

Dreißig Jahre KUP in Bayern

Waldwachstumskundliche Ergebnisse des Projekts »Anbauversuche mit schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb«

BAYERISCHE
FORSTVERWALTUNG



Foto: Frank Burger

Impressum

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, sowie fotomechanische und elektronische Wiedergabe nur mit Genehmigung des Herausgebers. Insbesondere ist eine Einspeicherung oder Verarbeitung der auch in elektronischer Form vertriebenen Broschüre in Datensystemen ohne Zustimmung des Herausgebers unzulässig.

Herausgeber

Bayerische Landesanstalt
für Wald und Forstwirtschaft (LWF)
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1
85354 Freising
Telefon: +49 (0) 81 61/71-4881
Fax: +49 (0) 81 61/71-4971
poststelle@lwf.bayern.de
www.lwf.bayern.de

Verantwortlich

Dr. Peter Pröbstle, Leiter der Bayerischen
Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

Autoren

Dr. Frank Burger
Dr. Bettina Widmann
Heiko Höge

Titelfoto

Dr. Frank Burger

Copyright

© Bayerische Landesanstalt
für Wald und Forstwirtschaft
August 2022

Freising, August 2022

Wir danken dem Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten für die mittlerweile dreißigjährige Förderung des Forschungsprojektes!

Inhaltsverzeichnis

Dreißig Jahre KUP in Bayern.....	1
1 Einleitung und Zielsetzung.....	5
2 Methodik.....	6
2.1 Standortkundliche Beschreibung.....	6
2.2 Bodenvorbereitung.....	9
2.3 Pflanzverband und Umtriebszeit.....	9
2.4 Ermittlung der Höhenwuchsleistung.....	10
2.5 Ermittlung der Biomasseproduktion.....	10
3 Ergebnisse.....	13
3.1 Wöllershof.....	13
3.2 Neuhof.....	31
3.3 Beuerberg.....	36
3.4 Schwarzenau.....	50
3.5 Coburg.....	68
3.6 Reisbach.....	83
3.7 Dornwang I.....	93
3.8 Dornwang II.....	95
3.9 Kammern.....	97
3.10 Karolinenfeld.....	103
3.11 Vergleich der Wuchsleistung der Pappelklone auf verschiedenen Versuchsflächen.....	104
4 Diskussion.....	108
5 Verzeichnisse.....	111
5.1 Literatur.....	111
5.2 Abbildungen.....	112
5.3 Tabellen.....	115
6 Anhang.....	119

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft beschäftigt sich im Rahmen eines langfristigen Versuchsprogramms seit 1992 mit dem Anbau von schnellwachsenden Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen. Auf mittlerweile sieben in verschiedenen Regionen Bayerns gelegenen Flächen werden Versuche zur Technik des Anbaus, den Wuchsleistungen, der Ergonomie von motormanueller und hochmechanisierter Ernte und der Ökologie von Kurzumtriebsplantagen durchgeführt. Untersuchungen zu den Nährelementgehalten in den Blättern ausgewählter Balsampappelklone ergaben, dass eine Düngung der Bäume in den ersten beiden Jahrzehnten nicht notwendig ist, was sich sehr positiv auf die Energiebilanz, also auf das Verhältnis von Energie-Input zu gewonnener Energie auswirkt. Die Energiebilanz nicht gedüngter Kurzumtriebsplantagen kann sich mit der Hackschnitzelproduktion im Wald durchaus messen und verdeutlicht den extensiven Charakter dieser Energiekultur. Dies gilt noch mehr im Vergleich zu landwirtschaftlichen Kulturen wie Energieweizen, Winterraps, Zuckerrübe und Silomais zur Biogasproduktion.

Die wichtigste Frage beim Anbau von Kurzumtriebsplantagen ist die nach der Menge der produzierten Biomasse. Diese wird nicht, wie in der Forstwirtschaft üblich in Festmetern, sondern in Tonnen absolut trockener Biomasse, die pro Jahr und Hektar zuwächst, angegeben ($t\text{ atro/ha}\cdot a$). Bezogen auf die gespeicherte Energie ermöglicht das den direkten Vergleich zu den Zuwächsen anderer Baumarten wie z. B. Weide, Erle oder Buche.

Der vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse der ertragskundlichen Aufnahmen auf den Kurzumtriebs-Versuchsflächen der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft zusammen. Neben den Ergebnissen zur Biomasseproduktion werden die Höhenzuwächse dokumentiert. Detaillierte Erläuterungen tragen zum besseren Verständnis der Zusammenhänge bei.

2 Methodik

2.1 Standortkundliche Beschreibung

In der Gesamtheit wurden zehn Versuchsflächen mit insgesamt circa 36 Hektar in Bestockung gebracht. Dabei sollte neben den verschiedenen Regionen Bayerns auch eine möglichst breite Palette von Standorten abgedeckt werden. Die Versuchsstandorte Dornwang I und II sowie Kammern mussten 2008 und 2013 auf Wunsch der Eigentümer gerodet werden. Die Pappel- und Erlen-Versuchsfläche Karolinenfeld – auf einem entwässerten ehemaligen Hochmoor gelegen – kam nach Abschluss des LWF-Projekts „KUP auf Grünland“ hinzu.

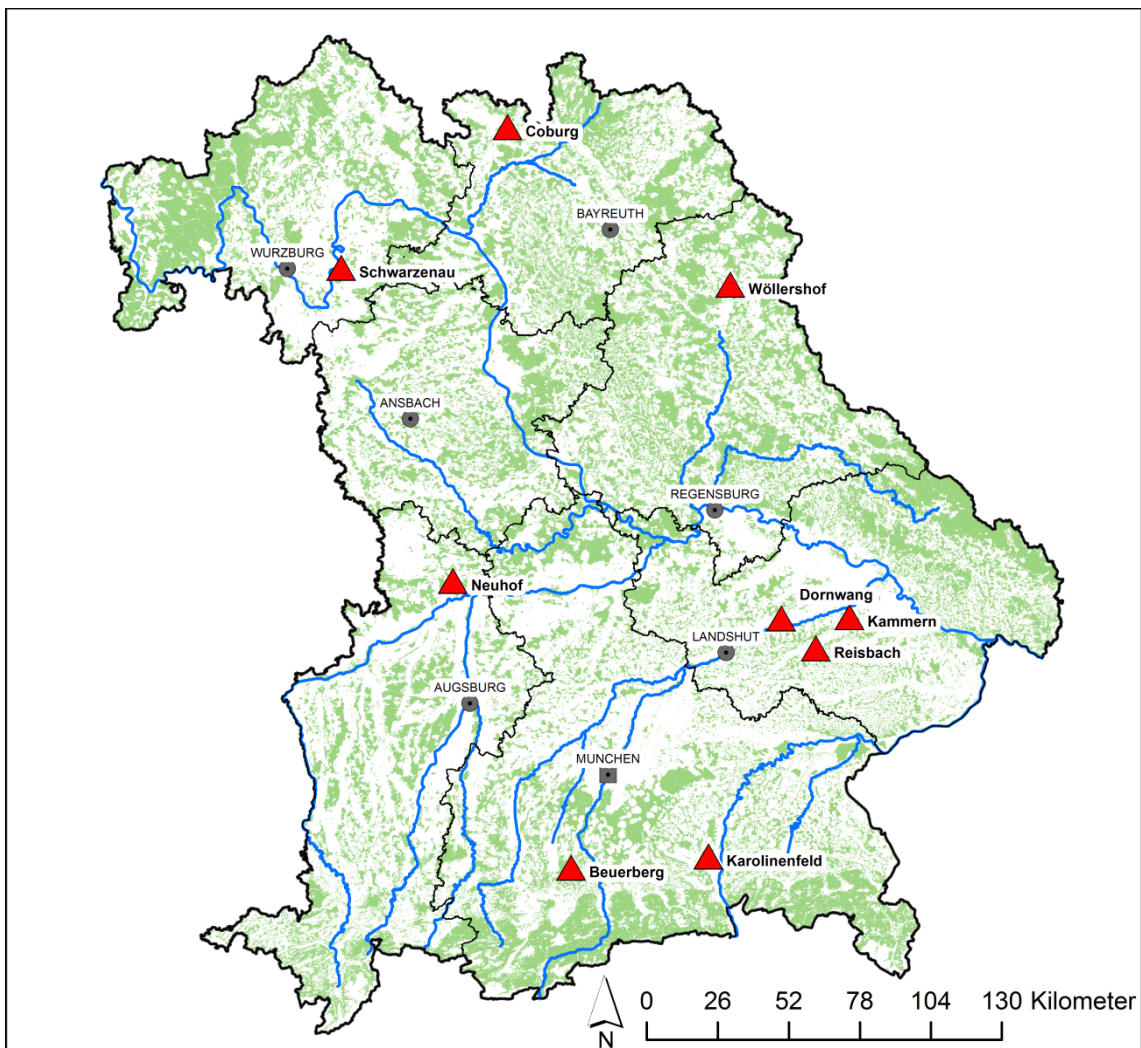


Abbildung 1: Lage der KUP-Versuchsstandorte in Bayern

Tabelle 1: Übersicht der Versuchsflächen nach Höhenlage, Mittlere Lufttemperatur und Niederschlagssummen (DWD) und Wuchsbezirken.

Versuchsfläche	Höhen über NN in m	Mittlere Lufttemperatur in °C (1961-1990)	Mittlere Niederschlagshöhe in mm (1961-1990)	(Teil-) Wuchsbezirk
Wöllershof	420 – 440	7,4	684,5	10.3 Vorderer Oberpfälzer Wald
Neuhof	510 – 530	8,0	749,7	6.3 Schwäbische Riesalb
Beuerberg	630	6,5	1209,8	14.4/1 Westliche Kalkalpine Jungmoräne
Schwarzenau	200	9,1	602,2	4.2/2 Kitzinger Sandgebiet
Coburg	320	8,5	634	5.4 Itz-Baunach-Hügelland
Reisbach	440	8,3	783,5	12.9/2 Östliches Niederbayerisches Tertiärhügelland
Dornwang I	430	8,3	783,5	12.9/1 Westliches Niederbayerisches Tertiärhügelland
Dornwang II	360	8,3	783,5	12.5 Unteres Isartal
Kammern	410	8,3	783,5	12.9/2 Östliches Niederbayerisches Tertiärhügelland
Karolinenfeld	468	8,6	1200	14.4. Oberbayerische Jungmoräne und Molassevorberge

2.1.1 Wöllershof (1992)

Die Versuchsfläche liegt im Landkreis Neustadt a. d. Waldnaab. Sie besteht aus zwei Teilflächen mit zusammen acht Hektar Fläche. Ausgangsmaterial für die Bodenbildung sind relativ nährstoff- und glimmerreiche Gneise, die grusig-lehmig verwittern. Die Standortseinheit ist zu meist ein mäßig frischer bis frischer sandig-grusiger Lehm. Die Ackermesszahl der beiden Teilflächen liegt bei 30 bzw. 40.

2.1.2 Neuhof (1993)

Der Versuchsstandort Neuhof umfasst zwei Teilflächen von insgesamt acht Hektar Fläche. Die Bodenbildung erfolgte aus nährstoffreichen quartären Lehmen, die zum Teil von sandigem Riesauswurf geprägt sind. Standortseinheit ist ein mäßig frischer, sandiger Feinlehm mit tonigem Unterboden.

2.1.3 Beuerberg (1994)

Die 1,15 Hektar große Fläche Beuerberg liegt an einem nach Osten geneigten Hang. Die Geländeaufformung ist stark kuppig. Geologisches Ausgangsmaterial ist die Obere Süßwassermolasse; die häufig wechselnden Bodenarten lassen auf eine glaziale Überprägung durch die Grundmoräne schließen. Die hauptsächlich vertretenen Standortseinheiten sind ein tiefgründiger, frischer bis sehr frischer, feinsandig-toniger Lehm sowie ein schwach wechselfeuchter (sandig-toniger) Lehm.

2.1.4 Schwarzenau (1994)

Der Versuchsstandort Schwarzenau hat eine Fläche von fünf Hektar. Ausgangsmaterial für die Bodenbildung sind quarzreiche Sande über Tonen des Unteren Keupers. Auf der Fläche kommen nur zwei Standortseinheiten vor, ein mäßig trockener Sand und ein mäßig trockener

Schichtsand mit einer Tonlage im Unterboden. Unter den gegebenen geologischen und klimatischen Bedingungen (Weinbauklima) stellt Schwarzenau einen Grenzstandort für den Ackerbau dar, die KUP-Bäume sichern ihr Überleben erst nach Erreichen der Tonlagen im Unterboden durch die Wurzeln und zeigen dann ein befriedigendes Wachstum.

2.1.5 Coburg (1995)

Die Versuchsfläche Coburg, mit fünf Hektar Größe, ist ein ehemaliger Teich, der in den dreißiger Jahren des letzten Jahrhunderts trockengelegt wurde. Die Talverebnung besteht aus einem unterliegenden Feuerlettensockel mit geringmächtigen alluvialen, lehmig-sandigen Sedimentauflagen. Die ehemalige Nutzung als Teich zeigt sich deutlich im bestehenden Profilaufbau: die gesamte Fläche ist relativ stark von Staunässe- und Feuchte Merkmalen geprägt. Hauptstandortseinheit ist ein wechselfeuchter Ton. Die Fläche war zum Zeitpunkt der Bepflanzung bereits drei Jahre stillgelegt.

2.1.6 Reisbach (1997)

Die Versuchsfläche umfasst 1,4 Hektar. Ausgangsmaterial für die Bodenbildung sind Lehme aus Löss und Tertiär mit auffallend geringem Humusanteil. Im unteren Teil der Versuchsfläche überwiegt im Oberboden der Löss, der Unterboden besteht aus Tertiär-Material. Mit ansteigendem Gelände Richtung Süden treten Mischlehme aus Löss und Tertiär auf.

2.1.7 Dornwang I (1997)

Die Versuchsfläche ist 1,7 Hektar groß und liegt auf einer tertiären Kuppe aus Lehmen und sandig bis kiesigen Lehmen. Auffällig ist der gering ausgeprägte Ah-Horizont. Dornwang I wurde im Jahr 2008 gefräst und in eine ackerbauliche Nutzung überführt.

2.1.8 Dornwang II (1997)

Dornwang II, mit einer Größe von 2,4 Hektar, liegt im unteren Isartal. Ausgangsmaterial für die Bodenbildung ist ein Anmoor, welches sich im ehemals grundwassernahen Bereich des Isartales gebildet hat. Der anmoorige Horizont ist zwischen 60 und 80 Zentimeter mächtig. Darunter befindet sich ein schluffiger bis feinschluffiger Horizont aus Auensediment. Das Solum ist im gesamten Bereich stark kalkhaltig. Der Standort wird seit 2008 wieder landwirtschaftlich genutzt.

2.1.9 Kammern (1998)

Der Boden der 1,4 Hektar großen Versuchsfläche ist bis in eine Tiefe von 30 Zentimeter humos. Im unteren Bereich der Versuchsfläche in Bachnähe herrschen Lehme aus Löss und Tertiär vor, mit ansteigendem Gelände überwiegen Tertiär-Lehme, teils mit Löss. Die Fläche wurde im Jahr 2013 gerodet.

2.1.10 Karolinenfeld (2013)

Die Versuchsfläche Karolinenfeld befindet sich nordöstlich von Kolbermoor im sogenannten Rosenheimer Becken, das während der Eiszeit vom Inn- und Chiemseegletscher bedeckt war. Die Flächen liegen im Bereich des früheren Rosenheimer Sees, der sich nach Abschmelzen der Gletscher gebildet hatte. Nach dessen Verlandung entstanden Moore, die wegen ihrer Unwegsamkeit und Unfruchtbarkeit erst spät kultiviert wurden. Etwa zwischen 1900 und 1950 wurde in der Projektregion Torf abgebaut. In der Folgezeit wurden die Felder als Ackerflächen (z. B. Kartoffelanbau in den Nachkriegsjahren) und zuletzt als Grünland genutzt.

2.2 Bodenvorbereitung

Mit Ausnahme von Kammern wurden alle Versuchsflächen rein mechanisch bearbeitet, um ein optimales Pflanzbeet herzustellen. Im Herbst oder Frühjahr vor der Absteckung pflügte man die gesamte Fläche auf 25 - 30 cm Tiefe. Unmittelbar vor Einbringung der Stecklinge und Pflanzen erfolgte eine Bearbeitung mit Kreiselegge oder Grubber. In der Regel wurde im Jahr der Begründung eine händische Begleitwuchsregulierung durchgeführt, da die Begleitflora sich im Juni/Juli so stark entwickelt hatte, dass der Bestand der Kultur gefährdet war. Auf der vormals stillgelegten Fläche Coburg war die Konkurrenz der Gräser so stark, dass sowohl im ersten als auch im zweiten Standjahr der Begleitwuchs händisch reguliert werden musste. Auch die ehemals als Weide genutzte Fläche Beuerberg litt stark unter der starken Graskonkurrenz; fast der komplette Standort musste mit Großpflanzen nachgebessert werden. Aus diesem Grund wurde auf dem ebenfalls stillgelegten Versuchsstandort Kammern der Einsatz chemischer Mittel getestet. Im Oktober vor der Pflanzung erfolgte der Einsatz von Glyphosat mit anschließendem Pflügen. Unmittelbar vor dem Abstecken wurde die Fläche geeggt und danach mit einem Voraufbauherbizid behandelt. Die Fläche blieb dadurch ca. acht Wochen weitgehend frei von Begleitvegetation und die Kultur konnte sich ohne eine mechanische Begleitwuchsregulierung gut entwickeln.

Auf dem Grünlandstandort Karolinenfeld wurde eine konventionelle KUP (gepflügter und geeggtter Boden) mit Einsatz von Pflanzenschutzmittel begründet; diese ist im Winter 2018/2019 zum ersten Mal beerntet worden. Zusätzlich wurde, differenziert nach den Bodenbearbeitungsvarianten Streifenfräsung und Auslegen von kompostierbarer Folie, KUP mit vier erprobten Sorten der Balsampappel angelegt. Als Kontrolle diente eine umbruchfreie Variante im Grünland ohne jegliche Maßnahmen. Weitere Alternativen waren die umbruchfreie, aber kostenintensive Begründung von KUP auf Grünland mit Setzruten sowie die Pflanzung der einheimischen Baumarten Grau- und Schwarzerle.

2.3 Pflanzverband und Umtriebszeit

Auf den Versuchsflächen Wöllershof, Neuhoof, Schwarzenau und Coburg wurde sowohl ein fünfjähriger als auch ein zehnjähriger Umtrieb etabliert. Bei den Flächen Beuerberg, Reisbach, Dornwang und Kammern entschied man sich aufgrund der geringen Größe lediglich für einen fünfjährigen Umtrieb.

In Wöllershof, Neuhof, Schwarzenau und Beuerberg wählte man in der fünfjährigen Rotation einen einheitlichen Pflanzverband von 2,5 x 0,6 m, was einer Pflanzdichte von 6.660 Stück pro Hektar entspricht. Für den zehnjährigen Umtrieb wurde der Abstand der Pflanzen in den Reihen auf 1,2 m erhöht, entsprechend der halben Zahl von 3.330 Stück pro Hektar. Lediglich in Beuerberg wurde für den zehnjährigen Umtrieb der gleiche Pflanzverband wie für die fünfjährige Rotation gewählt.

Der fünfjährige Umtrieb der Versuchsfläche Coburg besteht aus einem Doppelreihenverband. Der Abstand zwischen den Reihen beträgt zwei Meter, der Abstand innerhalb der Doppelreihe 0,75 Meter und der Pflanzabstand 0,8 Meter. Dies entspricht einer Pflanzzahl von ca. 9100 Stück pro Hektar. Der zehnjährige Umtrieb in Coburg wurde im gleichen Verband gepflanzt wie der in Wöllershof, Neuhof und Schwarzenau.

Auf den Versuchsflächen Dornwang I, Dornwang II und Reisbach wurde ein Pflanzverband von 1,5 x 0,8 Meter gewählt mit 8300 Pflanzen pro Hektar.

Für die Versuchsfläche Kammern entschied man sich mit 12.500 Pflanzen pro Hektar im Verband 1,0 x 0,8 Meter für den engsten Pflanzabstand im Projekt.

Karolinenfeld wurde mit einem Verband von 2 m x 0,8 m angelegt, was einer Pflanzdichte von 6250 Pflanzen pro ha entspricht.

2.4 Ermittlung der Höhenwuchsleistung

Zur Darstellung des Wuchsverlaufes der Bäume während der Umtriebszeit wurde in jedem Jahr in der vegetationslosen Zeit die Durchschnittshöhe ermittelt. Um repräsentative Daten zu erhalten und gleichzeitig den Erhebungsaufwand zu begrenzen, erfolgte die Höhenmessung mit einer systematischen 25-Prozent-Stichprobe, d. h. der Messung jeder vierten Reihe.

2.5 Ermittlung der Biomasseproduktion

Nach Erreichen der Umtriebszeit bei fünf bzw. zehn Jahren wurde eine Ermittlung der absolut trockenen Masse des aufstockenden Bestandes notwendig. Dies kann durch Wiegen ganzer Parzellen oder durch statistische Verfahren erfolgen.

2.5.1 Wiegen des aufstockenden Bestandes

Die einfachste Methode zur Feststellung der zugewachsenen Biomasse ist das Wiegen der gesamten in den Versuchspartellen stehenden Biomasse. Die Bäume werden gefällt, gebündelt und unmittelbar danach mit einer an die Gabel eines Traktors angehängten Waage gewogen. Anschließend werden einige Bäume gehackt. Daraus zieht man eine Hackschnitzelprobe, die im Trockenschrank bei 103 °C bis zur Massenkonstanz getrocknet wird (DIN EN ISO 18134-1, 2015). Rechnet man nun den für eine Parzelle ermittelten Wert auf einen Hektar hoch, so kann die Massenleistung in Tonnen absolut trockener Biomasse pro Jahr und Hektar ($t\text{ atro/ha}\cdot a$)

angegeben werden. Die Methode hat den Vorteil wahre Werte zu liefern, ist allerdings sehr aufwendig. Sie wurde deshalb nur bei der ersten Beerntung von Teilflächen der Versuchsstandorte Beuerberg, Schwarzenau und Coburg durchgeführt.

2.5.2 Statistische Verfahren zur Massenbestimmung

Soll die aufstockende Biomasse des stehenden Bestands geschätzt werden, so muss man auf Stichprobenverfahren zurückgreifen.

Zwei *Probestammverfahren* wurden zur Massenermittlung angewandt. Bei den Probestammverfahren wird die Bestandesmasse mit Hilfe von ausgewählten Bäumen (Probestämme) berechnet. Diese stellen Modellbäume dar und können als Repräsentanten des Bestandes gelten (PRODAN 1965; KRAMER UND AKCA 1995).

Bei der ersten Massenermittlung der Versuchsfläche Wöllershof wurde ein Verfahren angewandt, das sich am *Grundflächenmittelstamm* orientierte. Nach PRODAN (1965) liegt der Grundflächenmittelstamm nahe am Massenmittelstamm. Auf der Versuchsfläche wurden zunächst mittels Vollaufnahme BHD und Höhe der Bäume erhoben. Dann wurde mit der Formel

$$d_g = \sqrt{\frac{\sum n_i \cdot d_i^2}{N}}$$

(KRAMER UND AKCA 1995),

wobei d_g = der wahre Wert des Durchmessers des Grundflächenmittelstammes,

n_i = die Stammzahl der jeweiligen Parzelle,

d_i = der Durchmesser (BHD) bzw. Mittelwert des Durchmessers der Parzelle und

N = die Stammzahl der jeweiligen Parzelle sind,

der Durchmesser des Grundflächenmittelstammes d_g parzellenweise errechnet. Ausgehend von diesem Durchmesser wurden dann in jeder Parzelle alle Stämme gesucht, deren BHD nahe am d_g lagen.

Mit Hilfe dieses Kollektivs wurde die Höhe des Grundflächenmittelstammes über eine lineare Regression mit dem logarithmierten BHD ermittelt, d.h.

$$h_g = A + B \cdot \ln d_g$$

(KRAMER UND AKCA 1995),

wobei h_g = die Höhe des Grundflächenmittelstammes der jeweiligen Parzelle,

A = die Regressionskonstante (Achsenabschnitt),

B = die Steigung der Regressionsgerade und

$\ln d_g$ = der natürliche Logarithmus von d_g sind.

In einem zweiten Schritt wurden nun aus dem ersten Kollektiv alle Stämme ausgesucht, deren Höhe möglichst nahe bei h_g lag. Somit resultierte ein neues Kollektiv von Probestämmen, deren arithmetische Mittel von BHD und Höhe sehr nahe bei d_g und h_g lagen. Sie repräsentieren

hinsichtlich beider Variablen den Grundflächenmittelstamm. Diese Bäume wurden mit der jeweiligen Reihen- und Baumnummer parzellenweise auf Formblättern dokumentiert, im Bestand aufgesucht, dort nochmals vermessen und nach der Fällung gewogen. In jeder Parzelle wurde eine Hackschnitzelprobe entnommen und deren Wassergehalt durch Trocknung bei 103°C bis zur Massenkonstanz bestimmt. Auf diese Weise konnte der jährliche Zuwachs in t atro/ha*a geschätzt werden.

Das zweite Probestammverfahren ist das *Massenlinienverfahren* von KOPETZKY-GERHARDT (KRAMER UND AKCA 1995). Das Massenlinienverfahren basiert auf der linearen Beziehung zwischen dem Volumen v und der Grundfläche g . Da die Masse m über die Holzdichte linear mit dem Volumen v zusammenhängt, kann die Beziehung auch zur direkten Ermittlung der Masse aus der Grundfläche g mittels Regression herangezogen werden. Die über die Grundfläche aufgetragenen Massen (m) einzelner Bäume werden durch eine Gerade $m = A + B * g$ ausgeglichen. Über diese Massenlinie lässt sich die Masse des Grundflächenmittelstammes (=Massenmittelstamm (mm)) mit folgenden Arbeitsschritten herleiten:

Die Masse des Grundflächenmittelstammes m_m erhält man durch Einsetzen der mittleren Grundfläche der Parzelle \bar{g}_{voll} nach erfolgter Vollkluppung in die Regressionsgleichung

$$m_m = A + B * \bar{g}_{voll}$$

Multipliziert man die Masse des Grundflächenmittelstammes mit der Anzahl der Bäume (N), ergibt sich die Gesamtmasse der Parzelle M_{ges}

$$M_{ges} = m_m * N$$

Das Massenlinienverfahren hat den Vorteil, dass nicht bestimmte Bäume pro Parzelle aufgesucht werden müssen, sondern nach Vollkluppung der betreffenden Parzelle lediglich eine systematische Stichprobe mit 15 - 20 Bäumen durchgeführt wird und die betreffenden Bäume vermessen und gewogen werden. Aus jeder Parzelle werden wie im erstgenannten Verfahren Hackschnitzelproben entnommen und bei 103 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet, um die Biomasseproduktion der angebauten Baumarten und Klone in t atro/ha*a zu ermitteln.

Das Verfahren erwies sich als weniger aufwendig als das erstgenannte Grundflächenmittelstammverfahren und wurde im Vorfeld von allen weiteren Erntemaßnahmen durchgeführt.

3 Ergebnisse

3.1 Wöllershof

3.1.1 Zuwachsmessungen der fünfjährigen Umtriebszeiten

Erster fünfjähriger Umtrieb

Abbildung 2 zeigt die Entwicklung der Durchschnittshöhe der Baumarten und Klone im ersten Umtrieb. Die Aspensorte Münden erreicht mit 7 m die größte Durchschnittshöhe. Der Wuchs der Versuchsfläche Wöllershof war im Gegensatz zu den Erwartungen relativ schwach. Die Gründe hierfür lagen in den Schwierigkeiten bei der Begründung der Versuchsfläche und in Anbaufehlern. Wegen Verzögerungen bei der Genehmigung zur Anlage der Kurzumtriebsplantage konnte die Fläche erst im Mai 1992 bei sehr hohen Temperaturen begründet werden. Auf den Einsatz von Herbiziden wurde in Wöllershof verzichtet. Bei dem Pflanzverband von 2,5 x 0,6 m war der Reihenabstand zu groß, als dass die Bäume in den ersten Jahren in der Lage gewesen wären, den Lichtraum zwischen den Reihen abzudunkeln. Die sofort nach der Pflanzung auflaufende Begleitvegetation, die im Laufe der Jahre immer mehr von der Quecke dominiert wurde, bildete während des ersten Umtriebs eine starke Nährstoff- und Wasserkonkurrenz und beeinträchtigte den Wuchs der Bäume stark. Interessanterweise nahmen die Höhenzuwächse bei Balsampappeln und Aspen in den Jahren 1995 und 1996 deutlich zu. Dies deutet darauf hin, dass sich das Wurzelwerk der Bäume erst zu diesem Zeitpunkt etabliert hatte.

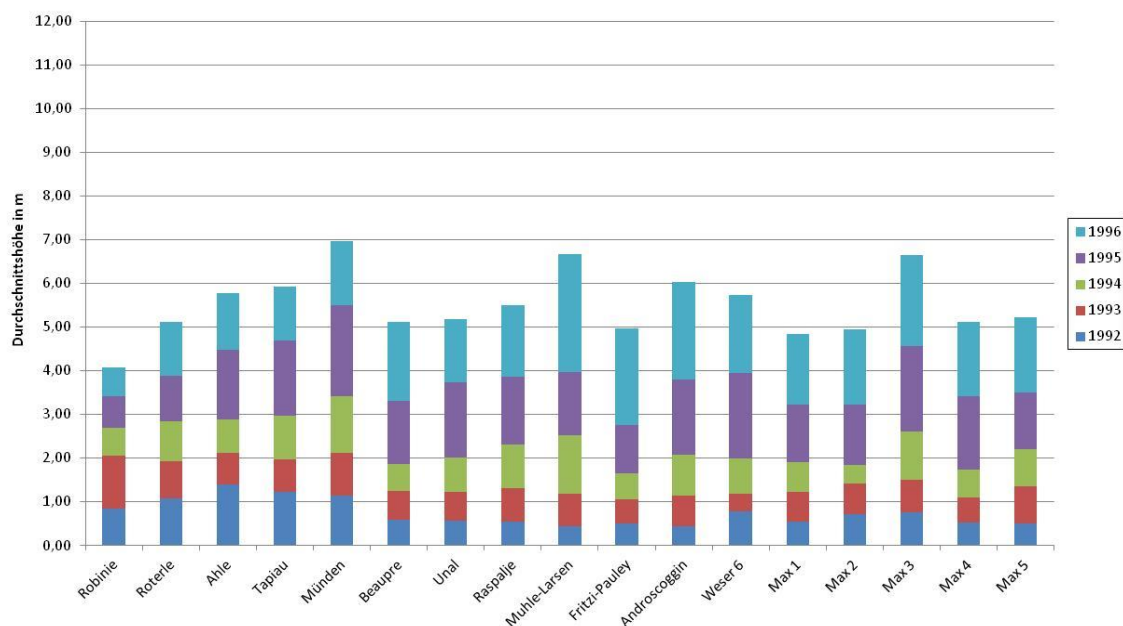


Abbildung 2: Entwicklung der Durchschnittshöhe von Robinie, Roterle, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von zwölf Klonen der Balsampappel, Wöllershof, 1. fünfjähriger Umtrieb 1992-1996

Tabelle 2: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Robinie, Roterle, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von zwölf Klonen der Balsampappel, Wöllershof, 1. fünfjähriger Umtrieb 1992-1996

Jahr	Robinie	Roterle	Ahle	Tapiau	Münden	Beaupre	Unal	Raspalje	Mühle-Larsen	Fritzi-Pauley	Androscoggin	Weser 6	Max 1	Max 2	Max 3	Max 4	Max 5
1992	0,84	1,08	1,40	1,24	1,13	0,59	0,57	0,54	0,43	0,50	0,44	0,77	0,55	0,70	0,75	0,52	0,50
1993	1,21	0,84	0,72	0,73	0,98	0,66	0,66	0,77	0,76	0,55	0,71	0,41	0,68	0,72	0,75	0,58	0,86
1994	0,65	0,92	0,76	1,00	1,31	0,62	0,80	1,00	1,33	0,60	0,92	0,80	0,67	0,43	1,09	0,63	0,84
1995	0,71	1,04	1,59	1,73	2,07	1,44	1,70	1,55	1,45	1,10	1,73	1,97	1,33	1,37	1,98	1,69	1,31
1996	0,66	1,23	1,29	1,22	1,46	1,81	1,45	1,64	2,70	2,22	2,23	1,77	1,62	1,72	2,08	1,70	1,71

Die Darstellung der Massenleistung in Abbildung 3 verdeutlicht ebenfalls den schwachen Wuchs der Bäume während des ersten Umtriebs in Wöllershof. Nur die Balsampappel Max 3 leistete einen Zuwachs von mehr als 4 Tonnen absolut trockener Biomasse pro Hektar und Jahr ($t\ atro/ha*a$). Die Aspensorte Münden kommt auf über 3 $t\ atro/ha*a$, der Rest produzierte 1 - 3 $t\ atro/ha*a$.

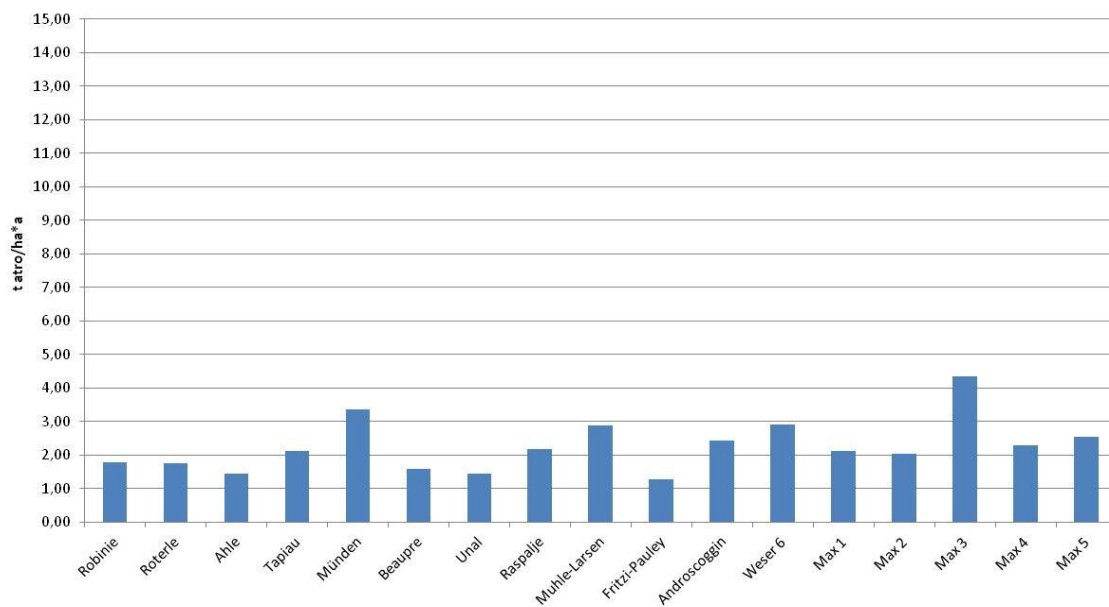


Abbildung 3: Massenleistung von Robinie, Roterle, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von zwölf Klonen der Balsampappel, Wöllershof, 1. fünfjähriger Umtrieb 1992-1996

Zweiter fünfjähriger Umtrieb

Aufgrund von Problemen mit der Erntetechnik wurde der erste Umtrieb mit einem Jahr Verzögerung geerntet, so dass die Messreihe der zweiten Umtriebszeit erst 1998 startete.

Während des zweiten Umtriebs fielen die vom Pappelblattrost (*Melampsora larici-populina*) befallenen Balsampappel-Klone Beaupré, Raspalje und Unal komplett aus. Der Wiederaustrieb der Robinie wurde durch das Rehwild verhindert. Die Darstellung der im zweiten Umtrieb erreichten Mittelhöhen (Abbildung 4) zeigt ein völlig anderes Bild als nach den ersten fünf

Jahren. Die Roterle hatte eine Durchschnittshöhe von 9 m. Am schwächsten schnitt die Aspensorte Ahle mit gut 8 m ab. Alle anderen Aspen und Balsampappeln erreichten Durchschnittshöhen von circa 10 m. Auffällig ist die gleichmäßige Höhenentwicklung der Bäume über die gesamte Umtriebszeit.

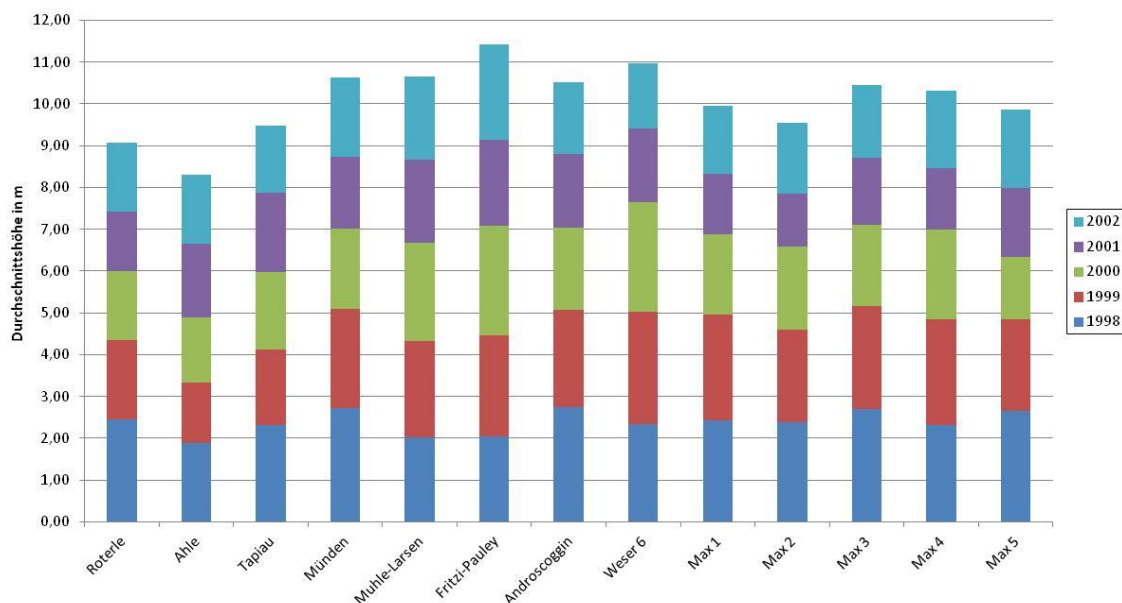


Abbildung 4: Entwicklung der Durchschnittshöhe der Roterle, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von neun Klonen der Balsampappel, Wöllershof, 2. fünfjähriger Umtrieb 1998–2002.

Tabelle 3: Jährlicher Höhenzuwachs [m] der Roterle, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von neun Klonen der Balsampappel, Wöllershof, 2. fünfjähriger Umtrieb 1998–2002.

Jahr	Roterle	Ahle	Tapiau	Münden	Muhle-Larsen	Fritz-Pauley	Androskoggin	Weser 6	Max 1	Max 2	Max 3	Max 4	Max 5
1998	2,46	1,87	2,31	2,73	2,02	2,03	2,73	2,33	2,43	2,39	2,69	2,30	2,65
1999	1,89	1,45	1,82	2,37	2,30	2,44	2,33	2,71	2,51	2,22	2,48	2,55	2,20
2000	1,66	1,57	1,85	1,93	2,35	2,61	1,98	2,62	1,92	1,97	1,94	2,14	1,49
2001	1,42	1,77	1,90	1,71	1,99	2,07	1,76	1,75	1,47	1,26	1,61	1,47	1,64
2002	1,65	1,64	1,61	1,90	2,00	2,27	1,71	1,58	1,62	1,70	1,72	1,87	1,87

Der Unterschied zum ersten Umtrieb wird noch deutlicher, wenn man die Darstellung der Biomasseproduktion in Abbildung 5 betrachtet. Die Aspensorte Ahle mit dem schwächsten Zuwachs des Kollektivs von knapp über 6 t atro/ha*a liegt deutlich über der besten Balsampappel der ersten Rotation. Die Roterle erreicht knapp 7 t atro/ha*a Zuwachs, die Balsampappel Muhle-Larsen knapp 8 t atro/ha*a. Alle anderen Aspen und Balsampappeln liegen in einem Bereich von knapp 10-13 t atro/ha*a. Den Spitzenwert hat Weser 6 mit über 13 t atro/ha*a. Die Gründe für den im Vergleich zum ersten Umtrieb drei- bis vierfachen Massenzuwachs liegen in der Wuchsstimulation durch die Ernte und in dem bereits gut entwickelten Wurzelsystem der Bäume. Die Zuwächse des zweiten Umtriebs in Abbildung 5 stellen – im Gegensatz zu denen der ersten Rotation – die tatsächliche Leistungskraft des Standortes Wöllershof dar.

Denselben Zusammenhang findet auch JUG (1999) bei Untersuchungen auf der hessischen KUP-Versuchsfläche Canstein. Dort zeigten Aspen und Balsampappeln in der zweiten Umtriebszeit den dreifachen Zuwachs des ersten Umtriebs. Die Weide verbesserte sich sogar um den Faktor vier.

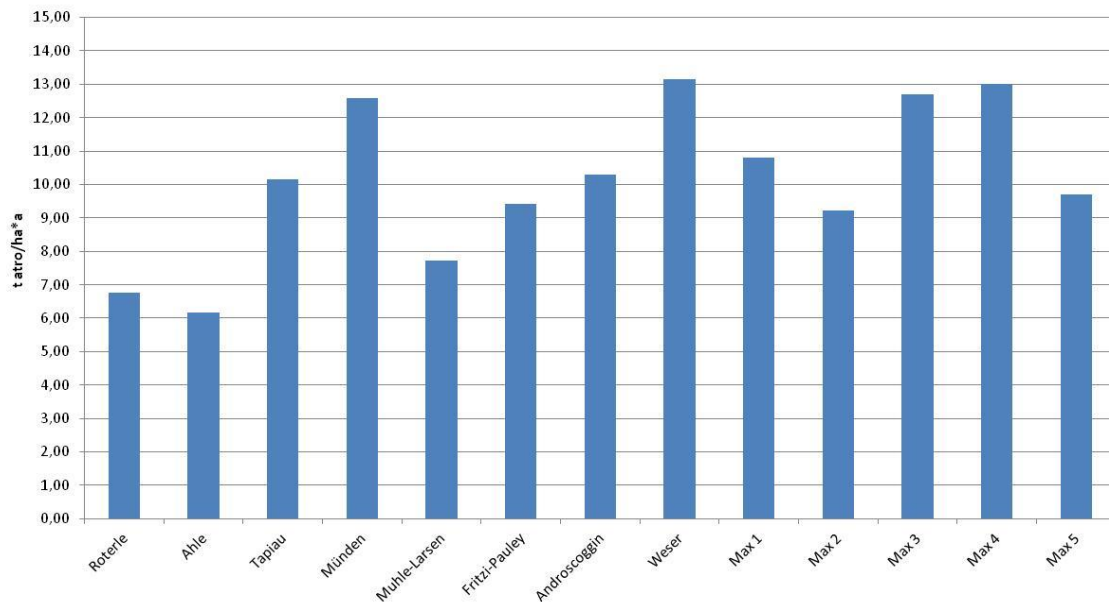


Abbildung 5: Massenleistung von Roterle, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von neun Klonen der Balsampappel, Wöllershof, 2. fünfjähriger Umtrieb 1998–2002

Dritter fünfjähriger Umtrieb

Die Entwicklung der Durchschnittshöhe im dritten Umtrieb ist mit der der zweiten Umtriebszeit vergleichbar. Die geringste Höhe erreichte die Roterle mit über 7 m und die Aspe Tapiau mit über 8 m sowie die Balsampappel Max 2 mit etwas über 9 m. Der Rest des Kollektivs erreichte mittlere Höhen von circa 10 m (Abbildung 6). Die meisten der angebauten Baumarten und Klone zeigen eine relativ gleichmäßige Entwicklung der Durchschnittshöhe über die gesamte fünfjährige Umtriebszeit. Die Aspensorte Ahle wies nur einen schwachen Wiederaustrieb auf und wurde nicht mehr aufgenommen.

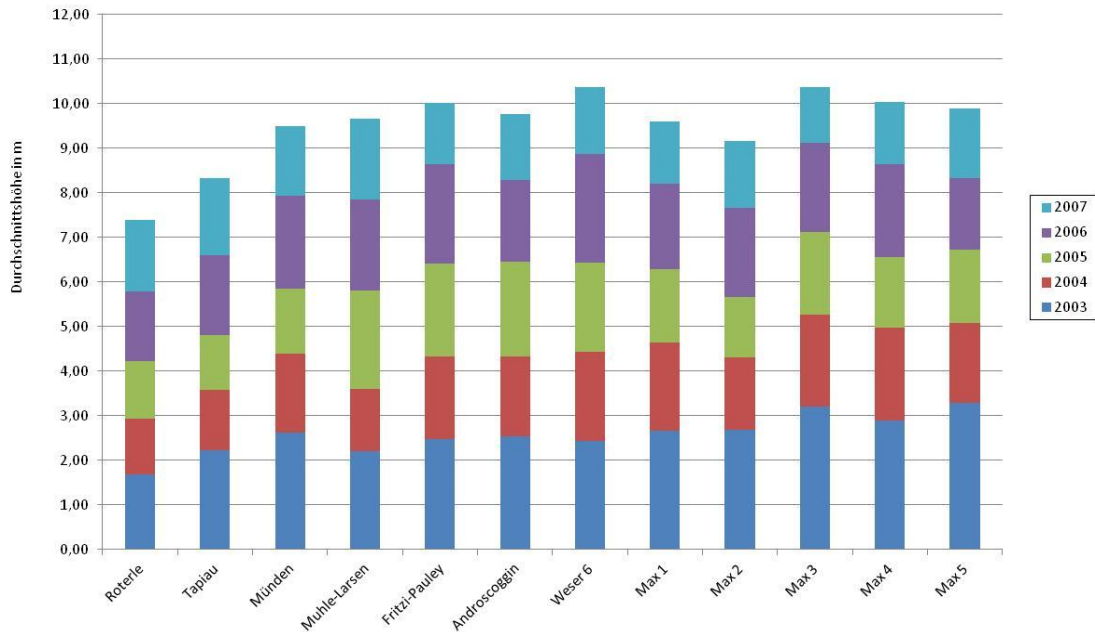


Abbildung 6: Entwicklung der Durchschnittshöhe von Roterle, der Aspen Tapiau und Münden sowie von neun Klonen der Balsampappel, Wöllershof, 3. fünfjähriger Umtrieb 2003–2007.

Tabelle 4: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Roterle, der Aspen Tapiau und Münden sowie von neun Klonen der Balsampappel, Wöllershof, 3. fünfjähriger Umtrieb 2003–2007.

Jahr	Roterle	Tapiau	Münden	Muhle-Larsen	Fritzi-Pauley	Androscoggin	Weser 6	Max 1	Max 2	Max 3	Max 4	Max 5
2003	1,68	2,23	2,63	2,20	2,47	2,54	2,43	2,65	2,69	3,21	2,89	3,28
2004	1,26	1,34	1,76	1,40	1,85	1,78	2,01	1,98	1,62	2,06	2,08	1,81
2005	1,29	1,24	1,45	2,21	2,10	2,14	2,00	1,66	1,36	1,86	1,59	1,64
2006	1,55	1,78	2,09	2,04	2,22	1,83	2,44	1,90	1,99	1,99	2,09	1,60
2007	1,61	1,74	1,56	1,82	1,37	1,48	1,49	1,40	1,51	1,26	1,38	1,55

Bei der Zuwachsleistung fällt auf, dass Roterle und Aspen im Vergleich zu den Balsampappeln zurückgefallen sind (Abbildung 7). Im zweiten Umtrieb lag der Massenzuwachs der Aspen Tapiau und Münden noch bei über 10 t atro/ha*a, in der dritten Rotation erreichen sie nur noch gut 7 t. Die neun Balsampappel-Klone zeigen ein ähnliches Bild wie im zweiten Umtrieb. Das Spektrum reicht von 8 t atro/ha*a Zuwachs bei den Hochwaldklonen Muhle-Larsen und Fritzi-Pauley bis zu 16 t atro/ha*a bei Max 4. Bei der ursprünglich als Mehrklon-Sorte zugelassenen Max fallen Max 2 mit einer Biomasseproduktion von knapp 9 t atro/ha*a und Max 4 mit über 16 t atro/ha*a aus dem Rahmen. Alle anderen Balsampappeln kommen auf einen Zuwachs zwischen 10 und 12 t atro/ha*a.

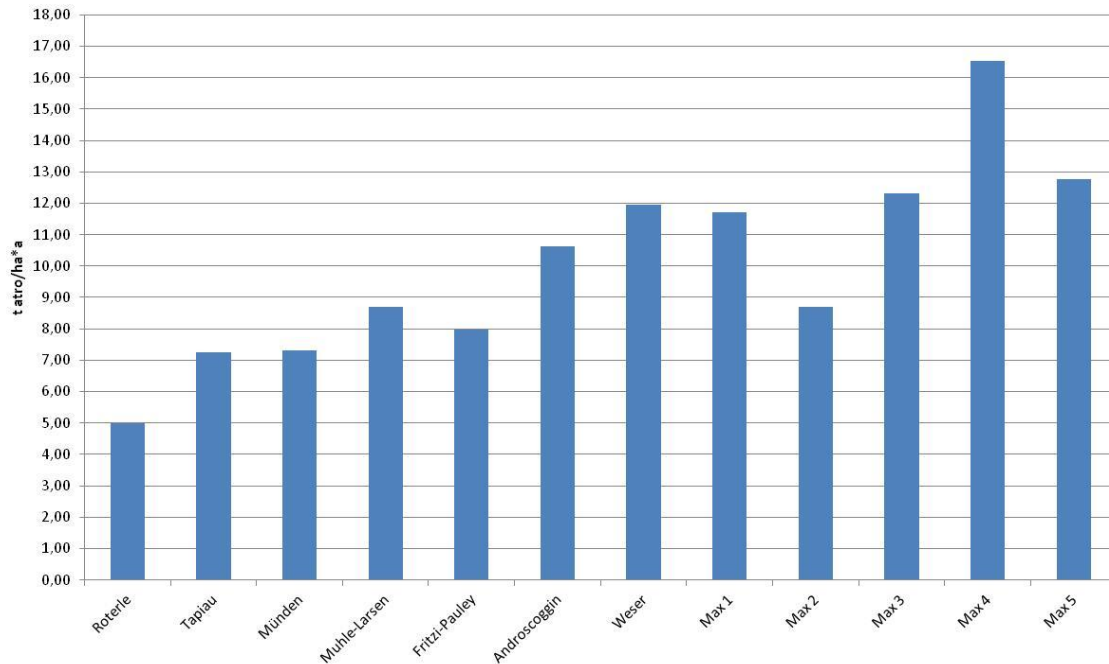


Abbildung 7: Massenleistung von Roterle, der Aspensorten Tapiau und Münden sowie von neun Balsampappel-Klonen, Wöllershof, 3. fünfjähriger Umtrieb 2003–2007.

Vierter fünf(sechs-)jähriger Umtrieb

Aufgrund des milden Winters 2012/13 und der dadurch beeinträchtigten Befahrbarkeit mit Maschinen wurde die anstehende Ernte in Wöllershof um ein Jahr verschoben, weshalb in den folgenden Abbildungen sechs statt fünf Vegetationsperioden dargestellt werden. Nach sechs Jahren sind die Balsampappeln zwischen 10 und 13 m hoch (Abbildung 8). Die Roterlen erreichen eine Höhe von durchschnittlich 8 m. Die Endhöhen der Aspensorten Tapiau und Münden liegen zwischen 10 und 12 m, sie können mit den Balsampappeln gut mithalten.

Auffällig sind die großen Höhenzuwächse im Jahr 2013 nach den schwachen Zuwächsen im Jahr zuvor. Die geringen Zuwächse in 2012 können durch die geringen Niederschläge in der Vegetationszeit von März bis September von nur 275 mm erklärt werden, das vieljährige Mittel von 1961-1990 liegt in diesen Monaten bei 438 mm (DWD CLIMATE DATA CENTER). Eine Ursache für den „Wachstumsschub“ 2013 könnte zum einen der im Vergleich zum vieljährigen Mittel doppelt so hohe Niederschlag in den Monaten Mai und Juni mit 280 mm (DWD CLIMATE DATA CENTER) sein. Des Weiteren könnte das Absterben kleinerer Bäume infolge des Dichtstands dazu geführt haben, dass diese nicht mehr aufgenommen wurden, wodurch die berechnete Durchschnittshöhe nach oben verschoben wurde und so einen zu hohen Zuwachs 2013 vor-täuscht. Diese Vermutung wird durch die Abnahme der Stammzahl von im Mittel 8743 im Jahr 2012 auf durchschnittlich 7235 in 2013 pro Hektar bestätigt. Lässt man die längere Standzeit außer Betracht, dann sind die erreichten Mittelhöhen vergleichbar mit denen der beiden vorherigen Umtriebszeiten.

