bereits 1986 vom Forstamt Erlangen eingerichteten Grundwassermeßstellen (Kartenbeilage, I-IV) wurden im Frühjahr 1989 weitere 13 Grundwasserpegel (Kartenbeilage, 1-13) gesetzt, von denen der Pegel 13 mit einem Pegelschreiber zur kontinuierlichen Registrierung des Grundwasserstandes ausgerüstet wurde. An allen anderen Pegeln wurde der Wasserstand in wöchentlichen Abständen mit einem Kabellichtlot während der Dauer des Untersuchungsprogramms (Mai 1989 bis September 1990) gemessen. Neben dem Pegelschreiber wurde zur Erfassung der Niederschläge ein Niederschlagsschreiber installiert, so daß die Beziehungen zwischen Niederschlag und Grundwasserstandsänderungen unmittelbar abgeleitet werden konnten. Beide registrierenden Meßeinrichtungen sind seit Mai 1989 bis heute in Betrieb, so daß nunmehr fast vierjährige Datenreihen für beide Parameter vorliegen.

Für die Analyse der Inhaltsstoffe des Grundwassers wurden aus allen Pegeln im Abstand von zwei Monaten Wasserproben gezogen. Bodenwasser wurde aus einer Tiefe von 40 bis 80 cm mit Hilfe von 11 Saugkerzen gewonnen, deren Beprobung zum gleichen Termin wie die der Grundwasserpegel erfolgte. Die Saugkerzen (Kartenbeilage, A-H, X-Z) wurden entlang eines Transektes im Gefälle des Geländes angeordnet, um auf diese Weise die vermutete Haupttransportrichtung des Wassers und seiner Inhaltsstoffe erfassen zu können.

An allen Wasserproben wurden folgende Parameter gemessen: pH-Wert, spezifische elektrische Leitfähigkeit, die Anionen Chlorid, Hydrogenkarbonat, Nitrat und Nitrit, die Kationen Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium, Blei, Cadmium, Zink, Aluminium und Eisen. Zur überschlägigen Charakterisierung der Grundwasserbeschaffenheit werden hier aus dem umfangreichen Untersuchungsprogramm lediglich der pH-Wert als Ausdruck des Gesamtzustandes, das Chlorid und die Schwermetalle Cadmium, Blei und Zink als Hinweis auf anthropogene Belastungen aus verschiedenen Quellen sowie die Pflanzennährstoffe Calcium, Kalium und Magnesium ausführlicher behandelt und bezüglich ihrer raum-zeitlichen Variabilität diskutiert.

3 Grundwasser

Die topographische Situation des Brucker Lache - Gebietes ist einer nach Nordwesten geöffneten und geneigten flachen Schale vergleichbar, deren Ränder im Norden und Süden vom Burgsandstein, im Südwesten und Osten von Flug- und Dünenanden gebildet werden (vgl. Beitrag ROSSNER & ERHARDT). Sie liegen dem Unteren Burgsandstein mit seinen Basisletten auf. Im Zentrum des Gebietes treten diese bis nahe an die Oberfläche und sind wegen ihrer Wasserundurchlässigkeit für das hochanstehende Grundwasser im Kernbereich der Brucker Lache verantwortlich.

Dem nach NW gerichteten Gefälle des Geländes folgt auch die Fließrichtung des Grundwassers und des Mühlbachgrabens (Kartenbeilage). Die Grundwassergleichen (= Linien gleichen Flurabstandes des Grundwassers), dargestellt für den mittleren Grundwasserstand des Zeitraumes 1989 bis 1990, zeichnen die Topographie des Geländes weitgehend nach. Die größten Flurabstände treten in den Dünenanden der westlichen und südlichen Umrahmung des Gebietes auf. Im Gebiet nahe der B4 wurden mittlere Grundwasserstände zwischen 120 und 150 cm gemessen. Nach Osten nehmen die Flurabstände des Grundwassers in den mächtigeren quartären Sanden zu, wurden aber nicht durch Pegelmessungen erfaßt. Die geringsten mittleren Flurabstände mit nur 20-40 cm sind im Zentrum der flachen, nur schwach geneigten Mulde über dem oberflächennahen Basisletten beiderseits des mittleren Teiles des Mühlbachgrabens festzustellen.

Der Mühlbachgraben beginnt ohne eigentliche Quelle wenig oberhalb des Franzosenweges und führt als Vorfluter das gesammelte Wasser seines Einzugsgebietes schließlich in die Regnitz ab. Eine eindeutige Abgrenzung des Einzugsgebietes ist wegen der begrenzenden Straßen (B4 im Osten, Weinstraße im Süden) und der bebauten Gebiete rings um das Waldgebiet der Brucker Lache nicht möglich. Anhand der Bodenkarte (vgl. Beitrag ROSSNER & ERHARDT) und der topographischen Verhältnisse ist es jedoch wahrscheinlich, daß sich das ursprüngliche Einzugsgebiet über die begrenzenden Straßen hinweg sowohl nach Osten als auch nach Süden ausdehnt. Ob überhaupt und in welcher Menge aus diesen oberflächlich abgetrennten Gebieten Grundwasser der Brucker Lache zufließt, konnte bisher nicht nachgewiesen werden.

Die Wasserführung des Mühlbaches unterliegt großen Schwankungen und steht in direktem Zusammenhang mit dem saisonal und kurzfristig stark schwankenden Grundwasser. So kann es im Sommer sogar im oberen Abschnitt zur Austrocknung des Bachbettes kommen, während im Winter und Frühjahr weite Randbereiche des Mühlbachgrabens überflutet sind. Das Grundwasser wiederum reagiert wegen des durchwegs geringen Flurabstandes relativ spontan auf die Niederschläge, wie am Pegel 13 mit seinem mittleren Wasserstand von 60 cm unter Flur beispielhaft für den Zeitraum vom 27.6. bis 4.7.1990 aufgezeigt werden kann (Abb. 1). Die Menge und die Intensität der Niederschläge spielen sowohl für die Reaktionsgeschwindigkeit als

auch für den absoluten Anstiegsbetrag des oberflächennahen Grundwassers eine große Rolle. Am 29.6. fielen innerhalb von 3 Stunden 19,9 mm Niederschlag, die mit geringer Verzögerung einen Grundwasseranstieg bewirkten, dessen Scheitelpunkt nach 12 Stunden erreicht war. Der am 1.7. einsetzende Starkregen mit 37,1 mm in 8 Stunden führte wegen der vorausgegangenen Sättigung des Bodens zu einem spontanen Grundwasseranstieg von insgesamt 30 cm. Der Höchststand stellte sich bereits 3-4 Stunden nach dem Ende des Niederschlags ein und fiel dann innerhalb der vier folgenden Tage um 12 cm, d.h. um 3 cm/Tag. Das Niederschlagsereignis am 3.7. mit nur 4,7 mm in 8 Stunden wirkte sich mit seiner Landregen-Intensität erst mit einer 6-stündigen Verzögerung in einem nur geringen, aber deutlich nachweisbaren Grundwasseranstieg aus.

Die rasche Reaktion des Grundwassers selbst auf kleine Niederschlagsmengen geringer Intensität ist charakteristisch für alle Gebietsteile mit hoch unter Flur anstehendem Grundwasser. Sie werden ja nicht nur unmittelbar vom Niederschlag selbst beeinflusst, sondern auch – mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung – von dem aus den höheren Geländeteilen zufließenden Grundwasser.

Je tiefer das Grundwasser unter der Geländeoberfläche ansteht, desto geringer ist auch die Schwankungsamplitude und desto ausgeglichener ist der Ganglinienverlauf (Abb. 2). Auch der Zeitpunkt des mittleren Tiefstandes verschiebt sich mit zunehmendem Flurabstand. Bei oberflächennahem Grundwasser ist das innerhalb des Untersuchungszeitraumes 1989/1990 im September der Fall, bei großem Flurabstand erstreckt sich das Minimum bis in den Oktober hinein. Der Hochstand des Grundwassers wird dagegen bei allen Pegeln einheitlich im Februar erreicht, bleibt allerdings bei größerem Flurabstand fast bis in den April relativ konstant.

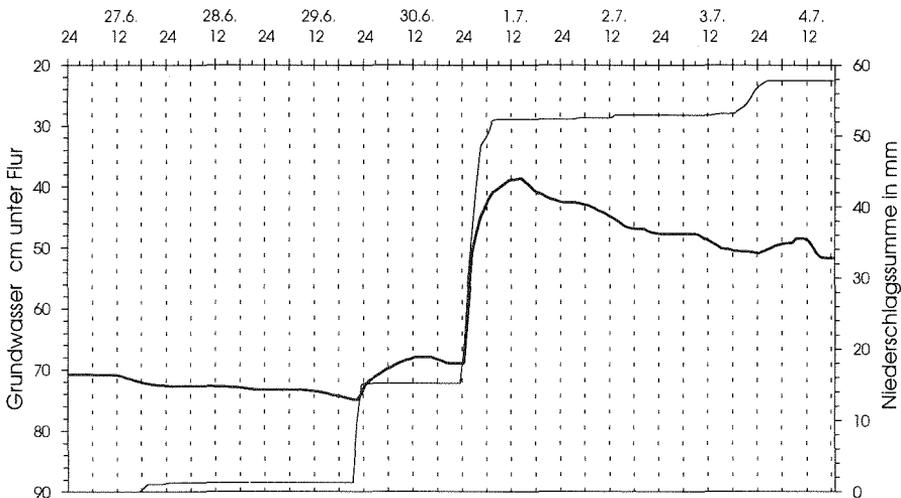


Abb. 1: Niederschlagssumme (dünne Linie) und Grundwasser-Ganglinie (dicke Linie) für den Zeitraum 27.6.-4.7.1990 am Pegel 13

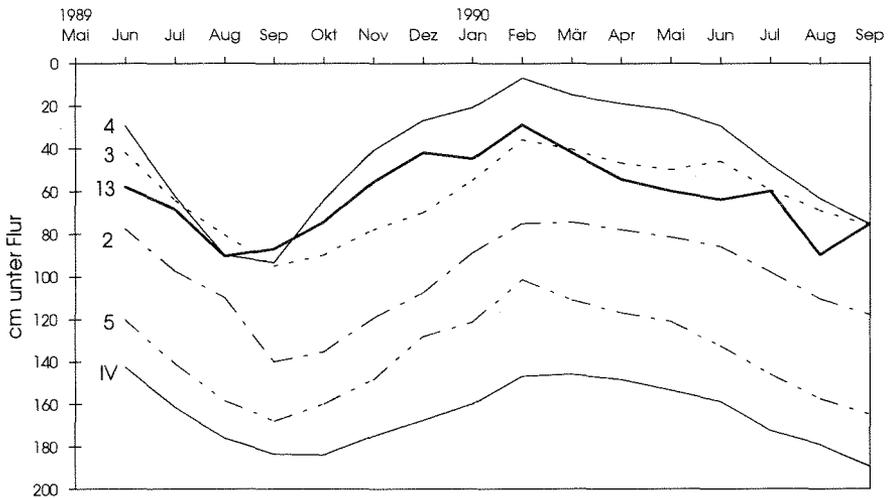


Abb. 2: Grundwasser-Ganglinien (Monatsmittelwerte) einiger Pegel im Gebiet der Brucker Lache für den Zeitraum Mai 1989 bis September 1990

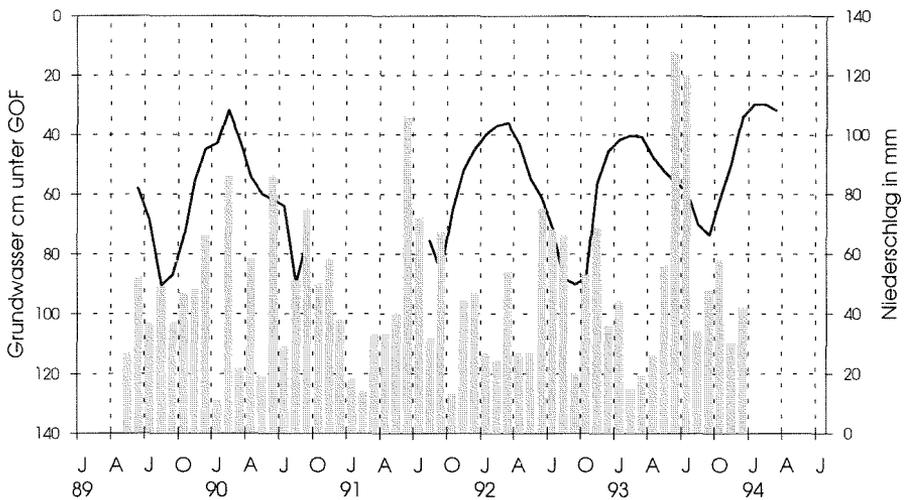


Abb. 3: Grundwasser-Ganglinie (Monatsmittelwerte) und Niederschläge (Monatssummen) am Pegel 13 für die Jahre 1989-1994

Am Beispiel des Pegels 13 werden sowohl die typische saisonale Schwankung als auch die jährliche Variabilität des Grundwassers in der Brucker Lache deutlich (Abb. 3). Die geglättete Ganglinie der Monatsmittelwerte zeigt den allgemeinen Trend der Grundwasserstandsänderungen. In den Jahren 1989 bis 1994 erreicht das

Grundwasser zwischen Januar und März seinen Höchststand, dessen Dauer und absolute Höhe jedoch von der Menge und Verteilung der Niederschläge innerhalb dieses Zeitraumes abhängig ist. Vom Frühjahrshochstand sinkt der Grundwasserspiegel im Laufe des Sommers allmählich ab, weil die Verdunstungsverluste, die vor allem durch die Vegetation verursacht werden, die Niederschläge in dieser Zeit in der Regel übersteigen. Bei hohen oder gar überdurchschnittlichen Niederschlägen in den Sommermonaten, wie z.B. im Jahr 1993, sinkt dagegen das Grundwasser deutlich langsamer und auch nicht so tief ab.

Bezogen auf das 30jährige Mittel (1961-1990) ist lediglich 1993 näherungsweise ein „normales“ Jahr, in dem die langjährige mittlere Niederschlagsmenge bei einem Defizit im (hydrologischen) Winter- und einem Überschuß im Sommerhalbjahr erreicht wird (vgl. Tab. 1). In den Jahren 1989-1992 resultieren die bis 20% geringeren Niederschläge vor allem aus den unterdurchschnittlichen Sommerhalbjahren. Für den Wasserhaushalt und damit auch für die Feuchtwälder der Brucker Lache sind weniger die Niederschläge des Winters als vielmehr die des Sommers von Bedeutung. Da hier der Grundwasserspiegel relativ oberflächennah liegt, reichen selbst defizitäre Winterniederschläge aus, um das Grundwasser bis an oder sogar über die Geländeoberfläche ansteigen zu lassen. Bei zu geringen Sommer-niederschlägen sinkt das Grundwasser sehr rasch und sehr tief ab. Für eine umfassende Beurteilung des Wasserhaushalts, insbesondere unter dem Gesichtspunkt einer Entwässerung der Brucker Lache, sind also auch die klimatischen Ursachen zu berücksichtigen.

Tabelle 1: Vergleich der Niederschläge der hydrologischen Halbjahre und Jahre 1989-1993 mit dem 30-jährigen Mittel (1961-1990) der Station Flughafen Nürnberg.

1961-1990	Winter		Sommer		Jahr	
	276	Diff.	374	Diff.	650	Diff.
1989	289	13	249	-125	538	-112
1990	291	15	310	-64	601	-49
1991	194	-82	330	-44	524	-126
1992	223	-53	309	-65	532	-118
1993	209	-67	444	68	653	3

Quelle: Deutscher Wetterdienst, Flughafen Nürnberg

Die tatsächlichen Schwankungen, die sich wegen des geringen Flurabstandes nahezu unmittelbar nach jedem Niederschlagsereignis ergeben, sind wiederum für den Pegel 13 anhand der Ganglinie aus Tagesmittelwerten des Grundwasserstandes und den zugeordneten Niederschlägen abzulesen (Abb. 4). Trotz der z.T. erheblichen Niederschlagsmengen ist das allgemeine Absinken des Grundwassers im Laufe des Sommers nicht aufzuhalten, es wird durch diese lediglich kurzfristig angehoben. Je häufiger und je höher diese Anhebungen ausfallen, desto geringer ist die absolute

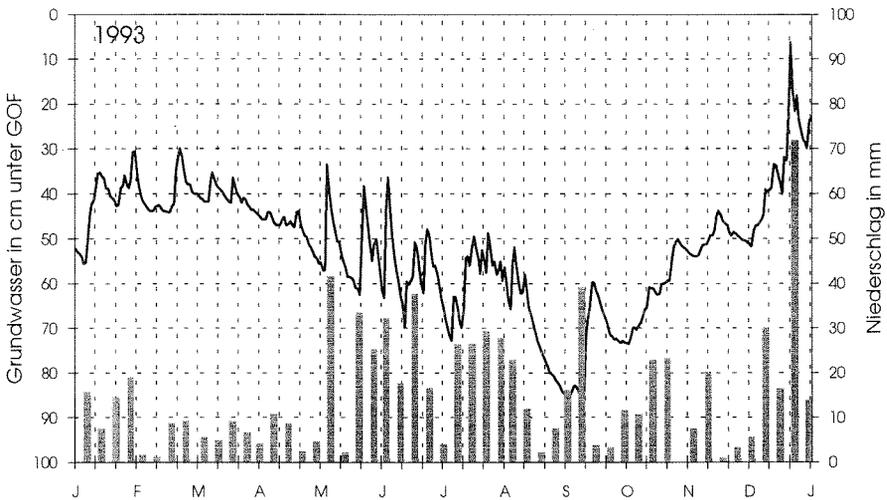


Abb. 4: Grundwasser-Ganglinie der Tagesmittelwerte und Niederschläge (Wochensummen) am Pegel 13 für das Jahr 1993

Absenkung des Grundwassers im Herbst, wie sich z.B. aus dem Vergleich der Jahre 1992 und 1993 ergibt (vgl. Abb. 3).

4 Inhaltsstoffe des Grund- und Bodenwassers

Die durchschnittliche Lage des Grundwassers unter Flur sowie seine kurzfristigen und saisonalen Schwankungen sind nicht nur für die Vegetation, sondern auch für die Lösung und den Transport von allen natürlichen und immissionsbedingten Stoffen von größter Bedeutung. Die Kenntnis der Grundwasserstände ist daher für die Beurteilung und Bewertung der Inhaltsstoffe im Grund- und Bodenwasser eine notwendige Voraussetzung.

4.1 pH-Wert

Der pH-Wert des Bodens und des Grundwassers bestimmt maßgeblich die Löslichkeit und damit die Transportmöglichkeit der Nähr- und Schadstoffe im Ökosystem. In normalen Grundwässern bleiben nur einige Ionen, wie Na^+ , K^+ , NO_3^- - und Cl^- -Ionen, über die ganze Breite der pH-Wert-Skala in Lösung. Die meisten Metall-Ionen sind in sauren Böden und Grundwässern als Kationen löslich, fallen aber als Hydroxide oder basische Salze aus, wenn der pH-Wert zunimmt (MATTHESS 1990; SCHRÖDER 1992). Somit steuert der pH-Wert die Verfügbarkeit von Nährstoffen und auch indirekt die toxische Wirkung, die beim Lösen von Metalloxiden entsteht.

Der pH-Wert sollte in einem Bereich liegen, in dem die Spurenelemente wie z.B. Zink, Kupfer oder Mangan pflanzenverfügbar sind, der aber eine Aluminium-Toxizität ausschließt. Die günstigsten Bedingungen oder die geringsten negativen Wirkungen auf die Pflanzen liegen nach SCHRÖDER (1992) im mäßig bis schwach sauren und neutralen Bereich (etwa pH 5,0-7,5). Der pH-Wert ist ein wichtiger Indikator für den gesamten chemischen Bodenzustand, wird aber selbst durch den Boden und sein Pufferungsvermögen sowie durch die Vegetation und deren Streuzusammensetzung maßgeblich bestimmt.

Im Untersuchungsgebiet lagen die pH-Werte an fast allen Meßstellen im sauren Bereich (pH <7). Nur bei den Pegeln II, 2, 5 und 6 übersteigen der mittlere bzw. maximale pH-Wert des Grundwassers den Neutralpunkt. Diese höheren pH-Werte gehen einher mit höheren Calciumwerten (60-80 mg/l) und einer besseren Säurepufferung durch hohe Hydrogenkarbonat-Konzentrationen (200-300 mg/l), die aus der Nähe zum kalkreichen Basisletten zu erklären sind. Die mittleren pH-Werte des Bodenwassers liegen alle zwischen pH 4 und 7.

Sowohl im Grundwasser als auch im Bodenwasser ist ein schwach ausgeprägter Jahresgang des pH-Wertes vorhanden, mit einem durchschnittlich geringeren Wert im Frühjahr und einem höheren im Spätherbst. Diese saisonale Schwankungsbreite ist im Bodenwasser größer als im Grundwasser, weil es sowohl den sauren Niederschlägen unmittelbarer ausgesetzt ist als auch unter dem Einfluß der an der Bodenoberfläche ablaufenden Umsetzungsprozesse der organischen Substanz steht. Die höheren pH-Werte im Winterhalbjahr sind im wesentlichen auf die stark eingeschränkte biotische Aktivität im Boden zurückzuführen. Im Sommer findet als Folge der Mineralisierung organischer Substanzen, der Wurzelatmung und damit der CO₂-Freisetzung eine Senkung des pH-Wertes statt.

