

Der Einsatz von Lysimetern in der forsthydrologischen Forschung im nordostdeutschen Tiefland

Jürgen Müller^{1*}

Zusammenfassung

Das nordostdeutsche Tiefland ist geprägt durch geringe Niederschläge und vorherrschend leichte Sandböden. Ziel der forsthydrologischen Forschung ist die Klärung des Einflusses unterschiedlich strukturierter Wälder auf den Landeswasserhaushalt und auf die Teilglieder der Wasserhaushaltsgleichung. Im Lockergesteinsbereich sind Lysimeter geeignete Messeinrichtungen zur Ermittlung von Sickerung und Verdunstung. Der Einsatz von Lysimetern unterschiedlicher Bauart hat im Raum Eberswalde eine über hundertjährige Tradition. 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 erfolgte die Bepflanzung der Lysimeter mit den Baumarten Kiefer (3 Lysimeter), Buche (2), Lärche (2) und Douglasie (2) in praxisüblichen Verbänden. Das Versuchsziel ist die Klärung des Baumarten- und Alterseinflusses der Bestände auf Grundwasserneubildung und Verdunstung unter vergleichbaren Witterungs- und Bodenbedingungen.

Für die Grundwasserneubildung unter Wald ist die Baumart von herausragender Bedeutung. In den Kiefernökosystemen beeinflussen Art und Deckungswerte der Bodenvegetation innerhalb der Vegetationsperiode maßgeblich die pflanzenverfügbare Bodenwassermenge mit Auswirkungen auf das Baumwachstum. Diese Ergebnisse konnten mit Hilfe speziell entwickelter wägbare Lysimeter erzielt werden.

Schlagwörter: Klimawandel, Lysimetertypen, Wasserhaushaltskennwerte, Baumarten

Summary

The North-East German lowland is characterized by low precipitations and sandy soils.

The aim of the forest hydrologic research is to investigate the influence of varying type of forest structures on the water balance of the landscape and on the partial parameters of the water balance equation. Lysimeters are suitable measuring instruments in the fields of granular soils and loose rocks to investigate evaporation and seepage water. The usage of lysimeter of different construction has a tradition of more than 100 years in this region. Aiming at the investigation of water consumption by different tree species, lysimeters were built up at Britz near Eberswalde at similar site conditions. At the beginning of the 1970s 9 lysimeters with a surface of 100 m² and a depth of 5 m were built. The stand development of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), common beech (*Fagus sylvatica* L.), larch (*Larix decidua* L.) and Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) was observed and recorded since planting with regard to growth course, net primary production, element and water fluxes.

The choice of tree species is of outstanding importance for the amount of groundwater production below forests. The structural properties of the ground vegetation concerning composition and coverage influence the soil water content available for plants considerably with effects on tree growth of Scots pine forests during the vegetation period. These results were obtained by usage of especially developed weighable lysimeters.

Keywords: climate change, lysimeter type, water budget, tree species

Einleitung

Der Nordosten Brandenburgs gehört zu den niederschlagsärmsten Regionen Deutschlands. Der langjährige Jahresniederschlag liegt bei 570 mm und ist somit weit unter dem gesamtdeutschen Durchschnitt von 780 mm. Klimaexperten prognostizieren für Brandenburg eine Erhöhung der Jahresmitteltemperatur, einen weiteren Rückgang der Jahresniederschläge und eine Verstärkung der Extremwettersituationen (SCHRÖTER et al. 2005).

Die Waldböden sind vorherrschend sandig mit geringer Wasserspeicherkapazität und hoher Durchlässigkeit.

Mit 36 Prozent Waldfläche ist Brandenburg das viertwaldreichste Bundesland. Der Wald hat infolge seiner Struktur und räumlichen Ausdehnung Auswirkungen auf den Landschaftswasserhaushalt. Deshalb sind Untersuchungen zu den Zusammenhängen von Standort, Waldstruktur und Wasserhaushalt von besonderem Interesse.

Neben den Forschungen zur Rolle des Waldes im Landschaftswasserhaushalt sind Untersuchungen zum Wasserverbrauch und Wachstum der Wälder bei weniger werden Wasserressourcen innerhalb der Vegetationsperiode ein weiterer Forschungsschwerpunkt. Durch die zu erwartende Verschärfung von Trockenheit in weiten Teilen Nord- und Mitteldeutschlands sind die vorgestellten forsthydrologi-

¹ Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Waldökologie und Waldinventuren, A.-Möller-Straße 1, D-16225 EBERSWALDE

* Ansprechpartner: juergen.mueller@vti.bund.de

Tabelle 1: Einsatz von Lysimetertypen in der Eberswalder forsthydrologischen Forschung.

