

Vergleich des Wachstums von Platane und Schwarznuss auf Aue-standorten in der frühen Baumholzphase

Freiburg, September 2020

Projekt: Auwald im Klimawandel

Förderkennzeichen: 22WC4110 02

Teilvorhaben: Ökonomische Bewertung von Auwaldbeständen



Autoren:

Alfred Hesse; Rüdiger Unseld
Professur für Waldbau
Universität Freiburg
waldbau@waldbau.uni-freiburg.de

Projektpartner:



Forstreviere Rastatt-Stadt, Bühl, Kehlheim, Genderkingen

Träger und Förderung:



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Inhalt

1	Einleitung.....	4
2	Untersuchungsflächen und Anbau der Baumarten.....	5
3	Stichprobenbäume und Datenauswertung.....	6
4	Wuchsleistungen	8
4.1	Höhenwachstum	8
4.2	Durchmesserwachstum.....	10
4.3	Kronenansatz.....	11
4.4	Zusammenhänge der Wachstumsgrößen	12
5	Wuchsleistungen im Vergleich zu anderen Platanen- und	15
6	Platane und Schwarznuss als Mischbaumart	16
7	Fazit	17
8	Literaturverzeichnis.....	18
9	Anhang und Fotos.....	20

1 Einleitung

Die Waldbewirtschaftung von Auestandorten in Mitteleuropa wird durch den Ausfall der Baumarten Esche und Ulme deutlich erschwert. Auf Standorten der frischen Hartholzauwe kommen jetzt nur noch wenige traditionelle, heimische Baumarten für die Produktion von Sägelaubholz in Frage. Neben der Stieleiche, Bergahorn, stellenweise Kirsche, Wildbirne, Wildapfel oder Walnuss sind vor allem nicht-heimische Baumarten zur Wertholzproduktion möglich. Hierzu zählt die Schwarznuss, die bereits seit Anfang des letzten Jahrhunderts in Deutschland am Rhein angebaut wird. Als eine weitere aussichtsreiche Baumart wird die Platane gesehen (METTENDORF, 2016), die auf Auestandorten am Rhein in Kleinbeständen oder als Individuen überzeugende Wuchsleistungen erbracht hatten. Auch hinsichtlich der zukünftigen Klimaentwicklung wird der Anbau der Platane als günstig eingeschätzt.

Im Verbundprojekt „Auwald im Klimawandel“ des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (FKZ 22WC4110 02) werden neben ökologischen Untersuchungen zu verschiedenen Baumarten auch deren ökonomischen Chancen betrachtet. Dazu bedarf es einer Einschätzung des Wuchspotenzials unter Auwaldbedingungen. Während für die Schwarznuss anhand vorhandener Literaturdaten zufriedenstellende Einschätzungen zum Höhen- und Durchmesserwachstums in der Aue vorgenommen werden konnten, sollten die vorliegenden Erhebungen erste Hinweise darauf geben, wie die Leistungsfähigkeit der Platane, hier im direkten Vergleich zur Schwarznuss, eingeschätzt werden kann.

Für die Schwarznuss liegen mehrere Wachstumsaufnahmen von Beständen auf Auestandorten vor (BARTSCH, 1989; NICKEL & STEINACKER, 2012; RUMPF & NAGEL, 2014, EHRING et al. 2019). Dagegen erfolgte bisher in Deutschland kein Anbau von Platanen auf größeren Flächen und die Wachstumsbeschreibungen reduzierten sich bisher weitestgehend auf visuelle Eindrücke. Es wurde daher bei der vorliegenden Untersuchung auf Anbauten an der niederösterreichischen Donau ausgewichen. Hier werden seit 1995 von der privaten Forstverwaltung Grafenegg Metternich-Sándor Waldbestände mit Platane (*Platanus x hispanica*) zusammen mit Schwarznuss (*Juglans nigra*) und anderen Baumarten systematisch begründet (vgl. TIEFENBACHER, 2017). Dadurch waren Messungen auf mehreren Anbauflächen und bei einer hohen Anzahl an Probestämmen möglich, die im Frühjahr 2020 aufgenommen wurden. Mit der Datenauswertung waren vergleichende Aussagen zum Wachstum von Platane und Schwarznuss bei identischen Standortsbedingungen für die ersten zwanzig Wuchsjahre möglich. Zudem sollte eine einfache standörtliche Stratifizierung zeigen, ob die beiden Baumarten eventuell unterschiedlich auf trocken werdende Standortsbedingungen reagieren.

2 Untersuchungsflächen und Anbau der Baumarten

Das Revier Grafenegg mit den Untersuchungsflächen besitzt zum größten Teil durch die Donau geprägte Auestandorte. Hochwasser, aber auch Trockenheit limitieren die Baumartenwahl. In den letzten Jahrzehnten waren die Waldflächen zudem stark von Waldschutzproblemen betroffen. Das Ulmensterben führte zu einem Verlust der Ulme im Hauptbestand. Rostpilz und zwei Jahrhunderthochwasser schädigten die Ahornbestände. Am stärksten waren die Waldbestände vom Eschentriebsterben betroffen (TIEFENBACHER, 2017). Es führte innerhalb von 10 Jahren zu einer Reduktion des Flächenanteils der Esche von 25 % auf weniger als 10 %. Ein Hoffnungsträger ist die Schwarznuss, die seit mehreren Jahrzehnten erfolgreich angebaut wird. Die Schwarznuss zeigt gute Wuchsleistungen und die Vermarktungsfähigkeit des Holzes ist ausgezeichnet. Zur Risikostreuung werden weitere Baumarten angebaut. Neben Platane, deren Baumartenanteil aktuell ca. 4 % beträgt, werden neue Bestände vorwiegend mit Stieleiche und Gleditschie begründet.¹ Teilweise wird der natürlich aufkommende Götterbaum aus der Sukzession übernommen. In der tieferen Aue werden vorzugsweise Schwarzpappelhybriden angebaut.

Die Untersuchungsflächen im Revier Grafenegg liegen nahe dem Mittellauf der Donau südlich von Grafenwörth und Utzenlaa (Abb.1) im Wuchsgebiet „panonisches Tief- und Hügelland“ (ENGLISCH & KILIAN, 1998). Das Klima wird als warm gemäßig beschrieben. Die Jahresmitteltemperatur in der nahegelegenen Stadt Krems liegt bei 9,4 ° C und die Niederschlagssumme beträgt 653 mm, wovon die meisten Niederschläge im Sommer fallen (CLIMATE-DATA.ORG, 2020).

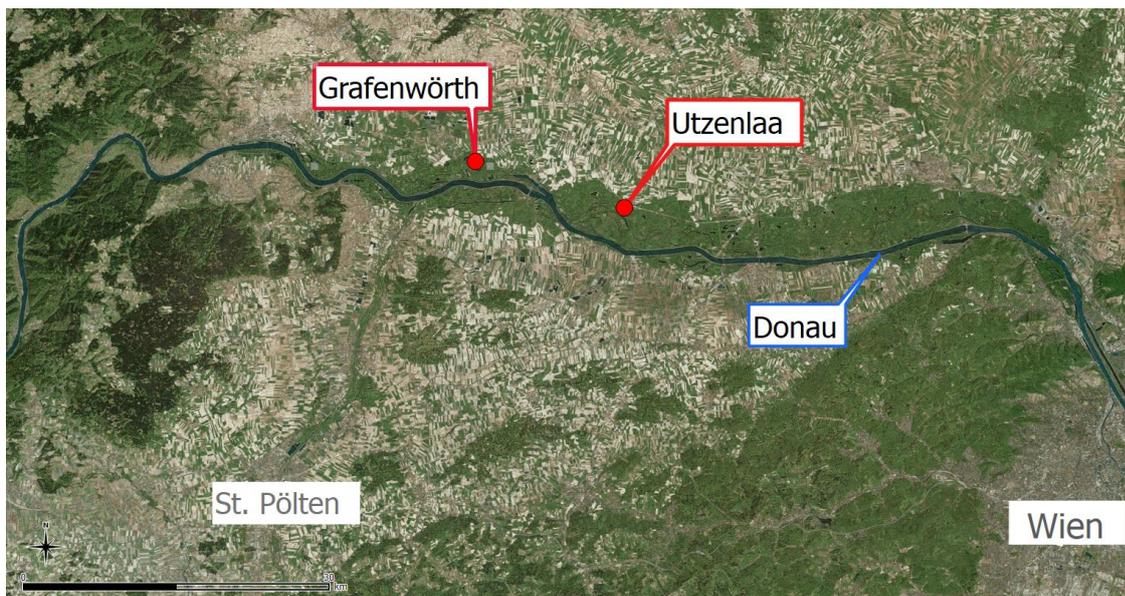


Abb.1: Lage der Untersuchungsflächen nördlich der Donau zwischen Krems und Tulln in Österreich – Mäßig frische Standorte bei Utzenlaa, frische Standorte bei Grafenwörth. (Luftbild aus Bing aerial)

Für die Untersuchungsflächen wurden keine Angaben zum herrschenden Bodentyp gefunden. Die Böden unmittelbar benachbarter Bereiche werden als kalkhaltige graue Aueböden aus feinem Schwemmmaterial beschrieben (BFZ, 2020). In der Vergangenheit wurden die Böden stark durch die Auedynamik der Donau geprägt. Mit der Errichtung des Wasserkraftwerk Altenwörth im Jahr 1976 veränderte sich das natürliche Hochwasserregime allerdings massiv. Seitdem kommt es nur noch zu

¹ Die Gleditschie hat einen Flächenanteil von max. 1,5 %. Wegen der starken Dornen und der damit einhergehenden Probleme bei der Waldpflege und motormanuellen Holzernte steht eine Erhöhung des Flächenanteils dieser Baumart zur Diskussion.

kurzen, raschen Hochwassern im Winter oder Sommer. Die Überflutungsdauer beträgt zumeist nur wenige Tage im Jahr.