Der pH-Wert an einer Grundwasser-Meßstelle wird nicht nur durch das lokale Sickerwasser, sondern auch durch das lateral zuströmende Grundwasser aus höhergelegenen Geländeteilen bestimmt. Darüberhinaus wirkt sich auch das Substrat aus, in dem der Schwankungsbereich des Grundwassers liegt. Bei oberflächennahem Grundwasser, das im Frühjahr sogar die Bodenoberfläche überstauen kann, wird der gesamte Bodenkörper in diesen Schwankungsbereich einbezogen, so daß an diesen Standorten die pH-Werte von Boden- und Grundwasser nahezu identisch sind. Anhand der Abb. 5 ist ein näherungsweise Zusammenhang zwischen dem Vegetationstyp und dem pH-Wert des Grundwassers erkennbar. Am deutlichsten ist diese Beziehung im *Vaccinio-Quercetum molinietosum* ausgeprägt. Nach RÖDER (1990) haben die Bodenprofile dieser Pflanzengesellschaft einen pH-Wert von 3,5 im Oberboden und 4,3 im Unterboden (vgl. Tab. 2). Damit stimmt der pH-Wert des durchwegs oberflächennahen Grundwassers mit einem pH-Wert von 4,1-4,7 sehr gut überein. Auch für die Standorte des *Pruno-Fraxinetum* sind zwischen den pH-Werten der Böden und dem Grundwasser noch gute Übereinstimmungen festzustellen (Tab. 2). Für das *Vaccinio-Quercetum typicum* klaffen jedoch die pH-Werte zwischen Boden (pH 3,8 im Oberboden, pH 4,5 im Unterboden) und Grundwasser (mittlerer

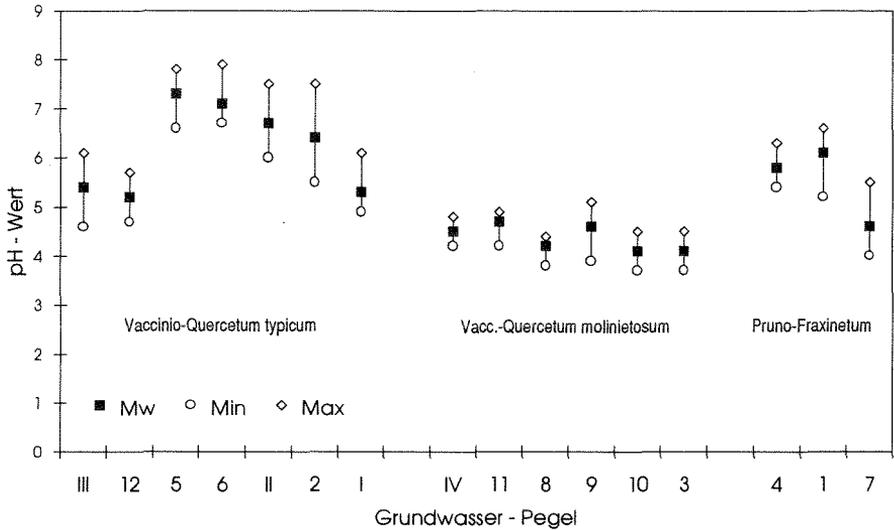


Abb. 5: Die pH-Werte des Grundwassers in Beziehung zu den entsprechenden Pflanzengesellschaften

pH 5,2 bis 7,3) weit auseinander. Da das Grundwasser unter dieser Pflanzengesellschaft durchschnittlich mehr als 1 m unter Flur liegt, reicht der unmittelbare Einfluß des sauren Bodenmilieus nicht bis in den Schwankungsbereich des Grundwassers. Die chemischen Eigenschaften des Aquifers haben an diesen Standorten ganz offensichtlich einen größeren Einfluß auf den pH-Wert des Grundwassers.

Tabelle 2: Die pH-Werte des Bodens und des Grundwassers an ausgewählten Standorten und Pflanzengesellschaften. Der pH-Wert nimmt in allen Bodenprofilen von oben nach unten zu (nach RÖDER 1990 und SCHIESSL 1992)

Pflanzengesellschaft	pH - Wert im Boden			pH - Wert im GW	GW-Stand u. Flur (cm)
	Horizont 1	Horizont 2	Horizont 3		
Carici elongatae-Alnetum (mit Poa remota-Subass.)	6,4	6,9	7,9		
Pruno-Fraxinetum, Poa remota- Subass.	6,5	6,8	7,8		
Pruno-Fraxinetum, Carex brizoides - Equisetum sylv.-Subass.	6,2	8,0	8,3		
Pruno-Fraxinetum, artenarme Equisetum sylv.-Subass.	4,1	4,5	5,7	4,6 - 6,1	45 - 75
Vaccinio-Quercetum molinietosum (mit Pteridium aquilinum - Fazies)	3,5	4,2	4,3	4,1 - 4,6	60 - 160
Vaccinio-Quercetum typicum (z.T. mit Quercus rubra)	3,8	4,4	4,5	5,2 - 7,3	80 - 165

4.2 Chlorid

Ein wesentliches Ziel der hydrochemischen Untersuchungen galt der Frage, ob und in welchem Umfang von der B4 Salzeinträge in das Naturschutzgebiet hinein stattfinden. Erste Untersuchungen zur Salzbelastung wurden 1987 an den Brunnen I-IV (vgl. Kartenbeilage) vom Wasserwirtschaftsamt Nürnberg vorgenommen, aber schon nach wenigen Probenahmen wieder eingestellt.

In unbelasteten Grundwässern liegen die Chlorid-Konzentrationen meist unter 30 mg/l (MATTHESS 1990). Höhere Werte sind in der Regel in Küstennähe durch natürlichen Salzeintrag zu finden oder auf anthropogene Einflüsse (z.B. Streusalz und Dünger) zurückzuführen. Die Herkunft dieses gelösten Chlorids ist im Unterschied zu anderen Inhaltsstoffen des Grundwassers relativ gut überschaubar, da alle Chloride gut wasserlöslich sind und sie weder durch Redox-Reaktionen noch durch Ionenaustauschvorgänge wesentlich beeinflussbar sind. Somit kann im oberflächennahen Grundwasser der Chloridgehalt nur die Kennzeichnung eines Gleichgewichtes aus Nachlieferung und Abtransport darstellen (SCHULZ 1973). Die Werte des ebenfalls untersuchten Natriums sind eng mit den Chloridwerten korreliert und weisen die gleiche raum-zeitliche Verteilung auf. Wegen des nachgewiesenen stöchiometrischen Verhältnisses von Natrium zu Chlorid, das dem im Natriumchlorid entspricht, kann somit für das Chlorid das Streusalz als einzige Lieferquelle festgemacht werden.

In der Brucker Lache lagen während des Untersuchungszeitraumes 1989/90 bei fast der Hälfte aller Pegel und bei drei der Bodenwasser-Meßstellen selbst die Mittelwerte der Chlorid-Konzentrationen über 100 mg/l. Hohe Werte wurden nahe der B4 an den Pegeln III, 8 und 12, aber auch an den weiter im Inneren der Mulde gelegenen Pegeln I, 7 und 4 gemessen. Die zunächst erwartete allmähliche Abnahme der Chlorid-Konzentrationen mit zunehmendem Abstand von der B4 wurde damit nicht bestätigt (Abb. 6).

Die Pegel III und 12 mit den absolut höchsten Chloridwerten weisen zugleich auch die größte Streuungsbreite auf. Das Maximum stellt sich im September/Oktober beim gleichzeitig tiefsten, das Minimum von Februar bis April beim höchsten Grundwasserstand ein. Die im tieferen Gelände und weiter von der B4 entfernt gelegenen Pegel haben dagegen ganzjährig relativ gleichbleibend hohe Chloridwerte. Wegen der geringen Streuung im Jahresverlauf resultiert daraus ein hoher mittlerer Wert. So wird am Pegel 7 der größte mittlere Chloridgehalt von 164 mg/l bei einer Streuung zwischen 148 und 175 mg/l festgestellt (vgl. Abb. 6). Bei den Pegeln I, 1, 2, 4 und 7 ist wegen der geringen saisonalen Schwankung der Chlorid-Konzentration eine Zuordnung der Maxima und Minima zu bestimmten Jahreszeiten und damit auch zu bestimmten Wasserständen nicht angebracht, da wegen des hochanstehenden Grundwassers an diesen Pegeln mit großen niederschlagsabhängigen kurzfristigen Schwankungen des Grundwassers auch ständig Konzentrationsschwankungen stattfinden, die nur näherungsweise durch die in großen

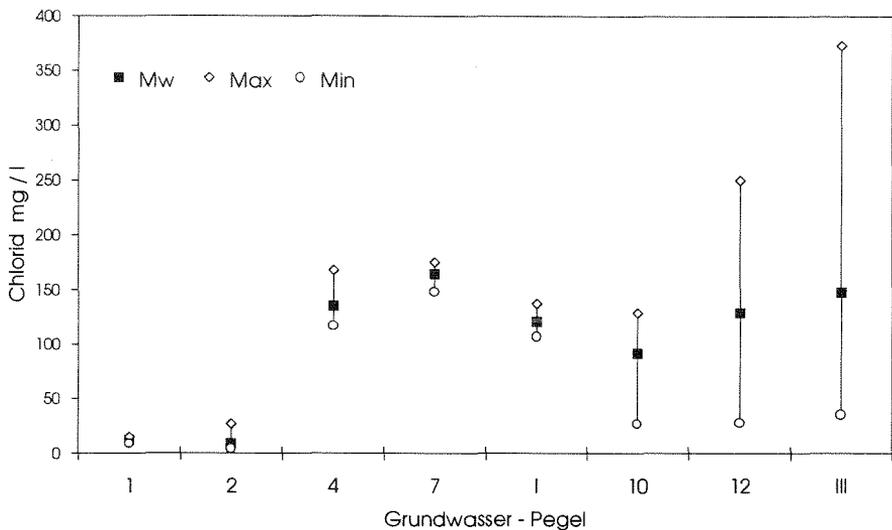


Abb. 6: Die Chlorid-Konzentrationen an Grundwasserpegeln entlang eines Transektstreifens von der B4 (Pegel III) bis ins Zentrum der Brucker Lache (Pegel I und 2)

Zeitabständen erfolgte Beprobung erfaßt werden konnten. Bemerkenswert ist die vergleichsweise abrupte Abnahme des Chloridgehaltes auf relativ kurzer Entfernung vom Pegel 4 zu den Pegeln 1 und 2, die beide ganzjährig nahezu konstant niedrige Werte zwischen nur 5 bis 15 mg/l Chlorid aufweisen. Zur Erklärung dieses Phänomens kann z.B. angenommen werden, daß das Grundwasser im Bereich der Brunnen I, 4 und 7 in einer durch den Wasserstauer gebildeten Wanne gehalten wird, deren Rand so hoch liegt, daß nur bei hohen Grundwasserständen mit gleichzeitig geringen Chlorid-Konzentrationen daraus Wasser abfließt. Erst eine Reihe von Bohrungen könnte über diese Vermutungen hinaus Aufschlüsse erbringen. Aus der Datenlage ist jedoch immerhin ableitbar, daß für die wertvollen Erlenbruchwälder in diesem Teil der Brucker Lache keinerlei Gefährdung durch Chlorid besteht.

Das Linientransekt der Bodenwasser-Meßstellen erstreckt sich von den sandigen und trockenen Standorten H-F nahe der B4 bis zu den feuchteren, grundwasser-nahen und tonreicheren Standorten X-Z ins Zentrum der Brucker Lache (vgl. Kartenbeilage). Die Chlorid-Konzentrationen steigen in gleicher Richtung bis zur Meßstelle B kontinuierlich an und fallen dann bis zur Meßstelle X wieder ab. Die höchsten Chlorid-Gehalte treten mit relativ großen Schwankungen an den Punkten B, C und D auf. Sie korrespondieren mit den hohen Chloridgehalten im Grundwasser der nächstgelegenen Pegel I, 4 und 7. Das bestätigt die oben beschriebene Vermutung einer reliefbedingten Stoffsenke in diesem Bereich. Im Gegensatz dazu stehen die Meßstellen F, G und H nahe der B4 mit ihren niedrigen Chloridwerten. Wegen des milden Winters 1989/90 war es zu keinen nennenswerten Streusalzein-

sätzen auf der B4 gekommen, so daß auch kein neuer Salzeintrag ins Gebiet der Brucker Lache angenommen werden kann. Die hohen Chloridgehalte im Inneren des Gebietes können danach als Altlasten früherer Jahre interpretiert werden. Sie machen deutlich, daß sich das Chlorid vergleichsweise lange im Gebiet der Stoffsenke hält. Wie sich bei anhaltend nachlassender Streusalzausbringung unter dem Einfluß weiterer milder Winter die Chlorid-Konzentrationen hier verhalten werden, d.h. ob sie im Laufe der Zeit ohne weitere Zufuhr aus dem System ausgetragen werden, kann erst durch fortgesetzte Untersuchungen geklärt werden.

Die räumlich-zeitliche Verteilung der Chlorid-Konzentrationen im Grundwasser der Brucker Lache läßt sich nach SCHIESSL (1992) zusammenfassend und anschaulich anhand von Konzentrations-Isolinien für ausgewählte Jahreszeiten darstellen (Abb. 7). Die Chlorid-Verteilung für den Zeitraum Juli-Dezember 1989 wird beispielhaft durch die September/Okttober-Verhältnisse wiedergegeben (Abb. 7a). Durchschnittlich herrschen in dieser Zeit an allen Pegeln die hohen Konzentrationen vor, die mit dem spätsommerlichen und herbstlichen niedrigen Grundwassersstand in Einklang stehen. Durch das absinkende Grundwasser kommt es innerhalb des geringmächtigen Aquifers, der nach unten durch eine Sperrschicht begrenzt wird, zu einer Konzentration, die bildhaft als „Eindickung“ bezeichnet werden kann. Die Chloridgehalte nehmen in dieser Periode in Übereinstimmung mit dem Fließweg des Grundwassers in nordwestlicher Richtung ab, d.h. es stellt sich ein entsprechender Konzentrationsgradient ein. Den Zeitraum der Hochstände des Grundwassers repräsentiert der März/April-Zustand (Abb. 7b). Das Muster der Konzentrationsisolinien unterscheidet sich grundlegend von dem der Herbstsituation. Im Laufe des Winters steigt der Grundwasserstand bis zum Frühjahr wieder an und es stellt sich an allen Pegeln ein durchwegs niedrigerer Chloridgehalt ein. Unter der Annahme einer im System relativ konstanten Chloridmenge kommt es also in dieser Zeit eines größeren Grundwasservolumens zu einer „Verdünnung“ der Chlorid-Konzentration. Auffallend ist die Konzentrationsabnahme vor allem an den Pegeln in den Randbereichen, die die geringsten Schwankungsamplituden des Grundwassers haben. Es ist denkbar, daß aus den höher gelegenen Gebieten Chlorid mit dem Grundwasser in die topographische Muldenlage transportiert wird. Die Chloridgehalte bleiben dort – wie bereits beschrieben – unter der Annahme eines Gleichgewichts zwischen Zufuhr und Austrag relativ konstant. Im September, dem Ende der ersten Untersuchungsperiode, stellten sich wieder näherungsweise die Verhältnisse wie im Herbst des Vorjahres ein. Ob es sich bei diesem Zustandswechsel um einen regelhaften, alljährlich wiederkehrenden Zyklus handelt, können erst weitere Untersuchungen zeigen.

4.3 Die Pflanzennährstoffe Kalium, Calcium und Magnesium

Kalium, Calcium und Magnesium sind wichtige Pflanzennährstoffe, die in natürlichen Ökosystemen aus der mineralischen Verwitterung stammen, in die

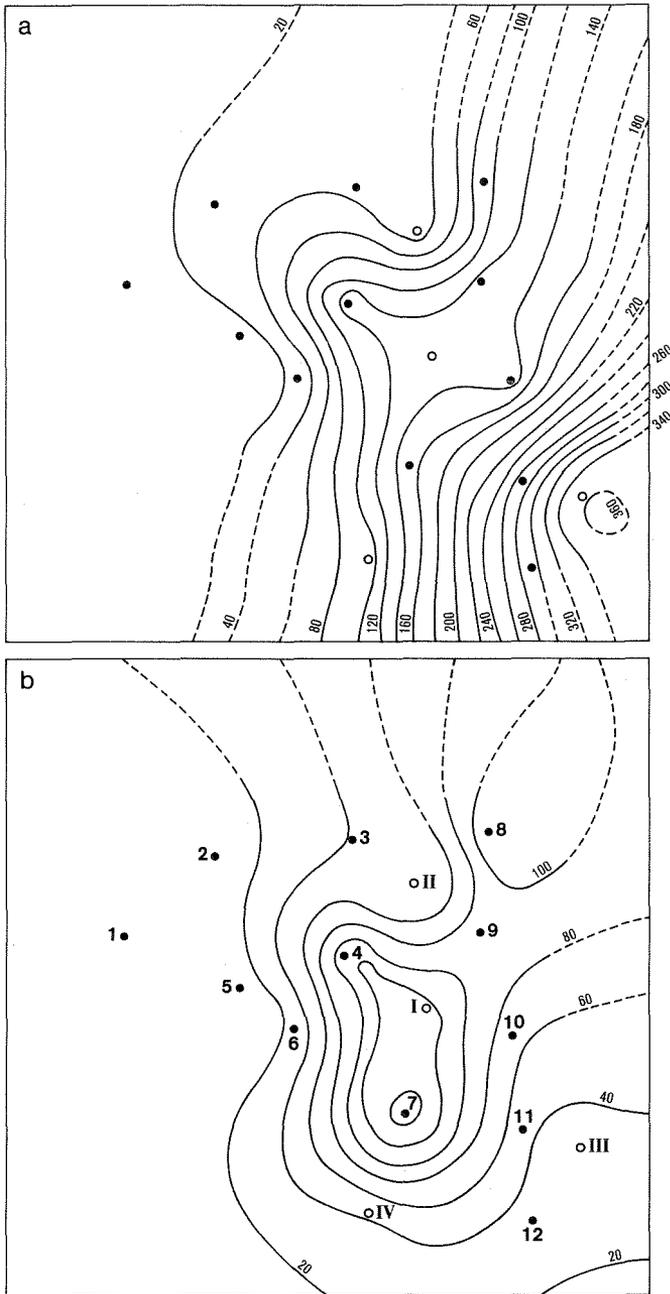


Abb. 7: Isolinien der Chlorid-Konzentrationen im Gebiet der Brucker Lache, a) für die Herbstsituation September/Oktober 1989, b) für die Frühjahrsituation März/April 1990. Die nummerierten Punkte markieren die Grundwasser-Pegel

Stoffkreisläufe eingebunden sind und meistens in hinreichender Menge pflanzenverfügbar sind. Im Grundwasser sind in der Regel <20 mg/l Kalium, <100 mg/l Calcium und <40 mg/l Magnesium vorhanden (MATTHESS 1990). In der Brucker Lache werden diese Richtwerte sowohl im Grundwasser als auch im Bodenwasser durchwegs deutlich unterschritten. Lediglich die Meßstellen mit Kontakt zum tonreichen und kalkhaltigen Basisletten weisen für Calcium und Magnesium höhere Werte auf (z.B. maximal 80 mg/l Calcium). Daraus ergibt sich – bedingt durch die geologische Situation – eine durchschnittliche Zunahme der Konzentration dieser Hauptnährstoffe in das Innere der Brucker Lache. Der dort geringere Flurabstand des Grundwassers und die damit einhergehenden größeren Grundwasserschwankungen führen zu günstigeren Lösungsbedingungen und bedingen auch die großen saisonalen Konzentrationsänderungen an diesen Pegeln.

4.4 Schwermetalle

Untersucht wurden die Schwermetalle Cadmium, Blei und Zink. Die Cadmium-Konzentrationen liegen im Untersuchungsgebiet bei fast allen Meßstellen durchschnittlich um einen Wert von 5 ppb, stellenweise auch unterhalb der Nachweisgrenze. Die Verteilung ist gleichmäßig und entspricht der für das Stadtgebiet vom Umweltamt Erlangen ermittelten Grundbelastung.

Die Zink-Konzentrationen sind im Vergleich dazu im Grund- und im Bodenwasser der Brucker Lache hoch, entsprechen aber wohl den üblichen Belastungen in Stadtgebieten. An einigen Bodenwasser-Meßstellen konnten Mittelwerte von fast 1800 ppb (Meßstelle E) gemessen werden. Die höchsten Zinkwerte im Grundwasser (Mittelwerte zwischen 570 und 910 ppb Zn) treten an den Pegeln 10, 11 und 12 auf und lassen damit einen unmittelbaren Zusammenhang zur Nähe der B4 erkennen. Zink stammt u.a. aus dem Abrieb von Reifen und kann daher durch abfließendes Oberflächenwasser eingebracht oder – gebunden an Staubpartikel – eingeweht werden.