| Jahr | 1907 | 1929 | 1966 | 1972 | 1994 | 2005 |
|--------------|--------------------------|--------------------------|---|--------------------|------------------|----------------------|
| Standort | Eberswalde „Drachenkopf“ | Eberswalde „Drachenkopf“ | Liepe | Britz | Versuchsflächen | Britz „Postluch“ |
| Lysimetertyp | Kleinstlysimeter | Kleinlysimeter | Unterflurlysimeter | Großlysimeter | Kleinlysimeter | Grundwasserlysimeter |
| Wägbarkeit | nicht wägbar | wägbar | nicht wägbar | nicht wägbar | wägbar | wägbar |
| Boden | gestört | gestört | ungestört | gestört | ungestört | ungestört |
| Oberfläche | 500 cm ² | 1 m ² | 500 cm ² 1500 cm ² | 100 m ² | 1 m ² | 1 m ² |
| Tiefe | 1,0 m | 1,5 m | 5 m | 5 m | 1,8 m | 2,0 m |

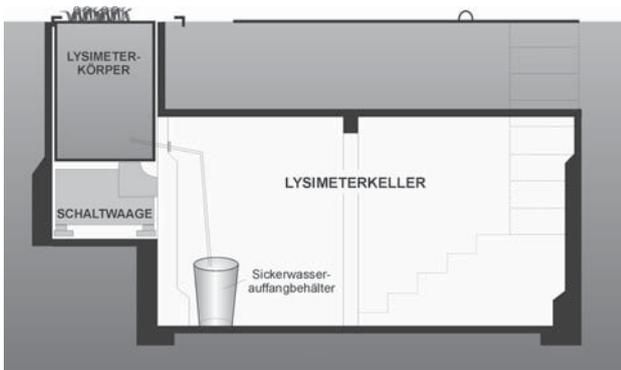


Abbildung 1: Prinzipskizze der Lysimeteranlage auf dem „Drachenkopf“.

schon Untersuchungen und erzielten Ergebnisse für viele andere Regionen Deutschlands richtungweisend.

Der Einsatz unterschiedlicher Lysimetertypen in der forsthydrologischen Forschung

Lysimeter sind geeignete Messeinrichtungen zur Erfassung des Wasserhaushaltes von Pflanzen. Auf Grund der gegebenen Standortbedingungen haben Untersuchungen mit Lysimetern unterschiedlichster Bauart im Eberswalder Raum eine lange Tradition (Tabelle 1).

Die „Drachenkopflysimeter“

Bereits 1907 wurden auf dem „Drachenkopf“ in Eberswalde erste Wasserhaushaltsuntersuchungen mit jungen Waldbäumen auf Kleinstlysimetern durchgeführt. Diese Kleinstlysimeter wurden 1929 durch eine größere wägbarere Anlage mit drei Lysimetern ersetzt, die 1954 um vier weitere ergänzt wurde. Die Versuchsstation „Drachenkopf“ ist nach unserem Kenntnisstand die älteste Lysimeterstation der Welt für forsthydrologische Zwecke (MÜLLER 2008). Die wägbareren Lysimeter haben eine Oberfläche von einem Quadratmeter und sind 1,5 m tief (Abbildung 1). Die quadratischen Lysimeterbehälter sind oberflächengleich in den natürlichen Boden eingebaut und wie ihre Umgebung mit der zu untersuchenden Pflanzendecke bewachsen. Die „Drachenkopflysimeter“ sind mit Erde befüllt und somit „gestörte Lysimeter“. Das Bodensubstrat ist Mittelsand, der Bodentyp entspricht in seiner Horizontabfolge einer für diese Region typischen Sandbraunerde.

Die Sickerwassererfassung und die Lysimeterwaagen befinden sich in einem Keller.

Der Schwerpunkt der Untersuchungen besteht in der Bestimmung der Wasserhaushaltskomponenten Evaporation, Transpiration und Sickerung unter definierten Witterungs- und Bodenverhältnissen sowie wechselndem Bewuchs.

Unter den niederschlagsarmen Bedingungen der Region war die Ermittlung der Sickerwassermengen von besonderem Interesse, denn nur dieser Teil des Niederschlages, der dem Grundwasser zufließt, ist wasserwirtschaftlich nutzbar.

Neben der Quantifizierung der Sickerung sind Lysimeter in hervorragender Weise geeignet, die Verdunstung (V) von Pflanzen zu bestimmen. Die Verdunstung ergibt sich als Restglied aus der Wasserhaushaltsgleichung (1), als Differenz aus dem Niederschlag (N), der Sickerung (S) und der Bodenfeuchteänderung (dF).

$$V = N - S - dF \quad (1)$$

Der Niederschlag wird mit Niederschlagssammlern nach Hellman in einem Meter Höhe und am Erdboden gemessen. Die Sickerung wird am Sickerwasserauslauf der Lysimetergefäße erfasst. Die Messung der Feuchtigkeitsänderung des Bodens erfolgt über die Gewichtsänderung des Lysimeters mit Hilfe von Schaltgewichtswaagen. Diese Waagen sind Kompensationswaagen, die von einem Kellergang aus bedient werden. Die ca. 2 t schweren Behälter werden auf 10 g genau gewogen.

