

Einfluss biologisch abbaubarer Mulchmatten auf Bodenfeuchte und Pflanzenwachstum während der Etablierungsphase einer Pappel-Kurzumtriebsplantage in Südbrandenburg (NO-Deutschland) mit Tannenarten in Nordwestdeutschland

L. Beger, K.-H. Feger, C. Knust und K. Schua

Effects of biodegradable mulch mats on soil moisture and plant growth of a young short-rotation poplar plantation in Southern Brandenburg (NE Germany)

1 Einleitung und Zielsetzung

Der wachsenden Nachfrage nach biogenen Energieträgern stehen ein vor allem in Mitteleuropa stark begrenztes Flächenpotential für deren Erzeugung, sowie die Forderung

nach ökologischer Nachhaltigkeit der Produktionsprozesse gegenüber (ZIMMER, 2008). Eine in diesem Kontext abzuwägende alternative Landnutzung zur Bereitstellung von Dendromasse beispielsweise für die energetische Verwertung ist die Kurzumtriebsplantage. Diese noch in sehr

Summary

Severe water deficiency in young short-rotation plantations (SRP) can cause e.g. reduced biomass production or plant dieback. Therefore, effects of several mulch mats on soil moisture and plant growth were investigated in a SRP with sandy soil and negative climatic summer water balance in Southern Brandenburg (NE Germany). Soil moisture was enhanced by mulch mats, but only mats made of paper or coconut fibre with plastic film increased it significantly in the upper 40 cm. This effect was found both in wet and dry soil conditions. Furthermore, those mulch mats stimulated radial and height growth of Hybrid 275 and Max 1 poplars significantly. Overall, the resulting benefits of yield increase and less irrigation must be weighed against high material and installation expenses.

Key words: Mulch mat, soil moisture, plant growth, short rotation plantation, poplar.

Zusammenfassung

Trockenheit während der Bestandesbegründung ist ein bedeutender Risikofaktor in Kurzumtriebsplantagen und kann Wachstumsverluste oder Totalausfälle verursachen. Das Potential biologisch abbaubarer Mulchmatten zur Verbesserung von Bodenfeuchte und Pflanzenwachstum wurde daher auf einem Standort in Südbrandenburg (NO-Deutschland) untersucht, dessen sandiges Substrat und sommerliches Wasserdefizit ein hohes Trockenheitsrisiko bergen. Mulchmatten beeinflussen die Bodenfeuchte im Allgemeinen positiv. Verschiedenartige Mattentypen zeigten unterschiedliche Effektgrößen und Tiefenwirkungen. Signifikante Erhöhungen der Bodenfeuchte traten unabhängig vom absoluten Feuchteniveau unter 0,6 m breiten Papier- und Kokos/Folie-Matten bis in 40 cm Tiefe auf. Die behandelten Pappelsorten Hybride 275 und Max 1 zeigten gesteigerte Radial- und Höhenzuwächse. Zuwachssteigerungen durch das Auflegen von Papier- und Kokos/Folie-Matten waren signifikant. Geeignete Mulchmatten können Biomasse- und Flächenpotentiale für den Kurzumtrieb erschließen, wobei dem Nutzen durch Ertragssteigerung und reduzierten Bewässerungsaufwand hohe Material- und Installationskosten gegenüberstehen.

Schlagworte: Mulchmatte, Bodenfeuchte, Wachstum, Kurzumtriebsplantage, Pappel.

geringem Umfang praktizierte landwirtschaftliche Dauernutzung steht in betrieblichen Überlegungen in Konkurrenz zur annualen Ackerkultur. Häufig werden Kurzumtriebsplantagen daher aus betriebswirtschaftlichen Gründen auf suboptimalen Standorten mit erhöhten Risikofaktoren etabliert (LANDGRAF & BÖCKER, 2010). Neben Strahlung, Temperatur und Wind stellt das Wasserdargebot den relevantesten abiotischen Risikofaktor dar. Vor allem auf leichten Böden in klimatisch ungünstigen Regionen, wie beispielsweise in NO-Deutschland, äußert sich Trockenstress durch Blattchlorosen, -nekrosen, vorzeitigen Blattverlust, geringe Wachstumsleistungen bis hin zum Totalausfall von Stecklingen bzw. Trieben. Während der Etablierungsphase sind Kurzumtriebsplantagen diesbezüglich besonders gefährdet (SAMYN & DE VOS, 2002, HELBIG & MÜLLER, 2010). Anwuchs, Zuwachs und Ertrag von Energiehölzern hängen maßgeblich vom pflanzenverfügbaren Bodenwasser ab. Daher ist die Wasserversorgung der Pflanzen bzw. die Regulation des pflanzenverfügbaren Wassers in der Kurzumtriebswirtschaft von zentraler Bedeutung (HOFMANN, 2005, LAMERSDORF et al., 2010).

Eine potentielle Möglichkeit, die Bodenfeuchte durch Hemmung von Begleitwuchstranspiration und Evaporation zu verbessern, besteht in der Anwendung von Mulchmaterial (DAVIES, 1987 in MCCARTHY et al., 2007, HAYWOOD, 1999, FBAW, 2008, DVOŘAK et al., 2011). Für den Gehölzanbau mit Setz- oder Stecklingen ist die Eignung von loser Mulchstreue, Kunststofffolien oder zum Teil auch Mulchmatten untersucht, jedoch nicht eindeutig belegt worden (HAYWOOD, 1999, SAMYN & DE VOS, 2002, ATHY et al., 2006, MCCARTHY et al., 2007, FBAW, 2008). Ein Transfer des bestehenden Wissens auf nicht untersuchte Arten, Standorte oder Mulchmatten ist aufgrund der nicht eindeutigen Sachlage nicht möglich. Um die wenigen bisherigen Kenntnisse für die Nutzungsform der Kurzumtriebsplantagen zu erweitern, wurden die Effekte verschiedener Mulchmatten in einer neu angelegten Pappelplantage untersucht. Dabei waren folgende Fragen zu klären:

- Wird die Bodenfeuchte durch Mulchmatten gesteigert und verändert sich der Effekt mit zunehmender Tiefe?
- Wird das Wachstum der Pappeln durch Mulchmatten positiv beeinflusst?

