

# Mineral- und Biomassen in zwei Kiefern-Eichenbeständen und ihre künftige Entwicklung

Andreas Faensen-Thiebes, Beate Schenk, Kristina Markan und Reiner Cornelius\*

## Synopsis

Fractionated biomasses and the element content of two pine stands with oak regeneration were defined by measuring the height and diameter of each tree on investigation plots in Berlin, cutting 25 pines and 7 oaks, weighing, respectively measuring the individual compartments. Their contents of nutrients were analyzed. Based on regressions of weight with tree height and diameter one calculated the total biomasses and the immobilized elements for the stands. It showed that the oaks, although having a small portion of biomasses, accumulated an essential amount of elements, most of which is nitrogen. On the basis of the investigated data development of the element cycling from one stand was simulated for a 40year period. The share of oaks was varied in this simulation to estimate the change of nutrient requirements brought about by an increased portions of oaks, which is the aim of Berlin's forest management. It could be shown, that the nutrient status of the location is high enough to supply oak-dominated forests, but the atmospheric input of nitrogen could not be bound through this higher oak portions.

*Pinus sylvestris, Quercus robur, Biomass, Productivity, Nutrient uptake, Mixed stand, Stand development*

## 1 Einleitung

Obwohl die Erfassung der Biomassen und Zuwächse wesentlicher Bestandteil der Forstwirtschaft ist, sind detaillierte Angaben über die einzelnen Fraktionen der Biomassen selten oder werden durch Hochrechnungen von forstlichen Bestandserfassungen ermittelt (RIEGER & al. 1984). Untersuchungen der Biomassefraktionen sind hingegen üblicherweise Bestandteil von Ökosystemstudien (z. B. WHITTAKER & al. 1974); allerdings beschränken sich diese Untersuchungen vor allem in Mitteleuropa in der Regel auf Reinbestände (ELLENBERG & al. 1986, SCHULZE & al. 1989, Ausnahmen: WHITTAKER & WOODWELL 1968 und DUVIGNEAUD & DENAY-

ER-DE SMET 1970). Mischbestände, die von den gängigen Ertragstafeln nicht erfaßt werden, sind somit auch nur selten Gegenstand umfassender Ökosystemstudien. Dabei verdienen diese besondere Aufmerksamkeit, liegt doch in ihnen ein Schwerpunkt für den naturnahen Waldbau (THOMASIIUS 1992). Dieser Mangel an Untersuchungen macht sich auch in dem Defizit an erprobten Verfahren der Biomassebestimmung in Mischbeständen bemerkbar. Typische Hochrechnungen auf Basis forstwissenschaftlicher Erhebungsmethoden versagen hier, da die Bestandesstrukturen zu verschieden sind. Fehlen solche Daten, lassen sich auch keine verlässlichen Aussagen über den Mineralstoffhaushalt der Bestände treffen. Diese Aussagen sind aber wesentlich, wenn die Beeinflussung der Waldökosysteme durch immissionsbedingte Stoffeinträge bewertet werden soll, wie es z. B. das Critical Load-Konzept beinhaltet (NAGEL & al. 1994).

Neben Entwicklung und Erprobung adäquater Bestimmungsverfahren von Biomasse, Produktivität und Mineralmassen in solchen Mischbeständen tritt zusätzlich die Frage der Forstentwicklung: wie allgemein im naturnahen Waldbau fordert in Berlin die Waldbaurichtlinie (SENSTADTUM 1992) einen Umbau der Bestände hin zur natürlichen Bestockung, die auf den Berliner Standorten meist einen Eichen-Kiefern-Wald darstellen würde (SCAMONI 1964). Der somit zunehmende Anteil der Eichen an der Bestockung wird wegen der anderen Biomasseverteilung und Nährstoffaufnahme der Eichen gegenüber den noch vorherrschenden Kiefern deutliche Veränderungen der Stoffkreisläufe bewirken.

Die Fragestellung, die sich deswegen neben der methodischen Aufgabe stellte, war, wie sich die Stoffkreisläufe bei einem zunehmenden Eichenanteil entwickeln und verändern werden.

## 2 Methodik

Biomassebestimmung von Bäumen sind seit den 60er Jahren von verschiedenen Autoren durchgeführt worden (u.a. OVINGTON 1957; NEWBOULD 1967; WHITTAKER & WOODWELL 1968; DUVIGNEAUD & DENAEYER-DE SMET 1970; ALBREKTSON 1980). In Anlehnung an diese Verfahren erfolgte die Biomassen- und Zuwachsbestimmungen in folgenden Schritten:

\* Herrn Prof. Dr. Reinhard Bornkamm zum 65. Geburtstag gewidmet

## 2.1 Die Bestände

Die Untersuchung wurde im Berliner Grunewald in zwei verschiedenen Beständen durchgeführt (GR63 und GR91). Es handelt sich um Kiefernforsten (*Pinus sylvestris* L.) auf mäßig armen, grundwasserfernen Rostbraunerden aus pleistozänen Sanden (MARSCHNER 1990), jedoch mit unterschiedlicher Bestandesgeschichte. Der Altbestand GR91 wurde in den 50er Jahren des 19. Jahrhunderts mit Kiefern begründet. Direkt anschließend stockt das jüngere Kiefern-Baumholz (GR63), das 1951 nach Vollumbruch begründet wurde und nur schwach durchforstet ist. Beide Bestände enthalten Eichen (*Quercus robur*, *Q. petraea*) aus Naturverjüngung.

## 2.2 Biomassebestimmung

– Die zu untersuchenden Bestände wurden einzelbaumweise, getrennt für Kiefer und Eiche, nach Höhe, BHD und Kraft'scher Klasse vermessen. Anschließend wurde die Verteilung der Stammhöhen und BHD in den jeweiligen Kraft'schen Klassen bestimmt.

– Nach soziologischer Stellung, Höhe und BHD repräsentative Stämme wurden zur Fällung ausgewählt: 20 Kiefern im GR63, 5 Kiefern im GR 91 und 7 Eichen für den GR 63 und 91.