Die Bestandsbegründung der Platane und Schwarznuss wird auf diesen Standorten vom Forstbetrieb als unproblematisch beschrieben. Der Anbau ist aber mit einer intensiven Kulturvorbereitung verbunden und die Fläche wird anschließend durch einen massiven Zaun vor Wildschäden geschützt. Die Pflanzung erfolgt auf geräumter Fläche in weiten Reihenabständen. Der Abstand der Reihen hat sich mit zunehmenden Anbauerfahrungen seit 1995 von 8 m bis heute auf 12 m erweitert. In jeder Reihe werden meist ca. 5 – 10 Bäume einer Baumart nacheinander angebaut. Dann wird die Baumart gewechselt, so dass mit zunehmendem Alter der Bäume und Verbleib der besten Individuen eine innige Baumartenmischung entstehen kann. Bisher hatte diese Anbaumethode einen sehr guten Anwuchserfolg und Nachbesserungen waren insbesondere bei den Platanen nicht nötig. Die Zwischenfelder wurden früher unter anderem mit Hybridpappeln bepflanzt. Diese sollten dann im Zuge der Vornutzung entnommen werden. Aufgrund des starken Konkurrenzdrucks der Pappel auf die anderen Baumarten wird heute von dieser Vorgehensweise abgesehen und die Zwischenfelder der natürlichen Sukzession überlassen. Die Kultursicherung erfolgt mittels Mulchmahd entlang der Pflanzreihen. Die Z-Bäume werden im Zuge der Jungbestandspflege auf Reichweite geastet, später erfolgt eine weitere Astung auf eine Höhe von 6 Meter.

3 Stichprobenbäume und Datenauswertung

Bei Grafenwörth und Utzenlaa (vgl. Abb.1) wurden insgesamt sieben Bestände ausgewählt. In jedem Bestand waren mindestens 20 herrschende oder mitherrschende Platanen und Schwarznüsse vorhanden. Das Bestandesalter betrug zwischen 15 – 22 Jahre und die Platanen gehörten damit zu den ältesten Aufforstungen mit dieser Baumart in diesem Betrieb. Mit Angaben aus der Standortskartierung, dem digitalen Höhenmodell und hydrologischen Bodenkenndaten wurden zwei Standortsstraten definiert, die gemäß ihrer Frischstufe im folgenden Text und in der Ergebnisdarstellung als „mäßig frisch“ und „frisch“ bezeichnet werden.

	frisch Grafenwörth	mäßig frisch Utzenlaa	Informationsquelle
Standortstyp	Frische Feldulmen-Eschenaue	mäßig frische Eichen-Eschen-Lindenaue & Trockene Eichen-Feldulmenaue	Standortskartierung (1960) 1:2.500
Höhe über NN (m)	186 - 187,5	180 - 181,5	DHM - Daten der Österr. Länder Airborne Laserscan
Höhe über Flussniveau (m)	1,3 – 1,8	2,2 – 3,2	1:10.000
Bodenspeicher (mm)	336 – 351	305 – 335	HYDROBOD Niederösterreich 1:50.000
Überschwemmungen seit dem Jahr 2000	2002, 2013	2002 (3 Wochen); 2013	Angaben des Forstbetriebs

Tabelle 1: Charakterisierung der verwendeten Standortsstraten „frisch“ und „mäßig frisch“

Die mäßig frischen Flächen wurden von der Standortkartierung des Jahres 1960 dem Standortstyp „mäßig frische Eichen-Eschen-Lindenaue“ und „trockene Eichen-Feldulmenaue“ zugeordnet. Die frischen Flächen wurden als „frische Feldulmen Eschenaue“ bezeichnet. Diese historische Standortkartierung wurde mit weiteren Daten ergänzt, die Rückschlüsse auf den Bodenwasserhaushalt zuließen. Eine wichtige Größe war die Höhe über NN, die über das digitale Geländemodell für jede Versuchsfläche genau bestimmt werden konnte. Hiermit wurde dann die durchschnittliche Höhe über dem nächsten Fließgewässer, der Kamp bei Grafenwörth und einem Donaualtarm bei Utzenlaa bestimmt. Weitere Ergänzungen erfolgten über die hydrologischen Bodenkenndaten von Niederösterreich, die allerdings nur recht großmaßstäbig vorhanden waren. Für eine bestandesweise Standortbewertung ist sie ohne Validierung mit anderen Daten nur bedingt geeignet. Auch die hinsichtlich des Bodenspeichers zeigten die Standortstraten klare Unterschiede. Als ein weiteres Merkmal wurden die Häufigkeit und Dauer der Überschwemmungen verwendet. Im August 2002 kam es zu mehreren kurz aufeinander folgenden Hochwassern mit längerer Überflutungsdauer der Untersuchungsflächen. Auf der mäßig frischen Fläche bei Utzenlaa betrug die Überflutungsdauer bis zu 3 Wochen, da ein rasches Abfließen des Wassers aufgrund der großflächig überfluteten Donauebene nicht möglich war (NATIONALPARK DONAU-AUEN GMBH, 2020). Im Jahr 2013 gab es gemäß den Angaben der Forstbetriebsleitung eine weitere, länger anhaltende Überflutungsperiode. Somit weisen beide Standorte auch nach dem Bau des Kraftwerkes noch einen Hochwassereinfluss auf, wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß.

	Alter	frisch	mäßig frisch
Anzahl gemessener Platanen	15 – 16	37	72
	21 – 22	85	27
Anzahl gemessener Schwarznüsse	15 – 16	24	36
	21 - 22	82	23
	Summe	228	158

Tab.2: Anzahl der Probestämme getrennt nach Baumart, Bestandesalter und Standortstratum

Es wurden insgesamt 386 Bäume vermessen, wobei Platanen besonders in den jüngsten Beständen etwas häufiger vertreten waren als die Schwarznüsse. Auf den frischen Standorten konnten Platanen und Schwarznüsse in etwa gleicher Anzahl vermessen werden. Auf den mäßig frischen Standorten waren die Stichprobenbäume etwas weniger. In den jüngeren Beständen standen doppelt so viele Platanen für die Messungen zur Verfügung wie Schwarznüsse. Die Durchmessermessungen im Gelände erfolgten mittels Kluppe über Kreuz auf Höhe des Brusthöhendurchmessers (1,3 m). Aus den beiden Kreuzmessungen wurde für jeden Baum der Mittelwert weiterverwendet. Die Messungen der Baumhöhen und Kronenansätze erfolgte mit dem Vertex 4 von Haglöf. Die Höhenmessungen wurden zudem durch die Längenmessungen an 8 Durchforstungsbäumen stichprobenartig validiert.

Zur Datenauswertung wurden die Statistiksoftware SPSS Version 27 und die rStudio r - Version 3.5.1. verwendet. In rStudio wurden die Pakete „dplyr“, „visreg“ und „ggplot2“ benutzt (WICKHAM et al. 2020; BREHENY & BURCHETT, 2017; WICKHAM, 2016). Zur Ergebnisdarstellung dienen Mittelwertabbildungen als Boxplots. Der durchgehende Strich in einer Box ist der Median. Die Box selber beinhaltet die 50 % der Werte, die sich am nächsten um diesen Median bewegen. Die an den Boxen anhängenden Antennen geben die Wertespannung der restlichen 50 % abzüglich der als Punkte dargestellten Ausreißer an. Durch sie bekommt man einen guten Eindruck über Minimal- und Maximalwerte. Die Mittelwerte, die aus mehr als zwei Vergleichsgruppen bestanden, wurden mit dem Kruskal-Wallis-Test auf signifikante Unterschiede geprüft ($\alpha \leq 0,05$). Dabei kam die Bonferroni-Korrektur zur richtigen Herleitung der Testsignifikanz zum Einsatz. Der Zusammenhang zwischen Baumhöhe und Baumalter konnte nur für eine relativ kurze Altersphase (Alter 15 – 22) aus einer unechten Zeitreihe ermittelt werden. Zur Analyse wurden hier unter anderem generalisierte lineare Modelle GLM eingesetzt.