2 Material und Methoden

2.1 Untersuchungsgebiet und Versuchsdesign

Die Untersuchungen erfolgten auf einer in 2012 neu angelegten Kurzumtriebsplantage bei Falkenberg/Elster in der brandenburgischen Niederlausitz. Das subkontinentale Klima zeichnet sich in der Vegetationsperiode durch geringe Niederschläge und hohe Mitteltemperaturen aus, was in mittleren klimatischen Wasserbilanzdefiziten von 100 bis 200 mm während des Sommerhalbjahres resultiert (PETZOLD et al., 2010, DWD, 2012). Im Beobachtungsjahr 2012 folgte auf eine ausgeprägte Frühjahrstrockenheit ein feuchter Frühsommer. Ab August trat erneut eine ausgeprägte Trockenperiode ein.

Die Vornutzung der Untersuchungsfläche bestand im ökologischen Anbau annualer Ackerkulturen. Die in unmittelbarer Nachbarschaft angrenzenden Flächen sind forstlich und ackerbaulich genutzt. Eine bereits etablierte Kurzumtriebsplantage schließt direkt an die Untersuchungsfläche an.

Am Standort wurde der Boden nach der KA5 (Bodenkundliche Kartieranleitung: AD-HOC AG BODEN 2005) als Ackerbraunerde aus Skelett führendem Sand über Urstromtalsand angesprochen. Aus den Retentionsfunktionen ist bei Sättigung oder intensiveren Niederschlägen auf schnelle Infiltration und Versickerung sowie eine pflanzenverfügbare Wassermenge ($nFK_{0-50\text{cm}} \approx 15 \text{ Vol.-%}$) im mittleren Versorgungsbereich zu schließen (AD-HOC AG BODEN 2005). In tieferen Horizonten zeugen hydromorphe Merkmale von Grundwassereinfluss. Der Grundwasserpegel schwankt demzufolge im Jahresgang näherungsweise zwischen 11 dm und 18 dm unter Flur. Nach LIEBHARD (2010) ist der Standort damit potentiell für Kurzumtriebsplantagen geeignet. Solange keine Durchwurzelung der grundwasserführenden Horizonte besteht, d. h. vor allem im Jahr der Bestandesbegründung, ist die Wasserversorgung der Pflanzen aufgrund des klimatischen Wasserdefizits und des sandigen Substrats jedoch als problematisch einzuschätzen.

Die Plantage wurde mit den Sorten Hybride 275 (*P. maximowiczii* x *P. trichocarpa*) und Max 1 (*P. maximowiczii* x *P. nigra*) in einer Dichte von ca. 10.500 Stk. ha⁻¹ bestockt. Nach dem Stecken wurden verschiedene Mulchmatten in Bahnen von Hand auf den Pflanzreihen ausgebracht und an den Stecklingen kreuzförmig geschlitzt, um deren Austrieb zu ermöglichen.

Tabelle 1: Übersicht zu den untersuchten Mulchmatten
 Table 1: Overview of analysed mulch mats

Code	Produktbezeichnung	Material	Maße (Versuch) (B*T*H)
PAPK	EkoCover short-term mat (im Text: „kurzfristige Papiermatte“)	Papier, ca. 85 % recycelt	0,6 m*30 m*1 mm
PAPL	EkoCover medium-term mat (im Text: „langfristige Papiermatte“)	Papier, ca. 85 % recycelt	0,6 m*30 m*5 mm
KOPE	RECVLTEX Grünfix Mulchmatte Typ 9 KO/PP/ FOL/550 (im Text: „Kokos/PE-Matte“)	Kokosfaser, Polyethylen (PE)	0,6 m*30 m*10 mm
KOBF	RECVLTEX Grünfix Mulchmatte Typ 10 KO/JU/ BIOFOL/550 (im Text: „Kokos/Biofolie-Matte“)	Kokosfaser, Biofolie	0,6 m*30 m*10 mm
WOLL	WollTerra Mulchmatte Typ MM-W (im Text: „Schafwollmatte“)	Schafschurwolle, naturbelassen	0,5 m*20 m*5 mm

Alle untersuchten Mulchmatten (Tabelle 1) sind nach Herstellerangaben vollständig biologisch abbaubar, lediglich die Polyethylenfolie der Kokos/PE-Matte ist ausschließlich photolytisch zersetzbar. Die Bodenoberfläche wird durch die Matten flächig abgedeckt. Laut Herstellern ist von einer positiven Beeinflussung der Bodenfeuchte auszugehen (BGS 2012, EKO COVER 2012a–c, RECVLTEX 2012a und b).

2.2 Messung von Bodenfeuchte und Pflanzenwachstum

Die Messung der Bodenfeuchte in Form des volumetrischen Wassergehalts (θ) erfolgte unter langfristiger Papiermatte, Kokos/Biofolie-Matte, Schafwollmatte sowie in der Kontrolle. Zur Bestimmung der Bodenfeuchte wurden pro Variante fünf TecanatTM-Rohre abgeteuf, in denen im wöchentlichen Turnus von Juni bis Oktober 2012 die Feuchte mittels TRIME-T3 Rohrsonde und TRIME-FM Handmessgerät (Fa. IMKO Micromodultechnik GmbH, Ettlingen) gemessen wurde. In jeweils drei Tiefenstufen (2–20 cm, 22–40 cm, 42–60 cm) konnten Messwerte erhoben werden. Jeder Messwert stellt das arithmetische Mittel dreier Einzelwerte dar, die durch Drehung der Sonde erzielt wurden und so deren elliptisches Messfeld kompensierten. Der resultierende Wert spiegelt die Bodenfeuchte des Bodenvolumens in einem Umkreis von 30 cm Durchmesser um die Messstelle repräsentativ wider.

Als Parameter des Pappelwachstums wurden am Ende der Vegetationsperiode im Oktober 2012 triebweise die Höhe

gemessen und der Wurzelhalsdurchmesser gekluppt. Die Stichprobe entsprach der Grundgesamtheit der jeweiligen Sorte und Behandlungsvariante. Offensichtlich durch dritte Faktoren, wie etwa durch Wildverbiss beeinflusste Triebe wurden nachträglich aus der Stichprobe ausgeschlossen. Die Erhebung der Wachstumsparameter erfolgte für alle ausgebrachten Mulchmatten.

