

Katharina Volmer

**Untersuchungen zu den Effekten
genetischer Diversität auf die
Leistungsfähigkeit von
Zitterpappeldemen**



Cuvillier Verlag Göttingen
Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag



Untersuchungen zu den Effekten genetischer Diversität auf die Leistungsfähigkeit von Zitterpappeldemen





Untersuchungen zu den Effekten genetischer Diversität auf die Leistungsfähigkeit von Zitterpappeldemen

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades

der Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie

der Georg-August-Universität Göttingen

vorgelegt von

Katharina Volmer

geboren in Höxter, Deutschland

Göttingen, April 2015



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

1. Aufl. - Göttingen: Cuvillier, 2015

Zugl.: Göttingen, Univ., Diss., 2015

1. Gutachterin / 1. Gutachter: Prof. Dr. A. Polle
2. Gutachterin / 2. Gutachter: Prof. Dr. C. Ammer

Tag der mündlichen Prüfung: 04.06.2015

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2015

Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen

Telefon: 0551-54724-0

Telefax: 0551-54724-21

www.cuvillier.de

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem Weg (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.

1. Auflage, 2015

Gedruckt auf umweltfreundlichem, säurefreiem Papier aus nachhaltiger Forstwirtschaft.

ISBN 978-3-7369-9131-6

eISBN 978-3-7369-8131-7



Danksagung

Frau Prof. Dr. Polle, der Inhaberin des Lehrstuhls für Forstbotanik und Baumphysiologie der Georg-August Universität Göttingen, an dem die vorliegende Arbeit entstand, gilt mein besonderer Dank. Einerseits, für die Bereitstellung und Betreuung des Themas sowie ebenfalls für die Schaffung der wirtschaftlichen Voraussetzungen, die diese Arbeit ermöglicht haben.

Weiterhin Danke ich Herrn Prof. Dr. Ammer für die Zweitgutachtertätigkeit an dieser Arbeit sowie Herrn Prof. Dr. Finkeldey für die Zusammenarbeit im Thesis Committee.

Für die finanzielle Förderung des Exzellenzclusters „Functional Biodiversity Research“ Projekt C1 danke ich dem Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur sowie dem „Niedersächsischen Vorab“.

Ich bedanke mich bei meinen Kolleginnen und Kollegen der Abteilung Forstbotanik und Baumphysiologie sowie des Forstbotanischen Gartens und den studentischen Hilfskräften Thore und Thomas für die Hilfe und Unterstützung bei der Vollernte der Versuchsfläche. Mein besonderer Dank gilt des weiteren Marianne Smiatacz, Christine Kettner, Gisbert Langer-Kettner, Thomas Klein, Gabriele Lehmann und Merle Fastenrath für ihre Ratschläge und Hilfe bei der Durchführung von Experimenten und Ernten. Für die Koordination der Ernte auf der Versuchsfläche gilt mein Dank Herrn Dr. Lars Köhler.

Ich danke Michael Reichel und Frederik van Broek für die Pflege der Versuchsfläche und für ihre Unterstützung bei der Vollernte. Für ihre Hilfe und Unterstützung bei Vollaufnahmen und Bonituren im Freiland gilt mein Dank Silke Ammerschubert und Lena Frank.

Bei der Abteilung Ökopedologie der gemäßigten Zonen des Büsgen-Institut der Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie (Georg-August-Universität Göttingen) bedanke ich mich für die Durchführung der Elementanalyse.

Für seinen geduldigen Rat bei allen statistischen Problemen Danke ich Dennis Janz (Ph.D.) sowie Bettina Otto (Ph.D), Anna Müller, Kristina Schröter, Mareike Kavka und Michaela Rath für ihre Ratschläge bei der Anfertigung und Durchführung von Präsentationen. Mein zusätzlicher Dank gilt nochmal Bettina Otto (Ph.D) für ihre Hilfe bei der englischen Zusammenfassung.



Ich danke Herrn Dr. Martin Hofmann für Literatur und Ratschläge hinsichtlich der Bewirtschaftung von Pappeln und Weiden im Kurzumtrieb sowie der gesamten Abteilung Waldgenressourcen der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt insbesondere dem FitForClim Team für Korrekturen, Ratschläge und Ermunterungen.