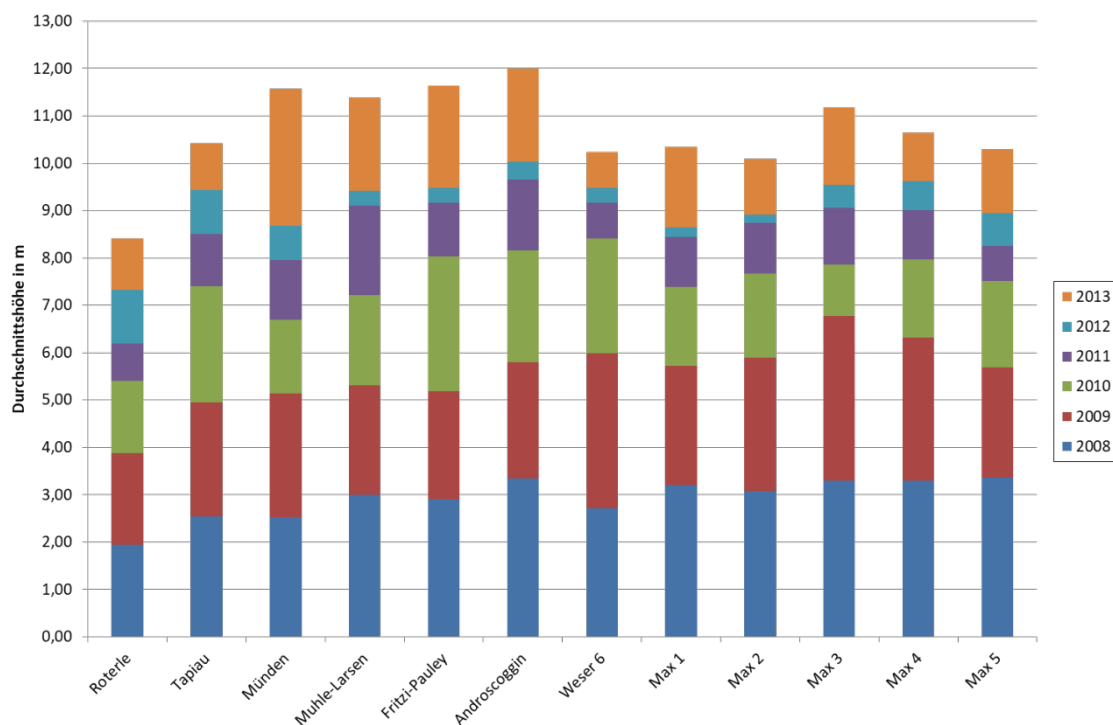


Abbildung 8: Entwicklung der Durchschnittshöhe von Roterle, der Aspen Tapiau und Münden sowie von neun Klonen der Balsampappel, Wöllershof, 4. Umtrieb 2008–2013

Tabelle 5: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Roterle, der Aspensorten Tapiau und Münden sowie von neun Balsampappel-Klonen, Wöllershof, 4. Umtrieb 2008-2013

Jahr	Roterle	Tapiau	Münden	Muhle-Larsen	Fritz-Pauley	Androscoffin	Weser 6	Max 1	Max 2	Max 3	Max 4	Max 5
2008	1,94	2,54	2,52	2,99	2,90	3,34	2,71	3,20	3,07	3,30	3,29	3,36
2009	1,95	2,40	2,62	2,32	2,29	2,47	3,27	2,52	2,82	3,48	3,02	2,33
2010	1,53	2,46	1,55	1,90	2,86	2,35	2,42	1,66	1,78	1,09	1,65	1,83
2011	0,79	1,10	1,26	1,88	1,12	1,49	0,75	1,05	1,07	1,19	1,05	0,74
2012	1,13	0,92	0,73	0,33	0,33	0,38	0,33	0,21	0,17	0,49	0,61	0,70
2013	1,09	1,00	2,89	1,96	2,15	1,97	0,74	1,70	1,19	1,64	1,01	1,35

Im vierten Umtrieb sind nach 6 Jahren Zuwächse zwischen 6 t atro/ha*a bei der Roterle und mehr als 13 t atro/ha*a bei den wuchskräftigsten Balsampappeln zu verzeichnen (Abbildung 9). Die Zuwächse der Roterle fallen ähnlich aus wie in der vorherigen Umtriebszeit. Die Aspen Tapiau und Münden schließen diese Umtriebszeit mit besseren Zuwächsen ab als in der vorherigen Umtriebszeit, in der sie etwas über 7 t/ha*a Biomasse gebildet hatten. Wie bei den früheren Ernten gehören die Sorten Weser 6 und Max 4 zu den Spitzenreitern mit etwa 13 t/ha*a. Aber auch der Klon Fritz-Pauley, welcher im vorhergehenden Umtrieb lediglich 8 t/ha*a Zuwachs zeigte, legte in der vierten Umtriebszeit kräftig zu. Die Sorten Max 1 und 3 liefern seit 1998 einen konstant hohen Zuwachs auf der Versuchsfläche Wöllershof.

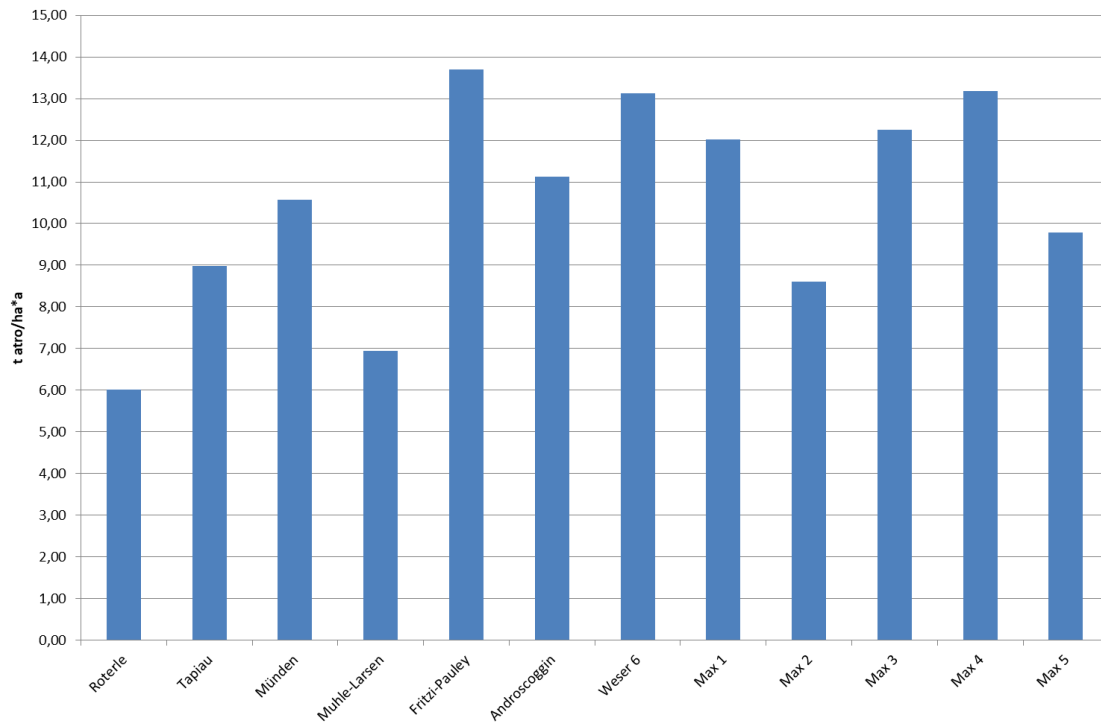


Abbildung 9: Massenleistung von Roterle, der Aspensorten Tapiau und Münden sowie von neun Balsampappel-Klonen, Wöllershof, 4. fünfjähriger Umtrieb 2008–2013

Fünfter 5-jähriger Umtrieb

Am Ende des fünften 5-jährigen Umtriebs zeigt sich bei den Durchschnittshöhen der verschiedenen Baumarten und Klone in Wöllershof eine Spanne von 7 m (Roterle) bis zu 10,8 m Höhe (Weser 6) (Abbildung 10). Die Zuwächse in der Vegetationsperiode 2018 sind relativ gering, was durch das Trockenjahr 2018 erklärt werden könnte, in dem die Niederschläge von März bis September bei insgesamt nur 275 mm lagen (DWD CDC), ebenso gering wie im Jahr 2012, in dem ebenfalls Einbußen im Höhenzuwachs zu verzeichnen waren. Im vieljährigen Mittel von 1961-1990 liegen die Niederschläge in diesen Monaten bei insgesamt 438 mm (DWD CLIMATE DATA CENTER). Insgesamt ist die Höhenwuchsleistung des Bestandes vergleichbar mit der vorherigen Umtriebszeit.

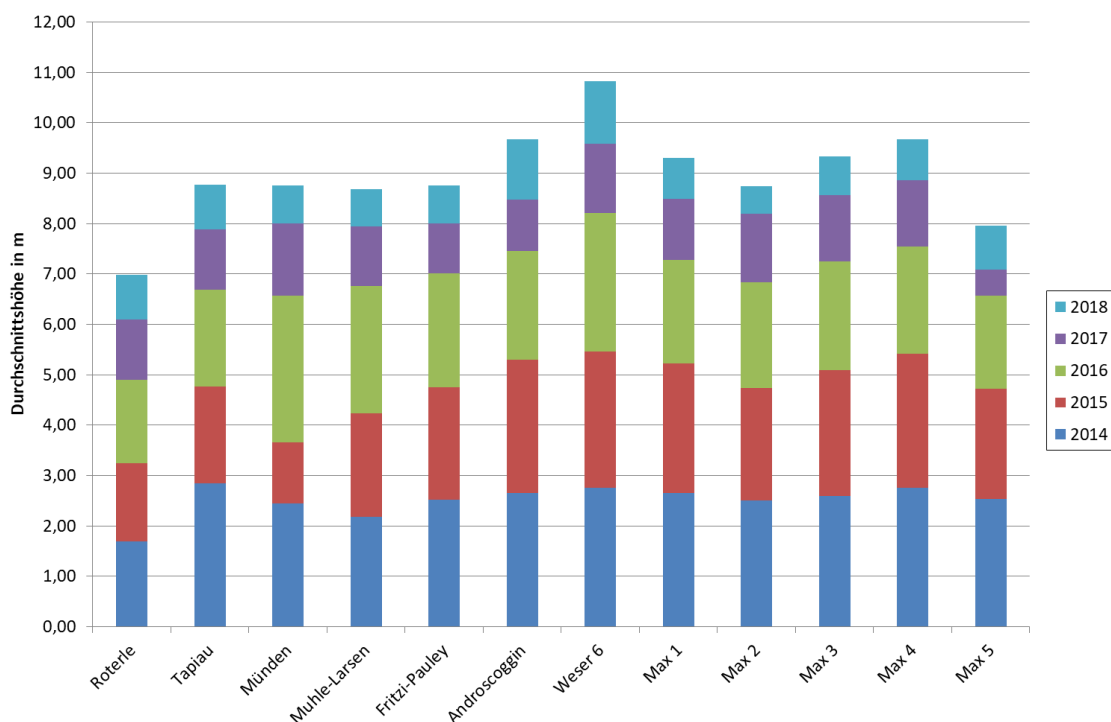


Abbildung 10: Entwicklung der Durchschnittshöhe von Roterle, der Aspen Tapiau und Münden sowie von neun Klonen der Balsampappel, Wöllershof, 5. fünfjähriger Umtrieb 2014–2018

Tabelle 6: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Roterle, der Aspensorten Tapiau und Münden sowie von neun Balsampappel-Klonen, Wöllershof, 5. Umtrieb 2014-2018

Jahr	Roterle	Tapiau	Münden	Muhle-Larsen	Fritz-Pauley	Androscoggin	Weser 6	Max 1	Max 2	Max 3	Max 4	Max 5
2014	1,69	2,84	2,45	2,18	2,52	2,66	2,76	2,66	2,51	2,59	2,76	2,53
2015	1,55	1,92	1,21	2,06	2,23	2,65	2,70	2,56	2,24	2,50	2,65	2,18
2016	1,67	1,92	2,91	2,52	2,26	2,15	2,75	2,05	2,10	2,16	2,13	1,86
2017	1,20	1,20	1,43	1,18	0,98	1,01	1,37	1,22	1,35	1,31	1,31	0,52
2018	0,88	0,88	0,75	0,75	0,76	1,20	1,25	0,80	0,54	0,77	0,82	0,88

Die berechnete Trockenbiomasse (Abbildung 11) liegt zwischen 4,5 t pro Hektar und Jahr bei der Roterle und 12 t beim Klon Weser. Neben Weser konnten auch die Androscoggin und Max 1 mit 10,5 Tonnen Trockenbiomasse pro Hektar und Jahr überzeugen. Im Vergleich zu den drei vorangegangenen Umtrieben ging die Biomasseproduktion allerdings zurück. Ob dies ein Anzeichen für ein dauerhaftes altersbedingtes Absinken der Leistungsfähigkeit der Kultur ist oder durch die beiden trockenen Jahre 2015 und 2018 bedingt ist, kann zurzeit noch nicht abschließend beurteilt werden.

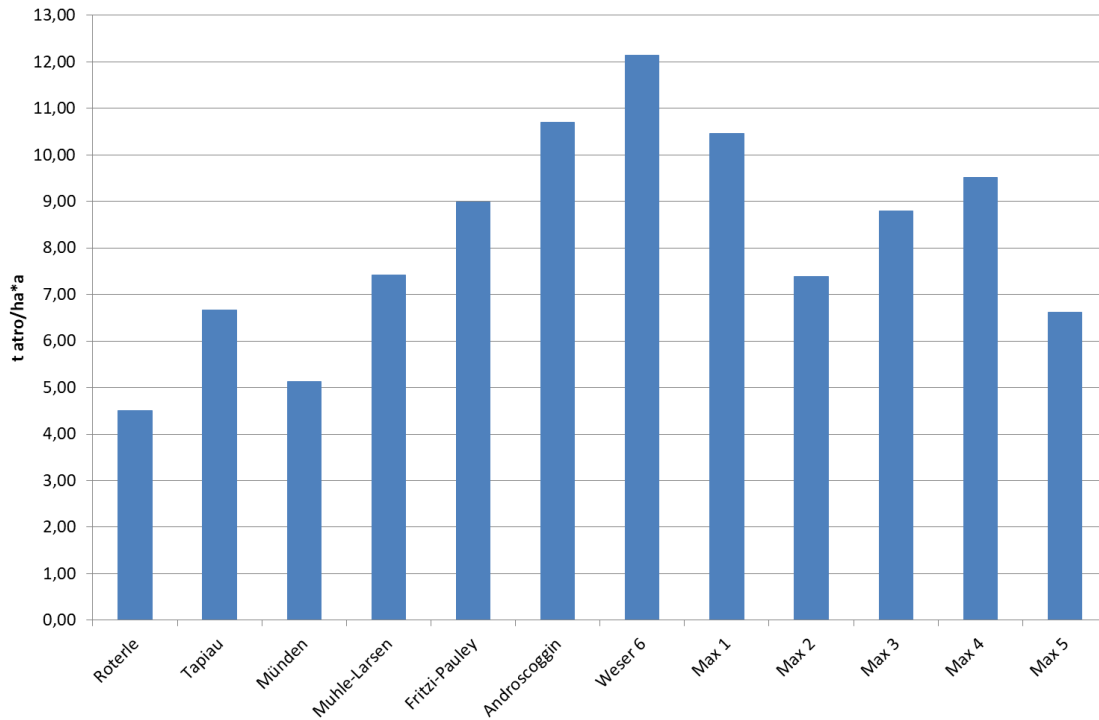


Abbildung 11: Massenleistung von Roterle, der Aspensorten Tapiau und Münden sowie von neun Balsampappel-Klonen, Wöllershof, 5. fünfjähriger Umtrieb 2014–2018

3.1.2 Entwicklung der Masseleistung bei fünfjähriger Rotation

Tabelle 7: Massenleistung [t atro/ha*a] von Robinie, Roterle, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von zwölf Klonen der Balsampappel im fünfjährigen Umtrieb, Wöllershof 1992-2018.

	Robinie	Roterle	Ahle	Tapiau	Münden	Beaupre	Unal	Raspalje	Muhle-Larsen	Fritz-Pauley	Androscoggin	Weser 6	Max 1	Max 2	Max 3	Max 4	Max 5
1992-1996	1,8	1,8	1,4	2,1	3,4	1,6	1,5	2,2	2,9	1,3	2,4	2,9	2,1	2,0	4,4	2,3	2,5
1998-2002		6,8	6,2	10,2	12,6				7,7	9,4	10,3	13,1	10,8	9,2	12,7	13,0	9,7
2003-2007		5,0		7,2	7,3				8,7	8,0	10,6	12,0	11,7	8,7	12,3	16,5	12,8
2008-2013		6,0		9,0	10,6				7,0	13,7	11,1	13,1	12,0	8,6	12,3	13,2	9,8
2014-2018		4,5		6,7	5,1				7,4	9,0	10,7	12,1	10,5	7,4	8,8	9,5	6,6

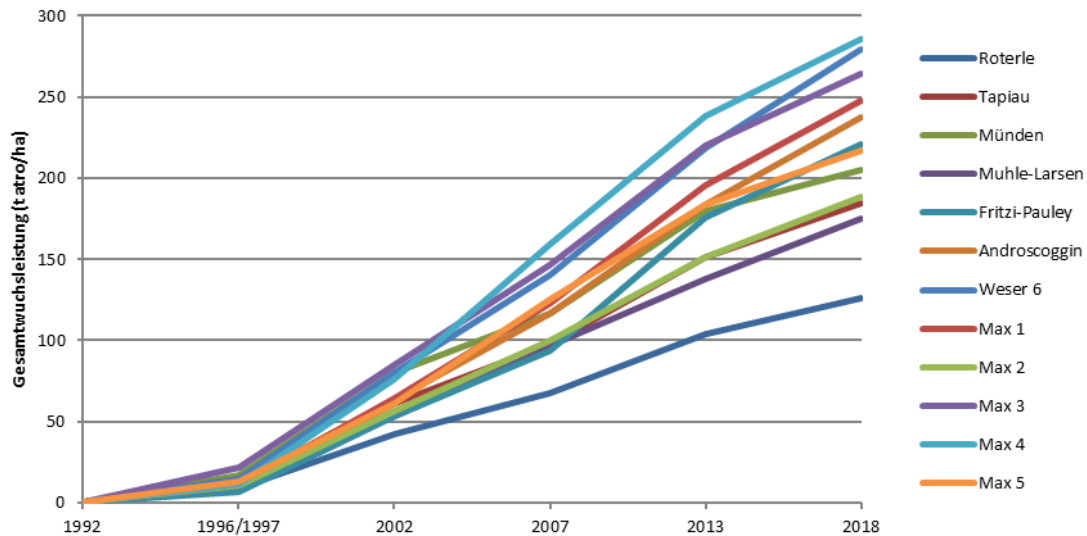


Abbildung 12: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] von Roterle, der Aspensorten Tapiau und Münden sowie der Balsampappelsorten im fünfjährigen Umtrieb, Wöllershof 1992-2018.

Abbildung 12 zeigt die über fünf Umtriebszeiten kumulierte Gesamtwuchsleistung der angebauten Klone und Baumarten in Tonnen absolut trockener Biomasse. Da die Ermittlung des Zuwachses immer erst am Ende der jeweiligen Rotation durchgeführt wurde, entspricht der gleichmäßige Verlauf der Linie während einer Umtriebszeit nicht dem tatsächlichen Wachstumsgang, sondern stellt anhand der Steigung der Linien den jeweils erreichten Gesamtzuwachs am Ende der betreffenden Umtriebszeit dar. Bis auf die sechsjährige Periode von 2007 bis 2013 haben alle Umtriebe eine Länge von fünf Jahren. Die erste Rotationsperiode endete nach dem Jahr 1996, die zweite begann erst 1998 – Erklärung siehe oben.

Die Steigung der Linien ist im ersten Umtrieb bei allen Baumarten und Klonen gering und wird im zweiten steiler, d. h. die Biomasseproduktion steigt an. In der zweiten Rotation erreichen die angebauten Bäume die am Standort Wöllershof mögliche Wuchsleistung. Die Steigung der einzelnen Linien bleibt in den nächsten Rotationen ungefähr gleich, das heißt die Zuwächse der Klone und Baumarten waren auf dem erreichten Niveau konstant hoch. Erst im fünften Umtrieb von 2014 bis 2018 knickt die Mehrzahl der Verläufe nach unten ab, die Biomasseleistung ist niedriger als in den Umtrieben zuvor. Dieses Phänomen ist bei den Klonen Max 4, Max 3, Max 1, Fritzzi-Pauley und Max 5 zu erkennen, während die Klone Weser 6, Androscoggin und Muhle-Larsen in der Biomasseproduktion nicht nachgelassen haben.

Die höchste Gesamtwuchsleistung mit 285,6 t atro pro Hektar wies der Klon Max 4 auf (Tabelle 8). Er hatte über den gesamten Zeitraum von 26 Jahren eine jährliche Biomasseproduktion von 11 Tonnen atro (Tabelle 9). Knapp dahinter liegt die Balsampappel Weser 6, dann folgen Max 3 und Max 1. Gut zu erkennen in der Graphik ist, dass die drei Erstgenannten über den gesamten Untersuchungszeitraum die wuchskräftigsten Klone sind, während z. B. die Aspe Münden, die zunächst gut gewachsen ist, nach der zweiten Rotation ins Mittelfeld abrutscht.

Tabelle 8: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] von Roterle, der Aspensorten Tapiau und Münden sowie der Balsampappelsorten im fünfjährigen Umtrieb, Wöllershof 1992-2018.

	Roterle	Tapiau	Münden	Muhle-Larsen	Fritzi-Pauley	Androscoggin	Weser 6	Max 1	Max 2	Max 3	Max 4	Max 5
1992-1996	8,9	10,6	16,9	14,4	6,4	12,2	14,6	10,7	10,2	21,8	11,4	12,7
1992-2002	42,6	61,4	79,9	53,1	53,5	63,7	80,3	64,7	56,3	85,3	76,4	61,2
1992-2007	67,7	97,6	116,5	96,5	93,4	116,9	140,1	123,2	99,8	146,8	159,1	125,1
1992-2013	103,8	151,4	179,9	138,2	175,5	183,6	218,8	195,3	151,4	220,4	238,1	183,8
1992-2018	126,3	184,9	205,4	175,2	220,5	237,1	279,3	247,8	188,4	264,4	285,6	216,8

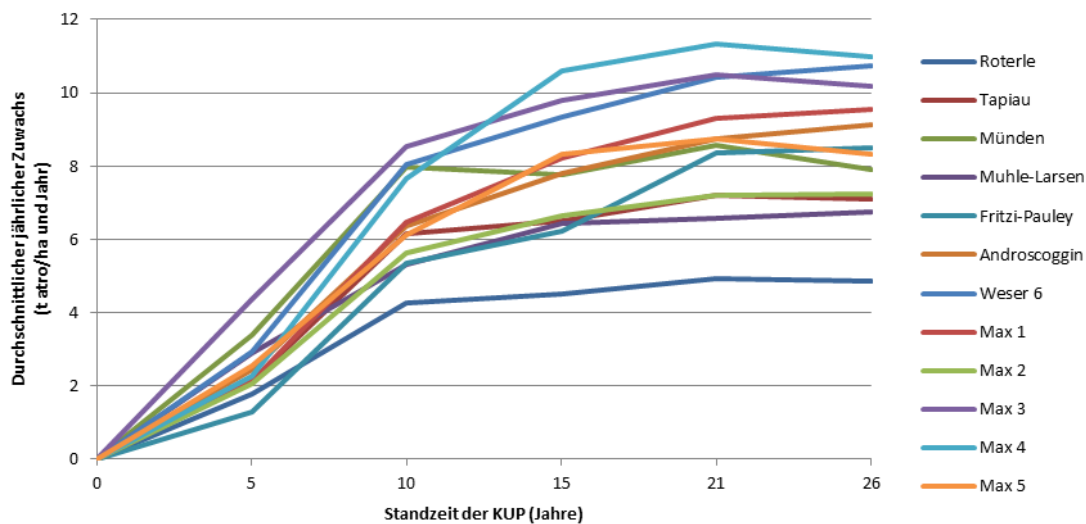


Abbildung 13: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs (durchschnittlicher Gesamtzuwachs dGZ) [t atro/ha+a] von Roterle, der Aspensorten Tapiau und Münden sowie der Balsampappelsorten bezogen auf die Standzeit beim jeweiligen Zeitpunkt, fünfjähriger Umtrieb, Wöllershof 1992-2018.

Der durchschnittliche jährliche Zuwachs in t atro, bezogen auf die Standzeit zum jeweiligen Zeitpunkt (dGZ) ist in Abbildung 13 dargestellt. Die Linien stellen dabei nur annähernde Werte dar, die „wahren Werte“ lassen sich nur zum Zeitpunkt des Erreichens der jeweiligen Umtriebszeit nach fünf, zehn, fünfzehn usw. Jahren ablesen.

Wegen der geringen Biomasseproduktion in der ersten Umtriebszeit, die dem späten Pflanzzeitpunkt im Frühjahr 1992, dem trockenen Wetter sowie der nicht optimalen Pflege geschuldet ist, erreicht der wüchsigste Klon Max 4 die allgemein für KUP geforderten 10 t Zuwachs erst nach ca. 14-15 Jahren! Die Balsampappeln Weser 6 und Max 3 schneiden die 10 t-Linie erst in der vierten Umtriebszeit. Alle anderen Klone und Baumarten liegen auch nach 26 Jahren unterhalb von 10 t Zuwachs an absolut trockener Biomasse. Die Abbildung verdeutlicht recht gut die Notwendigkeit einer möglichst langen Standzeit von Kurzumtriebsplantagen sowie einer konsequenten Regulierung der Begleitvegetation im Jahr der Begründung. Das Absinken der Biomasseproduktion in der fünften Umtriebszeit ab dem 21sten Standjahr ist hier deutlicher zu sehen als in Abbildung 12.

Tabelle 9: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs [t atro/ha+a] von Roterle, der Aspensorten Tapiau und Münden sowie der Balsampappelsorten im fünfjährigen Umtrieb, Wöllershof 1992-2018.

Standzeit	Roterle	Tapiau	Münden	Muhle-Larsen	Fritzi-Pauley	Androscoggin	Weser 6	Max 1	Max 2	Max 3	Max 4	Max 5
5	1,8	2,1	3,4	2,9	1,3	2,4	2,9	2,1	2,0	4,4	2,3	2,5
10	4,3	6,1	8,0	5,3	5,4	6,4	8,0	6,5	5,6	8,5	7,6	6,1
15	4,5	6,5	7,8	6,4	6,2	7,8	9,3	8,2	6,7	9,8	10,6	8,3
21	4,9	7,2	8,6	6,6	8,4	8,7	10,4	9,3	7,2	10,5	11,3	8,8
26	4,9	7,1	7,9	6,7	8,5	9,1	10,7	9,5	7,2	10,2	11,0	8,3

3.1.3 Zuwachsmessungen der zehnjährigen Umtriebszeiten

Erster zehnjähriger Umtrieb

Nach einigen Anfangsjahren mit schwachem Wuchs – die Gründe dafür liegen wie beim ersten fünfjährigen Umtrieb in den Schwierigkeiten bei der Begründung und in der Konkurrenz durch die Begleitvegetation – wiesen die Balsampappeln während der gesamten Rotation ein relativ gleichmäßiges Höhenwachstum auf. Eine Ausnahme bilden die vom Pappelblattrost befallenen Klone Beaupré und Unal, die in den letzten drei bis fünf Jahren schwache Wuchsleistungen zeigten. Die Robinie konnte auf dem leichten Nordhang bei dem Pflanzverband von 2,5 m x 1,2 m die Stammzahl über die Umtriebszeit nicht halten. Das Absterben ihrer benachbarten Konkurrenten ermöglichte den überlebenden Bäumen in die Breite zu wachsen, was den schwachen Höhenwuchs des Kollektivs in den letzten drei Jahren erklärt. Die größten Durchschnittshöhen erreichten die beiden Hochwald-Balsampappeln Muhle-Larsen und Fritzi-Pauley sowie die Aspe Münden. In Abbildung 14 ist die Höhenentwicklung des ersten zehnjährigen Umtriebs in Wöllershof dargestellt.

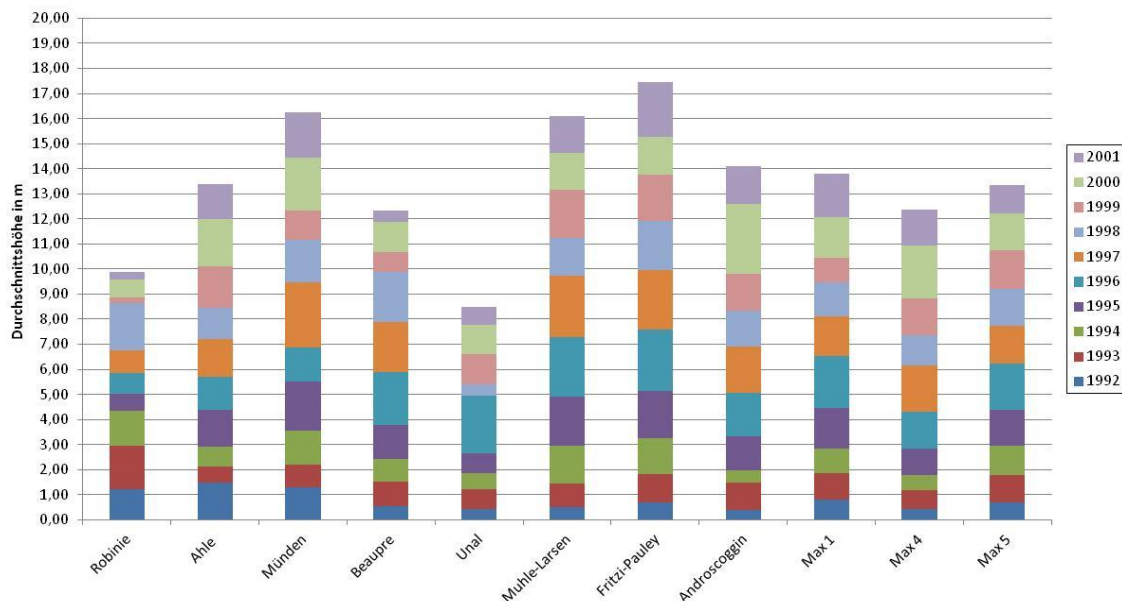


Abbildung 14: Entwicklung der Durchschnittshöhe von Robinie, der Aspensorten Ahle und Münden sowie von acht Balsampappel-Klonen, Wöllershof, 1. zehnjähriger Umtrieb 1992–2001.

Tabelle 10: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Robinie, der Aspensorten Ahle und Münden sowie von acht Balsampappel-Klonen, Wöllershof, 1. zehnjähriger Umtrieb 1992–2001.

Jahr	Robinie	Ahle	Münden	Beaupre	Unal	Muhle-Larsen	Fritzi-Pauley	Androscoggin	Max 1	Max 4	Max 5
1992	1,24	1,48	1,28	0,55	0,42	0,50	0,70	0,40	0,79	0,44	0,69
1993	1,72	0,64	0,93	0,98	0,80	0,94	1,11	1,07	1,08	0,73	1,08
1994	1,40	0,79	1,34	0,90	0,65	1,50	1,45	0,50	0,96	0,62	1,16
1995	0,69	1,47	1,97	1,34	0,76	1,98	1,87	1,36	1,65	1,06	1,44
1996	0,79	1,32	1,33	2,10	2,31	2,37	2,46	1,73	2,05	1,48	1,85
1997	0,91	1,52	2,61	2,02	0,00	2,45	2,38	1,85	1,60	1,85	1,52
1998	1,91	1,22	1,71	1,98	0,46	1,50	1,93	1,43	1,35	1,17	1,46
1999	0,21	1,66	1,14	0,81	1,19	1,91	1,85	1,49	0,98	1,49	1,55
2000	0,72	1,88	2,13	1,21	1,16	1,49	1,51	2,79	1,60	2,10	1,47
2001	0,32	1,40	1,81	0,44	0,73	1,47	2,18	1,49	1,75	1,44	1,14

Im ersten zehnjährigen Umtrieb konnten – im Gegensatz zur ersten fünfjährigen Rotation – Zuwachseleistungen von über 10 t atro/ha*a gemessen werden. Wie Abbildung 15 zeigt, liegt der Balsampappel-Klon Max 1 mit einem Zuwachs von über 11 t atro/ha*a an der Spitze, gefolgt von Muhle-Larsen und Fritzi-Pauley. Zieht man den schwachen Wuchs der ersten drei bis vier Jahre in Betracht, so ist in der zweiten zehnjährigen Umtriebszeit wegen des vitalen Wiederaustriebs mit einer noch höheren Biomasseproduktion zu rechnen. Eine Vorteilhaftigkeit von längeren Umtriebszeiten hinsichtlich der Biomasseproduktion stellt auch HOFMANN (2005) fest, er gibt für die Balsampappel eine Rotationslänge von 11 bis 13 Jahren als zuwachsoptimal an.

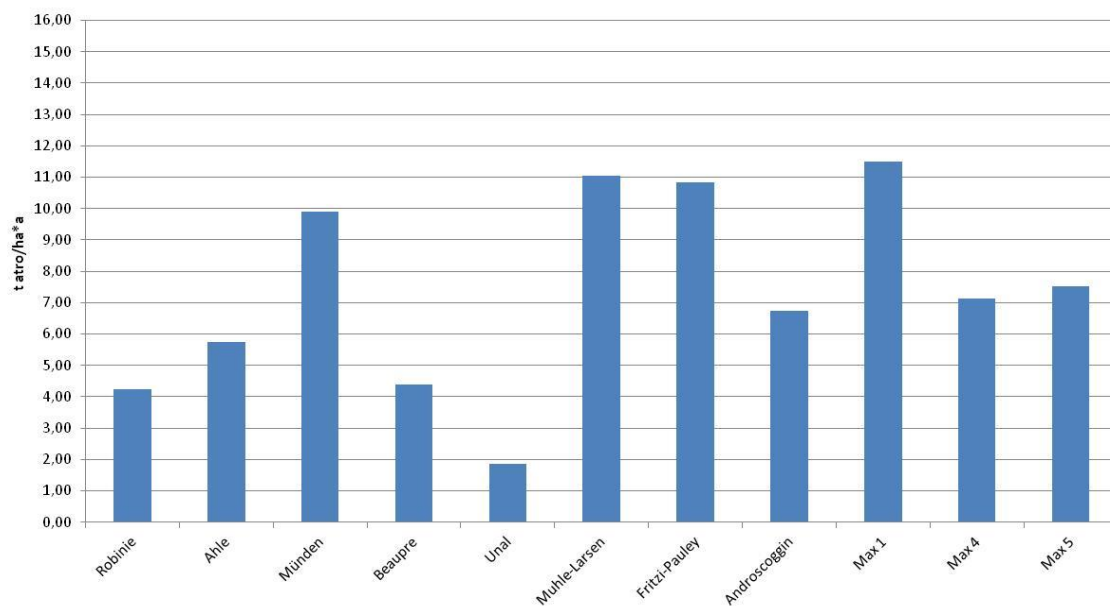


Abbildung 15: Massenleistung von Robinie, der Aspensorten Ahle und Münden sowie von acht Balsampappelklonen, Wöllershof, 1. zehnjähriger Umtrieb 1992–2001

Zweiter zehnjähriger Umtrieb

Die Ernte des zweiten zehnjährigen Umtriebs musste wegen nicht vorhandener Abfuhrmöglichkeiten für die Hackschnitzel um zwei Jahre verschoben werden und wurde erst im Winter 2013/14 nach dem Bau einer Forststraße zusammen mit der Beerntung der vierten fünfjährigen Rotation durchgeführt. Die Darstellung des Höhenzuwachses umfasst daher einen Zeitraum von 12 Jahren.

Deutlich zu sehen in Abbildung 16 sind die guten Höhenwuchsleistungen in den ersten sechs Jahren, danach nimmt der Zuwachs bei allen Baumarten und Klonen deutlich ab. Die Sorten Fritzi-Pauley, Androscoggin und Muhle-Larsen erreichten Höhen von bis zu 19,5 m. Die Hochwald-Balsam-Pappelsorten Muhle-Larsen und Fritzi-Pauley zeigten bereits im ersten zehnjährigen Umtrieb das beste Höhenwachstum. Die Max-Klone hatten nach der zweiten Umtriebszeit eine Endhöhe von bis zu 17 m; die Höhen der Aspen lagen zwischen 15 und 17 m. Wie beim Höhenwuchsverlauf im vierten fünfjährigen Umtrieb stellt auch hier das Jahr 2013 mit einem ungewöhnlich guten durchschnittlichen Zuwachs eine Ausnahme dar. Dafür sind die im Vergleich zum vieljährigen Mittel doppelt so hohen Niederschläge im Mai und Juni mit insgesamt 280 mm (DWD CDC) verantwortlich und außerdem die durch den Dichtstand ausgedunkelte kleineren Bäume, die dann nicht mehr gemessen wurden und somit einen unregelmäßigen Höhenzuwachs vortäuschen. 2012 wurde über alle Klone und Sorten eine Stammzahl von 6896 pro Hektar festgestellt, während 2013 nur noch 4084 Stämme/ha vorhanden waren.

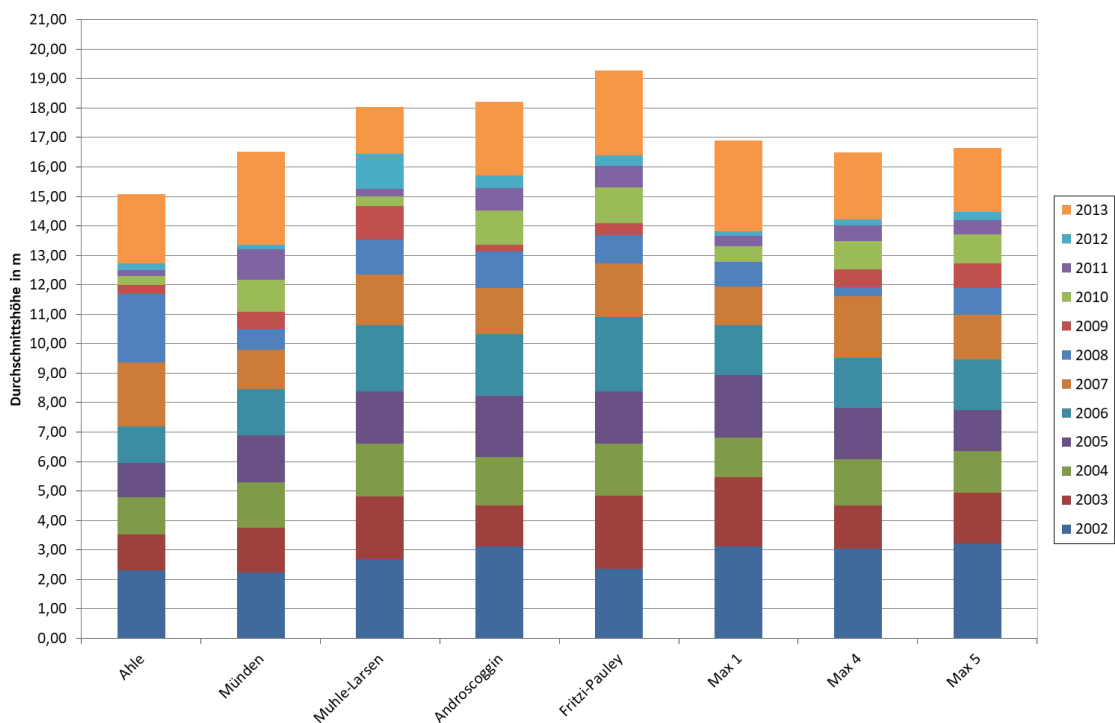


Abbildung 16: Entwicklung der Durchschnittshöhe der Aspenarten Ahle und Münden sowie von sechs Balsampappelklonen, Wöllershof, 12-jähriger Umtrieb 2002-2013.

Tabelle 11: Jährlicher Höhenzuwachs [m] der Aspensorten Ahle und Münden sowie von sechs Balsampappelklonen, Wöllershof, 12-jähriger Umtrieb 2002-2013.

Jahr	Ahle	Münden	Muhle-Larsen	Androscoggin	Fritzi-Pauley	Max 1	Max 4	Max 5
2002	2,32	2,24	2,69	3,13	2,36	3,13	3,05	3,22
2003	1,20	1,51	2,13	1,37	2,47	2,33	1,47	1,73
2004	1,25	1,55	1,77	1,66	1,78	1,35	1,57	1,41
2005	1,17	1,59	1,77	2,06	1,77	2,11	1,73	1,39
2006	1,24	1,57	2,25	2,10	2,53	1,69	1,68	1,70
2007	2,18	1,32	1,73	1,58	1,83	1,33	2,10	1,53
2008	2,32	0,72	1,20	1,25	0,95	0,83	0,31	0,91
2009	0,30	0,57	1,14	0,21	0,41	-	0,61	0,85
2010	0,30	1,09	0,32	1,16	1,20	0,55	0,96	0,96
2011	0,20	1,03	0,27	0,76	0,73	0,34	0,52	0,50
2012	0,22	0,16	1,18	0,43	0,36	0,16	0,22	0,27
2013	2,35	3,17	1,60	2,51	2,88	3,09	2,26	2,17

Während die Höhenzuwächse relativ ausgeglichen waren, sind die Unterschiede in der Biomasseleistung im zweiten zwölfjährigen Umtrieb sehr groß, sie reichen von 5 bis 16 t atro/ha*a (Abbildung 17). Die Aspensorten zeigen einen Massenzuwachs von 5,5 bis knapp 7 t/ha*a und sind damit von den wuchskräftigen Balsampappelsorten, welche Biomasseleistungen von bis zu 16 t/ha*a erreichen, weit entfernt. Max 1 und Fritz-Pauley gehörten bereits in der ersten Umtriebszeit zu den leistungsfähigsten Klonen und können ihre Wuchskraft in der zweiten Umtriebszeit deutlich erhöhen. Auch die Sorten Androscoggin und Max 4 können mit ca. 12-13 t/ha*a sehr gute Wuchsleistungen vorweisen.

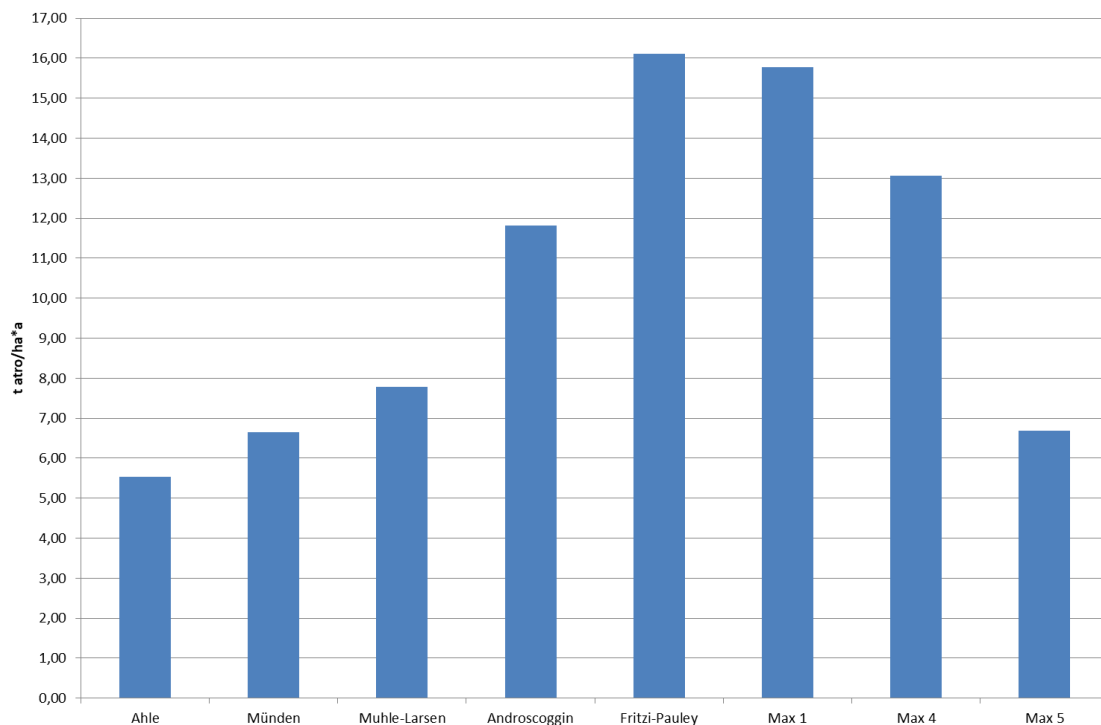


Abbildung 17: Massenleistung der Aspensorten Ahle und Münden sowie von sechs Balsampappelklonen, Wöllershof, 12-jähriger Umtrieb 2002-2013.

3.1.4 Entwicklung der Masseleistung in zehnjähriger Rotation

Tabelle 12: Massenleistung [t atro/ha*a] von Robinie, der Aspensorten Ahle und Münden sowie von acht Balsampappelklonen in zehnjähriger Rotation, Wöllershof 1992–2013.

	Robinie	Ahle	Münden	Beaupré	Unal	Muhle-Larsen	Fritzi-Pauley	Androscoggin	Max 1	Max 4	Max 5
1992-2001	4,2	5,7	9,9	4,4	1,9	11,1	10,8	6,7	11,5	7,1	7,5
2002-2013		5,5	6,7			7,8	11,8	16,1	15,8	13,1	6,7

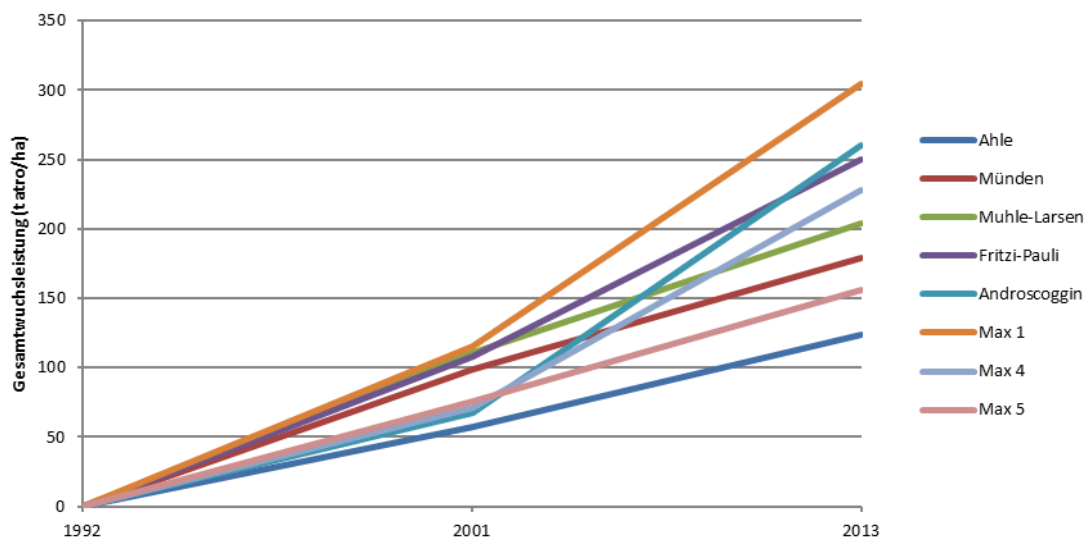


Abbildung 18: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] der Aspensorten Ahle und Münden sowie der Balsampappelklone in zehnjähriger Rotation, Wöllershof 1992–2013.

Die kumulierte Gesamtwuchsleistung des zehnjährigen Umtriebs von 1992 bis 2013 ist in Abbildung 18 dargestellt, wobei die zweite Rotation wegen der verzögerten Ernte mit zwölf Jahren länger ist als die erste Umtriebszeit. Auch hier stellt der steigende Verlauf der Linien während der Rotationen nicht den tatsächlichen Wachstumsverlauf dar, sondern den durchschnittlichen Zuwachs während der betreffenden Umtriebszeit, der sich am Ende zu der ermittelten gesamten Biomasseleistung addiert. Mit Ausnahme der Aspe Münden und der Balsampappel Muhle-Larsen steigerten alle Klone ihren Zuwachs in der zweiten Rotationsperiode. Interessant ist, dass die kumulierte Gesamtwuchsleistung nach 22 Vegetationsperioden deutlich höher ausfällt als beim fünfjährigen Umtrieb zum gleichen Zeitpunkt. So erreichte im zehnjährigen Umtrieb der beste Klon Max 1 eine GWL von 304 t atro/ha, während der wuchskräftigste Klon der fünfjährigen Rotation im gleichen Jahr nur auf 238 t atro/ha kam. Dies kann als deutlicher Hinweis dafür gelten, dass zehn Jahre offenbar näher an der zuwachsoptimalen Umtriebszeit von Aspe und Balsampappel liegen.

Tabelle 13: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] der Aspensorten Ahle und Münden sowie der Balsampappelklone in zehnjähriger Rotation, Wöllershof 1992–2013.

	Ahle	Münden	Muhle-Larsen	Fritzi-Pauley	Androscoggin	Max 1	Max 4	Max 5
1992-2001	57,4	99,0	110,6	108,4	67,3	115	71,2	75,4
1992-2013	123,8	178,8	204,1	250,1	260,5	304,4	227,9	155,7

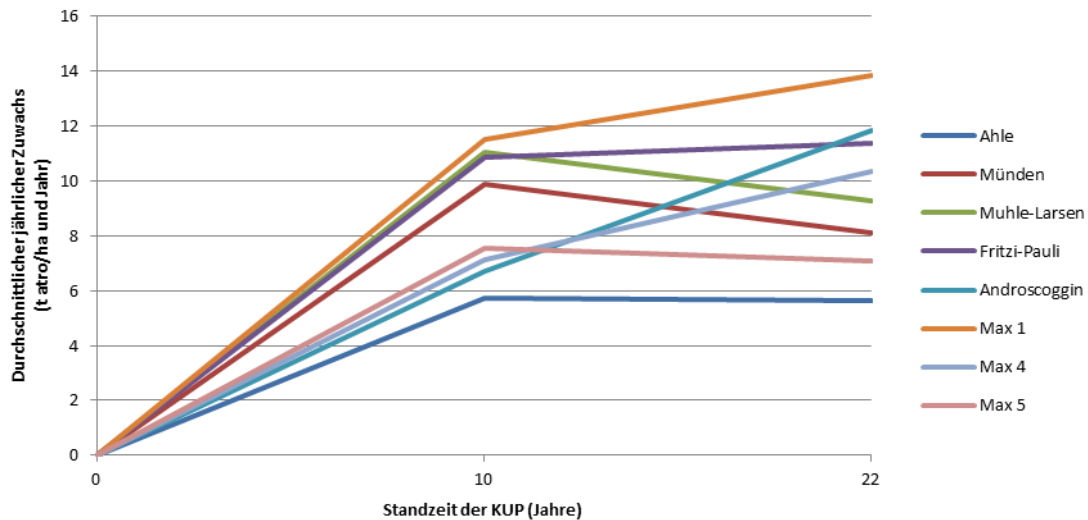


Abbildung 19: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs (durchschnittlicher Gesamtzuwachs (dGZ)) [t atro/ha+a] der Aspensorten Ahle und Münden sowie der Balsampappelklone in zehnjähriger Rotation, Wöllershof 1992–2013.

Von den acht angebaute Prüfgliedern erreichen drei bereits nach zehn Jahren dGZ von über 10 t atro/ha*a, nach 22 Jahren sind es vier Klone der Balsampappel, die über diese Schwelle kommen. Erstaunlicherweise zeigen die Aspenklone Münden und Ahle im zweiten Umtrieb ein schwächeres bzw. gleichbleibendes Wachstum. Dies liegt wahrscheinlich an der Fähigkeit der Aspe zur Wurzelbrut, die den Zuwachs zunächst auf sehr viele kleine Stämme verteilt, die dann während der Rotation absterben. Einen schlechteren Zuwachs im zweiten Umtrieb hatten auch die Balsampappeln Muhle-Larsen, die möglicherweise in dieser Zeit am Pappelblattrost erkrankte und Max 5. Letzterer Klon ist für seinen schwachen Wuchs bekannt und darf inzwischen nicht mehr vertrieben werden.

Tabelle 14: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs [t atro/ha+a] der Aspensorten Ahle und Münden sowie der Balsampappelklone in zehnjähriger Rotation, Wöllershof 1992–2013.