Zusätzlich wurden die Triebe hinsichtlich eines Auftretens trockenheitsbedingter Schädigungen bonitiert. Dazu wurden die Triebe in die Klassen 0 = ohne sichtbare Schäden, 1 = Auftreten von Chlorosen (Blätter sind vergilbt, hängen schlaff herab) und 2 = Auftreten von Nekrosen (Blätter sind braun und vertrocknet) eingeteilt.

2.3 Datenanalyse

Die Daten wurden durch eine einfaktorische Varianzanalyse (ANOVA) nach Überprüfung der Vorbedingungen gemäß Shapiro-Wilk, Bartlett bzw. Levene-Brown-Forsythe auf signifikante Unterschiede untersucht. Bei Datensätzen, welche die Vorbedingungen nicht vollständig erfüllten, fand alternativ zur ANOVA der nichtparametrische Kruskal-Wallis-Test Anwendung. Im Anschluss erfolgte die Identifikation vorhandener Unterschiede durch Post-Hoc-Tests jeweils nach Bonferroni-Holm und Tukey-Kramer. Aufgrund der zu erwartenden hohen Reststreuung, die beispielsweise in der natürlichen Variabilität der Steckhölzer, der kleinräumigen Heterogenität des Bodens oder ungleichmäßig einwirkenden biotischen Schadfaktoren begründet

liegt, wurde mit konservativen Verfahren getestet (SACHS & HEDDERICH, 2006, KÖHLER et al., 2007, RUDOLF & KUH-LISCH, 2008).

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Bodenfeuchte

Die Ergebnisse der wöchentlichen Messung der volumetrischen Bodenwassergehalte arithmetisch gemittelt über die Wiederholungen in drei Tiefenstufen sind in Abbildung 1 dargestellt. Die absoluten Unterschiede gegenüber der Kontrolle wurden in Tabelle 2 zusammengefasst. Die zugehörigen Abkürzungen sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Häufige signifikante Feuchtesteigerungen gegenüber der Kontrolle wurden in der ersten und zweiten Tiefenstufe von

langfristiger Papiermatte bzw. Kokos/Biofolie-Matte verursacht. Die Differenz zur Kontrolle beträgt 2,2 bis 6,3 Vol.-% (PAPL) bzw. 1,9 bis 5,6 Vol.-% (KOBF). Die Schafwollmatte bewirkte an 4 von 17 Terminen einen signifikant erhöhten Bodenwassergehalt (max. 4,6 Vol.-%). Der Effekt beschränkt sich jeweils auf die erste Tiefenstufe. Zwar steigert die Schafwollmatte die mittlere Feuchte auch an anderen Terminen, gemäß statistischer Prüfung ist dies jedoch als nicht von der Kontrolle unterscheidbarer Zustand zu werten. Über den gesamten Messzeitraum gemittelt beläuft sich die relative Feuchteerhöhung durch die langfristige Papiermatte auf 44 % bzw. 54 % durch die Kokos/Biofolie-Matte und 27 % durch die Schafwollmatte. Signifikante Effekte wurden dabei ausschließlich zwischen Juli und August festgestellt. Im letzten Drittel der Messperiode wurden nur sehr geringe, nicht signifikante Unterschiede in der Bodenfeuchte zwischen Matten und Kontrolle beobachtet. In

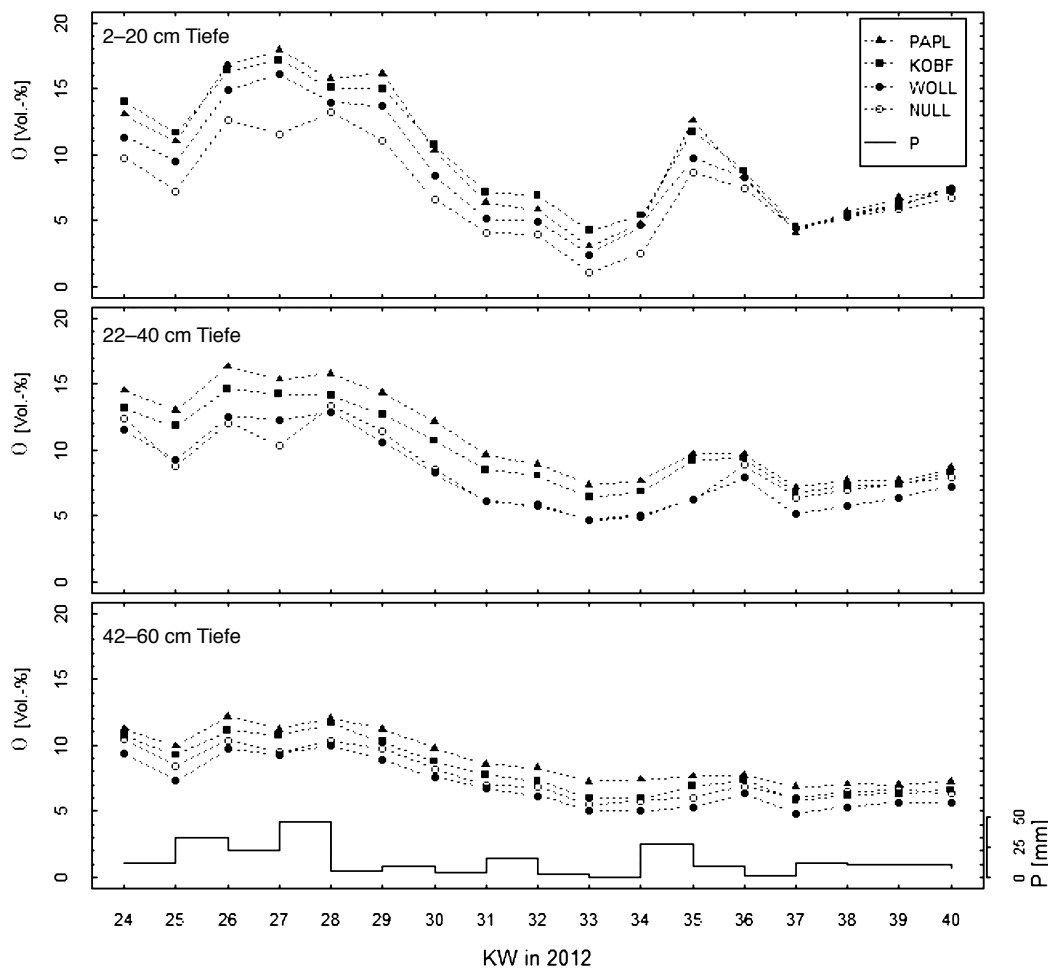


Abbildung 1: Mittlere Bodenfeuchte (θ) nach Matten über die Zeit für 3 Tiefenstufen; wöchentlicher Niederschlag (P)
Figure 1: Average soil volumetric water content (θ) over time for several mulch mats; weekly precipitation (P)