4 Wuchsleistungen

Zuerst werden die erreichten Baumhöhen der Platanen und Schwarznüsse auf den beiden Standortsstraten „frisch“ und „mäßig frisch“ miteinander verglichen. Korrespondierend dazu werden dann die Vergleiche bei den Durchmesserwerten durchgeführt. Im dritten Unterkapitel sind die astfreien Schaftlängen dargestellt und im letzten Unterkapitel sind die Zusammenhänge zwischen den Wachstumsgrößen abgebildet.

4.1 Höhenwachstum

Baumarten mit gleichem Wuchsrhythmus haben für den Bewirtschafter große Vorteile bei der Begründung von Mischbeständen. Nachfolgend wird ohne Berücksichtigung des Standorts untersucht, ob sich bereits bestimmte Wuchsunterschiede zwischen Platanen und Schwarznüssen herauslesen lassen. Dazu wurden jeweils die 15- und 16-jährigen Bäume sowie die 21- und 22-jährigen Bäume zusammengefasst.

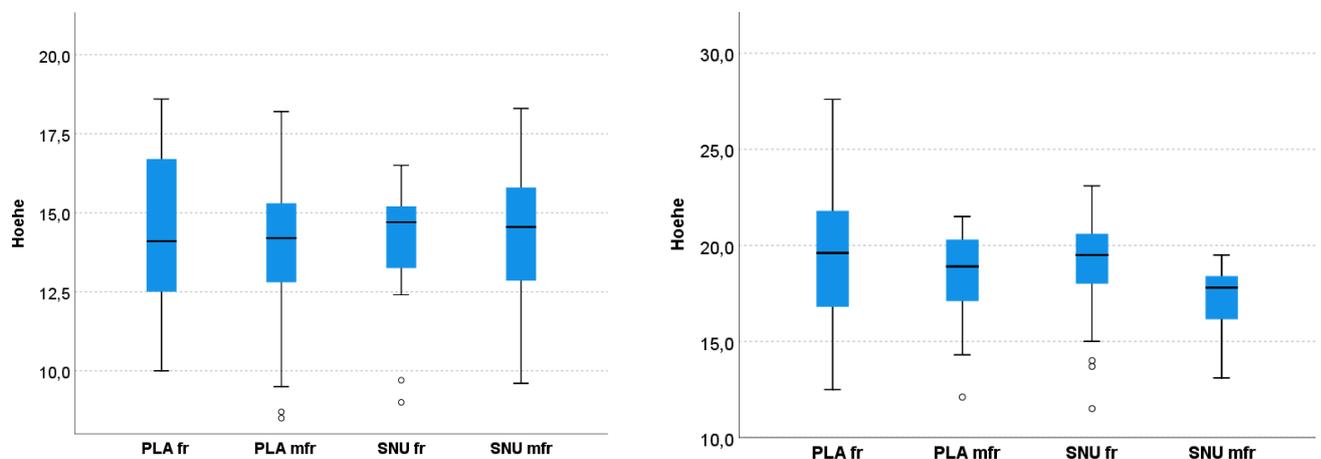


Abb.2: Mittelwert und Streuung der Baumhöhen der Platanen (PLA) und Schwarznüsse (SNU) auf den frischen (fr) und mäßig frischen (mfr) Standorten. Die 15-16jährige Stichprobenbäume sind in der Abbildung links und 21-22jährige Stichprobenbäume in der Abbildung rechts dargestellt.

Bei den 15-16-jährigen Bäumen in der Abbildung links bestehen zwischen den Baumarten und Standorten keine erkennbaren Unterschiede bei den erreichten Baumhöhen. Im Mittel wurden bei allen Varianten rund 14 m erzielt. Auch die Streuung der Höhenwerte ist bis auf die Schwarznuss auf frischem Standort ähnlich groß.

Bei den 21 – 22-jährigen Bäumen in der Abbildung rechts hatten die Platanen und Schwarznüsse auf den frischen Standorten durchschnittlich die größten Baumhöhen. Sie erreichten im Mittel fast 20 Meter. Auf den mäßig frischen Standorten wurde dieses Niveau von der Platane ebenfalls fast erreicht. Dagegen wiesen dort die Schwarznüsse ein deutlich geringeres Höhenwachstum auf. Auffällig war zudem die starke Variation der Platanen auf den frischen Standorten. Es wurden mehrfach Platanen gemessen, die inzwischen Höhen von deutlich mehr als 20 Metern erzielt hatten. Die Spitzenexemplare maßen 25 – 27m und der durchschnittliche Höhenzuwachs lag bei ihnen damit bei 1,2 - 1,3m pro Jahr.

Nachfolgend wurden die beobachteten Wuchsunterschiede noch auf ihre statistische Signifikanz getestet.

Paarweise Vergleiche

Sample 1-Sample 2	Teststatistik	Standardfehler	Standardteststatistik	Sig.	Anp. Sig. ^a
SNU mfr - PLA mfr	37,245	17,814	2,091	,037	,219
SNU mfr - SNU fr	52,494	14,813	3,544	,000	,002
SNU mfr - PLA fr	55,352	14,756	3,751	,000	,001
PLA mfr - SNU fr	-15,249	13,930	-1,095	,274	1,000
PLA mfr - PLA fr	18,107	13,869	1,306	,192	1,000
SNU fr - PLA fr	2,859	9,718	,294	,769	1,000

Tab.3: Ergebnis des Kruskal-Wallis-Tests beim Höhenvergleich mit Baumalter 21/22 Jahre.

Jede Zeile prüft die Nullhypothese, dass die Verteilungen in Stichprobe 1 und Stichprobe 2 gleich sind. Asymptotische Signifikanzen (zweiseitige Tests) werden angezeigt. a. Signifikanzwerte werden von der Bonferroni-Korrektur für mehrere Tests angepasst.

Statistisch gesehen bestand zwischen den Baumhöhen in den 15/16jährigen Beständen kein signifikanter Unterschied. Die Nullhypothese wurde somit in allen Fällen beibehalten. Bei den älteren Beständen (Tab.3) zeigten sich dagegen signifikante Differenzen. Die Schwarznüsse auf dem mäßig frischen Standort hatten nach 21/22 Wuchsjahren signifikant geringere Baumhöhen als die anderen Varianten mit Ausnahme der „Platane mäßig frisch“ (PLA mfr). Die Werte der Kruskal-Wallis-Tests (Anp. Sig.) liegen in diesen Fällen unter dem Signifikanzniveau von 0,05.

4.2 Durchmesserwachstum

Die Werte der Brusthöhdurchmesser wurden in gleicher Form wie die Baumhöhen ausgewertet.

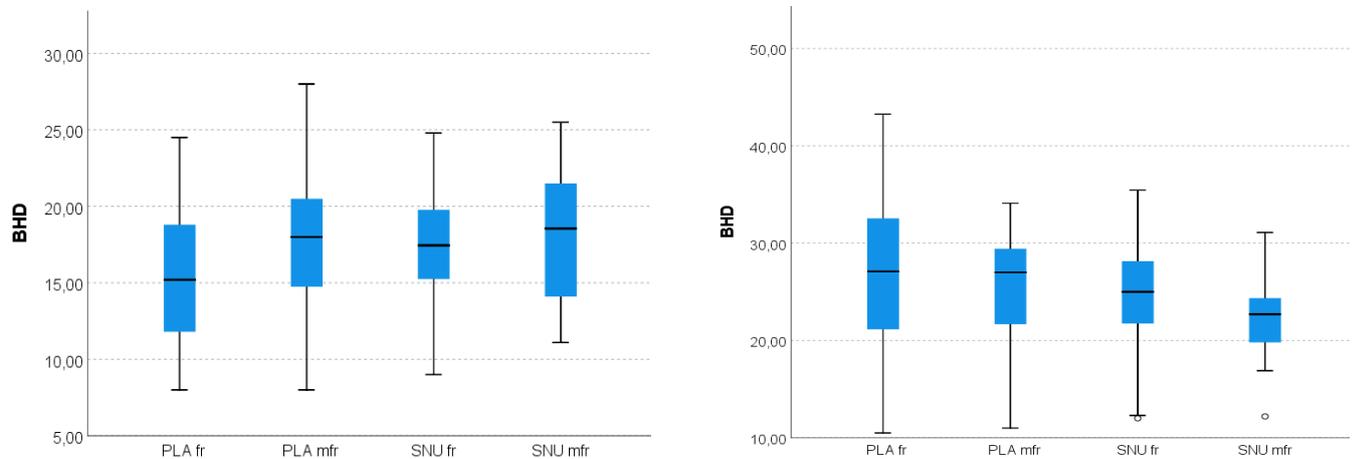


Abb.3: Mittelwerte und Streuung der Brusthöhdurchmesser BHD der Platanen (PLA) und Schwarznüsse (SNU) auf den frischen (fr) und mäßig frischen (mfr) Standorten. Die 15-16jährige Stichprobenbäume sind in der Abbildung links und die 21-22jährige Stichprobenbäume in der Abbildung rechts dargestellt.