Standzeit	Ahle	Münden	Muhle-Larsen	Fritzi-Pauley	Androscoggin	Max 1	Max 4	Max 5
10	5,7	9,9	11,1	10,8	6,7	11,5	7,1	7,5
22	5,6	8,1	9,3	11,4	11,8	13,8	10,4	7,1

3.2 Neuhof

3.2.1 Zuwachsmessungen der zehnjährigen Umtriebszeiten

Erster zehnjähriger Umtrieb

Die Darstellung der Höhenwuchsleistung in Abbildung 20 und Tabelle 15 zeigt ein recht ausgeglichenes Bild. Die beiden Korbweiden erreichten mit etwa neun Metern die niedrigsten Durchschnittshöhen. Dann folgen Robinie und die drei Aspensorten. Die drei Balsampappelklone wuchsen am besten und erreichten Höhen von über 13 m. Balsampappeln und Aspen blieben aber hinsichtlich der Höhenentwicklung hinter dem ersten zehnjährigen Umtrieb der Versuchsfläche Wöllershof zurück. Die beiden Klone Androscoggin und Muhle-Larsen wurden im Herbst 1993 als einjährige, wurzelnackte Großpflanzen eingebracht, um die durch den sehr schlechten Anwuchs von zwei Schwarzpappelklonen entstandenen leeren Parzellen zu bestocken. Sie starteten mit Höhen von ungefähr 2 m und litten dann zwei Jahre unter dem Pflanzschock (Jahre 1994 und 1995). Ähnliches gilt für die Robinie und für die Aspensorten, die ebenfalls als wurzelnackte Pflanzen eingebracht wurden. Die mit Stecklingen eingebrachte Balsampappel Max 3 zeigt dagegen einen recht ausgeglichenen Wuchsverlauf über die gesamten zehn Jahre.

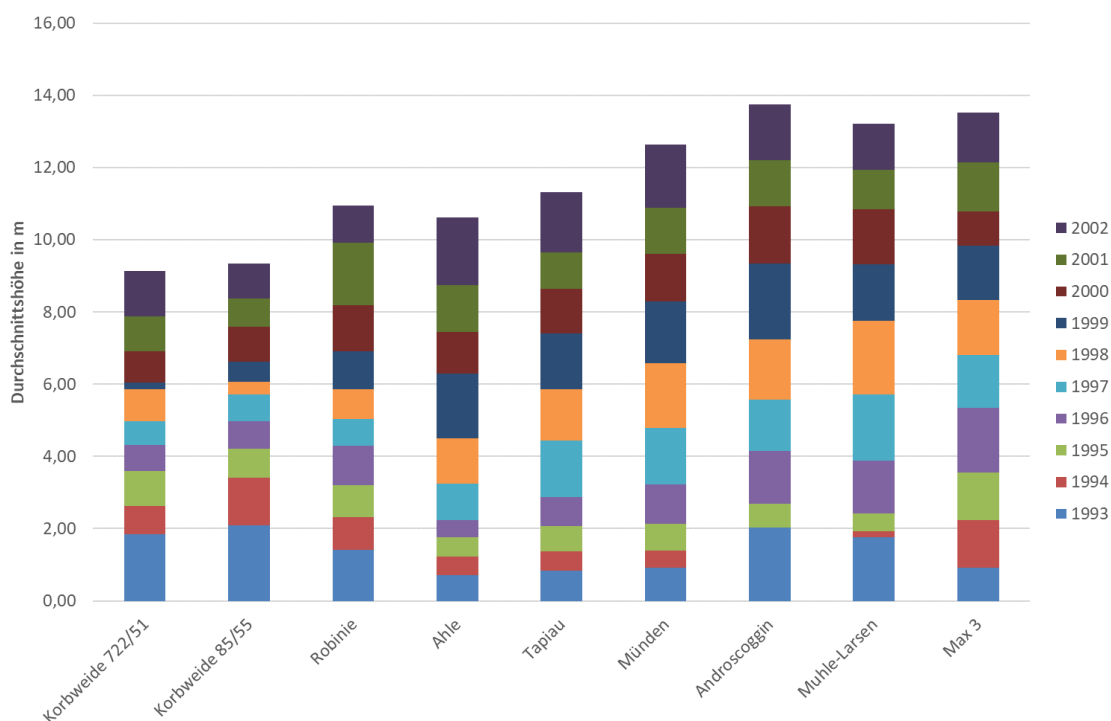


Abbildung 20: Entwicklung der Durchschnittshöhen zweier Korbweidenklone, von Robinie, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von drei Balsampappelklonen, Neuhof, 1. zehnjähriger Umtrieb 1993–2002

Tabelle 15: Jährlicher Höhenzuwachs [m] zweier Korbweidenklone, Robinie, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von drei Balsampappelklonen, Neuhof, 1. zehnjähriger Umtrieb 1993–2002

Jahr	Korbweide 722/51	Korbweide 85/55	Robinie	Ahle	Tapiau	Münden	Androscoggin	Muhle-Larsen	Max 3
1993	1,85	2,09	1,42	0,72	0,84	0,92	2,03	1,76	0,92
1994	0,79	1,32	0,89	0,51	0,53	0,47	0,00	0,18	1,32
1995	0,95	0,79	0,88	0,52	0,71	0,75	0,67	0,49	1,31
1996	0,73	0,77	1,10	0,49	0,80	1,09	1,45	1,46	1,80
1997	0,65	0,74	0,73	1,00	1,57	1,56	1,42	1,85	1,46
1998	0,90	0,34	0,84	1,27	1,41	1,78	1,68	2,03	1,52
1999	0,19	0,56	1,05	1,78	1,55	1,73	2,09	1,56	1,51
2000	0,85	0,97	1,27	1,15	1,23	1,32	1,60	1,53	0,95
2001	0,98	0,77	1,74	1,31	1,01	1,26	1,26	1,09	1,36
2002	1,26	0,98	1,03	1,87	1,67	1,76	1,54	1,26	1,38

In der Darstellung des Biomassezuwachses in Abbildung 21 werden die Unterschiede zwischen den angebauten Baumarten und Sorten deutlicher. Auch die Zuwächse liegen unter dem Niveau des zehnjährigen Umtriebs in Wöllershof. Am besten gewachsen ist die Balsampappel Muhle-Larsen mit 8 t atro/ha*a. Die Robinie übertrifft mit knapp 6 t atro/ha*a in Neuhof die Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden. Auf den Korbweide-Parzellen waren aufgrund ihrer geringen Größe und des daraus resultierenden Randeffects keine repräsentativen Ergebnisse zu erwarten. Daher wurden hier keine Massenerhebungen durchgeführt.

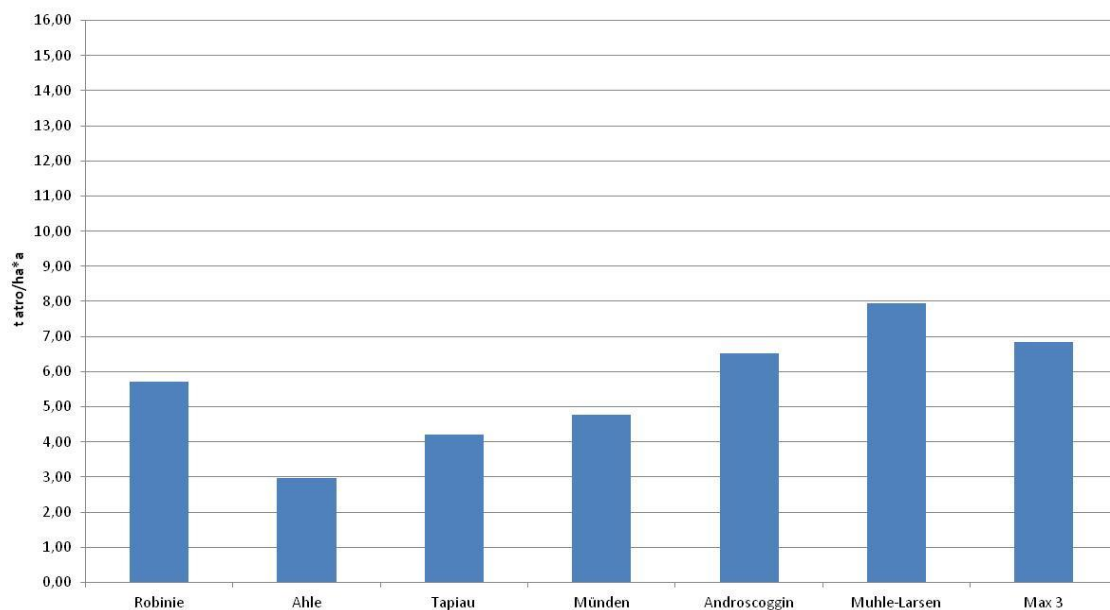


Abbildung 21: Massenleistung von Robinie, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von drei Balsampappelklonen, Neuhof, 1. zehnjähriger Umtrieb 1993–2002

Zweiter zehnjähriger Umtrieb

In Abbildung 22 ist die Höhenentwicklung des zweiten zehnjährigen Umtriebs – Pflanzverband 2,5 m x 1,2 m – dargestellt. Die Korbweiden, die eigentlich in sehr kurzen Umtriebszeiten

angebaut werden, waren am Ende der zweiten Umtriebszeit 7 bis 8 m hoch. Man sieht, dass der Höhenzuwachs der Weiden mit den Jahren stark abnimmt. Die Höhen von Robinie, der Aspen Tapiau und Ahle sowie der Balsampappel Max 3 lagen nach zehn Jahren zwischen 10 und 12 m. Der starke Zuwachs der Robinie 2011 ist durch das Ausdunkeln kleinerer Bäume zu erklären. Diese gehen nach ihrem Absterben nicht mehr in die Mittelwertberechnung ein, wodurch die durchschnittliche Endhöhe des verbleibenden Bestandes rechnerisch steigt. Die Aspensorte Münden erreichte eine Endhöhe von 13 m. Die Sorten Muhle-Larsen und Androsoggin zeigten mit 15 bis 16 m die größten Höhenzuwächse.

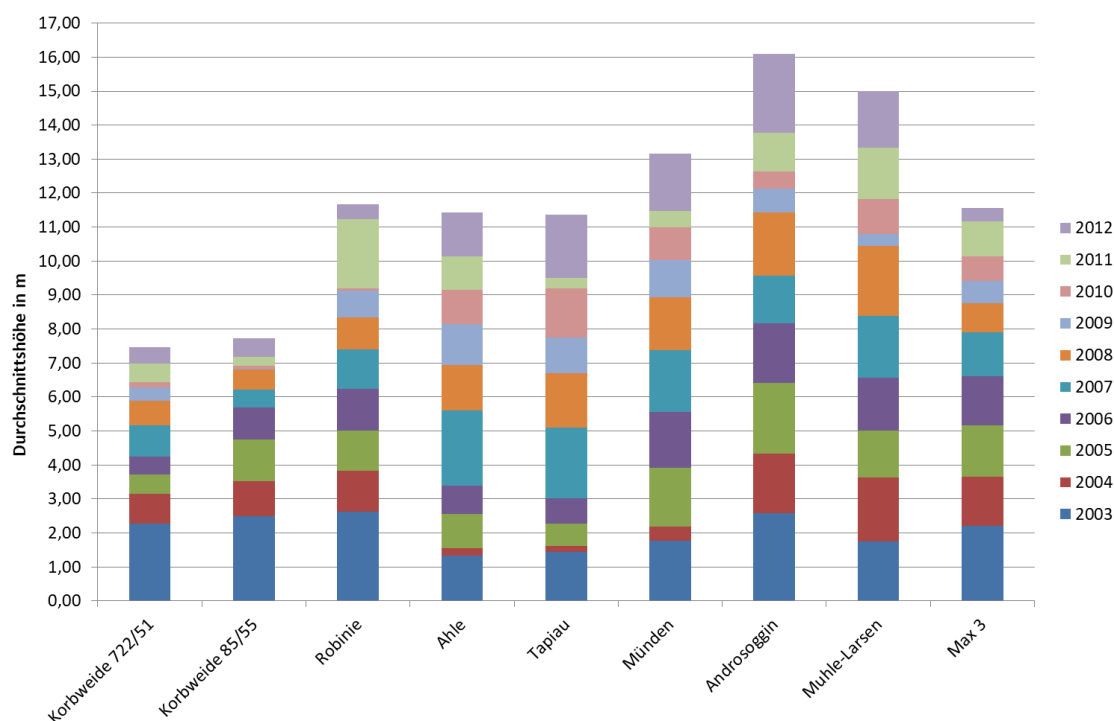


Abbildung 22: Entwicklung der Durchschnittshöhe von zwei Korbweidenklonen, Robinie, den Aspensorten Tapiau, Ahle und Münden sowie drei Balsampappelklonen, Neuhof, 2. zehnjähriger Umtrieb, 2003-2012

Tabelle 16: Jährlicher Höhenzuwachs [m] der Robinie, der Aspensorten Tapiau, Ahle und Münden sowie dreier Balsampappelklone, Neuhof, 2. zehnjähriger Umtrieb, 2003-2012

Jahr	Robinie	Ahle	Tapiau	Münden	Androsoggin
2003	2,63	1,34	1,44	1,78	2,57
2004	1,20	0,21	0,18	0,40	1,76
2005	1,17	1,01	0,66	1,73	2,09
2006	1,23	0,84	0,74	1,66	1,74
2007	1,16	2,20	2,08	1,81	1,41
2008	0,94	1,35	1,59	1,54	1,84
2009	0,80	1,21	1,06	1,10	0,70
2010	0,05	1,00	1,43	0,96	0,50
2011	2,03	0,99	0,30	0,48	1,15
2012	0,45	1,29	1,87	1,69	2,32

Die Massenleistung im zweiten zehnjährigen Umtrieb (Abbildung 23) lag bei den Aspen Tapiau und Ahle bei etwa 6 t atro/ha*a. Die Robinie und Aspe Münden bildeten 8-9 t Trockenmasse/ha*a. Die Robinie profitierte hierbei von der leichten Neigung der Fläche Richtung Süden. Der Balsampappelklon Max 3 erreichte einen Biomassezuwachs von fast 11 t atro/ha*a, Muhle Larsen ca. 12 t Trockenmasse. Androscoggin wies mit fast 15 t atro/ha*a den höchsten Zuwachs im zehnjährigen Umtrieb auf. Insgesamt zeigte der zweite Umtrieb deutlich bessere Leistungen als der Erste, dessen Zuwachs genau wie in Wöllershof durch die Konkurrenz der Begleitvegetation beeinträchtigt war.

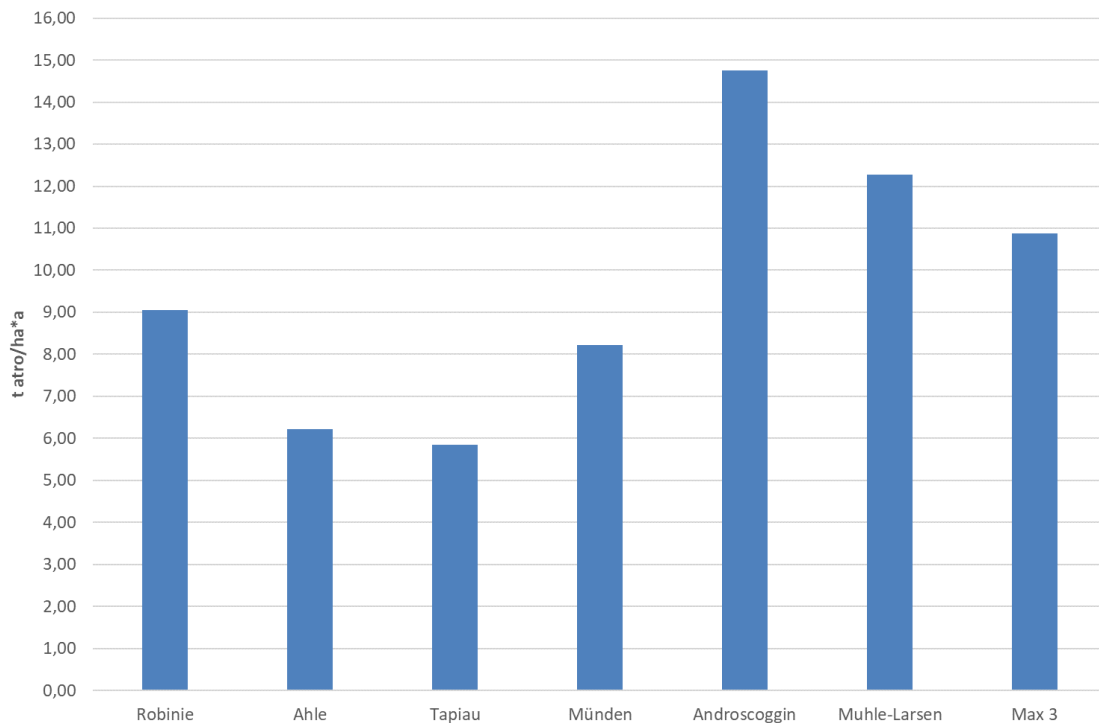


Abbildung 23: Massenleistung der Robinie, Roterle, der Aspensorten Tapiau, Ahle, Astria und Münden sowie dreier Balsampappelklonen, Neuhof, 2. zehnjähriger Umtrieb, 2003-2012

3.2.2 Entwicklung der Masseleistung in zehnjähriger Rotation

Tabelle 17: Massenleistung [t atro/ha*a] von zwei Korbweiden, Robinie, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von drei Balsampappelklonen in zehnjähriger Rotation, Neuhof 1993–2012.

	Korbweide 722/51	Korbweide 85/55	Robinie	Ahle	Tapiau	Münden	Androscoggin	Muhle-Larsen	Max 3
1993-2002			5,7	3,0	4,2	4,8	6,5	8,0	6,8
2003-2012	6,1	6,2	9,1	6,2	5,9	8,2	14,8	12,3	10,9

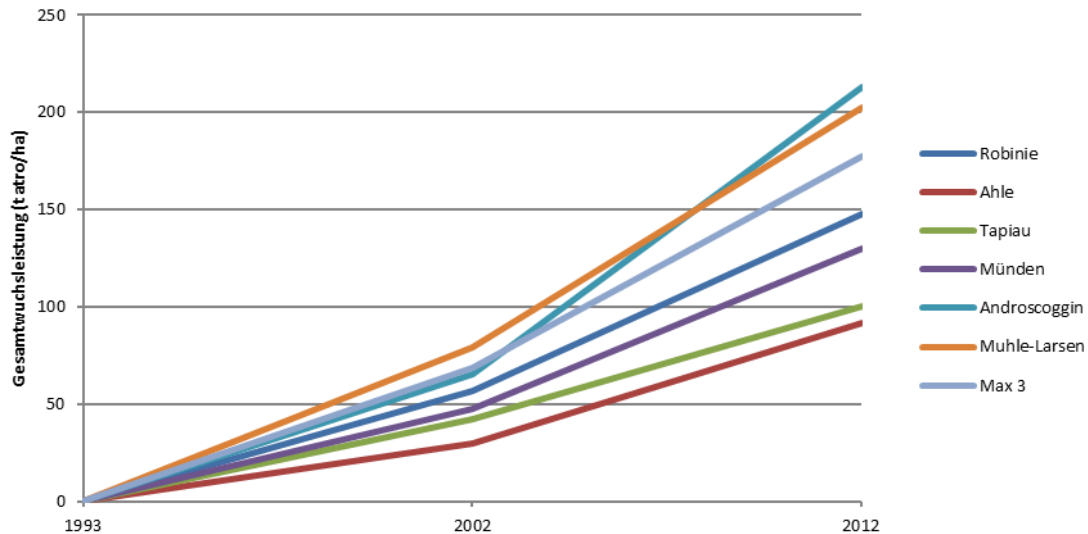


Abbildung 24: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] von Robinie, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von drei Balsampappelklonen in zehnjähriger Rotation, Neuhof 1993–2012.

Die Darstellung der Gesamtwuchsleistung in Abbildung 24 zeigt im ersten Umtrieb ein verhaltenes Wachstum, das in der zweiten Rotation zunimmt. Die beste Wuchsleistung über die gesamten 20 Jahre hat die Balsampappel Androscoggin, gefolgt von Muhle-Larsen und Max 3. An vierter Stelle kommt die Robinie, die sich auf der nach Süden geneigten Fläche wesentlich besser entwickeln konnte als auf dem Nordhang von Wöllershof und in Neuhof alle drei Aspensorten in der Gesamtwuchsleistung übertrifft. Insgesamt liegt die Wuchsleistung deutlich unter der von Wöllershof, wobei dort ein Zeitraum von 22 Jahren betrachtet wurde. Auch in Wöllershof liegt der Klon Androscoggin mit an der Spitze.

Tabelle 18: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] von Robinie, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von drei Balsampappelklonen in zehnjähriger Rotation, Neuhof 1993–2012.

	Robinie	Ahle	Tapiau	Münden	Androscoggin	Muhle-Larsen	Max 3
1993-2002	57,1	29,6	42,1	47,7	65,2	79,5	68,4
1993-2012	147,6	91,9	100,6	129,9	212,8	202,2	177,1

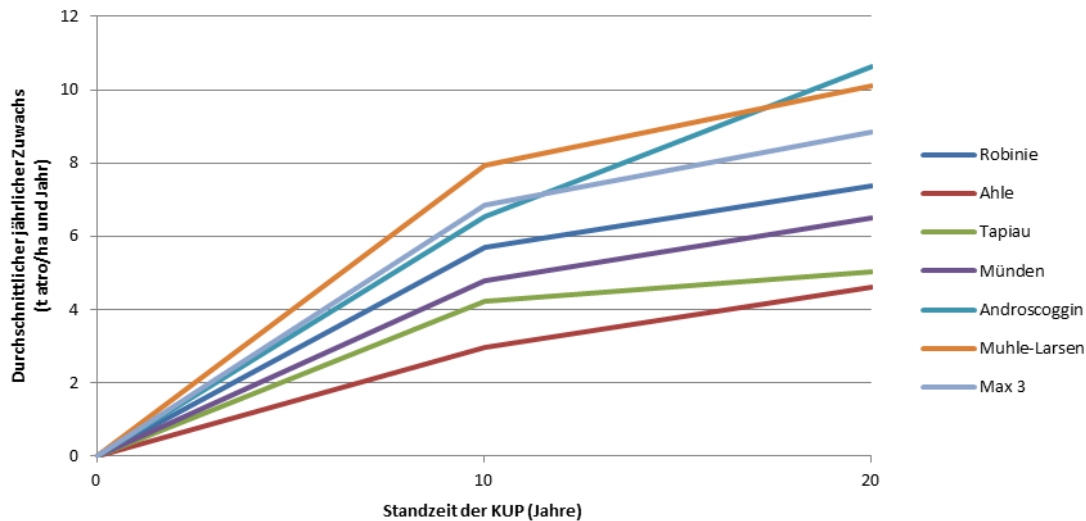


Abbildung 25: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs (durchschnittlicher Gesamtzuwachs (dGZ)) [t atro/ha+a] von Robinie, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von drei Balsampappelklonen in zehnjähriger Rotation, Neuhof 1993–2012.

Auch beim durchschnittlichen jährlichen Zuwachs (dGZ) beim jeweiligen Bezugsalter von 10 und 20 Jahren) wird das Ansteigen der Biomasseproduktion im zweiten Umtrieb sichtbar. In Neuhof erreichen aber nur zwei der Balsampappelklone, nämlich Androscoggin und Muhle-Larsen einen Zuwachs von über zehn Tonnen absolut trockene Biomasse pro Jahr und Hektar – in Wöllershof waren es nach 22 Jahren vier Klone, die diese Schwelle überschritten.

Tabelle 19: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs [t atro/ha+a] von Robinie, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von drei Balsampappelklonen in zehnjähriger Rotation, Neuhof 1993–2012.

Standzeit	Robinie	Ahle	Tapiau	Münden	Androscoggin	Muhle-Larsen	Max 3
10	5,7	3,0	4,2	4,8	6,5	8,0	6,8
20	7,4	4,6	5,0	6,5	10,6	10,1	8,9

3.3 Beuerberg

Wegen der geringen Flächengröße der Versuchsfläche entschloss man sich bei der ersten Massenermittlung zu einer Wiegung der gesamten aufgewachsenen Biomasse nach dem in Kapitel 2.5.1 beschriebenen Verfahren. Bei allen weiteren Ernten erfolgte die Ermittlung der Wachstumsleistung nach dem Massenlinienverfahren nach KOPETZKY-GERHARDT (KRAMER UND AKKA 1995).

3.3.1 Zuwachsmessungen der fünfjährigen Umtriebszeiten

Erster fünfjähriger Umtrieb

Die Abbildung 26 zeigt die Entwicklung der Durchschnittshöhen der in Beuerberg angebauten Baumarten und Klone. Die Balsampappeln wurden im Herbst des Begründungsjahres als gut 2 m große Heister gepflanzt, der unterste Abschnitt im Balkendiagramm stellt deshalb die Durchschnittshöhe zum Zeitpunkt der Pflanzung dar. Im darauffolgenden Jahr war das Wachstum

wegen des Pflanzschocks zunächst gering, doch schon 1996 zeigten die Balsampappeln eine gute Höhenzunahme, die bis zum Ende der Umtriebszeit anhielt. Die größte Durchschnittshöhe erreichte mit über 11 m der Balsampappelklon Trichobel. Roterle und Aspe wurden im Frühjahr 1994 als zweijährige Pflanzen eingebracht und waren zum Zeitpunkt der Ernte genaue genommen sieben Jahre alt. Ihr Wuchsverlauf ähnelt dem der in Beuerberg gepflanzten Balsampappeln. Nach einem schwachen Wuchs im Jahr nach der Pflanzung stieg das Höhenwachstum in den Folgejahren an. Die Aspe Astria erreichte eine Durchschnittshöhe von knapp 8 m, Roterle und Korbweide gut 5 m. Der Wuchsverlauf der Korbweide ist für die strauchige Art untypisch. In Beuerberg wurde sie als Steckling ohne Bodenbearbeitung in das Gras gepflanzt und zeigte deshalb durch die Konkurrenz der Begleitvegetation in den ersten beiden Jahren schwache Höhenwuchsleistungen, die sich dann von Jahr zu Jahr steigerten.

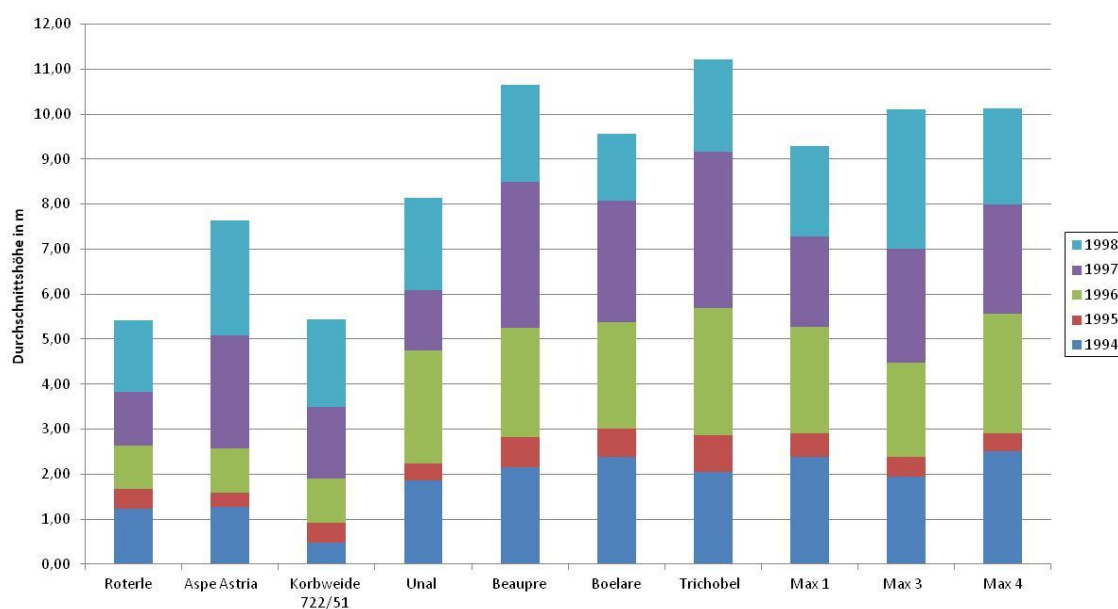


Abbildung 26: Entwicklung der Durchschnittshöhe von Roterle, der Aspensorte Astria, des Korbweidenklons 722/51 sowie von sieben Balsampappelklonen, Beuerberg, 1. fünfjähriger Umtrieb 1994–1998

Tabelle 20: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Roterle, der Aspensorte Astria, des Korbweidenklons 722/51 sowie von sieben Balsampappelklonen, Beuerberg, 1. fünfjähriger Umtrieb 1994–1998

Jahr	Roterle	Astria	Korbweide 722/51	Unal	Beaupre	Boelare	Trichobel	Max 1	Max 3	Max 4
1994	1,24	1,27	0,47	1,86	2,14	2,38	2,05	2,39	1,94	2,5
1995	0,43	0,32	0,45	0,38	0,68	0,63	0,82	0,52	0,44	0,42
1996	0,96	0,98	0,99	2,51	2,42	2,36	2,81	2,36	2,10	2,65
1997	1,19	2,52	1,59	1,34	3,24	2,70	3,49	2,01	2,52	2,43
1998	1,59	2,55	1,93	2,04	2,17	1,50	2,04	2,01	3,10	2,14

Abbildung 27 stellt den jährlichen Zuwachs an Biomasse während des ersten fünfjährigen Umtriebs in Tonnen Trockenmasse pro Hektar und Jahr dar. Die Balsampappel Trichobel ist mit knapp 9 t atro/ha*a Spitzenreiter, gefolgt von Beaupré und Max 1. Das Schlusslicht bei den Balsampappelklonen bildet der vom Pappelblattrost befallene Klon Unal. Roterle, Aspe und

Korbweide bleiben weit hinter den Balsampappeln zurück. Die Roterle war in Beuerberg allerdings bereits im ersten Umtrieb von der *Phytophthora*-Wurzelhalsfäule der Erle (*Phytophthora alni*) befallen, was sich negativ auf den Zuwachs auswirkte.

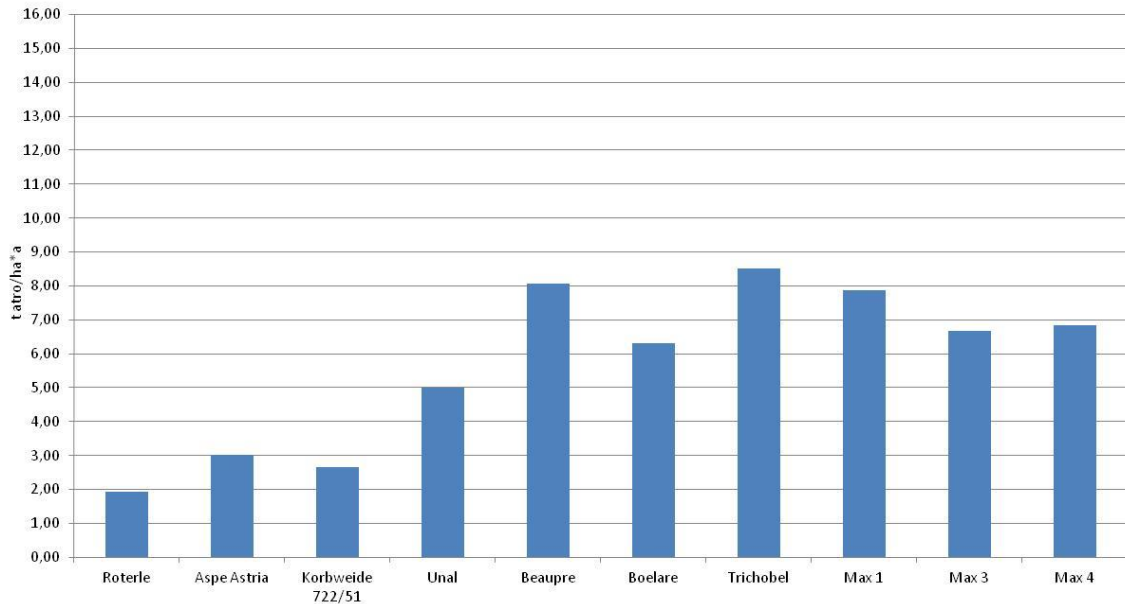


Abbildung 27: Massenleistung von Roterle, der Aspensorte Astria, des Korbweideklons 722/51 sowie von sieben Balsampappelklonen, Beuerberg, 1. fünfjähriger Umtrieb 1994–1998

Zweiter fünfjähriger Umtrieb

Während des zweiten Umtriebes fielen die Balsampappelklone Unal, Boelare und Beaupré wegen des Befalls mit Pappelblattrost aus. Die Roterle war durch den Befall mit der *Phytophthora*-Wurzelhalsfäule der Erle geschädigt und fast flächig ausgefallen. Der Wiederaustrieb der Korbweide 722/51 fiel dem Verbiss durch Rehwild teilweise zum Opfer. Neu hinzugekommen ist der Balsampappelklon 10/85 (Matrix 49), welcher in der ersten Umtriebszeit mit Setzruten nachgebessert wurde. Die Setzruten wurden zeitgleich mit den anderen Pappelsorten zum Ende der ersten Umtriebszeit geerntet und konnten deshalb im zweiten Umtrieb in die Auswertung einbezogen werden.

Trichobel erreicht auch im zweiten Umtrieb die größte Mittelhöhe, gefolgt von Max 3 mit knapp 10 m (Abbildung 28). Es fällt auf, dass die Balsampappel 10/85 im letzten Jahr fast kein Höhenwachstum zeigte. Die Ursache dafür mag bei dieser sehr wüchsigen Sorte Wassermangel im Extremsommer 2003 sein. Allerdings können auch andere Ursachen wie Gipfelbruch durch Sturm nicht ganz ausgeschlossen werden.

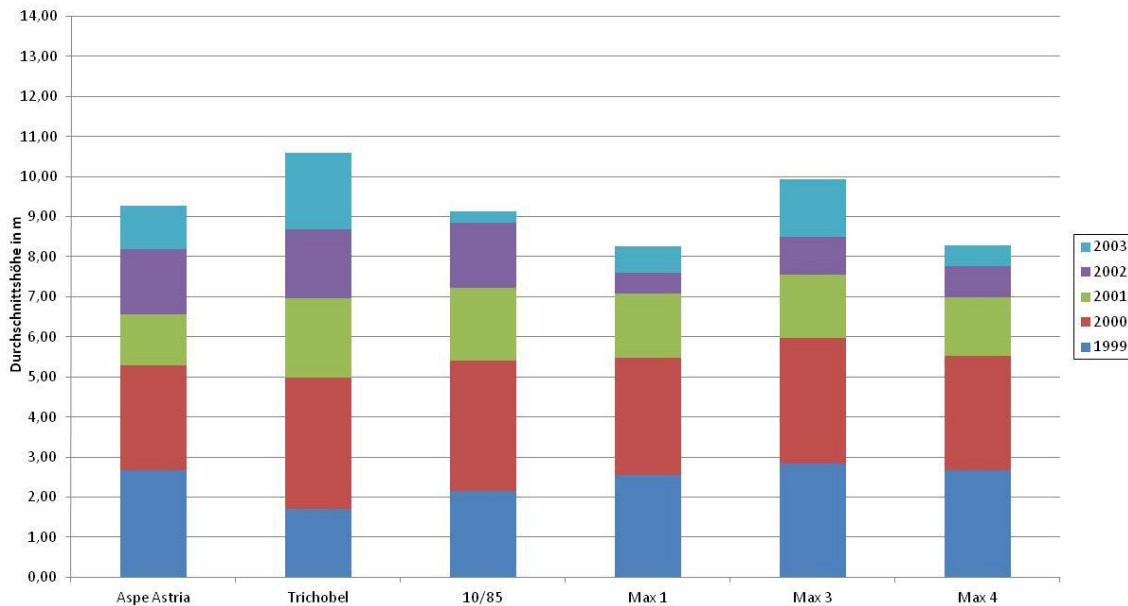


Abbildung 28: Entwicklung der Durchschnittshöhen der Aspensorte Astria sowie von fünf Balsampappelklonen, Beuerberg, 2. fünfjähriger Umtrieb 1999–2003

Tabelle 21: Jährlicher Höhenzuwachs [m] der Aspensorte Astria sowie von fünf Balsampappelklonen, Beuerberg, 2. fünfjähriger Umtrieb 1999–2003

Jahr	Astria	Trichobel	10/85	Max 1	Max 3	Max 4
1999	2,68	1,70	2,15	2,55	2,83	2,67
2000	2,60	3,29	3,25	2,93	3,14	2,86
2001	1,27	1,96	1,82	1,61	1,59	1,46
2002	1,63	1,72	1,63	0,50	0,93	0,77
2003	1,09	1,93	0,29	0,67	1,44	0,53

Ein etwas anderes Bild bietet sich bei der Darstellung der zugewachsenen Biomasse in Abbildung 29. Hier bildet der Balsampappelklon 10/85 mit knapp 13 t atro/ha*a Zuwachs die Spitze, gefolgt von Max 3 mit knapp 12 t atro/ha*a. Die Balsampappel mit dem größten Höhenzuwachs, Trichobel, fällt in der Biomasseproduktion stark zurück. Der Grund dafür ist der schlanke, geradschaftige Wuchs dieses Klons. Auch die Aspe Astria erreicht mit knapp 10 t atro/ha*a im zweiten Umtrieb einen guten Wert und übertrifft ihren Zuwachs im ersten Umtrieb um mehr als das Dreifache.

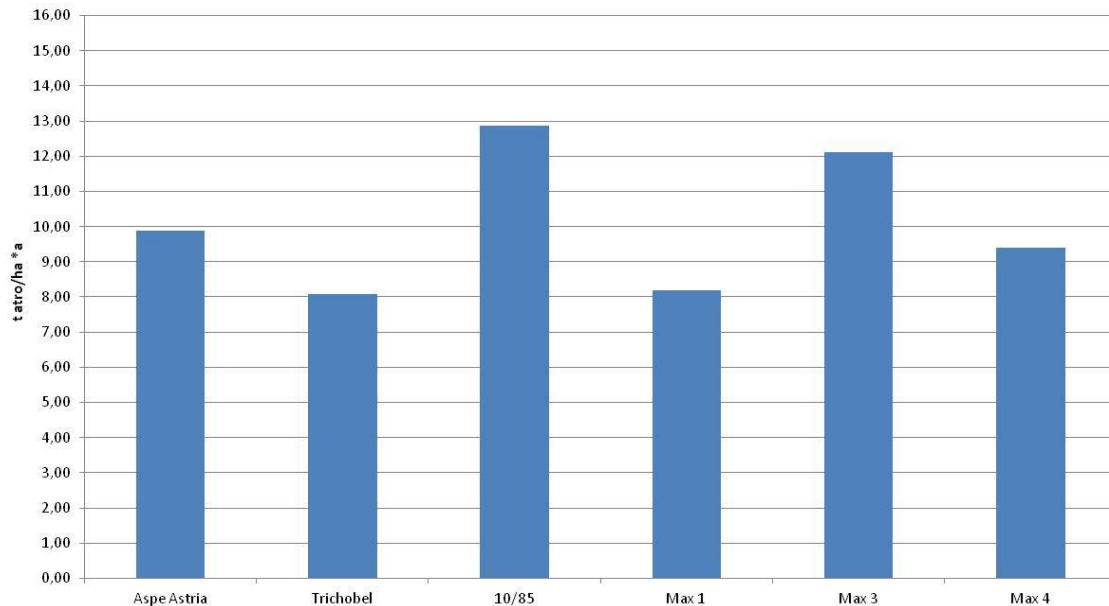


Abbildung 29: Massenleistung der Aspensorte Astria sowie von fünf Balsampappelklonen, Beuerberg, 2. fünfjähriger Umtrieb 1999–2003

Dritter fünfjähriger Umtrieb

Wegen der geringen Größe der Versuchsfläche wurden in der dritten Rotation die beiden zunächst zehnjährig bewirtschafteten Aspenklone Ahle und Münden in den fünfjährigen Umtrieb mit einbezogen. Beide sind in den Abbildungen 30 und 31 mit dargestellt. Der Pflanzverband zwischen zehn- und fünfjährigen Umtrieb unterscheidet sich in Beuerberg nicht. Die Aspe Tapiau wurde in der dritten Rotation nicht mehr aufgenommen, da es sich beim Wiederaustrieb fast ausschließlich um Wurzelbrut handelte.

In der dritten Rotationsperiode liegen die durchschnittlichen Höhen der Balsampappelklone in Beuerberg in einer recht geringen Spanne zwischen 10 und 11,5 m (Abbildung 30). Auch die Aspen Astria und Münden erreichen eine Endhöhe von 10 m. Lediglich die Aspe-sorte Ahle fällt mit durchschnittlich nur 7 m hinter die anderen angebauten Pappeln zurück. Die jährlichen Zuwächse sind im Verlauf des Umtriebs relativ gleichmäßig (Tabelle 22), nur im fünften Standjahr sind sie auf Grund der zunehmenden intraspezifischen Konkurrenz bei einigen Klonen etwas geringer.

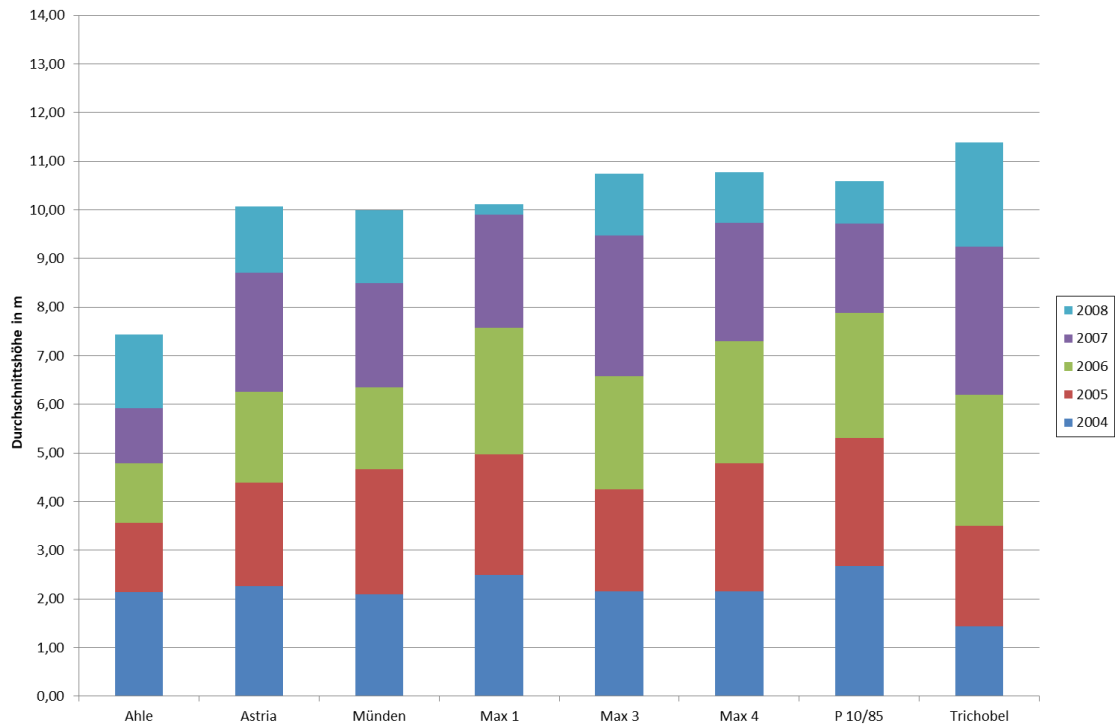


Abbildung 30: Entwicklung der Durchschnittshöhen der Aspensorten Ahle, Astria und Münden sowie von fünf Balsampappelklonen, Beuerberg, 3. fünfjähriger Umtrieb 2004-2008.

Tabelle 22: Jährlicher Höhenzuwachs [m] der Aspensorten Ahle, Astria und Münden sowie von fünf Balsampappelklonen, Beuerberg, 3. fünfjähriger Umtrieb 2004-2008.

Jahr	Ahle	Astria	Münden	Max 1	Max 3	Max 4	P 10/85	Trichobel
2004	2,14	2,26	2,09	2,49	2,15	2,16	2,67	1,44
2005	1,42	2,14	2,57	2,47	2,10	2,63	2,63	2,06
2006	1,23	1,87	1,69	2,61	2,32	2,51	2,59	2,69
2007	1,12	2,44	2,13	2,32	2,90	2,43	1,83	3,05
2008	1,52	1,37	1,51	0,22	1,26	1,05	0,87	2,14

Mit Ausnahme der Aspe Ahle, die nur sehr schlecht wieder austrieb, und dem Balsampappelklon Trichobel konnte die Massenleistung im dritten fünfjährigen Umtrieb gegenüber der vorherigen Rotation auf 11-13 t atro/ha*a Biomasse gesteigert werden (Abbildung 31). P 10/85 (Matrix 49) hat wie im zweiten Umtrieb einen Massenzuwachs von 13 t atro/ha*a und ist der ertragsreichste Klon in Beuerberg.

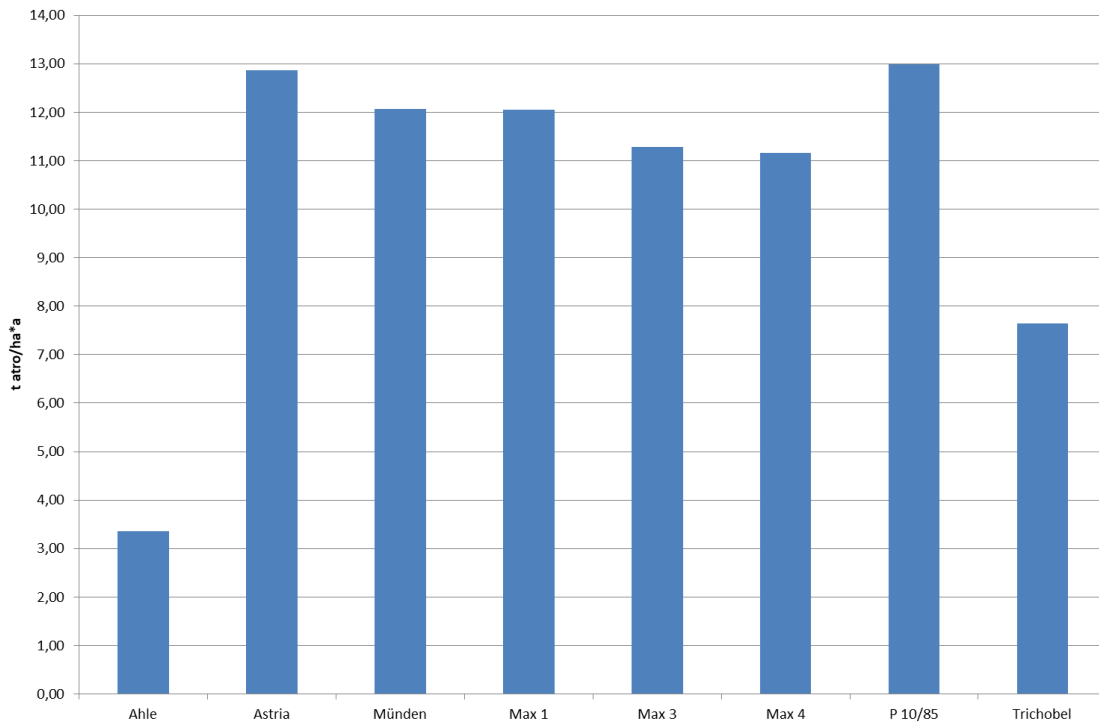


Abbildung 31: Massenleistung der Aspensorten Ahle und Astria sowie von sechs Balsampappelklonen, Beuerberg, 3. fünfjähriger Umtrieb 2004-2008

Vierter fünfjähriger Umtrieb

Die planmäßige Ernte der Versuchsfläche Beuerberg im Winter 2013/14 musste aufgrund der milden Witterung um ein Jahr verschoben werden. In Abbildung 32 und Tabelle 23 sind daher sechs Jahre dargestellt. Im sechsten (außerplanmäßigem) Standjahr legten alle Sorten fast 2 m an Höhe zu, so dass sich Endhöhen von durchschnittlich 11,5 m ergaben. Der Klon P10/85 (Matrix) erreichte sogar eine Endhöhe von 14,5 m, während Max 1, Max 3 und Max 4 etwas über 12 m hoch waren. Die Aspen Astria und Münden waren nach sechs Jahren um die 10 m hoch. Die Korbweide konnte nach sehr starkem Verbiss durch das Rehwild im zweiten und dritten Umtrieb wieder aufgenommen werden und erreichte eine Durchschnittshöhe von immerhin 8,5 m. Die Aspensorte Ahle trieb so gut wie nicht mehr aus und konnte deshalb nicht bonitiert werden. Der Balsampappelklon Trichobel wurde vom Pappelblattrost geschädigt und starb ab.

Die geringen Zuwächse im Jahr 2013 können durch die Sturmschäden auf der Fläche erklärt werden, welche bei einzelnen Bäumen zu geringeren Höhen als im Vorjahr führten. Vor allem die Triebe der Korbweide und der Aspensorte Münden wurden durch den Sturm heruntergedrückt oder abgebrochen.

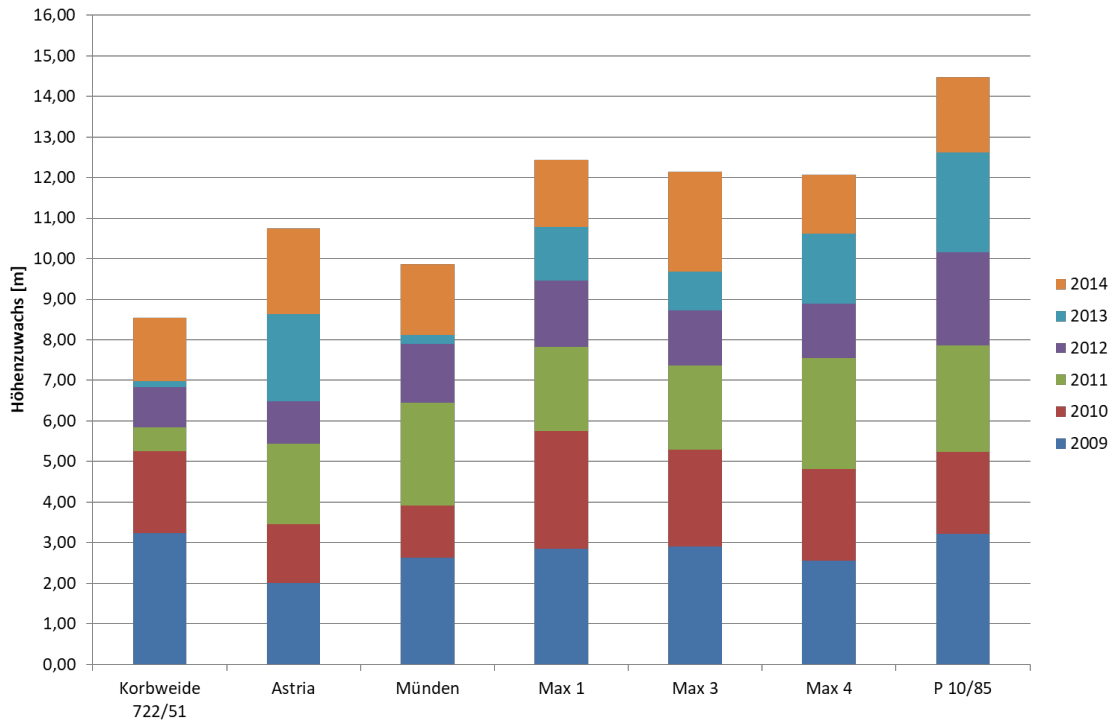


Abbildung 32: Jährlicher Höhenzuwachs einer Korbweide, der Aspensorten Astria und Münden und der Balsampappelklone Max 1, Max 3 und Max 4 und P 10/85 (Matrix), 4. fünfjähriger Umtrieb, Beuerberg 2009-2014.

Tabelle 23: Jährlicher Höhenzuwachs [m] der Korbweide 722/51, der Aspensorten Astria und Münden und der Balsampappelklone Max 1, Max 3 und Max 4 und P 10/85 (Matrix), Beuerberg, 4. fünfjähriger Umtrieb 2009-2014.

Jahr	Korbweide 722/51	Astria	Münden	Max 1	Max 3	Max 4	P 10/85
2009	3,23	2,00	2,62	2,86	2,90	2,56	3,22
2010	2,03	1,45	1,29	2,89	2,39	2,25	2,02
2011	0,58	1,99	2,53	2,07	2,08	2,74	2,62
2012	0,98	1,04	1,46	1,64	1,36	1,35	2,30
2013	0,16	2,14	0,22	1,32	0,96	1,71	2,45
2014	1,55	2,12	1,74	1,66	2,46	1,46	1,85

Die jährliche Biomasseleistung (Abbildung 33) betrug bei der Korbweide 722/51 etwas über 7 t atro. Wie schon in den vorherigen Wuchszyklen bildeten die Aspe Münden und der Balsampappelklon P 10/85 (Matrix) die meiste Biomasse mit etwa 13 t atro/ha*a. Die anderen Balsampappeln und die Aspe Astria lieferten zwischen 10 und 12 t atro/ha*a Biomasse. Der gute Wuchs der Aspe Münden überrascht in Beuerberg, da diese auf den anderen Standorten des Projekts nicht mit der Balsampappel konkurrieren kann.