Die Belastung des Bodens und Grundwassers mit Blei ist wie für Cadmium und Zink immer anthropogenen Ursprungs und entstammt den Emissionen aus Kraftfahrzeugen und Verbrennungsanlagen. Der Eintrag geschieht hauptsächlich über trockene und feuchte Depositionen. Blei besitzt eine geringe Löslichkeit und ist daher im Grundwasser kaum nachweisbar. In unbelasteten Grundwässern treten meist nur einige ppb bis 20 ppb Blei auf. Vor diesem Hintergrund sind die im Untersuchungsgebiet gemessenen Blei-Konzentrationen als auffallend hoch einzuschätzen. Im Grundwasser wurden durchschnittlich Werte von 50-200 ppb, im Bodenwasser von 50-70 ppb gemessen (Abb. 8). Wie beim Zink liegen auch beim Blei die höchsten Konzentrationen im Grundwasser nahe der B4 und nehmen von dort ins Zentrum hinein ab. Für die Bodenwasser-Meßstellen ist dieser Trend nicht erkennbar, die Werte sind sogar nahe der Straße am niedrigsten. Diese Diskrepanz

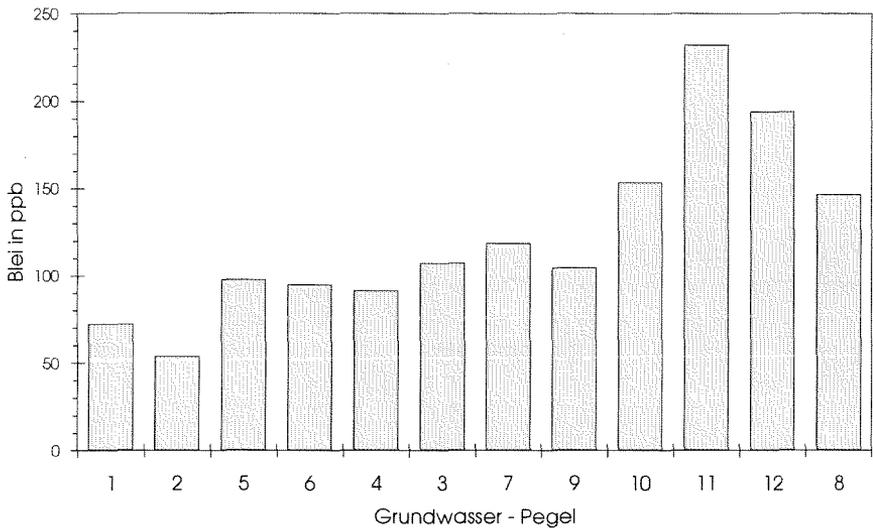


Abb. 8: Abnehmende Blei-Konzentrationen (Mittelwerte des Zeitraumes Mai 1989 bis September 1990) von der B4 (Pegel 8,12) bis ins Zentrum der Brucker Lache (Pegel 1,2)

zwischen den Konzentrationen im Boden- und Grundwasser ist dadurch zu erklären, daß die hohen Bleiwerte im Grundwasser Altlasten aus der Zeit des verbleiten Benzins darstellen, die geringen Bleiwerte im Bodenwasser jedoch die aktuellen Verhältnisse des abnehmenden Bleieintrags widerspiegeln. Auch hier besteht zum besseren Verstehen und Beurteilen der Schadstoffbelastungen und der Stofftransporte noch Forschungsbedarf.

5 Zusammenfassung

Die in diesem Beitrag dargestellten Ergebnisse stellen eine erste Bestandsaufnahme der hydrologischen und hydrochemischen Verhältnisse im Naturschutzgebiet Brucker Lache dar, die im Rahmen einer Diplomarbeit (SCHIESSL 1992) für den Zeitraum von Mai 1989 bis September 1990 erarbeitet wurden. Während für den Wasserhaushalt durch die mit einem Grundwasserspiegel und einem Niederschlagschreiber bis heute fortgesetzten Beobachtungen inzwischen gut gesicherte Erkenntnisse gewonnen werden konnten, gilt das noch nicht für den Stoffhaushalt und die Schadstoffbelastung. Hier sind noch weitere Untersuchungen erforderlich, um über die längerfristige stoffliche Dynamik, die Verweildauer und das Gefahrenpotential bestimmter Stoffe hinreichend gesicherte Aussagen treffen zu können.

Literatur

- Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen* (Hg.) 1992: Arten- und Biotopschutzprogramm Bayern, Stadt Erlangen.
- MATTHESS, G. 1990: Die Beschaffenheit des Grundwassers. Lehrbuch der Hydrogeologie, Bd.2. Berlin, Stuttgart.
- RODER, A. 1991: Vegetationskundliche Kartierung des Naturschutzgebietes "Brucker Lache" unter Berücksichtigung ergänzender ökologischer Untersuchungen.- Diplomarb., Erlangen, 363 S.
- SCHIESSL, R. 1992: Nährstoff- und Schadstoffuntersuchungen im Naturschutzgebiet Brucker Lache.- Unveröff. Magisterarbeit, Phil. Fak. I, Univ. Erlangen-Nürnberg.
- SCHRÖDER, D. 1992: Bodenkunde in Stichworten. Berlin, Stuttgart.
- SCHULZ, H.D. 1973: Grundwasserbeschaffenheit unter natürlichen und anthropogenen Einfüssen.- Bes. Mitt. zum Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch 36, S.73-114. Kiel.
- TITZE, P. 1969: Der Erlensumpfwald im Naturschutzgebiet "Brucker Lache" im Rahmen seiner Kontakt- und Ersatzgesellschaften. Ein floristisch-pflanzensoziologisches Bild.- Erlanger Bausteine Fränk. Heimatforsch. 16: 135-228.
- Stadt Erlangen, Amt für Stadtentwicklung und Stadtplanung* (Hg.) 1988: Umweltbericht 1988, Bereich Bodenschutz.

Geologie und Böden im Bereich der Brucker Lache

von

REINHOLD ROSSNER UND NORBERT ERHARDT

mit 11 Abbildungen, 5 Tabellen und 1 Kartenbeilage

1 Geologischer Aufbau des Untergrunds

Der Untergrund der Brucker Lache wird aufgebaut aus Schichtgliedern des Sandsteinkeupers. Konkret handelt sich dabei um den Coburger Sandstein und den überlagernden Unteren Burgsandstein mit seinem Basisletten (Abb. 1). Der Coburger Sandstein ist ein ca. 12 m mächtiger, hellgrauer bis weißgrauer, fein- bis mittelkörniger und relativ harter Sandstein. Er wird in beträchtlichem Umfang von sandigen Lettenlagen durchzogen (sog. Zwischenletten). Im Bereich der Brucker Lache ist Coburger Sandstein allenfalls im Untergrund der Ablagerungen des Mühlbaches am Westrand des Naturschutzgebietes zu erwarten, tritt dort aber nicht an die Erdoberfläche. Der größte Teil der Brucker Lache wird von Unterem Burgsandstein mit seinem ca. 2-6 m mächtigen Basisletten unterlagert. Dieser besteht aus grünen, violetten und roten schluffigen und sandigen Tonen und sandigen Schluffen, in die häufig Karbonatknollen eingelagert sind.

Die unterschiedliche Höhenlage des Basisletten in der Umgebung der Brucker Lache (s. HAARLÄNDER 1966) läßt vermuten, daß im Bereich südlich des Mühlbaches eine Störungszone vorhanden ist, an der der Nordbereich der Keuperserie abgesunken ist (s. Abb. 1). Einer direkten Beobachtung sind die Störungen wegen der quartären Überdeckung aber nicht zugänglich.

Die Sandsteine des Unteren Burgsandsteins selbst sind hellgelb bis dunkelbraun gefärbt, fein- bis mittel-, häufig aber auch grobkörnig und sehr mürbe. Das Bindemittel ist überwiegend tonig, selten auch dolomitisch. In unregelmäßiger Folge sind auch hier tonige und schluffige, mehr oder minder sandige Tone als Zwischenletten eingeschaltet. Wegen der geringen Wasserdurchlässigkeit bilden diese Lettenpartien unter den überlagernden Sanden (s. unten) häufig Stauhorizonte.

Dem Keuperuntergrund lagern pleistozäne und holozäne Deckschichten auf. Es sind vor allem eiszeitliche Dünen und Flugsande, die allerdings teilweise im ausgehenden Pleistozän und im Holozän fluviatil umgelagert wurden. Soweit die Dünenkörper noch erkennbar sind, handelt es sich überwiegend um Ost-Weststreichende Längsdünen (BERGER 1951) mit einer Höhe von 1-3 m. Dünen- und Flugsanddecken sind bei den meisten der in der Bodenkarte der Brucker Lache ausgewiesenen Einheiten hinsichtlich des Charakters der Bodenbildung bestimmend oder mitbestimmend. Es handelt sich überwiegend um hellgraue bis rötlich-

graue Mittelsande, die zu ca. 95 % aus Quarz zusammengesetzt sind. Der Rest besteht hauptsächlich aus Feldspat und anderen Silikaten. Die jüngsten Bildungen sind Talfüllungen im Bereich des Mühlbaches.

2 Bodeneinheiten und ihre Kennzeichen

In der Brucker Lache ist eine für Feuchtgebiete typische Bodengesellschaft entwickelt, die terrestrische und semiterrestrische Bodenformen umfaßt. Diese in ihrer flächenmäßigen Verbreitung in der Bodenkarte der Brucker Lache ausgewiesenen Einheiten werden im folgenden in den wesentlichen Charakterzügen beschrieben.

Soweit nichts anderes angegeben wird, folgen die Kriterien der Beschreibung den Anweisungen der *AG Bodenkunde* (1982). Die organischen Kohlenstoffgehalte C_{org} als Basis für die Berechnung des Humusgehaltes wurden nach GAUDETTE et al. (1974), die Stickstoffgehalte nach *DIN 19684, Teil 4* (1977) ermittelt. Die Bewertung der C/N-Verhältnisse erfolgt nach v. ZEZSCHWITZ (1980). Die Methoden zur Bestimmung des pH-Wertes und der Kationenaustauschkapazität KAK_{eff} bzw. Basensättigung (V-Wert) folgen den Anweisungen von MEIWES et al. (1984).

2.1 Terrestrische Böden

2.1.1 Sandige Braunerden und Podsol-Braunerden mittlerer bis großer Entwicklungstiefe auf Unterem Burgsandstein, gelegentlich mit geringmächtiger Flugsandauflage (Bodeneinheit 1)

Diese Bodeneinheit ist vor allem westlich des Preußenstegs anzutreffen. Der Burgsandstein ist dort meist von einer 10 - 20 cm mächtigen Flugsanddecke überlagert. Die organische Auflage O zeigt in der Regel den Charakter von Rohhumus oder rohhumusartigem Moder. Darunter folgt ein Profil mit Ahe (ca. 10 cm mächtig, hervorgegangen aus Flugsand), IIBsv (rötlichbraun und grau gefleckt), IIBvCv und IICv (ab ca. 70 cm unter Geländeoberfläche (GOF)).

200 m südlich des Preußenstegs (RW 5493342, HW 4476421) wurde ein für diese Einheit typisches Leitprofil (Leitprofil 1) aufgenommen (wie üblich werden die Horizontmächtigkeiten von der Grenze organische Auflage O/Mineralboden A aus gemessen):

Ol	8-6 cm	Kiefernstreu
Of	6-1 cm	Nadelreste, durch Pilzhyphen verfilzt, torfig-braun, deutliche Untergrenze
Oh	1-0 cm	dunkelbrauner Feinhumus

Ahe	0-10	cm	schwarzgrau gefleckter Mittelsand mit deutlicher Ober- und Untergrenze, stark bis sehr stark durchwurzelt
IIBsv	10-35	cm	rötlichbraun/weißgrau gefleckter Mittel- bis Grobsand, stark bis mittel durchwurzelt
IIBv	35-60	cm	rötlicher Mittel- bis Grobsand, schwach durchwurzelt
IICv	60-70	cm	graugrüner Mittel- bis Grobsand

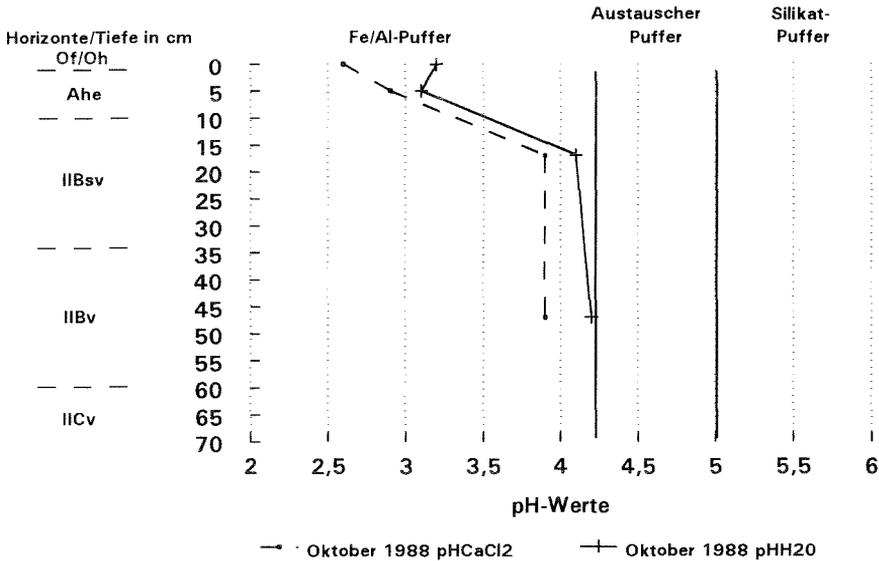


Abb. 2: Variation der pH-Werte in den Horizonten des Leitprofils 1

Die Humusform ist nach dem C/N-Verhältnis als Rohhumus zu bezeichnen (s. Tab. 1). Die Variation der pH_{H_2O} -Werte mit der Tiefe (Abb. 2) zeigt, daß sich der Boden im Zustand der Podsolierung (Eisen-Aluminium-Pufferbereich nach MEIWEIS et al. (1984)) befindet. Es wird dabei angenommen, daß freie Al-Ionen toxische Wirkung auf Pflanzenwurzeln ausüben. Die geringe Adsorptionsfähigkeit der Bodensubstanz (KAK_{eff} s. Abb. 3) und die sehr niedrige Basensättigung (Abb. 3)

Tabelle 1: Kohlenstoff-, Humus- und Stickstoffgehalte (Gew. %) im Oberboden und in den Streuhorizonten des Leitprofils 1 (Bodeneinheit 1)

Horizont	C _{org}	Humusgehalt	N _t	C/N
Of	22,90	45,8	0,88	27
Oh	29,90	59,8	0,80	37
Aeh	0,83	1,4	0,03	28

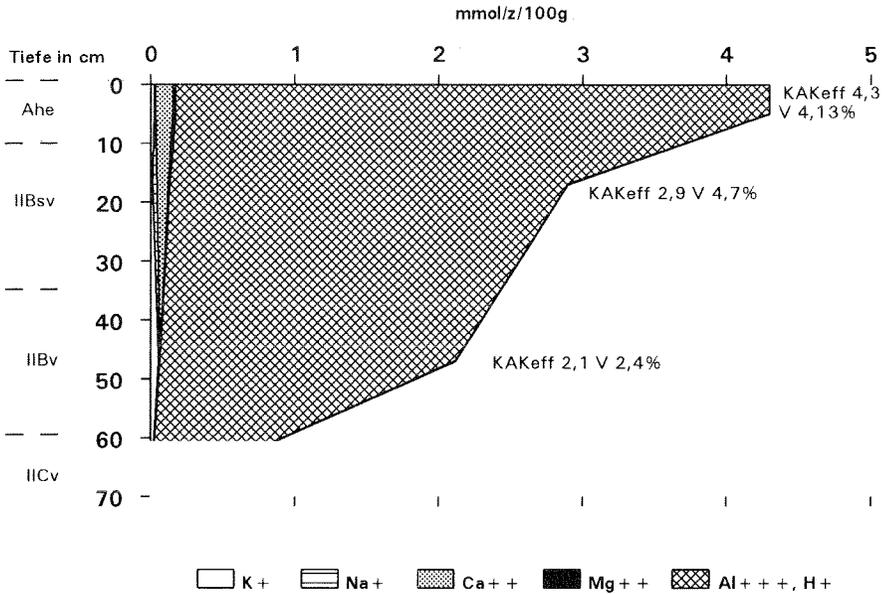


Abb. 3: Adsorptionseigenschaften und Ionenbelag im Leitprofil 1 (Bodeneinheit 1)

lassen erkennen, daß dieser Boden kaum mehr Nährstoffe wie Kalium, Calcium oder Magnesium in pflanzenverfügbarer Form enthält. Zudem bestehen keine Möglichkeiten, periodisch oder aperiodisch auftretende Säureschübe durch Austausch der Wasserstoffionen gegen Basen zu puffern. Der Boden ist also gründlich versauert. Er neigt zudem wegen der sandigen Bodenart zu Austrocknung in niederschlagsarmen Jahreszeiten.

2.1.2 Sandige Podsole und Braunerde-Podsole mittlerer bis großer Entwicklungstiefe auf Flug- und Dünen sandsen (Bodeneinheit 2)

Diese Bodeneinheit ersetzt die Bodeneinheit 1 dort, wo die Dünen- und Flug-sande über dem Unteren Burgsandstein relativ mächtig werden und der Bestand aus eintönigen Kiefernmonokulturen aufgebaut ist. Bei hohem Grundwasserstand können Übergänge in Gley-Podsole auftreten, die in der Karte nicht separat ausgewiesen sind.

Das Ausgangssubstrat und damit auch die Bodenart ist mittelsandig. Bei Aufschlüssen, die bis in den wenig verwitterten Dünen sand reichen, sind oftmals lehmige, rostbraune Bänder erkennbar, die dem Sand eingelagert sind. Es handelt sich dabei um Spuren einer Tonverlagerung, die der Verbräunung und Podsolierung vorausgegangen ist.

Die Podsole des Kartiergebietes weisen zum einen eine geringmächtige Humusauf-
lage auf, was in der langjährigen Streunutzung begründet ist. Zum anderen ist der
Oberboden durch Bearbeitungsmaßnahmen in Zusammenhang mit der Anlage
jüngerer Kiefernforste stark gestört. Der Podsolcharakter tritt nur unter älteren
Beständen deutlich hervor.

Die Humusform der organischen Auflage ist in der Regel rohhumusartiger
Moder und Rohhumus. Darunter ist eine Horizontfolge mit Ahe, Ae (zapfenförmig
in den Untergrund eingreifend), Bs (geringmächtige, wenig verfestigte Ortserde),
Bvs und Cv entwickelt.

Ein zugehöriges Leitprofil (Leitprofil 2) wurde ca. 1 km nördlich des nördlichen
Ortsrandes von Tennenlohe (RW 5491258, HW 4429873) angelegt (s. Karten-
beilage). Der Profilaufbau läßt sich wie folgt umreißen:

Ol	4-3	cm	Kiefernstreu, Moos- und Flechtenreste
Of	3-0,5	cm	Kiefernstreu und Zapfenreste mit geringem Feinhumusanteil, torfig-braun und verfilzt
Oh	0,5-0	cm	dunkelbrauner bis schwarzbrauner Feinhumus
Ahe	0-4	cm	grauer Mittelsand mit deutlicher Ober- und Untergrenze, stark bis sehr stark durchwurzelt
Ae	4-9,5	cm	hellgrauer Mittelsand, im Bereich von Wurzelbahnen zapfen- förmig in den Untergrund reichend, mittel durchwurzelt
Bs	9,5-15,5	cm	rötlichbrauner, mit Sesquioxiden angereicherter Mittelsand mit undeutlicher Ober- und Untergrenze, mittel durchwurzelt
Bvs	15,5-44,5	cm	orangebrauner Mittelsand, sehr schwach durchwurzelt
Bv	44,5-58	cm	brauner Mittelsand, sehr schwach durchwurzelt
BvCv	>58	cm	hellbrauner Mittelsand mit dunkelbraunen bis rostbraunen Lehmbändern (Tonverlagerung!)