Die Unterschiede bei den Durchmesserwerten in den 15/16jährigen Beständen waren markanter als bei den Höhenwerten (vgl. Kap. 4.1). Auffallend sind die geringeren Durchmesserwerte der Platanen auf dem frischen Standort mit ca. 15 cm im Vergleich zu 17 – 18 cm der anderen Varianten. Bei den 21/22jährigen Beständen hat sich die Reihenfolge quasi umgekehrt. Die Platanen auf den frischen Standorten haben jetzt im Durchschnitt die dicksten Durchmesser (26,5 cm) und die Schwarznüsse sind etwas zurückgefallen (25 cm bzw. 22,5 cm). Nachfolgend wurden die Unterschiede wiederum statistisch überprüft.

Paarweise Vergleiche

Sample 1-Sample 2	Teststatistik	Standardfehler	Standardteststatistik	Sig.	Anp. Sig. ^a
SNU mfr - SNU fr	28,211	14,814	1,904	,057	,341
SNU mfr - PLA mfr	31,133	17,815	1,748	,081	,483
SNU mfr - PLA fr	42,092	14,757	2,852	,004	,026
SNU fr - PLA mfr	2,922	13,931	,210	,834	1,000
SNU fr - PLA fr	13,882	9,718	1,428	,153	,919
PLA mfr - PLA fr	10,959	13,870	,790	,429	1,000

Tab.4: Ergebnisse des Kruskal-Wallis-Tests beim Durchmesservergleich mit Baumalter 21/22 Jahre

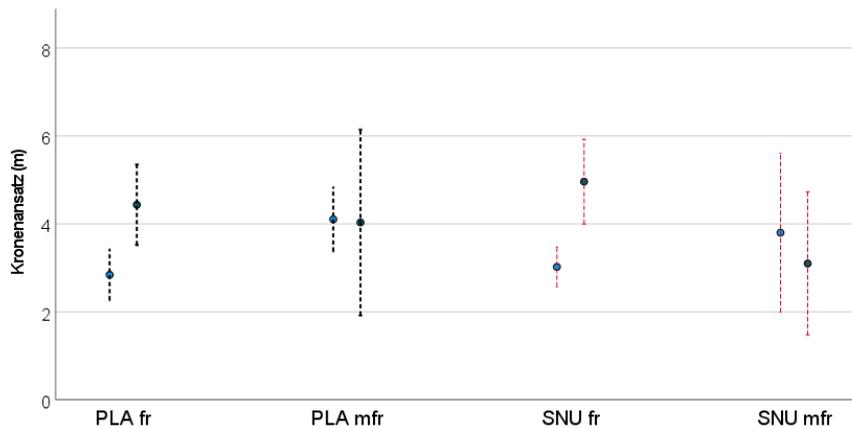
Jede Zeile prüft die Nullhypothese, dass die Verteilungen in Stichprobe 1 und Stichprobe 2 gleich sind. Asymptotische Signifikanz (zweiseitige Tests) werden angezeigt. a. Signifikanzwerte werden von der Bonferroni-Korrektur für mehrere Tests angepasst.

Gemäß den Testergebnissen waren in den jüngeren Beständen die Durchmesser trotz der anscheinend dünneren Platanen auf den frischen Standorten nicht signifikant unterschiedlich. Die Nullhypothese, dass zwischen den Mittelwerten der Baumhöhen im Alter 15/16 kein Unterschied besteht wurde somit beibehalten. Für das Alter 21/22 wurde sie allerdings verworfen (Tab.4). In dieser Altersstufe konnten statistisch signifikante Unterschiede beim Durchmesserwachstum zwischen den Schwarznüssen auf den mäßig frischen Standorten und den Platanen auf den frischen Standorten nachgewiesen werden ($\alpha \leq 0.05$).

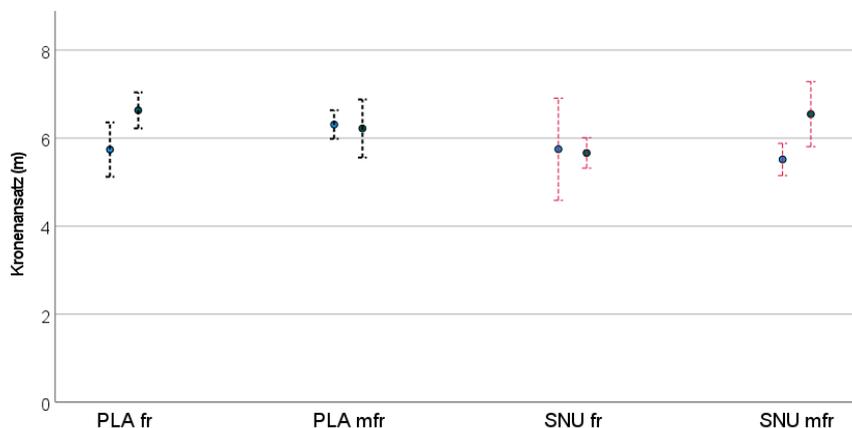
4.3 Kronenansatz

Die Entwicklung des Kronenansatzes kann besonders für eine Bewirtschaftung von Interesse sein, in der keine Astung erfolgen soll. Bei den Untersuchungsbäumen kamen beide Varianten, also ungeastete und geastete Bäume, vor. Zur Beobachtung des Kronenansatzes als unechte Zeitreihe sind in den nachfolgenden Abbildungen immer die jüngeren Bäume (15-16 Jahre) und älteren Bäume (21-22 Jahre) als Balkenpaare für die verschiedenen Varianten dargestellt.

Nicht geastet



Geastet



Fehlerbalken: 95% CI

Abb.4: Kronenansatz der Platanen PLA und Schwarznüsse SNU auf den frischen (fr) und den mäßig frischen (mfr) Standorten. Bei den Balkenpärchen sind links die 15/16jährigen Bäume und rechts die 21/22jährigen Bäume dargestellt.

Bei den ungeasteten Bäumen war der Trend bei den Kronenansätzen der Platanen und Schwarznüsse vergleichbar. Auf den frischen Standorten wiesen die älteren Bäume einen um 2 Meter höheren Kronenansatz auf als die jüngeren Bäume. Die Streuung der Werte ist dabei relativ gering. Auf den mäßig frischen Standorten konnte ein altersmäßiger Unterschied bei den Kronenansätzen nicht beobachtet werden. Zudem streuten die Kronenansatzhöhen deutlich mehr. Zur Komplettierung sind in der Abbildung unten noch die Kronenansatzhöhen der geasteten Bäume aufgeführt. Sie liegen entsprechend der im Betrieb typischerweise vorgenommenen Astungshöhe bei allen Varianten im Mittel bei 6 Meter. Durch den Eingriff sind auch die Streuungen der Kronenansätze deutlich geringer als bei den ungeasteten Bäumen.

4.4 Zusammenhänge der Wachstumsgrößen

Aus den Baumhöhen- und Durchmesserwerten sowie dem Baumalter wurden Standardzusammenhänge zur Beurteilung des Bestandeswachstum berechnet. Nachfolgende Abbildung zeigt die Höhen-Durchmesserbeziehung der beiden Untersuchungsbaumarten im Vergleich. Die Höhenkurve wurde einheitlich mit einer log-Funktion an die Punkte angepasst.

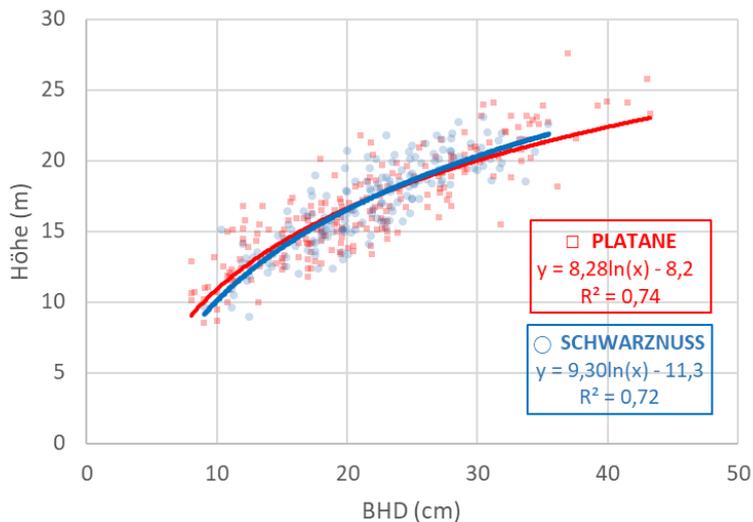


Abb.5: Höhen-Durchmesserbeziehung der Platanen (rot) und Schwarznüsse (blau).
Datenbasis: Alle Standorte

Die Trendlinie der Durchmesser-Höhenbeziehung verläuft bei beiden Baumarten nahezu gleichförmig. Entsprechen anfangs 10 cm Durchmesser noch einer Baumhöhe von 10 m flacht die Trendlinie immer mehr ab. Bei einem Durchmesser von 30 cm entspricht die Baumhöhe noch 20 m. Werden die Baumkollektive hinsichtlich der Standortsstraten aufgespalten ist folgendes ersichtlich.