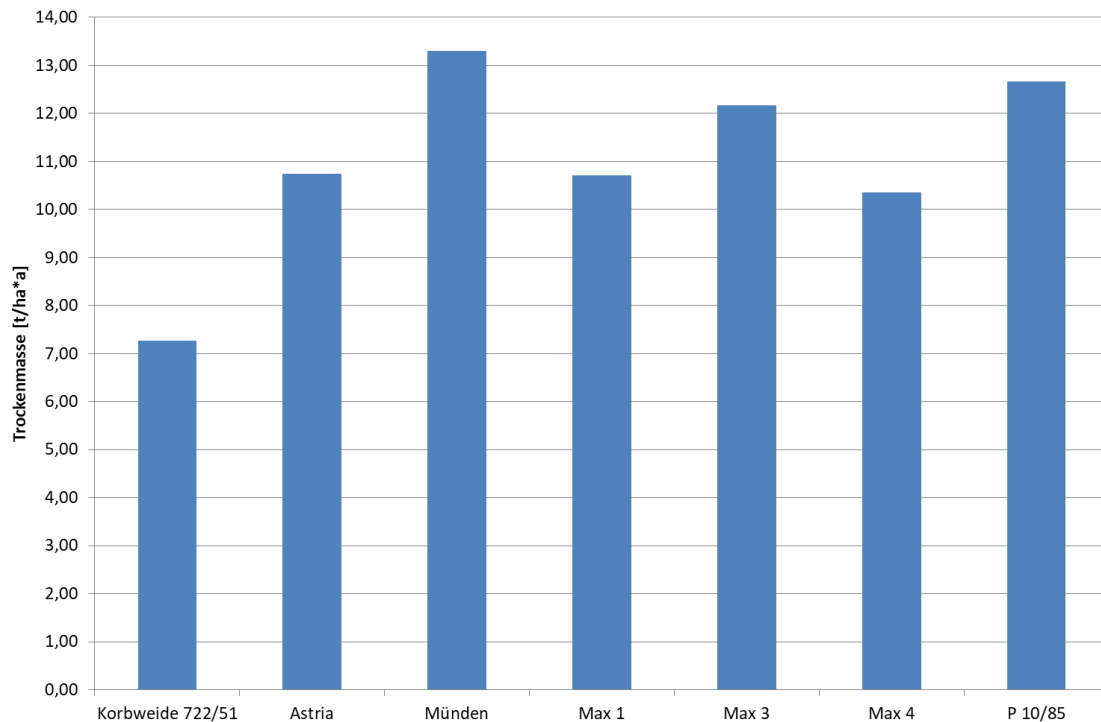


Abbildung 33: Massenleistung von Korbweide, der Aspensorten Astria und Münden und der Balsampappelklone Max 1, Max 3 und Max 4 und P 10/85 (Matrix) nach sechs Vegetationsperioden, 4. Umtrieb, Beuerberg 2009-2014.

Fünfter fünfjähriger Umtrieb

Die Korbweide zeigt in Beuerberg einen – für diese strauchartige Art – typischen, mit jedem Jahr abnehmenden Höhenzuwachs. Im letzten Jahr des fünfjährigen Umtriebs bleibt der Höhenzuwachs vollkommen aus. Bei einer Kontrolle im Frühjahr 2017 wiesen vor allem die Max-Klone Schneebruch-Schäden auf, was in diesem Jahr zu einem reduzierten Höhen-Zuwachs führte. Im letzten Jahr des fünften 5-jährigen Umtriebs erreichte der Klon P 10/85 (Handelsname Matrix) mit 12,6 m die größte Durchschnittshöhe (Abbildung 34).

Die Höhen der Aspen Münden, Astria und Ahle wurden nicht mehr aufgenommen, da sich der Wiederaustrieb vor allem als Wurzelbrut darstellte. Der Balsampappelklon Trichobel zeigte nach der vierten Ernte nur noch eine geringe Fähigkeit zum Wiederaustrieb und wurde ebenso aus der Messung genommen.

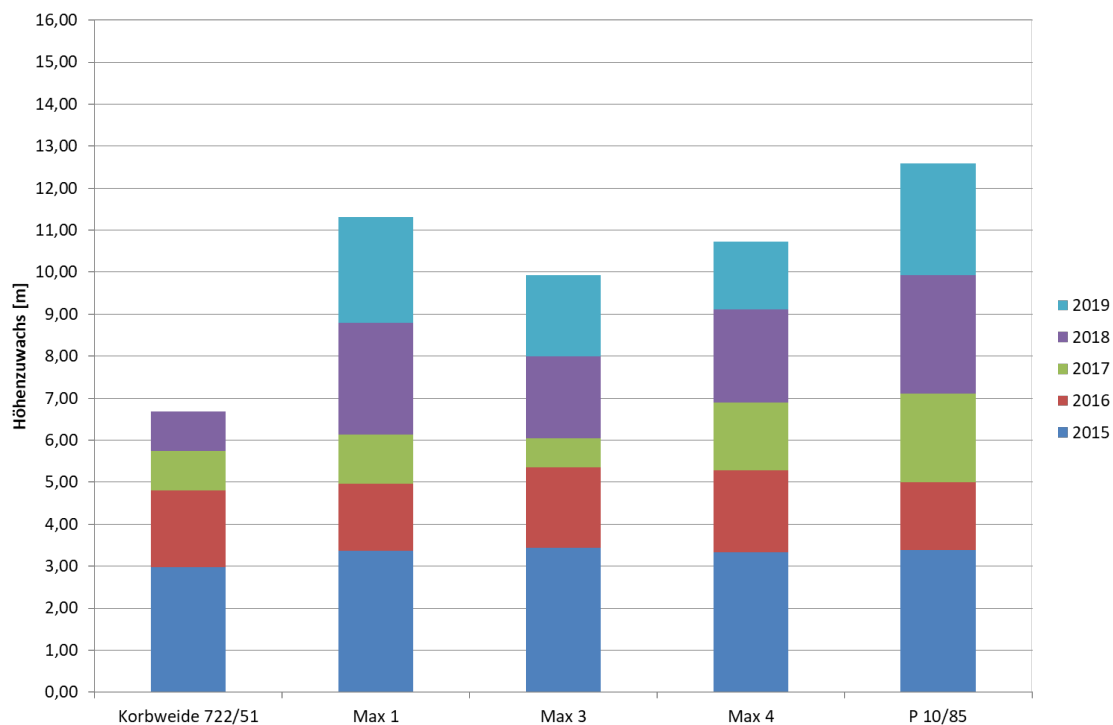


Abbildung 34: Jährlicher Höhenzuwachs einer Korbweide sowie von vier Balsampappelklonen, 5. fünfjähriger Umtrieb. Beuerberg 2015-2019.

Tabelle 24: Jährlicher Höhenzuwachs [m] einer Korbweide sowie von vier Balsampappelklonen, 5. fünfjähriger Umtrieb. Beuerberg 2015-2019.

Jahr	Korbweide 722/51	Max 1	Max 3	Max 4	P 10/85
2015	2,98	3,36	3,43	3,33	3,38
2016	1,82	1,60	1,17	2,66	2,52
2017	0,95	1,17	0,69	1,62	2,11
2018	0,93	2,66	1,95	2,20	2,81
2019	0,00	2,52	1,94	1,62	2,67

Abbildung 35 stellt die Biomasseleistungen der fünf Klone in Beuerberg dar. Die Korbweide erzielte den geringsten Zuwachs mit 5,5 t Trockenmasse pro Jahr und Hektar. Der Balsampappelklon Max 4 hatte mit 13 t atro/ha*a den höchsten Holzertrag, dicht gefolgt von P 10/85 (Matrix 49) mit 12,7 Tonnen. Insgesamt ist die Wuchsleistung der verbliebenen Balsampappelsorten in Beuerberg als zufriedenstellend bis gut zu beurteilen. Im Vergleich mit den vorherigen Rotationen ist bisher keine Abnahme der Biomasseleistungen festzustellen. In den Rotationen 2 bis 5 wurden von den Balsampappelklonen kontinuierlich Masseleistungen zwischen 10 und 13 t atro/ha *a erbracht.

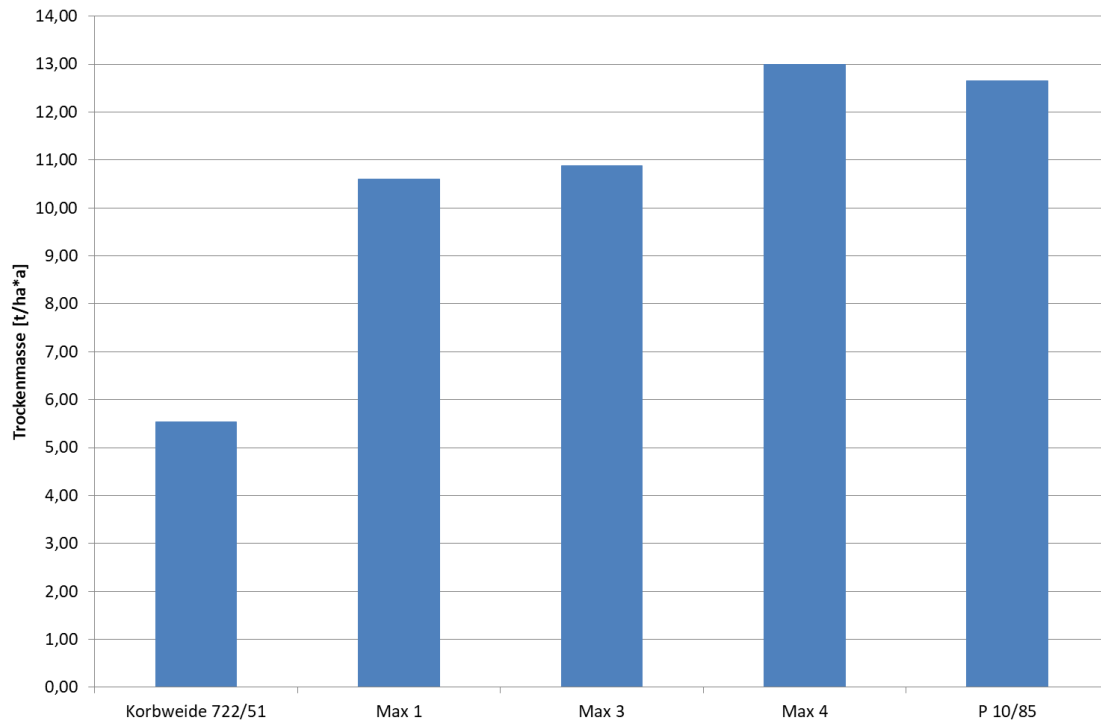


Abbildung 35: Biomassezuwachs einer Korbweide sowie von vier Balsampappelklonen, 5. fünfjähriger Umtrieb. Beuerberg 2015-2019.

3.3.2 Entwicklung der Masseleistung bei fünfjähriger Rotation

Tabelle 25: Massenleistung [t atro/ha*a] von Roterle, des Korbweideklons 722/51, der Aspensorten Astria, Münden und Ahle sowie von sieben Balsampappelklonen in fünfjähriger bzw. zehnjähriger Rotation, Beuerberg 1994–2019.

	Roterle	Korbweide 722/51	Ahle	Astria	Münden	Unal	Beaupré	Boelare	Trichobel	Max 1	Max 3	Max 4	10/85
1994-1998	1,9	2,7	6,3	3,0	8,5	5,0	8,1	6,3	8,5	7,9	6,7	6,8	
1999-2003				9,9						8,1	8,2	12,1	9,4
2004-2008			3,4	12,9	12,1				7,6	12,1	11,3	11,2	13,0
2009-2014		7,3		10,7	13,3					10,7	12,2	10,3	12,7
2015-2019		5,5								10,6	10,9	13,0	12,7

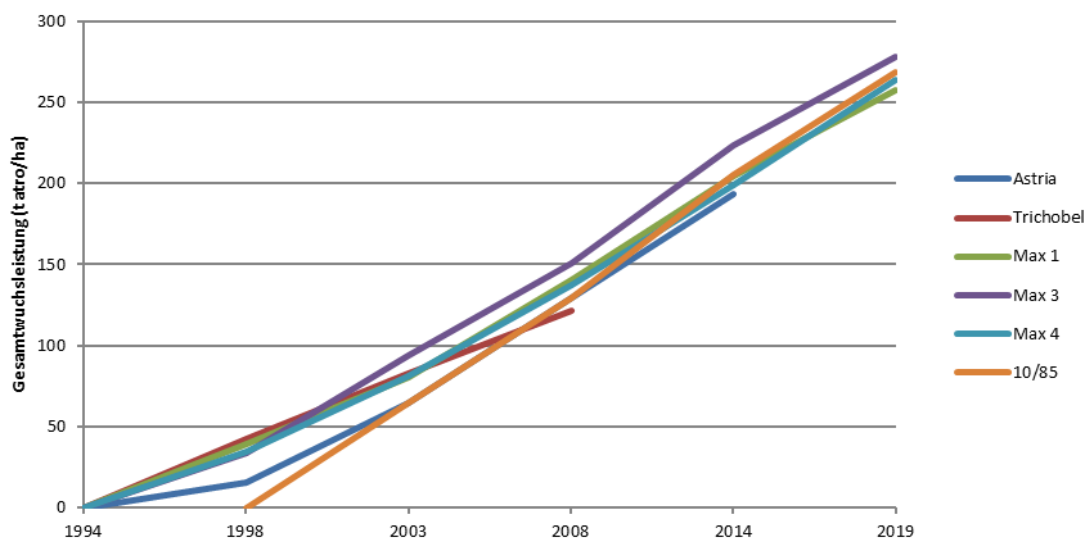


Abbildung 36: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] der Aspensorte Astria sowie der Balsampappelklone in fünfjähriger Rotation, Beuerberg 1994–2019.

In der Darstellung der Gesamtwuchsleistung zeigen die Linien einen recht gleichmäßigen Verlauf. Ein Knick ist am ehesten am Übergang von der ersten zur zweiten Umtriebszeit zu erkennen. Die Aspe Astria und der Balsampappelklon Max 3 wachsen ab diesem Zeitpunkt besser, während Trichobel und die genetisch identischen Max 1 und Max 4 ausgeglicheneren Wuchsverläufe aufweisen. Der Klon 10/85 (Matrix 49) wurde während der ersten Rotation mit Setzruten gepflanzt und startet daher erst im Jahr 1998 bei der Nulllinie.

Tabelle 26: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] der Aspensorte Astria sowie der Balsampappelklone in fünfjähriger Rotation, Beuerberg 1994–2019.

	Astria	Trichobel	Max 1	Max 3	Max 4	10/85
1994-1998	15,2	42,6	39,3	33,4	34,2	
1994-2003	64,7	82,9	80,2	94,0	81,1	64,4
1994-2008	129,0	121,1	140,5	150,4	137,0	129,3
1994-2014	193,4	204,7	204,7	223,3	199,0	205,2
1994-2019			257,7	277,7	263,9	268,5

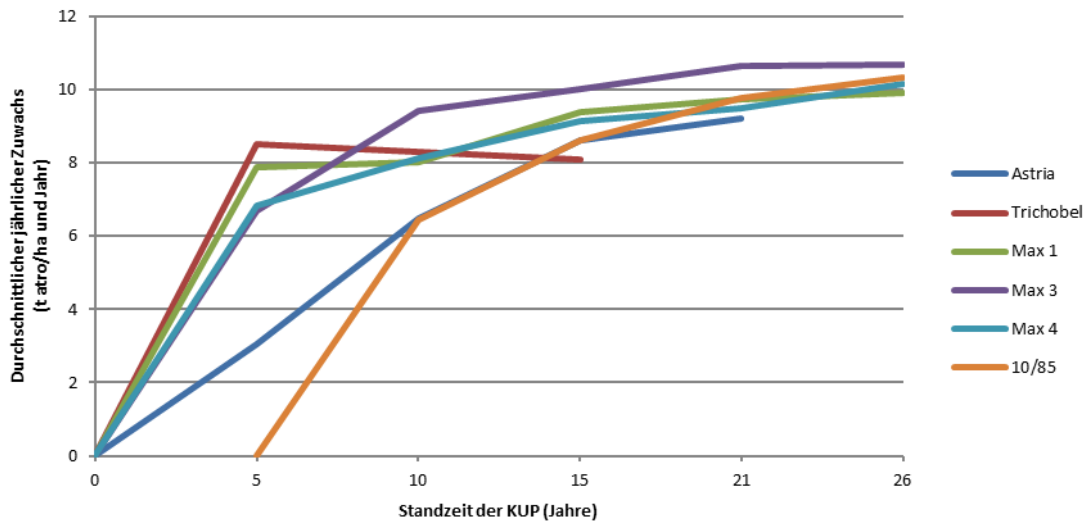


Abbildung 37: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs (dGZ) [t atro/ha+a] der Aspensorte Astria sowie der Balsampappelklone in fünf- bzw. sechsjähriger Rotation, Beuerberg 1994–2019.

Die Darstellung des durchschnittlichen jährlichen Zuwachses (dGZ) zeigt bei fast allen Baumarten und Klonen – mit der Ausnahme von Trichobel – eine Zunahme. Bis auf Trichobel und Astria erreichen alle in Beuerberg angebauten Balsampappelklone eine Wuchsleistung von 10 Tonnen atro pro Jahr und Hektar, meist aber erst in der fünften Rotation.

Tabelle 27: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs [t atro/ha+a] der Aspensorte Astria sowie der Balsampappelklone in fünfjähriger Rotation, Beuerberg 1994–2019.

Standzeit	Astria	Trichobel	Max 1	Max 3	Max 4	10/85
5	3,0	8,5	7,9	6,7	6,8	
10	6,5	8,3	8,0	9,4	8,1	6,4
15	8,6	8,1	9,4	10,0	9,1	8,6
21	9,2		9,7	10,6	9,5	9,8
26			9,9	10,7	10,2	10,3

3.3.3 Zuwachsmessungen der zehnjährigen Umtriebszeit

Zehnjähriger Umtrieb

Von 1994 bis 2003 wurde ein Teil der Parzellen in Beuerberg mit den Aspen Ahle, Tapiau, Münden und dem Balsampappelklon Max 3 im zehnjährigen Umtrieb bewirtschaftet. Der Pflanzverband entspricht mit 6.660 Pflanzen/ha derselben Pflanzdichte wie im U5. Nach der ersten Ernte wurden die betreffenden Parzellen in den fünfjährigen Umtrieb integriert.

Die Aspen Ahle und Münden erreichen Höhen bis zu 13 m nach 10 Jahren Standzeit, Tapiau und Max 3 schneiden schlechter ab (Abbildung 38). Während die drei Aspen einen Wuchsvorsprung durch die Pflanzengröße hatten, sieht man bei der als Steckling eingebrachten Max 3 deutlich die Konkurrenzwirkung der Grasvegetation. Erst 1996 erreicht sie eine Durchschnittshöhe von knapp zwei Metern.

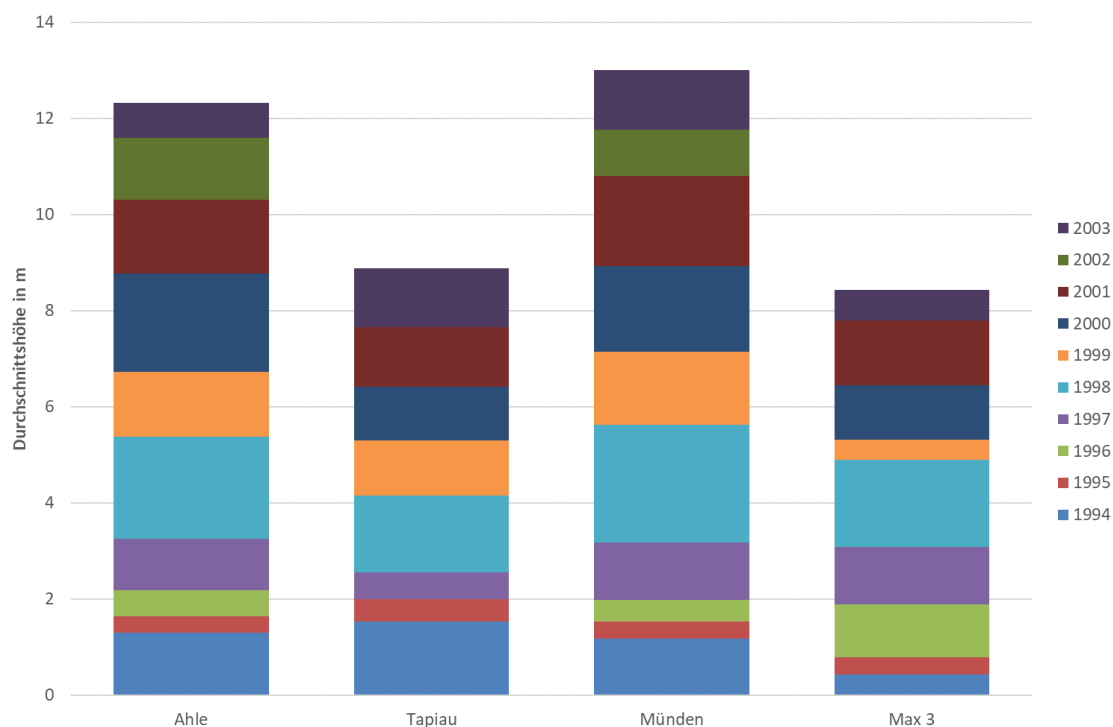


Abbildung 38: Entwicklung der Durchschnittshöhe der Aspensorte Ahle, Tapiau, Münden und des Balsampappelklons Max 3, Beuerberg, 1. zehnjähriger Umtrieb 1994–2003.

Tabelle 28: Jährlicher Höhenzuwachs [m] der Aspensorte Ahle, Tapiau, Münden und des Balsampappelklons Max 3, Beuerberg, 1. zehnjähriger Umtrieb 1994–2003.

Jahr	Ahle	Tapiau	Münden	Max 3
1994	1,3	1,53	1,17	0,44
1995	0,34	0,47	0,37	0,35
1996	0,55	0	0,45	1,1
1997	1,06	0,56	1,19	1,2
1998	2,12	1,59	2,44	1,8
1999	1,36	1,15	1,52	0,42
2000	2,04	1,12	1,79	1,14
2001	1,54	1,24	1,87	1,34
2002	1,28	0	0,96	0
2003	0,73	1,22	1,24	0,64

In Abbildung 39 ist die jährliche Trockenmasseleistung der vier Prüfglieder während des ersten Umtriebs abgebildet. Die höchste Masseleistung erbrachte die Aspe Münden mit 8,5 t atro/ha*a. Obwohl der Höhenzuwachs der Balsampappel Max 3 relativ gering ist, liegt die Masseleistung mit 7,9 t höher als bei der Ahle mit 6,3 t. Die Sorte Tapiau produziert mit 4,5 t die geringste Trockenmasse pro Jahr und Hektar.

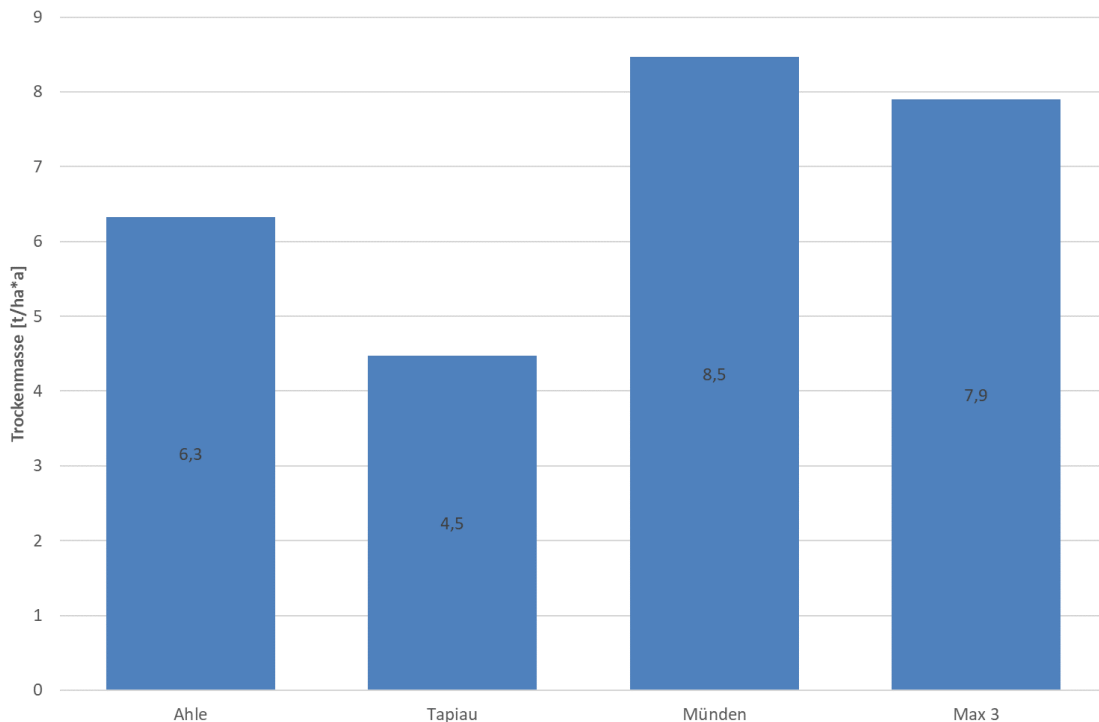


Abbildung 39: Masseleistung der Aspensorten Ahle, Tapiou, Münden und des Balsampappelklons Max 3, Beuerberg, 1. zehnjähriger Umtrieb 1994–2003.

3.4 Schwarzenau

3.4.1 Zuwachsmessungen der fünfjährigen Umtriebszeiten

Erster fünfjähriger Umtrieb

Wegen der standörtlichen Gegebenheiten der Versuchsfläche (mäßig trockener bis mäßig wechsellöcheriger Sand) kam es im recht warmen Sommer des Anlagejahrs 1994 zu zahlreichen Ausfällen. Besonders schlecht entwickelten sich die gepflanzten Aspensorten, die z. T. parzellenweise ausfielen. Auch Balsampappeln und Korbweiden wiesen hohe Ausfälle auf; etwas dichter bestockte Parzellen wurden daher im Herbst 1994 mit Pflanzen aus lückigeren Parzellen komplettiert. Da das Anwachsen dieser Pflanzung nicht gesichert war, wurde im Jahr 1994 auf eine Ermittlung der Durchschnittshöhen verzichtet. Im Frühjahr des Folgejahres legte man die entstandenen leeren Parzellen neu an und komplettierte die vorhandenen Parzellen noch einmal mit Stecklingen und Setzruten. Während die im Frühjahr 1995 gesetzten Stecklinge gut anwachsen, fielen die Setzruten auf dem wasserdurchlässigen Sand zu fast 100 Prozent aus.

Die erste Höhenmessung erfolgte im zweiten Winter 1995/96. Der blaue Balken in Abbildung 40 stellt den Höhenwuchs der Baumarten Korbweide und Balsampappel in den Jahren 1994 und 1995 dar. Da die bonitierten Bäume wie oben beschrieben zu drei verschiedenen

Zeitpunkten gesetzt bzw. gepflanzt wurden, sind die Werte nicht repräsentativ und nicht mit anderen KUP-Pflanzungen vergleichbar.

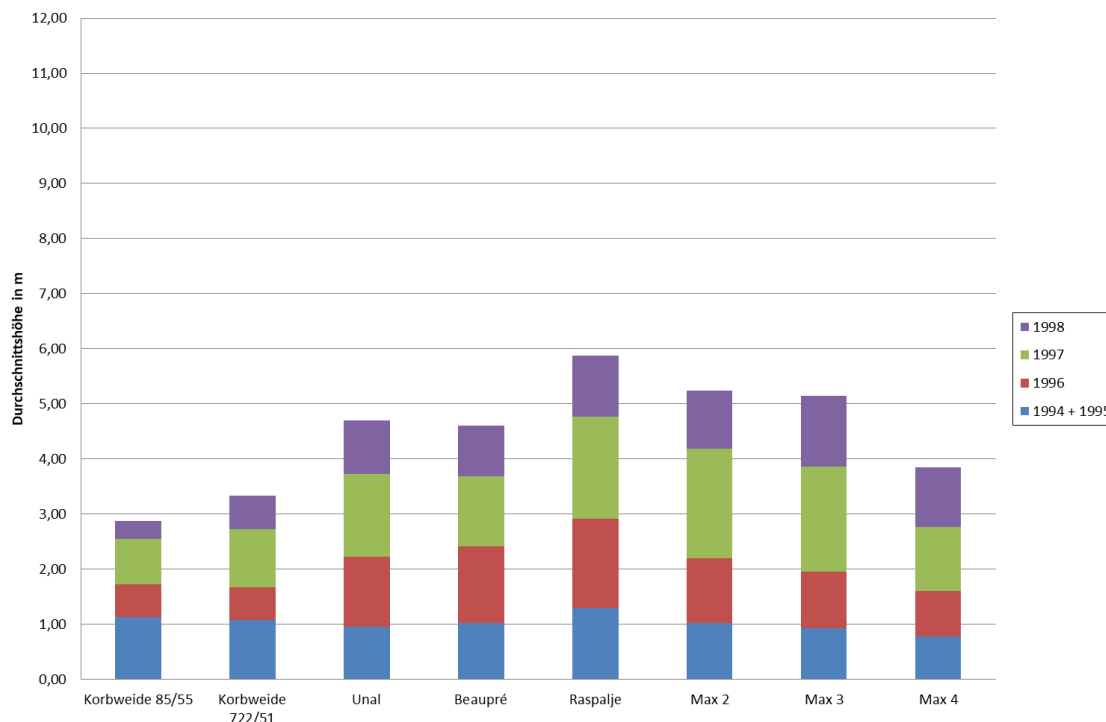


Abbildung 40: Entwicklung der Durchschnittshöhen von zwei Klonen der Korbweide und fünf Balsampappelklonen, Schwarzenau, 1. fünfjähriger Umtrieb 1994–1998

Tabelle 29: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von zwei Klonen der Korbweide und fünf Balsampappelklonen, Schwarzenau, 1. fünfjähriger Umtrieb 1994–1998

Jahr	Korbweide 85/55	Korbweide 722/51	Unal	Beaupré	Raspalje	Max 2	Max 3	Max 4
1994+1995	1,13	1,07	0,96	1,02	1,29	1,02	0,93	0,78
1996	0,59	0,59	1,26	1,40	1,62	1,17	1,03	0,81
1997	0,82	1,06	1,51	1,26	1,86	2,00	1,90	1,17
1998	0,32	0,60	0,97	0,92	1,11	1,05	1,28	1,08

Die niedrigsten Mittelhöhen nach fünf Jahren erreichten die Korbweiden mit etwa 3 m. Besser schnitten die fünf Balsampappeln ab mit durchschnittlich 5 m Höhe. Die höchste Mittelhöhe erreichte Raspalje mit fast 6 m. Die Klone Raspalje, Beaupré und Unal, die auf allen anderen Versuchsflächen am Pappelblattrost litten und z. T. bereits ganz ausgefallen sind, zeigten in Schwarzenau relativ gute Höhenwuchsleistungen. Dies ist wahrscheinlich auf das Fehlen der Lärche in der näheren Umgebung der Versuchsfläche, die der Erreger des Pappelblattrostes als Haplontenwirt benötigt sowie auf das warm trockene Klima zurückzuführen.

Auf Grund der Schwierigkeiten bei der Begründung und des schlechten Wuchses im ersten Umtrieb wurde in Schwarzenau auf eine statistische Ermittlung des Biomasse-Zuwachses verzichtet. Lediglich drei besonders gut gewachsene Parzellen wurden im Winter 1998/99 gefällt und komplett gewogen (Verfahren nach Kapitel 2.5.1). Die beste Wuchsleistung erzielte

Raspalje mit 4,9 t atro/ha*a, gefolgt von Max 3 mit 3,93 t atro/ha*a und Beaupré mit 3,75 t atro/ha*a. Die restlichen Parzellen wurden ein Jahr später – nach sechs Standjahren – im Winter 1999/2000 ohne zusätzliche Höhenmessung und Massenermittlung hochmechanisiert beerntet.

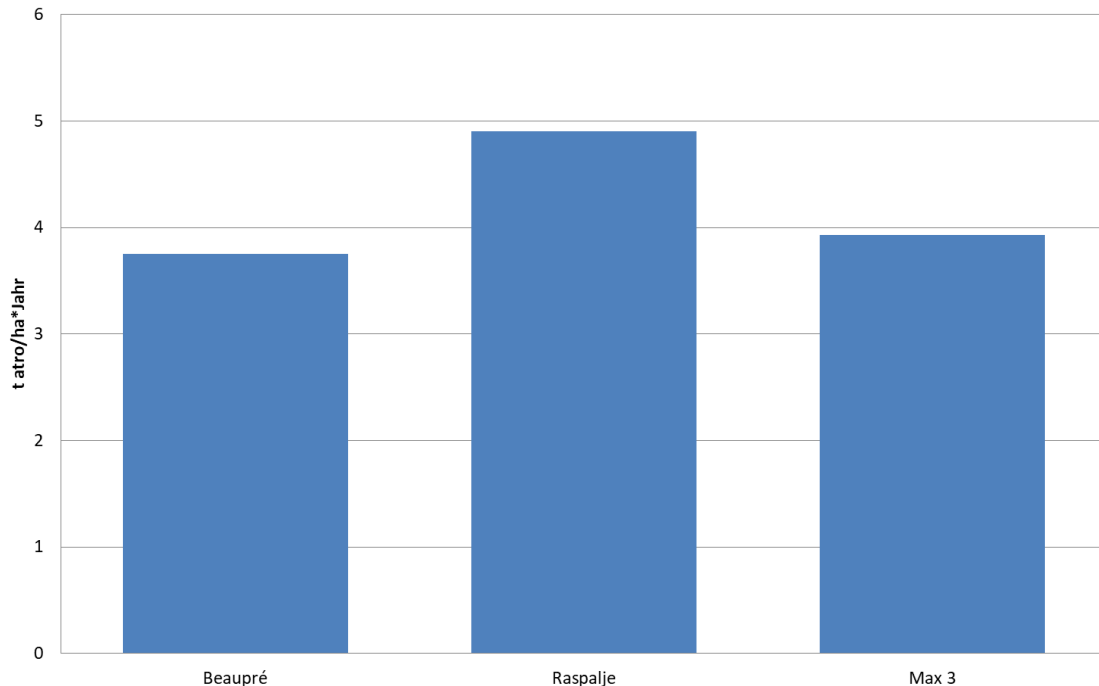


Abbildung 41: Massenleistung von drei Balsampappelklonen, Schwarzenau, 1. fünfjähriger Umtrieb 1994-1998.

Zweiter fünfjähriger Umtrieb

Der Wiederaustrieb der Balsampappeln in Schwarzenau entwickelte sich deutlich wuchskräftiger als die erste Rotation. Im Gegensatz dazu stand die Korbweide; sie trieb nur lückig und schwach aus und wurde daher nicht mehr aufgenommen. Die sechs dargestellten Balsampappelklone zeigten in den ersten drei Jahren sehr gute Höhenzuwächse (Abbildung 42 und Tabelle 30). Der Jahrhundertssommer 2003 wirkte sich deutlich sichtbar negativ auf das Höhenwachstum aus. Nach fünf Jahren liegen die Höhen der Balsampappeln zwischen 7,5 und 9 m relativ dicht beieinander. Unal schneidet mit 7,5 m am schlechtesten ab. Max 3 erreicht mit knapp über 9 m die größte Durchschnittshöhe.

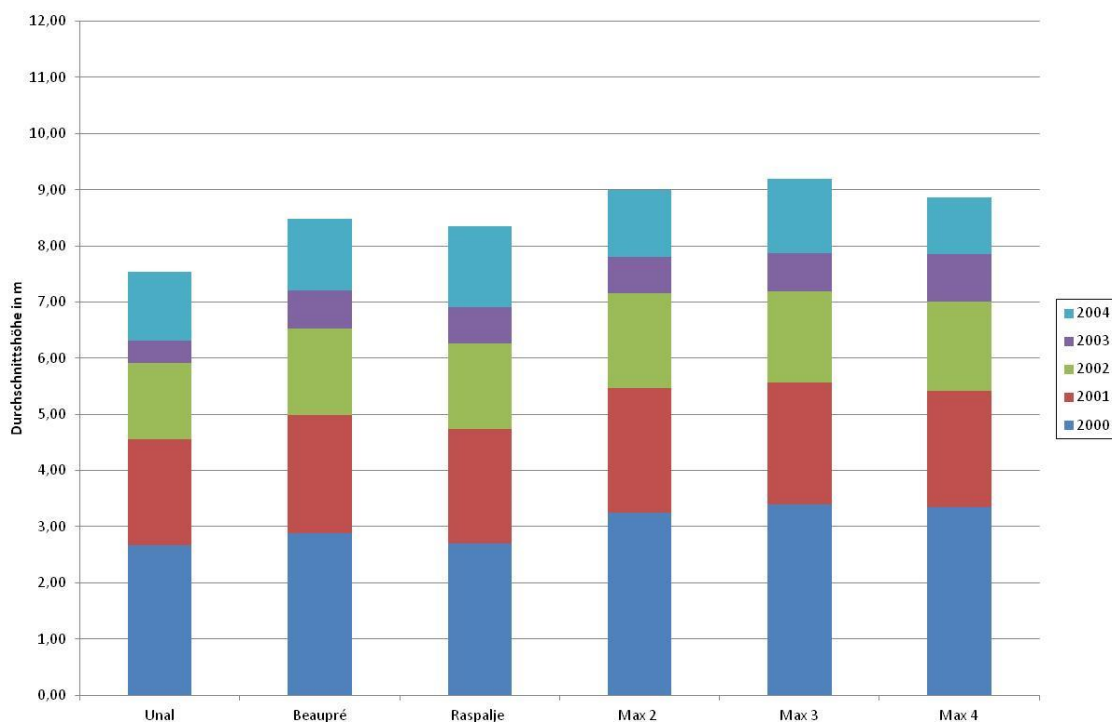


Abbildung 42: Entwicklung der Durchschnittshöhen von sechs Balsampappelklonen, Schwarzenau, 2. fünfjähriger Umtrieb 2000-2004

Tabelle 30: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von sechs Balsampappelklonen, Schwarzenau, 2. fünfjähriger Umtrieb 2000-2004

Jahr	Unal	Beaupré	Raspalje	Max 2	Max 3	Max 4
2000	2,67	2,88	2,70	3,25	3,39	3,34
2001	1,88	2,10	2,04	2,22	2,17	2,08
2002	1,36	1,55	1,52	1,69	1,63	1,58
2003	0,40	0,67	0,65	0,65	0,68	0,85
2004	1,22	1,29	1,43	1,18	1,32	1,01

In der Darstellung des Biomasse-Zuwachses in Abbildung 43 werden die Unterschiede zwischen den Klonen deutlicher. Die nicht gegen den Pappelblattrost resistente Klone Unal, Raspalje und Beaupré produzierten mit ca. 4 bis gut 5 t atro/ha*a deutlich weniger Biomasse als die Balsampappeln Max 2, 3 und 4, von denen der beste Klon, Max 3, auf über 10 t atro kam. Im Vergleich zum vorhergehenden ersten Umtrieb bedeutet dies eine erhebliche Steigerung der Massenleistung, zumindest bei den gesunden Klonen.

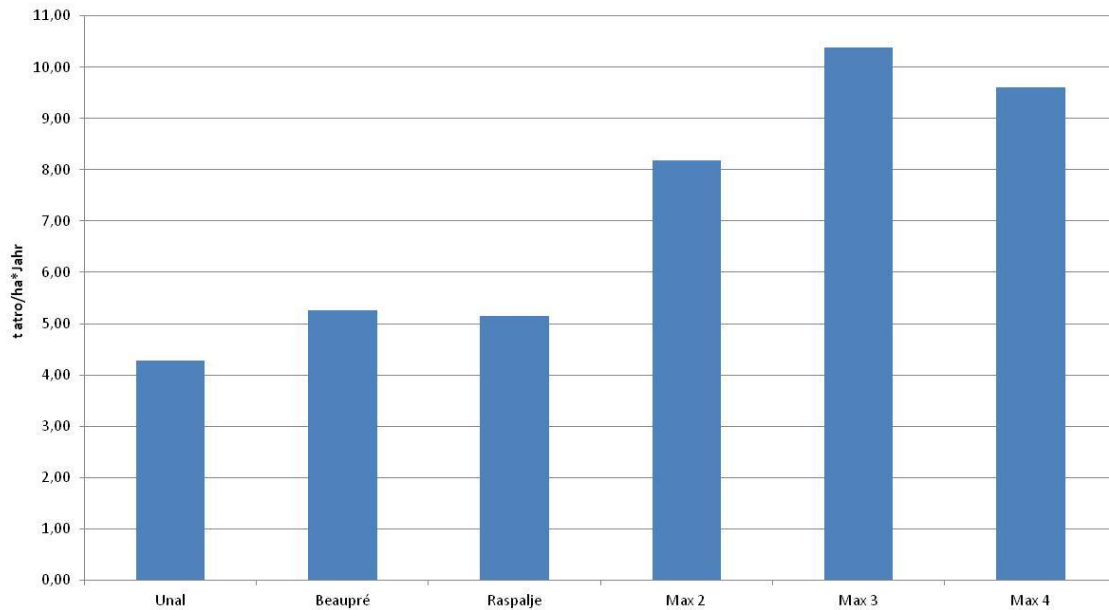


Abbildung 43: Massenleistung von sechs Balsampappelklonen, Schwarzenau, 2. fünfjähriger Umtrieb 2000-2004.

Dritter fünfjähriger Umtrieb

Im dritten fünfjährigen Umtrieb (Abbildung 44) erreichen die Max-Klone Durchschnittshöhen von um die zehn Meter, während die vom Rostpilz befallenen Klone mit der Ausnahme von Raspalje etwas darunter liegen. Auffällig sind die unterschiedlichen Wuchsverläufe der beiden Klongruppen. Die Max-Klone zeigen in den ersten drei Jahren eine sehr gute Höhenentwicklung und lassen 2008 und 2009 nach; die Klone Unal, Beaupré und Raspalje wachsen dagegen auch im letzten Jahr des Umtriebs 2009 noch gut. Dies liegt wahrscheinlich an der deutlich lichtereren Bestockung der Parzellen mit den Rostpilz-anfälligen Sorten von durchschnittlich 5800 Stämmen pro Hektar. Bei den dicht bestockten Parzellen der gesunden Klone machte sich 2008 und 2009 sicherlich schon Wassermangel bemerkbar. Die Max-Klone wiesen bei der Vollklupung 2009 eine Stammzahl von durchschnittlich 8930 pro Hektar auf.

Auch im dritten Umtrieb war die Biomasseproduktion der gesunden Klone mit bis zu 11 t atro ungefähr doppelt so hoch wie die der vom Rostpilz befallenen Klone Unal, Beaupré und Raspalje (Abbildung 45).

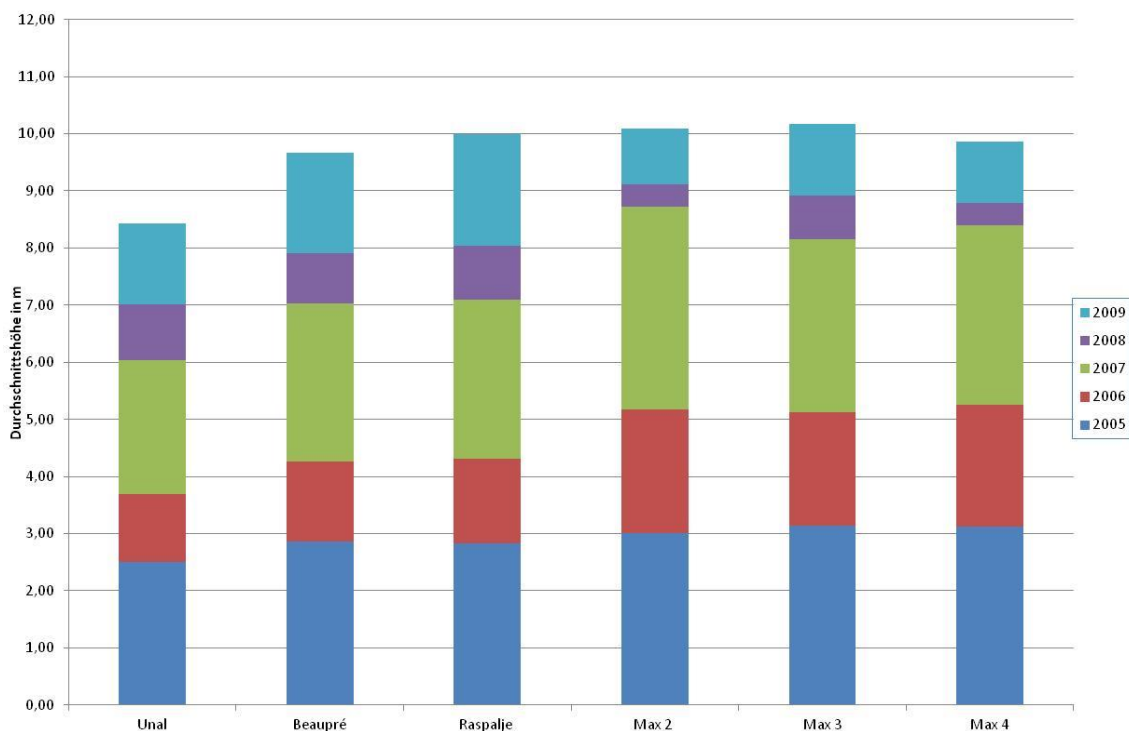


Abbildung 44: Entwicklung der Durchschnittshöhen von sechs Balsampappelklonen, Schwarzenau, 3. fünfjähriger Umtrieb 2005-2009

Tabelle 31: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von sechs Balsampappelklonen, Schwarzenau, 3. fünfjähriger Umtrieb 2005-2009

Jahr	Unal	Beaupré	Raspalje	Max 2	Max 3	Max 4
2005	2,51	2,86	2,83	3,01	3,13	3,12
2006	1,18	1,40	1,47	2,16	1,99	2,13
2007	2,34	2,78	2,79	3,55	3,03	3,14
2008	0,99	0,87	0,95	0,38	0,76	0,40
2009	1,41	1,76	1,95	0,99	1,27	1,07

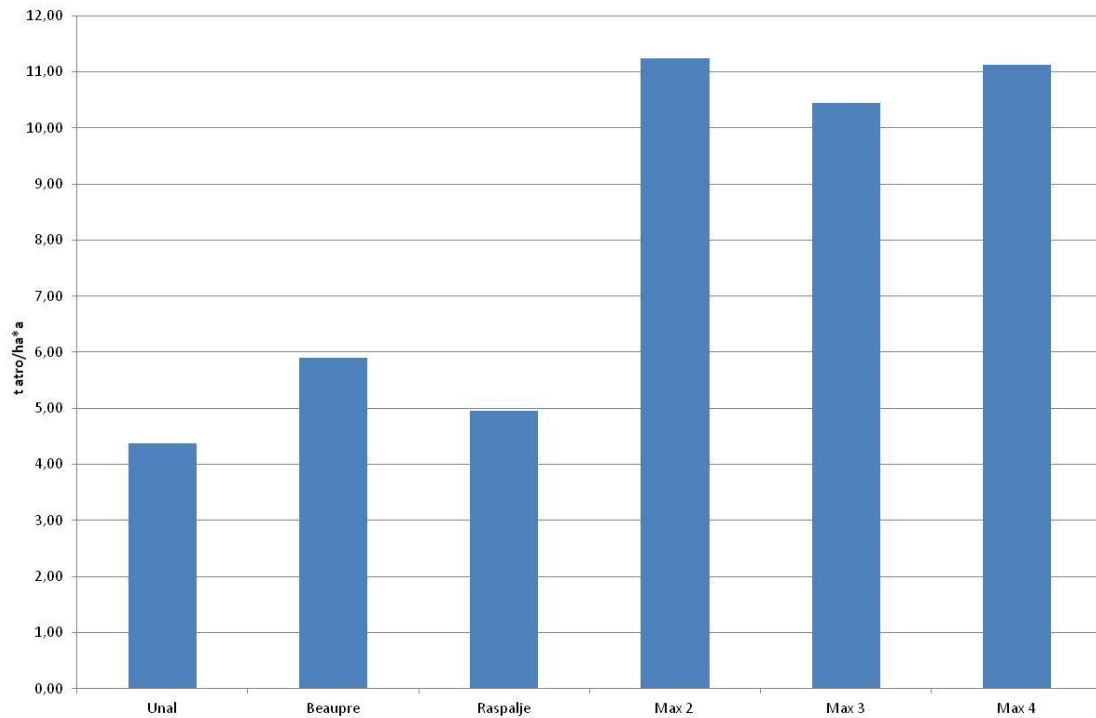


Abbildung 45: Massenleistung von sechs Balsampappelklonen, Schwarzenau, 3. fünfjähriger Umtrieb 2005-2009

Vierter fünfjähriger Umtrieb

Im März 2015 wurde in Schwarzenau die vierte fünfjährige Rotation geerntet. Abbildung 46 stellt die Höhenzuwächse von 2010 bis 2014 dar. Die Klone Unal, Beaupré und Raspalje werden im Gegensatz zum dritten fünfjährigen Umtrieb nicht mehr gemessen, da die betreffenden Parzellen nur noch sehr licht bestockt oder komplett ausgefallen sind. Der Großteil der betreffenden Parzellen wurde im Herbst 2015 und 2016 mit natürlichen wiederausschlagfähigen Baumarten bepflanzt.

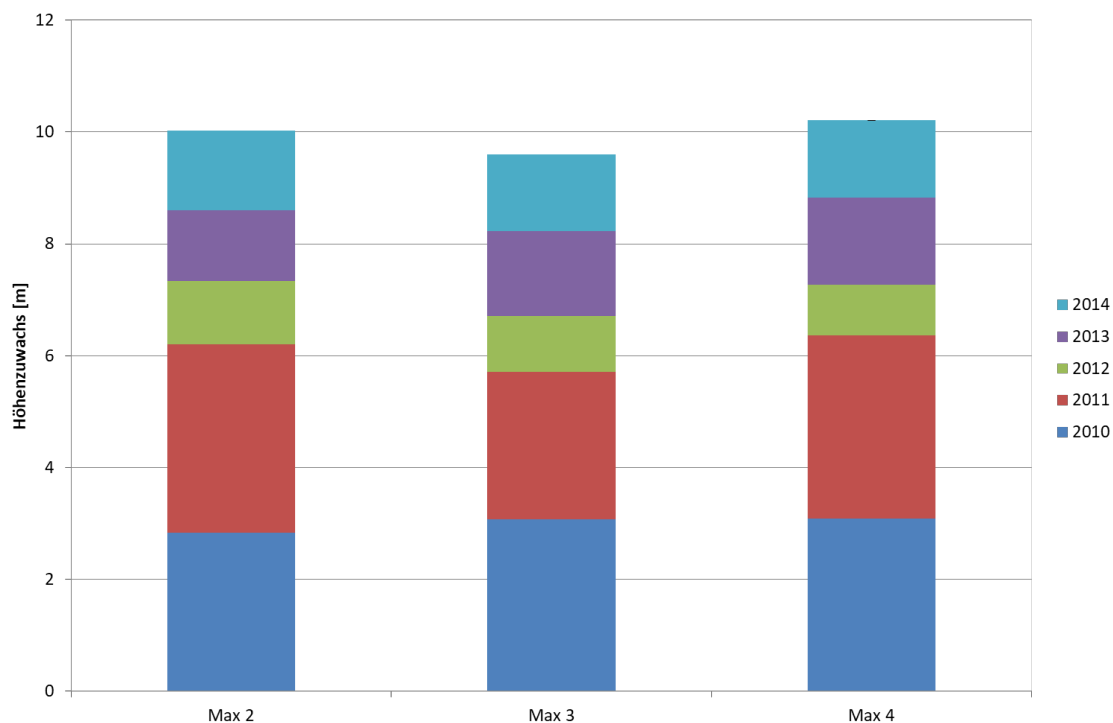


Abbildung 46: Jährlicher Höhenzuwachs der Balsampappeln, 4. fünfjähriger Umtrieb, Schwarzenau 2010-2014.

Tabelle 32: Jährlicher Höhenzuwachs [m] der Balsampappeln, 4. fünfjähriger Umtrieb, Schwarzenau 2010-2014

Jahr	Max 2	Max 3	Max 4
2010	2,84	3,08	3,08
2011	3,36	2,63	3,28
2012	1,13	1,00	0,90
2013	1,27	1,51	1,56
2014	1,42	1,38	1,38

Im vierten 5-jährigen Umtrieb in Schwarzenau (Abbildung 47) wiesen die Max-Sorten eine Biomasseleistung von 12 bis 15 t auf. Damit waren die Max-Sorten im vierten Umtrieb deutlich produktiver als in den Umtriebszeiten zuvor.

