

Wirkungen von Wuchshüllen auf Eichenpflanzen

Wuchshüllen bieten dem Verwender viele Möglichkeiten, wobei die Auswirkungen auf die Forstpflanze häufig unklar sind. Wie sich das Mikroklima in einer Wuchshülle im Vergleich zu Freilandbedingungen verhält und welche Bedeutung das für das Pflanzenwachstum hat, wurde in einer Studie exemplarisch betrachtet.

Beatrice Jäger, Reiner Wagner,
Bernd Stimm

Seit über 30 Jahren ist die Wuchshülle für die forstliche Verwendung erhältlich und erzielt trotz polarisierendem Ruf einen stetig steigenden Absatz. Die Verwendungen der Hülle sind zahlreich und reichen vom Fegeschutz bis hin zur Abwehr von Begleitvegetation. Aktuell wird vermehrt auf die namensgebende wuchsfördernde Wirkung gesetzt [2]. Die meisten Untersuchungen zu Wuchshüllen stammen aus dem Ausland. Jedoch unterscheiden sich dortige Bedingungen bei der Kulturbegründung teils deutlich von denen in Deutschland.

Wie sich die Wuchshüllen auf das Wachstum von Forstpflanzen auswirken können, wurde in einer Bachelorarbeit am Lehrstuhl für Waldbau der Technischen Universität München untersucht.

Feldversuch mit Stieleichen

In einem Feldversuch wurden auf zwei Teilflächen junge Stieleichen (*Quercus robur*) angebaut: auf einer der beiden Teilflächen wurden die Jungeichen mit Wuchshüllen bestückt, auf der anderen wuchsen sie ohne Wuchshüllen in einem Zaun auf. Gemessen wurden die Länge des letzten Jahrestriebs (2015) der Eichen, der Wurzelhalsdurchmesser (WHD) und die Gesamthöhe. Aus der Gesamthöhe und dem Wurzelhalsdurchmesser wurden die H/D-Verhältnisse ermittelt.

Zur näheren Charakterisierung der Wirkung der Wuchshülle wurden die Lufttemperatur innerhalb und außerhalb der Hülle sowie die relative Luftfeuchtigkeit gemessen. Das Dampfdruckdefizit wurde errechnet.

Beide Versuchsflächen entstanden infolge einer Fichtenendnutzung. Sie befinden

Werte der Stieleichen	Eiche ohne Wuchshülle			Eiche in Wuchshülle		
	Mittelwert	Maximum	Minimum	Mittelwert	Maximum	Minimum
Gesamthöhen [cm]	166,9	226,8	120,6	197,3	266,1	128,7
Jahrestrieblängen (2015) [cm]	41,2	69,1	18,3	50,6	88,4	18,9
Wurzelhalsdurchmesser [mm]	21,2	37	10	11,8	19	5
H/D-Werte	81,4	146,3	51,4	176	337,7	106,5

Tab. 1: Ergebnisse der Eichenmessungen

den sich nahe des schwäbischen Ortes Grünenbaindt im tertiären Hügelland (Wuchsbezirk: Mittelschwäbisches Schotteriedel- und Hügelland, 12.7). Beide Flächen stocken auf Braunerden aus kiesführendem Lehm [1]. Bei 515 m ü. NN ist das Klima warm gemäßigt mit einer Jahresdurchschnittstemperatur von 8 °C und einem durchschnittlichen Jahresniederschlag von 839 mm [12].

Im März 2013 wurden auf der Testfläche ohne Wuchshüllen ZüF-zertifizierte Stieleichen (Alter 3/0, Größe 50 bis 80 cm, Herkunft 81709) mit Winterlinde (*Tilia cordata*) mittels Baggerbohrverfahren im Verband 1,5 m × 1,0 m gepflanzt.

Auf die für die Bestückung mit Wuchshüllen vorgesehene Vergleichsfläche wurden im November 2013 insgesamt 2.000 Stieleichen (Alter 2/0, Größe 50 bis 80 cm, Herkunft 81709) mit Hainbuche (*Carpinus betulus*) und Winterlinde ebenfalls mittels Baggerbohrverfahren im Verband 1,5 m × 1,0 m gepflanzt. Nach der Pflanzung wurden die Hüllen angebracht. Die verwendete Hülle (Hersteller: Die Wuchshülle SG GmbH) besteht aus einem Heteropolymer mit Polypropylen [13]. Die Hülle ist doppelwandig, hat eine Wandstärke von 2 mm und eine Höhe von 120 cm. Ihr Querschnitt ist quadratisch. In einer Höhe von 16 cm über der Hüllenunterkante befinden sich sechs Belüftungslöcher.