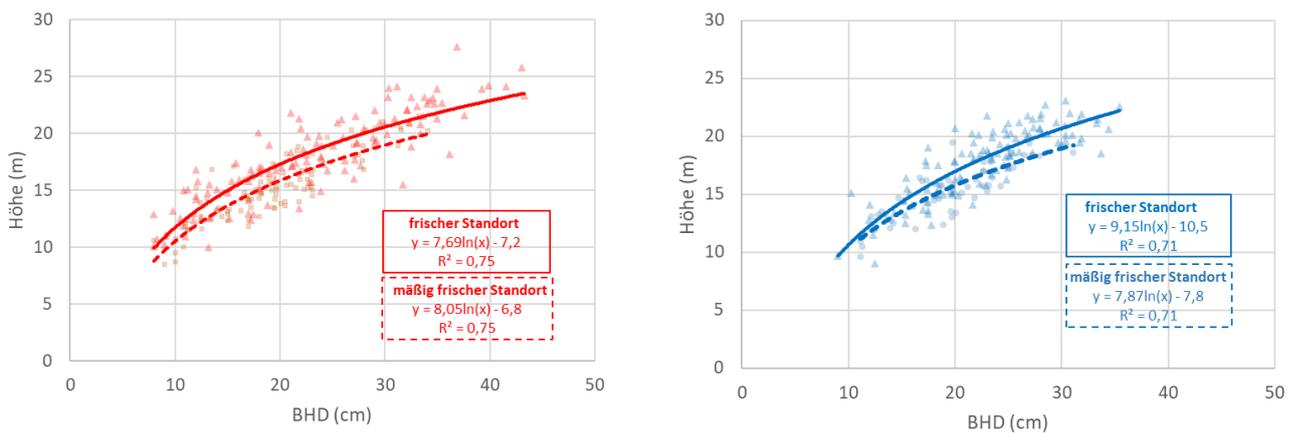


Abb.6: Höhen-Durchmesserbeziehung der Platanen (rot) und Schwarznüsse (blau) getrennt nach den Standortsstraten frisch und mäßig frisch.

Auch der Verlauf der standortsdifferenzierten Kurven ähnelt sich bei den beiden Baumarten. Sowohl bei Platane als auch bei Schwarznuss sind die dickeren Bäume auf den frischen Standorten bei gleichem Durchmesser rund 2 m höher als auf den mäßig frischen Standorten. Durch das einheitliche Vorgehen bei den Pflegeeingriffen dürfte ein starker Einfluss der Behandlung ausgeschlossen werden. Die Unterschiede bei den Baumhöhen und -durchmessern aus Kapitel 4.1 und 4.2 sind somit nicht auf unterschiedliche Wachstumsgänge der beiden Baumarten oder die Behandlung, sondern

eher auf baumartenspezifische Wuchsgeschwindigkeiten zurückzuführen. Die Schwarznüsse auf den mäßig frischen Standorten zeigten somit das langsamste Wachstum aller Varianten.

Ein weiterer Zusammenhang ergibt sich aus dem Alter mit der Höhe. Aufgrund des einmaligen Aufnahmezeitpunkts kann dieser Zusammenhang nur als Altersausschnitt und als unechte Zeitreihe aus den vier aufgenommenen Baumaltern wiedergegeben werden.

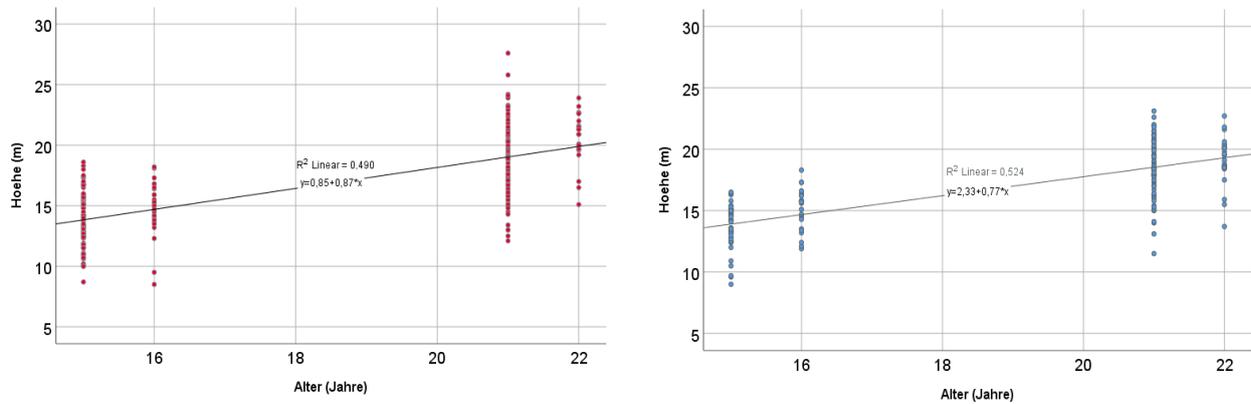


Abb.7: Alter-Höhen-Beziehung der Platanen (rot, links) und Schwarznüsse (blau, rechts) auf allen Standorten.

Aus dem Verlauf der Trendlinie sind keine großen Unterschiede zwischen dem Höhenwachstum der Platanen und der Schwarznüsse ersichtlich. Beide Baumarten haben in dieser Altersphase einen Höhenzuwachs von durchschnittlich 80 – 90 cm pro Jahr.

Der Zusammenhang von Alter und Höhe wurde wiederum differenziert nach Standorten betrachtet. Die Berechnung der Ausgleichsgeraden zwischen dem Alter der Bäume und den Baumhöhen erfolgte hier mit einem GLM. Zuerst werden Platanen und Schwarznüsse zusammen in einer Abbildung dargestellt. Links sind sie auf den mäßig frischen, rechts auf den frischen Standorten aufgeführt.

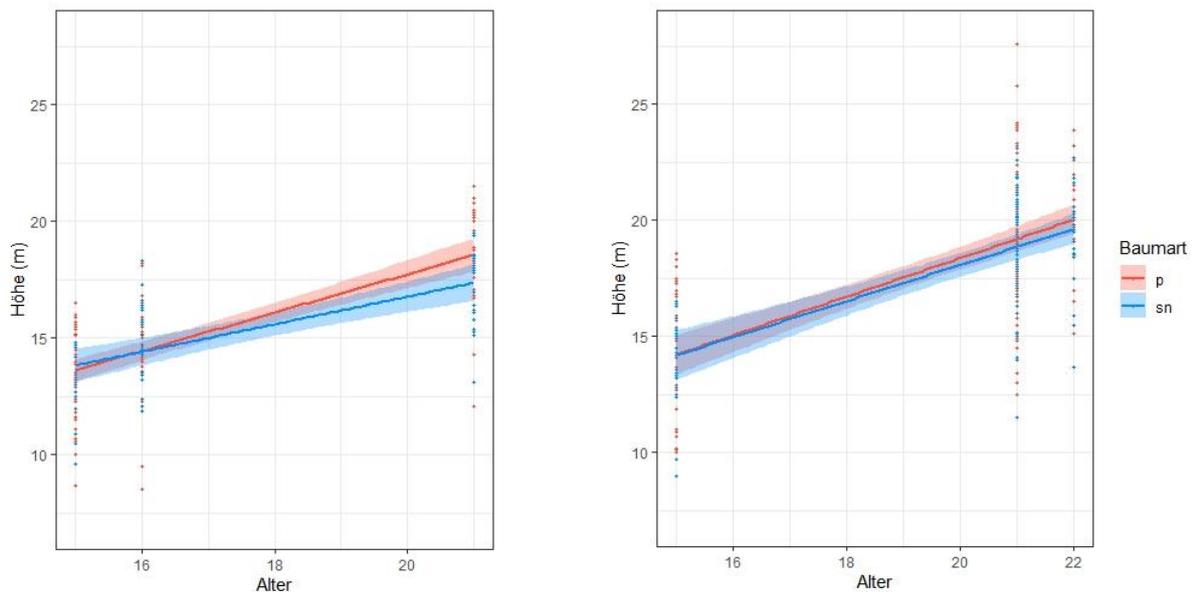


Abbildung 8: Altershöhenkurven der Platanen (p, rot) und Schwarznuss (sn, blau) auf den mäßig frischen Standorten (Abb. links) und den frischen Standorten (Abb. rechts)

Aus der Abbildung links wird deutlich, was bereits aus Abb.2 und Abb.6 zu vermuten war. Verläuft das Höhenwachstum der beiden Baumarten bis zum Alter von 16 Jahren noch synchron, so verringert

sich danach das Höhenwachstum der Schwarznüsse im Vergleich zu den Platanen. Auf den frischen Standorten in der Abbildung rechts ist eine entsprechende Entwicklung dagegen nicht zu beobachten.