Die „Britzer Großlysimeter“

Die forsthydrologische Fragestellung nach dem Einfluss unterschiedlich aufwachsender Baumarten auf Verdunstung und Grundwasserneubildung war 1972 der Anlass für den Bau von Großlysimetern auf der Versuchsstation Britz bei Eberswalde (MÜLLER 1993).

Andere Lysimetererfahrungen nutzend wurden die Großlysimeter mit einer für Waldlysimeter notwendigen Tiefe von 5 m und einer Oberfläche von 100 m² (10x10 m) angelegt (Abbildung 2). 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 3). 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.

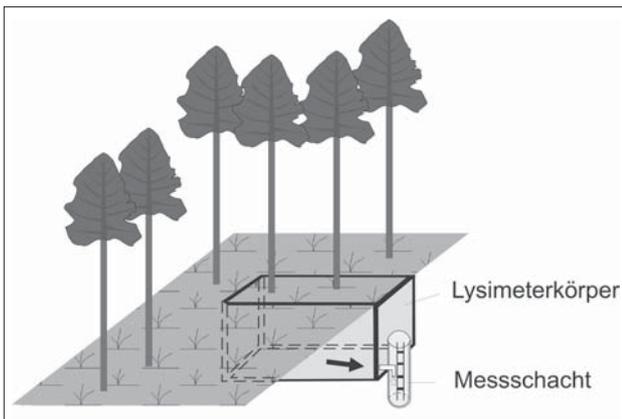


Abbildung 2: **Prinzipische Skizze eines mit Bäumen bewachsenen Großlysimeters.**

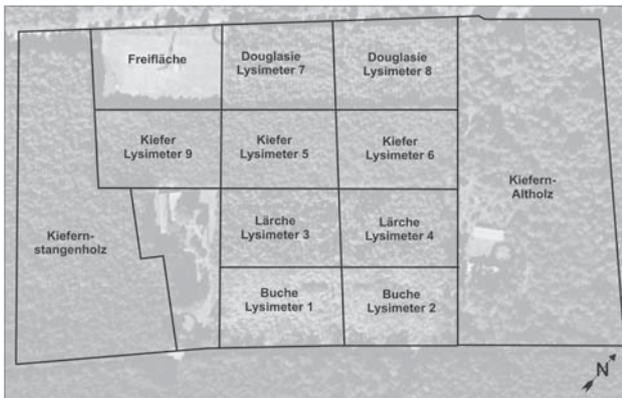


Abbildung 3: **Luftbild der ökologischen Versuchsstation Britz mit Lage der einzelnen Großlysimeter (Stand 1998).**

Das sich über der Lysimetergrundfläche ansammelnde Sickerwasser läuft zu einem Messschacht neben dem Lyssimeter ab und wird mit einem Wasserzähler mechanisch gemessen und auch elektrisch registriert. Die Bodenfeuchte wird mit Sonden bis zu einer Tiefe von 5 m in insgesamt 10 Tiefenstufen gemessen. Die Erfassung des Niederschlages erfolgt mit Niederschlagssammlern nach Hellman im Freiland und Bestand.

Das zukünftige Waldbild im nordostdeutschen Tiefland soll durch möglichst vielfältig strukturierte Mischbestände geprägt sein. Dieses Ziel verfolgt auch der Waldumbau im Land Brandenburg (MLUR 2004). Das Waldumbau-programm 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 aus standortklimatischen Gründen der Eiche 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.

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.

Die wägbaren Lysimeter

In den Kiefernökosystemen des nordostdeutschen Tieflandes stellt die Vegetation am Waldboden einen maßgeblichen, bisher schwierig messbaren Wasserverbraucher dar. Um die Evapotranspiration der Bodenvegetation und damit deren spezifischen Wasserverbrauch getrennt von der Transpiration des Baumbestandes zu ermitteln, ist der Einsatz spezieller Messsysteme notwendig. Der Lysimetertradition folgend wurde der Einsatz wägbarer Lysimeter konzipiert, die folgende spezielle Anforderung erfüllen mussten:

- Kreisförmige Lysimeter mit einer Oberfläche von 1 m²
- Lysimetertiefe von 1,8 m, so dass ein sich eventuell ausbildender Stauwasserhorizont am Lysimeterboden, dem aber durch eine entsprechende Lysimeterkonstruktion entgegengewirkt wird, durch die Wurzeln der Bodenvegetation nicht erreicht wird
- ungestörter Bodenmonolith mit aufwachsender Bodenvegetation
- geringe Störung des gewachsenen Bodens und der Vegetationsdecke im Lysimeterumfeld und damit Erhaltung der Homogenität der Bodenverhältnisse und Vegetationsstrukturen
- kontinuierliche Messung von Bodenfeuchteänderungen und Sickerwassermenge mit hoher Präzision
- mobile Einsatzmöglichkeit der Lysimeter.

