

30 Jahre forsthydrologische Forschung auf der Großlysimeteranlage in Britz - Zielstellung und Ergebnisse

J. MUELLER

Abstract

The lowlands of north-eastern Germany are potentially covered by woodlands and even today a considerable part is covered by forests. The low annual precipitation between 500 and 600 mm and the light sandy soils with a low water storage capacity and a high porosity lead to a limited water availability. To investigate the water consumption of different tree species, lysimeters were installed at Britz near Eberswalde under comparable site conditions. At the beginning of the 1970s 9 large-scale lysimeters were built with an area of 100 m² and a depth of 5 m each. In 1974 each were planted together with their surroundings as experimental stands of 0.5 hectare with the tree species mentioned below according to the usual management practices.

Because of the close connection between forest growth and regional water balance the original lysimeter station was developed towards a complex ecological research station mainly under the influence of increasing input of anthropogenic pollutants. The development of the stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), common beech (*Fagus sylvatica* L.), larch (*Larix decidua* L.) and Douglasfir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) have been investigated since planting with regard to productivity, element and water fluxes. Whereas the mean annual precipitation from 1992 to 1999 amounted to 633 mm, the annual ground water production was on average 123 mm under beech, 45 mm under larch, 41 mm under Douglas, and 10 mm under pine. The different results are caused by the different interception of the stand structures. The results of the investigations demonstrate that the regional water balance is distinctively influenced by the selection of the tree species.

Zusammenfassung

Das nordostdeutsche Tiefland ist geprägt durch geringe Niederschläge und verbreitet leichte Sandböden. Die jährlichen Niederschläge liegen in weiten Teilen des Gebiets zwischen 500 bis 600 mm. Die forsthydrologische Forschung hat, was die Wassermengen anbelangt, den speziellen Einfluss zu klären, den die unterschiedlich strukturierten Wälder auf den Landeswasserhaushalt und auf die Teilmglieder der Wasserhaushaltsgleichung haben. 1972 wurden am Standort Britz bei Eberswalde neun Großlysimeter mit einer Tiefe von 5 m und einer Oberfläche von 100 m² (10x10 m) angelegt. 1974 wurden die Lysimeter zusammen mit ihrer Umgebung als je 0,3 ha große Versuchsbestände mit den Baumarten Kiefer (3 Lysimeter), Buche (2), Lärche (2) und Douglasie (2) in praxisüblichen Verbänden bepflanzt. Das Versuchsziel war die Klärung des Baumarten- und Alterseinflusses von Kiefern-, Lärchen-, Buchen- und Douglasienbestockungen, die auf gleichem Sandboden und unter vergleichbaren Witterungsbedingungen heranwachsen, auf Grundwasserneubildung und Verdunstung.

Für die Tiefenversickerung unter Wald ist die Baumart von herausragender Bedeutung. Im Zeitraum 1992 bis 1999 mit einem durchschnittlichen jährlichem Niederschlag von 633 mm sickerten unter Buche im Mittel dieses Zeitraumes im Durchschnitt 123 mm, unter Lärche 45 mm, unter Douglasie 41 mm und unter Kiefer 10 mm in die Tiefe. Die Forstwirtschaft hat über Baumartenwahl und Bewirtschaftung die Möglichkeit, den Landschaftswasserhaushalt gezielt zu beeinflussen.

Ausgangsbedingungen

Das nordostdeutsche Tiefland, vor allem aber ein Großteil der Wälder Brandenburgs, ist geprägt durch geringe Niederschläge und verbreitet leichte Sandböden. Die jährlichen Niederschläge liegen in weiten Teilen des Gebiets zwischen 500 bis 600 mm. Es ist ein klimasensibler Raum mit kontinental geprägter Witterung, in dem in Teilen bereits Grenzbedingungen für geschlossene Waldformationen gegeben sind. Die Waldökosystemforschung in diesem Raum muss der Aufklärung des Wasserhaushaltes der Wälder daher eine vertiefte Aufmerksamkeit widmen.

Die bestmögliche Erschließung und Ausnutzung der örtlichen Wasserressourcen ist deshalb um so notwendiger. Dazu werden detaillierte und genaue Unterlagen und Parameter benötigt, um insbesondere die Grundwasserneubildung in den einzelnen Arealen und Einzugsgebieten mit Hilfe treffsicherer Wasserhaushaltsmodelle ermitteln zu können. Für die bewaldeten Flächen bestehen größere Kenntnislücken. Dabei hat die Bedeutung der Waldareale als Wasserlieferanten wesentlich zugenommen, weil hier das Grundwasser in der Regel noch immer großflächig sehr rein ist.