Die folgenden Altershöhenkurven in Abb.9 sind die Kurven der Abb.8. Es wurden hier allerdings statt der Baumarten die beiden Standorte frisch und mäßig frisch in einer Abbildung zusammengefasst. In der Abbildung links sind jetzt nur die Platanenwerte und in der Abbildung rechts nur die Schwarznusswerte aufgeführt.

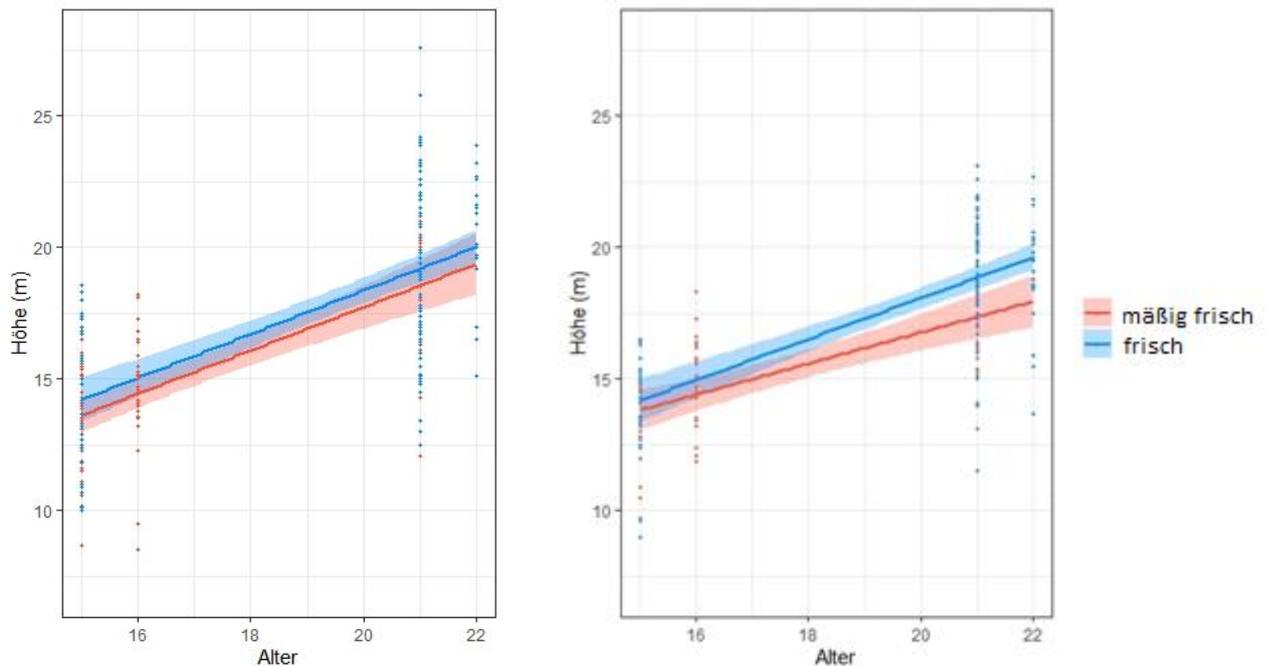


Abbildung 9: Altershöhenkurven der Platanen (links) und Schwarznuss (rechts) auf den mäßig frischen Standorten (rot) und den frischen Standorten (blau)

Die Platanen auf den frischen Standorten haben bereits im Alter 15 einen kleinen Wuchsvorsprung gegenüber den Platanen auf den mäßig frischen Standorten. Diese Differenz bleibt mit zunehmendem Alter konstant. Dagegen vergrößert sich die Höhendifferenz zwischen den Schwarznüssen auf den beiden Standorten.

5 Wuchsleistungen im Vergleich zu anderen Platanen- und Schwarznussbeständen

Wie eingangs erwähnt, gibt es derzeit keine Wuchsdaten zu Platanen (*occidentalis*, *orientalis*) und deren Hybriden (*hispanica*, *acerifolia*) auf Waldstandorten in Mitteleuropa. In Frankreich untersuchten DAHLHAUSEN et al. (2016) bei Stadtbäumen unter anderem das Höhen- und Durchmesserwachstum von *Platanus x hispanica*. Überraschend war das nahezu lineare Dickenwachstum bei einem Zuwachs von 1 cm pro Jahr, was auch dem bisherigen Zuwachsniveau der Platanen der vorliegenden Studie entsprach. Das Höhenwachstum flacht allerdings bei DAHLHAUSEN et al. nach 30 Jahren so stark ab, dass im Alter von 100 Jahren lediglich eine Baumhöhe von 20 Metern erreicht wird. Diese Höhe wurde auf den Untersuchungsflächen aber bereits nach 21 Wuchsjahren vielfach überschritten. Die Stadtbaumdaten sind offensichtlich nur beschränkt mit Waldbeständen zu vergleichen. DOMEK et al. (2017) untersuchten *Platanus occidentalis* L. („American Sycamore“) in Kurzumtriebssystemen im US-Staat North Carolina. In den ersten drei Jahren nach der Pflanzung hatten die Bäume einen jährlichen Höhenzuwachs von 1,6 Meter und konnten so den Druck der Konkurrenzvegetation schnell überwinden. Interessanterweise nahmen laut DOMEK et al. bei geringer werdender Pflanzdichte trotz breiteren Jahrringen die Holzdichte kontinuierlich zu. Bei den weitesten Verbänden wurden 685 kg/m³ gemessen, bei den engsten Verbänden dagegen fast 100 kg m³ weniger. Zudem wurde deutlich, dass die Produktivität der Platanen bei zunehmender Trockenheit im Gegensatz zu anderen Baumarten nur geringfügig abnahm. Hinweise auf diese Eigenschaft zeigten sich auch bei den vorliegenden Untersuchungen beim Vergleich der frischen und mäßig frischen Standorte.

Im Gegensatz zur Platane wurde die Schwarznuss bereits seit Anfang des 20sten Jahrhunderts auf Auestandorten in Mitteleuropa angebaut. BARTSCH (1989) berichtet ausführlich über den Anbau der Schwarznuss in den Rheinauen zwischen Mainz und Colmar. Die in BARTSCH veröffentlichten Bonitätskurven von SCHLESINGER & FUNK (1977) aus den USA können den Wuchsverlauf auf den Auestandorten in Mitteleuropa nur unzureichend abbilden. Gerade das Jugendwachstum verläuft auf den Auestandorten deutlich schneller. Die Höhenentwicklung der vorliegenden Untersuchung (vgl. Abb.6) waren nahezu deckungsgleich mit den Resultaten von STEINACKER et al. (2008) von der bayerischen Donau. Ihre Ergebnisse bestätigen zudem den beobachteten Trend eines nachlassenden Wachstums von frischen zu mäßig frischen Standorten. Bei ihren Versuchsanbauten wuchsen die Schwarznüsse auf den frischen tiefgründigen Böden deutlich besser als auf mittelgründigen Auelehmen. Zudem bestätigen die Ergebnisse von STEINACKER & BACHMANN (2004) die beobachtete Höhenentwicklung junger Bestände: Auch bei schlechteren Bodenbedingungen war das Höhenwachstum anfangs ausgesprochen hoch und ließ dann etwa im Alter 10 – 15 im Vergleich zu den besseren Standorten deutlich nach. EHRING et al. (2019) vermuten, dass bei Schwarznuss die Höhenentwicklung eng an die Wasserverfügbarkeit am jeweiligen Standort gekoppelt ist. Bei BARTSCH (1989) zeigten die Schwarznussbestände auf Auestandorten als Folge ungünstigerer Bodenbedingungen, hier aufgrund eines hohen Tongehaltes im Oberboden, dann im höheren Alter eine um 5 Meter geringere Höhenwuchsleistung. EHRING et al. (2019) fassten das Oberhöhenwachstum von Schwarznussversuchsflächen unterschiedlichen Alters zusammen. Viele der Flächen von EHRING et al. befinden sich auf Auestandorten allerdings mit differierender Wasserversorgung. Vergleicht man die Wuchsleistungen ihrer Schwarznüsse mit denen der vorliegenden Untersuchung, so wird deutlich, dass die Schwarznüsse auf den niederösterreichischen Flächen bezüglich des Höhenwachstums bisher Spitzenleistungen erbracht haben. Selbst die Wuchsleistung der etwas schwächer wachsenden Schwarznüsse auf den mäßig frischen Flächen entsprechen Spitzenleistungen am Rhein und an der Isar. Vergleicht man das Durchmesserwachstum in der Jugend, so ist das Wachstum der Schwarznüsse auf den frischen und mäßig frischen Standorten an der niederösterreichischen Donau im Vergleich zu den Versuchsbeständen von EHRING et al. (2019) ebenfalls als überdurchschnittlich zu bewerten.