– Nach der Fällung wurden die Bäume in Nadel- bzw. Blattmasse, Ast- und Stammholz sowie Rinde fraktioniert. Während bei den Eichen die Bestimmung von Ast- und Nadelmasse durch vollständige Ernte erfolgte, basierte sie bei den Kiefern auf Teilproben: Von allen Ästen wurde die Ansatzhöhe, die Länge und der Umfang in einer Entfernung von 5 cm vom Stamm gemessen. Von jedem 3. Ast wurde die Holzmasse sowie die der Nadeln, getrennt nach Jahrgängen, gewogen. Aufbauend auf Messungen und Wägungen wurden Regressionsgleichungen entwickelt, die eine Berechnung von Nadel- und Astmassen in Abhängigkeit von Astumfang und -länge ermöglichen.

Die Bestimmung der Stammholzmasse erfolgte auf der Basis von Stammscheiben aus definierten Entnahmehöhen und den ermittelten spezifischen Holzgewichten. Für die Bestimmung der Stammholzmasse der jüngsten Eichen wurden die Stämme komplett gewogen.

– Zur Bestimmung des unterirdischen Biomassenanteils wurden die Wurzeln (> 2mm Ø) von 6 Kiefern und 7 Eichen vollständig ausgegraben.

Tab. 1

Fraktionierte Biomassen der Kiefern und Eichen in GR91 und GR63 und ihre relativen Anteile am Bestand

| Parameter  | GR63    |    |         |    |         | GR91    |    |         |    |         |
|--|---------|----|---------|----|---------|---------|----|---------|----|---------|
|  | Eiche   |    | Kiefer  |    | Gesamt  | Eiche   |    | Kiefer  |    | Gesamt  |
|  | Absolut | %  | Absolut | %  | Absolut | Absolut | %  | Absolut | %  | Absolut |
| Stämme (n ha <sup>-1</sup> )                       | 222     | 11 | 1.889   | 89 | 2.111   | 973     | 83 | 196     | 17 | 1.169   |
| Kreisfläche (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )     | 4,2     | 18 | 20,0    | 82 | 24,2    | 10,1    | 31 | 22,5    | 69 | 32,6    |
| mittlerer BHD (cm)                                 | 15,6    |    | 11,6    |    |         | 11,5    |    | 38,2    |    |         |
| mittlere Höhe (m)                                  | 12,8    |    | 13,9    |    |         | 10,5    |    | 21,9    |    |         |
| <b>Biomasse (t ha<sup>-1</sup>)</b>                |         |    |         |    |         |         |    |         |    |         |
| Blätter/Nadel                                      | 1,31    | 34 | 2,59    | 66 | 3,90    | 3,34    | 36 | 5,86    | 64 | 9,20    |
| Stamm  | 15,9    | 21 | 60,7    | 79 | 76,6    | 39,4    | 27 | 106,0   | 73 | 145,4   |
| Rinde  | 2,4     | 36 | 4,2     | 64 | 6,6     | 9,0     | 58 | 6,4     | 42 | 15,4    |
| Ast  | 3,7     | 41 | 5,2     | 59 | 8,9     | 27,6    | 48 | 30,1    | 52 | 57,7    |
| Stubben  | 4,2     | 45 | 5,2     | 55 | 9,5     | 11,3    | 31 | 24,8    | 69 | 36,1    |
| Wurzeln  | 3,1     | 25 | 9,5     | 75 | 12,6    | 29,1    | 44 | 37,2    | 56 | 66,3    |
| Gesamt   | 30,6    | 26 | 87,4    | 74 | 118,0   | 119,6   | 36 | 210,3   | 64 | 330,0   |
| <b>Zuwachs (kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)</b> |         |    |         |    |         |         |    |         |    |         |
| Blätter/Nadel                                      | 1.310   | 48 | 1.400   | 52 | 2.710   | 3.340   | 53 | 3.016   | 47 | 6.356   |
| Stamm  | 696     | 12 | 5.110   | 88 | 5.806   | 849     | 35 | 1.573   | 65 | 2.422   |
| Rinde  | 104     | 23 | 354     | 77 | 458     | 197     | 67 | 96      | 33 | 293     |
| Ast  | 160     | 27 | 441     | 73 | 601     | 589     | 60 | 393     | 40 | 982     |
| Stubben  | 153     | 26 | 441     | 74 | 594     | 239     | 39 | 369     | 61 | 608     |
| Wurzeln  | 121     | 13 | 799     | 87 | 920     | 189     | 32 | 405     | 68 | 594     |
| Gesamt (o. Laub)                                   | 1.234   | 15 | 7.145   | 85 | 8.379   | 2.063   | 42 | 2.836   | 58 | 4.899   |

Tab. 1

Fractionated Biomasses of pines and oaks in GR91 and GR63 and their relative shares of the stand.

– Für jeden der geernteten Bäume wurde die Biomasse der einzelnen Kompartimente berechnet und in Bezug zu Höhe und BHD gebracht (FAENSEN-THIEBES & CORNELIUS 1989, MARKAN 1993).

### 2.3 Bestimmung des Zuwachses

Die jährlichen BHD- und Höhen-Zunahmen der Kiefern wurden durch dendrologische Untersuchungen und Höhenrückmessungen (V. LÜHRTE 1991) bestimmt. Nach Anwendung von Stammvolumenformeln und durch Multiplikation der Stammvolumenzuwächse mit der spezifischen Dichte des Kiefernholzes, erhält man die Biomassen des Stammholzzuwachses. Berechnet wurden die Rinden-, Ast- und Wurzelzuwächse nach dem Verhältnis dieser Baumfraktionen zu den Stammholzmassen.

Für die Zuwachsberechnungen der Eiche wurde anhand der Jahrringe das Alter der gefällten Bäume ermittelt und der jährliche Zuwachs durch Division der Biomassen durch das Alter berechnet. Für die Anwendung auf alle Bäume des Bestandes wurde die Regression dieses Wertes mit Höhe und Umfang geprüft.

### 2.4 Mineralstoffbestimmungen

Zur Berechnung der Mineralmassen wurden die Elementkonzentrationen der einzelnen Kompartimente bestimmt (FAENSEN-THIEBES & CORNELIUS 1989, MARKAN 1993). Dafür wurden folgende Fraktionen gebildet: jüngste Nadeln, ältere Nadeln, Zapfen, Astholz, Stammholz (unterteilt in Stammhöhen), Rinde, Grob-, Mittel- und Feinwurzeln (> 5, 3–5 bzw. 2–3 mm Durchmesser).