Die forsthydrologische Forschung hat, was die Wassermengen anbelangt, den speziellen Einfluss zu klären, den die unterschiedlich bewachsenen und strukturierten Wälder auf den Landeswasserhaushalt und auf die Teilmglieder der Wasserhaushaltsgleichung haben. Damit werden gleichzeitig die realen Möglichkeiten und Bedingungen erforscht, ob und wie Grundwasserneubildung und Abfluss durch Änderungen in der Baumartenzusammensetzung und Waldstruktur beeinflusst werden können.

Autor: Dr. Jürgen MUELLER, Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Institut für Forstökologie und Walderfassung Eberswalde, Alfred-Möller-Str. 1, D-16225 EBERSWALDE

Methoden der Wasserhaushaltsuntersuchungen und Untersuchungsbestände

Ein oft großes Problem von Wasserhaushaltsuntersuchungen in verschiedenartigen Ökosystemen sind ungleiche oder nicht genügend kontrollierbare Randbedingungen auf den einzelnen Versuchsfeldern. Dadurch kann im Ergebnis die Wirkung der eigentlich interessierenden Einflussgröße verwischt und verfälscht werden. Wenn für Böden des Lockergesteinbereiches speziell der Bewuchseinfluss auf den Gesamtwasserhaushalt zu klären ist, sind zur Ausschaltung störender Randbedingungen Messungen mit Lysimetern noch immer die wohl sicherste Methode. Unter der Voraussetzung einer richtigen Konstruktion und ausreichenden Größe der Lysimeter gilt das auch für Waldökosysteme.

Diese Ausgangsbedingungen waren, beginnend mit dem Jahr 1972, der Anlass für den Bau von Großlysimetern am Standort Britz bei Eberswalde. Andere Lysimetererfahrungen nutzend wurden die Großlysimeter mit einer für Waldlysimeter notwendigen Tiefe von 5 m und einer Oberfläche von 100 m² (10x10 m) angelegt. Die "Britzer Großlysimeter" sind daher im europäischen Maßstab einmalig, da andere mit Bäumen bewachsene Lysimeter zwar die nötige Oberfläche haben, aber mit einer Tiefe von 3 m bzw. 3,5 m zu flach sind (Letzlinger Heide in Sachsen-Anhalt; St. Arnold in Niedersachsen).

Unter dem Einfluss zunehmender anthropogener Belastung durch Fremdstoffeinträge wurde die Anlage zu einer ökologischen Versuchsstation ausgebaut, auf dem die Bestandesentwicklung wichtiger Baumarten dieser Region seit dem Kulturstadium im Wachstumsgang verfolgt und bezüglich ihrer Stoffkreisläufe und Wasserhaushaltsgrößen untersucht wird.

Die Versuchsstation liegt 5,5 km nordöstlich von Eberswalde auf der großflächig ebenen Hauptterrasse des Eberswalder Urstromtales (Bodenform: Cambic Podzol). Die Höhe über N.N. beträgt 40 m. Die Bodenart ist ein mittelkräftiger Sand; im gesamten Lysimeterprofil bis 5 m Tiefe (etwa 75 % Mittel- und 17-19 % Feinsand). Der langjährige mittlere Jahresniederschlag beträgt 570 mm

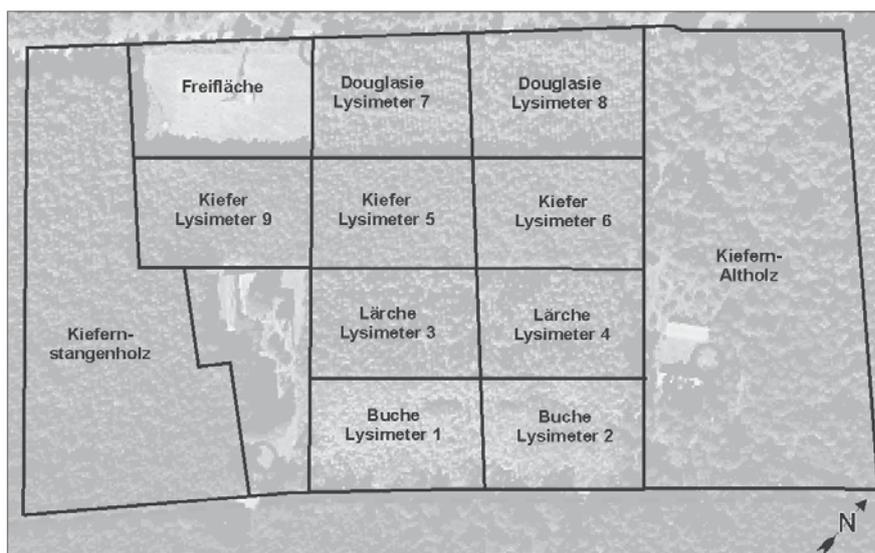


Abbildung 1: Luftbild der ökologischen Versuchsstation Britz mit Lage der einzelnen Großlysimeter (Stand 1998)