Das C/N-Verhältnis (Tab. 2) zeigt wiederum eine Rohhumusform an. Die Mäch-
tigkeiten der organischen Auflage sind hierfür allerdings recht gering, was mit der
früheren Streunutzung in Verbindung gebracht werden kann. Anhand der Tiefen-
verteilung der pH-Werte (Abb. 4) ist im Oberboden zwar deutlich der für podsolierte
Böden typische Eisen-Aluminium-Pufferbereich erkennbar, doch im Gegensatz zu
Leitprofil 1 zeigen die pH-Werte des Unterbodens noch den Austausch-Puffer-

Tabelle 2: Kohlenstoff-, Humus- und Stickstoffgehalte (Gew.%) im Oberboden und in den
Streuhorizonten des Leitprofils 2 (Bodeneinheit 2)

Horizont	C _{org}	Humusgehalt	N _t	C/N
Of	31,80	63,6	1,00	32
Oh	27,10	54,2	0,83	33
Ahe	0,98	1,7	0,04	25

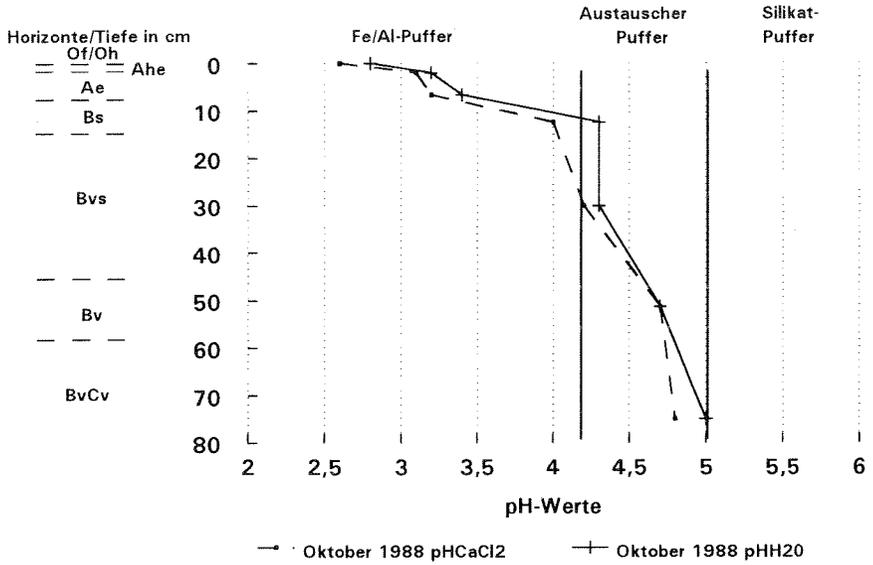


Abb. 4: Variation der pH-Werte in den Horizonten des Leitprofils 2

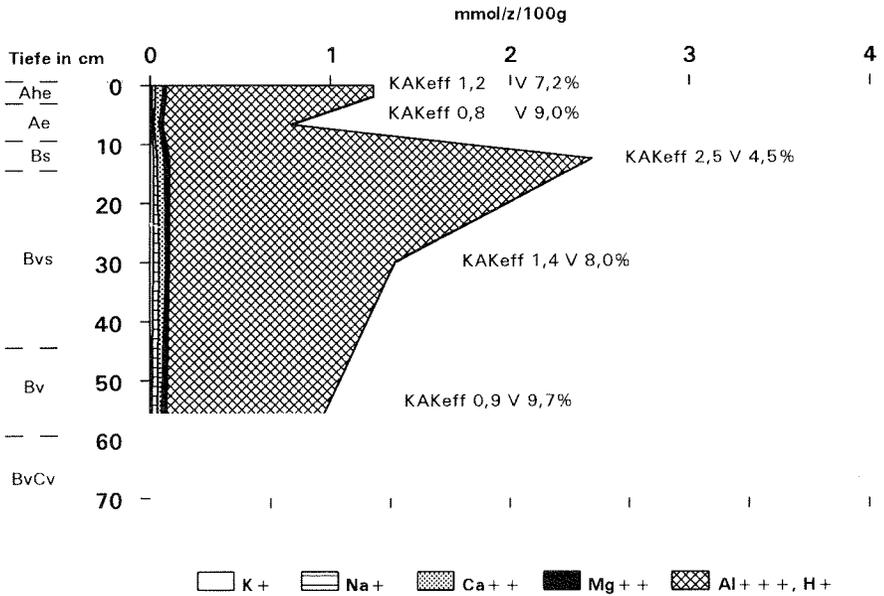


Abb. 5: Adsorptionseigenschaften und Ionenbelag im Leitprofil 2 (Bodeneinheit 2)

bereich an. Die Versauerung ist hier wider Erwarten also nicht so weit in die Tiefe fortgeschritten, wie bei der Braunerde des Leitprofils 1. Adsorptionsfähigkeit und Basensättigung (Abb. 5) sind als sehr ungünstig zu beurteilen. Die gespeicherten Reserven an den Pflanzennährstoffen Kalium, Calcium und Magnesium sind absolut gesehen zwar gering, doch sind Calcium und Magnesium in ausgewogenen Verhältnissen vorhanden. Deutlich tritt allerdings auch ein gewisser Anteil an Natrium-Ionen im Belag der Austauscher in Erscheinung.

2.1.3 Sandige Braunerden, Podsol-Braunerden und Gley-Braunerden, selten Pseudogley-Braunerden mittlerer bis sehr großer Entwicklungstiefe auf Flug- und Dünenanden (Bodeneinheit 3)

Diese Braunerden und Podsolbraunerden sind an den Unterhängen von Dünenzügen sowie auf Flugsanden bei einer erhöhten Beteiligung von Laubbäumen anzutreffen. In Nachbarschaft zu Feuchtgebieten gehen sie in Gley-Braunerden über. Pseudogley-Braunerden sind auf kleine Bereiche beschränkt. Sie treten dort auf, wo die Flug- und Dünenande Letten des Burgsandsteins überlagern.

2.2 Stauwasserböden

2.2.1 Sandige bis tonig-lehmige Pseudogleye, Braunerde-Pseudogleye und Podsol-Pseudogleye auf Flugsand über Burgsandsteinletten (Bodeneinheit 4)

Die hier behandelten Bodenformen sind Weiterentwicklungen der Pseudogley-Braunerden (Kapitel 2.1.3) bei verstärkter Stauwasserbildung. Es handelt sich um primäre Pseudogleye mit einem O-Ah-Sw-IISd-Profil. Die organische Auflage besitzt i.allg. die Humusform eines rohhumusartigen Moders oder Rohhumus. Darunter folgt ein mehr oder minder intensiv gebleichter Ah, Aeh oder Ahe-Horizont. Der Sw-Horizont ist aus mittelkörnigen Flugsanden, der IISd aus Letten des Unteren Burgsandsteins hervorgegangen. Infolge des deutlichen Stauwassereinflusses sind die Böden nur flach- bis mittelgründig. Das Tiefenwachstum der Wurzeln ist stark behindert.

Bei Leitprofil 3 (50 m nördlich des Zigeunerwegs, 300 m westlich des Franzosenwegs, s. Bodenkarte, RW 5491258, HW 4429873) wurde folgendes Profil erschlossen:

Ol	6-4	cm	Kiefernstreu
Of	4-1,5	cm	brauner Graswurzelfilz, Nadelreste
Oh	1,5-0	cm	dunkelbrauner bis schwarzbrauner Feinhumus
Aeh	0-3,5	cm	grauer Mittelsand mit undeutlicher Untergrenze, Mächtigkeit stark schwankend, stark bis sehr stark durchwurzelt

SwBv	3,5-10	cm	brauner Mittelsand mit Eisen-Konkretionen und -Flecken, stark durchwurzelt
BvSw	10-15	cm	dunkelbrauner, lehmiger Mittelsand mit vereinzelt Konkretionen und Rostflecken, sehr stark durchwurzelt
Sw	15-25,5	cm	brauner Mittelsand mit vereinzelt Eisenkonkretionen und -Flecken, schwach durchwurzelt
IISdSw	25,5-37,5	cm	grüner, lehmiger Mittelsand, schwach durchwurzelt
IISd	37,5-55,5	cm	rotbrauner, marmorierter Ton, sehr schwach durchwurzelt
IISdCv	55-83	cm	rotbrauner und graugrüner Ton

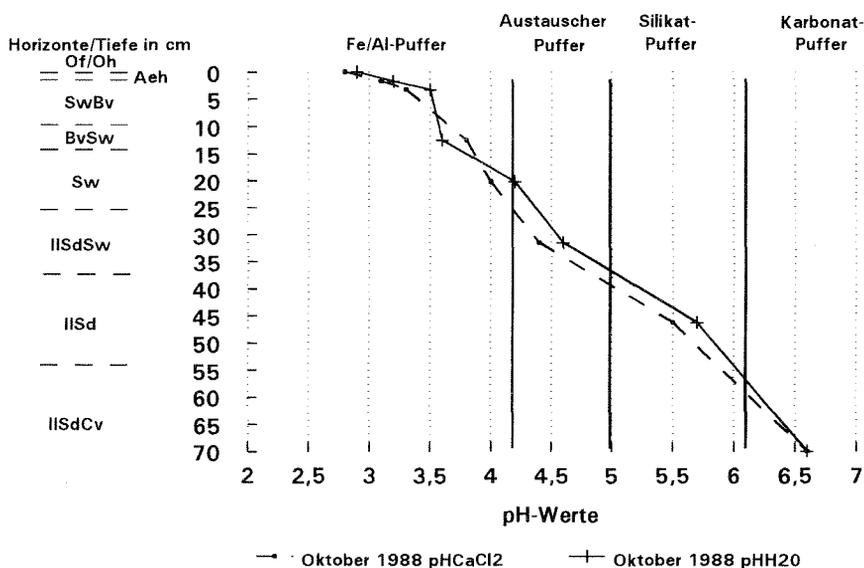


Abb. 6: Variation der pH-Werte in den Horizonten des Leitprofils 3

Die Humusform des Profils ist Rohhumus (s. Tab. 3). Die relativ geringen Mächtigkeiten der Streuauflage sind mit großer Sicherheit wiederum durch Streunutzung in früheren Zeiten bedingt. Die pH-Werte der Horizonte zeigen zur Tiefe zu eine kontinuierliche Zunahme (Abb. 6). Während die aus den Flugsanden hervorgegangenen Braunerde-Horizonte und der Stauwasserleiter noch im Eisen-Aluminium-Pufferbereich liegen, macht sich im Unterboden ein beträchtlicher pH-Wert-Anstieg bis zum Karbonat-Pufferbereich bemerkbar. Dies ist offensichtlich durch Karbonatgehalte in den Keuperletten begründet. Die Adsorptionsfähigkeit der Bodensubstanz (KAK_{eff} , Abb. 7) ist insgesamt gering, doch spiegelt sich das bei den pH-Werten gewonnene Bild der Säure-Basen-Verhältnisse auch in der Tiefenvariation der Basensättigung wider.

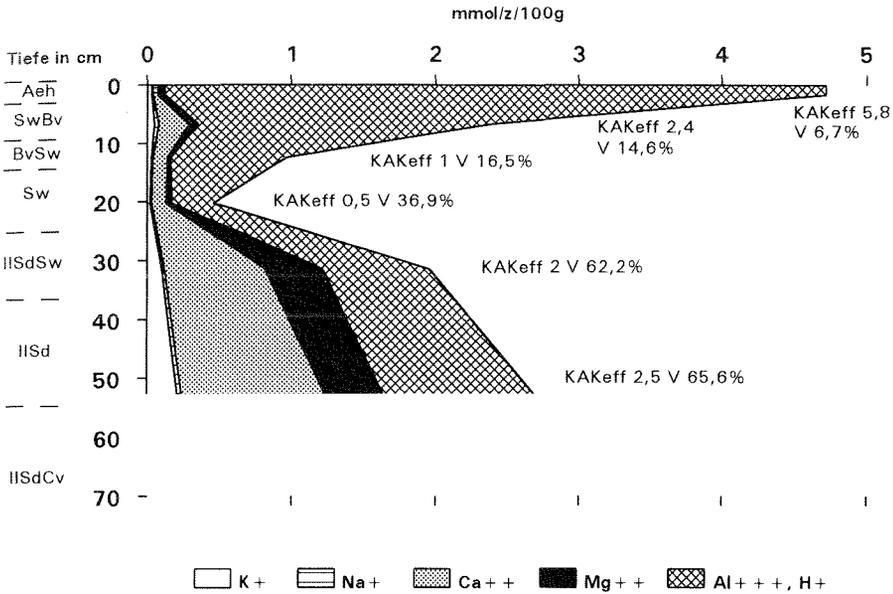


Abb. 7: Adsorptionseigenschaften und Ionenbelastung im Leitprofil 3 (Bodeneinheit 4)

Diese nimmt zur Tiefe kontinuierlich zu. Was den Anteil der Basen an der Basensättigung betrifft, so ist bis zum BvSw das Magnesium stark unterrepräsentiert. Erst vom Sw nach unten nimmt der Anteil des Magnesiums zu und kann gegenüber den übrigen Basen als ausgewogen angesehen werden. Der Natrium-Anteil an der Basensättigung ist unbedeutend. Alles in allem zeigt der vorliegende Boden im Unterboden eine recht gute Basenversorgung, die jedoch wegen der geringen Durchwurzelungstiefe kaum genutzt werden kann. Eine standortgerechte Bestockung z.B. auch mit tiefwurzelnden, wenig stauwasserempfindlichen Eichen könnte die bestehenden Basenressourcen nutzen und über die Streu auch eine Verbesserung der Verhältnisse im Oberboden einleiten.

Tabelle 3: Kohlenstoff-, Humus- und Stickstoffgehalte (Gew. %) im Oberboden und in den Streuhorizonten des Leitprofils 3 (Bodeneinheit 4)

Horizont	C _{org}	Humusgehalt	N _t	C/N
Of	27,10	54,2	0,86	32
Oh	26,00	52,0	0,79	33
Ahe	0,94	1,6	0,04	25

2.2.2 *Sandige bis tonig-lehmige Anmoor-Stagnogleye und Stagnogleye auf Burgsandsteinletten unter Flugsanddecke (Bodeneinheit 5)*

Die einzigen beiden Vorkommen dieser Bodeneinheit finden sich westlich und südwestlich des Hasensteins im Randbereich des Naturschutzgebietes. Die Böden sind durch einen ca. 15 cm mächtigen SwAa-Horizont gekennzeichnet. Darunter folgt eine naßgebleichter Srw-Horizont, der aus Flugsand besteht. Der Stauer IISrd liegt in einer Tiefe von ca. 60 cm unter Geländeoberfläche. Es handelt sich dabei um Keuperletten.

2.3 Grundwasserböden

2.3.1 *Sandige Gleye, Braunerde-Gleye, Podsol-Gleye und Pseudogley-Gleye auf Burgsandstein mit geringmächtiger Flugsandauflage (Bodeneinheit 6)*

Wie die Bodenkarte erkennen läßt, nehmen die Grundwasserböden den gesamten Zentralteil der Brucker Lache im Einzugsbereich des Mühlbachgrabens ein. Die in diesem Abschnitt vorgestellte Bodeneinheit ist eine Übergangsform zwischen den bereits behandelten terrestrischen Böden und Stauwasserböden einerseits und den echten Grundwasserböden andererseits. Burgsandstein ist hier noch am Aufbau des Profils beteiligt. Die Einheit tritt in kartierbarer Verbreitung nur unmittelbar westlich des Preußenstegs und nördlich vom Hasenstein hervor.

Die Böden besitzen Humusformen zwischen Rohhumus und mullartigem Moder. Die A-Horizonte sind aus der mittelsandigen Flugsandauflage entwickelt. Unter einem geringmächtigen, aus mittel- bis grobsandigem Burgsandstein hervorgegangenen Braunerde-, Podsol- oder Pseudogley-Profil folgt ein rostfleckiger Go-Horizont, der kontinuierlich in den Gr-Horizont überleitet. Dessen Obergrenze liegt in ca. 80 cm Tiefe unter Geländeoberfläche.

2.3.2 *Sandige Gleye, Braunerde-Gleye und Podsol-Gleye auf Flug- und Dünen sanden (Bodeneinheit 7)*

Auch diese Bodenformen repräsentieren Übergänge zwischen den terrestrischen Böden und den Gleyen, wobei das Bodenprofil nunmehr vollständig oder überwiegend aus Dünen- und Flugsanden hervorgegangen ist. Das typische Ah-Go-Gr-Profil ist im Bereich der Grundwasserhorizonte oftmals schlecht zu untergliedern, da niedrige Eisengehalte des Ausgangsmaterials eine farbliche Differenzierung von Go und Gr nur undeutlich hervortreten lassen. Allerdings kommt es gelegentlich auch vor, daß bei wenig schwankendem Grundwasser und hoher Eisenzufuhr aus terrestrischen, besonders aus podsoligen Böden im Grenzbereich Go/Gr eine harte, rostbraune Eisenanreicherung, ein sog. Raseneisenstein, entsteht. In der Brucker Lache wurden solche Horizonte (Gmso-Horizonte) gelegentlich erbohrt. Die Humusform der Böden

ist Rohhumus bis rohumusartiger Moder in Abhängigkeit von der Bestockung.

In den mächtigen Dünenanden zwischen Mühlbach und B4 entwickeln sich häufig Gleye mit einem tiefreichenden Go und Podsol-Gleye. Das bei der Podsolierung und Vergleyung mobilisierte Eisen wird mit dem Grundwasserstrom dem Mühlbach zugeführt, kommt dort mit Luftsauerstoff in Kontakt und wird als Ferrihydrit ausgefällt. Das Mühlbach-Wasser ist deshalb in seinem Oberlauf häufig rostbraun gefärbt.

Ein dieser Bodeneinheit zuzurechnendes Leitprofil (Leitprofil 4) liegt wenige Meter nördlich des östlichen Teils des Zigeunerweges, ca. 250 m westlich der B4 (s. Kartenbeilage, RW 4429546, HW 5492654). Es handelt sich um einen Podsol-Gley auf Flugsand. Die Horizontabfolge läßt sich wie folgt umreißen:

Ol	14-9	cm	Kiefernstreu, Blätter, Grasreste
Of	9-2,0	cm	brauner Graswurzelfilz, Nadel- und Blattreste
Oh	2,0-0	cm	schwarzer, schmieriger Feinhumus und Graswurzelfilz
Ahe	0-5,0	cm	feinhumusreicher grauer Mittelsand, stark durchwurzelt
Go	5,0-18,5	cm	braun/hellgrau gefleckter Mittelsand, mittel durchwurzelt
Gro	18,5-41	cm	braun/grau gefleckter Mittelsand, schwach durchwurzelt
Gor	> 41	cm	hellgrauer bis grünlichgrauer Mittelsand mit vereinzelt rostbraunen Eisenkonkretionen

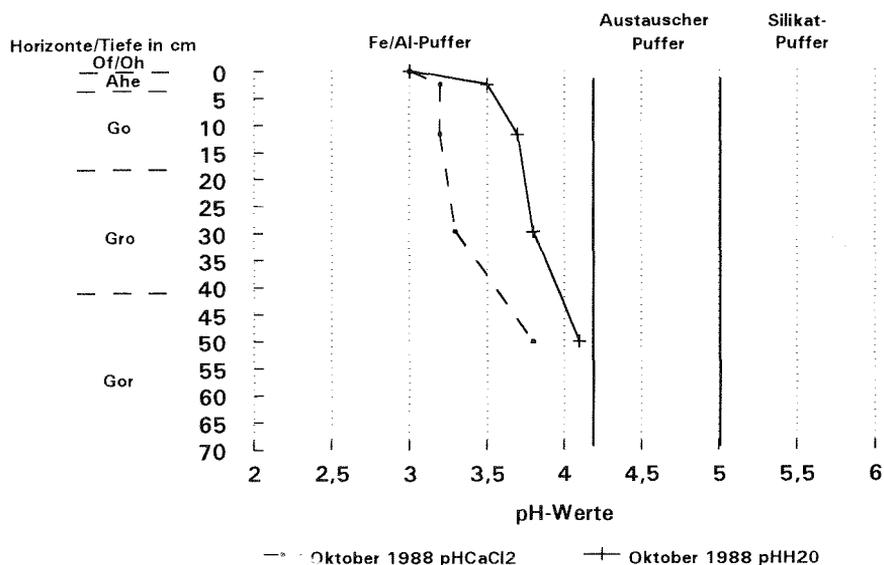


Abb. 8: Variation der pH-Werte in den Horizonten des Leitprofils 4

Nach dem C/N-Verhältnis (Tab. 4) besitzt die organische Auflage den Charakter von Rohhumus. Die relativ großen Mächtigkeiten der O-Horizonte dürften noch weitgehend den natürlichen Verhältnissen entsprechen (ungünstige Mineralisierung). Die pH-Bedingungen im Unterboden sind als sehr ungünstig zu bewerten. Die Säure/Basen-Verhältnisse bewegen sich im Eisen-Aluminium-Pufferbereich (Abb. 8). Eisen- und Aluminium sind also in ionarer und komplexierter Form hoch beweglich. Wie bei Sandböden zu erwarten, besteht lediglich im humosen Oberboden eine erwähnenswerte Adsorptionsfähigkeit für Kationen (Abb. 9). Zudem sind die Austauscherplätze fast durchwegs mit Wasserstoff- und Aluminium-Ionen belegt. Es ist also nur eine vernachlässigbare Fähigkeit zur Abpufferung von Säureeinträgen durch Basenaustausch zu erkennen. Die gespeicherten Reserven an pflanzenverfügbaren Basen sind minimal. Calcium und Magnesium sind zwar in ausgewogenen Verhältnissen vertreten, doch ist ein vergleichsweise hoher Anteil des Natriums an der Basensättigung erkennbar (in den Gr-Horizonten bis 4% der Basensättigung Natrium bei ca. 4 % Kalium+Calcium+Magnesium), der aus dem Streusalzeinsatz an der B4, also im Grundwasseranstrom abzuleiten ist (s. TRETER & SCHIFFSI. oben).