Tab. 2  
Konzentrationen von Stickstoff und Kalium in Kompartimenten von Kiefer und Eiche auf den Versuchsflächen GR63 und GR91 und der Quotient aus beidem

| Element                  | Fraktion        | Kiefer | Eiche | Eiche/Kiefer |
|--------------------------|-----------------|--------|-------|--------------|
| N (%)                    | Stammholz       | 0,02   | 0,22  | 11           |
|                          | Rinde           | 0,3    | 0,5   | 1,67         |
|                          | Astholz         | 0,08   | 0,63  | 7,88         |
| K (mg kg <sup>-1</sup> ) | Nadeln, Blätter | 1,5    | 2,7   | 1,82         |
|                          | Stammholz       | 0,47   | 1,58  | 3,4          |

Tab. 2  
Concentration of nitrogen and potassium in compartments of pines and oaks in GR 91 and GR63 and the quotient of both elements

Tab. 3  
Vergleich der in den oberirdischen Biomassen der Kiefern und Eichen in GR91 gebundenen Mineralmassen mit denen eines Kiefernbestandes in Finnland (Oulu, ULRICH & al. 1986) und in Polen (Niepolomice, WEINER & GRODZINSKI 1984) sowie mit den Eichen eines Eichen-Hainbuchen-Buchenmischbestandes in Belgien (Vireilles, DUVIGNEAUD & DENAYER-DE SMET 1970) und eines Eichen-Hainbuchen-Waldes in Polen (Niepolomice, WEINER & GRODZINSKI 1984)

|             | Kiefer  |            |             | Eiche  |            |             |
|-------------|---------|------------|-------------|--------|------------|-------------|
|             | GR91    | Oulo       | Niepolomice | GR91   | Virelles   | Niepolomice |
|             | kg/ha   | % von GR91 |             | kg/ha  | % von GR91 |             |
| Ob.Biomasse | 148 340 | 64         | 74          | 79 240 | 54         | 190         |
| N           | 226     | 78         | 38          | 393    | 37         | 82          |
| K           | 153     | 65         | 24          | 175    | 43         | 19          |
| Mg          | 41      | 76         | 68          | 32,3   | 121        | 102         |
| Ca          | 382     | 66         | 19          | 317    | 98         | 74          |

Tab. 3  
Comparison between the aboveground mineral contents of pines and oaks in GR91 with a pine stand in Finland (Oulu, ULRICH & al. 1986) and in Poland (Niepolomice, WEINER & GRODZINSKI 1984) and with oaks in a mixed stand of oak, hornbeam and beech in Belgium (DUVIGNEAUD & DENAYER-DE SMET 1970) and in an oak-hornbeam forest in Poland (Niepolomice, WEINER & GRODZINSKI 1984)

Tab. 4

**Mögliche Entwicklung der Versuchsfläche GR63 in 40 Jahren.** Geändert wurde der Grad der Förderung des Eichenanteils, jedoch in allen Varianten bei gleicher Kreisfläche von 29 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. „Nur-Kiefer“ stellt die Entwicklung eines reinen Kiefernbestandes dar, „0“ behält den aktuellen Eichenanteil bei, „1“ bis „3“ stellen kontinuierliche Erhöhungen des Eichenanteils durch gezielte Durchforstungen dar.

| Entwicklungsvariante:                         | Nur-Kiefer | 0    | 1    | 2    | 3    |
|---|------------|------|------|------|------|
| <b>Kiefer:</b>                                |            |      |      |      |      |
| Anteil Stammzahl (%)                          | 100        | 89   | 70   | 50   | 20   |
| Anteil Kreisfläche (%)                        | 100        | 84   | 62   | 40   | 17   |
| mittlerer BHD (cm)                            | 24,4       | 24,2 | 19,4 | 19,5 | 15,9 |
| Mittelhöhe (m)                                | 20,8       | 20,7 | 17,6 | 17,7 | 15,9 |
| <b>Eiche:</b>                                 |            |      |      |      |      |
| Anteil Stammzahl (%)                          | 0          | 11   | 30   | 50   | 80   |
| Anteil Kreisfläche (%)                        | 0          | 16   | 38   | 60   | 83   |
| mittlerer BHD (cm)                            | –          | 22,1 | 24,5 | 18,7 | 17,9 |
| Mittelhöhe (m)                                | –          | 13,1 | 14,2 | 11,6 | 11,2 |
| Gesamtbiomasse (t ha <sup>-1</sup> )          | 172        | 180  | 203  | 218  | 226  |
| Zuwachs (t ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ) | 7,04       | 6,24 | 6,09 | 5,54 | 5,51 |

Tab. 4

**Forecast about the development of the investigation plot GR63 in 40 years.** The portion of oaks was varied, but the basal area of the total stand remained the same with 29 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. „Nur Kiefer“ describes the development of a pine stand without oaks, „0“ retains the current share of oaks and „1“ to „3“ show increasing portions of oaks caused by a purposive forest management

Tab. 5

**Aktuelle Nährstofflegung der Bestände [kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]. Höchstwerte nach dem Modell und Werte der Buchenfläche im Solling (ULRICH & al. 1986).**

Tab. 5

**Current immobilisation of nutrients in the forest stands [kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>] and highest modelling results compared with data from a beech-forest at the Solling (ULRICH & al. 1986)**

|    | GR63 | GR91 | Modell 63 | Solling |
|----|------|------|-----------|---------|
| N  | 7,6  | 12,2 | 15,0      | 14,3    |
| K  | 7,7  | 7,1  | 9,1       | 7,5     |
| Mg | 2,0  | 1,5  | 1,6       | 1,9     |
| Ca | 13,3 | 14,7 | 22,5      | 7,7     |

Der größere Fehler bei den Berechnungen ergibt sich auf der ersten Ebene: die Korrelationen der Astumfänge mit der Nadelmasse wurden für jeden einzelnen Baum berechnet. Mit einem Korrelationsfaktor r<sup>2</sup> zwischen 0,3 und 0,7 ist die Streuung recht hoch. Für die Eichen wurden deswegen die Biomassen aller einzelnen Äste bestimmt.