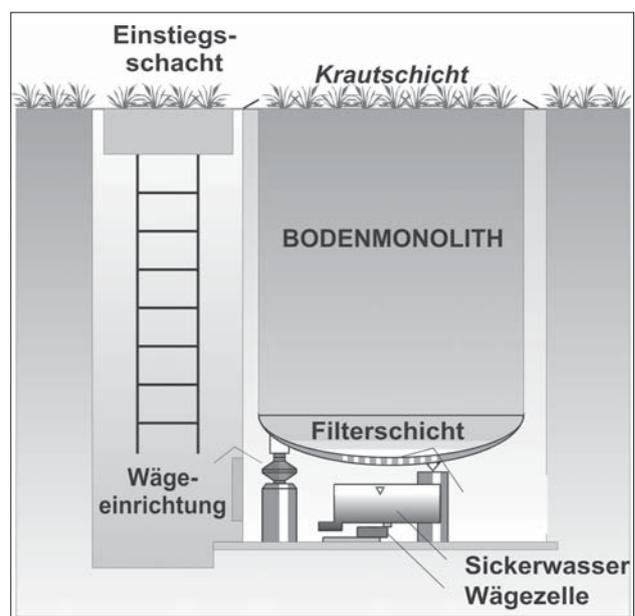


Abbildung 4: **Prinzipische Skizze des wägbaren Lysimeters.**

Diesen Forderungen entsprechend, wurden 1994 wägbare Lysimeter für den Einsatz in Waldbeständen entwickelt, hergestellt und installiert (Abbildung 4). Das erzielte Ergebnis, die Kombination von ungestörtem Bodenkörper ausreichender Dimension und Wägbarekeit bei Verzicht auf einen Lysimeterkeller war neu. Damit wurde die Bilanzierung des Wasserhaushaltes für unterschiedliche Anwendungsfälle unter Freilandbedingungen im Wald mit vergleichsweise geringen Kosten möglich.

Die Einzigartigkeit der Lösung lag in der Umsetzung der für die Aussagefähigkeit der Ergebnisse notwendigen Verknüpfung von Lysimetergröße, einer speziellen, die Ungestörtheit von Bodenmonolith und Lysimeterumfeld sichernden Einbautechnologie sowie in kontinuierlicher Parametererfassung und in mobiler Einsatzmöglichkeit. Der Wasserverbrauch der Vegetationsdecken kann durch den Einsatz spezieller Wägezellen für die Erfassung der Bodenfeuchteänderung im Monolith und der ausfließenden Sickerwassermengen mit einer Genauigkeit von 0,1 mm erfolgen. Zunächst wurden die Lysimeter zur Messung des Wasserverbrauchs der Bodenvegetation mit unterschiedlicher Artenzusammensetzung eingesetzt.

Im Jahre 2000 wurden einzelne Lysimeter ausgebaut, rekonstruiert und überholt und zur Ermittlung des Wasserverbrauchs von jungen Buchen und Eichen in Kiefern-Buchen bzw. Kiefern-Eichen-Mischbeständen eingebaut. Mit diesen Untersuchungen konnten die Verdunstungsverhältnisse von Kiefer zu Buche und zur Bodenvegetation geklärt werden.

Die derzeitigen Untersuchungen sollen unter dem Vorzeichen sich verändernder Klimabedingungen (Häufung von Extrem-Sommern) verstärkt der Fragestellung nach dem Einfluss von Trockenstress auf die Transpiration und das Wachstum junger Waldbäume nachgehen. Die Klärung des Einflusses veränderter Klimabedingungen auf die Entwicklung der Vegetation und umgekehrt der Vegetation auf die Klimabedingungen ist von höchster umweltpolitischer Bedeutung.

Die wägbaren Grundwasser-Lysimeter

Bisher wurden die Lysimeter nur auf terrestrischen grundwasserfernen Standorten eingesetzt. Im Jahr 2004 wurde der Einsatz auf Standorte im grundwassernahen Bereich erweitert.

Als riesige Wasserspeicher sind diese besonders naturnahen Waldökosysteme für den angespannten Landschaftswasserhaushalt der trockensten Region Deutschlands von herausragender Bedeutung.

Vor diesem Hintergrund wird mit Hilfe wägbarer Lysimeter der Wasserverbrauch junger Schwarzerlen und Stieleichen in einem Erlenbruch untersucht. Die Zielstellung besteht in der Ermittlung von Transpiration und Wachstum von Stieleiche und Schwarzerle unter sich differenzierendem Grundwasserflurabstand.