Für das rund um die Uhr Lektorat dieser Arbeit danke ich besonders Herrn Simon Titz. Danke Simon, dass du dir immer die Zeit für diese Arbeit genommen hast.

Bei Simon Scheideler bedanke ich mich für seine Freundschaft und die immer währende Hilfsbereitschaft rund um Doktorarbeit, Haus, Hof und Auto.

Für seinen Postboteneinsatz hinsichtlich der Anmeldeunterlagen zur Promotion sowie der langjährigen Freundschaft danke ich ebenfalls Meinolf Lau.

Ein letzter Dank gilt meiner Familie und Ansgar Lüke, ohne Euch wäre diese Arbeit nicht beendet worden. Ich danke Euch für die fortwährende Unterstützung und um euer Verständnis für die vielen Stunden, Tage und Monate, die in diese Arbeit geflossen sind.

Danke!



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	5
1 Einleitung	1
1.1 Aktuelle Rahmenbedingungen der EU-Klima- und Energiepolitik	1
1.2 Kurzumtriebsplantagen (KUP)	2
1.2.1 Förderungsmöglichkeiten und Flächenverfügbarkeit für KUP	3
1.2.2 Einfluss von Klimaänderungen auf KUP	4
1.3 Die Pappel (<i>Populus spp.</i>)	5
1.3.1 Die Zitterpappel (<i>P. tremula</i> L. und <i>P. tremuloides</i> Michx.).....	5
1.4 Begriffserklärung Biodiversität und Ökosystem	9
1.4.1 Biodiversitätseffekte und Ökosystemdienstleistungen.....	11
1.5 Ziele dieser Arbeit	13
2 Material und Methoden	14
2.1 Inter- und intraspezifische Biodiversität der Zitterpappel auf einer exponierten Freifläche in montaner Mittelgebirgslage (POPDIV)	14
2.1.1 Flächenvorbereitung	15
2.1.2 Pflanzenmaterial und Anzucht	16
2.1.3 Versuchsdesign.....	19
2.1.4 Boden	21
2.1.5 Klima.....	23
2.1.6 Biometrische Aufnahmen und Knospenbonitur	24
2.1.7 Probennahmen und Vollernte	27
2.2 Nachbarschaftsanalyse verschiedener Pappelarten in einer <i>in vitro</i> Kultur	36
2.2.1 Pflanzenmaterial und Anzucht	36
2.2.2 Versuchsdesign.....	36
2.2.3 Probennahme und Analyse.....	39
2.3 Datenauswertung	40



3	Ergebnisse	42
3.1	Wachstum bei variabler Witterung auf einem marginalen Standort	42
3.1.1	Höhenwachstum und Witterung in den Jahren 2009-2012	42
3.1.2	Bodenbeschaffenheit und Charakterisierung der Nährstoffversorgung unterschiedlicher Zitterpappeldeme	47
3.1.3	Wachstumsphasen verschiedener Zitterpappeldeme auf einem marginalen Grenzertragsstandort	50
3.1.4	Relative und kumulierte Zuwachsleistung auf der Versuchsfläche	54
3.2	Biomasseproduktion der verschiedenen Deme.....	65
3.2.1	Wasser- und Trockenmassegehalte der Deme	65
3.2.2	Oberirdische und unterirdische Biomasseproduktion der verschiedenen Deme	67
3.2.3	Vitalität und Wurzelschaden verschiedener Deme	72
3.3	Inter- und intraspezifische Diversitätseffekte	80
3.4	Nachbarschaftseffekte unter kontrollierten Bedingungen	94
4	Diskussion	103
4.1	Reaktion verschiedener Zitterpappeldeme auf standörtliche Verhältnisse.....	103
4.2	Ertragsleistungen von Zitterpappel im Kurzumtrieb	108
4.3	Einfluss inter- und intraspezifischer Biodiversität	111
4.4	Interspezifische Nachbarschaftseffekte im Modellsystem	115
5	Zusammenfassung	119
6	Summary	122
7	Literaturverzeichnis	125
8	Anhang	140