Auf der nächst höheren Ebene, der Abhängigkeit der Gesamtnadelmassen vom BHD ergibt sich ein besserer Korrelationsfaktor von 0,84 und die Streuung liegt in der gleichen Größenordnung wie die für die übrigen Kompartimente. Für die übrigen Fraktionen der Biomasse ergaben sich sehr gute Korrelationen mit den logarhythmisch transformierten Werten von BHD und Baumhöhe (r<sup>2</sup> > 0,84).

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Zur Bestimmungsmethodik

Bei der Bestimmung der Biomassen finden zwei Hochrechnungen statt:

Aus Teilernten eines Baumes wird über die Astdicke auf die gesamte Nadelmasse dieses Baumes hochgerechnet (nur bei den Kiefern).

Aus 25 Kiefern und 7 Eichen werden Korrelationen zwischen den Biomassen verschiedener Fraktionen und dem BHD und der Stammhöhe berechnet.

#### 3.2 Biomasse und Zuwachs

Die Biomassen und ihr relativer Anteil am Bestand zeigt die Tab. 1 für die verschiedenen Fraktionen der Eichen und Kiefern in den Beständen.

**Kiefern GR63–GR91:** Beim Vergleich der Kiefernbiomassen im Jung- (GR63) und Altbestand (GR91) fällt auf, daß der Anteil an Astholz und an unterirdischer Biomasse im Altbestand wesentlich höher als im Jungbestand ist: die Astholzmasse beträgt weniger als 10 % des Stammholzes im Jungbestand gegenüber 30 % im Altbestand. Der Anteil unterirdischer Biomasse beträgt im Jungbestand 17, im

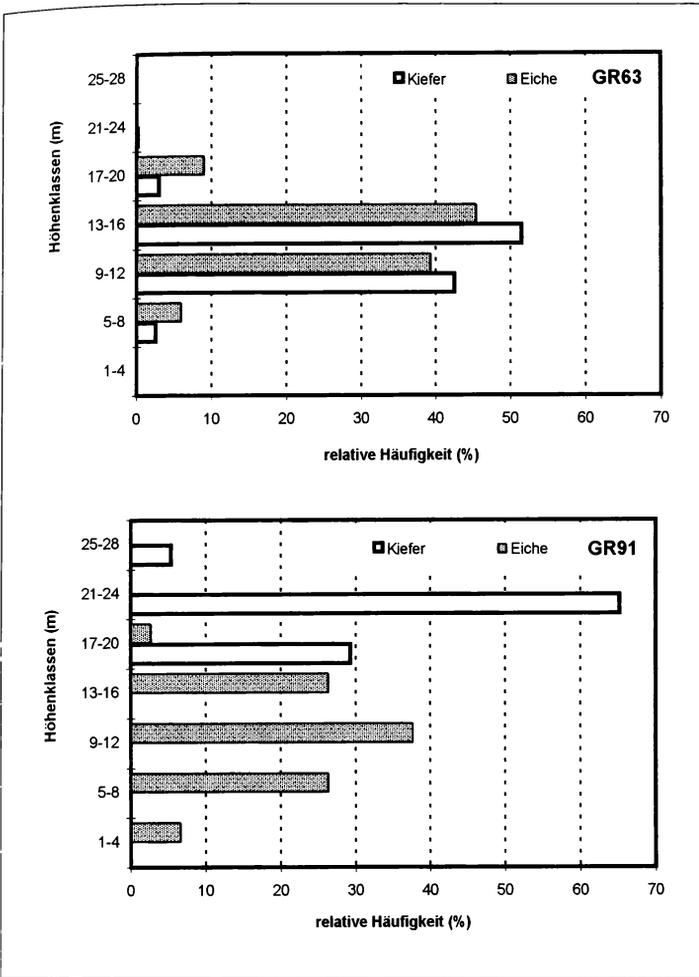


Abb. 1

Höhenverteilung der Kiefern und Eichen in den Versuchsflächen GR63 und GR91

Fig. 1

Distribution of heights from pines and oaks at the investigation plots GR63 and GR91

Altbestand 30 %. Außerdem ist die Nadelmasse im Altbestand ebenfalls höher. Der Stammzuwachs der Kiefer ist im Altbestand deutlich geringer als in GR63.

**Eichen GR63–GR91:** Obwohl sich in beiden Beständen die Eichen durch Naturverjüngung entwickelt haben, ist ihre Struktur sehr unterschiedlich: Die Eiche ist in GR91 durch sehr viele Stämme ( $973 \text{ ha}^{-1}$ ) mit deutlich geringeren Stammumfängen und höheren h/d-Werten als in GR63 repräsentiert (Tab. 1). Sie steht als 2. Baumschicht unter der herrschenden Schicht von Altkiefern. Im GR63 sind die Eichen Teil der herrschenden Schicht und in ihrer Höhenverteilung identisch mit den Kiefern (Abb. 1). Diese Stellung bringt einen besseren Lichtgenuß mit sich, der sich im jährlichen Zuwachs niederschlägt: er liegt in GR63 mit 4 % doppelt so hoch wie im GR91 mit 2 % der Biomasse.

**Eichen-Kiefern:** Es ist deutlich zu erkennen, daß die Eichen im Bestand GR63 trotz ihres geringe-

ren Anteils von 18 % an der Kreisfläche 26 % der gesamten Biomasse stellen. Im Altbestand GR91 stellen die Eichen 36 % der Biomasse bei 31 % der Kreisfläche. Die Eichen verfügen jedesmal über einen hohen Anteil an Rinden- und Astmasse.

### 3.3 Mineralmassen

Für die Verteilung der Mineralmassen sind neben der unterschiedlichen Biomasseverteilung vor allem die sehr unterschiedlichen Konzentrationen in den beiden Baumarten relevant. Die Tab. 2 gibt die wichtigsten Unterschiede wieder.

Der Anteil der beiden Arten an den Mineralmassen für die wichtigsten Nährstoffe ist in Abb. 2 dargestellt. Die Eichen legen bei allen Hauptnährstoffen einen prozentual höheren Anteil fest als ihrer Biomasse oder Kreisfläche entspricht. Besonders ausgeprägt ist dies bei Stickstoff, wo sich die wesentlich

höhere N-Konzentration im Holz der Eichen bemerkbar macht. Beim Calcium, Kalium und Magnesium lassen sich keine herausragenden Kompartimente nennen, hier sind die Konzentrationen in der Eiche nur geringfügig höher als bei der Kiefer.