Ergebnisse

Mit den „**Drachenkopflysimetern**“ wurden eine Vielzahl von Ergebnissen erzielt, die Grundlage für weiterführende

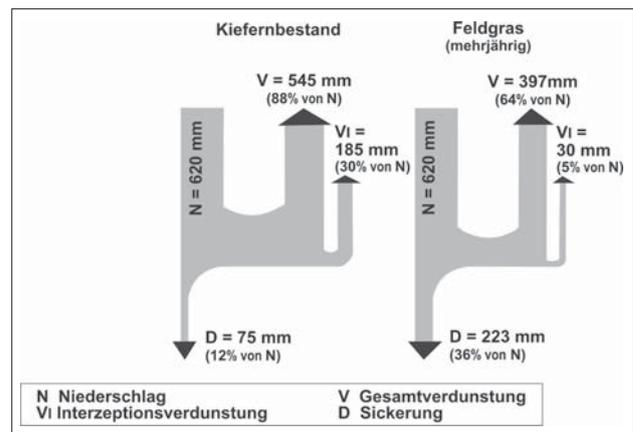


Abbildung 5: Vergleich von Tiefensickerung und Verdunstung eines Kiefernbaumholzes und eines Feldgrasbestandes auf Sandboden.

Untersuchungen zum Einfluss der Landnutzung auf den Landschaftswasserhaushalt waren (LÜTZKE 1958, 1961; MÜLLER 2008).

Ein wesentliches Ergebnis ist, dass unter vergleichbaren Witterungs- und Bodenbedingungen die Pflanzenart und der Deckungsgrad der Vegetation maßgeblich die Höhe und den zeitlichen Verlauf von Sickerung und Verdunstung beeinflussen. So sickert unter dem mehrjährigem Feldgras das Dreifache in die Tiefe als unter dem Kiefernbaumholzbestand (Abbildung 5). Die Ursachen der höheren Verdunstung des Waldes liegen in den Besonderheiten der verdunstenden Flächen des Ökosystems begründet, wie deren Höhe und Oberfläche, die ausgeprägte vertikale Bestandesstruktur mit Baum-, Strauch- und Krautschicht und die räumliche Ausdehnung des Waldes in der Landschaft.

Die Untersuchungen auf den „**Britzer Großlysimetern**“ zeigten, dass für die Tiefensickerung unter Wald die Baumart von herausragender Bedeutung ist.

Die Auswirkung vegetationsstruktureller Differenzierungen in unterschiedlichen Wuchsstadien eines Kiefernforstes, eines Buchenwaldes und eines aufwachsenden Kiefern-Buchen-Mischbestandes auf die Sickerungshöhe und Verdunstung zeigt die Abbildung 6.

Im Kiefernbestand steigt die Gesamtverdunstung mit dem Aufwachsen schnell an und die Sickerung geht zurück. Sie liegt im Stangenholzstadium bei 100 %. Die Kiefern haben in diesem Alter Zuwachskulmination, dementsprechend hohe Transpiration und infolge dichter Kronendächer hohe Interzeptionsverluste mit über 40 % der jährlichen Niederschlagsmenge (MÜLLER 2002, 2005). Die Sickerung geht in diesem Stadium gegen Null. Durch natürliche Baumzahlreduzierung und planmäßige Durchforstungen gehen Transpiration und Interzeption stetig zurück und der Sickerungsanteil steigt an. Durch die Auffichtung des Kronendaches nimmt der Anteil der Evapotranspiration der Bodenpflanzendecke verhältnismäßig stark zu (MÜLLER et al. 1998).

Im Buchenbestand steigt die Verdunstung mit dem Aufwachsen der Bestände ebenfalls schnell an und erreicht im Stangenholz Werte von knapp 80 % des Jahresniederschla-