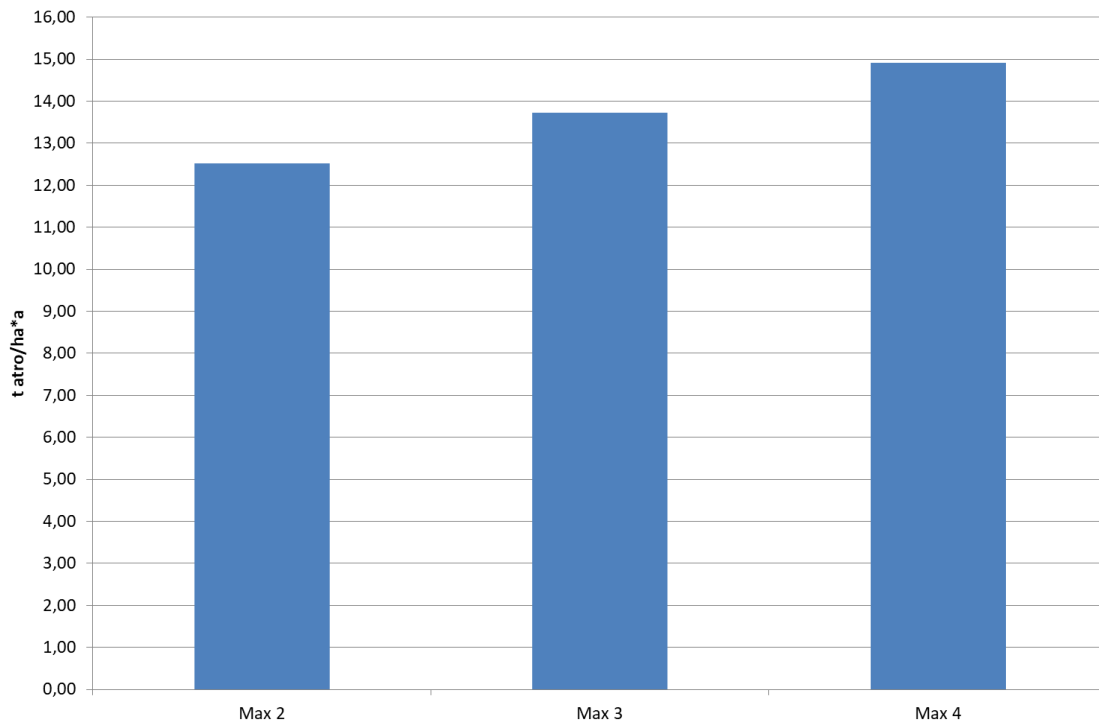


Abbildung 47: Massenleistung der Balsampappeln, 4. fünfjähriger Umtrieb, Schwarzenau 2010-2014.

Fünfter 5-jähriger Umtrieb

Der Höhenzuwachs im ersten Jahr des Wiederaustriebs 2015 lag zwischen 2,1 m bei der Korbweide 722/51 und 3,2 m bei der Pappelsorte Max 4 (Abbildung 48). Der Zuwachs der drei Max-Sorten nimmt bis zum dritten Jahr nur wenig ab und ist als sehr gut zu beurteilen. Deutlich zu sehen ist die starke Minderung des Höhenzuwachses der Balsampappeln im Trockenjahr 2018, noch schwächer fällt der Zuwachs in der ebenfalls warmen und trockenen Vegetationsperiode 2019 aus. In den Jahren 2018 und 2019 lag die Durchschnittstemperatur in den Sommermonaten (Juni, Juli, August) bei über 20 °C und die Niederschlagssumme der drei Monate zusammen bei nur knapp über 100 mm (DWD CDC). Für das Baumwachstum waren das deutlich ungünstigere Verhältnisse als im langjährigen Mittel von 1961 – 1990. Auf dem trockenen Standort Schwarzenau haben die Bäume damit sichtbarer mit Zuwachseinbußen auf die beiden warmen Sommer reagiert als auf anderen Versuchsflächen. Es werden mittlere Höhen von um die zehn Meter erreicht.

Der Höhenzuwachs der Korbweide lässt bereits in der zweiten Vegetationsperiode stark nach und nimmt dann weiter ab; der Klon 722/51 erreicht nach fünf Jahren eine Durchschnittshöhe von gut vier Metern.

Die Parzellen mit dem Korbweidenklon 85/55 sind nur noch sehr licht bestockt und wurden aus der Datenaufnahme herausgenommen.

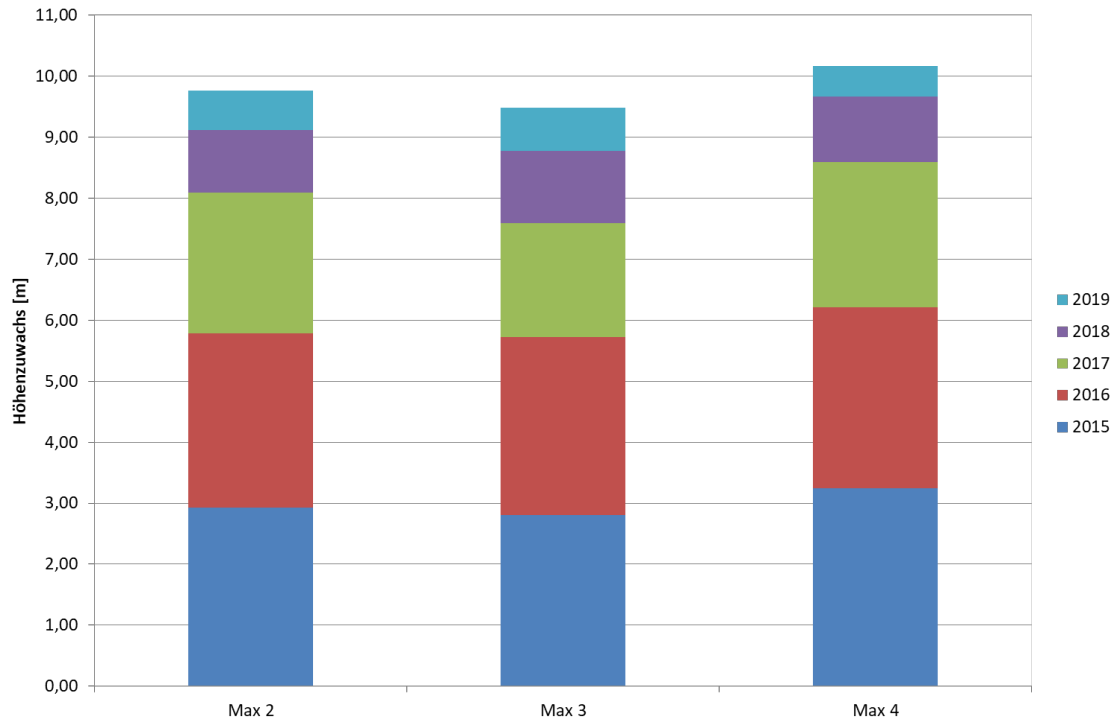


Abbildung 48: Jährlicher Höhenzuwachs von drei Max-Pappelklonen, Schwarzenau, 5. fünfjähriger Umtrieb 2015-2019.

Tabelle 33: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von drei Max-Pappelklonen, Schwarzenau, 5. fünfjähriger Umtrieb 2015-2019.

Jahr	Max 2	Max 3	Max 4
2015	2,92	2,81	3,25
2016	2,87	2,91	2,96
2017	2,31	1,87	2,37
2018	1,02	1,19	1,08
2019	0,66	0,70	0,51

In der Darstellung des Biomassezuwachses in Abbildung 49 fällt die Weide 722/51 mit nur 2,2 Tonnen pro Jahr und Hektar stark gegenüber den Balsampappeln zurück. Die Max-Sorten stehen dagegen gut da und können einen Biomassezuwachs zwischen 9,7 bis 13,3 t atro/ha*a aufweisen. Gegenüber der vierten Rotation ist das allerdings ein Rückgang; in der Periode von 2010 bis 2014 lag die Leistung der Balsampappeln zwischen 12,5 und 14,9 t Tonnen atro pro Jahr und Hektar. Ein Grund für diese Abnahme könnten die beiden trockenen Sommer 2018 und 2019 sein. Die Anzahl der gekluppten Max-Triebe ist leicht gesunken; 2014 wurden 8350 Triebe über 20 mm gekluppt, 2019 waren es noch 8100 Triebe.

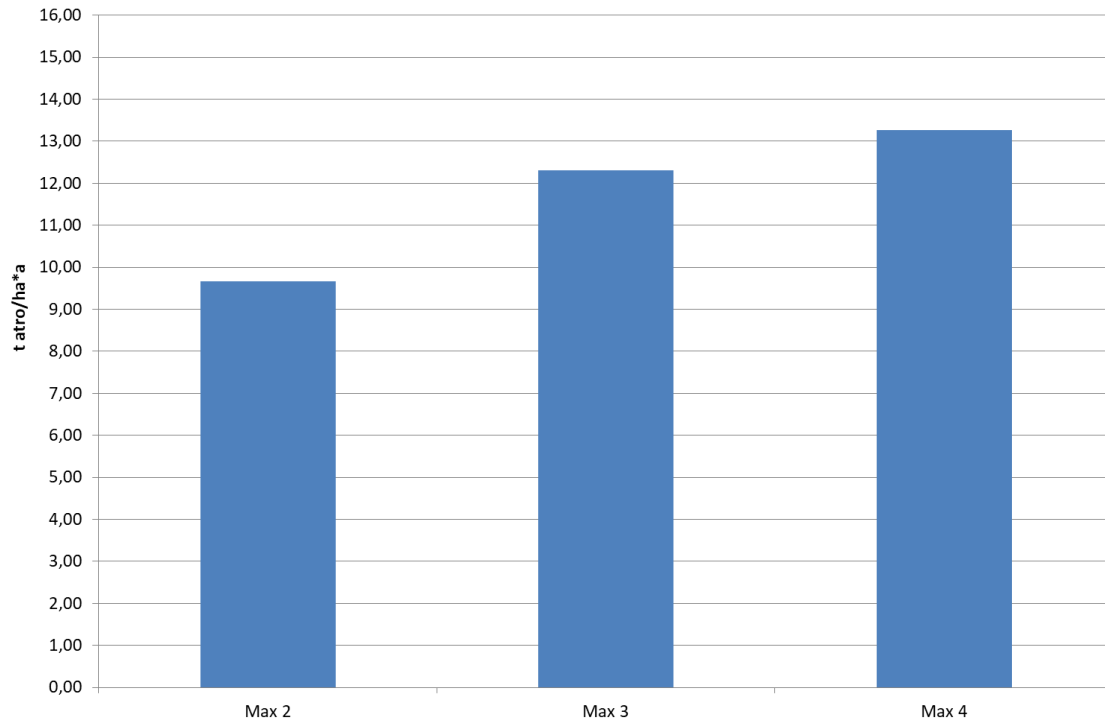


Abbildung 49: Jährlicher Biomassezuwachs von drei Max-Pappelklonen, Schwarzenau, 5. fünfjähriger Umtrieb 2015-2019.

3.4.2 Entwicklung der Masseleistung bei fünfjähriger Rotation

Tabelle 34: Masseleistung [t atro/ha*a] von sechs Balsampappelklonen in fünfjähriger Rotation, Schwarzenau 1994-2019

	Unal	Beaupré	Raspalje	Max 2	Max 3	Max 4
1994-1998		3,8	4,9		3,9	
2000-2004	4,3	5,3	5,2	8,2	10,4	9,6
2005-2009	4,4	5,9	5,0	11,2	10,4	11,1
2010-2014				12,5	13,7	14,9
2015-2019				9,7	12,3	13,3

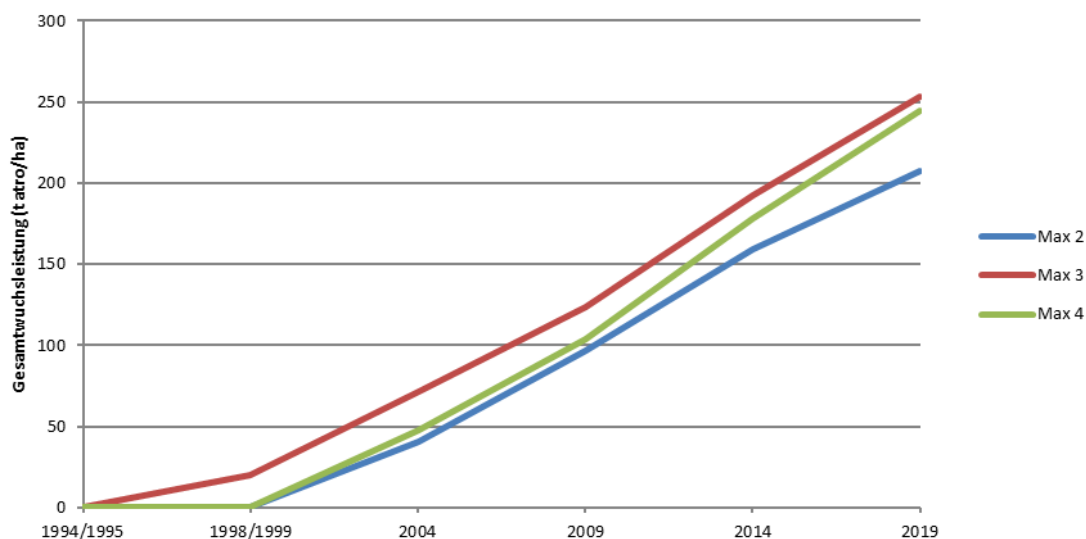


Abbildung 50: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] von drei Balsampappelklonen in fünfjähriger Rotation, Schwarzenau 1994-2019

Die Linien der Gesamtwuchsleistung der drei Max-Klone zeigt die Abbildung 50. Max 2 und Max 4 wurden wegen den umfangreichen Nachbesserungen und Neuanlagen auf der Versuchsfläche Schwarzenau erst nach der zweiten Rotation massenbonitiert, so dass ihr Zuwachs erst ab dem Jahr 1999 dargestellt werden kann. Die Steigungen der Linien ab der zweiten Umtriebszeit verlaufen fast schon auffällig parallel und verdeutlichen die konstante Biomasseproduktion der drei Balsampappelklone auf der Fläche.

Tabelle 35: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] von drei Balsampappelklonen in fünfjähriger Rotation, Schwarzenau 1994-2019

	Max 2	Max 3	Max 4
1994-1998	-	19,7	-
1994-2004	40,9	71,6	48,1
1994-2009	96,9	123,6	103,6
1994-2014	159,5	192,2	178,2
1994-2019	207,8	253,7	244,5

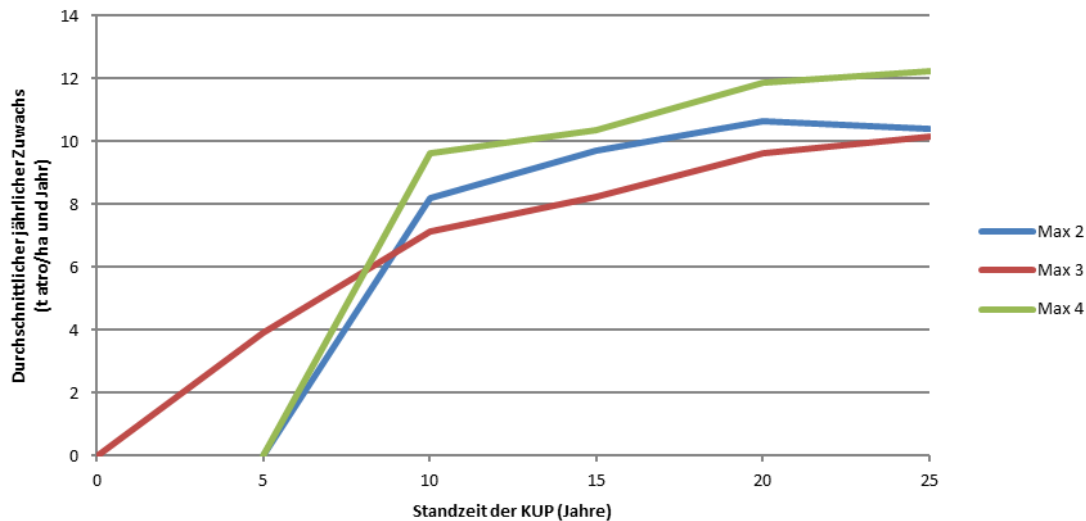


Abbildung 51: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs (dGZ) [t atro/ha+a] von drei Balsampappelklonen in fünfjähriger Rotation, Schwarzenau 1994-2019

Erstaunlich – vor allem, wenn man die Schwierigkeiten bei der Begründung bedenkt – ist auch die Höhe der Biomasseproduktion. Bereits kurz nach dem zweiten gemessenen Umtrieb erreicht der Klon Max 4 eine durchschnittliche Biomasseproduktion (dGZ) von 10 Tonnen atro. Wenn man die vormaligen Schwierigkeiten der landwirtschaftlichen Produktion auf dem betreffenden Acker in Schwarzenau bedenkt, so ist der Anbau von schnellwachsenden Bäumen hier offenbar eine vorteilhafte Landnutzung.

Tabelle 36: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs [t atro/ha+a] von drei Balsampappelklonen in fünfjähriger Rotation, Schwarzenau 1994-2019

Standzeit	Max 2	Max 3	Max 4
5		3,9	
10	8,2	7,2	9,6
15	9,7	8,2	10,4
20	10,6	9,6	11,9
25	10,4	10,1	12,2

3.4.3 Zuwachsmessungen der zehnjährigen Umtriebszeiten

Erster zehnjähriger Umtrieb

Um beide Umtriebe in Schwarzenau gemeinsam beernten zu können – der erste fünfjährige Umtrieb wurde wegen der umfangreichen Nachbesserungsarbeiten 1994 und 1995 erst ein Jahr später, also nach sechs Jahren komplett auf den Stock gesetzt – verschob man die Ernte der zehnjährigen Rotation ebenfalls um ein Jahr, so dass die Bäume bereits elf Jahre alt waren. Die fünf Balsampappelklone erreichten Durchschnittshöhen zwischen 9,6 und 12,7 m (Abbildung 52). Die größte Mittelhöhe hatte der Klon Beaupré. Die Balsampappeln Raspalje, Unal und Beaupré, die auf allen anderen Versuchsflächen am Pappelblattrost leiden und zum großen Teil bereits ganz ausgefallen sind, wuchsen auf dem Standort Schwarzenau im Verhältnis zu den anderen Balsampappeln relativ gut. Im Jahrhundertssommer 2003 lag der

durchschnittliche Höhenzuwachs der fünf Balsampappelklone unter dem der anderen Jahre. Wie im ersten fünfjährigen Umtrieb repräsentiert das blaue Segment in der Abbildung 52 die Zuwächse der Jahre 1994 und 1995 zusammen, die wegen der umfangreichen Nachbesserungen auf der Fläche Schwarzenau nicht unterschieden werden können.

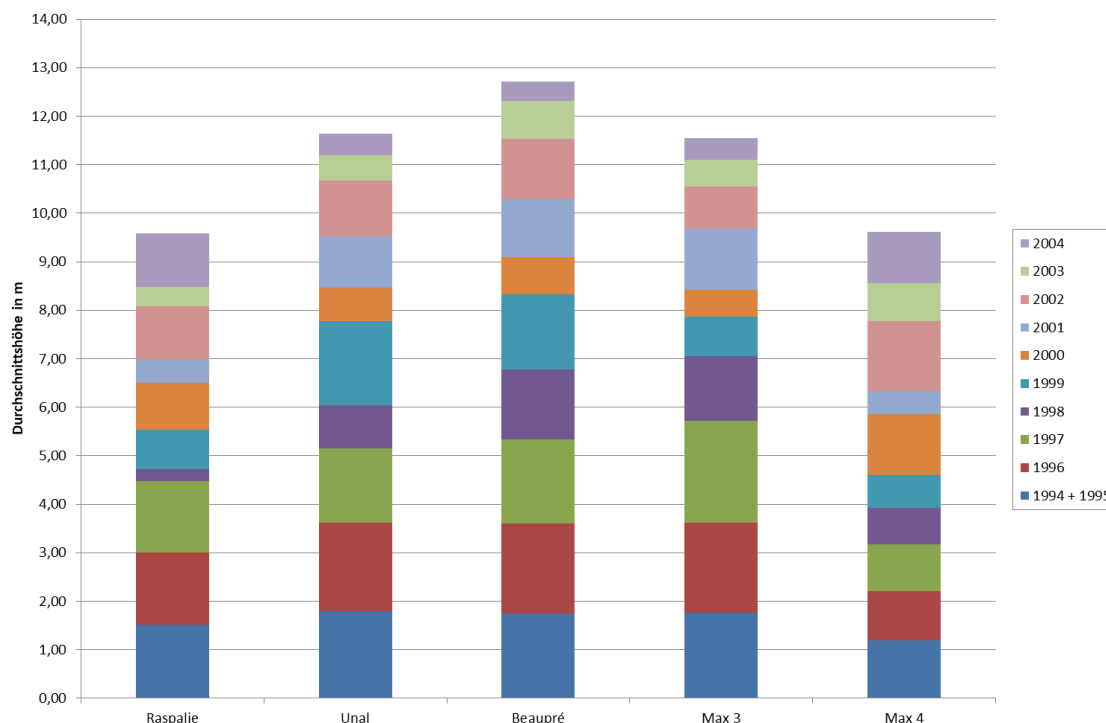


Abbildung 52: Entwicklung der Durchschnittshöhen von fünf Balsampappelklonen, Schwarzenau, 1. zehnjähriger Umtrieb 1994-2004

Tabelle 37: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von fünf Balsampappelklonen, Schwarzenau, 1. zehnjähriger Umtrieb 1994-2004

Jahr	Raspalje	Unal	Beaupré	Max 3	Max 4
1994+1995	1,52	1,80	1,74	1,76	1,19
1996	1,48	1,82	1,86	1,86	1,02
1997	1,47	1,54	1,74	2,10	0,97
1998	0,25	0,89	1,43	1,33	0,75
1999	0,80	1,73	1,55	0,82	0,68
2000	0,97	0,69	0,77	0,54	1,25
2001	0,47	1,05	1,21	1,26	0,47
2002	1,11	1,15	1,24	0,88	1,44
2003	0,41	0,53	0,78	0,54	0,79
2004	1,10	0,43	0,41	0,46	1,06

Beim Zuwachs an Biomasse liegt der Klon Max 3 mit 5 Tonnen absolut trockener Biomasse pro Jahr und Hektar vorne (Abbildung 53). Insgesamt sind die Massenleistungen über alle Klone hinweg als sehr schwach zu beurteilen, sie liegen zwischen 2 und 5 t atro/ha*a. Der Grund dafür liegt in der schlechten Wasserspeicherkapazität des Sandbodens in Schwarzenau, was im Jahr der Begründung zu vielen Ausfällen und zum Teil licht bestockten Versuchspartzellen führte.

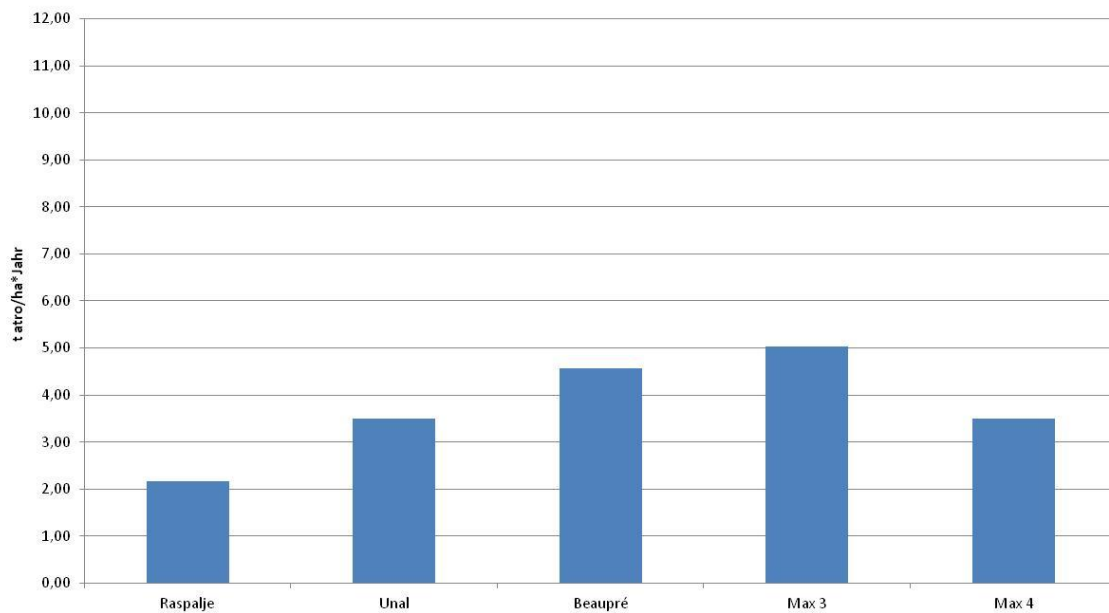


Abbildung 53: Massenleistung von fünf Balsampappelklonen, Schwarzenau, 1. zehnjähriger Umtrieb 1994-2004

Zweiter zehnjähriger Umtrieb

Im zweiten zehnjährigen Umtrieb wurden die Aspen Münden und Astria in die Datenaufnahme aufgenommen. Die Aspe Münden zeigte im ersten Umtrieb einen so geringen Wuchs, dass sie aus der Zuwachserhebung herausgenommen werden musste. Die Astria wurde 1999/2000 zusammen mit dem fünfjährigen Umtrieb versehentlich abgeerntet, so dass zunächst keine Daten für den U10 erhoben werden konnten. Im zweiten Umtrieb hatten sich die Aspen ausreichend etabliert, es wurden nach zehn Vegetationsperioden Endhöhen von 10 bis 12 m bei den Sorten Münden und Astria gemessen. Der Balsampappelklon Raspalje wurde stattliche 15 m hoch, während die übrigen Balsampappeln Endhöhen zwischen 12 und 13,5 m erreichten (Abbildung 54).

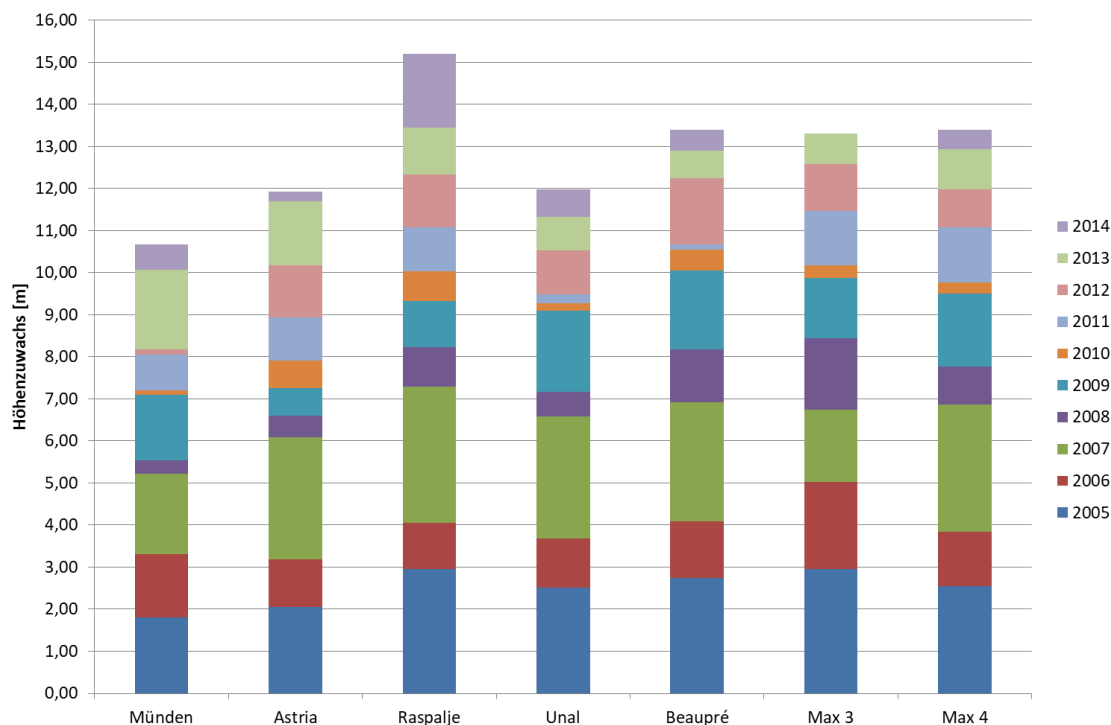


Abbildung 54: Jährlicher Höhenzuwachs der Aspensorten Astria und Münden sowie von fünf Balsampappelklonen, Schwarzenau, 2. zehnjähriger Umtrieb 2005-2014.

Tabelle 38: Jährlicher Höhenzuwachs [m] der Aspensorten Astria und Münden sowie von fünf Balsampappelklonen, Schwarzenau, 2. zehnjähriger Umtrieb 2005-2014.

Jahr	Münden	Astria	Raspalje	Unal	Beaupré	Max 3	Max 4
2005	1,80	2,05	2,95	2,51	2,75	2,96	2,54
2006	1,50	1,14	1,10	1,16	1,34	2,06	1,30
2007	1,93	2,91	3,23	2,91	2,83	1,72	3,02
2008	0,32	0,51	0,94	0,58	1,24	1,70	0,90
2009	1,54	0,66	1,10	1,94	1,88	1,43	1,74
2010	0,12	0,66	0,71	0,17	0,50	0,30	0,27
2011	0,85	1,02	1,03	0,22	0,12	1,29	1,32
2012	0,13	1,24	1,26	1,04	1,56	1,11	0,89
2013	1,88	1,52	1,12	0,80	0,66	0,73	0,95
2014	0,60	0,22	1,74	0,64	0,49	0,00	0,47

Im 10-jährigen Umtrieb (Abbildung 55) erzielte der Klon Max 3 mit 11,5 t pro Hektar und Jahr jährlicher Trockenmasse den höchsten Zuwachs. Die anderen Sorten weisen mit 6-9 t atro/ha*a einen deutlich geringeren Biomassezuwachs auf.

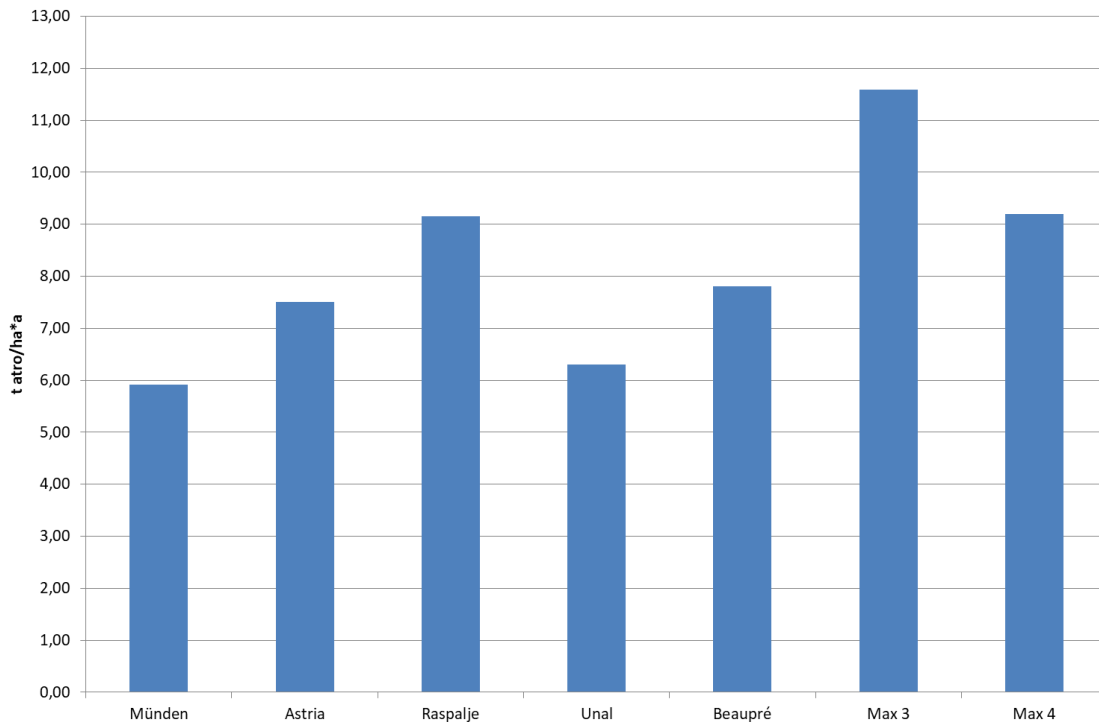


Abbildung 55: Masseleistung der Aspen Münden und Astria sowie von fünf Balsampappelklonen, Schwarzenau, 2. zehnjähriger Umtrieb 2005-2014.

3.4.4 Entwicklung der Masseleistung bei zehnjähriger Rotation

Tabelle 39: Masseleistung [t atro/ha*a] der Aspen Münden und Astria sowie von fünf Balsampappelklonen in zehnjähriger Rotation, Schwarzenau 1994-2014.

	Münden	Astria	Raspalje	Unal	Beaupré	Max 3	Max 4
1994-2004			2,2	3,5	4,6	5,0	3,5
2005-2014	5,9	7,5	9,2	6,3	7,8	11,6	9,2

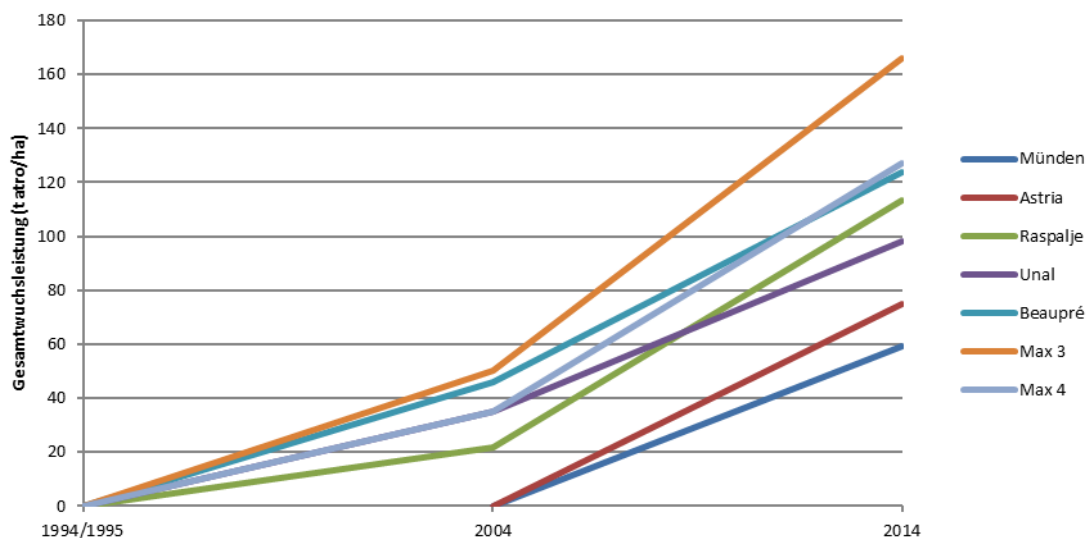


Abbildung 56: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] der Aspen Münden und Astria sowie der fünf Balsampappelklone in zehnjähriger Rotation, Schwarzenau 1994/95-2014.

Wegen der großen Schwierigkeiten bei der Begründung der Versuchsfläche, die sich in einem niedrigen Anwuchsprozent und sehr schlechten Wuchsleistungen in den ersten Jahren niederschlugen, wurde bei den als Pflanzen eingebrachten Aspen Münden und Astria im ersten Umtrieb auf eine Massenbonitierung verzichtet. Die Linien der beiden Klone beginnen daher erst im Jahr 2004, zeigen aber nach dem Wiederaustrieb in der zweiten Rotationsperiode ganz ordentliche Leistungen. Auch bei den Balsampappeln ist die Massenleistung im zweiten Umtrieb wesentlich besser als im ersten. Im trockenen Weinbauklima in Schwarzenau überlebten selbst die sehr Pappelblattrost anfälligen Klone Raspalje, Unal und Beaupré. Auf allen anderen Versuchsflächen sind diese längst abgestorben.

Tabelle 40: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] der Aspen Münden und Astria sowie der fünf Balsampappelklone in zehnjähriger Rotation, Schwarzenau 1994-2014.

	Münden	Astria	Raspalje	Unal	Beaupré	Max 3	Max 4
1994-2004	-	-	21,7	34,9	45,7	50,4	35,1
1994-2014	59,1	75,1	113,3	97,9	123,7	166,2	127,1

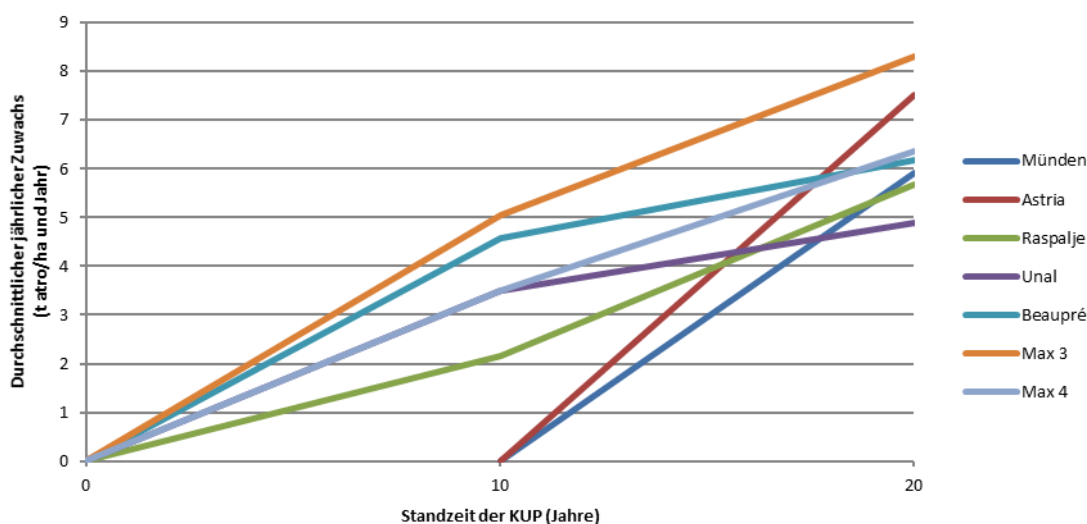


Abbildung 57: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs (dGZ) [t atro/ha+a] der Aspen Münden und Astria sowie der fünf Balsampappelklone in zehnjähriger Rotation, Schwarzenau 1994-2014.

Auch nach zwanzig Jahren erreicht keiner der angebauten Klone im zehnjährigen Umtrieb einen durchschnittlichen Zuwachs (dGZ) von 10 t atro pro Jahr und Hektar. Die zehnjährige Rotation schneidet damit schlechter ab als der fünfjährige Umtrieb. Die Gründe dafür sind unklar. Mit Hilfe der forstlichen Standortskartierung kann dies zumindest nicht erklärt werden.

Tabelle 41: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs [t atro/ha+a] der Aspen Münden und Astria sowie der fünf Balsampappelklone in zehnjähriger Rotation, Schwarzenau 1994-2014.

Standzeit	Münden	Astria	Raspalje	Unal	Beaupré	Max 3	Max 4
10			2,2	3,5	4,6	5,0	3,5
20	5,9	7,5	5,7	4,9	6,2	8,3	6,4

3.5 Coburg

3.5.1 Zuwachsmessungen der fünfjährigen Umtriebszeiten

Erster fünfjähriger Umtrieb

Abbildung 58 zeigt die Entwicklung der Durchschnittshöhen der auf der Versuchsfläche angebauten Roterle, Korbweide und Balsampappel während des ersten Umtriebs. Die Roterle wurde als Pflanze eingebracht, der unterste Balkenabschnitt in der Abbildung stellt also die Summe aus Pflanzhöhe plus Zuwachs im Jahr 1995 dar. Bei den Klonen von Korbweide und Balsampappel – beide wurden als Stecklinge gesetzt – zeigt jeder Balkenabschnitt den durchschnittlichen Höhenzuwachs pro Jahr.

Die Versuchsfläche wurde auf einem seit mehreren Jahren stillgelegten Acker begründet. Wegen der feuchten Bodenverhältnisse in der Talverebnung konnte erst Ende April gepflügt und gegggt werden. Bereits während Pflanzung und Absteckung, die bei sehr schönem Wetter stattfanden, trieb die monokotyledone Begleitvegetation wieder aus und entwickelte sich im Laufe des Sommers zu einer starken Konkurrenz vor allem für die als Steckling eingebrachten Balsampappeln. Die Entwicklung der Durchschnittshöhe der Balsampappel ist bei allen Klonen ähnlich und – bedingt durch die Wasser- und Lichtkonkurrenz der Gräser – in den ersten drei Jahren schwach. Im vierten und besonders im fünften Jahr des Umtriebs stiegen die Höhenwuchsleistungen an, ein Hinweis darauf, dass die Pappeln auf Grund der starken Graskonkurrenz ihr Wuchspotential zunächst nicht ausschöpfen konnten und die Ernte nach fünf Jahren nicht Zuwachs-optimal erfolgte.

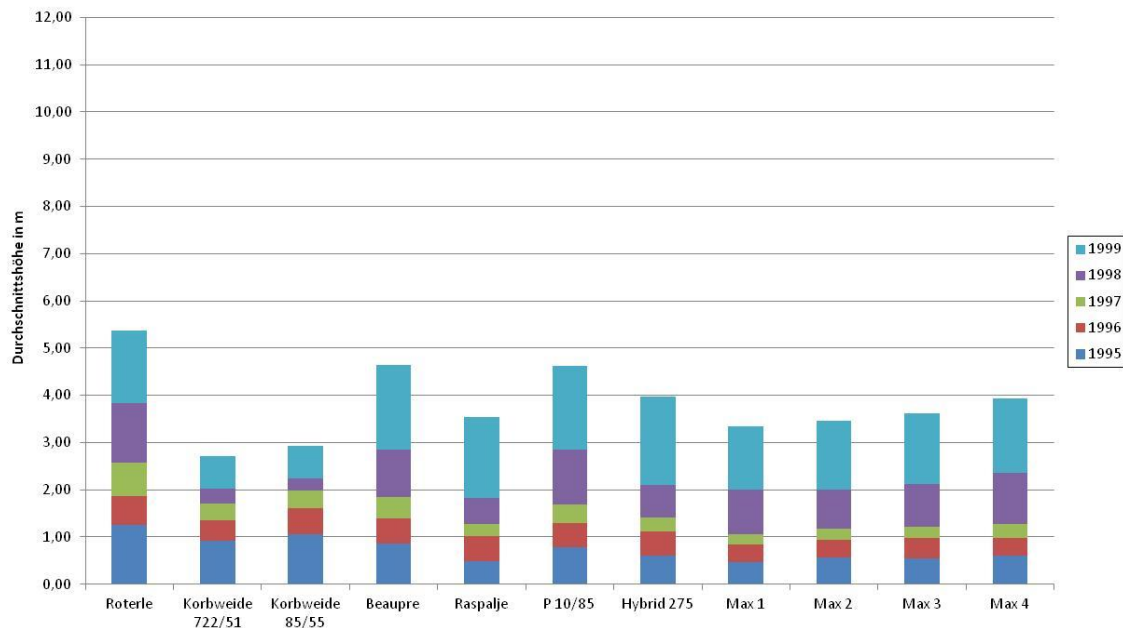


Abbildung 58: Entwicklung der Durchschnittshöhen von Roterle, zwei Klonen der Korbweide sowie acht Balsampappelklonen, Coburg 1. fünfjähriger Umtrieb 1995–1999

Tabelle 42: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Roterle, zwei Klone der Korbweide sowie acht Balsampappelklonen, Coburg, 1. fünfjähriger Umtrieb 1995–1999

Jahr	Roterle	Korbweide 722/51	Korbweide 85/55	Beaupré	Raspalje	P 10/85	Hybrid 275	Max 1	Max 2	Max 3	Max 4
1995	1,26	0,91	1,06	0,86	0,48	0,77	0,60	0,46	0,56	0,54	0,61
1996	0,61	0,45	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53	0,38	0,38	0,44	0,37
1997	0,69	0,35	0,38	0,45	0,27	0,39	0,29	0,22	0,23	0,24	0,30
1998	1,27	0,32	0,25	1,00	0,56	1,15	0,70	0,96	0,83	0,89	1,07
1999	1,52	0,69	0,70	1,80	1,71	1,77	1,86	1,33	1,46	1,49	1,58

Die größte Durchschnittshöhe erzielte die gepflanzte Roterle, sie war offenbar unempfindlicher gegenüber der Graskonkurrenz als die Stecklingskultur. Die beiden Korbweidenklone starteten im Jahr 1995 am besten, der Zuwachs nahm in den folgenden drei Jahren ab, um im fünften Jahr wieder etwas zuzulegen. Insgesamt ist der Wuchs im ersten Umtrieb als sehr schlecht zu beurteilen.

Wegen des schwachen Wachstums im ersten Umtrieb entschied man sich, auf eine statistische Massenermittlung zu verzichten. Lediglich die beiden Parzellen mit den höchsten Zuwächsen bestockt mit Roterle und der Balsampappel Beaupré wurden gefällt und komplett gewogen. Die Roterle hatte mit 2,43 t atro/ha*a den besten Biomassezuwachs im ersten Umtrieb, Beaupré kam auf 1,19 t atro/ha*a.

Zweiter fünfjähriger Umtrieb

Erst in der zweiten Rotation zeigte sich das Wuchspotential des Standorts Coburg. Während keiner der als Steckling eingebrachten Balsampappel-Klone im ersten Umtrieb eine Durchschnittshöhe von 5 m erreichte, kommen die beiden Balsampappeln P 10/85 und Hybrid 275 in der zweiten Rotation auf ca. 10 m (Abbildung 59). Max 1 - 4 erreichen Durchschnittshöhen von etwa 9 m. Die Roterlen und die Korbweiden haben am Ende der Umtriebszeit eine Endhöhe von ca. 6,5 m. Deutlich zu sehen bei nahezu allen Baumarten und Klone ist der geringere jährliche Höhenzuwachs im heißen und trockenen Jahr 2003. Die beiden Klone Beaupré und Raspalje wurden in Coburg während der zweiten Umtriebszeit stark vom Pappelblattrost befallen, fielen in der Folge aus und konnten nicht mehr bonitiert werden.

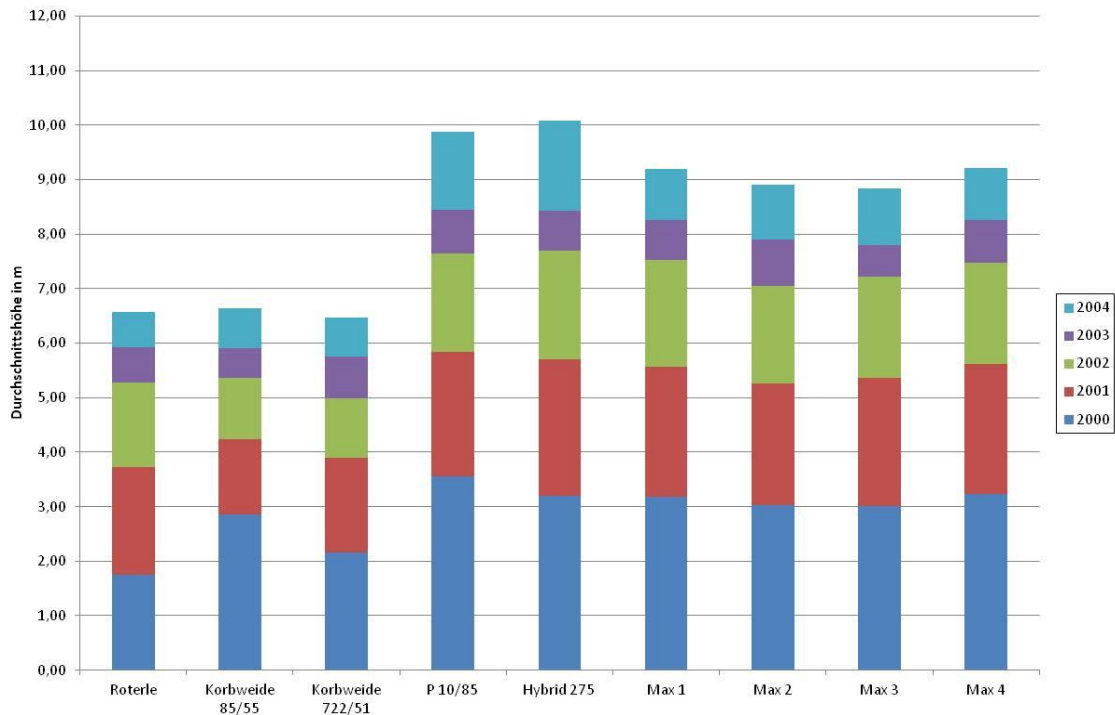


Abbildung 59: Entwicklung der Durchschnittshöhe von Roterle, zwei Klonen der Korbweide sowie sechs Balsampappelklonen, Coburg, 2. fünfjähriger Umtrieb 2000-2004

Tabelle 43: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Roterle, zwei Klonen der Korbweide sowie sechs Balsampappelklonen, Coburg, 2. fünfjähriger Umtrieb 2000-2004

Jahr	Roterle	Korbweide 85/55	Korbweide 722/51	P 10/85	Hybrid 275	Max 1	Max 2	Max 3	Max 4
2000	1,75	2,86	2,15	3,56	3,20	3,18	3,03	3,01	3,24
2001	1,98	1,38	1,75	2,28	2,50	2,40	2,23	2,35	2,38
2002	1,54	1,11	1,09	1,80	2,00	1,95	1,79	1,87	1,87
2003	0,65	0,56	0,76	0,80	0,73	0,74	0,85	0,58	0,78
2004	0,65	0,72	0,71	1,44	1,65	0,94	1,00	1,03	0,96

Die Biomasseleistung der zweiten Rotation liegt bei einem Vielfachen der ersten Umtriebszeit. Den höchsten Biomassezuwachs erreicht Hybrid 275 mit 13 t atro/ha*a, gefolgt von P10/85 (einer der inzwischen zugelassenen Matrix-Klone) mit über 11 t. Die vier Max-Klone in Abbildung 60 liegen recht nah beieinander und zeigen Zuwachslleistungen zwischen 10 und 11 t atro/ha*a. Deutlich weniger produzieren die beiden Korbweiden-Klone und die Roterle mit ca. 6 -7 t atro/ha*a.

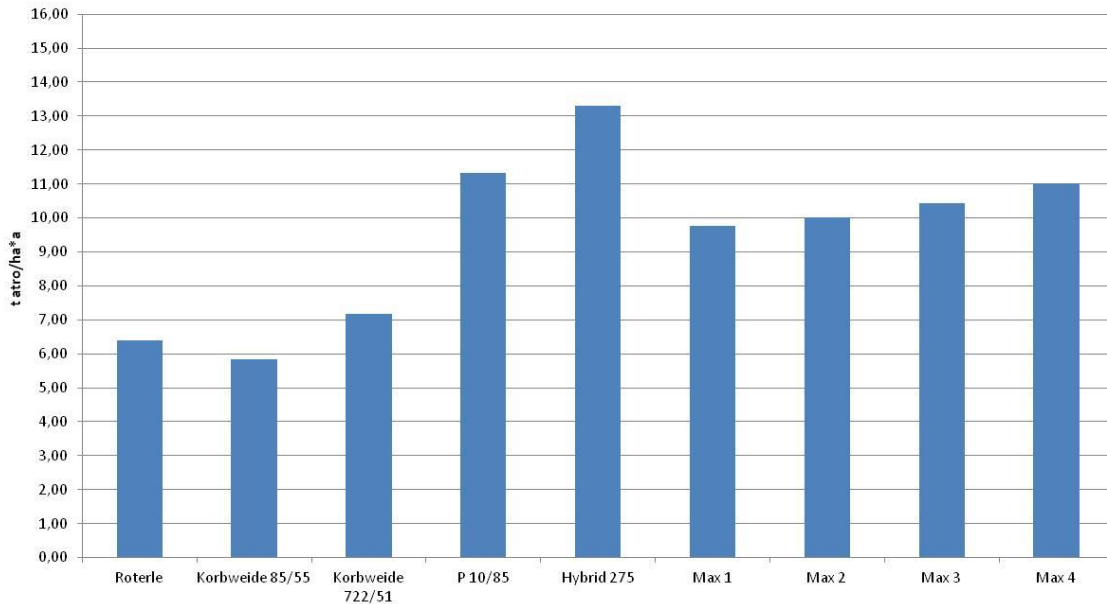


Abbildung 60: Massenleistung von Roterle, zwei Klonen der Korbweide und sechs Balsampappelklonen, Coburg, 2. fünfjähriger Umtrieb 2000-2004

Dritter fünfjähriger Umtrieb

Die sechs Klone der Balsampappel zeigen in der dritten Rotation (Abbildung 61) eine recht ähnliche Höhenentwicklung und liegen nach fünf Jahren zwischen ca. 9,4 und 10,3 m. Die Roterle und die Weidenklone erreichen rund 7 m Durchschnittshöhe). Der abnehmende Zuwachs der Weiden in den letzten beiden Jahren ist typisch für diese Art. Die – im Vergleich zur Balsampappel – licht stehende Roterle leistet im letzten Standjahr auf dem gut wasserversorgten Standort nochmals einen guten Höhenzuwachs. Bei den Balsampappeln nimmt die Höhenwuchsleistung im dritten und vierten Jahr ab. Eine Ursache könnte beginnender Wassermangel der sehr dicht wachsenden Balsampappeln sein. Als weiterer Grund für den abnehmenden Höhenzuwachs kommt der sehr begrenzte Standraum bei einer Pflanzanzahl von ca. 9.100 Bäumen pro Hektar in Frage. Viele Individuen fielen gegen Ende der Umtriebszeit durch intraspezifische Konkurrenz zurück und drohten ausgedunkelt zu werden. Der verminderte Höhenwuchs dieser unterdrückten Bäume ist möglicherweise ebenfalls für die geringeren durchschnittlichen Zuwächse in den letzten beiden Jahren der dritten Rotation verantwortlich.