## 4. Diskussion

### 4.1 Biomasse und Zuwachs

Betrachtet man die Holzvorräte der Kiefern allein, so liegen sie sowohl im GR63 als auch im GR91 laut Ertragstafel (SCHÖBER 1987) im Bereich I. und II. Bonität; die Eichen haben zu keinen Ertragseinbußen bei den Kiefern geführt und somit die Produktivität des Bestandes insgesamt erhöht. OVINGTON (1957) und ALBREKTSON (1980) ermittelten ähnlich hohe Biomassen in Kiefernreinbeständen. Überraschend ist im GR63 die mit  $2,59 \text{ t ha}^{-1}$  geringe Nadelmasse und die jährliche Nadelproduktion von  $1,4 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  (Tab. 1). Sie liegt nicht nur deutlich niedriger als die des Altbestandes GR91, sondern ist auch geringer als bekannte Werte, die eine Produktion von ca  $3\text{--}3,5 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  für diese Alterklasse angeben (MÖLLER 1944, OVINGTON 1957). Dies kann daran liegen, daß der Bestand überaus dicht ist, was nach WENK &

al. (1990) mit einer geringeren Nadelmassenproduktion und einer höheren Stammholzproduktion einhergeht.

ALBREKTSON (1980) gibt für einen 50-jährigen Kiefern-Reinbestand ein baumbezogenes Verhältnis der jährlichen Produktion von Nadeln und Stammholz von ca. 1:2 an. In GR63 liegt das Verhältnis bei der Kiefer bei 1:3,6, was rechnerisch durch die geringere Nadelmasse bedingt ist, jedoch letztlich wohl in den günstigeren Klimabedingungen des Berliner Standorts gegenüber dem Schwedischen begründet ist.

Untersuchungen über die Biomassen von Eichen in Kiefernbeständen gibt es nicht, im Vergleich mit Reinbeständen zeigt sich aber folgendes Bild: RÖHLE (1982) gibt für 50-jährige, grundwassernahe Reinbestände mit einer Mittelhöhe von 18 m einen Mittelbaum von 0,18 VfmD an; im GR63 GR91 liegt der Wert bei 0,13 im GR91 bei 0,10 VfmD sind. Unter Berücksichtigung der geringeren Höhenentwicklung und des jüngeren Alters weisen die Eichen in GR63 und in GR91 einen durchaus akzeptablen Biomassenvorrat auf und bestärken die Bewertung der Eichenbeimischung als ertragssteigernd. Dabei sind die Beiträge der Eichen zu den Bestandeszuwächsen in den beiden Beständen jedoch unterschiedlich (Tab. 1). Trotz der benachteiligten Rolle in der zweiten Baumschicht tragen die Eichen im GR91 einen

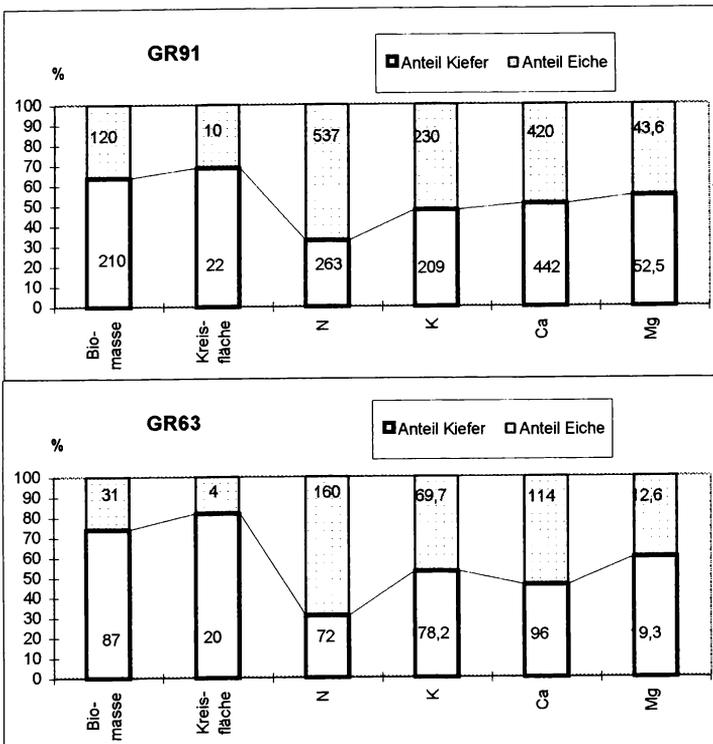


Abb. 2

Biomassen (ober- und unterirdisch) [ $\text{t ha}^{-1}$ ], Kreisflächen [ $\text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ] und Mineralmassen [ $\text{kg ha}^{-1}$ ] der Kiefern und Eichen auf den Versuchsflächen GR63 und GR91 in Prozent des Gesamtbestandes. Die Zahlen geben die Absolutwerte an.

Fig. 2

Biomasses (above and below ground) [ $\text{t ha}^{-1}$ ], basal area [ $\text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ] and mineral content [ $\text{kg ha}^{-1}$ ] of pines and oaks at the investigation plots GR63 and GR91 shown as percentage values of the total stand. Numbers give the absolute values.

hohen Prozentsatz zum Gesamtzuwachs bei, da sie im Verhältnis zu den Altkiefern in einem sehr produktiven Alter sind. Im GR63 hingegen steht auch die Kiefer im wüchsigen Alter, so daß die relativ gute Stellung der Eichen in der herrschenden Schicht nicht in einen hohen Anteil am Zuwachs umgesetzt werden kann.

#### 4.2 Mineralmassen

Die in den Kiefern gebundenen Mineralmassen sind gering; zu ähnlich niedrigen Nährstoffmengen kam auch HAVAS (zitiert nach ULRICH & al. 1986) in Oulu, Finnland in einem 260-jährigen Kiefernbestand auf Podsol, vor allem wenn die geringere Biomasse dieses finnischen Bestandes berücksichtigt wird (Tab. 3). Auf die Biomasse bezogen ist in Oulu lediglich etwas mehr N und Mg gebunden, die Gehalte an Ca und K sind identisch. Gegenüber dem Forst von Niepolomice (WEINER & GRODZINSKI 1984) binden die Kiefern in GR91 jedoch außer Magnesium wesentlich höhere Mineralmassen in der oberirdischen Biomasse.