Tabelle 1: Strukturelevante Parameter der Lysimeterbestände im Jahre 1999 (Alter 27 Jahre)

	Kiefer	Buche	Lärche	Douglasie
Höhe des Grundflächenmittelstammes (HG) [m]	12,8	8,6	13,2	11,0
Durchmesser des Grundflächenmittelstammes (DG) [cm]	10,9	5,5	13,9	12,2
Grundfläche [m ² /ha]	28,0	21,1	29,5	32,3
Bestockungsgrad (B ^o) [o.D.]	1,21	1,40	1,20	1,05

und die Jahresmitteltemperatur liegt bei 8,2 °C. Der Standort ist für weite Teile des nordostdeutschen Tieflands repräsentativ.

Es wurden neun Großlysimeter eingerichtet, die 1974 zusammen mit ihrer Umgebung als je 0,3 ha große Versuchsbestände mit den Baumarten Kiefer (3 Lysimeter), Buche (2), Lärche (2) und Douglasie (2) in praxisüblichen Verbänden bepflanzt wurden (Abbildung 1). Das sich über der Lysimetergrundfläche ansammelnde Sickerwasser läuft zu einem Messschacht neben dem Lysimeter ab und wird mit einem Wasserzähler mechanisch gemessen und auch elektrisch registriert. Die Verdunstung V wird nach der Wasserhaushaltsgleichung

$$V = N - D - \Delta W \quad (1)$$

(N = Niederschlag; D = Sickerung; ΔW = Wassergehaltsänderung im Boden)

ermittelt.

In der Tabelle 1 sind die strukturelevanten Parameter der Lysimeterbestände vor Beginn der forstlichen Eingriffe im Zuge der Unterbaumaßnahmen im Jahre 1999 enthalten.

Das anfängliche Versuchsziel war die Klärung des Baumarten- und Alterseinflusses von Kiefern-, Lärchen-, Buchen- und Douglasienbestockungen, die auf gleichem Sandboden und unter vergleichbaren Witterungsbedingungen heranwachsen, auf Grundwasserneubildung und Verdunstung.

Das zukünftige Waldbild im nordostdeutschen Tiefland soll durch möglichst vielfältig strukturierte Mischbestände geprägt sein. Dieses Ziel verfolgt auch der Waldumbau im Land Brandenburg. Das Waldumbauprogramm bedarf der wissenschaftlichen Begleitung und Fundierung; insbesondere ist zu prüfen, wie sich die im hiesigen Raum für das Waldwachstum häufig als limitierend erweisenden hydroökologischen Bedingungen bei Unterbau von Kiefer und Lärche verändern und wie diese Bedingungen über bestandesstrukturell-waldbauliche Maßnahmen positiv beeinflusst werden können. Des Weiteren kommt für das nordostdeutsche Tiefland der Eiche aus standortsklimatischen Gründen eine höhere Bedeutung zu. Die hydrologischen

Bedingungen von sich entwickelnden Eichenökosystemen sind noch weitgehend unbekannt. Vor diesem Hintergrund wurden einzelne Lysimeterbestände im Jahre 2000 wie folgt verändert:

- Lärche mit Buche unterbaut,
- Kiefer mit Buche unterbaut,
- Kiefer mit Eiche unterbaut,
- Eichenneuanpflanzung.

Gleichzeitig wurde mit den vegetationsstrukturellen Veränderungen die messtechnische Ausrüstung der Lysimeter erweitert.

Mit der Erweiterung der Zielstellung für die Lysimeteranlage werden wichtige ökologische Grundlagen für einen erfolgreichen Waldumbau erarbeitet. Gleichzeitig wird es möglich, die langfristigen Konsequenzen des Umbaus für den Landschaftswasserhaushalt realistisch einzuschätzen.

Ergebnisse

Für die Tiefenversickerung unter Wald ist die Baumart von herausragender Bedeutung.