Tabelle 2: Absolute Veränderung der mittleren Bodenfeuchte gegenüber der Kontrolle (signifikante Differenzen grau hinterlegt)

Table 2: Absolute differences of average volumetric water content between mulch mats and control plots over time (significant differences are highlighted in grey)

Monat KW	Juni			Juli					August					September				Okt.
	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
1. Tiefenstufe																		
PAPL vs. Null	3,3	3,7	4,2	6,3	2,6	5,1	3,6	2,3	1,9	2,0	2,3	3,9	0,9	-0,3	0,4	0,9	0,6	
KOBF vs. Null	4,2	4,4	3,7	5,6	1,9	3,9	4,1	3,1	2,9	3,1	2,9	3,0	1,3	0,1	0,3	0,4	0,5	
WOLL vs. Null	1,6	2,2	2,2	4,6	0,8	2,6	1,8	1,0	1,0	1,4	2,1	1,0	0,9	0,0	0,1	0,3	0,7	
2. Tiefenstufe																		
PAPL vs. Null	2,1	4,2	4,2	5,0	2,4	2,9	3,6	3,6	3,0	2,7	2,7	3,5	0,8	0,8	0,7	0,3	0,7	
KOBF vs. Null	0,7	3,0	2,5	3,9	0,7	1,3	2,2	2,4	2,2	1,8	1,9	3,0	0,5	0,3	0,2	0,0	0,4	
WOLL vs. Null	-0,9	0,5	0,4	2,0	-0,5	-0,8	-0,3	0,1	-0,2	0,0	0,1	0,0	-0,9	-1,3	-1,2	-1,0	-0,7	
3. Tiefenstufe																		
PAPL vs. Null	0,8	1,5	1,8	1,8	1,7	1,4	1,6	1,6	1,4	1,7	1,6	1,6	0,8	0,9	0,6	0,3	0,9	
KOBF vs. Null	0,3	0,8	0,7	1,3	1,3	0,5	0,6	0,7	0,5	0,5	0,2	0,8	0,5	-0,1	-0,2	-0,3	0,3	
WOLL vs. Null	-1,0	-1,1	-0,7	-0,2	-0,4	-0,9	-0,6	-0,2	-0,7	-0,5	-0,8	-0,8	-0,5	-1,1	-1,1	-1,0	-0,7	

Anbetracht nur geringer optisch und haptisch feststellbarer Veränderungen aller Matten, erscheint ein Nachlassen deren Wirksamkeit kaum nachvollziehbar. Es wird daher davon ausgegangen, dass der Effekt der Feuchteerhöhung durch einen veränderten dritten Faktor relativiert wird. Denkbar ist, dass die gesteigerte Bodenfeuchte ein erhöhtes Wachstum der Pappeln bedingt, was sich u. a. in vergrößerten Zuwachsraten und Blattoberflächen äußert. Aufgrund dessen sind erhöhte Transpirations- (und Interzeptions-) verluste zu erwarten, welche die gesteigerten Bodenwassergehalte ausschöpfen (PETZOLD et al., 2011). Dies würde den Effekt der Matten kompensieren und zu einer Angleichung der Bodenfeuchte an die Kontrollwerte führen.

Die Bodenfeuchte der dritten Tiefenstufe wurde nicht signifikant gegenüber der Kontrolle verändert. Obwohl auch in Tiefen bis 60 cm eine nominale Steigerung der mittleren Bodenfeuchte durch die langfristige Papiermatte und die Kokos/Biofolie-Matte erkennbar ist, konnte ein signifikanter Einfluss dieser Matten auf die Bodenfeuchte bei der gewählten Mattenbreite von 0,6 m nur in Tiefen bis 40 cm nachgewiesen werden. Unter der Schafwollmatte wurden zwar geringere Bodenwassergehalte im Unterboden im Vergleich zur Kontrolle ermittelt, jedoch als nicht signifikant eingestuft. Für Pappelstecklinge ist daher eine Verbesserung des pflanzenverfügbaren Bodenwassers durch die langfristige Papiermatte und die Kokos/Biofolie-Matte abzuleiten. Aus der seltener signifikant gesteigerten Bodenfeuchte durch die Schafwollmatte ist eine, im Vergleich zu den an-

deren untersuchten Matten, geringere Wirksamkeit dieser Mulchmatte bezüglich Effektgröße und Tiefenwirkung zu schließen. Dies wurde durch signifikante Unterschiede im Vergleich der Bodenfeuchtwerte der Matten untereinander bestätigt. Der Einfluss von Mulchmatten auf den Bodenwassergehalt ist demzufolge nicht nur auf die bloße Abdeckung der Bodenoberfläche zurückzuführen, sondern hängt von der Beschaffenheit und/oder flächiger Dimensionierung der Matten ab. Hydraulischen Merkmalen, beispielsweise dem Infiltrations- und Retentionsvermögen der Matten, kommt daher insbesondere bei Niederschlagsereignissen mit geringen Wassereinträgen besondere Bedeutung zu. So ist zu vermuten, dass Niederschläge in der saugfähigeren Schafwollmatte gespeichert werden und zu Interzeptionsverlusten führen, d.h. Wasser den Pflanzen vorenthalten wird.

Es wurde festgestellt, dass höhere Bodenwassergehalte in Abhängigkeit von Niederschlagshöhe und Mulchmatte bis zu 8 Tage nach dem Wassereintrag anhalten können und so kritische Wasserversorgungslücken verzögert bzw. überbrückt werden.