In Fichtenbeständen sind vor allem die gebundenen Stickstoffmassen höher: Im GR63 sind 72, in GR91 263 kg N ha<sup>-1</sup> in der Biomasse der Kiefern festgelegt, in Fichten des mittleren Schwarzwaldes 501 kg N ha<sup>-1</sup> (FEGER & al. 1991), im Solling 729 kg N ha<sup>-1</sup> (HELLER 1986) und im Fichtelgebirge 780 kg N ha<sup>-1</sup> (SCHULZE & al. 1989) in 100-, 95- bzw. 30-jährigen Beständen. Dies ist in den wesentlich geringeren N-Konzentrationen des Stammholzes der Kiefer gegenüber der Fichte begründet. So weisen die Fichtennadeln bei FEGER & al. (1991) zwar deutlich auf N-Mangel hin, dennoch ist die N-Konzentration im Holz mehr als doppelt so hoch wie bei den hier untersuchten, gut N-versorgten Kiefern. Die Fähigkeit der Kiefer, auf N-armen Rohböden gute Erträge zu liefern, ist somit vor allem auf ihre sparsame N-Verwendung beim Holzaufbau zurückzuführen.

Eine bedeutende Rolle spielen die Eichen in der Stoffbilanz. Gemessen an ihrem Anteil an der Kreisfläche (Abb. 2) stellen sie vor allem beim Stickstoff einen überaus großen Anteil der in der gesamten Biomasse fixierten Mengen. Die Dynamik des Stoffhaushaltes wird deswegen in beiden Beständen zum überwiegenden Teil von den Eichen bestimmt. Werden die Eichen mit einbezogen, gleichen sich die in den Biomasse gebundenen Mineralstoffe der hier untersuchten Bestände den zitierten Fichtenbeständen (HELLER 1986, FEGER & al. 1991) an, da die in ihnen gebundenen N-Mengen die geringeren Vorräte in der Kiefer kompensieren.

Gegenüber anderen Eichenbeständen unterscheiden sich die im GR91 gebundenen Mineralmassen jedoch deutlich. DUVIGNEAUD & DENAYER-DE SMET

(1970) geben für die deutlich älteren (70–75 Jahre) und höheren (15–23 m) Eichen eines Mischwaldes (mit *Carpinus betulus* und *Fagus sylvatica*) die in Tab. 3 dargestellten relativen Bio- und Mineralmassen an. Der Bestand stockte auf wesentlich reicherem Boden, trotzdem sind die Differenzen überraschend: so sind die in Virelles gebundenen Mengen an Mg und Ca trotz wesentlich geringer Biomasse gleich oder sogar größer, wohingegen N und K in noch kleineren Mengen vorliegen als der Biomasse entspricht. Ebenfalls stark differieren die Mineralmassen in dem Bestand in Niepolomice (WEINER & GRODZINSKI 1984). Es handelt sich dabei um Mittelwerte verschieden alter Bestände, die bei doppelt so hoher Biomasse höchstens ebenso viel Mineralstoffe binden wie die Eichen des Bestandes GR91. Eine Erklärung läßt sich dafür nicht finden, da die dortigen alluvialen Böden nährstoffreich sind und zusätzlich immissionsbedingt Nährstoffe eingetragen werden.

#### 4.3 Entwicklung des Jungbestandes

Als Konsequenz der Umstellung der Bewirtschaftung der Berliner Wälder nach Prinzipien naturnahen Waldbaus wird an den Untersuchungsstandorten GR63 und GR91 die Eiche durch gezielte Durchforstung gefördert, um so die Kiefernreinbestände umzuwandeln. Mittels der vorhandenen Daten wurden verschiedene Entwicklungen hochgerechnet, um einen Eindruck über den Mineralstoffhaushalt der im Jahr 2020 möglichen Bestände zu bekommen. Die berechneten Varianten unterscheiden sich im Eichenanteil (Tab. 4), weisen jedoch mit einer Stammkreisfläche von ca. 29 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> die gleiche Bestockungsdichte auf, die aber zu einer leichten Erhöhung der Biomasse in den Beständen mit höherem Eichenanteil führt.

Die Abbildung 3 zeigt die Entwicklung der Mineralmassenfestlegung im Zuwachs in Abhängigkeit von einem zunehmenden Kreisflächenanteil der Eiche. Der jährlich in der Biomasse gebundene Stickstoff verdreifacht sich mit dem Eichenanteil bis auf 15 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Wahrscheinlich ist jedoch der Zuwachs der Eichen für diesen Standort zu hoch gerechnet, da bei höherer intraspezifischer Konkurrenz weniger Äste ausgebildet würden, die bei diesen auf den Daten von GR91 und GR63 basierenden Hochrechnungen eine wichtige Biomassefraktion stellen; weniger Äste hätten eine geringere N-Festlegung im Bestand zur Folge. Die Festlegung verdoppelt sich bei Calcium bei Zunahme des Eichenanteils von 0 auf 83%, bei Magnesium ändert sie sich nicht mit dem Eichenanteil, die von Kalium nimmt um 50% zu.

Die wichtige Frage bei der zukünftigen Entwicklung ist, ob dieser Standort überhaupt über die Nährstoffreserven verfügt, die nach der Hochrechnung