Die Messungen der Jahrestrieblängen, der Gesamthöhen und der Wurzelhalsdurchmesser der Eichen erfolgten außerhalb der Vegetationsperiode. Auf jeder der beiden Flächen wurden insgesamt 200 Eichen ausgewählt und mithilfe von Zollstock und Schieblehre vermessen. An ausgewählten Tagen wurden die Lufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit innerhalb und außerhalb der Wuchshülle mit einem automatischen Thermohygrometer ermittelt.

Für die Auswertung der Gesamthöhen, der Jahrestrieblängen und der Wurzelhalsdurchmesser wurde ein Signifikanztest (t-Test) verwendet. Die Beurteilung der Verlaufskurven von relativer Luftfeuchtig-

Schneller Überblick

- Ausgewertet wird ein Feldversuch zum Wachstum von Stieleichen innerhalb und außerhalb von Wuchshüllen
- Untersucht wurden im Zusammenhang mit Lufttemperatur, relativer Luftfeuchte und Dampfdruckdefizit die Gesamthöhe der Pflanzen, ihre Jahrestrieblänge, der Wurzelhalsdurchmesser und das H/D-Verhältnis
- Es werden Unterschiede zwischen dem Wachstum von Eichen in Wuchshüllen im Vergleich zu Freilandbedingungen diskutiert

Datum	Durchschnitts-temperatur [°C]	Maximum [°C]	Uhrzeit des Maximums	Minimum [°C]	Uhrzeit des Minimums	Amplitude [°C]
24. 04. 2016	5,93	20,6	15:30:00	-0,9	23:00:00	21,5
27. 04. 2016	5,28	18,1	14:25:00	-1,7	23:55:00	19,8
04. 05. 2016	11,79	28,9	14:45:00	0,8	23:05:00	28,1
30. 05. 2016	19,31	36,7	17:25:00	10,4	23:55:00	26,3
25. 06. 2016	23,08	39,8	15:40:00	15,1	05:30:00	24,7
09. 07. 2016	24,41	41,8	16:25:00	13,9	23:50:00	27,9

Tab. 2: Temperaturmessungen in der Wuchshülle

keit, Temperatur und Dampfdruckdefizit erfolgte durch einen grafischen Abgleich.

Ergebnisse und Diskussion

Gesamthöhe

Eichen in Wuchshüllen sind im Durchschnitt 30,4 cm höher als jene, die ohne Wuchshüllen erwachsen sind (Tab. 1). Leder und Hanke [5] konnten ebenfalls einen starken Vorsprung im Höhenwachstum von Eichen in Wuchshüllen verzeichnen. Aus technischen Gründen musste in dem hier beschriebenen Feldversuch die Anlage der Teilfläche mit den Stieleichen ohne Wuchshülle eine Vegetationsperiode früher erfolgen. Das bedeutet, dass die Eichen ohne Hülle eine Vegetationsperiode Zeit hatten, um auf einen möglichen Pflanzschock zu reagieren. Trotz dieses Vorsprungs sind die Eichen in den Hüllen deutlich höher. Es kam somit zu einer Überkompensation des vermeintlichen Vorteils der frei aufwachsenden Eichen.

Jahrestrieblängen

Die 2015 gebildeten Jahrestriebe sind bei den Eichen in der Wuchshülle im Mittel um 9,4 cm länger. Trieblängen über 70 cm waren nur bei Wuchshüllen-Eichen



Abb. 1: Links eine Hülleneiche, rechts eine ohne Wuchshülle gewachsene Jungeiche

messbar. Der längste Jahrestrieb in einer Wuchshülle übertraf mit 88,4 cm den maximalen Jahrestrieb ohne Wuchshülle um 19,3 cm (Tab. 1). Diese Ergebnisse ähneln denen von Leder und Hanke [5], bei denen Eichen der Sortierung 50 bis 80 cm im ersten Jahr in einer Wuchshülle weit längere Jahrestriebe vorweisen konnten als solche ohne Wuchshülle.