3.2 Pappelwachstum

Die Stichproben beider Pappelsorten zeigen unabhängig von der Mattenvariante ebenso wie in der Kontrolle ausgeprägte Streuungen der Wachstumsparameter. Die Variati-

onskoeffizienten von Höhe und Wurzelhalsdurchmesser liegen bei 0,3 bis 0,4 und sind beispielsweise im Vergleich zu Messreihen von BUNGART (1999) im üblichen Bereich. Die ermittelten Wurzelhalsdurchmesser des Gesamtversuchs liegen deutlich unter den Vergleichswerten von BUNGART (1999). Das Höhenwachstum ist verglichen mit Ergebnissen von BUNGART (1999) und HOFMANN (2005) als deutlich überdurchschnittlich einzuschätzen. Die Mittelhöhen und mittleren Wurzelhalsdurchmesser, aufgeführt in Tabelle 3, lassen einen deutlichen Einfluss der Behandlung mit Mulchmatten erkennen, der sich jedoch zwischen den Matten unterscheidet.

Wie aus Abbildung 2 und Tabelle 4 hervorgeht, steigern im Vergleich zur Kontrolle die kurzfristige Papiermatte und beide Kokosverbundmatten das Höhen- und Dickenwachstum der Sorte Hybride 275 um ca. 40 %. Die Steigerung durch die langfristige Papiermatte liegt für beide Wachstumsparameter bei ca. 25 %. Signifikante Zunahmen von

Höhe und Durchmesser wurden somit durch jeweils beide Papier- und Kokosfasermatten verursacht. Als nicht signifikant ist der Effekt der Schafwollmatte einzustufen, der sich auf eine 21%ige Steigerung der Mittelhöhe bzw. 17%ige Erhöhung des mittleren Wurzelhalsdurchmessers gegenüber der Kontrolle beläuft.

Aus Abbildung 3 und Tabelle 4 ist zu entnehmen, dass die Auswertung der Sorte Max 1 vergleichbare Ergebnisse liefert. Im Vergleich zur Kontrolle steigern wieder beide Papiermatten und die Kokos/PE-Matten das Höhen- und Dickenwachstum signifikant. Letztere verursachte den nominal größten Effekt mit 59 % Höhensteigerung und 74%iger Steigerung des Durchmessers. Der Effekt der Papiermatten liegt für beide Wachstumsparameter bei ca. 50 %. Als nicht signifikant ist wiederum der Einfluss der Schafwollmatte einzustufen, der sich auf eine 27%ige Steigerung der Mittelhöhe bzw. 43%ige Erhöhung des mittleren Wurzelhalsdurchmessers gegenüber der Kontrolle

Tabelle 3: Mittelhöhen und mittlere Wurzelhalsdurchmesser (mean ± SD) nach Mulchmattenvariante und Pappelsorte
 Table 3: Average heights and root collar diameters (mean ± SD) by mulch mat and cultivar

	Hybride 275		Max 1	
	Höhe [cm]	WHD [cm]	Höhe [cm]	WHD [cm]
PAPL	157,9 ± 44,5	1,9 ± 0,6	180,5 ± 32,1	2,0 ± 0,5
PAPK	174,0 ± 45,0	2,1 ± 0,6	172,5 ± 62,0	2,0 ± 0,6
KOBF	177,7 ± 62,2	2,1 ± 0,8	137,6 ± 51,0	1,8 ± 0,6
KOPE	182,5 ± 51,8	2,1 ± 0,7	191,0 ± 65,3	2,3 ± 0,7
WOLL	154,2 ± 52,8	1,7 ± 0,7	152,2 ± 59,8	1,9 ± 0,7
NULL	127,1 ± 55,2	1,5 ± 0,6	119,8 ± 68,6	1,3 ± 0,7

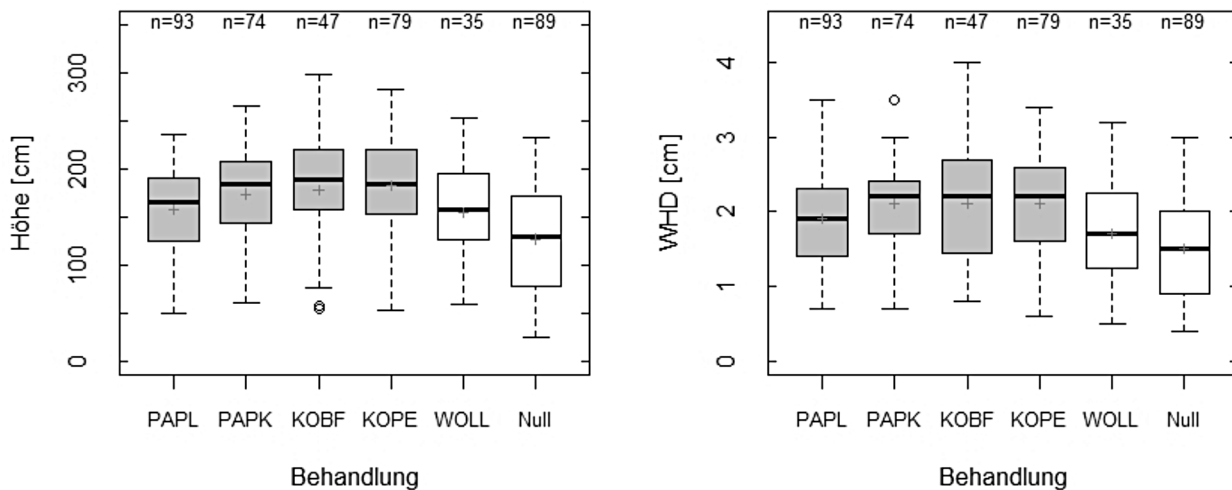


Abbildung 2 : Höhen- und Dickenwachstum von Hybride 275 in Abhängigkeit der verwendeten Mulchmatte [arithmetisches Mittel (+), Median (—)] (signifikante Unterschiede im Vergleich zur Nullfläche sind grau hinterlegt)

Figure 2: Height and root collar diameter (WHD) of Hybride 275 according to different mulch mat applications [mean (+), median (—)] (significant differences compared to the control are highlighted in grey)

Tabelle 4: Relative Wachstumssteigerung gegenüber der Kontrolle (=NULL)
 Table 4: Increase of average growth parameters as compared to control values (=NULL)

	Hybride 275		Max 1	
	Höhe	WHD	Höhe	WHD
PAPL	+ 24 %	+ 26 %	+ 51 %	+ 53 %
PAPK	+ 37 %	+ 39 %	+ 44 %	+ 54 %
KOBF	+ 40 %	+ 42 %	+ 15 %	+ 35 %
KOPE	+ 43 %	+ 42 %	+ 59 %	+ 74 %
WOLL	+ 21 %	+ 17 %	+ 27 %	+ 43 %