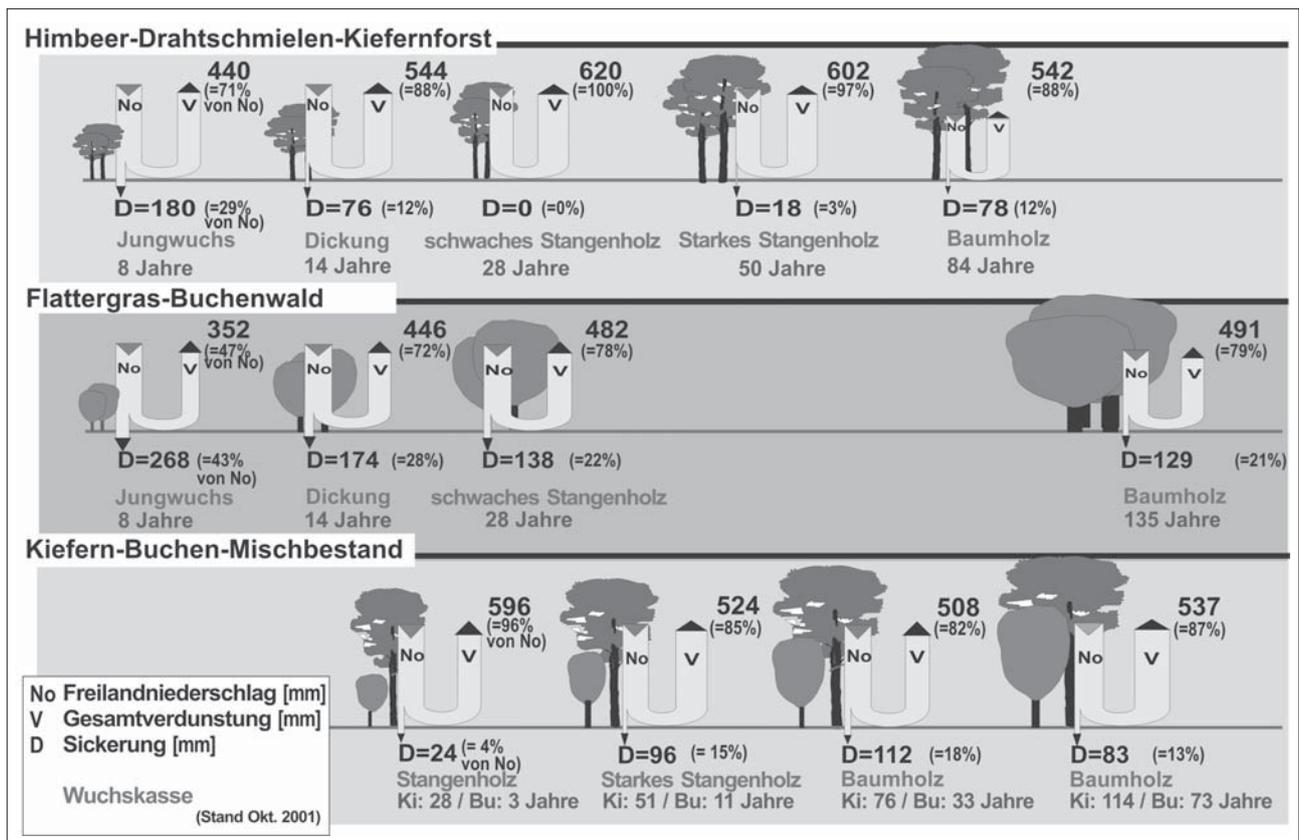


Abbildung 6: Einfluss der Vegetationsstrukturen von Vegetationsformen der Kiefer und Buche in unterschiedlichen Wuchsstadien auf Kennwerte des Wasserhaushaltes - Verdunstung und Tiefensickerung - (Finowtaler Sandbraunerde, 620 mm Jahresniederschlag).

ges. Diese Größe bleibt über einen langen Zeitraum bis ins Baumholzstadium in etwa gleich, so dass auch für die Tiefensickerung mit stabilen Mengen von über 20 % des Jahresniederschlags kalkuliert werden kann. Die Transpiration steigt mit Aufwachsen der Bestände leicht an und die Interzeption geht infolge zunehmender Stammabflüsse zurück (sie erreicht Werte von ca. 20 % des jährlichen Freilandniederschlags). Die Verdunstung vom Waldboden hat aufgrund der Ausdunkelung durch die Buche eine untergeordnete Bedeutung. Die Buche hat in allen Altersphasen höhere Tiefensickerung als die Kiefer. So sickern unter vergleichbaren Boden- und Witterungsbedingungen z.B. im Buchenbaumholz jährlich 50 mm mehr Niederschlag in die Tiefe als im Kiefernbaumholz (MÜLLER 2002, 2005).

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 entsprechend hoch. Der Sickerungsanteil des Eichenjungwuchses im Alter von 7 Jahren ist in etwa vergleichbar mit dem gleichaltrigen Buchenjungwuchs (MÜLLER 2002, 2005, 2007).

Untersuchungen in unterschiedlich alten Kiefern-Buchen-Mischbeständen auf Sandboden zeigten, dass sich die Höhe der Tiefensickerung in Abhängigkeit von den forstlichen Eingriffen und der Stammzahlhaltung sowie der Entwicklung der Baumdimensionen der Buchen zwischen dem Kie-

fern- und Buchen-Reinbestand einordnet (MÜLLER 2006, 2007). 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 positive Wirkung auf die Grundwasserneubildung.

Die Gesamtverdunstung gibt nur einen groben Überblick über den Wasserhaushalt der Waldbestände. Bedeutsamer für die Aufklärung von Wechselwirkungen zwischen den Kompartimenten ist die Aufteilung der Gesamtverdunstung in die einzelnen Verdunstungskomponenten (Kronendachinterzeption, Evapotranspiration von Boden und Bodenpflanzendecke sowie Transpiration der Baumvegetation).