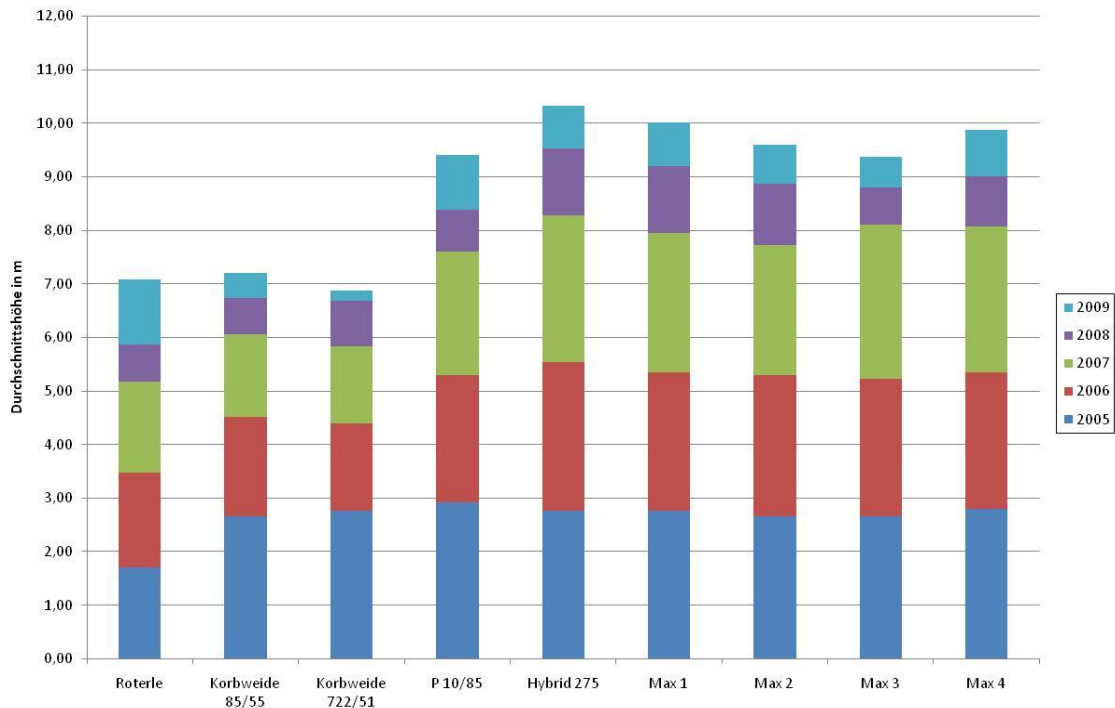


Abbildung 61: Entwicklung der Durchschnittshöhe von Roterle, zwei Klonen der Korbweide sowie sechs Balsampappelklonen, Coburg, 3. fünfjähriger Umtrieb 2005-2009

Tabelle 44: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Roterle, zwei Klonen der Korbweide sowie sechs Balsampappelklonen, Coburg, 3. fünfjähriger Umtrieb 2005-2009

Jahr	Roterle	Korbweide 85/85	Korbweide 722/51	P 10/85	Hybrid 275	Max 1	Max 2	Max 3	Max 4
2005	1,70	2,66	2,76	2,92	2,76	2,76	2,65	2,65	2,79
2006	1,78	1,86	1,64	2,38	2,77	2,59	2,64	2,58	2,55
2007	1,69	1,54	1,43	2,30	2,76	2,60	2,43	2,88	2,73
2008	0,69	0,67	0,85	0,78	1,24	1,25	1,14	0,69	0,94
2009	1,22	0,47	0,19	1,02	0,80	0,81	0,74	0,58	0,86

Die Biomasseproduktion ist im dritten Umtrieb im Vergleich zur zweiten Rotation angestiegen. Die Balsampappel-Klone erreichten Zuwächse zwischen knapp 12 und über 15 t atro/ha*a. Auch bei Roterle und Weiden legten die Zuwächse im dritten Umtrieb nochmal zu (Abbildung 62). In zweiten als auch im dritten Umtrieb hatte der Klon Hybrid 275 den höchsten Zuwachs. Alle anderen Klone, mit der Ausnahme von Max 3 erreichen eine Massenleistung von 12 t atro/ha*a oder mehr. In beiden Rotationen war P 10/85, inzwischen unter der Sortenbezeichnung »Matrix« in Deutschland zum Verkehr zugelassen, der zweitbeste Klon. Das Verhältnis der Wuchsleistungen der einzelnen Prüfglieder zueinander blieb in der zweiten und dritten Rotation relativ konstant.

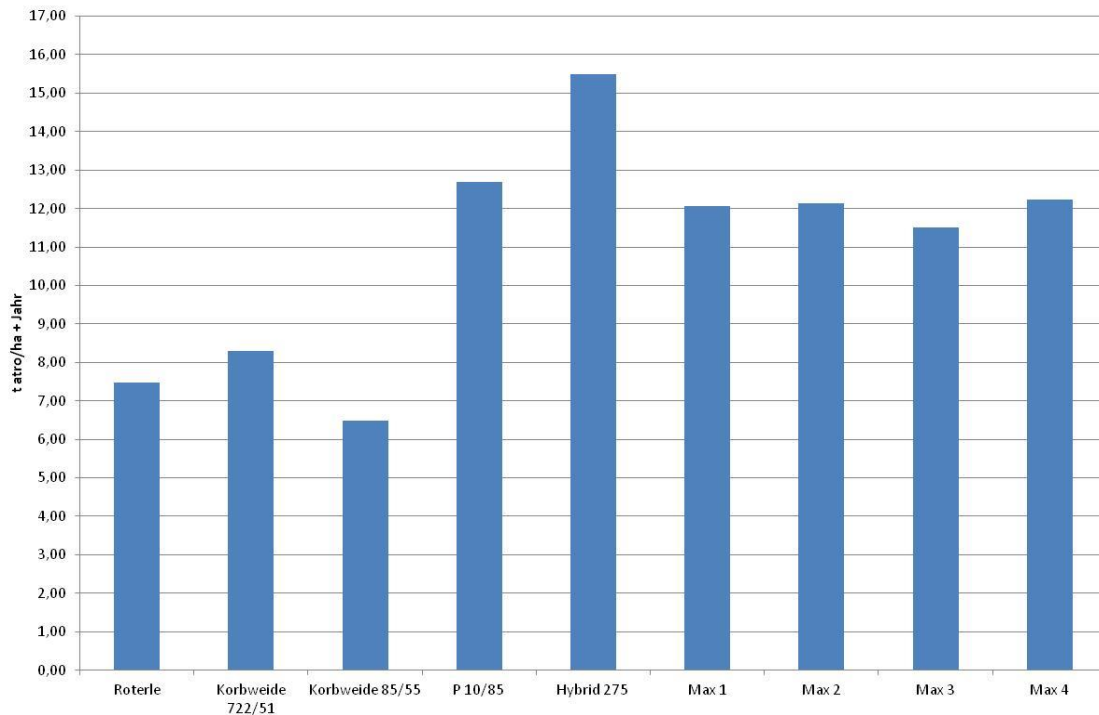


Abbildung 62: Massenleistung von Roterle, zwei Klonen der Korbweide und sechs Balsampappelklonen, Coburg, 3. fünfjähriger Umtrieb 2005-2009

Vierter fünfjähriger Umtrieb

Die Versuchsfläche Coburg befindet sich auf dem Standort einer ehemaligen Teichfläche, deren Befahrung nur im Winter bei gefrorenem Boden möglich ist. Wegen der milden Winter 2014/15 und 2015/16, die beide ohne ausreichende Frostperioden blieben, musste die Ernte der Plantage um zwei Jahre verschoben werden. Abbildung 63 stellt daher den Wuchsverlauf eines siebenjährigen Bestandes dar.

Bei Betrachtung der Höhenzuwächse der 7-jährigen Stockausschläge fällt der geringe bzw. nicht vorhandene Höhenzuwachs in den Vegetationsperioden 2015 und 2016 auf. Der weiter zunehmende Dichtstand in den Kulturen könnte den geringen bis kaum erkennbaren Zuwachs erklären. Möglicherweise ist auch der Spätfrostschaden im Mai 2011, der insbesondere die Balsampappeln im etwas niedriger gelegenen Westteil der Versuchsfläche betraf, ein Grund für die unregelmäßigen Höhenzuwächse. Die Balsampappel-Parzellen im Westen der Fläche sind als Folge des Spätfrosts nur noch lückig bestockt, die verbliebenen Bäume zeigen einen eher strauchförmigen Wuchs.

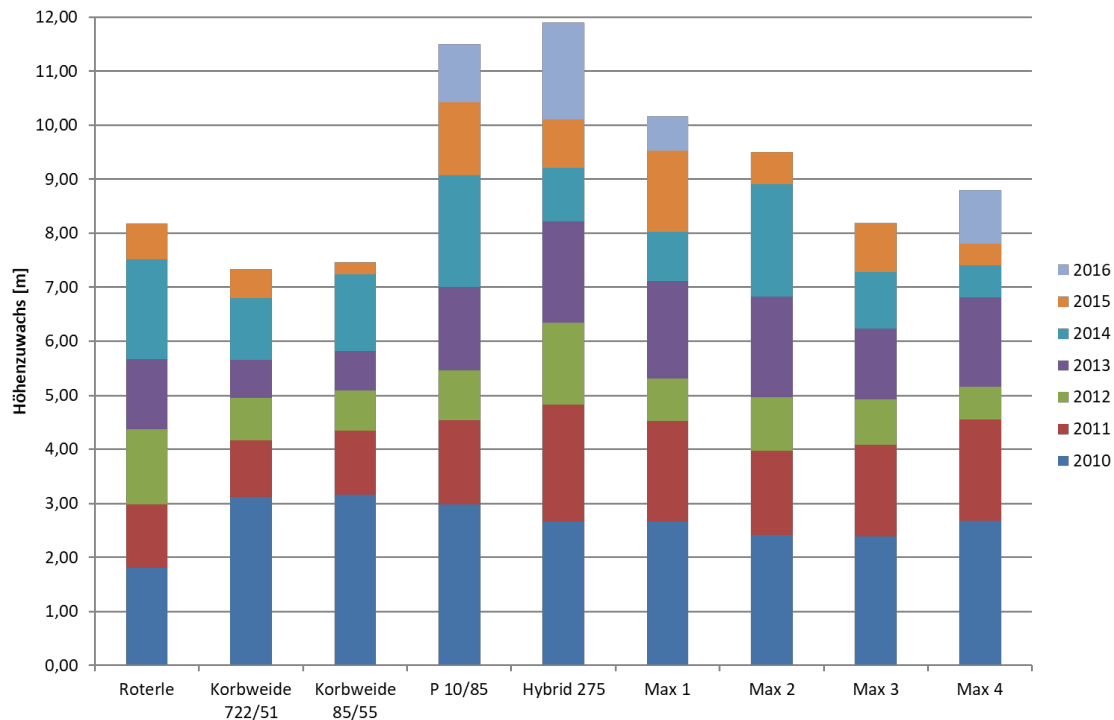


Abbildung 63: Jährlicher Höhenzuwachs der Roterle, zweier Korbweiden sowie der sechs Balsampappelklone, Coburg, 4. fünf(sieben-)jähriger Umtrieb 2010-2016.

Tabelle 45: Jährlicher Höhenzuwachs [m] der Roterle, zweier Korbweiden sowie der sechs Balsampappelklone, Coburg, 4. fünf(sieben-)jähriger Umtrieb, 2010-2016.

Jahr	Roterle	Korbweide 722/51	Korbweide 85/55	P 10/85	Hybrid 275	Max 1	Max 2	Max 3	Max 4
2010	1,81	3,12	3,15	2,99	2,66	2,66	2,41	2,40	2,67
2011	1,17	1,04	1,19	1,55	2,17	1,87	1,56	1,69	1,88
2012	1,40	0,80	0,74	0,92	1,51	0,78	0,99	0,83	0,61
2013	1,30	0,69	0,73	1,55	1,88	1,80	1,86	1,32	1,66
2014	1,85	1,15	1,41	2,07	0,98	0,91	2,07	1,04	0,58
2015	0,66	0,54	0,22	1,34	0,90	1,50	0,59	0,91	0,40
2016	0,00	0,00	0,00	1,08	1,80	0,63			0,99

In Abbildung 64 ist der durchschnittliche jährliche Massenzuwachs des 7-jährigen Umtriebs dargestellt. Wie in der zweiten und dritten Rotation zeigte auch im vierten Umtrieb die Pappelsorte Hybrid 275 den höchsten Zuwachs, er betrug über 14 t atro pro Hektar und Jahr. An zweiter Stelle – ebenfalls genauso wie in der zweiten und dritten Rotation – kommt der Pappelklon P 10/85 (Matrix 49) mit knapp 12 Tonnen. Darauf folgen die Klone Max 4, Max 1, Max 2 und Max 3 mit Zuwächsen zwischen gut 10 und 6,62 Tonnen absolut trockene Biomasse pro Jahr und Hektar. Alle Baumarten und Klone sind im vierten Umtrieb schlechter gewachsen als in der dritten Rotation. Genaugenommen sind die Werte mit den früheren Umtrieben aber nicht vergleichbar, zum einen, weil diesmal die Rotationsperiode bei sieben Jahren lag, zum anderen, da wegen des Spätfrostes im Mai 2011 sechs Parzellen mit Max-Klonen aus der Berechnung herausgenommen werden mussten. Der Vergleich der Zuwachswerte von dritter und

vierter Rotation bezieht sich also – mit Ausnahme der Klone Hybrid 275 und P 10/85 – auf unterschiedliche Kollektive von Bäumen.

Bei einer Begehung zur Begutachtung der Spätfrostschäden im November 2012 wurde zwar versucht eine Grenze zwischen geschädigten und nicht geschädigten Parzellen zu ziehen, doch ist die Aufteilung, die nach den optisch leicht zu erfassenden Kriterien „strauchartiger Wuchs“ und „Lücken im Bestand“ vorgenommen wurde, bis zu einem gewissen Grad willkürlich. Zudem gibt es natürlich keine scharfe Grenze zwischen geschädigten und nicht geschädigten Parzellen, sondern die Schäden nahmen von Osten nach Westen zu den tiefer gelegenen Parzellen hin kontinuierlich zu. Dies erklärt z. B. das überraschend schwache Abschneiden des Klons Max 3, dessen Zuwachs im vierten Umtrieb mit 6,62 t atro nur noch bei 58 % des der dritten Rotation lag. Die Parzelle 10 mit Max 3 liegt recht genau an der oben beschriebenen Grenze und wurde als nicht geschädigt in die Bonitur mit einbezogen, die geringe Anzahl der Triebe von nur 4470 Stück pro Hektar lässt aber nichtsdestotrotz auf eine Schädigung durch den Spätfrost schließen. Die spätfrostbedingte Absenkung der Anzahl von lebenden Trieben auf unter die Hälfte der Sollpflanzenzahl von 9090 Stück pro Hektar ist daher als die Hauptursache für die schwächere Wuchsleistung der Balsampappel Max 3 in der vierten Rotation anzusehen. Die recht weit im Osten gelegene Parzelle 6 mit dem Klon Max 4 wies mit 9540 Stück eine wesentlich höhere Anzahl an lebenden Trieben pro Hektar auf und lag mit einem Zuwachs von 10,7 t atro nicht weit unter dem der dritten Rotation. Ganz anders die Situation bei den als geschädigt klassifizierten Parzelle 15 mit Max 1, die mit einer Zahl von 3060 Trieben pro Hektar auf einen Zuwachs von 6,7 t atro kam und der Parzelle 16 mit dem Klon Max 2, die mit 3060 Stämmen pro Hektar einen Biomassezuwachs von 7,7 t atro pro Jahr und Hektar produzierte.

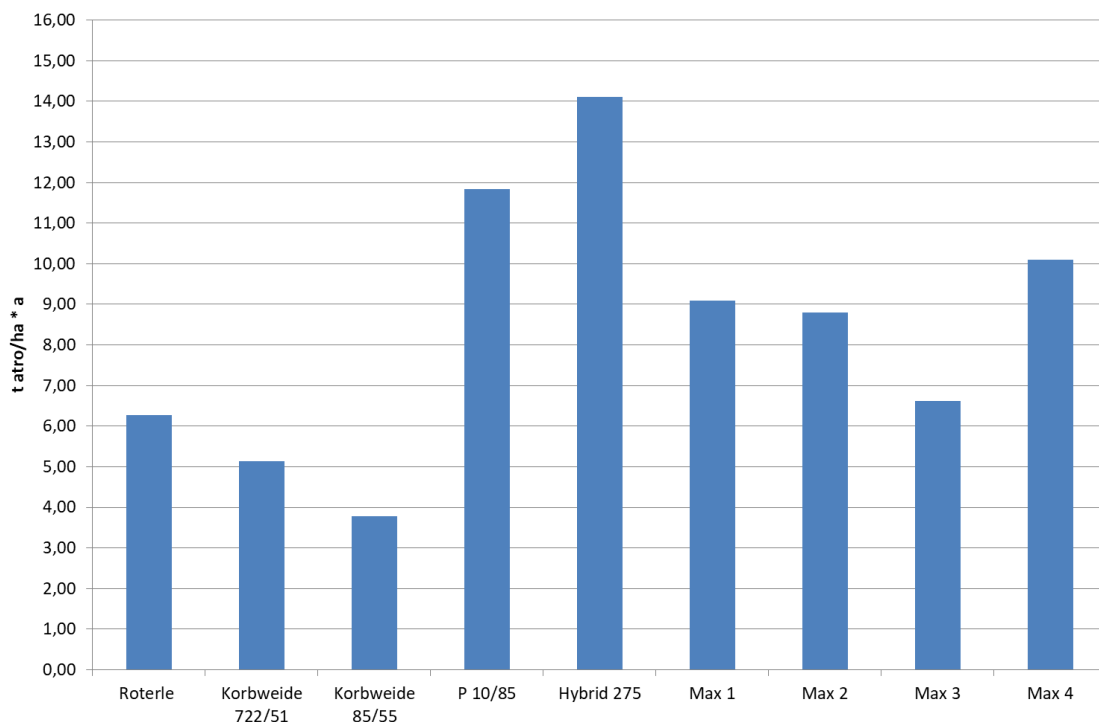


Abbildung 64: Massenleistung der Roterle, zweier Korbweiden sowie der sechs Balsampappelklone, Coburg, 4. fünf(sieben-)jähriger Umtrieb 2010-2016.

3.5.2 Entwicklung der Masseleistung bei fünfjähriger Rotation

Tabelle 46: Masseleistung [t atro/ha*a] von Roterle, zwei Korbweiden sowie sechs Balsampappelsorten in fünfjähriger Rotation, Coburg 1995-2016.

	Roterle	Korbweide 722/51	Korbweide 85/55	P 10/85	Hybrid 275	Max 1	Max 2	Max 3	Max 4	Beaupré
1995-1999	2,4									1,2
2000-2004	6,4	7,2	5,8	11,3	13,3	9,8	10,0	10,4	11,0	
2005-2009	7,5	8,3	6,5	12,7	15,5	12,1	12,1	11,5	12,2	
2010-2016	6,3	5,1	3,8	11,8	14,1	9,1	8,8	6,6	10,1	

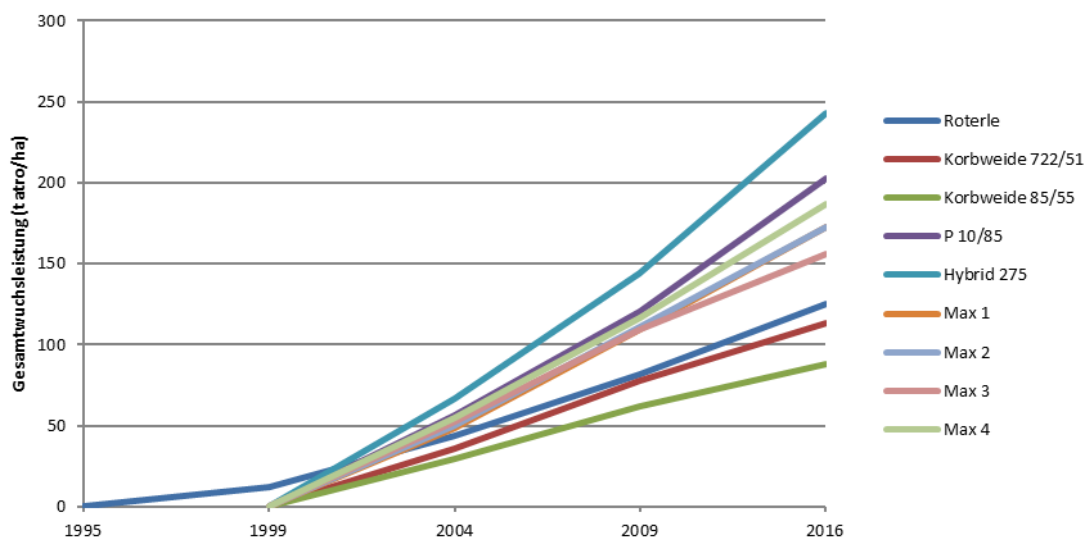


Abbildung 65: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] von Roterle, zwei Korbweiden sowie sechs Balsampappelsorten in fünfjähriger Rotation, Coburg 1995-2016.

Der Klon Hybrid 275 zeigt in Coburg nach drei Rotationen die mit Abstand höchste Biomasseproduktion, gefolgt von P10/85 (Matrix 49), dann kommen Max 4, 2 und 3. Deutlich darunter liegen die Roterle und die beiden Korbweidenklone. Als einziges Prüfglied wurde die Roterle über die gesamte Standzeit der Plantage bonitiert. Alle anderen Baumarten und Klone sind nur für die drei Umtriebe von 1999 bis 2016 dargestellt.

Tabelle 47: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] von Roterle, zwei Korbweiden sowie sechs Balsampappelsorten in fünfjähriger Rotation, Coburg 1995-2016.

	Roterle	Korbweide 722/51	Korbweide 85/55	P 10/85	Hybrid 275	Max 1	Max 2	Max 3	Max 4
1995-1999	12,2								
2000-2004	44,1	36,0	29,2	56,7	66,5	48,9	50,1	52,2	55,1
2005-2009	81,4	77,4	61,6	120,2	144,0	109,1	110,8	109,7	116,2
2010-2016	125,3	113,3	88,1	203,0	242,8	172,7	172,3	156,0	187,0

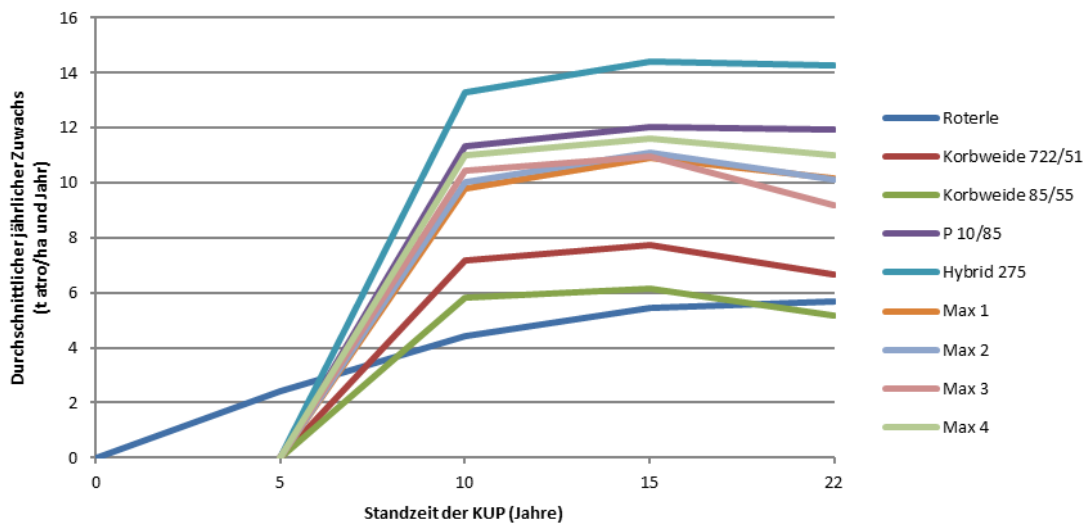


Abbildung 66: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs (durchschnittlicher Gesamtzuwachs (dGZ)) [t atro/ha+a] von Roterle, zwei Korbweiden sowie sechs Balsampappelsorten in fünfjähriger Rotation, Coburg 1995-2016.

Auch die Darstellung des durchschnittlichen jährlichen Zuwachses (dGZ) beginnt – bis auf die Baumart Roterle – erst mit dem Wiederaustrieb nach der ersten Ernte. Der Wiederaustrieb aus einer bereits fünfjährigen Wurzel sorgt für die recht guten Zuwächse in der ersten dargestellten Rotation und damit für einen steilen Anstieg der Linien. Der Klon 10/85 (Matrix 49) erreicht nach fünf Jahren bereits einen durchschnittlichen Zuwachs von über 13 t atro. Auch alle anderen Balsampappeln erreichen im zweiten Umtrieb die geforderten 10 t atro pro Jahr und Hektar. Interessanterweise sinkt der Zuwachs in der letzten – wegen Nichtbefahrbarkeit der Fläche durch ausbleibenden Frost – auf sieben Jahre verlängerten Rotationsperiode bei allen Baumarten und Klonen mit Ausnahme der Roterle etwas ab. Einer der Gründe ist mit Sicherheit der im Frühjahr 2011 aufgetretene Spätfrost, der zu einer Verlichtung der besonders betroffenen Parzellen führte (s.o.).

Tabelle 48: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs [t atro/ha+a] von Roterle, zwei Korbweiden sowie sechs Balsampappelsorten in fünfjähriger Rotation, Coburg 1995-2016.

Standzeit	Roterle	Korbweide 722/51	Korbweide 85/55	P 10/85	Hybrid 275	Max 1	Max 2	Max 3	Max 4
5	2,4								
10	4,4	7,2	5,8	11,3	13,3	9,8	10,0	10,4	11,0
15	5,4	7,7	6,2	12,0	14,4	10,9	11,1	11,0	11,6
22	5,7	6,7	5,2	11,9	14,3	10,2	10,1	9,2	11,0

3.5.3 Zuwachsmessungen der zehnjährigen Umtriebszeiten

Erster zehnjähriger Umtrieb

Im ersten zehnjährigen Umtrieb auf der Versuchsfläche Coburg werden Mittelhöhen von 10 – 13 m erreicht. In Abbildung 67 sieht man, dass die Zuwächse in den ersten drei Jahren gering ausfallen. Dies ist auf die schwierigen Anfangsbedingungen zurückzuführen. Der geringe

Wuchs in den ersten Jahren in Coburg ist nicht wie in Schwarzenau vor allem auf klima- und bodenbedingten Trockenstress zurückzuführen, sondern wird durch die bereits im ersten Jahr auflaufende monokotyledone Begleitvegetation verursacht. Erst im fünften Standjahr 1999 hatten die Pflanzen das Gras soweit ausgedunkelt, dass gute Höhenzuwächse möglich waren. Die größten Durchschnittshöhen erreichten die Balsampappelklone Hybrid 275 und Androscoggin. Am schlechtesten wuchsen Roterle und die Aspensorte Ahle. Deutlich zu sehen sind – vor allem bei einigen Balsampappeln – die reduzierte Höhenentwicklung im sogenannten Jahrhundertssommer 2003 im Vergleich zu den Jahren davor und dem Sommer danach. Die hohen Temperaturen in Verbindung mit dem Niederschlagsdefizit in diesem Jahr haben sich also sogar auf dem feuchten Standort Coburg ausgewirkt.

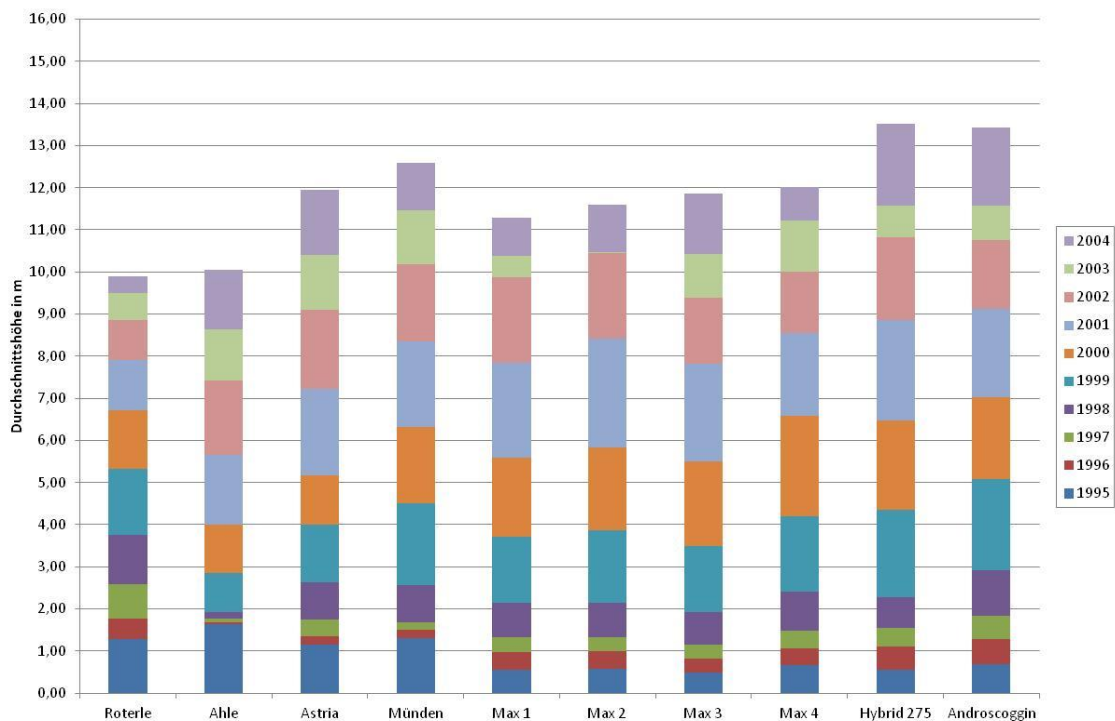


Abbildung 67: Entwicklung der Durchschnittshöhe von Roterle, der Aspen Ahle, Astria und Münden sowie von sechs Balsampappelklonen, Coburg, 1. zehnjähriger Umtrieb 1995-2004

Tabelle 49: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Roterle, der Aspen Ahle, Astria und Münden sowie von sechs Balsampappelklonen, Coburg, 1. zehnjähriger Umtrieb 1995-2004

Jahr	Roterle	Ahle	Astria	Münden	Max 1	Max 2	Max 3	Max 4	Hybrid 275	Androscoggin
1995	1,28	1,64	1,16	1,31	0,55	0,58	0,48	0,67	0,56	0,68
1996	0,49	0,04	0,20	0,18	0,43	0,42	0,34	0,40	0,55	0,61
1997	0,81	0,09	0,39	0,20	0,35	0,34	0,32	0,40	0,43	0,55
1998	1,17	0,14	0,89	0,88	0,82	0,81	0,77	0,94	0,72	1,06
1999	1,57	0,93	1,37	1,93	1,57	1,72	1,57	1,79	2,08	2,17
2000	1,39	1,16	1,17	1,81	1,87	1,98	2,00	2,38	2,11	1,95
2001	1,19	1,65	2,05	2,04	2,27	2,59	2,31	1,96	2,40	2,08
2002	0,94	1,78	1,87	1,83	2,01	2,03	1,58	1,46	1,96	1,65
2003	0,66	1,21	1,31	1,28	0,51	0,01	1,03	1,22	0,77	0,81
2004	0,39	1,43	1,55	1,12	0,90	1,12	1,43	0,79	1,94	1,85

Auf Grund der starken Konkurrenz der Begleitvegetation in den Anfangsjahren fällt die Biomasseleistung im ersten zehnjährigen Umtrieb relativ schwach aus (Abbildung 68). Der Hochwaldklon Androscoggin zeigt auf dem tonigen Boden der Fläche Coburg mit 9,6 t atro/ha*a die beste Massenleistung, am schlechtesten wuchs die Aspe Ahle mit 2 t atro/ha*a.

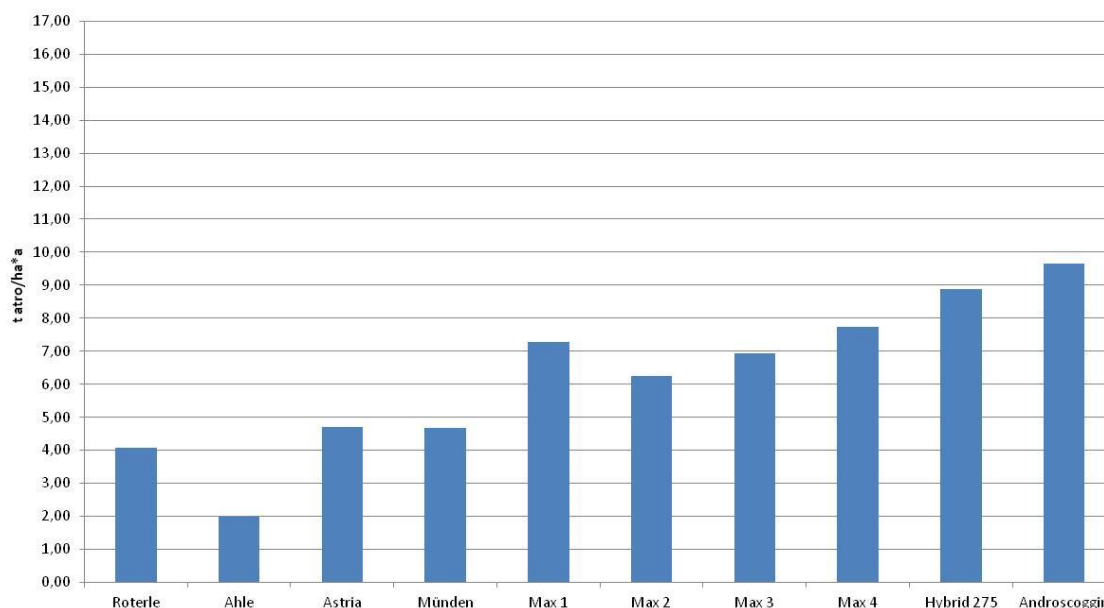


Abbildung 68: Massenleistung von Roterle, der Aspen Ahle, Astria und Münden sowie von sechs Balsampappelklonen, Coburg, 1. zehnjähriger Umtrieb 1995-2004

Zweiter zehnjähriger Umtrieb

Die Ernte des zehnjährigen Bestandes musste wegen ausbleibenden Frostes – genau wie die des fünfjährigen Umtriebs – um zwei Jahre verschoben werden, so dass im Winter 2016/17 ein zwölf Jahre alter Bestand geerntet wurde. Das Höhenwachstum (Abbildung 69) ist bei allen Baumarten und Klonen in den ersten Jahren nach dem Wiederaustrieb hoch, um dann im Verlauf des Umtriebs kontinuierlich abzunehmen. Eine Ausnahme macht im letzten Jahr die Aspe Astria mit einem sehr großen durchschnittlichen Höhenwachstum, das aber sicherlich auf das Absterben von niedrigeren Bäumen im Jahr 2015 zurückzuführen ist, die 2016 dann nicht mehr gemessen wurden. Der letzte Balken repräsentiert daher nicht das tatsächliche Höhenwachstum des letzten Jahres. Astria erreicht mit über 20 Metern die größte Durchschnittshöhe aller dargestellten Baumarten und Klone.

Die durchschnittliche Massenleistung pro Hektar (Abbildung 70) ist im zweiten zwölfjährigen Umtrieb höher als in der ersten zehnjährigen Rotation und höher als in der vierten siebenjährigen Rotation. Der Hochwaldklon Androscoggin erreichte mit 24 t atro/ha*a das beste Wuchsergebnis. Bereits im ersten zehnjährigen Umtrieb bildete Androscoggin mehr Biomasse als alle anderen getesteten Sorten. Dieser enorme Zuwachs des Hochwaldklons ist sicher auch eine Folge der höheren Umtriebszeit, das vorliegende Ergebnis ist aber aufgrund von Randeffekten, der geringen Parzellengröße und fehlender Wiederholungen statistisch nicht aussagekräftig. Der Klon Max 1 folgt mit einem Zuwachs von 19 t atro. Max 3 und 4 sowie Hybrid 275 sind mit 15,4 – 16,7 t atro/ha*a in den zwölf Jahren ebenfalls sehr gut gewachsen. Die Aspe Astria und

die Max-Sorte 2 mit je 13,7 t atro und die Aspensorte Münden mit 12 t atro schnitten im Vergleich etwas schlechter ab. Der Zuwachs der Roterle lag mit 8,4 t pro Jahr und Hektar in einem für diese Baumart hohen Bereich. Die Lichtbaumart Roterle zeigte im 12-jährigen Bestand die höchste Abnahme der Stammzahl. Die Aspe Ahle hatte bei nur 2.750 gemessenen Trieben von ehemals 3.333 Pflanzen je Hektar mit lediglich 4,3 t atro/ha*a den geringsten Trockenmasseertrag. Insgesamt kann man bei diesem zweiten zwölfjährigen Umtrieb der Versuchsfläche Coburg von einem sehr guten Wachstum fast aller Baumarten und Klone sprechen. Die Wuchsergebnisse aller Baumarten deuten darauf hin, dass die wuchsoptimale Umtriebszeit bei Balsampappel-KUP offenbar ungefähr in diesem Alter liegt. Zu diesem Ergebnis kommt auch HOFMANN (2005), der eine zuwachsoptimale Umtriebszeit der Balsampappel in KUP von 13 Jahren angibt.

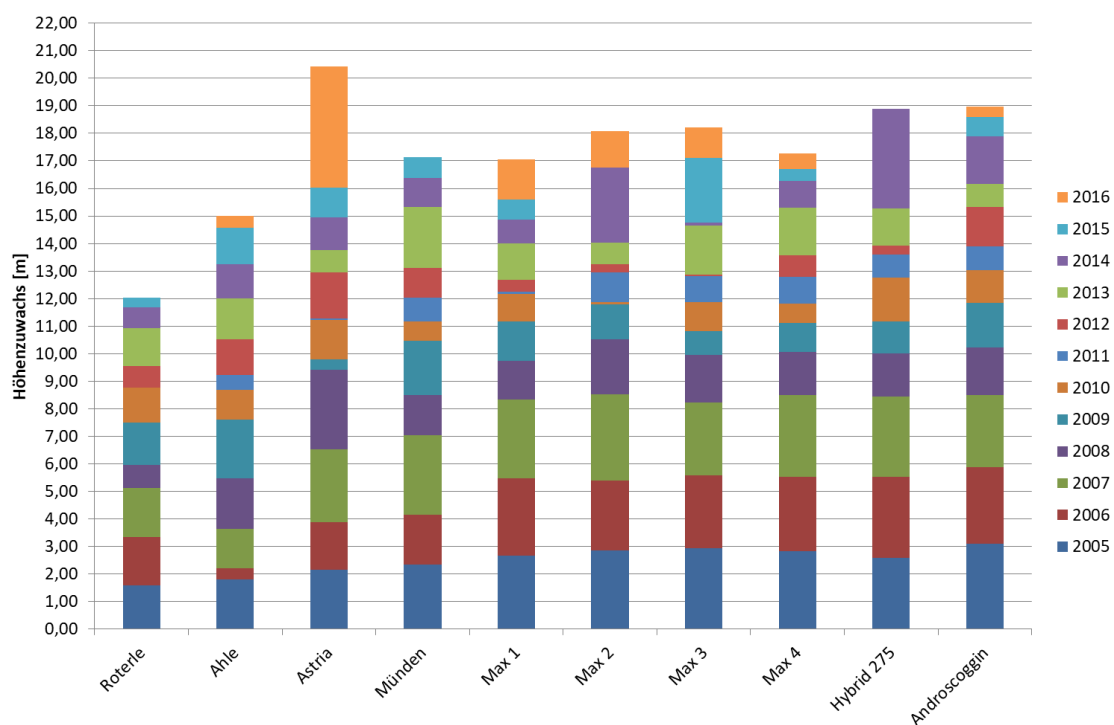


Abbildung 69: Jährlicher Höhenzuwachs der Roterle, der Aspen Ahle, Astria und Münden sowie der Balsampappelklone, Coburg, 2. zehnzweölf-jähriger Umtrieb 2005-2016.

Tabelle 50: Jährlicher Höhenzuwachs [m] der Roterle, der Aspen Ahle, Astria und Münden sowie der Balsampappelklone, Coburg, 2. zehn(zwölf-)jähriger Umtrieb 2005-2016.

Jahr	Roterle	Ahle	Astria	Münden	Max 1	Max 2	Max 3	Max 4	Hybrid 275	Androscoggin
2005	1,58	1,82	2,15	2,33	2,67	2,85	2,93	2,82	2,58	3,10
2006	1,77	0,38	1,74	1,83	2,80	2,55	2,65	2,72	2,93	2,78
2007	1,77	1,43	2,63	2,87	2,86	3,12	2,64	2,96	2,92	2,61
2008	0,84	1,86	2,88	1,48	1,41	2,02	1,74	1,55	1,57	1,73
2009	1,52	2,11	0,39	1,95	1,43	1,25	0,86	1,07	1,15	1,62
2010	1,27	1,09	1,42	0,71	1,01	0,08	1,05	0,69	1,61	1,18
2011	0,02	0,55	0,05	0,87	0,06	1,09	0,95	0,98	0,81	0,88
2012	0,79	1,29	1,67	1,07	0,43	0,29	0,06	0,78	0,35	1,43
2013	1,37	1,46	0,83	2,21	1,33	0,80	1,76	1,72	1,33	0,84
2014	0,75	1,24	1,18	1,06	0,87	2,72	0,12	0,99	3,62	1,73
2015	0,34	1,33	1,10	0,77	0,71	0,00	2,33	0,43	0,00	0,68
2016	0,00	0,43	4,40	0,00	1,45	1,33	1,12	0,57	0,00	0,38

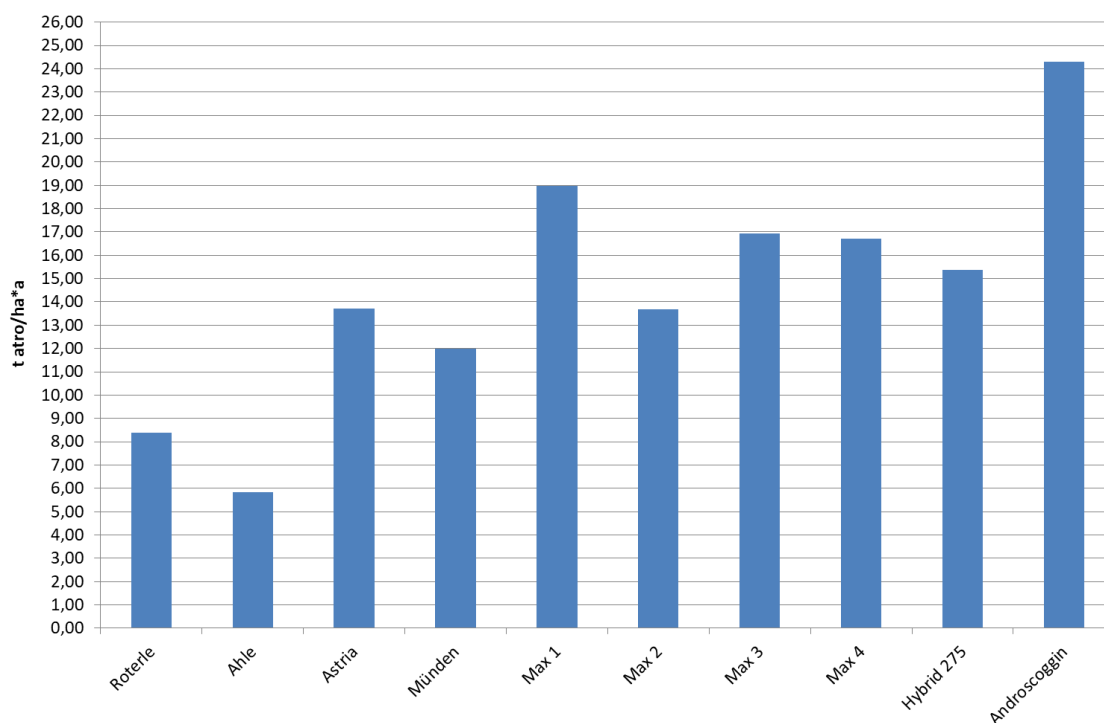


Abbildung 70: Massenleistung der Roterle, der Aspenarten Ahle, Münden und Astria sowie der sechs Balsampappelklone, Coburg, 2. zehn(zwölf-)jähriger Umtrieb 2005-2016.

3.5.4 Entwicklung der Masseleistung bei zehnjähriger Rotation

Tabelle 51: Masseleistung [t atro/ha*a] der Roterle, der Aspen Ahle, Astria und Münden sowie von sechs Balsampappelklonen in zehnjähriger Rotation, Coburg 1995-2016.

	Roterle	Ahle	Astria	Münden	Max 1	Max 2	Max 3	Max 4	Hybrid 275	Androscoggin
1995-2004	4,1	2,0	4,7	4,7	7,3	6,3	6,9	7,7	8,9	9,6
2005-2016	8,4	5,8	13,7	12,0	19,0	13,7	16,9	16,7	15,4	24,3

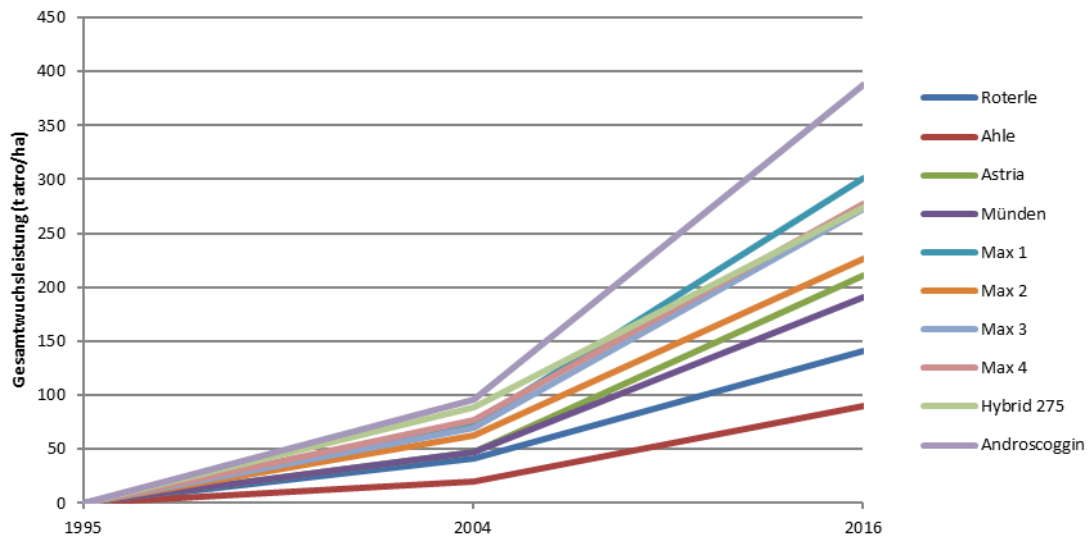


Abbildung 71: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] der Roterle, der Aspen Ahle, Astria und Münden sowie von sechs Balsampappelklonen in zehnjähriger Rotation, Coburg 1995-2016.

In Abbildung 71 und Tabelle 51 fällt die deutliche Steigerung der Wuchsleistung in der zweiten – diesmal zwölfjährigen – Rotation auf. In beiden Umtrieben liegt der Hochwaldklon Androscoggin vorn und zeigt mit fast 400 t atro in 22 Jahren eine enorme Gesamtwuchsleistung, sicherlich auch bedingt durch die Lage der Parzelle mit gut entwickelten Randbäumen. Da im fünfjährigen Umtrieb in der ersten Rotation nur die Roterle und der inzwischen abgestorbene Klon Beaupré massenbonitiert wurden und bis auf Roterle nur Ergebnisse von drei Rotationen vorliegen, ist der Vergleich von fünf- und zehnjähriger Rotation schwierig, in der Tendenz sind die addierten Zuwächse in der zehn- und zwölfjährigen Rotation aber höher als in den vier bzw. drei kurzen Umtrieben.

Tabelle 52: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] der Roterle, der Aspen Ahle, Astria und Münden sowie von sechs Balsampappelklonen in zehnjähriger Rotation, Coburg 1995-2016.

	Roterle	Ahle	Astria	Münden	Max 1	Max 2	Max 3	Max 4	Hybrid 275	Androscoggin
1995-2004	40,7	20,0	47,0	46,8	72,8	62,5	69,4	77,3	88,9	96,4
1995-2016	141,5	90,0	211,4	190,6	300,6	226,4	272,7	277,7	273,3	388,1

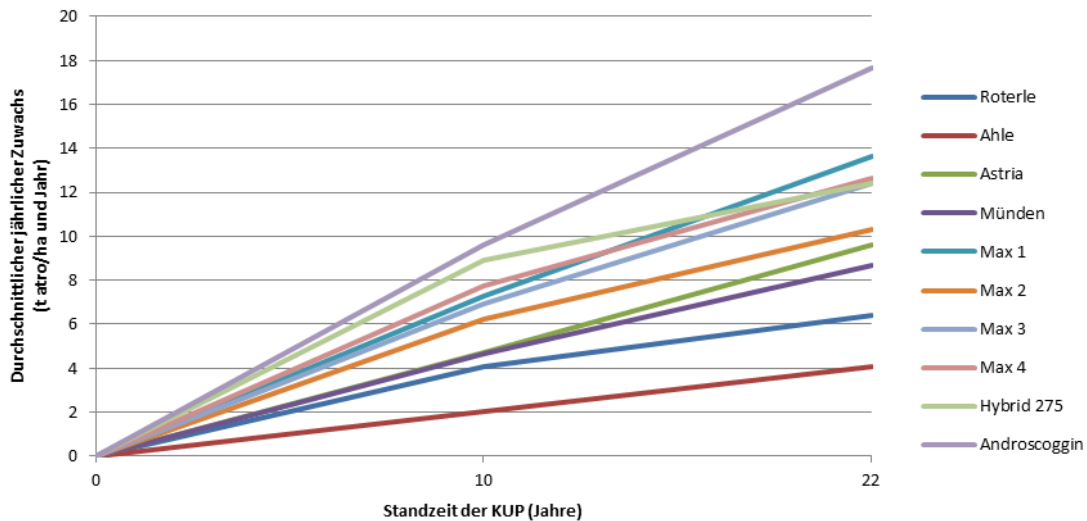


Abbildung 72: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs (dGZ) [t atro/ha+a] der Roterle, der Aspen Ahle, Astria und Münden sowie von sechs Balsampappelklonen in zehnjähriger Rotation, Coburg 1995-2016.

Nach 22 Jahren erreichen sechs von zehn Prüfgliedern und damit alle angebaute Balsampapeln die geforderten zehn Tonnen Zuwachs an absolut trockener Biomasse pro Jahr und Hektar. Lediglich die drei Aspensorten Ahle, Astria und Münden sowie die Roterle liegen darunter, Astria und Münden liegen nur knapp unter dieser Zahl. Die gute Wasserverfügbarkeit des Versuchsstandorts Coburg kommt den Ansprüchen von Pappeln und Roterlen gut entgegen.

Tabelle 53: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs [t atro/ha+a] der Roterle, der Aspen Ahle, Astria und Münden sowie von sechs Balsampappelklonen in zehnjähriger Rotation, Coburg 1995-2016.

Standzeit	Roterle	Ahle	Astria	Münden	Max 1	Max 2	Max 3	Max 4	Hybrid 275	Androscoggin
10	4,1	2,0	4,7	4,7	7,3	6,3	6,9	7,7	8,9	9,6
22	6,4	4,1	9,6	8,7	13,7	10,3	12,4	12,6	12,4	17,6

3.6 Reisbach

3.6.1 Zuwachsmessungen der fünfjährigen Umtriebszeiten

Erster fünfjähriger Umtrieb

Der bei den älteren Versuchsflächen des Projekts gewählte Abstand zwischen den Reihen von 2,5 m erwies sich – zumindest im jeweils ersten Umtrieb – als nicht zuwachsoptimal. Die Bäume konnten die Begleitvegetation nicht früh genug ausdunkeln. Daher wurde bei den Versuchsflächen Reisbach sowie Dornwang I und II der Abstand zwischen den Reihen auf 1,5 m verringert. Gleichzeitig wurde der Abstand in der Reihe auf 0,8 m erhöht, so dass die Soll-Pflanzenzahl im fünfjährigen Umtrieb auf den genannten Flächen mit 8.330 Stück pro Hektar etwas höher liegt als in Wöllershof, Neuhof, Beuerberg und Schwarzenau.