6 Platane und Schwarznuss als Mischbaumart

Der Vergleich mit Literaturwerten vom Schwarznussanbau im vorangegangenen Kapitel zeigte, dass das Wachstum beider Baumarten auf den untersuchten Flächen in den ersten zwanzig Jahren als hoch eingestuft werden kann. Ein Vergleich mit den Wuchsdaten weiterer Baumarten auf ähnlichen Standorten soll nachfolgend diese Beobachtung untermauern und es kann zugleich diskutiert werden, mit welchen Baumarten sich Platane und Schwarznuss am einfachsten mischen lassen. Nach LEIBUNDGUT (1970) sind gut mischbare Baumarten gegenseitig verträglich (tolerante Arten) oder sich ergänzend (komplementäre Arten). SCHÜTZ (2004) verwendet bei seiner Beurteilung der Esche als Mischbaumart den Begriff der interspezifischen Dominanz und fokussiert sich dabei auf die sogenannte „natürliche Mischbarkeit“. Maßnahmen zur Konkurrenzregelung können so minimiert werden. Hinweise auf eine natürliche Mischbarkeit könnten auch die Bestandszusammensetzung in den Gebieten ihres ursprünglichen Vorkommens geben. Die Abendländischen Platane (*Platanus occidentalis*) ist im Osten Amerikas eine wichtige Pionierart in den Überschwemmungsgebieten großer Flüsse (SULLIVAN, 1994). Sie tritt dort meist einzeln oder in kleinen Gruppen auf, größere Reinbestände sind selten. Gemäß SULLIVAN (1994) ist sie bevorzugt mit *Ulmus* spp., *Fraxinus* spp. und *Populus deltoides* vergesellschaftet. Weitere natürliche Mischungen gibt es häufiger mit Pappel-Weiden-Gesellschaften. Das mit Schwarznuss vergesellschaftete Artenspektrum ist ähnlich. Die Schwarznuss tritt natürlicherweise vorwiegend mit amerikanischer Ulme (*Ulmus americana*), Zürgelbaum (*Celtis laevigata*), Rot-Esche (*Fraxinus pennsylvanica*) und Eschen-Ahorn (*Acer negundo*), der auch zunehmend als Neophyt in Europa präsent ist, auf (COLADONATO, 1991).

In der folgenden Tabelle sind Baumarten auf Auestandorten des Rheins mit ihrem Baumhöhenwachstum aufgeführt. Auf den Auestandorten in Rastatt wurde 2018 eine Forsteinrichtung durchgeführt (FoE RASTATT, 2018). Im Rahmen der Planung wurden mit Betriebsinventursdaten auch die dGz100-Bonitäten bestimmt. Für die Betriebsinventurregion „Rheinauen planar“ wurde Eiche, Esche und Ahorn in den jüngsten Altersklassen ein dGz von 7 bis maximal 8 zugeordnet. Für diese Bonitäten wurden mit den „Neuen Schätzhilfen für Wuchsleistungen der Hauptbaumarten“ für Baden-Württemberg (BÖSCH, 2003) die Baumhöhen hergeleitet. Bei Eiche konnte die für diese Bonität erreichbaren Baumhöhen zudem durch die Untersuchungen von HUNKEMÖLLER (2012) bestätigt werden. Die Pappeln konnten gemäß der Ertragstafeln von GROSSCURTH (1983) den beiden besten Bonitätsklassen zugeteilt werden. Die Kirsche gilt zwar als wenig überflutungstolerant (SCHÜTT et al., 1992; KÜHNE, 2004), auf einigen Auestandorten könnte aber auch sie als Mischbaumart in Frage kommen. Behelfsweise wurde bei der Kirsche auf die Angaben aus bayerischen Versuchsflächen zurückgegriffen (PRETZSCH et al., 2010). Die Kirschen stockten dort auf Lösslehm in planarer Lage und waren im Vergleich zu den Kirschen anderer bayerischer Standorte am wüchsigsten.

Baumart	Höhe (m) im Alter		Anmerkungen
	15 - 16	20 – 21	
Eiche	-	13 - 15	FoE RASTATT (2018); BÖSCH (2003); HUNKEMÖLLER (2012)
Esche / Bergahorn	-	14 – 18	FoE RASTATT (2018); BÖSCH (2003)
Balsam-/Schwarzpappelhybriden	22 - 24	26 - 29	FoE RASTATT (2018); GROSSCURTH (1983)
Kirsche	14 – 15	16 – 17	KEINE AUE, AUS PRETZSCH et al. (2010)

Tabelle 6: Höhenwachstum verschiedener Baumarten im Alter von 15-16 und 20 – 21 Jahren

Alle Baumarten bis auf die Pappeln liegen in den ersten beiden Jahrzehnten mit ihren Höhenwerten gemäß Tabelle unter dem Niveau von Platane und Schwarznuss der untersuchten Flächen. Die Hybridpappeln dürften dagegen auf geeigneten Flächen einen deutlichen Wuchsvorsprung gegenüber

den Platanen und Schwarznüssen aufweisen und könnten dann einen unerwünschten Konkurrenzdruck ausüben. Diese Wuchsdynamik konnte mit früheren Anbauten des untersuchten Forstbetriebs bestätigt werden. Zu Platanenmischbeständen gibt es bisher für Mitteleuropa keine weiteren Angaben. Wie die Anbauerfahrungen aus Niederösterreich zeigen, ist aufgrund ihrer Wuchskraft bei der Begründung eine gruppenweise Anordnung sinnvoll. Die Gruppenpflanzung, hier als Reihe, bietet eine geeignete Möglichkeit zur Etablierung eines gut durchmischten Altbestandes auch wenn das Höhenwachstum der verwendeten Baumarten sich etwas unterscheidet. Bei der Schwarznuss beschreibt BARTSCH (1990) nach der Analyse von Altbeständen, dass sie "trotz ihres hohen Lichtbedürfnisses nicht nur im Reinbestand sondern auch in Mischung mit Esche und Stieleiche, selbst mit stark beschattenden Baumarten wie Buche, Linde und Bergahorn hohe Zuwächse bei guter Schaftform leisten kann. Voraussetzung hierfür sind regelmäßige kräftige Durchforstungen". Laut STEINACKER et al. (2008) bekommt bei schlechter werdenden Bodenbedingungen die Schwarznuss zunehmend Konkurrenzprobleme mit Edellaubhölzern, was ihr Wachstum zusätzlich beeinträchtigt. EHRING et al. (2019) fassten für die von ihnen analysierten Versuchsflächen zusammen, dass alle Höhen der Nussbestände im Bereich der besten Buchen- und Eschenwuchsleistungen gelegen hätten. Sie schließen daraus, dass die Schwarznuss auf den abgebildeten Standorten sehr gut in Mischbestände integrierbar wäre.

7 Fazit

Nach den ersten zwanzig Wuchsjahren zu urteilen sind sowohl Platane, als auch Schwarznuss auf den Auestandorten an der niederösterreichischen Donau sehr produktive Baumarten. Die Platane reagierte beim Höhenwachstum unsensibler auf schlechter werdende Wasserversorgung als die Schwarznuss. Bei besserer Wasserversorgung deutet sich an, dass einzelne Platanen Spitzenhöhen aufweisen, die von der Schwarznuss in diesem Zeitraum nicht erreicht werden können. Die Bestandeshöhenkurven der beiden Baumarten verlaufen synchron. Durch das schnellere Wachstum der Platanen werden mittlerweile Unterschiede bei den Baumhöhen und –durchmessern zu gleichaltrigen Schwarznüssen deutlich. Offenbar können die Platanen im Vergleich zu den Schwarznüssen ab einem Alter von 15 Jahren ihr Wachstum besonders forcieren. Für Waldbaukonzepte, in denen eine natürliche Schaftreinigung vorgesehen ist, scheinen bei beiden Baumarten insbesondere sehr wüchsige Standorten von Vorteil zu sein. Diese Aussage könnte anhand anderer Anbauflächen näher untersucht werden. Bisher bilden die Platanen mit den Schwarznüssen und anderen Baumarten stabile Bestände. Wie sich das Wachstum und die Vitalität in den folgenden Jahrzehnten verhalten und ob es zu waldbaulich nachteiligen Interaktionen untereinander und mit den anderen Baumarten kommt, muss weiterhin beobachtet werden. Eine Wiederholungsinventur der untersuchten Bestände wäre wünschenswert und könnte Gegenstand weiterer Forschungsaktivitäten sein.