Die **wägbaren Lysimeter** wurden in Kiefernbeständen des nordostdeutschen Tieflands mit typischen Bodenvegetationsdecken zur Ermittlung des Wasserverbrauches dieser Decken eingebaut. Die typischen Bodenvegetationsarten waren *Calamagrostis epigejos*, *Deschampsia flexuosa*, *Deschampsia flexuosa* mit *Rubus idaeus* und *Vaccinium myrtillus*.

Die Untersuchungen zeigten, dass die Evapotranspiration mit Zunahme des Grasanteils ansteigt. Die Zwergstrauchdecken haben geringeren Wasserverbrauch. So verbraucht die geschlossene Sandrohrdecke in der Jahressumme über ein Drittel, die Drahtschmielendecke knapp 30 % der jährlichen Niederschlagsmenge von 620 mm. Bei Decken mit Kleinstrauchanteilen verdunsteten Himbeer-Drahtschmielendecken

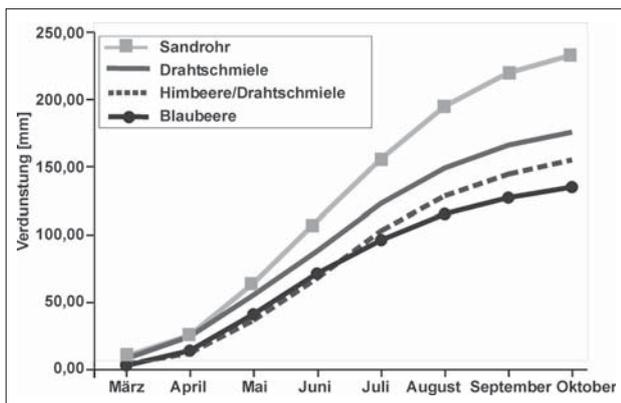


Abbildung 7: Kumulative Verdunstung unterschiedlicher Bodenvegetationsdecken in Kiefernbeständen im Zeitraum März bis Oktober im Mittel der Jahre 1996-98.

mit wenig mehr als 25 % und Blaubeer-Drahtschmielendecken mit knapp 20 % der Jahresniederschläge z. T. deutlich geringere Mengen als reine Grasdecken (Abbildung 7). Neben der in der Jahressumme unterschiedlichen Verdunstung der Bodenvegetationsdecken ist die saisonale Entwicklung der Evapotranspiration innerhalb der Vegetationsperiode ökologisch bedeutungsvoll.

In Wassermangelperioden führt der höhere Wasserverbrauch der Grasdecken zur Verminderung der pflanzenverfügbaren Bodenwassermenge, verschärft die Wassermangelsituation für die Baumvegetation und beeinträchtigt das Wachstum der Bäume.

Art und Deckungswerte der Bodenvegetation beeinflussen maßgeblich die Höhe des Wasserverbrauchs der Baumvegetation. Die Bodenvegetation wird zu einem führenden Faktor im Wasserhaushalt in den Kiefernforsten (MÜLLER et al. 1998; MÜLLER und SEYFARTH 1999; MÜLLER 2002).

Schlussfolgerungen und Zusammenfassung

Wälder besitzen eine wichtige Funktion im regionalen Wasserhaushalt; durch ihre Regulationswirkung beeinflussen sie maßgeblich den Landschaftswasserhaushalt.

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

Erst durch die Berücksichtigung der Besonderheiten des strukturellen Aufbaus des Waldes wird eine treffende Beurteilung der hydro-ökologischen Wirkungen möglich.

So konnte mit Hilfe der Großlysimeter der Einfluss der Baumart auf Tiefenversickerung und Verdunstung aufwachsender Bestände quantifiziert werden. Es zeigte sich,

dass die Kronendachstrukturen maßgeblich die Höhe der Tiefensickerung und die Verteilung des Niederschlages im Bestand mit Wirkung auf die Bodenwasserverfügbarkeit beeinflussen.

Die Gesamtverdunstung gibt nur einen groben Überblick über den Wasserhaushalt der Waldbestände. Bedeutsamer für die Aufklärung von Wechselwirkungen zwischen den Kompartimenten ist die Aufteilung der Gesamtverdunstung in die einzelnen Verdunstungskomponenten. In der Vegetationsperiode sind die Wasserverbräuche der einzelnen Vegetationsschichten für die Beurteilung von möglichem auftretendem Wasserstress von Bedeutung. Durch den Einsatz von wägbaren Lysimetern in Kiefernreinbeständen konnte nachgewiesen werden, dass die Höhe und die innerjährliche Entwicklung des Wasserverbrauches unterschiedlicher Bodenvegetationsdecken die Höhe des pflanzenverfügbaren Bodenwassers mit Konsequenzen für den Wasserverbrauch der Baumschicht bestimmen.