Abbildung 73 zeigt die Höhenentwicklung von sieben Balsampappelklonen auf der Versuchsfläche Reisbach. Bis auf Beaupré und Boelare, die vom Pappelblattrost befallen wurden, zeigen

alle Balsampappeln ab dem Pflanzjahr 1997 ein verhaltenes, dann zunehmend gutes und relativ ausgeglichenes Höhenwachstum. Die erreichten Mittelhöhen nach fünf Jahren liegen bei den gesunden Klonen recht nah beieinander zwischen 9 und 10 m.

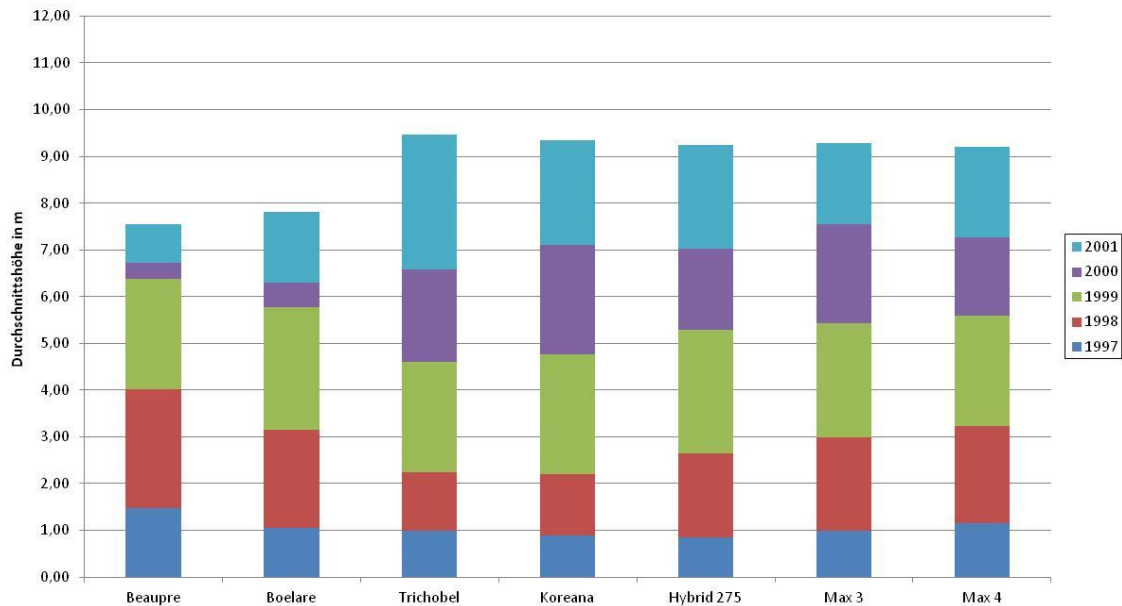


Abbildung 73: Entwicklung der Durchschnittshöhen von sieben Balsampappelklonen, Reisbach, 1. fünfjähriger Umtrieb 1997–2001

Tabelle 54: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von sieben Balsampappelklonen, Reisbach, 1. fünfjähriger Umtrieb 1997–2001

Jahr	Beaupré	Boelare	Trichobel	Koreana	Hybrid 275	Max 3	Max 4
1997	1,47	1,06	0,99	0,88	0,86	0,99	1,15
1998	2,54	2,10	1,24	1,33	1,78	2,00	2,08
1999	2,36	2,62	2,37	2,55	2,66	2,44	2,37
2000	0,34	0,52	1,99	2,34	1,72	2,12	1,67
2001	0,84	1,52	2,88	2,26	2,23	1,74	1,94

Die Zuwächse an Biomasse in Abbildung 74 zeigen ein ähnliches Bild wie die Höhenzuwächse. Die niedrigste Biomasseproduktion leisten die vom Pappelblattrost befallenen Klone Beaupré und Boelare. Alle anderen erreichen Zuwächse zwischen 7 und 9 t atro/ha*a.

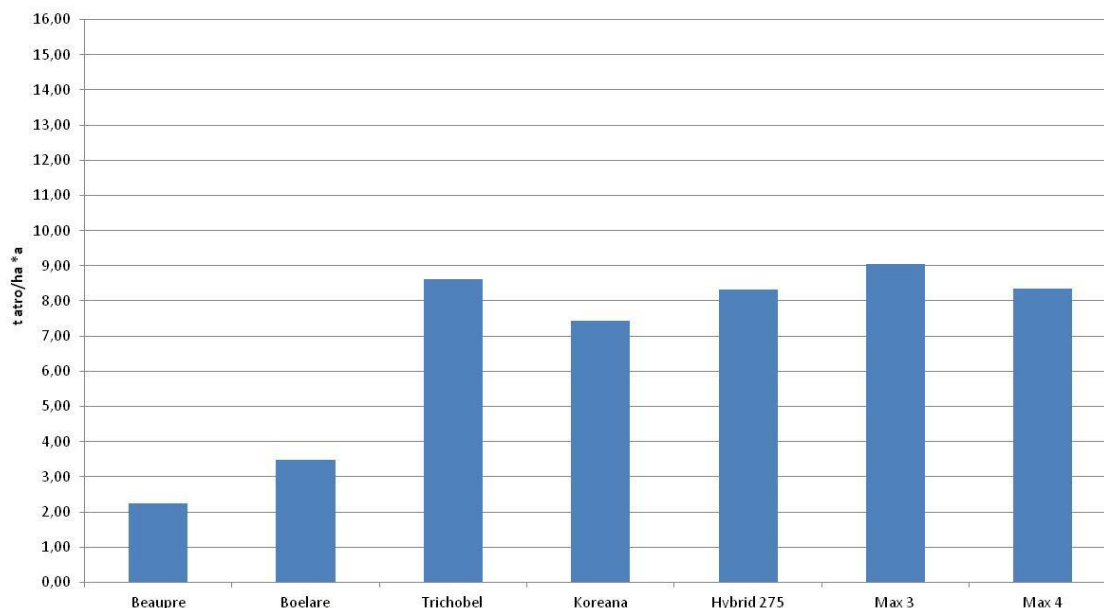


Abbildung 74: Massenleistung von sieben Balsampappelklonen, Reisbach, 1. fünfjähriger Umtrieb 1997–2001.

Zweiter fünfjähriger Umtrieb

Wie im ersten Umtrieb erreicht auch im zweiten der Balsampappel-Klon Trichobel die größte Durchschnittshöhe in Reisbach, diesmal aber mit höherem Vorsprung als in der ersten Umtriebszeit. Ansonsten ist das Bild zwischen den Klonen Max 3 und 4, Hybrid 275 und Koreana recht einheitlich (Abbildung 75). Aus dem Rahmen fällt der Klon Boelare, der vom Rostpilz befallen ist. Der jährliche Höhenzuwachs der Pappelklone nimmt mit den Jahren kontinuierlich ab. Die Schwankungen im Jahreszuwachs bei Boelare sind möglicherweise durch den Rostpilzbefall erklärbar. Der Klon Beaupré ist in der zweiten Rotation aufgrund des starken Blattrostbefalls abgestorben.

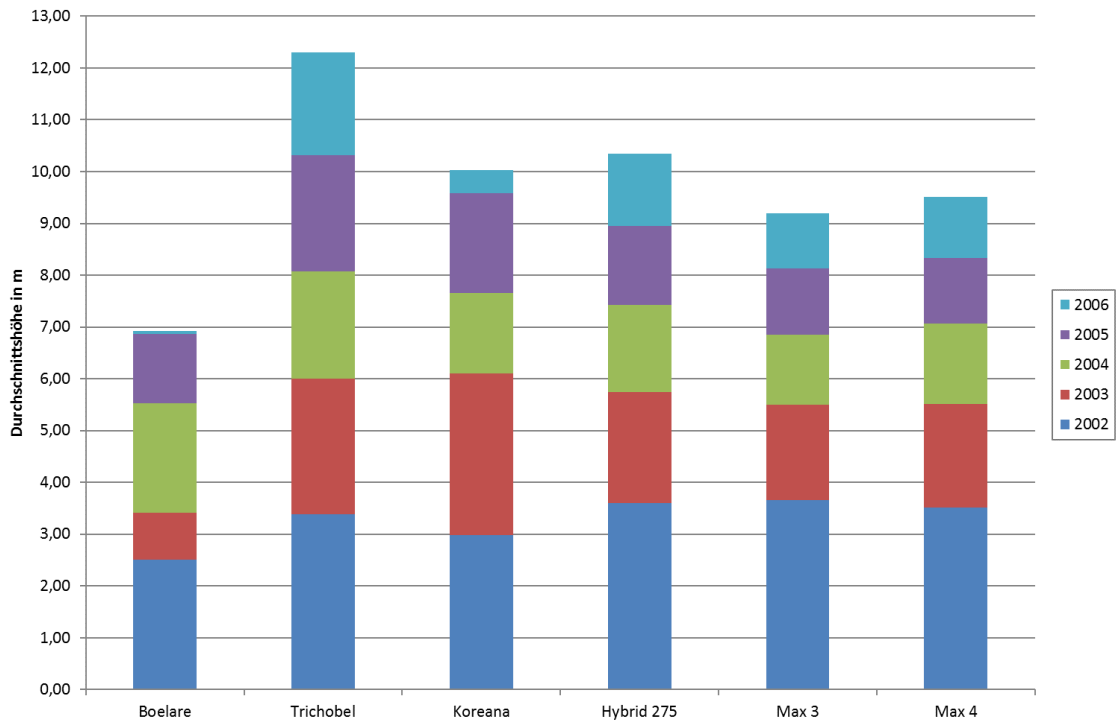


Abbildung 75: Entwicklung der Durchschnittshöhe von sechs Balsampappelklonen, Reisbach, 2. fünfjähriger Umtrieb 2002-2006

Tabelle 55: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von sechs Balsampappelklonen, Reisbach, 2. fünfjähriger Umtrieb 2002-2006

Jahr	Boelare	Trichobel	Koreana	Hybrid 275	Max 3	Max 4
2002	2,51	3,38	2,98	3,59	3,66	3,51
2003	0,90	2,61	3,13	2,14	1,84	1,99
2004	2,12	2,08	1,55	1,68	1,34	1,56
2005	1,33	2,24	1,92	1,53	1,28	1,26
2006	0,06	1,98	0,46	1,39	1,06	1,18

Die Darstellung der Biomasseleistungen in Abbildung 76 zeigt ein ausgeglichenes Bild mit Ausnahme von Boelare und Max 3. Die Sorte Boelare ist durch den Pappelblattrost in ihrer Vitalität stark beeinträchtigt und kommt dadurch nur auf einen Zuwachs von 4-5 t atro/ha*a. Der Klon Max 3 wurde nur auf einer Parzelle der Versuchsfläche gepflanzt; der hohe Zuwachs mit fast 16 t atro/ha*a ist zum Teil durch Randeffekte verursacht. Die übrigen Balsampappelklone liegen zwischen 11,5 und 13,5 t atro/ha*a. Die Massenleistung ist deutlich höher als im ersten Umtrieb, in dem dasselbe Klonkollektiv zwischen 7 und 9 t atro/ha*a produzierte.

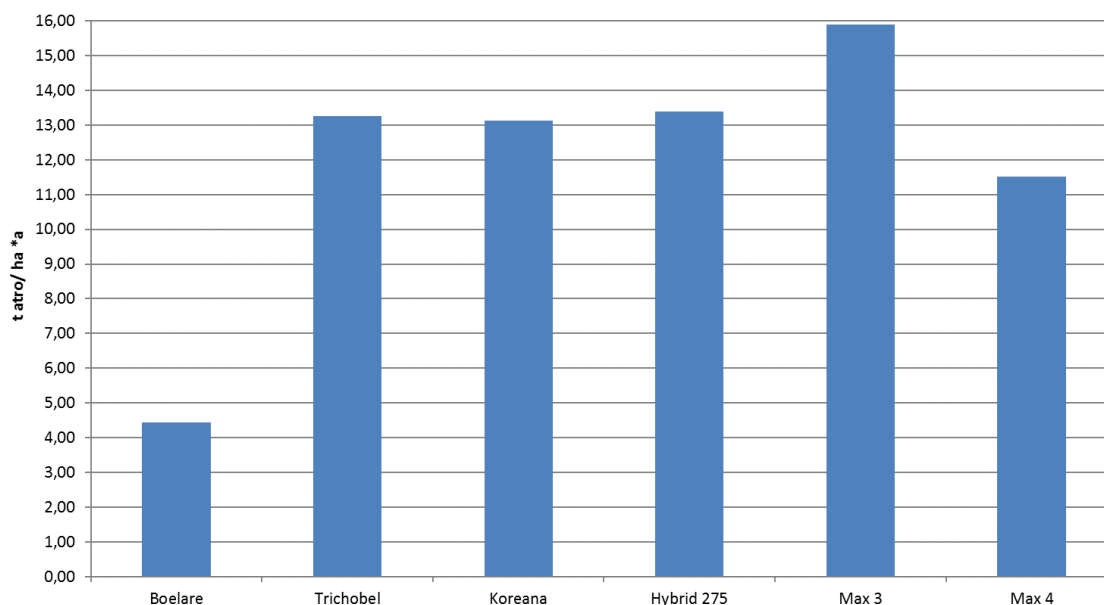


Abbildung 76: Massenleistung von fünf Balsampappelklonen, Reisbach, 2. fünfjähriger Umtrieb 2002-2006

Dritter fünfjähriger Umtrieb

Der Klon Boelare wurde auf Grund seiner Rostpilz-Anfälligkeit nicht mehr in die Aufnahmen einbezogen. Bei den übrigen Klonen zeigt sich im dritten fünfjährigen Umtrieb in Reisbach ein ebenso ausgeglichenes Wuchsbild wie in den ersten beiden Rotationen; alle fünf Balsampappel-Klone weisen Durchschnittshöhen von um die 10 m auf (Abbildung 77). Im Jahr 2011, der fünften Vegetationsperiode, wurde nur ein geringer Zuwachs oder gar Rückgang der mittleren Höhen gemessen. Dieser Umstand könnte durch den Dichtstand auf der Fläche zu erklären sein. Bei den gewählten Abständen von 1,5 x 0,8 m stehen 8.300 Pflanzen pro Hektar auf der Fläche. Einige Individuen fallen gegen Ende der Umtriebszeit durch die hohe intraspezifische Konkurrenz zurück. Der geringe bis gar nicht vorhandene Wuchs dieser unterdrückten Bäume in Verbindung mit Wassermangel des gesamten Bestandes ist sehr wahrscheinlich für die sehr geringen durchschnittlichen Höhenzuwächse im fünften Jahr verantwortlich.

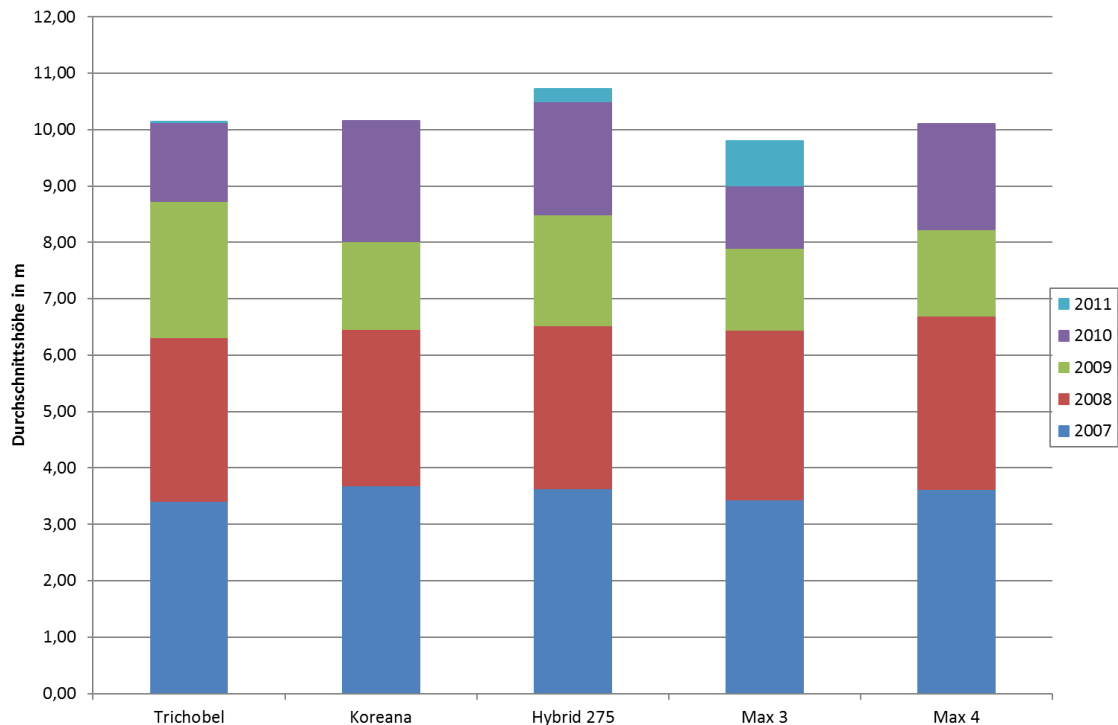


Abbildung 77: Entwicklung der Durchschnittshöhe von fünf Balsampappelklonen, Reisbach, 3. fünfjähriger Umtrieb 2007-2011

Tabelle 56: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von fünf Balsampappelklonen, Reisbach, 3. fünfjähriger Umtrieb 2007-2011

Jahr	Trichobel	Koreana	Hybrid 275	Max 3	Max 4
2007	3,42	3,69	3,64	3,44	3,62
2008	2,90	2,77	2,88	3,01	3,08
2009	2,41	1,55	1,97	1,44	1,52
2010	1,40	2,13	2,01	1,11	1,89
2011	0,02	-0,45	0,22	0,79	-0,19

Die Biomasseleistung lag in der dritten Periode zwischen 12 und 17 t atro/ha*a (Abbildung 78) und damit noch höher als im zweiten Umtrieb. Lediglich Koreana zeigte einen geringeren Zuwachs als in der zweiten Rotation. Die höchste Massenleistung wurde wie im zweiten Umtrieb vom Klon Max 3, die geringste von der Sorte Koreana erbracht.

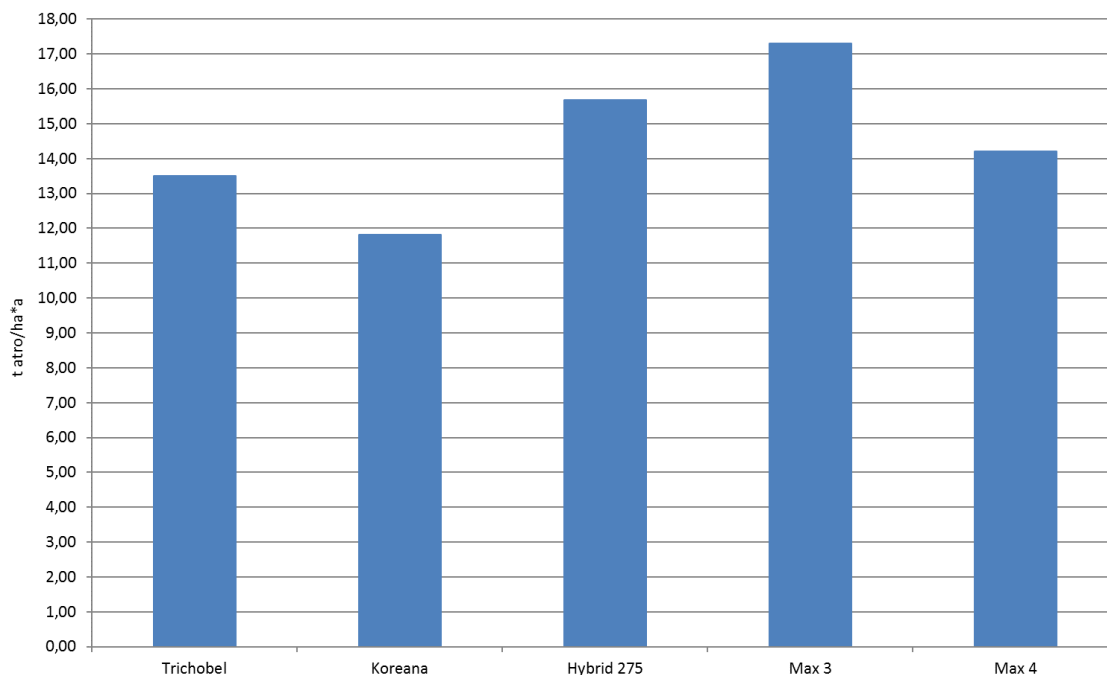


Abbildung 78: Massenleistung von fünf Balsampappelklonen, Reisbach, 3. fünfjähriger Umtrieb 2007-2011.

Vierter fünfjähriger Umtrieb

In der folgenden Grafik werden die Höhenzuwächse der Neupflanzungen 2004 und der Altbestände zusammengefasst, da sich beim Höhenwuchs im Gegensatz zur Biomasse statistisch kein signifikanter Unterschied zwischen Alt- und Neubestand feststellen lässt. Das bedeutet, dass sich die Zuwächse der Sorte Koreana aus drei neuen und einer alten Parzelle ergeben. Bei den ebenfalls neugepflanzten Sorten Matrix und Mohawk handelt es sich um die zweite Rotation.

Die sieben Balsampappelklone zeigten in den dargestellten Jahren einen sehr gleichmäßigen Wuchs; gegen Ende der Umtriebszeit mit etwas abnehmender Tendenz insbesondere Koreana. Auch zwischen den Klonen sind nur geringe Unterschiede in der Höhenentwicklung zu sehen. Die mittleren Höhen nach fünf Jahren reichen von 10,3 m bei der Sorte Koreana bis zu 11,6 m bei Matrix (Abbildung 79).

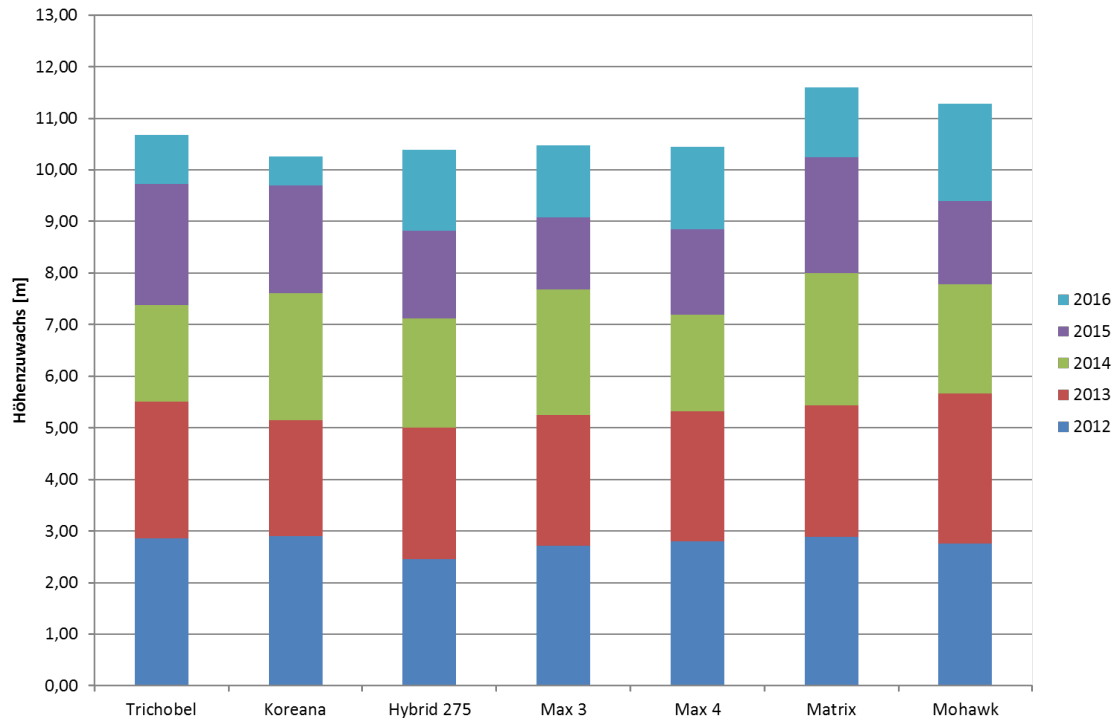


Abbildung 79: Jährlicher Höhenzuwachs der Balsampappelklone, Reisbach, 4. fünfjähriger Umtrieb 2012-2016, bei Matrix und Mohawk 2. fünfjähriger Umtrieb

Tabelle 57: Jährlicher Höhenzuwachs [m] der Balsampappelklone, Reisbach, 4. fünfjähriger Umtrieb 2012-2016

Jahr	Trichobel	Koreana	Hybrid 275	Max 3	Max 4	Matrix	Mohawk
2012	2,86	2,90	2,45	2,72	2,80	2,89	2,75
2013	2,65	2,24	2,55	2,53	2,52	2,54	2,91
2014	1,87	2,47	2,12	2,43	1,87	2,57	2,13
2015	2,35	2,09	1,70	1,41	1,66	2,25	1,61
2016	0,95	0,56	1,57	1,39	1,61	1,35	1,88

Auch im vierten Umtrieb bleiben die Trockenmassenzuwächse (Abbildung 80) der am niederbayerischen Versuchsstandort Reisbach getesteten Pappelklone recht hoch. Wie in den beiden vorhergegangenen Rotationen schnitt der Klon Max 3 mit 16,9 t atro/ha*a am besten ab, was an der Randlage der Max 3-Parzelle liegen dürfte. Es folgen die Klone Hybrid 275 und Max 4 mit Massenleistungen von 14,8 t und 13,1 t atro/ha*a. Die jährliche atro Leistung der Sorten Trichobel und Koreana lagen um die 11 t atro/ha*a.

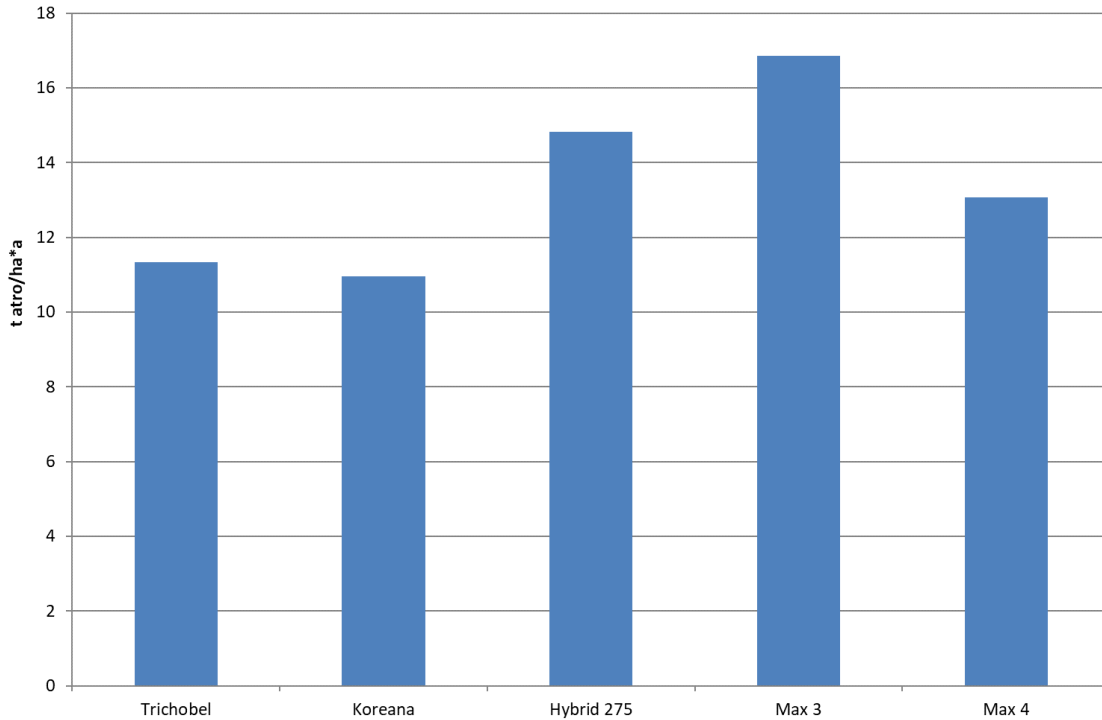


Abbildung 80: Massenleistung der Balsampappelklone, 4. fünfjähriger Umtrieb, Reischbach 2012-2016.

Nachpflanzung von 2004

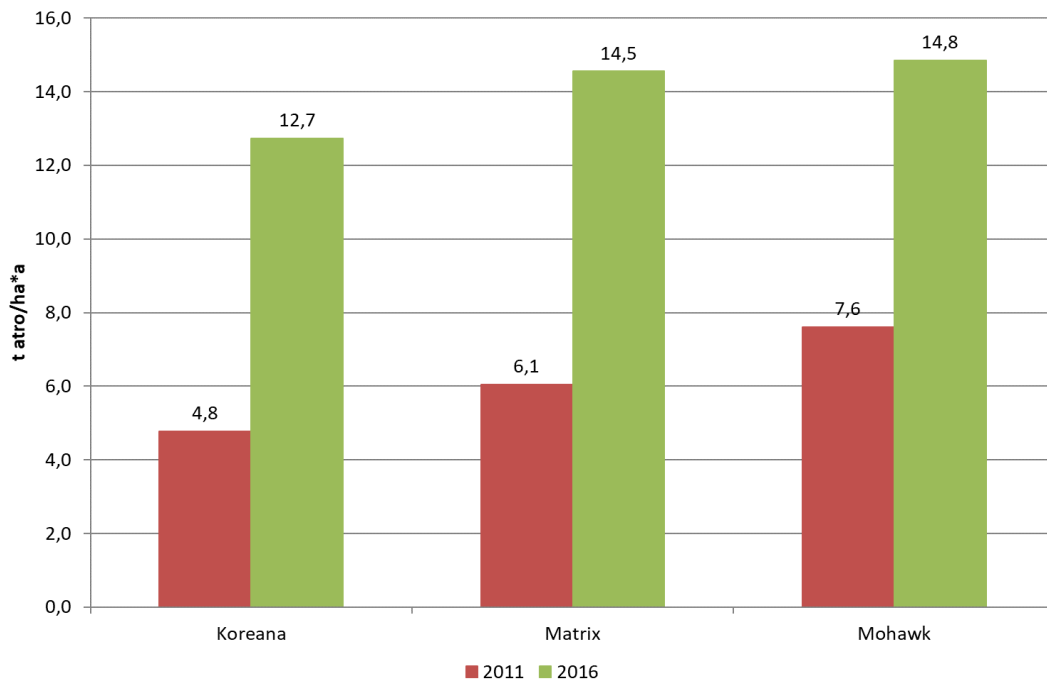


Abbildung 81: Massenleistung [t atro/ha*a] von im Jahr 2004 neu gepflanzten Balsampappelklonen, Reischbach 2004-2016.

Nach der ersten Ernte im Winter 2001/02 stellte sich der Wiederaustrieb der Klone Beaupré, Boelare und z. T. auch Trichobel – bedingt durch den Pappelblattrost – als nicht befriedigend dar, so dass man sich zu Neupflanzungen entschloss. Die 2004 nachgepflanzten Klone Koreana,

Matrix und Mohawk litten allerdings stark unter der Licht-Konkurrenz der vitalen Nachbar-Parzellen, was i. d. R. zum Ausfall der Randreihen führte. Bei Abschluss des zweiten Umtriebs 2006/07 wurden daher die nachgebesserten Parzellen stehen gelassen und erst mit dem dritten Umtrieb geerntet. Die in Abbildung 81 dargestellte Massenleistung bezieht sich daher bei der Ernte im Jahr 2011 auf eine Standzeit von acht Jahren. Der Klon Koreana zeigte dabei mit 4,8 t atro/ha*a den schlechtesten Zuwachs. Am besten schnitt Mohawk ab mit einer Leistung von 7,6 t atro pro Jahr und Hektar. In der zweiten Umtriebszeit erreichten die neugepflanzten Sorten doppelt so hohe Biomasseleistungen von 12,7 bis zu 14,8 t atro/ha und Jahr.

3.6.2 Entwicklung der Masseleistung bei fünfjähriger Rotation

Tabelle 58: Masseleistung [t atro/ha*a] von sieben Balsampappelklonen in fünfjähriger Rotation, Reisbach 1997–2016.

	Beaupré	Boelare	Trichobel	Koreana	Hybrid 275	Max 3	Max 4
1997-2001	2,3	3,5	8,6	7,4	8,3	9,0	8,4
2002-2006	4,4		13,3	13,1	13,4	15,9	11,5
2007-2011			13,5	11,8	15,7	17,3	14,2
2012-2016			11,3	10,9	14,8	16,9	11,8

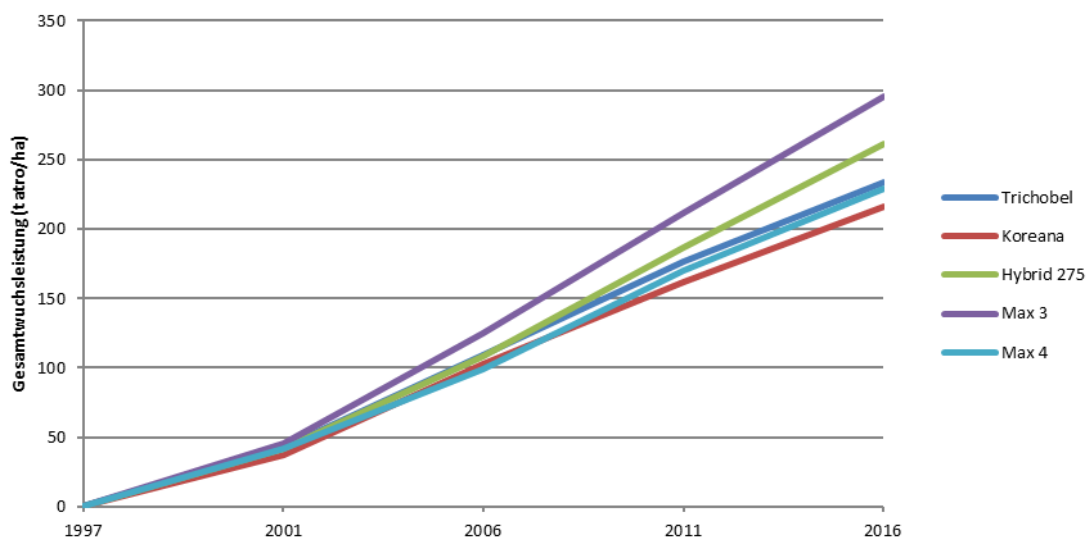


Abbildung 82: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] von fünf Balsampappelklonen in fünfjähriger Rotation, Reisbach 1997–2016.

Die fünf Klone der Balsampappel zeigten wegen des optimierten Pflanzverbandes schon in den ersten fünf Jahren einen recht guten Zuwachs. In der zweiten Rotation steigt der Zuwachs an und bleibt konstant hoch, wie die gleichmäßige Steigung der Linien im Zeitraum von 2001 bis 2016 zeigt. Nach 25 Vegetationsperioden erreicht der Klon Max 3 mit insgesamt fast 300 Tonnen atro absolut trockener Biomasse die höchste Wuchsleistung.

Tabelle 59: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] von fünf Balsampappelklonen in fünfjähriger Rotation, Reisbach 1997–2016.

	Trichobel	Koreana	Hybrid 275	Max 3	Max 4
1997-2001	43,1	37,2	41,7	45,2	41,8
1997-2006	109,4	102,8	108,6	124,7	99,3
1997-2011	176,9	161,9	187,0	211,2	170,3
1997-2016	233,6	216,6	261,1	295,5	229,2

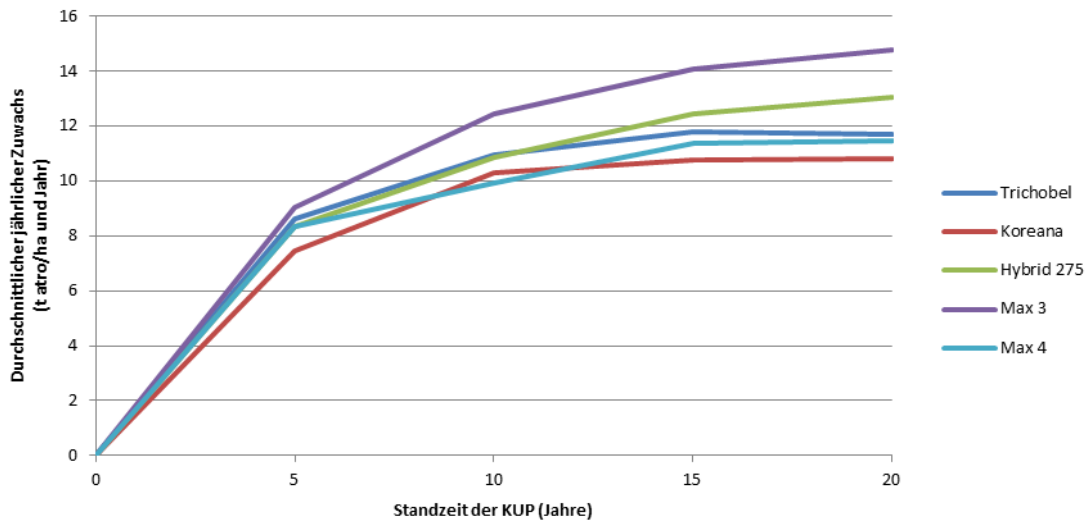


Abbildung 83: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs (dGZ) [t atro/ha+a] von fünf Balsampappelklonen in fünfjähriger Rotation, Reisbach 1997–2016.

Alle in Reisbach angebauten Balsampappeln erreichen bereits in der zweiten Rotation einen durchschnittlichen Zuwachs von zehn Tonnen absolut trockener Biomasse. Die Zuwächse steigen bis in den fünften Umtrieb an bzw. bleiben auf konstant hohem Niveau (Abbildung 83).

Tabelle 60: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs [t atro/ha+a] von fünf Balsampappelklonen in fünfjähriger Rotation, Reisbach 1997–2016.

Standzeit	Trichobel	Koreana	Hybrid 275	Max 3	Max 4
5	8,6	7,4	8,3	9,0	8,4
10	10,9	10,3	10,9	12,5	9,9
15	11,8	10,8	12,5	14,1	11,4
20	11,7	10,8	13,1	14,8	11,5

3.7 Dornwang I

3.7.1 Zuwachsmessungen der fünfjährigen Umtriebszeiten

Erster fünfjähriger Umtrieb

Wie Reisbach wurde auch die Versuchsfläche Dornwang I mit einer Soll-Pflanzanzahl von 8.330 Stück pro Hektar begründet. Der Wuchs ist aber viel schwächer als in Reisbach, wie die Abbildung 84 und Abbildung 85 belegen. Dies ist bedingt durch die windexponierte Kuppenlage der

Fläche und durch den auffallend geringen Humusanteil im Oberboden. Allerdings schränkte die exponierte Lage auch die Schädigung durch den Pappelblattrost ein, die Unterschiede in Höhenwachstum und Biomasseproduktion zwischen den befallenen Klonen Beaupré und Boelare und den gesunden Balsampappeln Trichobel und Max 4 sind nicht so ausgeprägt wie in Reischbach.

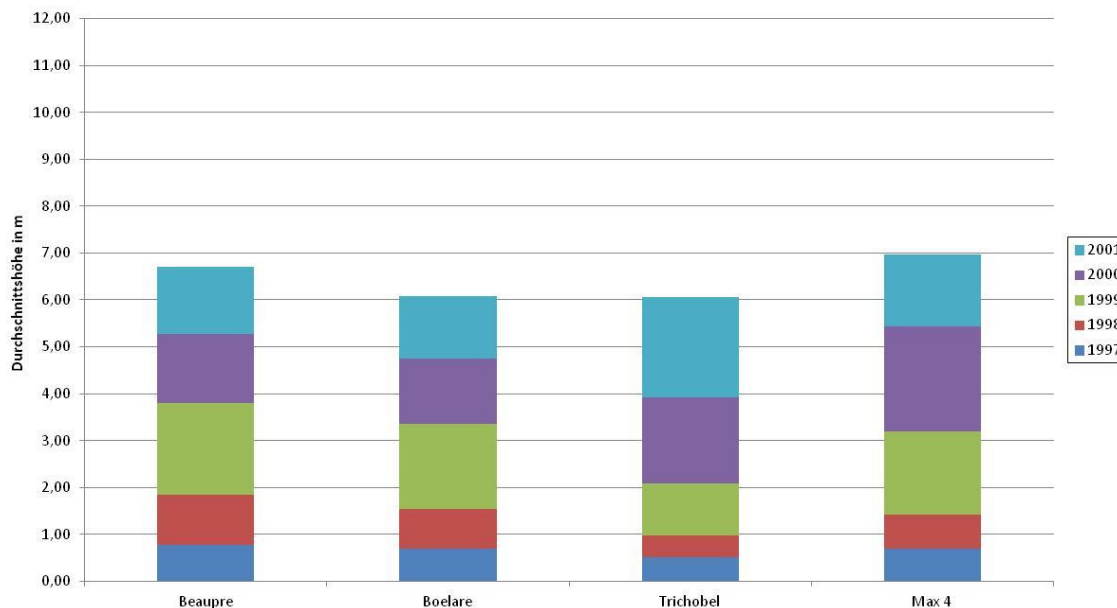


Abbildung 84: Entwicklung der Durchschnittshöhen von vier Balsampappelklonen, Dornwang I, 1. fünfjähriger Umtrieb 1997-2001

Tabelle 61: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von vier Balsampappelklonen, Dornwang I, 1. fünfjähriger Umtrieb 1997-2001

Jahr	Beaupré	Boelare	Trichobel	Max 4
1997	0,78	0,69	0,52	0,70
1998	1,06	0,85	0,47	0,73
1999	1,96	1,81	1,09	1,78
2000	1,48	1,39	1,84	2,23
2001	1,43	1,33	2,15	1,55

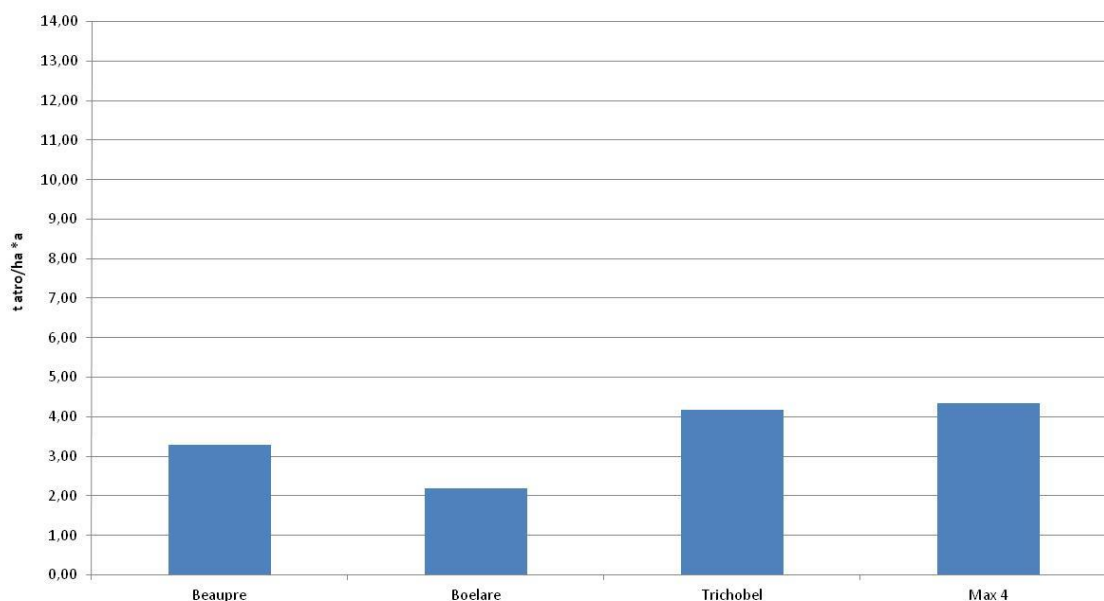


Abbildung 85: Massenleistung von vier Balsampappelklonen, Dornwang I, 1. fünfjähriger Umtrieb 1997-2001

Zweiter fünfjähriger Umtrieb

Im zweiten Umtrieb wurden die Klone Beaupré und Boelare stärker vom Pappelblattrost befallen als im ersten. Dies zeigt sich in dem verminderten jährlichen Höhenzuwachs und einer kaum vorhandenen Biomasseleistung. Boelare hatte einen Holzzuwachs von lediglich 2,42 t atro/ha*a, während Beaupré überhaupt keinen nennenswerten Zuwachs mehr aufwies.

Die Höhenwuchsleistungen der übrigen Balsampappelklone waren mit 8-9 m erreichter Durchschnittshöhe recht ausgeglichen. Die Massenwuchsleistung der Sorte Trichobel war im zweiten Umtrieb mit 5,37 t atro/ha und Jahr nur unwesentlich höher als im ersten Umtrieb. Die Sorten Max 3, Koreana und Hybrid 275 waren nur auf Kleinstflächen vertreten, so dass die Daten zur Biomasseermittlung nicht aussagekräftig sind. Bei dem einzigen gesunden Klon auf der Versuchsfläche Dornwang I, der in mehreren Parzellen angebaut war, handelte es sich um Max 4. Dieser zeigte im zweiten Umtrieb einen Zuwachs von 9,92 t atro/ha*a, der für diesen flachgründigen und windexponierten Standort als sehr gut zu beurteilen ist.

3.8 Dornwang II

3.8.1 Zuwachsmessungen der fünfjährigen Umtriebszeiten

Erster fünfjähriger Umtrieb

In Dornwang II wurden die Klone Beaupré und Boelare, bedingt durch die feuchte Lage im Isartal, sehr stark vom Pappelblattrost geschädigt. Im Herbst des zweiten Standjahres 1998 kam es auf der Fläche zu einer Massenvermehrung der Erdmaus, die Klone Beaupré, Boelare und Trichobel wurden im gesamten Umfang geringelt. Diese beiden Faktoren führten zum Absterben ganzer Parzellen der betroffenen Klone, insbesondere im Inneren der Versuchsfläche bereits während des ersten Umtriebs. Höhenmessung und Massenabschätzung mussten auf

diesen stark geschädigten Parzellen unterbleiben. Die folgenden Abbildungen beruhen also nicht auf einer repräsentativen Datenerhebung und sind nur bedingt aussagefähig.

Nach einem verhaltenen Start im Anlagejahr – bedingt durch die Konkurrenzwirkung des Pflirsichblättrigen Knöterichs – zeigten die Bäume im zweiten und dritten Jahr ein gutes Wachstum. Im Jahr 2000 nahm die Durchschnittshöhe der beiden vom Rostpilz befallenen und von der Erdmaus geschädigten Klone Beaupré und Boelare überhaupt nicht zu. Auch die übrigen Balsampappeln incl. der Mischparzelle mit Max 4 und Beaupré wuchsen in diesem Jahr schwächer als in den Jahren zuvor. Insgesamt kann die Entwicklung der Durchschnittshöhe in Dornwang II (Abbildung 86) aber als gut bezeichnet werden.

In Abbildung 87 zeigt der Klon Max 4 bereits im ersten Umtrieb eine sehr gute Biomasse-Produktion von über 11 t atro/ha*a. Die Angaben zu den übrigen Klonen sind nur wenig aussagekräftig, da bei diesen nur die am Rand der Versuchsfläche liegenden Parzellen beprobt werden konnten.

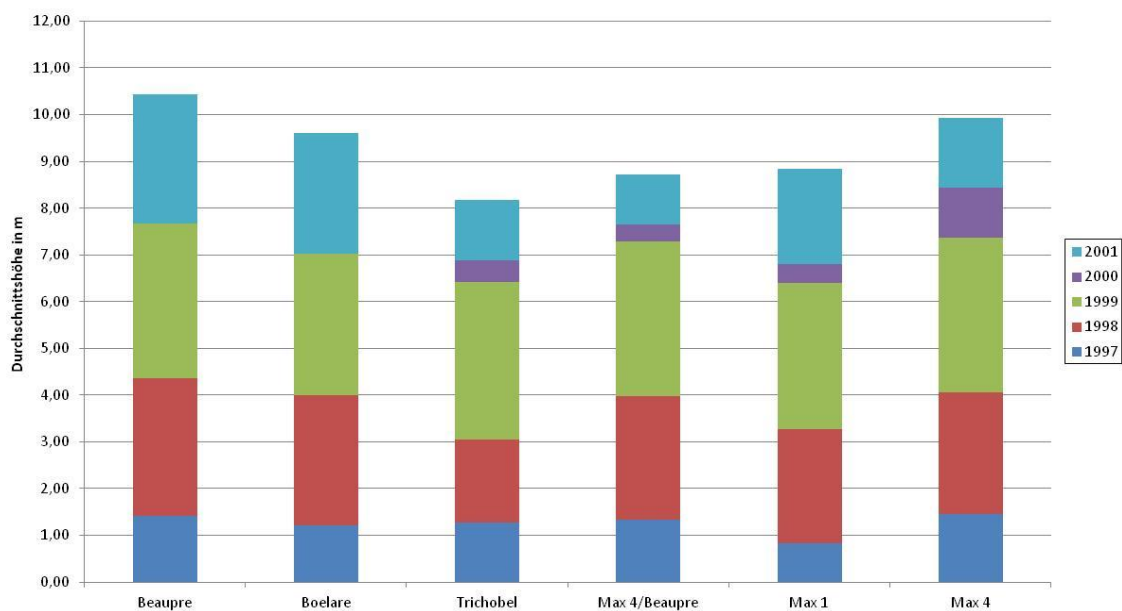


Abbildung 86: Entwicklung der Durchschnittshöhe von sechs Balsampappelklonen, Dornwang II, 1. fünfjähriger Umtrieb 1997-2001

Tabelle 62: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von sechs Balsampappelklonen, Dornwang II, 1. fünfjähriger Umtrieb 1997-2001

Jahr	Beaupré	Boelare	Trichobel	Max 4/Beaupré	Max 1	Max 4
1997	1,41	1,20	1,26	1,33	0,83	1,45
1998	2,96	2,79	1,79	2,65	2,44	2,61
1999	2,53	2,48	3,37	3,30	3,13	3,31
2000	0,00	0,00	0,46	0,36	0,41	1,06
2001	2,78	2,57	1,30	1,08	2,03	1,49

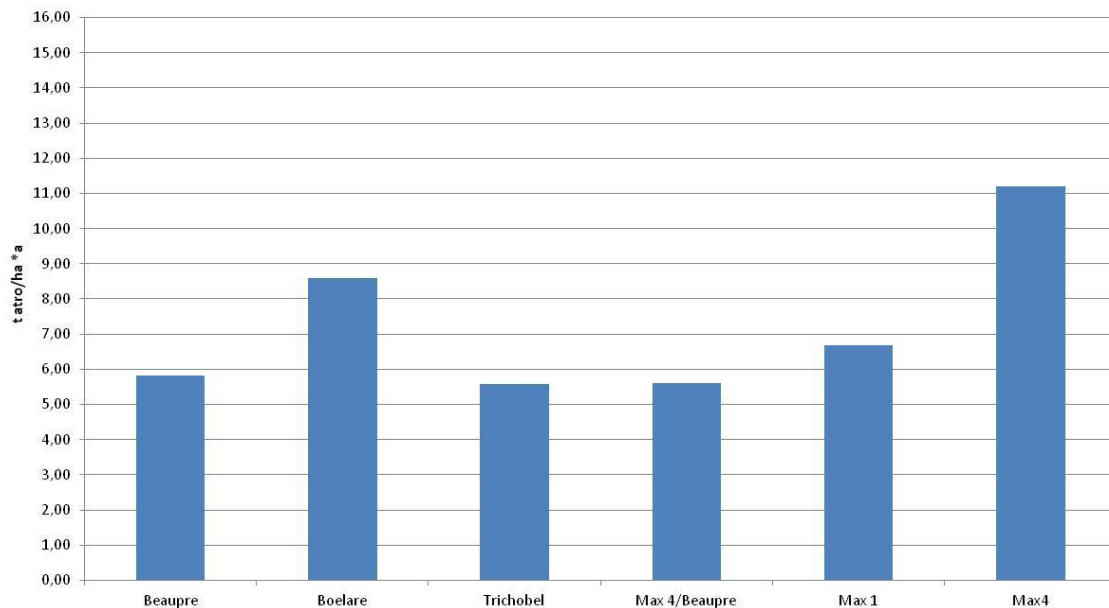


Abbildung 87: Massenleistung von sechs Balsampappelklonen, Dornwang II, 1. fünfjähriger Umtrieb 1997-2001

3.9 Kammern

3.9.1 Zuwachsmessungen der fünfjährigen Umtriebszeiten

Erster fünfjähriger Umtrieb

Auf dieser Versuchsfläche wurde der Reihenabstand auf Grund der vorgesehenen maschinellen Ernte auf einen Meter reduziert. Bei einem Abstand von 0,8 m in der Reihe ergibt dies 12.500 Pflanzen pro Hektar. Außerdem wurde auf die Anlage von Parzellen verzichtet, sondern lediglich vier Blöcke gebildet.