8 Literaturverzeichnis

BARTSCH, N. (1989): Zum Anbau der Schwarznuss (*Juglans nigra* L.) in den Rheinauen: Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 95, 1989

BARTSCH, N. (1990): Bestandesformen und Wuchsleistungen Von *Juglans nigra* in den Rheinauen, AFZ Allgemeine Forst Zeitschrift, 1990, 48, S. 1230-1234

BMDW BUNDESMINISTERIUM FÜR DIGITALISIERUNG UND WIRTSCHAFTSSTANDORT (2019): HYDROBOD2 - Hydrologische Bodenkenndaten Niederösterreich – Endbericht und Rasterdaten - data.gv.at. <https://www.data.gv.at> aufgerufen am 5.5.2020.

BÖSCH, B. (2003): Neue Schätzhilfen für Wuchsleistungen der Hauptbaumarten – Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt BW. Online-Dokument <https://www.fva-bw.de> aufgerufen 4.4.2020

BREHENY, P.; BURCHETT, W. (2017). Visualization of Regression Models Using visreg. The R Journal, 9: 56-71.

COLADONATO, M. (1991): *Juglans nigra*. In: Fire Effects Information System, [Online]. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (Producer). Available: <https://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/jugnig/all.html> [2020, July 27].

DAHLHAUSEN, J.; BIBER, P.; RÖTZER, T.; UHL, E.; PRETZSCH, H. (2016): Tree Species and their space requirements in six urban environments worldwide, Forests 2016, 7(6), 111; <https://doi.org/10.3390/f7060111>

DOMEC, J.-C.; ASHLEY, E.; FISCHER, M.; NOORMETS, A.; BOONE, J.; WILLIAMSON, J. C.; KING, J.S. (2017): Productivity, Biomass Partitioning, and Energy Yield of Low-Input Short-Rotation American Sycamore (*Platanus occidentalis* L.) Grown on Marginal Land: Effects of Planting Density and Simulated Drought. Bioenerg. Res. (2017) 10:903–914 DOI 10.1007/s12155-017-9852-5

EHRING, A., STEINACKER, L.; NAGEL, R.V. (2019): Anbau von Schwarznuss und Hybridnuss. Gesellschaft zur Förderung schnellwachsender Baumarten; 6/2019; S.1–16

ENGLISCH, M.; KILIAN, W. (1998): Anleitung zur Forstlichen Standortskartierung in Österreich. Bd. 104.; Bundesversuchsanstalt Wien.

GROSSCURTH, W. (1983): Ertragstabellen für Schwarz- und Balsampappeln. Bd. 2. Schriften des Forschungsinstituts für Schnellwachsende Baumarten / Forschungsinstitut für Schnellwachsende Baumarten. Stuttgart: DRW-Verl.

HUNKEMÖLLER, R. (2012): Waldbauliche Untersuchungen zu einem Pappel-Vorwaldsystem über Eiche. In: UNSELD, R.; BAUHUS, J. (2012; ed.): Energie-Vorwälder - Alternative Bewirtschaftungsformen zur Steigerung der energetisch nutzbaren Biomasse im Wald durch Integration von schnell wachsenden Baumarten. Schriftenreihe Freiburger Forstliche Forschung; Band 91; 217 S

KÜHNE, C. (2004): Verjüngung der Stieleiche (*Quercus robur* L.) in oberrheinischen Auenwäldern. Diss. Univ. Göttingen. Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie; 172 S.

LEIBUNDGUT, H. (1970): Der Wald: Eine Lebensgemeinschaft. 2. Auflage; Frauenfeld; Stuttgart: Huber-Verlag

METTENDORF, B. (2016): Eingeführte Baumarten als Alternative zur Esche. AFZ-Der Wald 4/2016; S.50-54.

NATIONALPARK DONAU-AUEN GMBH (2020): Willkommen beim Nationalpark Donau-Auen. <https://www.donauauen.at> aufgerufen am 4.3.2020

- PRETZSCH, H.; NICKEL, M.; DIETZ, E. (2010): Wachstum und waldbauliche Behandlung der Kirsche in Abhängigkeit von den Standortbedingungen. LWF-Wissen 65 S.13-23.
- SCHLESINGER, R.C.; FUNK, D.T. (1977): Managers handbook for black walnut. US Dept. Agric. For. Serv o Gen. Techn. Rep. NC-38. North Cent. For. Exp. Stat., St. Paul, Minnesota.
- SCHÜTT, P.; AAS, G.; SCHUCK, H.; STIMM, B. (1992): Lexikon der Forstbotanik Morphologie, Pathologie, Ökologie und Systematik wichtiger Baum- und Straucharten. 1. Aufl. Landsberg/Lech: ecomed.
- SCHÜTZ, J.P. (2004): Modellierung des Höhenwuchses der Esche in der Verjüngungsphase in Abhängigkeit von der Beschattung. Beiträge zur Jahrestagung des Deutschen Verbandes forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Ertragskunde; Stift Schlägl (Ö), 24. –26. Mai 2004; S.109-118
- STEINACKER, L., BACHMANN, M. (2004): Die Schwarznuss - ein wertvoller Waldbaum. LWF aktuell 47:35-36
- STEINACKER, L.; KLEMMT, H.J., PRETZSCH, H. (2008): Wachstum von Schwarznuss und Hybridnuss in Bayern. AFZ-DerWald 16, S. 854-857
- SULLIVAN, J. (1994): *Platanus occidentalis*. In: Fire Effects Information System, [Online]. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (Producer). Available: <https://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/plaocc/all.html> [2020, July 24]
- TIEFENBACHER, H. (2017): Ulmenwelke, Eichen- und Eschentriebsterben – Ein Auwald-Drama, dritter Akt. BFW-Praxisinformation 43; S.22-26
- VORDERBRÜGGE, T.; FRIEDRICH, K. (2003): Nutzbare Feldkapazität des Bodens bis 100 cm. <https://www.hlnug.de> aufgerufen am 7.5.2020
- WICKHAM, H. (2016): ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York, 2016.
- WICKHAM, H.; FRANÇOIS, R.; HENRY, L.; MÜLLER, K. (2020). dplyr: A Grammar of Data Manipulation. R package version 0.8.5.

9 Anhang und Fotos

Bestandesalter (Jahre)	15	16	21	22	Alle
Waldorte, Abteilung	136, 622	618	136, 152, 644	108	
Anzahl gemessener Platanen	78	31	93	19	221
Anzahl gemessener Schwarznüsse	37	23	81	24	165

Anzahl der Probestämme und Waldorte getrennt nach Bestandesalter und Baumart

Alter (Jahre)	Platane				Schwarznuss			
	15	16	21	22	15	16	21	22
Mittelwert	13,8	14,8	18,9	20,5	13,7	15,1	18,6	19,1
StdDev	2,2	2,0	3,1	2,2	1,9	1,7	2,3	2,0
Max	18,6	18,2	27,6	23,9	16,5	18,3	23,1	22,7
Min	8,7	8,5	12,1	15,1	9,0	11,9	11,5	13,7

Details zu den Baumhöhenwerten

Alter (Jahre)	Platane				Schwarznuss			
	15	16	21	22	15	16	21	22
Mittelwert	15,7	19,6	25,7	27,8	16,3	19,8	24,2	24,8
StdDev	4,5	3,9	7,5	7,3	3,6	3,6	5,1	4,2
max	24,5	28,0	43,3	37,6	24,8	25,5	35,5	31,7
min	8,0	9,0	10,5	11,2	9,0	12,5	12,0	15,5

Details zu den BHD-Werten (Brusthöhendurchmesser)



Foto 1: Die Neubegründung von Waldbeständen erfolgt in der Regel nach einer flächigen Räumung.



Foto 2: Dreijährige Kultur mit Eiche und natürlicher Sukzession zwischen den Reihen.



Foto 3: Gut wüchsiger 15-jähriger Bestand aus Schwarznuss und Platane. Die Bäume wurden teilweise auf Reichhöhe geastet und eine Stammzahlreduktion hat noch nicht stattgefunden. Die Bäume sind ca. 17 m hoch.



Foto 4: Der Reihenverband ist auch in diesem 21-jährigen Bestand mit Platane und Schwarznuss noch sichtbar. Im Bild sind bereits Z-Baum-Anwärter markiert.

Alle Fotos wurden von A. Hesse im Jahr 2020 angefertigt