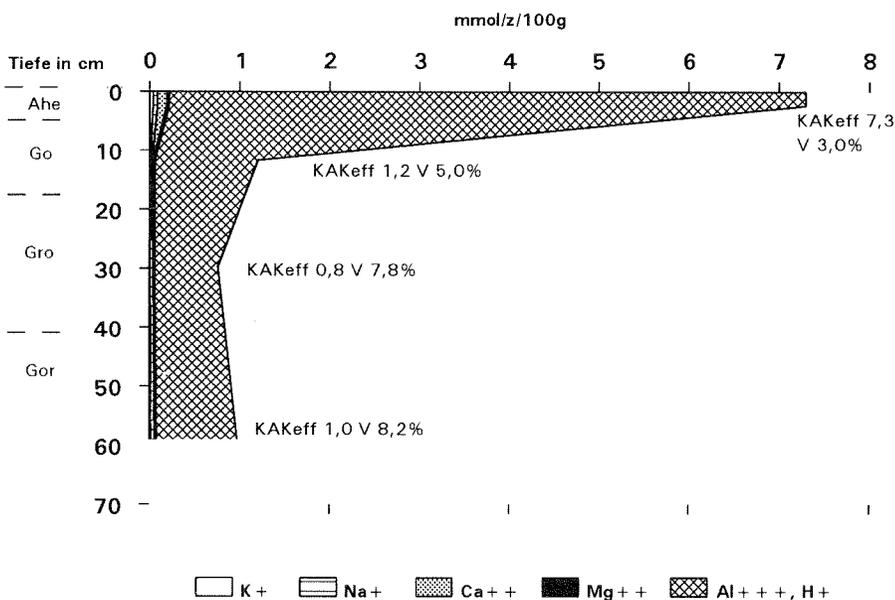


Abb. 9: Adsorptionseigenschaften und Ionenbelag im Leitprofil 4 (Bodeneinheit 7)

Zu bedenken ist bei diesen Böden auch, daß infolge des Grundwassereinflusses einer Bestockung etwa mit Kiefern, Fichten, Eichen etc. nur ein sehr geringmächtiger durchwurzelbarer Bodenraum zur Verfügung steht. Es handelt sich hier aufgrund dieser Tatsache und der chemischen Merkmale um Extremstandorte, die nur feuchtigkeitsverträglichen Pflanzen entsprechenden Lebensraum bieten können.

Tabelle 4: Kohlenstoff-, Humus- und Stickstoffgehalte (Gew. %) im Oberboden und in den Streuhorizonten des Leitprofils 4 (Bodeneinheit 7)

Horizont	C _{org}	Humusgehalt	N _t	C/N
Of	29,2	58,4	1,10	27
Oh	35,3	70,6	0,98	36
Ahe	3,1	5,3	0,16	20

2.3.4 Sandige Naßgleye bis Anmoorgleye auf Flugsand in Depressionen (Bodeneinheit 8)

Naßgleye und Anmoorgleye entwickeln sich in Depressionszonen, wo der Grundwasserspiegel im Bereich der A-Horizonte liegt. Die starke Durchfeuchtung und die damit verbundenen ungünstigen Zersetzungsbedingungen bewirken die Existenz mächtiger organischer Auflagen mit 10-25 cm dicken GoAa-Horizonten. Darunter folgt bereits der hellbraun bis hellgrün gefleckte Gro und schließlich der Gr mit reduzierendem Milieu und entsprechend grüngrauen Farben. Alle Horizonte sind mittelsandig, selten grobsandig.

Das Leitprofil 5 (Bodeneinheit 8) repräsentiert einen Anmoorgleye. Der Standort liegt ca. 50 m südöstlich des Kreuzungspunktes Höflichweg/Franzosenweg (RW 4429542, HW 5492478). Das Profil umfaßt folgende Horizonte:

Ol	18-15 cm	Blätter, Holzreste
Of	15-12 cm	dunkelbraune, feuchte, schichtige, schmierige Ansammlung von Gras-, Blatt und Holzresten, durchsetzt von Graswurzelfilz
Oh	12-0 cm	schwarzer, schmieriger, feuchter Feinhumus
GoAa	0-25 cm	grauschwarzer Mittelsand mit hohem Anteil an Feinhumus, sehr feucht, stark durchwurzelt
Gro	25-50 cm	hellbraun/hellgrün gefleckter Mittelsand, sehr naß, schwach durchwurzelt
Gr	>50 cm	graugrüner, schwach schluffiger Mittelsand, sehr naß, nach H ₂ S riechend

Aufgrund der Mächtigkeitsverhältnisse, der makroskopischen Merkmale und des C/N-Verhältnisses besitzt die organischen Auflage den Charakter von Feuchtrohhumus mit Übergängen zu Anmoor (hohe Humusgehalte!).

Der hohe Gehalt der Feinfraktion im GoAa bedingt in diesem Horizont ein günstiges Wasserspeichervermögen. Auch während tiefer Grundwasserstände ist dieser Horizont noch gut mit Wasser versorgt. Allerdings ist mit dem erhöhten Wassergehalt eben auch ein geringer Sauerstoffgehalt verbunden, so daß – unterstützt durch die hohen Humusgehalte – reduzierende Bedingungen vorherrschen. Diesen Standorten sind daher nur Erlen und andere mit sauerstoffarmen Bedingungen im Wurzelraum verträgliche Pflanzen angepaßt.

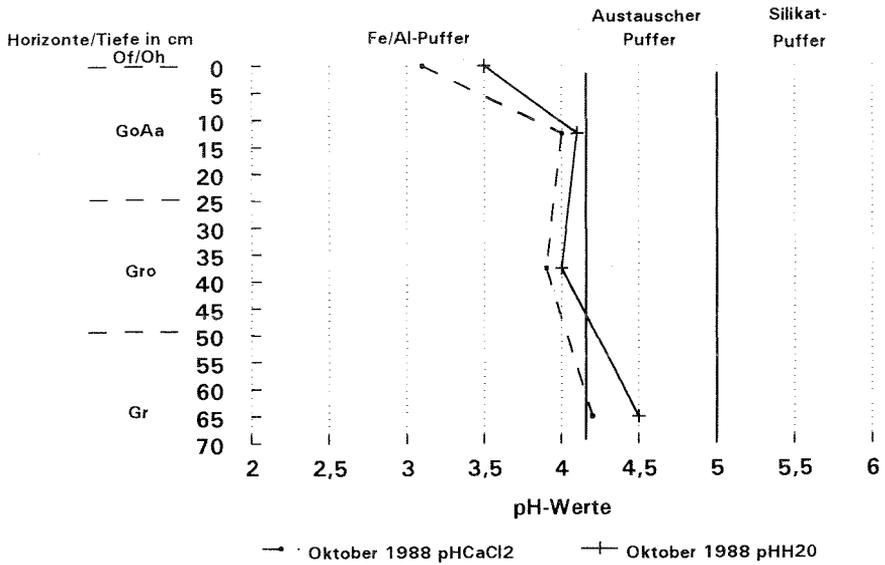


Abb. 10: Variation der pH-Werte in den Horizonten des Leitprofils 5

Die pH-Werte (Abb. 10) liegen im Hauptwurzelraum, der im wesentlichen den GoAa und einen Teil des Gro umfaßt, im ungünstigen Aluminium/Eisen-Pufferbereich. Erst mit zunehmender Tiefe ist durch seitlichen Antransport von Basen und infolge der Zunahme des pH-Wertes bei reduzierenden Bedingungen eine geringfügige Besserung der pH-Verhältnisse zum Austauscher-Pufferbereich festzustellen. Für die Pflanzen ist diese Tatsache jedoch wenig relevant.

Tabelle 5: Kohlenstoff-, Humus- und Stickstoffgehalte (Gew. %) im Oberboden und in den Streuhorizonten des Leitprofils 5 (Bodeneinheit 8)

Horizont	C _{org}	Humusgehalt	N _t	C/N
Of	28,9	57,8	1,11	26
Oh	33,4	66,8	1,01	33
GoAa	15,3	30,6	0,43	36

Bei der vorliegenden sandigen Bodenart ist die Adsorptionsfähigkeit für Basen wiederum gering (Abb. 11). Lediglich in den humosen Horizonten steigt die Kationenaustauschkapazität etwas an, bleibt aber wegen des ungünstigen Huminstoffbestandes auch dort auf einem niedrigen Niveau. Die Tatsache, daß die Basensättigung mit der Tiefe anwächst, kann nur mit dem Antransport von Basen im Grundwasserstrom erklärt werden (Herkunft aus dem Sandsteinkeuper). Auffällig ist parallel damit wiederum, daß Natrium im Gro ca. 2/3, im Gr immerhin noch

1/3 des Basenbelages der Austauscher vertritt (Einfluß der Streusalznutzung an der B4, s. TRETER & SCHIESSL, oben). Von den übrigen Basen ist insbesondere Magnesium stark unterrepräsentiert, während Kalium in hohen Anteilen vorliegt. Insgesamt ist der Vorrat der Böden an pflanzenverfügbaren Basen äußerst gering.

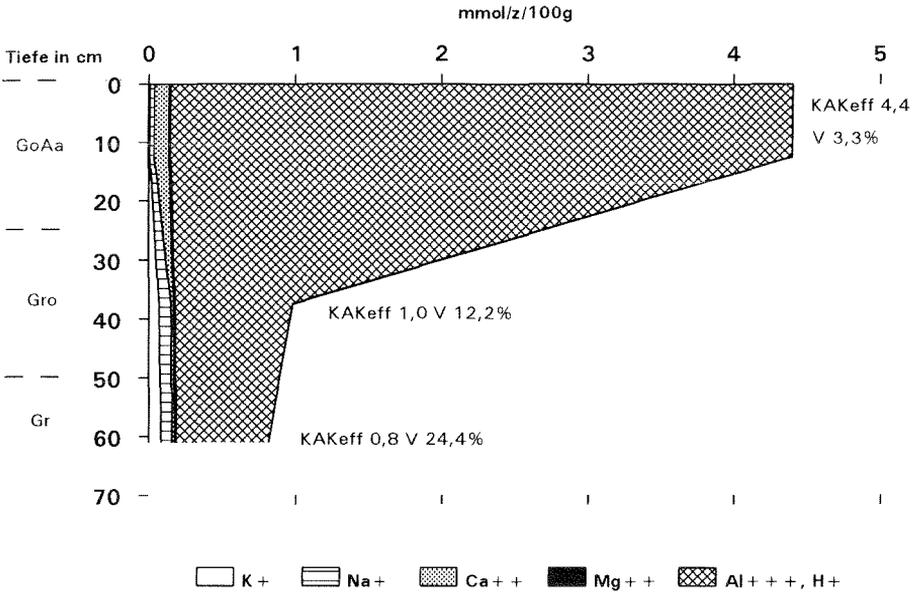


Abb. 11: Adsorptionseigenschaften und Ionenbelag im Leitprofil 5 (Bodeneinheit 8)

2.3.5 Sandige Moorgleye und Moore auf Flugsand in Depressionen (Bodeneinheit 9)

Besteht bei der in Kapitel 2.3.4 behandelten Bodeneinheit noch die Möglichkeit, daß im Jahresablauf der Grundwasserspiegel unter den Oberboden absinkt, so besteht bei den Moorgleyen ganzjährig eine Wassersättigung des Oberbodens. Entsprechend entwickelt sich ein typisches H-Gr-Profil. Solche Moorgleye trifft man in der Brucker Lache in der weiteren Umgebung des Mühlbaches an (s. Kartenbeilage).

Die Moorgleye leiten mit Zunahme der Mächtigkeit des H-Horizontes (>30 cm) in die Moore über. Diese sind im Untersuchungsgebiet ansatzweise in Form von niedermoorartigen Bildungen an einigen Stellen vertreten.

2.4 Aueböden

2.4.1 Sandig-lehmige Auenbraunerde (Autochthone Vega) auf Auelehm (Bodeneinheit 10)

Aueböden sind Böden holozäner Talebenen, die sich durch häufige Überflutung und stark wechselnden Grundwasserstand auszeichnen. Im Mühlbachgraben ist, wenn auch in sehr bescheidenem Maße, eine solche Aue entwickelt. Auch aufgrund der Dynamik des Grund- und Oberflächenwassereinflusses erscheint eine Abtrennung der dort verbreiteten Böden von den übrigen Grundwasserböden berechtigt.

Die autochthonen Auebraunerden sind überall dort ausgebildet, wo parallel zum Mühlbach eine schmale Aue entwickelt ist. Die vom Bach abgelagerten feinsandig-schluffigen und feinsandig-tonigen Sedimente sind hier einem in situ-Verbraunungsprozeß unterworfen worden. Es erfolgt nur in einigen Feuchtperioden des Jahres Überflutung und Beeinflussung des Oberbodens durch hoch stehendes Grundwasser.

Erst ca. 60 cm unter Geländeoberfläche ist ein echter Go-Horizont ausgebildet, der wegen der bräunlichen Eigenfarbe der Auesedimente allerdings nicht immer leicht zu erkennen ist. Die darüber liegenden Horizonte entsprechen denen einer Braunerde, sind allerdings in der Regel etwas reicher an organischer Substanz als bei herkömmlichen Braunerden (Gehalt an organischer Substanz in den Auesedimenten). Das Gesamtprofil weist somit in der Regel eine Ah-Bv-Go-Folge auf.

Infolge der mehr oder minder periodischen Überflutungen werden den Auebraunerden laufend Nährstoffe zugeführt, so daß sie in dieser Hinsicht als sehr wertvolle Böden betrachtet werden können. Das zeigen auch die für die vorliegende Bodenassoziation sehr hohen pH-Werte von schwach sauer bis schwach alkalisch an (s. Beitrag TRETER & SCHIESSL oben). Zum Bild ökologisch wertvoller Böden trägt schließlich auch die Situation des Wasser- und Lufthaushalts bei: die Böden sind gut durchfeuchtet, aber auch gut durchlüftet, zumal auch das Überflutungswasser relativ sauerstoffreich ist.

Mit zunehmender Entfernung vom Mühlbach leiten die Auenbraunerden oft in Anmoorgleye und Moorgleye über (s. Kartenbeilage).

2.4.2 Sandig-lehmige Auengleye und Gleye in Auenlage (Bodeneinheit 11)

Im Randbereich der Talaue kommen dort, wo der Mühlbach das Naturschutzgebiet im Nordwesten verläßt, auch Auengleye vor. Das von den Dünen und Bursandstein-Arealen zum Bach anströmende Grundwasser führt zu erhöhten Wasserständen in der Randsenke der Aue. Das Profil entspricht dem eines herkömmlichen Gleys. Ah und Go sind häufig als 50 cm mächtige, braune bis dunkelbraune, z.T. rostfleckige, sandig-lehmige Partie entwickelt. Der Gr ist in der Regel sandreicher.

3 Die Bodengesellschaft der Brucker Lache

Die Bodengesellschaft der Brucker Lache wird überwiegend geprägt durch die morphologische Situation, durch das Relief, durch den Grundwasserstand und durch die vor allem aus quartären Sanden aufgebauten Ausgangsgesteine.

Die morphologische Senke der zentralen Brucker Lache (s. Abb. 1), die vom Mühlbach nach Westen entwässert wird, ist im Norden, Osten und Süden hufeisenförmig von einer Hochzone aus Keupersandstein mit überlagernden Quartärsanden umrahmt. In diesem Bereich herrschen in Abhängigkeit von der Bestockung mehr oder minder podsolierte Braunerden vor. Unter Kiefernforsten können auf mächtigeren Flug- und Dünenanden sogar Podsole in Erscheinung treten. Die Böden sind infolge der Basenarmut der Ausgangsgesteine und der Nadelwaldbestockung stark versauert. Der Vergleich von Leitprofil 1 und Leitprofil 2 zeigt jedoch, daß Braunerden oder Podsole auf Dünenanden im Untergrund durchaus weniger stark versauert sein können als äquivalente Bodenformen auf Keupersandstein.

In Dünentälern und am Fuß größerer Dünen, wo nur noch geringmächtige Quartärsande der Keuperoberfläche auflagern, entwickeln sich Pseudogleye. Dies ist einmal durch die generell geringere Durchlässigkeit der Keupersandsteine gegenüber Dünen- und Flugsanden, z. T. aber auch durch die Existenz von Keuperletten bedingt, die das Wasser besonders stauen. Da diese tonigen Partien auch häufig Karbonat enthalten, zeigt sich in den tieferen Horizonten der Pseudogleye z.T. ein günstiger pH-Wert. Wie die Untersuchungen von TRETER & SCHIESSL (s. oben) gezeigt haben, bedingen die Karbonatgehalte der Letten im Sickerwasser und Grundwasser relativ günstige Gehalte an Basen, besonders an Calcium und Magnesium. Im Oberboden der Pseudogleye ist allerdings auch hier tiefgehende Versauerung festzustellen.

Der Zentralbereich der Brucker Lache ist gekennzeichnet durch eine hohen Grundwasserstand (Abb. 1). Dies ist die Ursache für das Vorrherrschen eines breiten Spektrums an Grundwasserböden um den Mühlbach herum und in seinem Einzugsgebiet. Terrestrische Böden sind nur noch auf den topographisch höchsten Teilen der Dünenzüge zu finden. Die Grundwasserböden sind zwar wiederum sehr saure Böden, doch macht sich der Stofftransport im Grundwasser in den Adsorptionskomplexen durch einen im Vergleich mit den Braunerden leicht bis deutlich verbesserten Basenanteil bemerkbar.

Auffällig sind dabei erhöhte Natrium-Beläge (Leitprofile 4 und 5), die mit dem Streusalzeintrag früherer Jahre im Bereich der im Grundwasseranstrom verlaufenden B4 zusammenhängen. Ein Teil des zugeführten Natriums wurde offensichtlich adsorbtiv gespeichert, ein Mechanismus, der trotz geringer Anlagerungsfähigkeit des Natrium-Ions auch heute noch wirksam ist. Dies ist in den Natrium-Gehalten des Grundwassers erkennbar. Sie sind deutlich geringer als die Natrium-Gehalte, die

sich für NaCl stöchiometrisch aus den ermittelten Chlorid-Gehalten errechnen (s. TRETER & SCHIESSL, oben).

Alles in allem ist im Bereich der Brucker Lache die Assoziation saurer und im Hauptwurzelraum von Waldbäumen wie Kiefern und Fichten sehr nährstoffarmer Böden gegeben. Im Keuperuntergrund und in den Grundwasserhorizonten besteht dagegen ein Basenpotential, das durch eine standortgerechte Vegetation von entsprechend angepaßten Spezialisten durchaus verwertet werden kann, ja gerade diesen Spezialisten bei Erhalt der gegenwärtigen Bedingungen einen geeigneten Lebensraum reserviert.

Literatur

- AG Bodenkunde*. 1982: Bodenkundliche Kartieranleitung. Hannover, 3. Aufl.
- BERGER, Kurt. 1951: Die Dünen im Raum Nürnberg und Erlangen. In: Geol. Bl. NO-Bayern 1: S. 70-74.
- DIN 19684 Teil 4*. 1974: Bestimmung des Gehaltes an Gesamtstickstoff im Boden. Berlin-Köln.
- ERHARDT, Norbert. 1990. Bodenkundliche Aufnahmen im Bereich der Brucker Lache S' von Erlangen. Diplomarbeit. Erlangen.
- GAUDETTE, H.E., FLIGHT, W., TONER, L., FOLGER, D. 1974: An Inexpensive Titration Method for the Determination of organic Carbon in Recent Sediments. In: J. Sed. Petrol. 34: S. 294-253.
- HAARLÄNDER, W. (1966): Geologische Karte von Bayern 1 : 25 000, Blatt Nr. 6432 Erlangen Süd mit Erläuterungen. München.
- MEIWES, K.-J., KÖNIG, N., KHANA, P. K., PRENZEL, J., ULRICH, B. 1984: Chemische Untersuchungsverfahren für Mineralböden, Auflagehumus und Wurzeln zur Charakterisierung und Bewertung der Versauerung in Waldböden. In: Ber. Forschungszentrum Waldökosysteme/Waldsterben 7: S. 1-67.
- TITZE, Peter 1969: Der Erlensumpfwald im Naturschutzgebiet „Brucker Lache“ im Rahmen seiner Kontakt- und Ersatzgesellschaften. In: Erlanger Bausteine zur Fränk. Heimatforsch. 16: S. 135-228.
- ZEZSCHWITZ, E. v. 1980: Analytische Kennwerte typischer Humusformen westfälischer Bergwälder. In: Z. Pflanzenernähr. Bodenkunde. 143: S. 692-700.

Die Vegetation der Brucker Lache

von

WERNER NEZADAL UND ARMIN RODER

mit 4 Fotos und 1 Kartenbeilage

1 Einleitung

Unter der Vegetation eines Gebietes versteht man seine Pflanzendecke. Sie besteht aus einzelnen Pflanzenarten, die in ihrer Gesamtheit als die Flora des betreffenden Gebietes bezeichnet wird. Die Pflanzen wachsen nun nicht zufällig und an beliebigen Stellen, sondern entsprechend ihren Ansprüchen und den Konkurrenzverhältnissen in Abhängigkeit von den Umweltfaktoren in bestimmten Gemeinschaften, die man Pflanzengesellschaften nennt. Jede Pflanzengesellschaft ist durch ihre Artenzusammensetzung eindeutig charakterisiert, die in gesetzmäßiger Weise von den Hauptumweltfaktoren Boden (geologischer Untergrund), Klima (Kleinklima) und menschlicher Einfluß (Nutzung) geprägt wird. Wegen dieser engen Verknüpfung und Abhängigkeit ist es möglich, von den Pflanzengesellschaften, die für den Fachmann relativ einfach und vor allem schnell erkennbar sind, auf die übrigen Faktoren zu schließen, insbesondere auf den Boden.