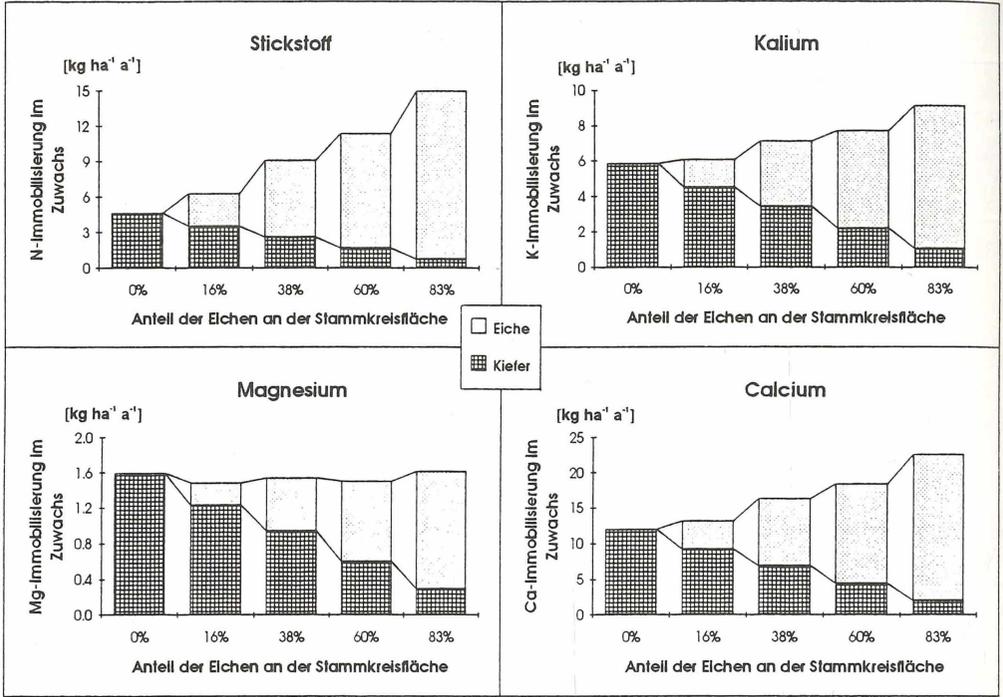


Abb. 3  
Akkumulation von Stickstoff, Kalium, Magnesium und Calcium im Zuwachs in der Versuchsfläche GR63 für das Jahr 2020 bei unterschiedlichem Anteil der Eichen an der Kreisfläche

Fig. 3  
Immobilisation of nitrogen, potassium, magnesium and calcium in the annual growth of pines and oaks at the investigation plot GR63 for the year 2020, with varied portion of oaks

benötigt würden. Die jetzigen Nährstofffestlegungen sind in Tabelle 5 dargestellt, ebenfalls die höchsten nach dem Modell errechneten Aufnahmen.

Die erwarteten jährlichen Festlegungen liegen beim Stickstoff und vor allem beim Calcium höher als die aktuelle Aufnahme vom GR63 und GR91. Dies liegt an den hohen Astzuwächsen der Eiche im GR91, die viel Stickstoff binden; die größere Ca-Festlegung liegt in den höheren Ca-Gehalten in Astholz, Rinde und Stubben der Eichen begründet.

Die Zunahme der Eichen im Bestand kann als natürliche Sukzession betrachtet werden, die von einem Kiefernforst zu einem Eichen-Kiefern-Wald verläuft (LEUSCHNER 1993, OTTO 1994), der auf diesem Standort die natürliche Waldformation darstellt (SEIDLING 1990). Sukzessionen sollten dabei von sehr produktiven, kurzlebigen Systemen mit relativ offenen Nährstoffkreisläufen zu weniger produktiven Systemen mit geschlosseneren Nährstoffkreisläufen (ODUM 1969, DRURY & NISBET 1973) und erhöhten Nährstoffreserven gehen. Hierbei unterscheiden sich Waldsukzessionen von solchen in krautigen Vegetationstypen, deren frühere Sukzessionsstadien höhere

Ansprüche an die Nährstoffversorgung stellen (BAZZAZ 1979). In dem hier dargestellten Fall liegen erwartungsgemäß die Ansprüche der Eiche höher als bei der Kiefer. Wegen der Anspruchslosigkeit der Kiefer tritt dies vor allem beim Stickstoff zu. Im Vergleich zur Buche hat die Eiche, außer beim Ca, keine sehr hohen Nährstoffansprüche (Tab. 3 und 5) (ULRICH 1986)

Ein weiterer Aspekt der Entwicklung ist der verstärkte Umbau der Kiefernbestände zu Eichen-Mischbeständen, um die hohen Stickstoffeinträge im Ökosystem abzufangen (NAGEL & al. 1994). Wie aus Tab. 5 erkennbar ist, sind die jetzigen Festlegungen beim Stickstoff im GR91 schon bei dem existierenden Eichenanteil recht hoch. Im GR63 ist die Festlegung durch die spätblühende Traubenkirsche (*Prunus serotina*) ebenfalls beträchtlich (MARKAN 1993), sie wurde hier aber wegen ihrer erfolgten Rodung nicht mehr berücksichtigt. Wenn somit der Bestandesumbau auch nicht zu einer wesentlichen Entlastung der Stickstoffbelastung führen wird, so ist andererseits festzuhalten, daß selbst einer extremen Förderung der Eichen Nährstoffmangel nicht im Wege steht.