Die *Abbildung 2* zeigt die Veränderung der Tiefensickerung der Baumarten im Zeitraum 1978 bis 1998.

Bezüglich der jährlichen Sickerungshöhe ergaben sich im Durchschnitt der Untersuchungszeit 1978 - 1984, 1985 - 1989 und 1990 - 1998 (Kalenderjahre) für die verschiedenen Baumarten unterschiedliche Phasen (*Tabelle 2*).

Bis 1984 ist bei allen Baumarten eine deutliche Abnahme der Sickerung erkennbar (*Abbildung 2*). Der starke Abnahmetrend der Sickerung beim Aufwachsen der Junggehölze hat seine Ursachen in der zunehmenden Gesamtverdunstung V . In dieser Zeit steigt der forstliche Vorrat von anfangs minimalen Beiträgen schnell auf hohe Werte an, was alle drei Teilglieder der Gesamtverdunstung $V = V_{WB} + V_T + V_I$ beeinflusst. Die Transpiration V_T und die Interzeption V_I werden stetig größer, während V_{WB} , die Evapotranspiration des Bodens und der Bodenvegetation, abnimmt.

Der Trend der Sickerungsabnahme wurde 1985 zunächst beendet. Im Folgejahr stieg die Sickerung je nach Baumart um 90 - 120 mm an und blieb 1987 und 1988 annähernd konstant. Die niederschlags-

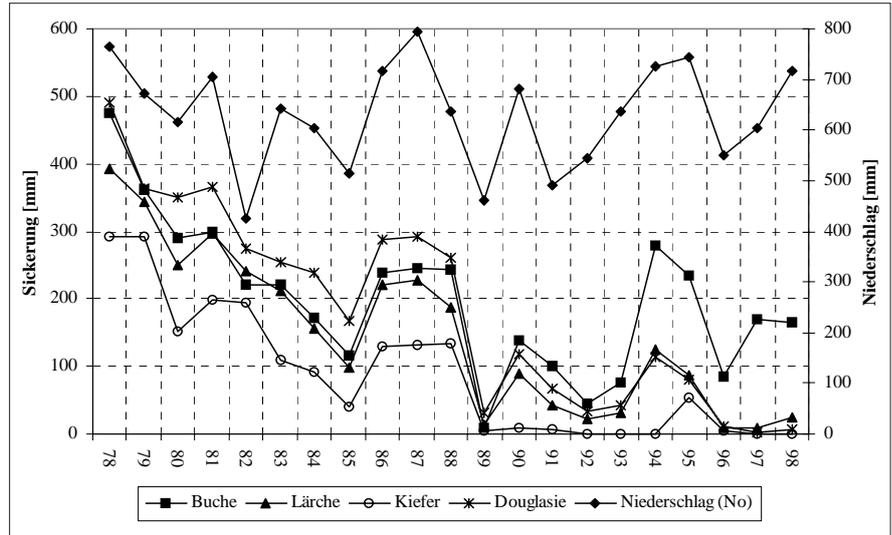


Abbildung 2: Jahresniederschlag No und -sickerung D 1978 bis 1998 auf der Lysimeterstation Britz

Tabelle 2: Mittlere jährliche Niederschlags- und Sickerungswerte für die Baumarten

	1978 - 84	1985 - 89	1990 - 98
Niederschlag (No) mm	633	625	633
Sickerung mm			
Douglasie	334	208	53
Buche	292	170	144
Lärche	270	149	49
Kiefer	190	88	8

reichen Jahre 1986 (718 mm), 1987 (793 mm) und zum Teil 1988 (635 mm) mit Monatsniederschlägen von über 100 mm führten in der Folge bei allen Baumarten zu hohen Sickerwasserraten (*Abbildung 2*). Das starke Absinken der Grundwasserneubildung im Jahre 1989 wurde durch den Niederschlagsmangel des Jahres 1989 (462 mm) verursacht.

Der extreme Wechsel von niederschlagsreichen Jahren wie 1986, 1987 und bedingt 1988 und niederschlagsarmen Jahren wie 1985 und 1989 überprägte im Zeitraum 1985 bis 1989 den Dendromaseneinfluss durch den Niederschlagseinfluss.