Der große Vorteil der Lysimeter-technik besteht in der Möglichkeit der Bilanzierung von Energie- und Stoffflüssen in hoher zeitlicher Auflösung unter genau zu differenzierenden Bedingungen. Dies macht die Lysimeter für die verschiedensten Einsatzfelder in Wissenschaft und Praxis immer interessanter. Lysimeter sind aufgrund innovativer Messtechniken (Wägezellen zur Bestimmung von Feuchteänderungen und Sickerwasserflüssen, Bodenfeuchtesensoren und Tensiometer zur Beobachtung der Sickerwasserbewegung) für die Parameterisierung von Prozessmodellen zur Modellierung des Energie- und Stoffhaushaltes ein wichtiges Instrument. Dies gilt auch für die forsthydrologische Forschung. Vor dem Hintergrund der Klimaerwärmung sind Lysimeter zur Untersuchung des Wasserverbrauches kleiner Waldbäume unterschiedlicher Herkunft bei knapper werdenden Wasserressourcen unverzichtbar.

Literatur

- LÜTZKE, R., 1958: Vergleichende Untersuchungen der Temperaturverhältnisse auf freiem Feld, in Waldbeständen und auf Waldlichtungen mit Hilfe von thermoelektrischen Messungen bis zur Höhe der Baumkronen. Dissertation, Eberswalde 1958, 217 S.
- LÜTZKE, R., 1961: Das Temperaturklima von Waldbeständen und Lichtungen im Vergleich zur offenen Flur. Archiv für Forstwirtschaft 10, 1961, 17-83.
- MLUR (Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung), 2004: Waldbaurichtlinie 2004 – „Grüner Ordner“ der Landesforstverwaltung Brandenburg. Potsdam : MLUR, 143 S.
- MÜLLER, J., 2008: Die Versuchsstation auf dem „Drachenkopf“ in Eberswalde. In: Eberswalder Jahrbuch für Heimat-, Kultur- und Naturgeschichte 2007/2008. 248-253.
- MÜLLER, J., 2007: Forestry and limited water budget in the Northeast German Lowlands – consequences for choice of tree species and forest management. In: Progress in Hydro Science and Engineering, The Role of Forests and Forest Management in the Water Cycle, Contributions to the Sino-German Symposium 27-30 November 2006, Dresden. Dresden Water Center, Volume 3/2007, 355-364.
- MÜLLER, J., 2007: Verdunstung und Wasserhaushalt unterschiedlich strukturierter Kiefern-Buchen-Mischbestände auf grundwasserfernen Sandstandorten. In: Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung. Verdunstung – Beiträge zum Seminar Verdunstung am 10./11. Oktober 2007 in Potsdam. Hrsg. Konrad Miegel, Hans-B. Kleeberg

- Hydrologische Wissenschaften Fachgemeinschaft in der DWA. Heft 21.07., 97-112.
- MÜLLER, J., 2006: Veränderung hydroökologischer Parameter im Prozess des Waldumbaus von Kiefernforsten über Kiefern-Buchen-Mischbestände zu Buchenwäldern im nordostdeutschen Tiefland. In: DWA, Wasser- und Bodentage. Feuchtwangen, 25.10.2006. Hennef: DWA 2006, 1-17.
- MÜLLER, J., 2005: 30 Jahre forsthydrologische Forschung auf der Großlysimeteranlage in Britz – Zielstellung und Ergebnisse. In: Bericht über die 11. Gumpensteiner Lysimetertagung, „Lysimetrie im Netzwerk der Dynamik von Ökosystemen“ am 5. und 6. April 2005, Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Irdning. Raumberg-Gumpenstein, 29-32.
- 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, 2002, 93 und 99-122.
- MÜLLER, J. und M. SEYFARTH, 1999: Methode zur Ermittlung des Wasserverbrauches unterschiedlicher Waldbodenvegetationsdecken mit Hilfe von wägbaren Lysimetern. In: 8. Lysimetertagung der Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft in Gumpenstein am 13. und 14.4.1999. BAL Bericht, 1999, 177-178.
- MÜLLER, J., A. BOLTE, W. BECK und S. ANDERS, 1998: Bodenvegetation und Wasserhaushalt von Kiefernforstökosystemen (*Pinus sylvestris* L.). Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Berlin 28 (1998), 407-414.
- MÜLLER J., 1993: Die Großlysimeteranlage Britz (bei Eberswalde). Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Göttingen 71:18-19.
- SCHRÖTER, D., M. ZEBISCH and T. GROTHMANN, 2005: Climate change in Germany - vulnerability and adaptation of climate-sensitive sectors. Klimastatusbericht (Report on the State of the Climate). Deutscher Wetterdienst (German Meteorological Service), Offenbach.