## 6 Literatur

- ALBREKTSON, A. 1980: Relations between tree biomass fractions and conventional silvicultural measurements. – in: Persson, T. (ed.): Structure and Function of Northern Coniferous Forests. An Ecosystem Study. – *Ecol. bull.* (Stockholm) 32, 315–327.
- BAZZAZ, F.A., 1979: The physiological ecology of plant succession. – *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 10, 351–371.
- DRURY, W.H. & NISBET, I.C.T., 1973: Succession. – *J. of the Arnold Arboretum* 54, 331–368
- DUVIGNEAUD, P. & DENAYER-DE SMET, S., 1970: Biological cycling of minerals in temperate deciduous forests. – In: REICHLER, D.E. (ed.): Analysis of temperate forest ecosystems. – Springer, Berlin: 199–225.
- ELLENBERG, H., MAYER, R. & SCHAUERMANN, J. (Hrsg.), 1986: Ökosystemforschung. Ergebnisse des Sollingprojekts 1966–1986. – Ulmer, Stuttgart: 507 S.
- FAENSEN-THIEBES, A. & CORNELIUS, R., 1989: Stoffbilanzen in ballungsraumnahen Kiefern-Eichen-Beständen. – *Verh. Ges. f. Ökologie* 17, 457–464.
- FEGER, K.H., RASPE, S., SCHMIDT, M. & ZÖTTL, H.W., 1991: Verteilung der Elementvorräte in einem schlechtwüchsigen 100jährigen Fichtenbestand auf Buntsandstein. – *Forstw. Cbl.* 110, 249–262.
- HELLER, H., 1986: Gesamt-Biomasse und Biomasse-Produktion. – in: ELLENBERG, H., MAYER, R. & SCHAUERMANN, J. (Hrsg.), 1986: Ökosystemforschung. Ergebnisse des Sollingprojekts 1966–1986. – Ulmer, Stuttgart: S.
- LEUSCHNER, Ch., 1993: Forest dynamics on sandy soils in the Lüneburger Heide area, NW Germany. – *Scripta Geobot.* 21, 53–60
- MAYER, R. & SCHAUERMANN, J. (Hrsg.): Ökosystemforschung. Ergebnisse des Sollingprojekts 1966–1986. – Ulmer, Stuttgart: 507 S.
- MARKAN, K., 1992: Biomasse und Elementgehalte von Berliner Eichen auf grundwasserfernen Sandstandorten. in: Eichensterben – ein Problem in Berlin?. Arbeitsmaterialien der Berliner Forsten 2, 61-70.
- MARSCHNER, B., 1990: Elementumsätze in einem Kiefernforstökosystem auf Rostbraunerde unter dem Einfluß einer Kalkung/Düngung. – *Ber. d. Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe A, Bd. 60*, 192 S.
- MÖLLER, C.M. 1944: Untersuchungen über Laubmenge, Stoffverlust und Stoffproduktion des Waldes. – *Det forstlige Forsorgsvaesen* 17, 1–225
- NAGEL, H.-D., SMIAATEK, G. & WERNER, B., 1994: Das Konzept der kritischen Eintragsraten als Möglichkeit zur Bestimmung von Umweltbelastungs- und Qualitätskriterien – Critical Loads & Critical Levels. – Metzler-Poeschel, Stuttgart: 75 S.
- NEWBOULD, P.J. 1967: Methods for estimating the primary production of forests. – *IBP Handbook No.2.* Oxford: 62 S.
- ODUM, E.P., 1969: The strategy of ecosystem development. – *Science* 164, 262–270
- OTTO, H.-J., 1994: Waldökologie. – Stuttgart, 391 S.
- OVINGTON, J.D. 1957: Dry matter production by *Pinus sylvestris* L. – *Annales of Botany* 21, 287–314
- RIEGER, R., GRABCZYNSKI, S., ORZEL, S. & RAIMER, J., 1984: Growing stock and increment of trees. – in: GRODZINSKI, W., WEINER, J. & MAYCOCK, P.F. (eds.): Forest Ecosystems in Industrial Regions. – Springer, Berlin 1984, S. 70–78
- RODE, M. W., LEUSCHNER, Ch., CLAUB, C., DANER, E., GERDELMANN, V., MARGRAF, St. & RUNGE, M., 1993: Changes in nutrient availability and nutrient turnover during heathland-forest succession in NW Germany. – *Scripta Geobot.* 21, 85–96
- RÖHLE, H. 1982: Struktur und Wachstum von Stieleichen-Mischbeständen auf grundwasserbeeinflussten Standorten in den Auewaldgebieten Südbayerns. – *Forstwiss. Forschungsber. München* 51 187 S.
- SCAMONI, A. 1964: Karte der natürlichen Vegetation der DDR (1:500.000) mit Erläuterungen. – Feddes Repet., Beihefte 141, 1–106
- SCHOBER, R., 1987: Ertragstabellen wichtiger Baumarten. – Frankfurt: 166 S.
- SCHULZE, E.-D., OREN, R. & LANGE, O.L., 1989: Nutrient Relations of Trees in Healthy and Declining Norway Spruce Stands. – in: R SCHULZE, E.-D., LANGE, O.L. & OREN, R. (eds.): Forest decline and air pollution. – *Ecological Studies* 77, Springer, Berlin: 475 S.
- SEIDLING, W. 1990: Räumliche und zeitliche Differenzierung der Krautschicht bodensaurer Kiefern-Traubeneichenwälder in Berlin (West). – *Ber. d. Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe A, Bd. 61.* Göttingen: 250 S.
- SENSTADTUM (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz) 1992: ein neuer Umgang mit dem Wald. – Arbeitsmaterialien der Berliner Forsten Nr. 3. Berlin
- THOMASIUS, H., 1992: Prinzipien eines ökologisch orientierten Waldbaus. – *Forstw. Cbl.* 111, 141–155
- ULRICH, B., MAYER, R. & MATZNER, E., 1986: Vorräte und Flüsse der chemischen Elemente. – in: ELLENBERG, H., MAYER, R. & SCHAUERMANN, J. (Hrsg.): Ökosystemforschung. Ergebnisse des Sollingprojekts 1966–1986. – Ulmer, Stuttgart: 507 S.

- VON LÜHRTE, A., 1991: Dendroökologische Untersuchungen an Kiefern und Eichen in den stadtnahen Berliner Forsten.- Landschaftsentwicklung und Umweltforschung 77: 186 S.
- WEINER, J. & GRODZINSKI, W., 1984: Energy, nutrient, and pollutant budgets of the forest ecosystem. – in: GRODZINSKI, W., WEINER, J. & MAYCOCK, P.F. (eds.): Forest Ecosystems in Industrial Regions. – Springer, Berlin: S.203–229
- WENK, G., ANTANAİKIS, V. & SMIELHO, St., 1990: Waldertragslehre. – Deut. Landwirtschaftsverlag, Berlin: 448 S.
- WHITTAKER, R.H. & WOODWELL, G.M., 1968: Dimension and production relations of trees and shrubs in the Brookhaven Forest, New York. – J.Ecol. 56, 1–25
- WHITTAKER, R.H., BORMANN, F.H., LIKENS, G.E. & SICCAMI, T.G., 1974: The Hubbard Brook Ecosystem Study: Forest biomass and production. – Ecol. Monogr. 44,233–254

Das Forschungsvorhaben wurde vom Umweltbundesamt und der Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz gefördert.

### Adresse

PD Dr. Andreas Faensen-Thiebes  
Senatsverwaltung f. Stadtentwicklung  
und Umweltschutz  
Charlottenstraße 82  
10969 BERLIN

Beate Schenk  
Dr. Kristina Markan  
PD Dr. Reiner Cornelius  
Inst. f. Ökologie TU Berlin  
Rothenburgstraße 12  
12165 BERLIN

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1996

Band/Volume: [25\\_1996](#)

Autor(en)/Author(s): Faensen-Thiebes Andreas, Schenk Beate,  
Cornelius Reiner, Markan Kristina

Artikel/Article: [Mineral- und Biomassen in zwei Kiefern-  
Eichenbeständen und ihre künftige Entwicklung 105-114](#)