Die Sickerung in den Jahren 1990 bis 1998 ist baumartenspezifisch unterschiedlich. In der Kiefer, der Douglasie und der Lärche geht der Trend der Sickerungsabnahme weiter. Die mittlere jährliche Sickerung der Kiefer in diesem Zeitraum beträgt 8 mm. Fünf der neun Jahre sind ohne Sickerung. In der Douglasie und der Lärche geht die Sickerung ab dem Jahre 1996 stark zurück. Sie beträgt im Mittel der Jahre 1996 bis 1998 6 mm in der Douglasie und 14 mm in

der Lärche. Nur die niederschlagsreichen Jahre 1994 und 1995 (725 mm bzw. 744 mm Jahresniederschlag) lassen die Sickerung der drei Baumarten 1994/95 wieder deutlich ansteigen (*Abbildung 2*). Ab 1990 dominiert bei den Baumarten Kiefer, Douglasie und Lärche wieder der Einfluss des aufwachsenden Bestandes. In der Buche wird ab 1990 der Jahresniederschlag zur dominierenden Steuergröße für die zeitliche Veränderung der Grundwasserneubildung.

Zur Erklärung der baumartenspezifischen Sickerungsunterschiede ist es notwendig, die einzelnen Verdunstungskomponenten Interzeption, Transpiration und Verdunstung am Waldboden zu analysieren. *Abbildung 3* zeigt die Wasserhaushaltsbilanz beispielhaft für die Lysimeter-Baumarten Buche und Kiefer für den Zeitraum 1992 bis 1999.

Hauptursache für die Sickerungsunterschiede ist die Interzeptionsverdunstung, die in den Buchenbeständen 18 % und in den gleichalten Kiefernbeständen 40 % des mittleren jährlichen Niederschlagsdargebotes betrug. Die Buche zeigt saisonale Belaubungsunterschiede

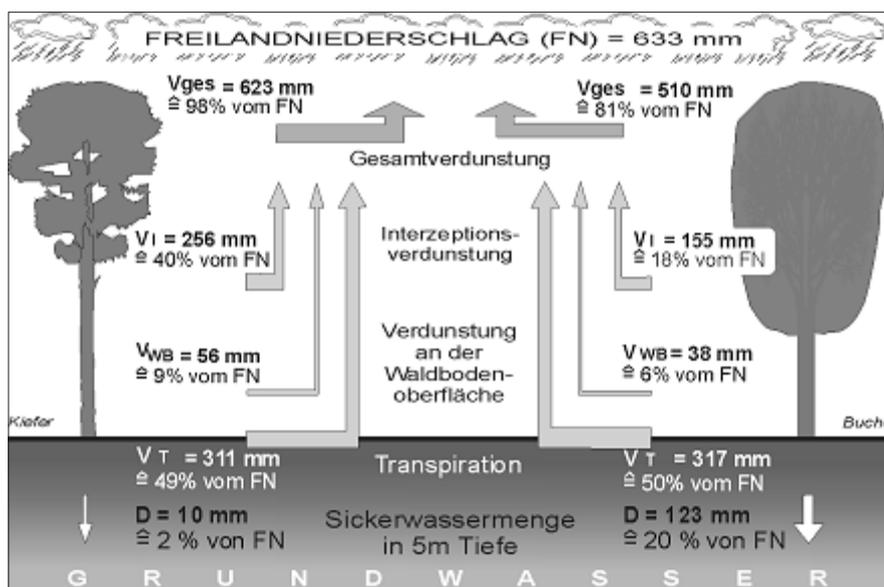


Abbildung 3: Wasserhaushaltsbilanz von Kiefern- und Buchenjungbeständen auf den Großlysimetern der ökologischen Station Britz im Durchschnitt der Jahre 1992 -1999

(sommergrün, winterkahl), dem Stammtrichterförmig Wasser zuleitende Äste und Zweige, eine glatte Rinde mit geringer Stamminterzeption und hohe Stammzahlen (ca. 10.000 Stück/ha), die zu Stammabflussmengen bis zu 8 % des Freilandniederschlags schon bei den Jungbeständen führen, so dass insgesamt eine geringe Interzeptionsverdunstung eintritt. Die Ursachen für die gegenüber den Buchenbeständen erhöhte Interzeptionsverdunstung der Kiefernbestände liegen in der immergrünen, das ganze Jahr interzeptionswirksamen Nadeltracht der Kiefer, ihrer offenen sperrigen Krone (Auffangtrichter) und dem infolge der rauerer Borke geringeren bis vernachlässigbaren Stammabfluss. Letzteres trifft vor allem auf Baumholzbestände im höheren Alter zu.