Der im beschriebenen Versuch gemessene Vorsprung in der Gesamthöhe der Eichen in Wuchshüllen betrug etwa 30 cm. Dividiert durch die drei Jahre, welche die Pflanzen auf den Versuchsfeldern sind, entspräche dies dem oben genannten jährlichen Zuwachsvorsprung der Eichen in Wuchshüllen von etwa 10 cm. Der Wachstumsvorsprung, den eine Pflanze in einer Wuchshülle erhält, bleibt bestehen.

Eine Langzeitstudie verzeichnete bei Roteichen (*Quercus rubra*) fünf Jahre nach der Pflanzung noch ein gesteigertes Wachstum im Vergleich zu Eichen ohne Hülle. Erst nach zehn Jahren war kein gesteigertes Wachstum mehr festzustellen (s. dazu [8]).

Wurzelhalsdurchmesser

Der Wurzelhalsdurchmesser der Eichen ohne Wuchshülle ist signifikant größer (Tab. 1). Das Dickenwachstum, welches durch die Hüllen-Eichen in zwei Vegetationsperioden geleistet wurde, scheinen die frei aufwachsenden Eichen innerhalb einer Vegetationsperiode geleistet zu haben, wobei anzumerken ist, dass diese eine Vegetationsperiode Vorsprung hatten. Auf die Vitalität der Bäume hat die geringere Ausprägung des Wurzelhalsdurchmessers als Folge der Umhüllung keine erkennbare Auswirkung; die Eichen in den Wuchshüllen zeigten keine Ausfälle oder Schädigungen.

Geringere Durchmesser bei Hüllenpflanzen sind kein Einzelfall. In einer Studie über die Entwicklung zur Stamm-anatomie von Korkeichen (*Quercus suber*) in Portugal innerhalb und außerhalb von Wuchshüllen wurde nach der ersten Vegetationsperiode in der Hülle ein um 35 % verringertes radiales Wachstum festgestellt [11]. Mayhead und Boothman [6] beschreiben, dass ab dem Entwachsen der Kronen aus der Hülle eine Anpassung und Akklimatisierung an die Freilandbedingungen, z. B. durch Bewegung im Wind, ermöglicht wird.

Bei Wiederaufnahme der beschriebenen Versuchsfeldern mit Wuchshüllen am 3. 2. 2017 zeigte sich eine Verdoppelung der WHD-Werte der Eichen in der Hülle im Vergleich zur vorherigen Aufnahme; alle Kronen reichen mittlerweile weit über die Hüllen hinaus.

H/D-Verhältnis

Das mittlere H/D-Verhältnis der Hüllpflanzen ist mehr als doppelt so hoch wie jenes der nicht umhüllten Eichen (Tab. 1). Auch wenn es bisher keine Vergleichswerte zu H/D-Werten bei fünf- bis sechsjährigen Stieleichen gibt, so sind dennoch Werte von 150 und mehr als hoch zu bewerten. Das H/D-Verhältnis gilt als Weiser für die Stabilität. Ein mittlerer H/D-Wert von 176 nach drei Jahren scheint bei Betrachtung der Sprossform für Stieleichen in Wuchshüllen noch nicht ausreichend zu sein, um ein Wachstum ohne Stütze zu gewährleisten.

Diese Beobachtungen nach drei Jahren decken sich mit denen von Potter [10]. Nach der Wiederaufnahme der Wurzelhalsdurchmesser im Februar 2017 konnten die Hüllen jedoch ohne Stabilitätsverlust entfernt werden.