Die Vegetation der Brucker Lache hat wegen ihrer Besonderheit seit langem die Aufmerksamkeit von Fachbotanikern, Forstleuten aber auch der interessierten Öffentlichkeit erfahren. Als stadtnahes Erholungsgebiet und durch seine Lage an der Hauptverkehrsstraße zwischen Erlangen und Nürnberg ist sie aber vielen Beeinträchtigungen und Gefährdungen ausgesetzt. Im Jahre 1984 erfolgte durch die Ausweisung als Naturschutzgebiet eine gewisse Sicherung des Bestandes. Außerdem müßte durch den Bannwaldstatus des gesamten Nürnberger Reichswaldes und vor allem durch die Ausweisung des Kerngebiets als Naturwaldreservat der weitere Fortbestand der Brucker Lache gesichert sein. Der starke Erholungsdruck durch die Erlanger Bevölkerung und die – inzwischen eingeschränkte – winterliche Salzstreuung der auf der gesamten Länge angrenzenden B4 sorgen jedoch weiter für eine Belastung des Gebietes. Noch negativer wirken sich die Grundwasserabsenkung im gesamten Regnitzbecken und die verlangsamte, aber anhand der Vegetation immer noch feststellbare Entwässerung aus. Die Pflanzenwelt der Brucker Lache ist seit längerem gut untersucht. Grundlegend sind die Arbeiten von TITZE aus den Jahren 1969 und 1973, der allerdings nur den zentralen, weitaus wichtigsten Bereich, den „Erlensumpfwald“, einer pflanzensoziologischen und floristischen Analyse unterzog. Leider nahm er keine vegetationskundliche Kartierung vor. Diese erfolgte erst durch RODER (1991) im Rahmen einer Diplomarbeit. Seit der Untersuchung von TITZE entstanden viele weitere Arbeiten, die sich mit Wäldern beschäftigten, bei

denen es sich um ähnliche Vegetationstypen, wie die in der Brucker Lache handelt (u.a. SAUERWEIN 1981, HAHNER 1984, FISCHER 1985, RAUM 1985, TARGAN 1987, BURKART 1989, REICHE 1992, WENNING 1992). Richtungsweisend sind vor allem HOHENESTER (1978) mit seinem Werk über die potentielle natürliche Vegetation Westmittelfrankens sowie BRUNNER (1990, 1992), der den gesamten Sebalder Reichswald kartierte. Der vorliegende Beitrag ist eine zusammenfassende Darstellung der bisherigen Arbeiten unter Verwendung der Vegetationskartierung von RODER (1991), die eine Grundlage für weitere vergleichende Untersuchungen zur Feststellung von Veränderungen der Vegetation und der Standortsverhältnisse bieten soll.

Grundlage der Vegetationserhebungen waren pflanzensoziologische Aufnahmen nach der Methode von BRAUN-BLANQUET, die auf einer kombinierten Schätzung der Deckungswerte und der Dominanz sämtlicher in einer Aufnahme fläche vorhandenen Arten beruht. Die Wahl der Aufnahme flächen erfolgte sowohl bei TITZE (58 Aufnahmen) als auch bei RODER (89 Aufnahmen) präferentiell, da nur so eine ausreichende Zahl geeigneter Flächen bei einem vertretbaren Zeitaufwand untersucht werden konnte, so daß eine mehr oder weniger vollständige Erfassung der vorkommenden Vegetationseinheiten gewährleistet ist. Die Aufnahmen wurden dann zu Vegetationstabellen zusammengestellt und „von Hand“ bzw. mittels verschiedener Computerprogramme des Erlanger pflanzensoziologischen Programmsystems (FISCHER & BEMMERLEIN 1989) in Gruppen geordnet und mit einigen von RODER ermittelten Umweltparametern (u.a. pH-Wert, Stickstoffgehalt und C/N-Verhältnis des Bodens, Deckung der Vegetationsschichten) in Relation gesetzt. Ergebnis der Klassifikation und Ordination waren 10 Vegetationseinheiten, die als verschiedene Pflanzengesellschaften abgrenzbar sind und drei Assoziationen mit mehreren Untergesellschaften zugeordnet werden konnten. Die 10 Pflanzengesellschaften sind nach den Vorarbeiten von HECHTEL (1988) und BRUNNER (1990) anhand bestimmter kartierungskritischer Arten und Artenkombinationen erkennbar und wurden von RODER für das gesamte Gebiet der Brucker Lache separat erfaßt. In der Originalkarte bei RODER (1991) wurden noch weitere Flächen auskartiert, die durch Aufforstungsmaßnahmen oder durch spontanen Aufwuchs verschiedener Gehölze als Folge der Ausbringung von Gartenabfällen stark verändert wurden. In der beiliegenden Vegetationskarte wurden diese Flächen aus Gründen der Lesbarkeit nicht extra dargestellt, sondern ihrer Hauptpflanzengesellschaft zugeschlagen.

Eine punktgenaue Vegetationskartierung war trotz des vergleichbar kleinen Untersuchungsgebiets im Rahmen der für eine Diplomarbeit zur Verfügung stehenden Zeit nicht überall möglich. Hier wäre eine Erhöhung der Aussagekraft der Karte durch die Verwendung der von HOHENESTER (1978) vorgeschlagenen „Kontaktketten“ zu erreichen gewesen, was leider noch nicht geschah. Die Nomenklatur der wissenschaftlichen Pflanzennamen richtet sich nach EHRENDORFER (1973), die der Pflanzengesellschaften nach OBERDORFER (1992).

2 Die Pflanzengesellschaften

In der Darstellung der Pflanzengesellschaften wird im folgenden nur auf diejenigen eingegangen, die große Bestände bilden, d. h. auf die Waldgesellschaften, die auch die potentielle natürliche Vegetation bilden würden. Daneben gibt es eine Vielzahl weiterer Gesellschaften, die mit wenigen Ausnahmen zu den Ersatzgesellschaften der Wälder gerechnet werden. Auch die Moosgemeinschaften werden hier nicht weiter erwähnt. Hierzu sei auf die Arbeit von TITZE (1969) verwiesen.

2.1 Der Walzenseggen-Schwarzerlen-Bruchwald

Carici elongatae-Alnetum glutinosae W. Koch 1926 ex Tx. 1931

Der subkontinentale Walzenseggen-Schwarzerlen-Bruchwald – im folgenden verkürzt als Erlenbruchwald bezeichnet (Vegetationseinheit 1) – besiedelt die nassesten Stellen der Brucker Lache, die wegen ihrer Muldenlage schlecht entwässert werden können. Er ist folglich meist nicht direkt am Bach anzutreffen, sondern in der Regel etwas von ihm entfernt, häufig auch durch kleine Bodenerhebungen von ihm abgetrennt.

Wichtigster Standortfaktor im Bruchwald ist stagnierendes Bodenwasser. Unter solchen Bedingungen kommen in der Brucker Lache vor allem Naßgleye, Anmoorbis Moorgleye und sogar Moorböden mit Bruchwaldtorf zur Ausbildung. Diese Böden weisen mehr oder weniger ganzjährig einen hohen Wasserstand auf, der sich im Jahresverlauf nur wenig verändert. Im Normalfall ist es dort so naß, daß eine Begehung ohne Gummistiefel mit nassen Füßen verbunden ist, ein nicht unerheblicher Faktor für eine ungestörte Entwicklung dieser Wälder. Infolge des stagnierenden Grundwassers und des damit einhergehenden geringen Sauerstoffgehalts ist die Zersetzung der pflanzlichen Reste unvollständig, so daß trotz der Ansammlung von organischem Material wenig pflanzenverfügbare Nährstoffe vorliegen. Diese Böden stellen sowohl hinsichtlich des Wasserhaushalts als auch der Nährstoff- und Sauerstoffversorgung Extremstandorte für Pflanzen dar, insbesondere für Holzgewächse.

In der für Mittelfranken typischen Ausbildung liegt der Erlenbruchwald in der Brucker Lache nur noch in Resten mit einem einzigen größeren Bestand ganz im Westen des Untersuchungsgebiets vor. Daneben gibt es noch einige kleinere Stellen, die mehr oder weniger einen Übergang vom Erlenbruchwald zum später zu besprechenden Erlenuwald darstellen, so etwa im Zentrum der Brucker Lache im Bereich des Franzosenwegs.

2.1.1 Vegetationsaufbau

Wegen der extremen Standortsituation ist in der Baumschicht praktisch nur die Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) zu finden, die mittels ihres speziell ausgebildeten Wurzelsystems sowohl den Sauerstoffmangel als auch mangelnde Festigkeit der wasserdurchtränkten Böden ertragen kann. In der spärlichen Strauchschicht sind gelegentlich Faulbaum (*Frangula alnus*) und Traubenkirsche (*Prunus padus*) sowie sehr wenig Erlenjungwuchs anzutreffen. Der Erlenbruchwald hat also einen ausgesprochenen Hallenwaldcharakter, der aber wegen der langsamen Umwandlung vieler Bestände zu Erlenuwäldern langsam verloren geht.

Von den wenigen Charakterarten der Assoziation ist im Gebiet vor allem die Walzensegge (*Carex elongata*) (Abb. 1) etwas häufiger zu finden. Die Schwarze Johannisbeere (*Ribes nigrum*) wurde von TITZE (1969) in der nicht weit entfernten Böhmlach nachgewiesen, scheint aber der Brucker Lache zu fehlen. Als lokale Assoziations-Charakterart dürfte dagegen die Blasensegge (*Carex vesicaria*) anzusehen sein, die ansonsten ihren Schwerpunkt in den Großseggenriedern des *Magnocaricion* hat. Sehr gut charakterisiert ist das *Carici elongatae-Alnetum* außerdem durch die Verbands-Charakterart *Thelypteris palustris*, den Sumpflappenfarn (Abb. 2). Das Sumpfreitgras (*Calamagrostis arundinacea*), das als schwache Ordnungs-Charakterart gilt, ist dagegen in der Brucker Lache nur noch selten

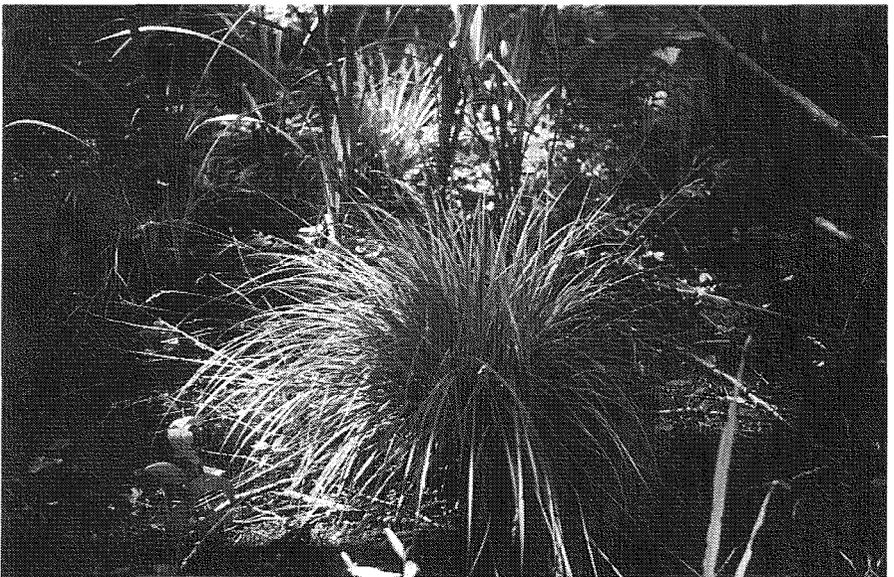


Abb. 1: Die horstförmig wachsende Walzensegge (*Carex elongata*) ist für den Erlenbruchwald ebenso typisch wie die vielen vegetationsfreien Stellen (phot.: Roder)



Abb. 2: Große Herden des Sumpflappenfarns (*Thelypteris palustris*) und der Sumpfsegge (*Carex acutiformis*) kennzeichnen den Erlenbruchwald in seiner auf nährstoffreicheren Böden wachsenden Subassoziation (*Carici elongatae-Alnetum caricetosum acutiformis*) (phot.: Roder)

an Grabenrändern, die nicht zu den Standorten des Erlenbruchwaldes gezählt werden können, anzutreffen. Gut gekennzeichnet ist die Assoziation weiterhin durch eine Reihe von Arten, die hauptsächlich im Großseggenürtel beheimatet sind und als Differentialarten der Ordnung *Alnetalia glutinosae* zu betrachten sind (vgl. auch SCHRICKER-MÜLLER 1989, BRUNNER 1992, KRAPP 1993). An vorderster Stelle zu nennen sind hier der Bittersüße Nachtschatten (*Solanum dulcamara*) sowie Sumpffhaarstrang (*Peucedanum palustre*) und Sumpflabkraut (*Galium palustre*). Auch Sumpfschwertlilie (*Iris pseudacorus*), Flatterbinse (*Juncus effusus*), Wolfstrapp (*Lycopus europaeus*) und Flutender Wasserschwaden (*Glyceria fluitans*) können als Ordnungs-Differentialarten, zumindest aber als Differentialarten gegenüber dem *Pruno-Fraxinetum* Verwendung finden. Daneben haben noch Bitteres Schaumkraut (*Cardamine amara*), Sumpfhelmkraut (*Scutellaria galericulata*), Sumpfdotterblume (*Caltha palustris*), Pfennigkraut (*Lysimachia nummularium*), Gilbweiderich (*Lysimachia vulgaris*) und Blutweiderich (*Lythrum salicaria*) hier den Schwerpunkt ihres Vorkommens in Wäldern.

Wie schon aus der Häufigkeit der Wortzusammensetzung „Sumpf-“ im deutschen Namen und „palustris“ im wissenschaftlichen hervorgeht, sind hier viele Helophyten, also Arten, die auf Sumpfböden wachsen können und überwiegend zur Ordnung der *Phragmitetalia*, der Röhrichte und Großseggenrieder, gehören, betei-

ligt. Laubwaldarten aus der Klasse *Querc-Fagetea* sind dagegen von untergeordneter Bedeutung.

2.1.2 Untereinheiten

Dies gilt in strengem Maße allerdings nur für die Typische Subassoziation des *Carici elongatae-Alnetum*, die durch geringeren Nährstoffgehalt der Böden und eine geringere Artenzahl gekennzeichnet ist. Häufig ist sie auch als Initialstadium des Erlenbruchwaldes anzusehen. Die im Gebiet weit häufiger auftretende Subassoziation von *Carex acutiformis*, das *Carici elongatae-Alnetum caricetosum acutiformis*, die in etwa der Subassoziation von *Ranunculus repens* bei RODER (1991) bzw. der *Carex acutiformis*-Ausbildung bei TITZE (1969) entspricht, enthält dagegen sehr viel mehr Laubwaldarten. Sie besiedelt die etwas nährstoffreicheren Böden und leitet zu den Traubenkirschen-Eschen-Auwäldern (*Pruno-Fraxinetum*) über, insbesondere zu deren Subassoziation von *Phalaris arundinacea*, die bereits deutlich als *Querc-Fagetea*-Gesellschaft zu erkennen ist.

Für das *Carici elongatae-Alnetum caricetosum acutiformis* können neben der namengebenden Sumpfschilf (*Carex acutiformis*) die folgenden Arten als differenzierend gegenüber der Typischen Subassoziation betrachtet werden: Gewöhnliches Rispengras (*Poa trivialis*), Sumpfpippau (*Crepis paludosa*), Kriechender Hahnenfuß (*Ranunculus repens*), Mädesüß (*Filipendula ulmaria*), Wechselblättriges Milzkraut (*Chrysosplenium alternifolium*), Bitteres Schaumkraut (*Cardamine amara*) und Wiesenschaumkraut (*Cardamine pratensis*). Mit Traubenkirsche (*Prunus padus*), Esche (*Fraxinus excelsior*), Kreuzdorn (*Rhamnus cathartica*) und Himbeere (*Rubus idaeus*) sind hier noch weitere Holzgewächse am Aufbau der Baum- und Strauchschicht beteiligt. Manche Bestände enthalten einige ausgesprochene Stickstoffzeiger wie Große Brennnessel (*Urtica dioica*) und Kleblabkraut (*Galium aparine*) und leiten zu einer noch nährstoffreichere Böden bevorzugenden Subassoziation, der von *Symphytum officinale*, über, die aber in guter Ausbildung in der Brucker Lache nicht anzutreffen ist.

Die Typische Subassoziation und die Subassoziation von *Carex acutiformis* des *Carici elongatae-Alnetum* werden in der beiliegenden Vegetationskarte zusammengefaßt (Vegetationseinheit 1). Desgleichen wird der von RODER kartierte „Übergang vom *Carici elongatae-Alnetum* zur *Poa remota*-Subassoziation des *Pruno-Fraxinetum*“ dem *Carici elongatae-Alnetum* zugeschlagen.

Die Frage nach der korrekten Benennung der Subassoziationen des Walzensiegen-Schwarzerlen-Bruchwaldes ist vergleichsweise schwierig zu beantworten und soll hier nur angedeutet werden. BODEUX (1955) benannte die „reichere“ Subassoziation nach *Ranunculus repens*, SEIBERT in OBERDORFER (1992) nach *Carex acutiformis*. Auf jeden Fall ist die Unterscheidung einer Subassoziation auf nährstoffärmeren (*typicum*) und -reicheren Böden (*caricetosum acutiformis* bzw. *ranunculetosum*)

repentis) möglich und vor allem auch zweckmäßig, da hierdurch Aussagen über die Standortbedingungen und über die zukünftige Entwicklung der Bestände möglich sind, die sowohl für den Waldbau als auch den Naturschutz gleichermaßen wichtig sind. So ist die „reichere“ Subassoziation, die bei RODER (1991) als Übergang zur *Poa remota*-Subassoziation des *Pruno-Fraxinetum* bezeichnet wird, in ihrem Fortbestand als *Carici elongatae-Alnetum* stark gefährdet, da durch Entwässerung und Nährstoffanreicherung (Eutrophierung) künstlich Bedingungen geschaffen werden, die mehr für die Arten des Erlenuwaldes, das *Pruno-Fraxinetum*, geeignet sind. Die Typische Subassoziation des Erlbruchwaldes, die auf den vergleichsweise ärmeren Böden wächst, würde sich zunächst in die reichere Subassoziation von *Carex acutiformis* umwandeln und danach in einen Erlenuwald. Den Beständen der Typischen Subassoziation bleibt sozusagen mehr Zeit, bis sie als Folge der durch den Menschen veränderten Umweltbedingungen in eine andere Assoziation umgewandelt werden und somit verloren gehen. Auch hier bestätigt sich die Tatsache, daß die Pflanzengesellschaften der nährstoffärmeren Standorte durch die im Zuge von Eutrophierung eindringenden Nährstoffzeiger stärker gefährdet sind als andere Gesellschaften, so daß sie besonders erhaltenswert und schutzbedürftig sind. Der Gesetzgeber hat diesem Tatbestand durch die Schaffung des Artikels 6d „Schutz von Feuchtflächen, Mager- und Trockenstandorten“ im Bayerischen Naturschutzgesetz explizit Rechnung getragen.

2.2 Der Schwarzerlen-Eschen-Auwald

Pruno-Fraxinetum Oberd. 1953

Der Schwarzerlen-Eschen-Auwald oder auch Traubenkirschen-Erlen-Eschen-Auwald – im folgenden nur als Erlenuwald bezeichnet – ist in der Brucker Lache großflächig auf feuchten bis nassen Böden anzutreffen. Er besiedelt alle übrigen Feuchtstandorte, die nicht vom Erlbruchwald eingenommen werden und steht mit diesem in engem räumlichem Kontakt. An vielen Stellen ist er als Folge von Entwässerungsmaßnahmen aus diesem hervorgegangen. Häufig bilden die beiden Assoziationen Übergangsgesellschaften, die eine Klassifizierung erschweren. Immerhin ist in den meisten Fällen ein Übergewicht der Arten der einen oder anderen Assoziation festzustellen, so daß eine synsystematische Zuordnung möglich ist. Insgesamt ist das *Pruno-Fraxinetum* eine in fast ganz Europa verbreitete Gesellschaft, bevorzugt der tieferen Lagen. Wie der Erlbruchwald zählt sie zu den azonalen Gesellschaften, bei denen der alles beherrschende Faktor das hoch anstehende Bodenwasser ist. War es im ersteren Fall stagnierendes Grundwasser, so haben wir es im Erlenuwald mit fließendem oder besser mit sich bewegendem Grundwasser zu tun, dessen Stand im Jahresverlauf starken Schwankungen unterworfen ist. In einem Frühjahr mit „normalem“ Witterungsverlauf ist ein Auwald durch die Hochwasser führenden Bäche oder Flüsse überschwemmt. Das rasch abfließende Wasser hinterläßt im Unter- und Mittellauf nährstoffreiche Sand- und

Schlammablagerungen und zieht sich im Laufe des Frühsommers bis auf etwa einen Meter unter die Bodenoberfläche zurück. Die damit verbundene gute Sauerstoffversorgung der oberen Bodenschichten ermöglicht die Bildung von Auenbraunerden und anderen für den Pflanzenwuchs günstigen Böden.

Wie der Bodenkarte der Brucker Lache zu entnehmen ist (vgl. Beitrag ROSSNER & ERHARDT), stockt der Erlenuwald in weiten Bereichen – so z.B. beidseitig des Franzosenwegs – jedoch auch auf Moorgleyen und sogar Moorböden, die dem Erlbruchwald vorbehalten sein sollten. Dies ist ein überaus deutliches Zeichen, daß sich in der Vegetation auf den Naßböden ein tiefgreifender Wandel vollzogen hat, der immer noch fortschreiten dürfte, auch wenn in jüngerer Zeit durch das Verschließen von Entwässerungsgräben wieder bessere Bedingungen für den Bruchwald eingetreten sein könnten.