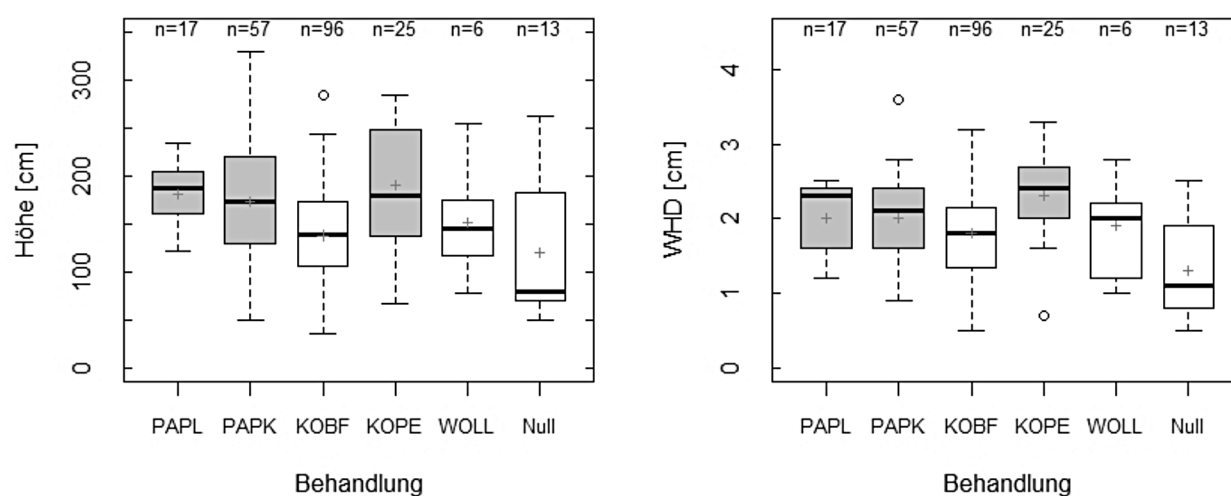


Abbildung 3: Höhen- und Dickenwachstum von Max 1 in Abhängigkeit von verwendeter Mulchmatte [arithmetisches Mittel (+), Median (—)] (signifikante Unterschiede zur Nullfläche sind grau hinterlegt)

Figure 3: Height and root collar diameter (WHD) of Max 1 according to different mulch mat applications [mean (+), median (—)] (significant differences compared to the control are highlighted in grey)

belüftet. Auch die Kokos/Biofolie-Matte bewirkte für die Max 1-Klone keine signifikanten Wachstumszunahmen. Im Hinblick auf die Parallelen in den Ergebnissen der anderen Mattentypen und die Wirkung dieser Matte auf die Bodenfeuchte ist der Einfluss eines dritten Faktors wahrscheinlich.

Die untersuchten Parameter zeigen die zu erwartende positive Korrelation von Höhen- und Radialzuwachs. Aufgrund der Parallelen in der Beeinflussung beider Wachstumsparameter kann daher von einer Steigerung des oberirdischen Gesamtbiomassezuwachses durch jeweils beide Papier- und Kokosmatten ausgegangen werden. Dies dürfte auf die signifikant höhere Bodenfeuchte unter den Matten zurückzuführen zu sein (vgl. HOFMANN, 2005, PETZOLD et al., 2011).

3.3 Zusammenhang von Bodenfeuchte und Pappelwachstum

Trockenstress bei Pappeln äußert sich zunächst durch Blattchlorosen, -nekrosen und frühzeitigen Laubabwurf (SAMYN & DE VOS, 2002, HELBIG & MÜLLER, 2010). Daraus resultieren geringere Transpirationsleistungen und folglich Assimilationsverluste bzw. Wachstumshemmung besonders dann, wenn Wassermangel zu Beginn der Vegetationsperiode auftritt und/oder länger andauert (BLAKE & TSCHAPLINSKI, 1992, PETZOLD et al., 2011). Im Umkehrschluss ist auf Grundlage dieser Kausalkette und unter Annahme sonst gleicher Bedingungen von erhöhten Wachstumsleistungen auf höhere Transpirationen und somit gesteigerte pflanzenverfügbare Bodenwasservorräte zu schließen. Neben der langfristigen Papiermatte und der Kokos/Biofolie-Matte, für die beide Effekte simultan nachgewiesen werden

konnten, ist somit auch von einer bodenfeuchtesteigernden Wirkung der kurzfristigen Papiermatte und der Kokos/PE-Matte, für die jeweils eine signifikante Steigerung der oberirdischen Biomasse beobachtet wurde, auszugehen. Auch der jeweils nicht signifikante Effekt der Schafwollmatte auf Bodenfeuchte und Wachstum ist durch den kausalen Zusammenhang beider Parameter zu begründen.

Die ausgeprägten Trockenphasen im Frühjahr und Spätsommer bedingten für die Pappeln der untersuchten Plantage eine Wasserversorgung unterhalb des optimalen Niveaus, der durch einige Mulchmatten entgegengewirkt wurde. Im Rahmen der Bonitur trockenheitsinduzierter Schäden wurden ausschließlich in der Kontrolle massive Schäden und in der mit Schafwollmatte bedeckten Reihe vereinzelt Chlorosen festgestellt. Die signifikant auf Bodenfeuchte und Wachstum wirksamen Matten verhinderten optisch erkennbare Trockenheitsschäden.