Lufttemperatur

In der Nacht unterscheidet sich die Lufttemperatur innerhalb und außerhalb der untersuchten Wuchshülle kaum. Nach Sonnenaufgang erhöht sich die Temperatur in der Wuchshülle schneller und liegt ab diesem Zeitpunkt bis Sonnenuntergang über der im Freiland gemessenen Temperatur. Nach Sonnenuntergang nähern sich die Temperaturverläufe wieder an. Die Tagesdurchschnittstemperatur in der Wuchshülle war an den Messtagen höher als im Freiland (Tab. 2). Der Effekt der teils kühleren nächtlichen Temperaturen in der Wuchshülle wird mit steigender Tagesdurchschnittstemperatur schwächer. Das entkräftet eine vermutete schützende Wirkung vor Frost. Allerdings sind bisher keine erhöhten Frostschäden in Wuchshüllen bekannt. Tagsüber sind die Temperaturen in der Wuchshülle höher als im Freiland. Am 30. 5. 2016 lag die höchste gemessene Temperatur in der Wuchshülle bei 36,7 °C, im Freiland betrug sie 26,7 °C. Damit können die Temperaturdifferenzen, die in belüfteten Wuchshüllen im Vergleich zum Freiland erreicht werden, höher als die von Hein und Spangenberg [3] genannten 6 °C sein.

Höhere Temperaturen können nach der Reaktionsgeschwindigkeit-Temperatur-Regel positive Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum haben. Die erhöhte Temperatur in der Wuchshülle hat somit zum festgestellten verstärkten Höhenwachstum beigetragen.

Tag	Durchschnittstemperatur [°C]	Durchschnittliche Luftfeuchtigkeit [%]	Maximum [%]	Minimum [%]
Messungen der relativen Luftfeuchtigkeit außerhalb der Wuchshülle				
24. 04. 2016	5,26	71,9	90	33
27. 04. 2016	4,34	74,2	92	40
04. 05. 2016	10,14	63,5	92	23
30. 05. 2016	17,07	79,2	93	49
25. 06. 2016	21,59	77,4	92	45
09. 07. 2016	22,39	69,1	90	28
Messungen der relativen Luftfeuchtigkeit innerhalb der Wuchshülle				
24. 04. 2016	5,93	75,3	93	34
27. 04. 2016	5,28	78,0	93	43
04. 05. 2016	11,79	63,0	90	24
30. 05. 2016	19,31	77,1	94	37
25. 06. 2016	23,08	74,3	91	40
09. 07. 2016	24,41	65,5	88	24

Tab. 3: Daten zur relativen Luftfeuchtigkeit

Relative Luftfeuchtigkeit

An kalten Tagen ist es in der Wuchshülle im Durchschnitt um 3 % feuchter als außerhalb (Tab. 3). Vor allem im Bereich des Vormittags und frühen Nachmittags liegen die Werte in der Wuchshülle über jenen außerhalb der Wuchshülle. Nachts nähern sich die Kurven an. Zu Beginn der Hauptvegetationsperiode wird es in der Wuchshülle etwas trockener als in der freien Umgebung. Die nächtliche relative Luftfeuchtigkeit an warmen Tagen ist innerhalb und außerhalb der Wuchshülle nahezu gleich. Nach Sonnenaufgang divergieren die Werte, bis Sonnenuntergang bleibt die Luft in der Wuchshülle trockener.

Steigende Tagesdurchschnittstemperaturen führten zu einer im Vergleich zu den Freilandmessungen trockeneren Umgebung in der Wuchshülle. Die Auswer-

tungen ergaben einen maximalen Unterschied im Tagesdurchschnitt von 3,6 %. Diese Ergebnisse sind konträr zu anderen Untersuchungen. Messungen der relativen Luftfeuchtigkeit in Wuchshüllen mit Eichen in Großbritannien zeigten in den Hüllen eine höhere relative Luftfeuchtigkeit als im Freiland [9]. Nach Potter [10] besteht ein Zusammenhang zwischen der Höhe der relativen Luftfeuchtigkeit in einer Wuchshülle und der Biomasse der darin enthaltenen Pflanze. Seine Studie zeigt für Pflanzen mit mehr Biomasse in der Wuchshülle eine höhere Luftfeuchtigkeit.