Die Nichtübereinstimmung von Pflanzengesellschaft und Bodentyp deutet darauf hin, daß die derzeitige Kartierung der Bodentypen bald nicht mehr aktuell sein dürfte, da sich die jetzt noch vorhandenen Moorböden an den Stellen, die gerade entwässert werden, in weniger moorige Böden vom Typ Pseudogley oder Gley umwandeln werden. Bei den Feuchtwäldern ist die Umwandlung von Moorböden-besiedelnden Bruchwäldern zu Gleyböden-besiedelnden Auwäldern in Teilen Bayerns und anderswo weit fortgeschritten.

Es ergibt sich hier ein interessantes Problem, denn es muß ja zuerst der geeignete Boden vorhanden sein, bevor ihn die an diesen Boden angepaßten Pflanzen und Pflanzengesellschaften besiedeln können. Dem Anschein nach geht aber die Entwicklung der Pflanzengesellschaften der der Böden voran, was aber nicht sein kann. Es sieht wohl so aus, als wäre die Veränderung im Wasserhaushalt, nämlich vom stagnierenden zum bewegten Grundwasser, ein so dominanter Faktor, daß die Pflanzen auf ihn quasi sofort „reagieren“, noch bevor sich die damit einhergehenden Veränderungen im Bodentyp manifestieren bzw. erkennbar sind. Wir haben es in diesen Fällen offensichtlich mit Moorböden mit fließendem statt stagnierendem Grundwasser zu tun. Bei der Erarbeitung einer Bodenkarte kann also in Fällen, wo mit einer starken Veränderung zu rechnen ist – etwa infolge Entwässerung –, eine bodenkundliche Kartierung nach Pflanzengesellschaften oder gar nur nach einzelnen Indikatorarten leicht zu voreiligen Schlüssen oder Bewertungen führen.

Die pH-Werte liegen bei den Böden des Erlenuwaldes fast durchwegs niedriger als im Erlbruchwald. Sie bewegen sich in den verschiedenen Untergesellschaften entsprechend dem unterschiedlichen Nährstoffgehalt und Bodentyp zwischen 4,1 und 6,5 im Oberboden (RODER 1991).

2.2.1 Vegetationsaufbau

Obwohl auch der Erlenuwald von der Schwarzerle als Hauptbaumart beherrscht wird, ist er in seinem Erscheinungsbild deutlich vom Erlbruchwald unterschieden.

Wie TITZE (1969) ausführlich schildert, ist er „freundlich, heiter, bewegter, reicher und weniger streng gegliedert“ (l.c.:61). Neben einer artenreichen und wüchsigen Strauchschicht sind fast immer zwei Baumschichten ausgebildet, die vor allem aus Erle, Esche und Traubenkirsche bestehen, wobei letztere nur die zweite Baumschicht erreichen kann. Die Schwarzerle erzielt im Erlenuwald ihre beste Wuchsleistung überhaupt und bildet gerade Stämme von über 20 m Höhe aus.

Die Strauchschicht enthält mit Kreuzdorn (*Rhamnus cathartica*), Pfaffenhütchen (*Euonymus europaea*) und Gewöhnlichem Schneeball (*Viburnum opulus*) hauptsächlich Klassen-Charakterarten der sommergrünen Laubwälder der Klasse *Quercus-Fagetalia*. Daneben sind noch Faulbaum (*Frangula alnus*), Schwarzer Holunder (*Sambucus nigra*), Himbeere (*Rubus idaeus*) und Seidelbast (*Daphne mezereum*) stark vertreten. Die Kraut-Gras-Schicht ist als ausgesprochen üppig zu bezeichnen und wächst nicht selten auf über 1,50 Meter heran.

Das *Pruno-Fraxinetum* ist arm an Assoziations-Charakterarten und muß wohl mit WELSS (1985) als die Zentralassoziation des Verbandes *Alno-Ulmion* bezeichnet werden. Am ehesten kann die seltene Flatterulme (*Ulmus laevis*) als Assoziations-Charakterart gelten. Die Verbands-Charakterart Traubenkirsche hat hier den Schwerpunkt ihres Vorkommens. Als lokale Differentialarten könnten vielleicht Märzenbecher (*Leucojum vernum*), Gelbe Wiesenraute (*Thalictrum flavum*) und Behaarter Kälberkropf (*Chaerophyllum hirsutum*) angesehen werden, wobei allerdings die beiden ersten Arten recht selten sind und *Chaerophyllum hirsutum* eine zu weite ökologische Amplitude hat.

Trotz der geringen Zahl von Assoziations-Charakterarten ist das *Pruno-Fraxinetum* eine gut erkennbare Gesellschaft, da es die einzige Assoziation des Verbandes *Alno-Ulmion* des Gebietes ist und infolgedessen sämtliche Charakterarten dieses Verbandes gleichzeitig für die Assoziation kennzeichnend sind. Zu ihnen gehören Seegrassegge (*Carex brizoides*), Hopfen (*Humulus lupulus*), Haingilbweiderich (*Lysimachia nemorum*), Waldengelwurz (*Angelica sylvestris*), Kratzbeere (*Rubus caesius*), Sumpfpippau (*Crepis paludosa*), Wechselblättriges Milkzkraut (*Chrysosplenium alternifolium*) und die sehr seltene Rote Johannisbeere (*Ribes rubrum*), die eventuell aus Gartenabfällen stammt, aber inzwischen als eingebürgert gelten kann. Zur charakteristischen Artenkombination gehören noch einige Stickstoffzeiger, die häufig in den nitrophytischen Säumen anzutreffen sind, wie Kleblabkraut (*Galium aparine*), Giersch (*Aegopodium podagraria*), Echte Nelkenwurz (*Geum rbanum*), Große Brennessel (*Urtica dioica*), Riesenschwingel (*Festuca gigantea*), Stechender Hohlzahn (*Galeopsis tetrahit*) und Gundelrebe (*Glechoma hederacea*).

Da eine Trennung der Bruch- und Auwälder allein anhand von Charakterarten wegen deren geringer Zahl und ihrer Seltenheit schlecht vorgenommen werden kann, ist das entscheidende Merkmal im Erlenuwald der starke Anteil von Laubwaldarten der Ordnung *Fagetalia* und der Klasse *Quercus-Fagetalia*, und zwar

vor allem derjenigen, die die feuchteren Ausbildungen der Laubwälder bevorzugen. Neben den weiter oben schon erwähnten sind dies Kriechender Günsel (*Ajuga reptans*), Einbeere (*Paris quadrifolia*), Waldsegge (*Carex sylvatica*), Vielblütige Weißwurz (*Polygonatum multiflorum*), Goldschopfhahnenfuß (*Ranunculus auricomus*) und Scharbockskraut (*Ranunculus ficaria*), sowie die etwas trockenere Böden ertragenden Arten Waldveilchen (*Viola reichenbachiana*), Ährige Teufelskrallen (*Phyteuma spicatum*), Nickendes Perlgras (*Melica nutans*), Frühlingshain-simse (*Luzula pilosa*), Frauenfarn (*Athyrium filix-femina*), Großes Zweiblatt (*Listera ovata*) und Maiglöckchen (*Convallaria majalis*).

Der Erlenauwald der Brucker Lache gehört zur im Mittelfränkischen Becken weit verbreiteten Tieflagenform des *Pruno-Fraxinetum*, das durch *Humulus lupulus*, *Stellaria holostea*, *Galium aparine* und andere charakterisiert ist. Immerhin ist mit *Chaerophyllum hirsutum* auch eine Art der Hochlagenform vertreten, erklärbar sicherlich durch die Muldenlage der Brucker Lache, in der es vermehrt zu Kaltluftansammlungen kommt. Auf die gleiche Ursache dürften auch die Vorkommen der ebenfalls mehr montanen Arten Wolliges Reitgras (*Calamagrostis villosa*) und Berglappenfarn (*Thelypteris limbosperma* = *Dryopteris oreopteris*) sowie des Peitschenmooses (*Bazzania trilobata*) zurückzuführen sein.

2.2.2 Untereinheiten

Das *Pruno-Fraxinetum* der Brucker Lache tritt in zwei Subassoziationen auf: Die Subassoziation von *Phalaris arundinacea*, der Rohrglanzgras-Schwarzerlen-Eschen-Auwald *Pruno-Fraxinetum phalaridetosum* (Vegetationseinheit 2), die mehr in Richtung zum Erlenbruchwald tendiert, und die Typische Subassoziation auf den etwas trockeneren Standorten. Die von TITZE (1969) nach OBERDORFER (1957) ausgegliederte und von RÖDER (1991) übernommene *Poa remota*-Subassoziation ging in der neueren Bearbeitung von SEIBERT in OBERDORFER (1992) im *Pruno-Fraxinetum phalaridetosum* auf, die Subassoziation von *Equisetum sylvaticum* muß wohl der Typischen Subassoziation zugeordnet werden.

Insgesamt besiedelt der Rohrglanzgras-Erlenauwald die nasseren und nährstoffreicheren Böden. Er ist im Hochsommeraspekt durch seine nicht selten bis mannhohle und nahezu undurchdringliche Kraut-Gras-Schicht gekennzeichnet und enthält viele Nässe- und Stickstoffzeiger, insbesondere Mädesüß (*Filipendula ulmaria*), Großes Springkraut (*Impatiens noli-tangere*), Sumpfschilf (*Carex acutiformis*), Große Brennnessel (*Urtica dioica*), Kleblabkraut (*Galium aparine*), Entferntblütiges Rispengras (*Poa remota*) und Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*). Hier ist auch der Märzenbecher (*Leucojum vernum*) zuhause, der im zeitigen Frühjahr an mindestens vier Stellen, darunter zwei großen mit einigen hundert Exemplaren (RÖDER 1991), seine weißen Blütenglocken über den noch winterlichen Waldboden erhebt. Er ist im Mittelfränkischen Becken als stark gefährdet anzusehen (Rote-

Liste-Status 2 nach KRACH & NEZADAL 1994), scheint sich aber in den letzten Jahren in seinem Bestand etwas erholt zu haben.

Das *Pruno-Fraxinetum phalaridetosum* ist diejenige Ausbildung der Erlenauwälder, die ihr Areal in weiten Bereichen auf Kosten des Erlenbruchwaldes vergrößert haben dürfte. Vermutlich weniger verändert haben sich dagegen die Verhältnisse in der Typischen Subassoziation. Als Bodentyp finden sich hier Anmoorgleye, Moorgleye und Braunerde-Pseudogleye. Der Nährstoffgehalt der Böden ist geringer, ebenso die Feuchtigkeit. Demzufolge ist die Krautschicht weit weniger üppig entwickelt. Kennzeichnend ist das vermehrte Auftreten von Maiglöckchen (*Convallaria majalis*), Dornigem Wurmfarne (*Dryopteris carthusiana*) und Waldschachtelhalm (*Equisetum sylvaticum*) sowie von Arten, die in vielen Fällen als Störzeiger fungieren, wie Zitterpappel (*Populus tremula*), Sauerklee (*Oxalis acetosa*), Schattenblümchen (*Maianthemum bifolia*) und vor allem Seegrassesegge (*Carex brizoides*). Letztere tritt fast immer Fazies-bildend in großen Beständen auf (Abb. 3), so daß von einer *Carex brizoides*-Ausbildung des *Pruno-Fraxinetum typicum* gesprochen werden kann, die als eigene Vegetationseinheit 3 ausgeschieden wurde und durch die hochstete Hohe Schlüsselblume (*Primula elatior*) und den Giersch (*Aegopodium podagraria*) zusätzlich charakterisiert wird.



Abb. 3: In der *Carex brizoides*-Ausbildung des Schwarzerlen-Eschenauwaldes läßt die an ein wogendes Meer erinnernde Seegrassesegge (*Carex brizoides*) nur wenige andere Pflanzen neben sich aufkommen (phot.: Roder)

Ihr gegenüber steht die artenarme Ausbildung des Erlenuwaldes (*Pruno-Fraxinetum typicum*) (Vegetationseinheit 4), der viele Arten fehlen, die nährstoffreichere Böden bevorzugen. Hierher gehören u.a. *Ranunculus auricomus*, *Paris quadrifolia*, *Geum rivale*, *Poa remota* und die Rasenschmiele (*Deschampsia cespitosa*). Außerdem spielen in dieser Gesellschaft erstmals Stieleiche (*Quercus robur*) und Hängebirke (*Betula pendula*) eine Rolle. Viele Standorte der Typischen Subassoziation des *Pruno-Fraxinetum* wurden in der Vergangenheit mit Fichten (*Picea abies*) und in geringerem Maße mit Grauerlen (*Alnus incana*) aufgeforstet. Diese Bereiche wurden von RODER (1991) extra auskartiert, in der beiliegenden Vegetationskarte aber aus Gründen der Übersichtlichkeit zusammengefaßt. Die Stürme der letzten Jahre – vor allem „Wiebke“ im März 1990 – haben einen Großteil dieser heute als „Umweltsünden“ angesehenen Aufforstungen mit hier nicht heimischen Gehölzen korrigiert. Es war frappierend zu sehen, wie auf den nassen Böden die Fichten praktisch flächendeckend dem Windwurf und Sturmbruch zum Opfer fielen, die direkt daneben und zum Teil auch dazwischen stehenden Schwarzerlen den Sturm dagegen unbeschadet überstanden. Insbesondere im südlichen Teil des Franzosenwegs türmten sich die umgestürzten Fichtenstämme zu einem drei bis vier Meter hohen Verhau (Abb. 4), der noch viele Jahre drastisch vor Augen führen wird, was passiert, wenn versucht wird, Waldbau „gegen die Natur“ zu betreiben.



Abb. 4: In den Fichtenforsten forderte der Sturm "Wiebke" im Frühjahr 1990 einen hohen Tribut. Auf den nassen Böden sind die Tellerwurzeln der Fichte im Gegensatz zu den Pfahlwurzeln der Erle nicht genügend standfest (phot.: Roder)

TITZE (1969) hat einen Teil dieser Fichtenbestände, die sich an den Entwässerungsgräben entlangziehen, unter Vorbehalt als Fichten-Erlen-Auenwald (*Piceo-Alnetum* Rubner 1954) bezeichnet, wobei er sich auf die montanen Arten *Calamagrostis villosa*, *Thelypteris limbosperma* (= *Dryopteris oreopteris*), *Alnus incana* und *Bazzania trilobata* stützte. Die meisten Autoren verfahren aber so, wie es von SEIBERT in OBERDORFER (1992) vorgenommen wird, indem sie das *Piceo-Alnetum* nicht als Assoziation anerkennen, sondern dem *Stellario-Alnetum* oder dem *Pruno-Fraxinetum* zuordnen. Dennoch könnte die Fichte im Gegensatz zur Grauerle in der Brucker Lache natürliche Standorte haben, wie es in weit stärkerem Maße für einige der sogenannten „Kältetälchen“ in Mittelfranken – etwa im Schnackenbrunn bei Möhrendorf (vgl. HOHENESTER 1978) – angenommen werden kann, wo zu den genannten Arten noch weitere mit montanem Schwerpunkt hinzukommen, so z. B. *Blechnum spicant*, *Diphasium complanatum* und *Lycopodium annotinum*. Allerdings besteht immer die Möglichkeit, daß die winzigen Sporen dieser drei Farngewächse zusammen mit Fichtenjungpflanzen unbeabsichtigt eingeschleppt wurden. Auf jeden Fall finden sie in der Brucker Lache mit ihrem kühl-humiden Lokalklima und ihrer für Kaltluftansammlungen geeigneten Topographie günstige Wuchsorte.

2.3 Preiselbeer-Kiefern-Eichenwald

Vaccinio vitis-idaeae-Quercetum Oberd. 1957 em. 1992

Als dritte Assoziation der Wälder ist in der Brucker Lache das *Vaccinio-Quercetum*, der Preiselbeer-Kiefern-Eichenwald – im folgenden verkürzt Kiefern-Eichenwald genannt – anzutreffen, der früher als *Pino-Quercetum* Reinh. 1939 (1944) (Artenarmer Föhren-Eichenwald) bezeichnet wurde (vgl. OBERDORFER 1957, HOHENESTER 1960, 1978). Er verkörpert einen ganz anderen Waldtyp als die von der Schwarzerle dominierten Bruch- und Auwälder und wird in der Baumschicht zur Zeit allein von der Waldkiefer oder Föhre (*Pinus sylvestris*) aufgebaut. Ganz selten sind ältere Bäume von Stieleiche, Hängebirke oder Eberesche beigemischt. Wir haben es hier – besonders in den jüngeren und mittleren Altersklassen – mit dem im Volksmund so bezeichneten „Steckerleswald“ zu tun.

Die Kiefer spielt heute eine weit größere Rolle, als sie ihr in der natürlichen Vegetation zukommen würde, da die Bestände viel stärker forstlich überprägt werden können, als es bei den Wäldern der Feuchtstandorte möglich wäre. Die potentielle natürliche Vegetation und die aktuelle Vegetation stimmen hier also viel weniger überein. Es gibt hier keinen so extremen Faktor wie die hohen Grundwasserstände im Falle der Erlenwälder, als daß sich hier die den örtlichen klimatischen und edaphischen Gegebenheiten angepaßte zonale Vegetation entwickeln könnte.

Bei den Böden sind hier erstmals auch terrestrische Böden vom Typ Braunerde bis Podsol anzutreffen, die allerdings einer mehr oder weniger starken Vergleyung

oder Pseudovergleyung unterliegen können und verschiedene Subassoziationen des *Vaccinio-Quercetum* tragen. Vorherrschend sind Sandböden mit einer mehr oder weniger deutlichen Podsolierungstendenz. Humusformen sind demzufolge meist Rohhumus oder rohhumusartige Moder oder Mulle mit niedrigen pH-Werten im Bereich zwischen 3,2 und 3,9. Die pH-Werte liegen also im oder nur knapp über dem für Pflanzen sehr ungünstigen Aluminiumpuffer-Bereich, was zu einer starken Auswaschung der Nährstoffe führt (vgl. Beitrag ROSSNER & ERHARDT). Die Nährstoffverarmung wurde durch die jahrhundertlang anhaltende Streurechnung zusätzlich begünstigt.

Genau wie im Falle der Erlenwälder stimmen auch hier Bodenkarte und Vegetationskarte öfters nicht überein. So wäre nach der Bodenkarte in großen Bereichen, wo heute ein Kiefern-Eichenwald steht – so z. B. westlich des Lachwegs, insbesondere im mittleren Teil – eher mit einem Erlenauwald zu rechnen, da es sich überwiegend um Gleye und Naß- bis Anmoorgleye handelt. Es sieht so aus, als wäre auch hier die Vegetationsentwicklung der Bodenveränderung vorausgeeilt, wobei in Wirklichkeit anzunehmen ist, daß vergleichsweise geringfügige Änderungen im Wasserhaushalt – es handelt sich hier überwiegend um das Einzugsgebiet des Mühlbachgrabens und seiner Nebenbäche – bereits eine tiefgreifende Vegetationsveränderung zur Folge haben, ohne daß sich bereits gut ansprechbare Auswirkungen in Richtung auf eine Umwandlung des Bodentyps feststellen lassen.

2.3.1 Vegetationsaufbau

Das *Vaccinio-Quercetum* ist eine in Mitteleuropa weit verbreitete Assoziation, die dem Verband *Quercion robori-petraeae* zugeordnet wird und nur über wenige Charakterarten verfügt. Hinzu kommt, daß durch die Lage Mittelfrankens am Rande des Verbreitungszentrums dieser hauptsächlich subatlantisch verbreiteten Gesellschaften die Charakterarten bei uns selten werden bzw. ganz ausfallen. Auf der anderen Seite treten einige Arten mit mehr kontinentaler Verbreitung hinzu, die meist als Kiefernbegleiter gewertet werden. Das *Vaccinio-Quercetum* stellt sich somit als an Verbands-Charakterarten verarmte *Quercion robori-petraeae*-Gesellschaft mit einigen Kiefernwaldarten dar und bildet den kontinentalen Flügel der Ordnung *Quercetalia robori-petraeae*.

An Gehölzen sind fast nur Kiefer, Stieleiche und Hängebirke sowie Eberesche (*Sorbus aucuparia*) vorhanden, die auch die Baumartenzusammensetzung der potentiellen natürlichen Vegetation bilden würden. In der aktuellen Vegetation wird die Baumschicht jedoch fast überall ausschließlich von der Kiefer gebildet. Die anderen Holzgewächse sind meist nur als Jungpflanzen beteiligt, da sie in der Vergangenheit bei Durchforstungen regelmäßig beseitigt wurden, so daß Kiefernreinbestände entstehen konnten.

Häufige und für das *Vaccinio-Quercetum* unseres Gebiets sehr kennzeichnende Arten mit hohen Deckungswerten sind Schlängelschmiele (*Avenella flexuosa*),

Besenheide (*Calluna vulgaris*), Wiesenwachtelweizen (*Melampyrum pratense*) und Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*) sowie die Moose *Dicranum polysetum* (*D. undulatum*), *Dicranum scoparium*, *Pleurozium schreberi* und *Leucobryum glaucum*.