Abkürzungsverzeichnis

A	Österreich
Abb.	Abbildung
ANOVA	Varianzanalyse: Analyse of Variance
AstBM	berechnete Astbiomasse
ber.	berechnet
°C	Grad Celsius
C	<i>Populus × canescens</i>
C	Kohlenstoff
CBD	Convention on Biological Diversity
Ca	Calcium
CH	Schweiz
cm	Zentimeter
cm ²	Quadratcentimeter
cm ³	Kubikcentimeter
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DVFFA	Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten
d. h.	das heißt
Div 1	Diversitätsstufe 1
Div 2	Diversitätsstufe 2
Div 4	Diversitätsstufe 4
Div 8	Diversitätsstufe 8
dpi	dots per inch (Punkte pro Zoll)
DWD	Deutscher Wetterdienst
et al.	et alii (und andere)
etc.	et cetera (und übrige Dinge)
Fe	Eisen
FG	Frischgewicht
g	Beschleunigung



g	Gramm
GLM	General Linear Model: Allgemeines lineares Modell
GmbH	Gemeinschaft mit beschränkter Haftung
G1	Holstein
G2	Göttingen 2
G8	Göttingen 8
h	Höhe
h	Stunde
ha	Hektar
HNO ₃	Salpetersäure
ICP	Elementanalyse (Inductively Coupled Plasma)
K	Kalium
Kap.	Kapitel
kg	Kilogramm
KG	Kommandite Gesellschaft
KNO ₃	Kaliumnitrat
KUP	Kurzumtriebsplantage
l	Liter
LGLN	Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung
m	Masse
m _d	Masse trocken
m _t	relative Trockenmasse
m _w	Masse frisch
m	Meter
M	Molar
Mg	Magnesium
mg	Milligramm
M _i	Ertrag der Art i in der Monokultur
mm	Millimeter
mM	Millimolar



min	Minute
ml	Milliliter
Mn	Mangan
MW	Mittelwert
μl	Mikroliter
μmol	Mikromol
n	Anzahl (Stck.)
N	Nord
N	Stickstoff
NADH	Nicotinamidadenindinukleotid
NaNO ₂	Natriumnitrit
NIBIS	Niedersächsisches Bodeninformationssystem
nm	Nanometer
nmol	Nanomol
NR	Nitratreduktase
NRW	Nordrhein-Westfalen
O	Ost
OBM	gesamte oberirdische Biomasse je Baum
OT	Ortsteil
<i>P.</i>	<i>Populus</i>
P	Phosphor
PAR	Photosynthetisch aktive Strahlung (photoynthetically active radiation)
PL	Polen
POPDIV	Poplar Diversity Experiment
PVP	Polyvinylpolypyrrolidon
rel.	relativ
RNA	Ribonukleinsäure
s	Sekunde
S	Schwefel
S	Schweden



S.	Seite
SD	Standardabweichung
SE	Standardfehler
StBM	berechnete Stammbiomasse
Stck.	Stück
r	Radius
RCI	relativ competition intensity
rel.	Relativ
RGR	Relative growth rate (relative Wachstumsrate)
$RY_{Oj}M_i$	gemessener Ertrag der Art i in der Mischung
$RY_{Ej}M_i$	erwarteter Ertrag der Art i in der Mischung
T	<i>Populus trichocarpa</i>
Tab.	Tabelle
TG	Trockengewicht
u. a.	und andere
ü. NN	über Normal Null
UBM	Unterirdische Biomasse
UNO	United Nation Organization
USA	United States of America
UV	Ultra Violett
V	Volumen
VD	Kanton Waadt, Schweiz
vgl.	vergleiche
w	relativer Wassergehalt
W	West
WHD	Wurzelhalsdurchmesser
WPM	Woody Plant Medium
ΔY	Biodiversitätseffekt
Y_O	gesamter gemessener Ertrag in der Mischung
Y_E	gesamter erwarteter Ertrag in der Mischung



z. B.	zum Beispiel
zzgl.	zuzüglich
%	Prozent
π	Pi
\emptyset	Durchschnitt
ρ	Dichte (Rho)





1 Einleitung

1.1 Aktuelle Rahmenbedingungen der EU-Klima- und Energiepolitik

Aufgrund einer weltweit steigenden Energienachfrage nach den auf längere Sicht nur begrenzt zur Verfügung stehenden fossilen Energieträgern und der damit verbundenen Preissteigerung stieg der Bedarf an alternativen Energiequellen in den vergangenen Jahren stark an (Röhle et al. 2006, Liesebach et al. 2012).