Da nach PREGITZER & FRIEND (2000) insbesondere bei jungen Pappeln das Höhen- und Wurzelwachstum korrelieren, ist von dem durch einige Mulchmatten signifikant gesteigerten Höhenwachstum auf ein ebenso deutlich gesteigertes Wurzelwachstum zu schließen. Es ist demnach wahrscheinlich, dass die mit Mulchmatten behandelten Pappeln am Untersuchungsstandort schneller Grundwasseranschluss und damit früher eine gesicherte Wasserversorgung erreichen als die Pappeln der Kontrolle. Denn bereits in der ersten Vegetationsperiode können Pappelwurzeln (ohne Mulchmatten) 1–1,5 m Tiefe erreichen (FRIEND et al., 1991, PREGITZER & FRIEND, 2000). Daher ist damit zu rechnen, dass circa im zweiten Jahr der Kurzumtriebsplantage an diesem Standort Grundwasser zur Deckung des Wasserbedarfs pflanzenverfügbar ist und folglich zur Ertragssteigerung und Unabhängigkeit der Pappeln gegenüber Trockenperioden beitragen kann. Nach bisherigen Erkenntnissen bildet sich ein Großteil der Wurzelmasse von Pappeln im Allgemeinen in den oberen 50 cm des Bodens (FRIEND et al., 1991). In der Etablierungsphase von Kurzumtriebsplantagen im Speziellen wird das Wurzelsystem ausgehend vom unbewurzelten Steckling zuerst gebildet, d. h. die vertikale und horizontale Erschließung des Bodens verläuft beginnend vom Oberboden sukzessiv. Daher kann davon ausgegangen werden, dass die günstigeren Bodenfeuchtebedingungen in der ersten und zweiten Tiefenstufe für die Pappeln nutzbar und damit unmittelbar wirksam war, d. h. zur Wachstumssteigerung geführt hat.

4 Schlussfolgerungen

Durch das Aufbringen von Mulchmatten wurde die Bodenfeuchte im Allgemeinen positiv beeinflusst. Da die verschiedenen Mattentypen sich hinsichtlich Effektgröße und Tiefenwirkung unterschieden, ist davon auszugehen, dass der Effekt nicht ausschließlich auf die Abdeckung der Bodenoberfläche zurückzuführen ist, sondern besonders auch von der jeweiligen Beschaffenheit der Matten beeinflusst wird. Insbesondere Interzeptions- und Retentionseigenschaften der Matten, sowie deren Dimensionierung erscheinen diesbezüglich von Belang.

Signifikante Erhöhungen der Bodenfeuchte traten unabhängig vom absoluten Feuchteniveau, d. h. sowohl bei sehr trockenem als auch feuchtem Bodenzustand, auf. Ein Einfluss von Niederschlagsmenge und -intervall liegt nahe.

Aufgrund zunehmender Randeffekte nimmt die Wirkung der Matten in der Tiefe ab. Bei der untersuchten Mattenbreite von 0,6 m konnte eine signifikante Steigerung der Bodenfeuchte bis ca. 40 cm Tiefe beobachtet werden.

Die untersuchten Pappelsorten Hybride 275 (*P. maximowiczii* x *P. trichocarpa*) und Max 1 (*P. maximowiczii* x *P. nigra*) reagierten mit gesteigertem Wachstum auf die Behandlung mit Mulchmatten. Im Vergleich der Mittelhöhen und mittleren Wurzelhalsdurchmesser von Hybride 275 verursachten jeweils beide Papier- und Kokosmatten signifikante Zuwachssteigerungen. Die verschiedenen Standortansprüche der beiden untersuchten Sorten, d. h. die Bevorzugung feuchter Standorte durch Hybride 275 bzw. trockener Standorte durch Max 1 (LIEBHARD 2010) spiegeln sich nicht in den Ergebnissen wider, d. h. waren bezüglich des Einflusses von Mulchmatten nicht relevant.

Die Steigerung des Wachstums ist demzufolge auf das gesteigerte Feuchteangebot im Wurzelraum zurückzuführen. Die höheren Transpirations- und Assimilationsleistungen, die aus den Biomassesteigerungen resultieren, wirken wiederum auf die Bodenfeuchte ein. Biomassezuwachs und pflanzenverfügbares Bodenwasser beeinflussen sich demnach gegenseitig und erklären so das Angleichen der Bodenfeuchte von Matten und Kontrolle gegen Ende der Vegetationsperiode.

Geeignete Mulchmatten stellen somit eine Möglichkeit dar, den nur kosten- und zeitaufwändig zu regulierenden Wasserhaushalt eines Standortes positiv zu beeinflussen. Daraus resultieren zum einen ein gesteigertes Ertragspotential von Standorten mit ungünstigen Produktionseigenschaften sowie die Möglichkeit, Risiken durch Trockensommer (auch im Hinblick auf den Klimawandel) zu

begegnen. Zum anderen führt der Einsatz von Mulchmatten zur Verringerung der Mindestanforderungen an potentielle Standorte, d. h. das Flächenpotential für Kurzumtriebsplantagen wird erhöht. Durch die Erschließung dieser Potentiale kann daher in Zukunft zur Konfliktminderung bzw. Verringerung der prognostizierten Biomasseversorgungslücke beigetragen werden.

Danksagung

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Finanzierung der Untersuchungen im Rahmen des Verbundprojekts AGROFORNET (Forschungsprogramm „Nachhaltiges Landmanagement“). Besonderer Dank gilt der Firma Forstprodukte Diecke für die Bereitstellung der Versuchsanlage und die engagierte Zusammenarbeit.