Die Baumarten Lärche und Douglasie ordnen sich bezüglich der Höhe der Interzeptionsverdunstung mit 30 % in der Lärche und 32 % in der Douglasie zwischen Kiefer und Buche ein. Die Sickerungsmengen unter den vier Baumarten (unter Buche im Durchschnitt 123 mm, unter Lärche 45 mm, unter Douglasie 41 mm und unter Kiefer 10 mm) folgen in ihrer Reihenfolge im Mittel des Zeitraumes

1992 bis 1999 der Höhe der Interzeptionsverdunstung.

Der 1999 mit Buchen und Eichen unterbaute Kiefern-Reinbestand (28-jährig) der Großlysimeteranlage Britz zeigt bezüglich der Tiefensickerung in 5 m Tiefe bereits eine auf die Durchforstung der Kiefer zurückzuführende Wirkung. So reduzierte sich im Zuge der Durchforstung die Grundfläche von 34,5 m²/ha auf 23 m²/ha in der Buche und von 34,5 m²/ha auf 24,3 m²/ha in der Eiche. Während der gleichaltrige Kiefern-Reinbestand weiterhin nur geringe Sickerung hat, liegt der Sickerungsanteil der unterbauten Lysimeter bereits bei 5 % des mittleren Niederschlagsdargebotes von 637 mm. Die Ursache sind die verringerte Interzeptionsverdunstung des Kiefernkrondaches und die aufgrund der Baumzahlverminderung flächenbezogen niedrigere Transpirationsverdunstung der Bestände.

Unter dem 1999 mit Eiche bepflanzten Lysimeter sickerten im Mittel des Zeitraums 1999 bis 2003 52 % der mittleren Niederschlagssumme (637 mm) in die Tiefe. Die Interzeptions- und Transpirationsverdunstung der kleinen Eichen sind noch gering, die Sickerung entspre-

chend hoch. Der Sickerungsanteil des Eichenjungwuchses im Alter von 7 Jahren ist in etwa vergleichbar mit dem gleichaltrigen Buchenjungwuchs (MÜLLER, 2001; 2002).

Insgesamt ist einzuschätzen, dass bei gegebenen Niederschlags- und Bodenbedingungen die unterschiedlichen Kronendachstrukturen unmittelbar die Höhe und den zeitlichen Verlauf der Interzeptionsverdunstung und mittelbar auch die Höhe der Tiefensickerung bestimmen. Die Forstwirtschaft hat über Baumartenwahl und Bewirtschaftung die Möglichkeit, den Landschaftswasserhaushalt gezielt zu beeinflussen (MÜLLER, 2001; 2002).

Die Ergebnisse sind u.a. für die Aufforstung ehemals landwirtschaftlich genutzter Flächen bedeutsam, weil sie eine Prognose der sich herausbildenden hydrologischen Situation erlauben, für die Waldbewirtschaftung in Trinkwassereinzugsgebieten sowie im Umland urbaner Gebiete, in denen eine hohe Grundwasserneubildung mit hoher Wassergüte ein wesentliches Bewirtschaftungsziel ist.

Literatur

- MÜLLER, J., 2002: Wirkungszusammenhänge zwischen Vegetationsstrukturen und hydrologischen Prozessen in Wäldern und Forsten. In: ANDERS, S. (ed.): Ökologie und Vegetation der Wälder Nordostdeutschlands. Oberwinter: Verlag Dr. Kessel, S. 93 und S. 99-122.
- MÜLLER, J., 2002: Wasserhaushalt von Kiefern- und Buchen-Reinbeständen und von Kiefern- und Buchen-Mischbeständen im nordostdeutschen Tiefland. In: Funktionen des Waldes in Verbindung mit dem Landschaftswasserhaushalt. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band XV. Praxiskolloquium der Landesforstanstalt Eberswalde am 25. Oktober 2001. Hrsg. Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg, S.66-76.
- MÜLLER, J., 2001: Ermittlung von Kennwerten des Wasserhaushaltes in Kiefern- und Buchenbeständen des nordostdeutschen Tieflands. Beitr. für Forstwirtsch. u. Landschaftsökologie, Berlin 35, 1, S. 14-18.
- MÜLLER, J., A. BOLTE, W. BECK, S. ANDERS und P. SCHARFEN, 2001: Modellierung des Sickerwasserflusses in einem zusammenhängenden Waldgebiet des nordostdeutschen Tieflands. In: Bericht der 9. Gumpensteiner Lysimetertagung zum Thema Gebietsbilanzen bei unterschiedlicher Landnutzung. Irdning, S. 111-115.