Ein möglicher Grund für die geringe relative Luftfeuchtigkeit in der Wuchshülle im beschriebenen Versuch könnte somit die geringe Blattbiomasse der untersuchten Stieleiche in der Wuchshülle sein. Im Allgemeinen ist zu

Datum	Durchschnittliches VPD [kPa]	Maximum [kPa]	Uhrzeit des Maximums	Minimum [kPa]	Uhrzeit des Minimums
Dampfdruckdefizit (VPD) im Freiland, außerhalb der Wuchshülle					
24. 04. 2016	0,306	1,200	15:20:00	0,066	21:55:00
27. 04. 2016	0,262	1,000	14:25:00	0,050	06:15:00
04. 05. 2016	0,632	2,097	14:45:00	0,055	06:45:00
30. 05. 2016	0,500	1,787	14:40:00	0,101	03:30:00
25. 06. 2016	0,785	2,926	15:05:00	0,153	06:00:00
09. 07. 2016	1,165	3,960	15:05:00	0,171	05:50:00
Dampfdruckdefizit (VPD) in der Wuchshülle					
24. 04. 2016	0,307	1,577	15:30:00	0,048	03:10:00
27. 04. 2016	0,257	1,101	14:25:00	0,043	05:15:00
04. 05. 2016	0,780	2,947	14:45:00	0,080	06:15:00
30. 05. 2016	0,729	3,889	17:25:00	0,088	05:25:00
25. 06. 2016	1,057	4,305	15:40:00	0,157	23:00:00
09. 07. 2016	1,612	6,085	16:25:00	0,206	05:35:00

Tab. 4: Daten zum kalkulierten Dampfdruckdefizit (VPD)

Beginn der ersten Vegetationstage im Jahr (die Durchschnittstemperatur erreicht 5 °C) jedoch auch bei etablierten, der Hülle entwachsenen Pflanzen eine höhere relative Luftfeuchtigkeit in der Wuchshülle festzustellen.

Dampfdruckdefizit

Um die Trocknungskraft der Atmosphäre und die damit zusammenhängenden Einflüsse auf die Physiologie einer Pflanze darzustellen, wird das Dampfdruckdefizit (Vapor Pressure Deficit – VPD) verwen-

Literaturhinweise:

[1] Bayerische Vermessungsverwaltung (2016): BayernAtlas: Übersichtsbodenkarte von Bayern 1:25.000. URL: http://geoportal.bayern.de/bayernatlas/?X=5359537.68&Y=-4392171.92&zoom=12&lang=de&topic=umwe&bgLayer=aktis&layers=bb0343f9-43b6-450e-a1b5-019600eeb565&catalogNodes=110&layers_opacity=0.7. (abgerufen am: 29. 6. 2016). [2] HEIN, S. (2012): Wuchshüllen: ein Rundum-sorglos-Paket? AFZ-DerWald, H. 16, S. 19. [3] HEIN, S.; SPANGENBERG, G. (2012): Wuchshüllen: Ziele, Funktionen, Entwicklungen. AFZ-DerWald, H. 16, S. 20/21. [4] JÄGER, B. (2016): Untersuchungen zur Verwendung von Wuchshüllen im Zuge von Aufforstungen – Dargestellt an Quercus robur. Thesis zur Erlangung des akademischen Grades Bachelor of Science in Forstwissenschaft und Ressourcenmanagement, TU München. [5] LEDER, B.; HANKE, U. (2002): Versuche mit „Mini-Gewächshäusern“ neuer Generation bei Eiche. AFZ-DerWald, H. 4, 193–195. [6] MAYHEAD, G. J.; BOOTHMAN, I. R. (1997): The effect of treeshelter height on the early growth of sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.). Forestry, Nr. 2, 151–155. [7] OLIET, J. A.; JACOBS, D. F. (2007): Microclimatic conditions and plant morpho-physiological development within a tree shelter environment during establishment of *Quercus ilex* seedlings. Agricultural and Forest Meteorology, Nr. 144, 58–72. [8] PONDER, F. (2003): Ten-year results of tree shelters on survival and growth of planted hardwoods. Northern Journal of Applied Forestry 20, 104–108. [9] POTTER, M. J. (1988): Treeshelters Improve Survival and Increase Early Growth Rates. Journal of Forestry, Nr. 8, 39–41. [10] POTTER, M. J. (1991): Treeshelters, Forestry Commission, London. [11] QUILL-HÓ, T.; LOPES, F.; PEREIRA, H. (2003): The effect of tree shelter on the stem anatomy of cork oak (*Quercus suber*) plants. IAWA Journal 24, 385–395. [12] SCHWARZ, T.: Klima: Grünenband – Klimadiagramm, Temperaturdiagramm, Klimatabelle – Climate-Data.org. URL: <http://de.climate-data.org/location/216436/>. (abgerufen am: 9. 6. 2016). [13] Witassek Pflanzenschutz GmbH (2015): Information Data Sheet: Technical Specification ST-GQ-GAL-CPL1 10, 1–4.

det. Im Gegensatz zur reinen Betrachtung der relativen Luftfeuchtigkeit geht in die Formel des Dampfdruckdefizits auch die Temperatur mit ein, denn der Effekt der Trocknung durch die Atmosphäre kann sich bei gleicher Luftfeuchtigkeit und 10 °C Temperaturunterschied verdoppeln [10]. Die Berechnung des Dampfdruckdefizits wird in der Arbeit von Jäger [4] erläutert.