Literatur

- AD-HOC AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. Hannover, 5. Aufl. 438 S.
- ATHY, E.R., C.H. KEIFFER und M.H. STEVENS (2006): Effects of Mulch on Seedlings and Soil on a Closed Landfill. *Restoration Ecology* Vol. 14, No. 2, 233–241.
- BGS (2012): <http://www.bestmann-green-systems.de/WollTerra-R.339.0.html> (Stand: 08.08.2012).
- BLAKE, T.J. und T.J. TSCHAPLINSKI (1992): Water relations. In: Mitchell, C.P., Ford-Robertson, J.B., Hinckley, T., Sennerby-Forsse, L. (Hrsg.): *Ecophysiology of Short Rotation Forest Crops*. Elsevier Science Publishers LTD, London, New York, 66–94.
- BUNGART, R. (1999): Erzeugung von Biomasse zur energetischen Nutzung durch den Anbau schnellwachsender Baumarten auf Kippsubstraten des Lausitzer Braunkohlereviere unter besonderer Berücksichtigung der Nährelementversorgung und des Wasserhaushaltes. *Cottbuser Schriften zu Bodenschutz und Rekultivierung*, Band 7, Dissertation, Brandenburgische Technische Universität Cottbus, 159.
- DWD (2012): http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=_dwdwww_klima_umwelt_ueberwachung_deutschland&T38600134241169726338086gsbDocumentPath=Navigations%2FOeffentlichkeit%2FKlima__Umwelt%2FKlimaueberwachung%2FDeutschland%2Fdeutschlandklima%2FKlimakarten__formular__node.html%3F__nnn%3Dtrue (Stand: 18.09.2012).
- DVOŘÁK, P., J. TOMAŠEK, K. HAMOUZ und P. KUCHOVA (2011): Effect of mulching materials on the soil temperature, soil water potential, number and weight tubers of organic potatoes. In: Tagungsband, *New findings in organic farming research and their possible use for Central and Eastern Europe Proceedings*. 3rd Scientific Conference 2011, Prag, Olomouc, 53–57.
- EKO COVER (2012a): <http://www.ekocover.cz/de/produkte/ekocover-saison-matte/> (Stand 13.09.2012).
- EKO COVER (2012b): <http://www.ekocover.cz/de/produkte/ekocover-mulchmatte/> (Stand 13.09.2012).
- EKO COVER (2012c): <http://www.ecocover.com/faq-3.html> (Stand 08.08.2012).
- FBAW (Hrsg.) (2008): *Biologisch abbaubare Mulchfolien aus nachwachsenden Rohstoffen – Information und Verwendungshinweise*. Forschungsgemeinschaft biologisch abbaubare Werkstoffe e.V. (FBAW)/Staatliche Forschungsanstalt für Gartenbau Weißenstephan, Hannover, Freising, 59.
- FRIEND, A.L., G. SCARACZIA-MUGNOZZA, J.G. ISEBRANDS, und P.E. HEILMANN (1991): Quantification of two-year-old poplar root systems: morphology, biomass and ¹⁴C distribution. *Tree Physiology* 8, Heron Publishing, Victoria/Canada, 109–119.
- HAYWOOD, J.D. (1999): Durability of selected mulches, their ability to control weeds, and influence growth of loblolly pine seedlings. *New Forests* Vol. 18, Kluwer Academic Publishers, 263–276.
- HELBIG, C. und M. MÜLLER (2010): Biotische und abiotische Risikofaktoren. In: SKODAWESSELY, C., PRETZSCH, J., BEMMANN, A. (Hrsg.): *Beratungshandbuch zu Kurzumtriebsplantagen*. Eigenverlag TU Dresden, 7-7 bis 7-13.
- HOFMANN, M. (2005): Pappeln als nachwachsender Rohstoff auf Ackerstandorten – Kulturverfahren, Ökologie und Wachstum unter dem Aspekt der Sortenwahl. *Schriften des Forschungsinstitutes für schnellwachsende Baumarten*, Band 8, Hann. Münden, 143.
- KÖHLER, W., G. SCHACHTEL und P. VOLESKE (2007): *Biostatistik*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 4. Aufl. 329.
- LAMERSDORF, N., R. PETZOLD, K. SCHWÄRZEL, K.H. FEGER, B. KÖSTNER, U. MODEROW, C. BERNHOFER und C. KNUST (2010): Bodenökologische Aspekte von Kurzumtriebsplantagen. In: BEMMANN, A., KNUST, C. (Hrsg.): *AGROWOOD. Kurzumtriebsplantagen in Deutschland*

- und europäische Perspektiven. Weißensee Verlag, Berlin, 170–188.
- LANDGRAF, D. und L. BÖCKER (2010): Kurzumtriebsplantagen auf Sonderstandorten. In: BEMMANN, A., KNUST, C. (Hrsg.): AGROWOOD. Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven. Weißensee Verlag, Berlin, 54–63.
- LIEBHARD, P. (2010): Energieholz im Kurzumtrieb. Rohstoff der Zukunft. Leopold Stocker Verlag, Graz, Stuttgart, 2. Aufl., 123.
- MCCARTHY, N., C. MCCARTHY und M. O. RATHAILLE (2007): Mulch mats – their potential in establishing forest and other tree crops. COFORD, National Council for Forest Research and Development, Dublin, Ireland, 28.
- PETZOLD, R., K.H. FEGER und H. RÖHLE (2010): Standortliche Voraussetzungen für Kurzumtriebsplantagen. In: BEMMANN, A., KNUST, C. (Hrsg.): AGROWOOD. Kurzumtriebsplantagen in Deutschland und europäische Perspektiven. Weißensee Verlag, Berlin, 44–53.
- PETZOLD, R., K. SCHWÄRZEL und K.H. FEGER (2011): Transpiration of a hybrid poplar plantation in Saxony (Germany) in response to climate and soil conditions. *European Journal of Forest Research* Vol. 130, Springer-Verlag, 695–706.
- PREGITZER, K.S. und A.L. FRIEND (2000): The Structure and Function of Populus Root Systems. In STETTLER, R.F., BRADSHAW, H.D., JR., HEILMAN, P.E., HINCKLEY, T.M. (EDS.): *Biology of Populus and its Implications for Management and Conservation*. NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canada, 2. Aufl., 331–354.
- RECOLTEX (2012a): <http://www.recultex.de/mulchmatten.htm> (Stand 13.09.2012).
- RECOLTEX (2012b): <http://www.recultex.de/mulchmattenprodukte.htm> (Stand: 08.08.2012).
- RUDOLF, M. und W. KUHLISCH (2008): *Biostatik. Eine Einführung für Biowissenschaftler*, Pearson Studium, München 448.
- SACHS, L. und J. HEDDERICH (2006): *Angewandte Statistik. Methodensammlung mit R*. Springer, Heidelberg, Berlin, New York, 12. Aufl., 702.
- SAMYN, J. und B. DE VOS (2002): The assessment of mulch sheets to inhibit competitive vegetation on tree plantations in urban and natural environment. *Urban Forestry & Urban Greening* 1/2002, Urban & Fischer Verlag, 25–37.
- ZIMMER, Y. (2008): Energie- und klimapolitische Bewertung von Bioenergieoptionen – Kernergebnisse des Wissenschaftlichen Beirats. In: KTBL (Hrsg.): *Ökologische und Ökonomische Bewertung nachwachsender Energieträger*. KTBL-Tagung Aschaffenburg, KTBL-Schrift 468, Darmstadt, 7–11.

Anschrift der Autoren

M.Sc. Luisa Beger, Prof. Dr. Karl-Heinz Feger, M.Sc. Christine Knust, Dr. Karoline Schua

Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Fakultät Umweltwissenschaften, TU Dresden, Piennner Str. 19, 01737 Tharandt, Deutschland

Eingelangt: 10. Juni 2013

Angenommen: 3. Juli 2014