Zusätzlich unterstützt und fördert die Europäische Union mittels aktueller Förderprogramme und -maßnahmen zur Klima- und Energiepolitik (Energiepolitik für Europa COM(2007)1) eine immer größere Nachfrage nach nachwachsenden sowie ressourcenschonenden Rohstoffen. Bis zum Jahr 2020 wird eine europaweite Durchsetzung der „20-20-20-Ziele“ angestrebt (Janßen et al. 2012, AG Energiebilanzen 2014). Hierbei handelt es sich um

- die Senkung der Treibhausgasemission um mind. 20 % gegenüber dem Jahr 1990,
- eine Energieeffizienzsteigerung um 20 %,
- die Steigerung des Anteils der erneuerbaren Energien am Gesamtenergieverbrauch auf 20 %.

Die weiteren Planungen der Europäischen Kommission für den Zeitraum 2020 bis 2030 sehen bereits eine europaweite Senkung der Treibhausgasemission um 40 % (gegenüber dem Basisjahr 1990) bei gleichzeitigem Anstieg des Anteils der erneuerbaren Energien am Gesamtenergieverbrauch auf 27 % vor (Mitteilung zu „Rahmen für die Klima- und Energiepolitik im Zeitraum 2020-2030“).

Zu den wichtigsten erneuerbaren Energiequellen mit den höchsten Wachstumspotentialen zählen in Deutschland Wind, Wasser, Sonne, Geothermie und Biomasse (Hartmann 2010). Im Jahr 2014 wurden 25,8 % der Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien gewonnen, größtenteils hergestellt aus Biomasse (7,0 %) und Windenergie (8,6 %) (AG Energiebilanzen, Stand: Dezember 2014).



Die Vorteile der Biomassenutzung gegenüber anderen erneuerbaren Energieträgern sind nach Hartmann (2010) die folgenden:

- geringe Kosten und kaum vorhandene Schwankungen im Angebot,
- Förderung regionaler Wirtschaftsstrukturen,
- Erschließung alternativer Einkommensquellen und
- universelle Einsetzbarkeit.

Zu den klassischen landwirtschaftlichen Bioenergiepflanzen zählen Mais zur Biogasgewinnung, Raps zur Biodieselerzeugung und Getreide für die Bioethanolerzeugung (BMELV 2006, Hartmann 2010). Holz als erneuerbare Biomassequelle ist vor allem auf Grund seiner vielfältigen Verwendbarkeit (Verstromung, Wärmeerzeugung, flüssiger Energieträger) interessant (Hartmann 2010). Die damit verbundene steigende stoffliche und energetische Nachfrage nach Holz als nachwachsende Biomassequelle kann in Deutschland alleine durch die Waldholzproduktion langfristig nicht gesättigt werden (Hartmann 2010, Mantau et al. 2010, DBFZ 2011). Eine Alternative zur begrenzten Holzerzeugung im Wald bietet die extensive Erzeugung von „Feldhackschnitzeln“ unter Ausnutzung des landwirtschaftlichen Flächenpotenzials in so genannten Kurzumtriebsplantagen (KUP) (Bärwolff et al. 2012).

1.2 Kurzumtriebsplantagen (KUP)

Unter dem Begriff Kurzumtriebsplantage (KUP), Synonym Energiewälder, Kurzumtriebskulturen oder Kurzumtriebsbestand, wird der Anbau schnellwachsender, teils stockausschlagfähiger Baumarten, vor allem von Weide, Pappel und Robinie auf landwirtschaftlichen Acker- und Grünflächen in kurzen Rotationszeiträumen mit dem Ziel der Biomasseerzeugung für stoffliche- und energetische Nutzung verstanden (Thrän 2004, Hartmann 2010, Stoll 2011).

Im Gegensatz zu fossilen Energieträgern verstärken die weitgehend CO₂-neutral nachwachsenden Rohstoffe den Treibhauseffekt dabei nicht, sondern ermöglichen eine dezentrale, umweltfreundliche Energieversorgung (Hofmann 2010, Janßen et al. 2012). Zudem kommt es insbesondere durch den Anbau von KUP mit schnellwachsenden Baumarten zu einer erhöhten Bindung von CO₂ im Boden (Janßen et al. 2012).