Als zumindest lokale Assoziations-Charakterart ist die Preiselbeere (*Vaccinium vitis-idaea*) verwendbar, daneben die Kiefernmistel (*Viscum laxum*) und die seltenen Pyrolaceen Kleines Wintergrün (*Pyrola minor*), Grünliches (*P. chlorantha*) und Nickendes Wintergrün (*Orthilia secunda*), sowie die Rote-Liste-1-Art Winterlieb (*Chimaphila umbellata*), die viele Jahre verschollen war und erst 1992 von K. HORN wiederentdeckt wurde.

Die Unterscheidung zwischen dem mehr atlantisch beeinflussten *Vaccinio-Quercetum*, dem stärker kontinental getönten *Pyrolo-Pinetum* und dem mehr boreal verbreiteten *Leucobryo-Pinetum* ist in unserem Gebiet, das sich wegen der klimatischen Übergangssituation von subkontinental zu subozeanisch (vgl. HOHENESTER 1978) im Überlappungsbereich dieser drei kiefernreichen Waldgesellschaften befindet, außerordentlich schwierig. Für den Kiefern-Eichenwald sollte vor allem die Beteiligung der Verbands- und Ordnungs-Charakterarten von *Quercion* und *Quercetalia robori-petraeae* sprechen, die aber im Regnitztal alle mehr oder weniger selten sind. Ein Übriges tat die lange Übernutzung der Wälder durch Streurechen, Kahlschlag und überhöhten Schalenwildbesatz sowie die jahrhundertlange Aufforstung zu Kiefernreinbeständen, woraus ungünstige Bedingungen für Eichenwälder resultierten. Es spricht also auch manches dafür, einige der fraglichen Bestände einer der beiden genannten Kiefernwaldgesellschaften zuzuordnen. Die reiche Beteiligung von Stieleiche und Hängebirke wird aber meist doch den Ausschlag für den Kiefern-Eichenwald geben.

2.3.2 Typischer Preiselbeer-Kiefern-Eichenwald

Die kennzeichnenden Arten sind vor allem am Vegetationsaufbau der Typischen Subassoziation beteiligt und treten in der feuchteren Subassoziation von *Molinia caerulea* mehr oder weniger zurück. Das *Vaccinio-Quercetum typicum*, der Artenarme Kiefern-Eichenwald, (Vegetationseinheit 5) besiedelt die trockensten und grundwasserfernststen Bereiche der Brucker Lache und ist vor allem südlich und westlich des Mühlbachgrabens und im Nordteil des Gebiets auf den alten Dünenrücken anzutreffen. Die Böden sind durchwegs terrestrische Böden vom Typ podsolige Braunerde bis Braunerde-Podsol aus rein sandigem Ausgangsmaterial.

Viele Bereiche, in denen die Typische Subassoziation des *Vaccinio-Quercetum* wachsen würde, sind heute mit verschiedenen Forstbäumen und sogar Ziergehölzen bepflanzt worden. Häufiger anzutreffen sind Roteichen (*Quercus rubra*) und Fichten, selten Grauerlen (*Alnus incana*), Rotbuchen (*Fagus sylvatica*) und Robinien (*Robinia pseudoacacia*). Bei RODER (1991) wurden sie jeweils mit einer eigenen

Signatur kartiert, so daß bei einer Wiederholungskartierung Veränderungen besser nachgewiesen werden können; in der beiliegenden Vegetationskarte wurden sie jedoch zusammengefaßt, und zwar in der Vegetationseinheit 7. Die amerikanische Roteiche wurde gern auf den nährstoffärmsten und trockensten Böden aufgeforstet, um hier, wo von den einheimischen Bäumen nur die Kiefer gedeiht, durch die Laubstreu langfristig eine Bodenverbesserung zu erzielen. Nur zersetzt sich das Laub der Roteiche kaum schneller als die Nadelstreu, so daß es auch hier zu einer Anhäufung einer mehrjährigen Streuschicht kommt, die den Wasser- und Luftzutritt zum Boden stärker behindert als die Kiefernadeln. Der eventuelle Nutzen durch eine gewisse Anhäufung von Nährstoffen und Basen, wird also durch einige Nachteile wieder kompensiert. Auch ist nicht einzusehen, daß ausgerechnet in einem Naturschutzgebiet mit ausländischen Gehölzen experimentiert werden soll. Ähnliches gilt für die in der Hoffnung auf finanzielle Erträge gepflanzte Fichte. Sie gehört zwar zu den einheimischen Baumarten, jedoch der höheren Mittelgebirge und der Alpen, und dürfte in der potentiellen natürlichen Vegetation der Brucker Lache nur eine sehr untergeordnete Rolle an den kältesten Stellen des Gebiets spielen, auf keinen Fall aber auf den Standorten des *Vaccinio-Quercetum typicum*. Die Grauerle wurde früher neben der Schwarzerle zur Bodenverbesserung gepflanzt; über ihre „Nicht-Natürlichkeit“ im Mittelfränkischen Becken gibt es heute kaum mehr Zweifel. In jüngerer Zeit sind einige Standorte des Kiefern-Eichenwaldes durch Einbringung von Park- und Gartenabfällen stark verändert worden. Besonders in der „Bierlach“ im Nordteil des Untersuchungsgebietes, wo die Brucker Lache unmittelbar an ein Wohngebiet angrenzt, kann man neben den hier standortfremden, in Massen auftretenden Spitzahornen (*Acer platanoides*) ausländische Gehölze wie Roßkastanie (*Aesculus hippocastanum*), Eschenahorn (*Acer negundo*), Spätblühende Traubenkirsche (*Prunus serotina*), mehrere Zwergmispel (*Cotoneaster*)- und Berberitzen-Arten (*Berberis*) sowie einige weitere „Exoten“ finden.

2.3.3 Pfeifengras-Preiselbeer-Kiefern-Eichenwald

Vaccinio-Quercetum molinietosum

Neben der Typischen Subassoziation ist das *Vaccinio-Quercetum* großflächig noch in einer zweiten Subassoziation ausgebildet, nämlich der von *Molinia*, dem Pfeifengras-Kiefern-Eichenwald (*Vaccinio-Quercetum molinietosum*) (Vegetationseinheit 6). Selten läßt sich eine Subassoziation so gut erkennen, wie in diesem Falle, wo dichte Bestände des Pfeifengrases (*Molinia caerulea* s.l.) die Zwergstrauchschicht zurückdrängen. Die Sippenzugehörigkeit dieses kräftigen, mit seinen Halmen mehr als 1,50 m erreichenden Horstgrases ist immer noch nicht ganz geklärt. Es sieht aber so aus als ob es sich bei den Vorkommen im Wald um die Kleinart *Molinia arundinacea* (*M. litoralis*) handeln würde, während die Kleinart *Molinia caerulea* s. str. für die Pfeifengraswiesen charakteristisch wäre (vgl. auch Verein zur Erforschung der Flora des Regnitzgebietes 1990).

Außer Waldkiefer und Stieleiche ist die Hängebirke als Art mit höherem Wasserbedarf so gut wie immer beteiligt, wie die Eiche aber meist nur als Jungpflanze. Ferner hat hier die Fichte günstigere Lebensmöglichkeiten und wird deshalb gerne aufgeforstet. Gelegentlich zeigt sie eine ganz passable Naturverjüngung, was aber wenig über ihre Natürlichkeit und gar nichts über ihre Lebenserwartung aussagt, die nach allen Erfahrungen mit Rotfäule und Sturmereignissen nur als gering eingeschätzt werden kann.

Entscheidend für das Auftreten dieser Subassoziation ist das Vorhandensein wechselfeuchter Böden, wie sie in reichem Maße als verschiedene Gleye und Pseudogleye vorliegen. Sowohl hinsichtlich ihrer Böden als auch ihrer Artenzusammensetzung steht diese Pflanzengesellschaft zwischen der Artenarmen Ausbildung des Erlenuwaldes (*Pruno-Fraxinetum typicum*) und dem Artenarmen Kiefern-Eichenwald (*Vaccinio-Quercetum typicum*). RODER (1991) hat zusätzlich noch eine Übergangsgesellschaft zwischen den beiden genannten ausgeschieden und kartiert, die hier dem *Vaccinio-Quercetum molinietosum* zugeordnet wurde.

Entsprechend dem kleinräumigen Wechsel des Bodens durch eingelagerte Tonlinsen oder in Abhängigkeit von der Entfernung vom Grundwasser gibt es häufig ungewöhnlich scharfe Grenzen zwischen den beiden Subassoziationen des *Vaccinio-Quercetum*, die wegen der starken Dominanz von *Molinia* auf den ersten Blick zu erkennen sind. Dies gilt ganz besonders für den Herbst und Winter, wenn die fahlgelben Horste des abgetrockneten Pfeifengrases weithin den Aspekt bestimmen.

Die Böden in dieser Subassoziation mit ihrem starken Wechsel zwischen Winternässe und Sommertrockenheit bereiten den meisten Pflanzen große Schwierigkeiten hinsichtlich der mechanischen Beanspruchung und Sauerstoffversorgung der Wurzeln, insbesondere wenn es sich um reine Tonböden handelt und wenn es zu einer starken Austrocknung kommt, was beides in der Brucker Lache weniger der Fall ist. Durch solche Bedingungen werden bestimmte Spezialisten unter den Pflanzen gefördert, die sogenannten „Wechselfeuchtigkeitszeiger“. Von ihnen sind im Untersuchungsgebiet neben dem Pfeifengras vor allem Faulbaum und Adlerfarn (*Pteridium aquilinum*) häufig beteiligt; Blutwurz (*Potentilla erecta*) und Teufelsabbiß (*Succisa pratensis*) spielen dagegen nur eine geringe Rolle. Als Differentialart gegenüber der Typischen Subassoziation kann zusätzlich der Breitblättrige Dornfarn (*Dryopteris dilatata*) Verwendung finden.

Der Adlerfarn bildet oft großflächig dichte Bestände im *Vaccinio-Quercetum molinietosum*, die als *Pteridium*-Facies dieser Subassoziation ausgewiesen werden können. Ihr Vorkommen deckt sich nach RODER (1991) weitgehend mit dem von Pseudogleyen und wurde von ihm extra auskartiert. Die sommerliche Austrocknung scheint hier stärker zu sein als im übrigen Pfeifengras-Kiefern-Eichenwald, so daß Schlagpflanzen wie Brombeeren (*Rubus fruticosus s.l.*), Himbeeren (*Rubus idaeus*), Schwarzer Hollunder (*Sambucus nigra*) und Weidenröschen (*Epilobium angustifolium*) an Bedeutung gewinnen. Andere Arten läßt der sehr konkurrenzstarke Adlerfarn kaum zu einer stärkeren Entfaltung kommen.

Als letzte Kartiereinheit 8 wurden noch Lichtungen, Schlagfluren und Freiflächen aufgenommen. Hier ist der Waldcharakter zur Zeit stark verändert, und die Flächen werden hauptsächlich von Schlagfluren als Sukzessionsstadien von Windbrüchen eingenommen. Die Remineralisierung großer Mengen abgestorbener Baumwurzeln und liegengebliebener Stämme führt zu einer vorübergehend hohen Stickstoffversorgung, so daß hier Schlagpflanzen und Vorwaldarten wie Zitterpappel, Salweide und Hängebirke in Verbindung mit dem guten Lichtangebot ihnen zusagende Verhältnisse finden. Bei ungestörtem Verlauf der Vegetationsentwicklung wird sich an diesen Stellen gemäß der potentiellen natürlichen Vegetation wieder die für diesen Standort charakteristische Waldgesellschaft einfinden. Diese Vorgänge sind in weiten Bereichen des Naturwaldreservats bereits in vollem Gange, wie an dem kräftigen Erlenjungwuchs in den zusammengebrochenen Fichtenforsten östlich des Franzosenwegs seit längerem zu beobachten ist.

3 Zusammenfassung

Die Vegetation der Brucker Lache wird fast ausschließlich von Wäldern gebildet. Die mehr oder weniger feuchten bis nassen Böden werden von Erlenwäldern eingenommen, die trockenere vom Kiefern-Eichenwald. Unter den Erlenwäldern besiedelt der Walzenseggen-Schwarzerlen-Bruchwald, das *Caricic elongatae-Alnetum*, nurmehr ein kleines Gebiet auf ganzjährig feuchten Böden mit stagnierendem Grundwasser und geringer Grundwasserschwankung. Er hat bereits einen Großteil seines früheren Areals verloren, da die meisten Bestände als Folge von Grundwasserabsenkungen bereits als Übergänge zum Traubenkirschen-Eschen-Erlenauwald (*Pruno-Fraxinetum*) anzusehen sind. Diese Prozesse der Umwandlung von Erlenbruchwäldern zu Erlenauwäldern haben in der Vergangenheit in weitem Umfang stattgefunden, wie aus den derzeitigen Bodenverhältnissen zu schließen ist. Seine beste Entwicklung zeigt das *Pruno-Fraxinetum* auf nährstoffreicheren Böden mit starken Grundwasserschwankungen. Es tritt in zwei Subassoziationen auf: Die durch eine üppige Kraut-Gras-Schicht gekennzeichnete Subassoziation von *Phalaris arundinacea* (*Pruno-Fraxinetum phalaridetosum*) stellt den Übergang zum Erlenbruchwald dar und dürfte in vielen Fällen als Folge von Grundwasserabsenkungen aus diesem hervorgegangen sein, die Typische Subassoziation (*Pruno-Fraxinetum typicum*) läßt sich in die *Carex brizoides*-Ausbildung und die Artenarme Ausbildung unterteilen. Auf den Standorten der Typischen Subassoziation wurden in der Vergangenheit umfangreiche Fichtenaufforstungen vorgenommen, die in den letzten Jahren vermehrt durch Windwurf heimgesucht und weitgehend vernichtet wurden.

Als dritte Assoziation ist der Artenarme Kiefern-Eichenwald, das *Vaccinio-Quercetum*, in der Brucker Lache anzutreffen. Er besiedelt die höher gelegenen, sandigen Bereiche rings um die mit den Erlenbruch- und Erlenauwäldern bestockte Senke der eigentlichen Brucker Lache und stellt sich heute fast durchwegs

als Kiefernforst dar. Seine Zugehörigkeit zu den Eichenwäldern ist aber am Unterwuchs deutlich zu erkennen. Die Subassoziation *Vaccinio-Quercetum molinietosum*, der Pfeifengras-Kiefern-Eichenwald, stockt auf wechselfeuchten Gley- und Pseudogley-Böden, die Typische Subassoziation auf trockenen, podsolierten Sandböden. Sie entspricht in ihrem heutigen Erscheinungsbild dem „Steckerleswald“ der Nürnberger.

Übersicht über die behandelten Pflanzengesellschaften

K. *Alnetea glutinosae* Br.-Bl et Tx. 1943

O. *Alnetalia glutinosae* Tx. 1937

V. *Alnion glutinosae* Malc. 1929

A. *Carici elongatae-Alnetum* W. Koch 1926 ex Tx. 1931

Subass. *typicum*

Subass. *caricetosum acutiformis*

K. *Querco-Fagetea* Br.-Bl. et Vlieg. 1937 em. Oberd. 1992

O. *Fagetalia* Pawlowski 1928

V. *Alno-Ulmion* Br.-Bl. et Tx. 1943

A. *Pruno-Fraxinetum* Oberd. 1953

Subass. *phalaridetosum*

Subass. *typicum*

Carex brizoides-Ausbildung

Artenarme Ausbildung

O. *Quercetalia robori-petraeae* Tx. (1931) 1937

V. *Quercion robori-petraeae* Br.-Bl. 1932

A. *Vaccinio vitis-idaeae-Quercetum* Oberd. 1957 em. 1992

Subass. *molinietosum*

Pteridium aquilinum-Fazies

Subass. *typicum*

Literatur

- BODEUX, A. (1955): Alnetum glutinosae. Mitt. flor. soz. Arbeitsgem. N.F.: 5:114-137, Stolzenau.
- BRUNNER, Gerhard (1990): Die potentielle natürliche Vegetation des Sebalder Reichswaldes und ihre kartographische Erfassung. - Dipl.-Arb., Erlangen, 130 S. und Anhang.
- BRUNNER, Gerhard (1992): Die „Potentielle Natürliche Vegetation“ des Sebalder Reichswaldes.- Erlanger Baust. Fränk. Heimatforsch. 40:341-392.
- BURKART, Alwin (1989): Soziologische und ökologische Untersuchungen an der Erlanger Schwabach.- Diplomarb., Erlangen, 139 S.
- EHRENDORFER, Friedrich (1973): Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. 2. Aufl.- 318 S., Stuttgart.
- FISCHER, Hagen (1985): Zur Soziologie und Ökologie der Wald- und Forstgesellschaften des nördlichen Sebalder Reichswaldes. - Diplomarb., Erlangen, 118 S.
- FISCHER, Hagen & Florian BEMMERLEIN (1985): Das Pflanzensoziologische Programmsystem am Regionalen Rechenzentrum Erlangen.- Hoppea, Denkschr. Regensb. Botan. Ges. 44: 373-378.
- HÄHNER, Maria (1984): Die bachbegleitende Vegetation im Bereich des Kartenblattes 6433 Lauf a. d. Pegnitz. - Diplomarb., Erlangen, 118 S.
- HECHTEL, Hans (1988): Vegetationsuntersuchungen im Nürnberger Reichswald mit einer Anleitung zur kartographischen Erfassung der Waldgesellschaften. - Dipl.-Arb., Erlangen, 125 S.
- HOHENESTER, Adalbert (1960): Grasheiden und Föhrenwälder auf Diluvial- und Dolomitsanden im nördlichen Bayern.- Ber. Bayer. Bot. Ges. 33: 30-85.
- HOHENESTER, Adalbert (1978): Die potentielle natürliche Vegetation im östlichen Mittelfranken (Region 7), Erläuterungen zur Vegetationskarte 1 : 200 000.- Mitt. Fränk. Geogr. Ges. 23/ 24:5-74; zugleich: Erlanger Geograph. Arb. 38: 1-70.
- KRACH, Ernst & Werner NEZADAL (1994 im Druck): Liste der wildwachsenden Gefäßpflanzen Mittelfrankens – ihre naturräumliche Verbreitung, Häufigkeit und Gefährdung (Rote Liste Mittelfranken).- Regierung von Mittelfranken, Ansbach.
- KRAPP, Jürgen (1993): Pflanzensoziologische Untersuchungen an Wäldern und Gehölzinseln im nördlichen Nürnberger Stadtgebiet – ein Beitrag zum „Biotopverbundsystem Nürnberg“.- Diplomarb., Erlangen, 121 S.
- OBERDORFER, Erich (1957): Süddeutsche Pflanzengesellschaften.-
- OBERDORFER, Erich (1992): Süddeutsche Pflanzengesellschaften, Teil 4: Wälder und Gebüsch.- 2. Aufl., Textband, Stuttgart, 282 S.
- RAUM, Karin (1985): Waldgesellschaften im Sebalder Reichswald und ihre Abhängigkeit vom Bodentyp sowie Frequenzuntersuchungen von Düngungsflächen. - Diplomarb., Erlangen, 203 S.
- REICHE, Susanne (1992): Die Erstellung eines Kartierschlüssels für die reale und heutige potentielle natürliche Vegetation im Kartenblatt 6331 Röttenbach.- Diplomarb., Erlangen, 135 S.
- RÖDER, Armin (1991): Vegetationskundliche Kartierung des Naturschutzgebietes „Brucker Lache“ unter Berücksichtigung ergänzender ökologischer Untersuchungen. - Diplomarb., Erlangen, 363 S.
- SAUERWEIN, Annette (1981): Geobotanische Untersuchungen im Raum des Kartenblattes Schwabach (MTB 6632). - Diplomarb., Erlangen, 87 S.
- SCHRICKER-MÜLLER, Sabine (1989): Erlenreiche Waldgesellschaften im Kartenblatt Nr. 6634 Altdorf bei Nürnberg. -Diplomarb., Erlangen, 127 S.

Vegetation Brucker Lache

- TARGAN, Herbert (1987): Wald- und Forstgesellschaften der Unteren Mark und der Adelsdorfer Mark (se' Höchststadt a. d. Aisch).- 112 S. - Diplomarb., Erlangen, 112 S.
- TITZE, Peter (1969): Der Erlensumpfwald im Naturschutzgebiet „Brucker Lache“ im Rahmen seiner Kontakt- und Ersatzgesellschaften. Ein floristisch- pflanzensoziologisches Bild. - Erlanger Bausteine Fränk. Heimatforsch. 16:135-228.
- TITZE, Peter (1973): Föhrenforst und Erlenbruch. Die Pflanzenwelt im Naherholungsbereich und Naturschutzgebiet der Brucker Lache. - Das neue Erlangen 30/31: 2236-2247.
- WENNING, Renate (1992): Ermittlung und Erfassung der heutigen potentiellen natürlichen Vegetation in Kiefernforsten des Kartenblatts 6331 Röttenbach unter Verwendung der Golden-Points-Methode. - Diplomarb., Erlangen, 115 S.
- Verein zur Erforschung der Flora des Regnitzgebietes* (Hrsg.) (1990): Flora des Regnitzgebietes. (2. Zwischenbericht).- 390 S., Nürnberg.
- WELSS, Walter (1985): Waldgesellschaften im nördlichen Steigerwald. - Diss.Bot.83, 174 S., Vaduz.