Das Dampfdruckdefizit ist an jedem Tag der Messungen in der Wuchshülle höher als im Freiland (Tab. 4). Jedoch ist der Unterschied des durchschnittlichen Dampfdruckdefizits bei niedrigen Temperaturen marginal. Mit der Lufttemperatur steigt das VPD in der Wuchshülle an, der Unterschied zu den Freilandbedingungen wird stärker. Nachts liegt das Dampfdruckdefizit in der Wuchshülle meist unter dem VPD außerhalb der Hülle. Dies liegt womöglich an den in diesen Zeitspannen häufig niedrigeren Temperaturen in der Hülle. Nach Sonnenaufgang steigt das Dampfdruckdefizit rasch an, in der Wuchshülle ist es bis Sonnenuntergang höher. Spät nachmittags steigt an einigen Tagen das Dampfdruckdefizit in der Wuchshülle weiter, während es im Freiland bereits sinkt.

Vergleicht man den Verlauf des Dampfdruckdefizits mit den Verläufen der relativen Luftfeuchtigkeit und der Temperatur, fällt auf, dass der Verlauf des VPD hauptsächlich von der Temperatur abhängt. Die niedrigere relative Luftfeuchtigkeit in den Wuchshüllen alleine sagt somit wenig über möglichen Trockenstress der Pflanzen aus.

Andere Untersuchungen, z. B. an Steineiche (*Quercus ilex*), ergaben für verschiedene Hüllen-Farben und Behandlungstypen der Pflanzen (mesische und xerische Bedingungen) ebenfalls höhere Dampfdruckdefizite in den Wuchshüllen im Vergleich zu den Feldbedingungen [7]. Auch Potter [10] verzeichnete bei Traubeneichen (*Quercus petraea*) in Wuchshüllen ein höheres Dampfdruckdefizit. Bei großen Eichen, welche der Hülle entwachsen sind, aber Blattmaterial in der Hülle haben, fand Potter dagegen ein weit niedrigeres Dampfdruckdefizit als außerhalb der Wuchshülle. Womöglich hat hier eine Überkompensation der höheren Temperatur in der Wuchshülle durch eine gleichzeitig vorhandene hohe relative Feuchtigkeit – beispielsweise aufgrund der hohen Biomasse im Hülleninneren – stattgefunden.

Zusammenfassung

Das Wachstum von Eichen in Wuchshüllen lässt sich im Vergleich zu Freilandbedingungen unter Beachtung ausgewählter klimatischer Bedingungen wie folgt zusammenfassen:

- Die Gesamthöhe der Wuchshüllen-Eichen übersteigt die der Vergleichspflanzen im Freiland.
- Die Jahrestriebe innerhalb der Wuchshüllen sind länger.
- Der Wurzelhalsdurchmesser ist in den Hüllen niedriger.
- Das H/D-Verhältnis der Wuchshüllen-Eichen ist größer als das der Vergleichspflanzen im Freiland.
- Die Lufttemperatur innerhalb der Wuchshülle ist tagsüber höher als außerhalb.
- Es gibt kaum Unterschiede bezüglich der relativen Luftfeuchtigkeit.
- Das Dampfdruckdefizit ist in der Wuchshülle höher.

Beatrice Jäger, BSc., beatrice.jaeger@tum.de, ist Absolventin des Studiengangs Forstwissenschaft und Ressourcenmanagement der TU München. Dipl.-Ing. (FH) Reiner Wagner ist Geschäftsführer bei der Firma Die Wuchshülle SG GmbH sowie Projektmanager bei der Firma Sailer Baumschulen GmbH. Dr. Bernd Stimm ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Waldbau der TU München.