Im ersten Block wurden die beiden bis zu diesem Zeitpunkt, 1998, wüchsigsten Klone Max 4 und Beaupré in Einzelmischung angebaut. In Block 2 folgt eine reihenweise Mischung der gleichen Sorten. Block 3 besteht aus Max 4 und in Block 4 wurde der Klon Beaupré gepflanzt. In Abbildung 88 zeigen beide Klone in den verschiedenen Blöcken einen ähnlichen Wuchsverlauf. Durch den Einsatz von Herbiziden bei Begründung der Fläche konnte die Begleitvegetation ca. sechs Wochen zurückgehalten werden; der Höhenzuwachs des ersten Jahres war daher sehr gut. Auch im zweiten Standjahr leisteten die Bäume einen sehr guten Höhenzuwachs. Im fünften Jahr ist der Höhenzuwachs meist am niedrigsten. Dies deutet darauf hin, dass bei der hohen Ausgangspflanzenzahl in Kammern im fünften Jahr Wuchsdepressionen durch Wassermangel auftraten.

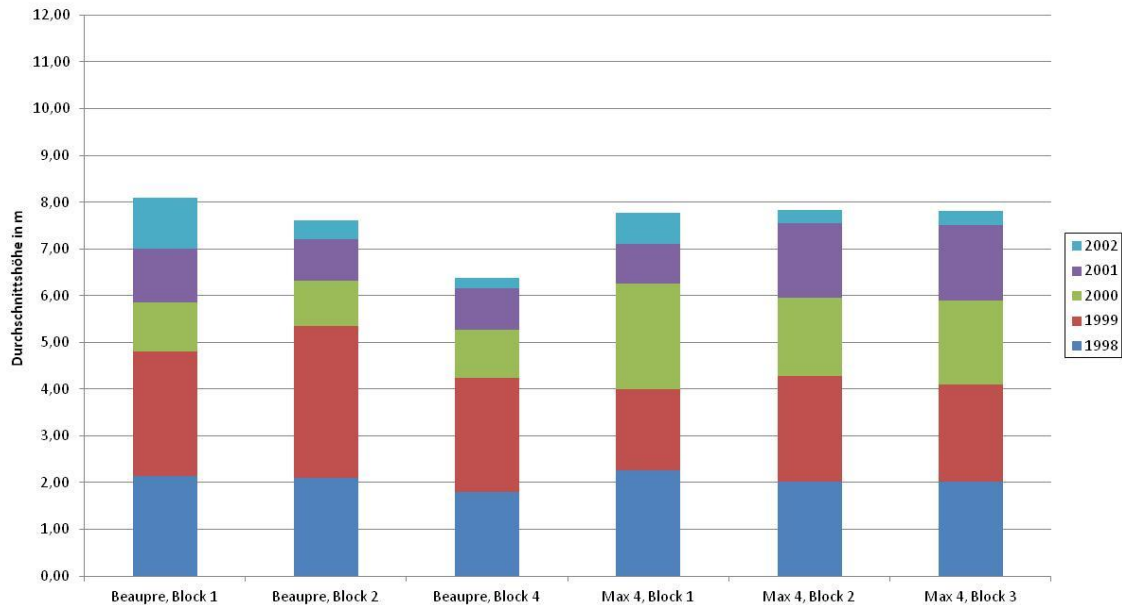


Abbildung 88: Entwicklung der Durchschnittshöhe von Max 4 und Beaupré, Kammern, 1. fünfjähriger Umtrieb 1998-2002.

Tabelle 63: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Max 4 und Beaupré, Kammern, 1. fünfjähriger Umtrieb 1998-2002

Jahr	Beaupré Block 1	Beaupré Block 2	Beaupré Block 4	Max 4 Block 1	Max 4 Block 2	Max 4 Block 3
1998	2,14	2,09	1,79	2,27	2,02	2,02
1999	2,66	3,26	2,45	1,74	2,26	2,09
2000	1,06	0,96	1,03	2,24	1,68	1,79
2001	1,16	0,89	0,88	0,85	1,60	1,60
2002	1,08	0,40	0,21	0,67	0,27	0,31

Während in der Darstellung der mittleren Höhen Beaupré und Max 4 nahezu gleichauf sind, zeigen die Massenzuwächse in Abbildung 89 deutliche Unterschiede. Der Biomassezuwachs der vom Pappelblattrost befallenen Beaupré lag zwischen 3 und knapp 5 t atro/ha*a. Max 4 erreichte in allen drei Blöcken mit circa 10 t atro/ha*a mehr als den doppelten Zuwachs.

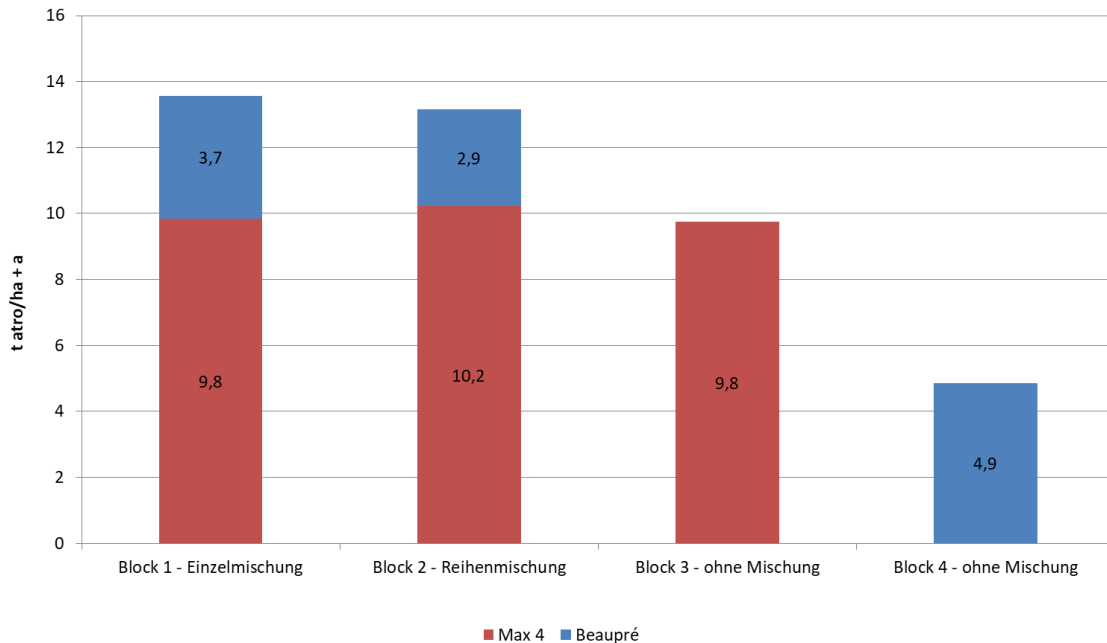


Abbildung 89: Massenleistung der Balsampappelklone Max 4 und Beaupré, Kammern, 1. fünfjähriger Umtrieb 1998-2002.

Zweiter fünfjähriger Umtrieb

Abbildung 90 stellt den Höhenwuchs des zweiten Umtriebes in Kammern dar. Deutlich zu sehen ist das erneute Absinken des jährlichen Zuwachses am Ende der Rotationsperiode, bedingt durch die für den fünfjährigen Umtrieb zu hohe Stammzahl von 12.500 Bäumen pro Hektar. Dementsprechend fällt die Abnahme des Höhenzuwachses in Block 3 mit dem Klon Max 4 stärker aus als bei den zwei anderen Blöcken, in denen sich durch den Ausfall des vom Rostpilz befallenen Klons Beaupré in der zweiten Umtriebszeit die Stammzahl auf die Hälfte reduzierte.

Bei der Massenleistung in Abbildung 91 zeigt der stammzahlreichste Block 3 mit einer Sollpflanzanzahl von 12.500 Stück pro Hektar mit 11 t atro/ha*a den höchsten Zuwachs. Block 1 und 2 mit – nach Ausfall des Klons Beaupré - der halben Stammzahl kommen an diese Leistung nicht heran. Block 1, die ehemalige Einzelmischung mit Beaupré, übertrifft Block 2 mit der Reihenmischung. Dies ist möglicherweise der besseren Wasserverfügbarkeit in Block 1 geschuldet. Auch könnte sich die gleichmäßigere Verteilung der Bäume in der Einzelmischung positiv auf den Zuwachs auswirken. Abgeschlagen ist Block 4 mit der Rostpilz-anfälligen reinen Beaupré. Diese wurde wegen ihrer verminderten Konkurrenzfähigkeit in den gemischten Blöcken 1 und 2 von Max 4 größtenteils ausgedunkelt und konnte dort bei den Aufnahmen nicht mehr berücksichtigt werden.

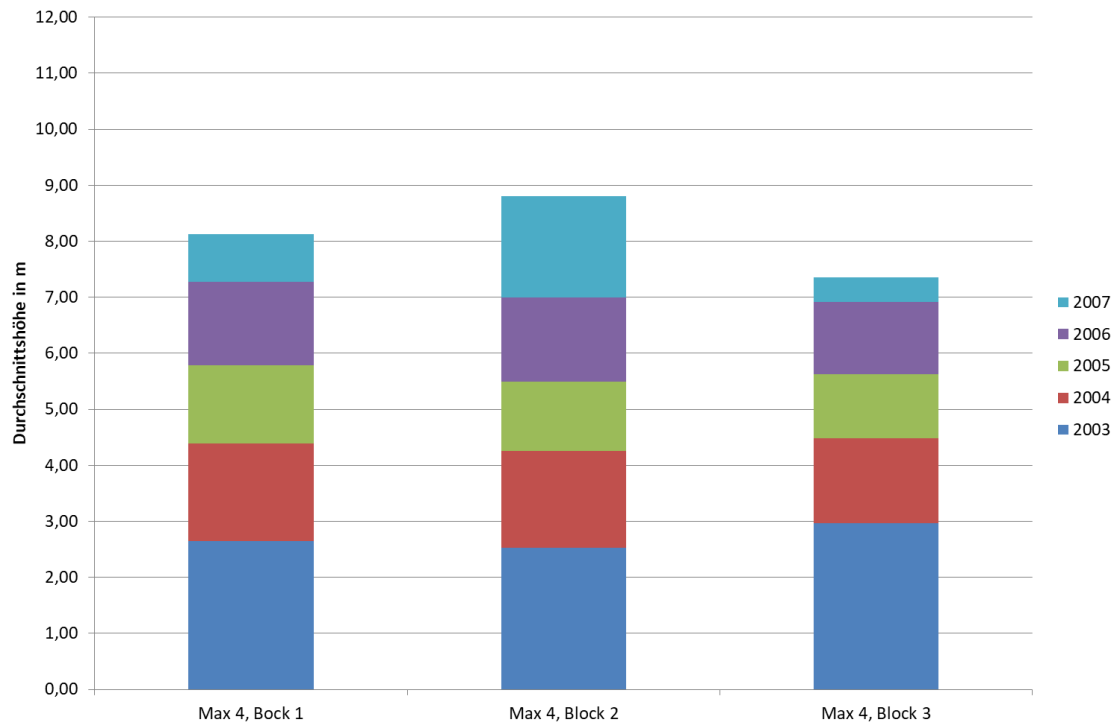


Abbildung 90: Entwicklung der Durchschnittshöhe von Max 4 in Einzelmischung (Block 1), Max 4 in Reihenmischung (Block 2) nach dem Ausfall von Beupré und reiner Max 4 (Block 3), Kammern, 2. fünfjähriger Umtrieb 2003-2007

Tabelle 64: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Max 4 in Einzelmischung (Block 1), Max 4 in Reihenmischung (Block 2) nach dem Ausfall von Beupré und reiner Max 4 (Block 3), Kammern, 2. fünfjähriger Umtrieb 2003-2007

Jahr	Max 4, Block 1	Max 4, Block 2	Max 4, Block 3
2003	2,65	2,52	2,97
2004	1,75	1,74	1,52
2005	1,39	1,23	1,14
2006	1,49	1,50	1,29
2007	0,85	1,81	0,44

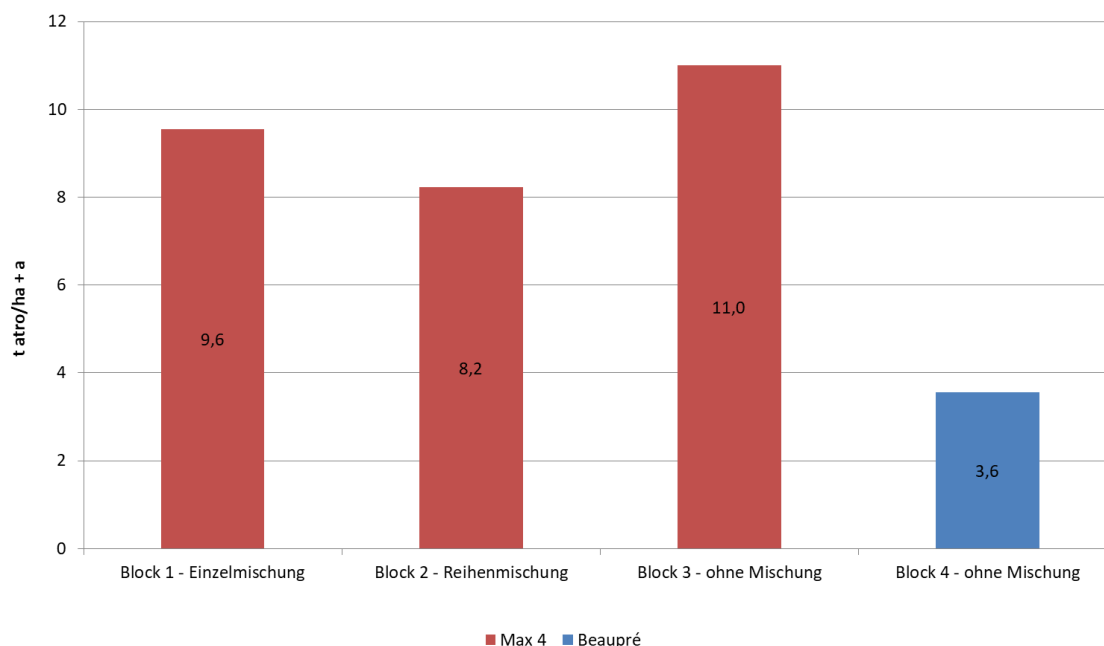


Abbildung 91: Massenleistung von Max 4 in Einzelmischung (Block 1), Max 4 in Reihenmischung (Block 2) nach dem Ausfall von Beaupré und reiner Max 4 (Block 3) und Beaupré (Block 4), Kammern, 2. fünfjähriger Umtrieb 2003-2007.

Dritter fünfjähriger Umtrieb

Im dritten fünfjährigen Umtrieb erreichten die Pappelhybriden auf der Versuchsfläche Kammern eine mittlere Höhe zwischen 8,7 und 10,6 m (Abbildung 92). Im Vergleich zur zweiten Umtriebszeit wuchsen die Pappeln in den fünf Vegetationsperioden der dritten Rotation durchschnittlich etwa einen Meter höher.

In Kammern wurde mit 12.500 Pflanzen/ha eine recht hohe Ausgangsstammzahl gewählt, die sich in Block 1 und 2 durch den Ausfall von Beaupré auf die Hälfte reduzierte. Der niedrigere Wuchs in Block 3 ist wahrscheinlich durch die doppelt so hohe Stammzahl und die daraus resultierende größere Wasserkonkurrenz bedingt. Zusätzlich profitieren die ehemaligen Mischblöcke 1 und 2 aufgrund ihrer Lage am unteren Hang von nährstoffreichen Lössanschwemmungen und einer besseren Wasserversorgung durch den nahen Bach.

Für den auffällig geringen Höhenzuwachs im Jahr 2011 lässt sich aus den vorhandenen Daten kein Grund erkennen. Die Niederschlagsmenge war in diesem Jahr sogar höher als in den anderen Jahren. Möglicherweise ist – wie in Coburg – ein Spätfrost verantwortlich für den schwachen Höhenwuchs dieses Jahres.

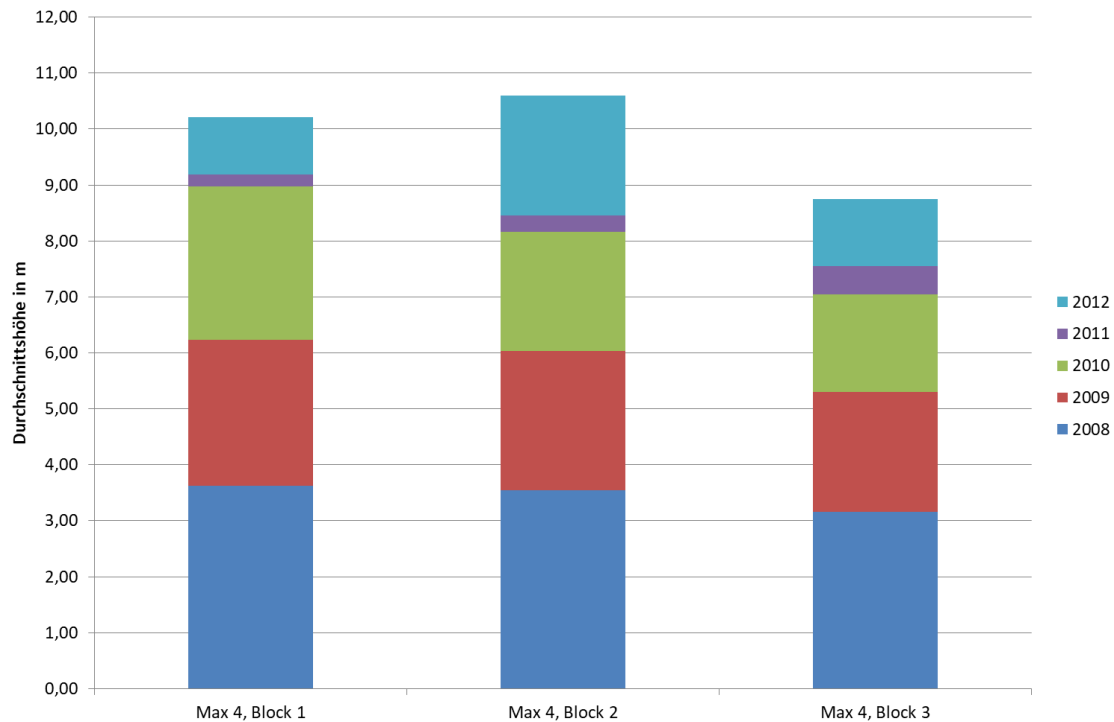


Abbildung 92: Durchschnittshöhe von Max 4 in Einzelmischung (Block 1), Max 4 in Reihenmischung (Block 2) nach dem Ausfall von Beaupré und reiner Max 4 (Block 3), Kammern, 3. Umtrieb 2008-2012

Tabelle 65: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Max 4 in Einzelmischung (Block 1), Max 4 in Reihenmischung (Block 2) nach dem Ausfall von Beaupré und reiner Max 4 (Block 3), Kammern, 3. Umtrieb 2008-2012

Jahr	Max 4, Block 1	Max 4, Block 2	Max 4, Block 3
2008	3,62	3,54	3,16
2009	2,61	2,50	2,15
2010	2,74	2,13	1,74
2011	0,22	0,29	0,50
2012	1,03	2,14	1,19

Der Biomassezuwachs auf der Versuchsfläche Kammern in der dritten Umtriebszeit (Abbildung 93) ist höher als im zweiten Umtrieb. Im zweiten Umtrieb wurde die höchste Biomasseleistung (11 t atro/ha*a) von dem reinen Max 4 Anbau ohne Beimischung und der Ausgangsstammzahl von 12.500 Pflanzen/ha erbracht. Der höchste Ertrag von über 16 t atro/ha*a wird im dritten Umtrieb von Max 4 im Block 1 – der ehemaligen Einzelmischung mit Beaupré – erzielt. Max 4 mit Reihenmischung und im reinen Anbau erzielen Erträge um die 12 t atro/ha*a und übertreffen damit ebenfalls die Zuwächse in der zweiten Umtriebszeit.

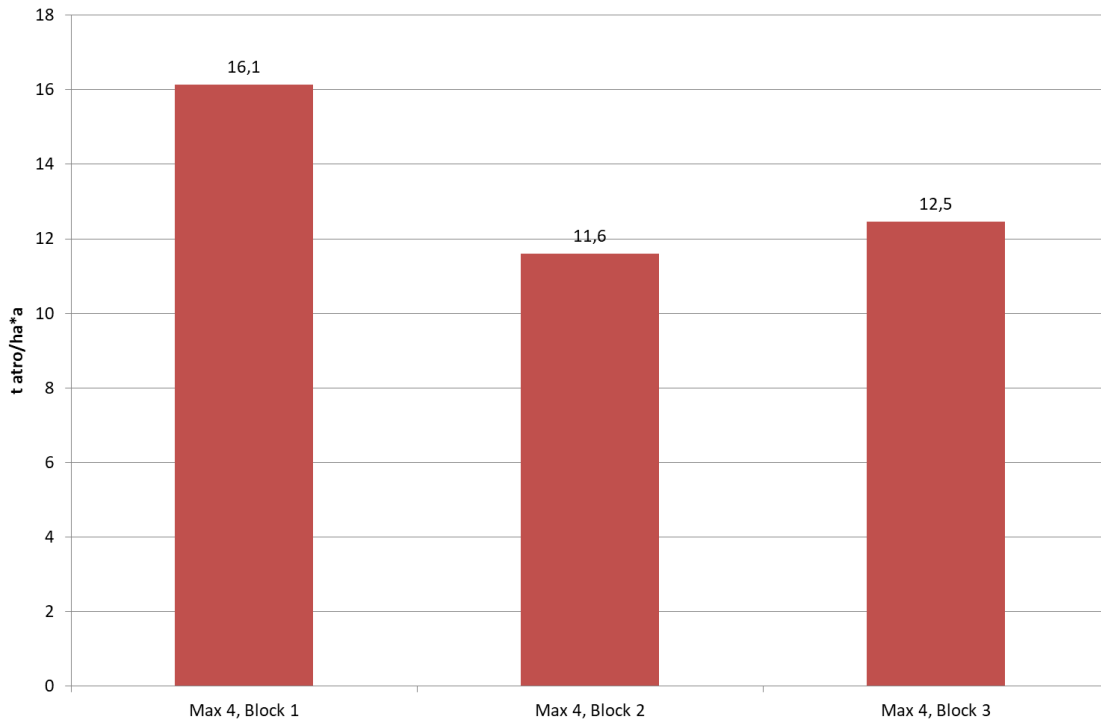


Abbildung 93: Massenleistung von Max 4 in Einzelmischung (Block 1), Max 4 in Reihenmischung (Block 2) nach dem Ausfall von Beaupré und reiner Max 4 (Block 3), Kammern, 3. Umtrieb 2008-2012.

3.10 Karolinenfeld

3.10.1 Zuwachsmessungen der ersten Umtriebszeiten

Erster sechsjähriger Umtrieb

Ein Teil der im LWF-Projekt N2 „KUP auf Grünland“ (2013-2016) in Karolinenfeld begründeten Versuchsflächen wurde im Winter 2018/19 durch die LfL-Versuchsgüterverwaltung das erste Mal beerntet. Um den Biomassezuwachs des ersten Umtriebs auf dem ehemaligen Grünland zu dokumentieren, wurde auf ausgewählten Parzellen der konventionellen KUP die aufstockende Biomasse der sechsjährigen Pappeln ermittelt.

Aus den vorliegenden Daten ergibt sich für den Klon Hybrid 275 ein für die erste Rotation sehr hoher Zuwachs an Trockenmasse von 15 t/ha*a (Abbildung 94). Dies liegt an der hohen Stammzahl-Haltefähigkeit des Klons Hybrid 275 auf dem Moorstandort, der bei diesem mit 5744 Bäumen pro Hektar bei beachtlichen 92 % der Sollpflanzenzahl lag. Die anderen drei Sorten kamen lediglich auf 3746 bis 4246 Stämme/ha, entsprechend 60 bis 68 % der Sollpflanzenzahl. Matrix 49 schneidet mit 13,2 t atro/ha*a ebenfalls sehr gut ab, was an dem im Vergleich zu allen anderen Klonen höheren mittleren BHD liegt. Der mittlere BHD der Matrix 49 beträgt am Ende der Rotation 97 mm, während die Durchmesser der drei anderen Sorten zwischen 79 und 85 mm liegen. Die beiden Klone Max 1 und Max 3 bleiben mit 9,2 bzw. 8,5 t atro/ha*a Biomassezuwachs deutlich hinter den beiden anderen zurück. Ein Grund für das schlechtere Abschneiden der beiden Standardklone Max 1 und Max 3 könnte in deren höherer Anfälligkeit

gegenüber dem hoch anstehenden Grundwasser und möglicherweise gegenüber dem Pappelblattrost auf sehr nassen Standorten liegen. In den beiden eher feuchten Jahren 2016 und 2017 warfen die beiden Max-Klone bereits im Sommer die meisten ihrer Blätter ab, was zu vermehrtem Unkrautwuchs in den Parzellen führte. Im Trockenjahr 2018 besserte sich die Situation.

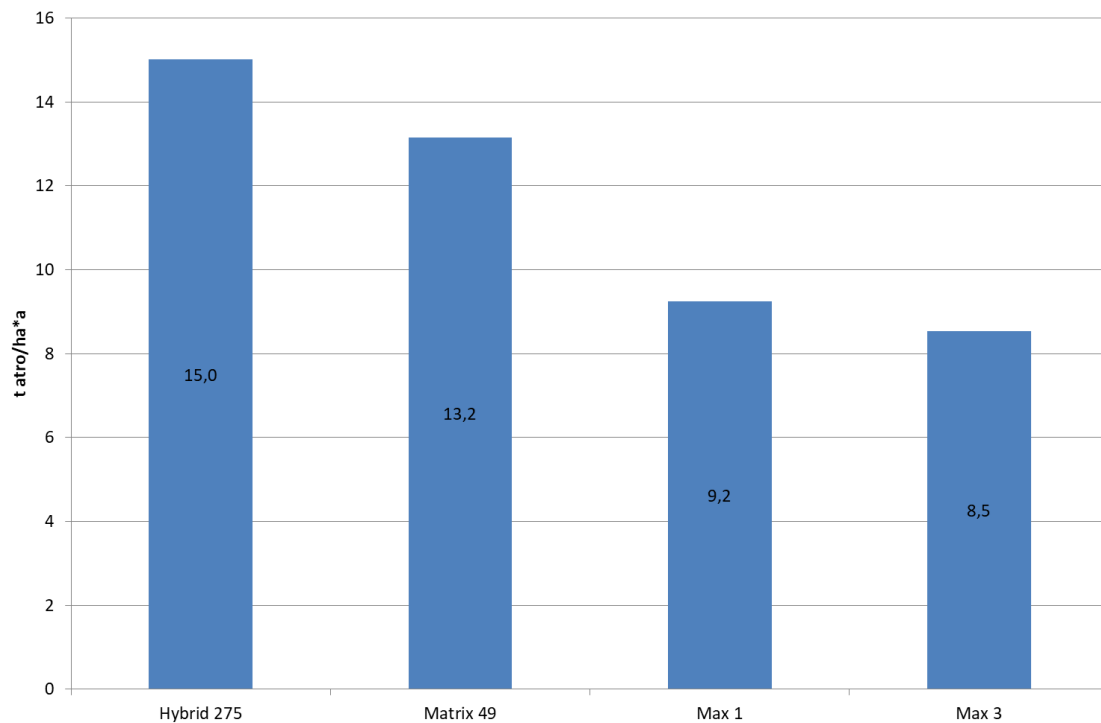


Abbildung 94: Massenleistung der vier Balsampappeln im ersten 6-jährigen Umtrieb, Karolinenfeld 2013-2018.

3.11 Vergleich der Wuchsleistung der Pappelklone auf verschiedenen Versuchsflächen

In Abbildung 95 bis Abbildung 99 wird der durchschnittliche jährliche Zuwachs (dGZ) bezogen auf das jeweilige Ende der Umtriebsperiode der Pappelklone Max 1, Max 3, Max 4, Hybrid 275 und Androscoggin auf unterschiedlichen Versuchsflächen gegenübergestellt. Die Standzeiten der Klone und damit der Zeitraum der Betrachtung sind bedingt durch die verschiedenen Begründungsjahre der Versuchsflächen allerdings nicht exakt gleich lang.

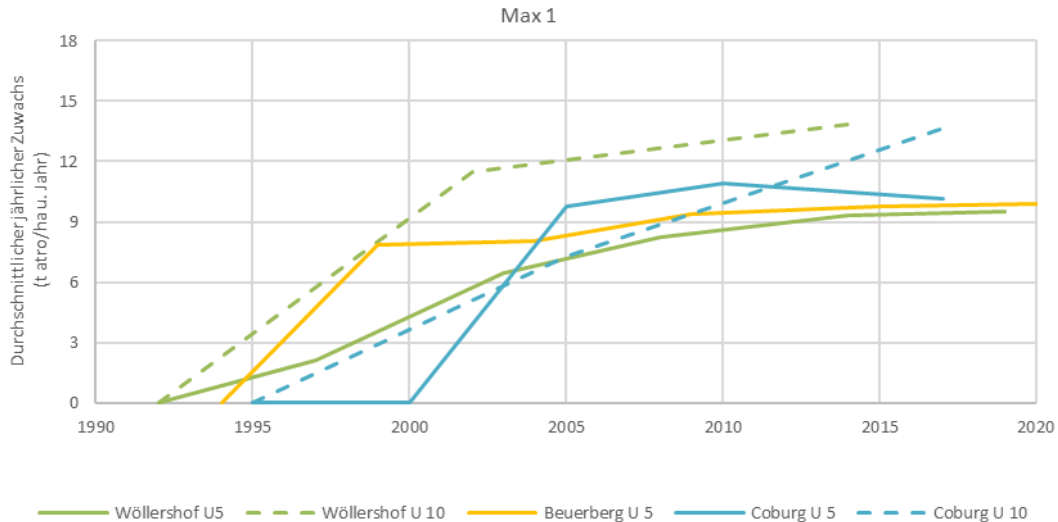


Abbildung 95: Vergleich des durchschnittlichen jährlichen Zuwachses (dGZ) des Pappelklons Max 1 im 5- und 10-jährigen Umtrieb auf den Versuchsflächen.

Die Biomasseproduktion des Klons Max 1 bewegt sich zwischen knapp 10 und 14 t atro. Deutlich zu sehen ist, dass am Ende des jeweiligen Betrachtungszeitraums die beiden zehnjährigen Umtriebe in Wöllershof und Coburg den fünfjährigen Rotationsperioden auf denselben Versuchsflächen deutlich im Wuchs überlegen sind. Auch der Zuwachs von Max 1 in Beuerberg reicht nicht an die beiden zehnjährigen Umtriebe heran. Offenbar entspricht der zehnjährige Umtrieb dem Wuchsrhythmus des Klons Max 1 besser als die fünfjährige Rotation.

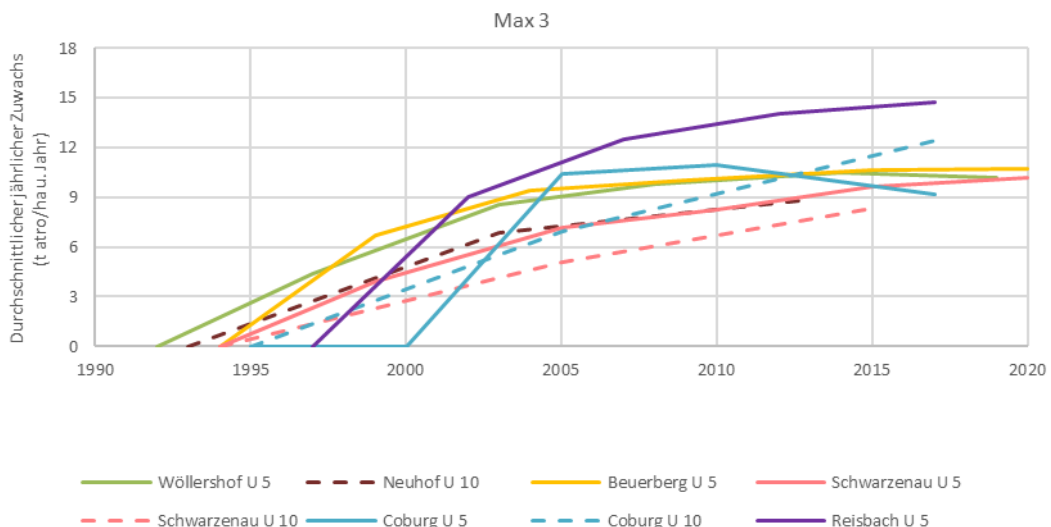


Abbildung 96: Vergleich des durchschnittlichen jährlichen Zuwachses (dGZ) des Pappelklons Max 3 im 5- und 10-jährigen Umtrieb auf verschiedenen Versuchsflächen.

Bei Max 3 stellt es sich ganz anders dar. Hier zeigt der fünfjährige Umtrieb in Reisbach die besten Zuwachseleistungen, was allerdings nicht repräsentativ ist, da der Klon in Reisbach nur auf einer Parzelle am Rand angebaut wurde und dies einen Teil der guten Zuwächse erklärt. Die zweitbeste Leistung der zehnjährigen Rotation in Coburg weist in die gleiche Richtung wie die Ergebnisse zu Max 1. Am schlechtesten schneidet die zehnjährige Umtriebszeit in Schwarzenau

mit ca. 8 Tonnen atro ab. Schwarzenau ist allerdings durch seine trockenen Standortverhältnisse bedingt die schwachwüchsigste der hier dargestellten Versuchsflächen.

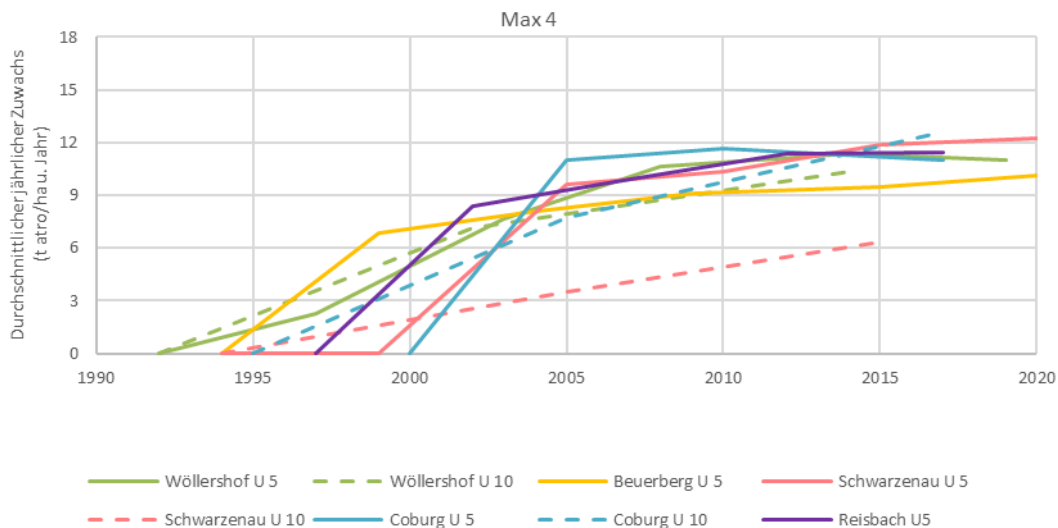


Abbildung 97: Vergleich des durchschnittlichen jährlichen Zuwachses (dGZ) des Pappelklons Max 4 im 5- und 10-jährigen Umtrieb auf verschiedenen Versuchsflächen.

Sieht man von dem Ausreißer der des zehnjährigen Umtriebs in Schwarzenau ab, liegen die dGZs bei Max recht nahe beieinander und reichen von 10 bis ca. 12 Tonnen Zuwachs pro Jahr und Hektar (Abbildung 97). Der sehr geringe Wuchs in Schwarzenau mit einem dGZ von nur 6 t atro nach zwei Rotationen liegt am sehr schlechten Wuchs in der ersten zehnjährigen Rotationsperiode, die von massiven Anwuchsschwierigkeiten geprägt war. Erstaunlich wenig Unterschiede im Zuwachs zeigen die anderen Versuchsflächen. Das gute Abschneiden von Coburg, Wöllershof und des fünfjährigen Umtriebs in Schwarzenau im Vergleich zu dem niederbayerischen Lössstandort Reisbach, macht klar, dass die Balsampappel nicht unbedingt auf einen guten landwirtschaftlichen Standort angewiesen ist.

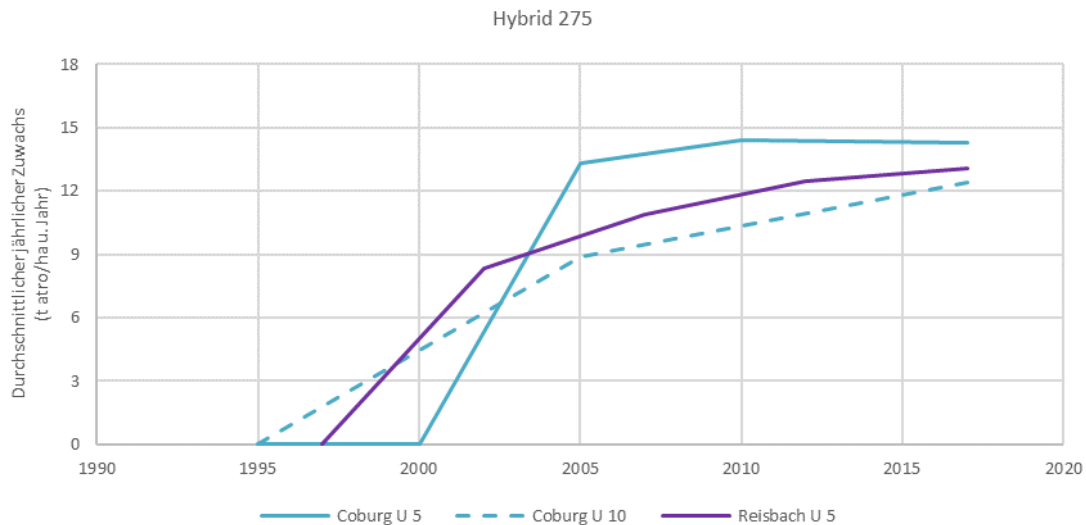


Abbildung 98: Vergleich des durchschnittlichen jährlichen Zuwachses (dGZ) des Pappelklons Hybrid 275 im 5- und 10-jährigen Umtrieb auf zwei Versuchsflächen

Der Balsampappelklon Hybrid 275 wurde nur auf den Versuchsflächen Coburg und Reisbach über einen längeren Zeitraum angebaut, und dort jeweils nur auf einer Parzelle. Die dGZs des Klons liegen bei den drei Varianten recht nah beieinander zwischen 12 und 14 Tonnen atro pro Hektar und Jahr. Dies ist als sehr gut zu werten. Noch dazu kommt die gute und schlanke Schaftform des Klons, der ihn besonders für stoffliche Verwertungen interessant macht.

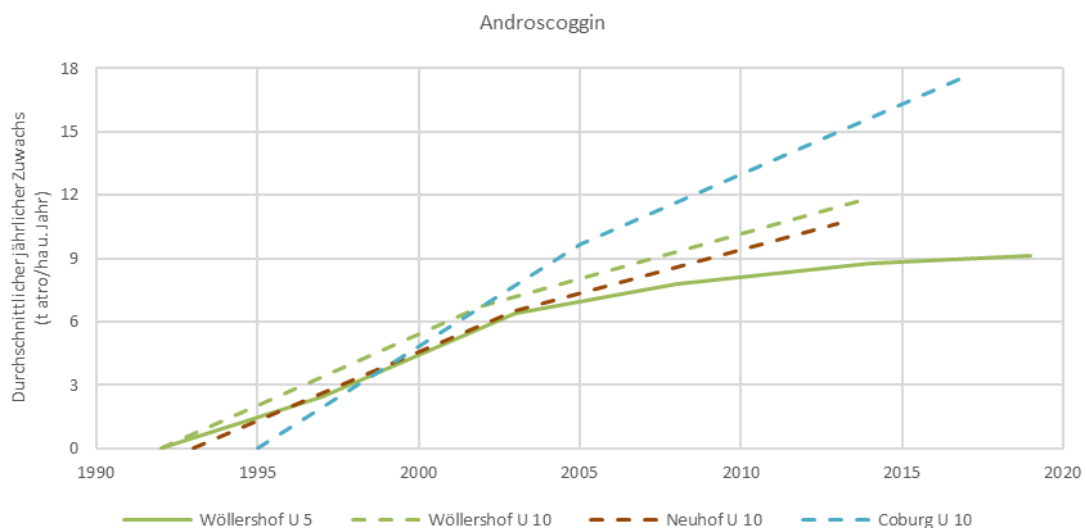


Abbildung 99: Vergleich des durchschnittlichen jährlichen Zuwachses (dGZ) des Pappelklons Androscoggin im 5- und 10-jährigen Umtrieb auf drei Versuchsflächen.

Der Balsampappelklon Androscoggin ist eine alte Hochwaldsorte, die nur in den ersten Jahren nach der Pflanzung ein niedrigeres Höhenwachstum zeigt als z. B. die Max-Klone. Es ist daher nicht erstaunlich, dass bei diesem Klon die in Abbildung 99 dargestellten zehnjährigen Rotationen deutlich besser abschneiden als der einzige fünfjährige Umtrieb in Wöllershof. Der

zehnjährige Umtrieb in Coburg mit seinem Spitzenzuwachs von 18 Tonnen ist dabei allerdings nicht repräsentativ, da hier Randeffekte vorliegen.

4 Diskussion

Die in einem Zeitraum von über 25 Jahren ermittelten Wuchsleistungen streuen weit. Sehr schlechte Biomasse-Leistungen traten jedoch nur in der jeweils ersten fünfjährigen Umtriebszeit in Kombination mit Anbaufehlern auf.

Bei den Versuchsflächen Wöllershof, Neuhof, Schwarzenau und Coburg war vor allem das Zusammentreffen von nicht optimalem Pflanzverband – zu weite Abstände zwischen den Reihen – mit fehlendem Herbizideinsatz bzw. nicht ausreichender mechanischer Pflege für die schwachen Wuchsleistungen der jeweils ersten fünfjährigen Rotation verantwortlich. Der zu weite Abstand von 2,5 m zwischen den Reihen verhinderte eine rechtzeitige Beschattung der Begleitvegetation, was zu einer starken Konkurrenz um Wasser, Nährstoffe und Licht führte. Die konkurrierende Vegetation konnte erst mit dem vitalen Wiederaustrieb des zweiten Umtriebs von den angebauten Baumarten und Klonen zurückgedrängt werden. Bei Coburg kam noch die Tatsache dazu, dass die Fläche seit mehreren Jahren stillgelegt war und sich in dieser Zeit eine sehr dichte Grasvegetation bilden konnte. Die Wiese wurde zwar kurz vor dem Abstecken gepflegt und geeggt, die Gräser brauchten aber kaum eine Woche, um wieder auszutreiben. Nur durch wiederholtes Ausgrasen konnte die Stecklingskultur überhaupt gesichert werden. Die Folge waren die sehr schwachen Leistungen des ersten Umtriebs in Coburg.

Der mit Pappel-Großpflanzen begründete Versuchsstandort Beuerberg zeigte bereits im ersten Umtrieb passable Wuchsleistungen bis maximal 8,5 t atro pro Jahr und Hektar. Die bei der Pflanzung zwei Meter hohen Pflanzen litten kaum unter einem Pflanzchock und konnten sich gut gegen die Begleitvegetation durchsetzen.

Daher entschloss man sich, bei den 1997 und 1998 angelegten Flächen Reisbach, Dornwang I und II sowie Kammern, den Reihenabstand auf 1,5 m bzw. 1 m zu reduzieren. Bei Kammern, das vor der Absteckung stillgelegt war, wurden wegen den Erfahrungen auf der Fläche Coburg außerdem noch ein Totalherbizid und ein Voraufaufmittel gespritzt. Mit Ausnahme von Dornwang I, das auf einer für den Anbau von Balsampappeln ungeeigneten windausgesetzten Kuppe lag, waren die Wuchsleistungen dieser Versuchsstandorte bereits in der ersten Umtriebszeit mit bis zu 11 Tonnen absolut trockene Biomasse durchweg gut.

In den zweiten Umtrieben stellt sich die Situation ganz anders dar als in den ersten Rotationen. Die angebauten Balsampappelklone erreichen in der Regel Zuwächse von 10 bis 13 Tonnen Trockenmasse pro Jahr und Hektar ($t\ atro/ha \cdot a$). In den Versuchsflächen mit zuvor schlechtem Wuchs Wöllershof, Schwarzenau und Coburg vervielfachte sich die Biomasseproduktion. Die Biomasseschätzungen in den dritten Rotationsperioden zeigen, dass die Zuwächse auf dem Niveau des zweiten Umtriebes bleiben. Insgesamt kann festgestellt werden, dass mit der

Balsampappel bei Vermeidung von Anbaufehlern auf den meisten bayerischen landwirtschaftlichen Standorten Zuwächse von 10 - 13 t atro/ha*a möglich sind.

Nach weiterhin konstant hohen Zuwächsen bis zur vierten Rotationsperiode, zeigt sich im fünften fünfjährigen Umtrieb auf der ältesten Fläche Wöllershof eine abfallende Tendenz im Zuwachs. Ob dies als Trend zu sehen ist, der auf eine abnehmende Vitalität der Stöcke oder eine Verlichtung der Fläche zurückgeführt werden kann oder ob die extremen Trockenjahre 2015 und 2018, die in diesen Umtrieb fielen, die ausschlaggebende Rolle spielten, hätten erst die Ergebnisse der nächsten Rotationen erweisen können.

Der Zuwachs des ersten zehnjährigen Umtriebs in Wöllershof liegt klar über den Werten der ersten fünfjährigen Rotation. Die gilt ebenfalls für die Versuchsfläche Coburg. Offensichtlich entspricht der zehnjährige Wuchszeitraum dem natürlichen Wuchsverhalten von Balsampappel und Aspe besser als der fünfjährige. Zu diesem Schluss kommen auch UNSELD (1999) und HOFMANN (2005), die für die Balsampappel eine längere zuwachsoptimale Umtriebszeit von acht bzw. zehn bis 13 Jahren ermittelten. In Schwarzenau wurden im ersten fünfjährigen Umtrieb nur die am besten gewachsenen Parzellen bonitiert, so dass der Vergleich mit dem zehnjährigen Umtrieb nicht leicht möglich ist.

Die zweiten zehnjährigen Umtriebe der Flächen Wöllershof, Neuhof, Schwarzenau und Coburg übertrafen die jeweils ersten zehnjährigen Rotationen zum Teil weit. In den zweiten zehnjährigen Rotationen finden sich auch die Spitzen-Wuchsleistungen des Projekts von um die 20 Tonnen trockene Biomasse pro Jahr und Hektar. Für diese hohen Leistungen sind zwar zum Teil auch Randeffekte verantwortlich, in der Tendenz scheint der zehnjährige Umtrieb sowohl für die Klone der Balsampappel als auch für Aspe die geeignetere Rotationsperiode zu sein.

Die bisher im LWF-Projekt ermittelten Biomasseleistungen, insbesondere aus den jeweils zweiten, dritten und vierten fünfjährigen und den jeweils zweiten zehnjährigen Rotationsperioden, liegen zum großen Teil über den Ergebnissen anderer Untersuchungen. UNSELD (1999) beschreibt in einem achtjährigen ersten Umtrieb mit sechs Balsampappelklonen Massenleistungen zwischen 3,0 und 7,4 t atro/ha*a. Seine Untersuchungen ergaben bei den Moor- und Tonstandorten bessere Zuwachsleistungen als auf den flach- und mittelgründigen Lehmen. Auch die bayerischen Ergebnisse gehen in diese Richtung, wie die Aufnahmen aus Coburg, Dornwang II und Karolinenfeld veranschaulichen.

Die Darstellungen der Gesamtwuchsleistung zeigen überall eine konstant hohe Biomasseproduktion über mittlerweile zweieinhalb Jahrzehnte. Lediglich in Wöllershof nahmen die Biomasseleistungen im fünften Umtrieb etwas ab, was aber auch an den trockenen und heißen Sommern 2015 und 2018 liegen könnte.

Eine wichtige Frage – besonders unter ökonomischen Gesichtspunkten – ist die nach der möglichen Standzeit einer Balsampappel-KUP. Die hier über einen Zeitraum von teilweise über 25 Jahren dargestellten durchschnittlichen jährlichen Zuwächse (dGZ) steigen auf den meisten Versuchsflächen und bei den meisten Klonen bis zum Schluss noch an. Dies verdeutlicht, dass

mit einer Standzeit von 25 bis 30 Jahren der mögliche Nutzungszeitraum einer Kurzumtriebsplantage noch lange nicht ausgeschöpft ist.

JUG (1998) erzielte die besten Ergebnisse auf ihren in Bayern gelegenen Flächen mit dem Balsampappelklon Muhle-Larsen, der im Durchschnitt des als Dünge-Versuch konzipierten Projekts im ersten vierjährigen Umtrieb 7,5 t atro/ha*a und im zweiten Umtrieb 6,4 t atro/ha*a produzierte. Sehr aufschlussreich sind die Ergebnisse der Düngeversuche von JUG (1998). Dabei zeigten Balsampappel und Aspe keinerlei signifikante Wuchssteigerungen nach variierenden Gaben von Stickstoff, Kalium, Magnesium und Calcium. Lediglich die Korbweide reagierte auf die Stickstoffgaben mit einem Mehrzuwachs. Wuchsleistungen von über 10 t atro/ha*a nennt JUG (1998) nur für die zweite Umtriebszeit einer hessischen Versuchsfläche, auf der Klon Muhle-Larsen über alle gedüngten und ungedüngten Varianten einen Zuwachs von 13 t atro/ha*a aufwies. Allerdings war die Stammzahl der Versuche mit 16.600 Pflanzen pro Hektar sehr hoch.

Sehr hohe Zuwächse beschreibt HOFMANN (1995), der auf einem bayerischen Standort in der zweiten Rotationsperiode für verschiedene Balsampappelklone Zuwächse von 7 bis über 18 t atro/ha*a feststellt. Die Versuchsfläche war allerdings ebenfalls sehr stammzahlreich mit 16.600 Pflanzen pro Hektar begründet worden, außerdem war bei der sehr geringen Parzellengröße der Versuche der Einfluss von Sonderfaktoren nicht auszuschließen.

Auf KUP-Versuchsflächen, die von der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft betreut wurden, ermittelte man Zuwächse von knapp elf Tonnen atro im ersten siebenjährigen Umtrieb in den Landkreisen Freising und Donauwörth (LFL, 2019)

Vom Rostpilz *Melampsora Larici-Populina* befallene Klone, wie z. B. Unal, Beaupré, Raspalje und Boelare, sind auf den meisten Versuchsflächen bereits in den neunziger Jahren komplett abgestorben. Nur in Schwarzenau überlebten sie auf einigen Parzellen, allerdings i. d. R. mit einem Wuchs, der ihren Anbau ausschließt. Der Ausfall dieser z. T. früher gut wachsenden Klone macht die Wichtigkeit der sorgfältigen Prüfung von Klonen auf ihre Eignung unter unseren Klimabedingungen deutlich. Auch die Wiederaufnahme der Züchtung in dem inzwischen abgeschlossenen, bundesweiten Projekt FastWOOD (2008-2018) ist eine wichtige Voraussetzung für den Anbau von Kurzumtriebsplantagen in Deutschland. Mit Züchtung können mittelfristig die Zuwachsleistungen gesteigert werden, und das ohne zusätzlichen Aufwand an Dünger oder sonstigen Maßnahmen. Neue Klone der Balsampappel, wie die Matrix-Klone, Fastwood 1 und 2, sowie Bakan und Skado wurden in das Versuchsprogramm des Projekts aufgenommen. Daten zu Wuchsleistungen sind aber noch nicht verfügbar.

5 Verzeichnisse

5.1 Literatur

DIN EN ISO 18134-1 (2015): Biogene Festbrennstoffe - Bestimmung des Wassergehaltes - Ofentrocknung - Teil 1: Gesamtgehalt an Wasser – Referenzverfahren.

DWD CLIMATE DATA CENTER (CDC): Vieljährige Stationsmittelwerte für die Klimareferenzperiode 1961-1990, für aktuellen Standort und Bezugsstandort, Version V0.x, 2020.

DWD CLIMATE DATA CENTER (CDC): Historische monatliche Stationsbeobachtungen (Temperatur, Druck, Niederschlag, Sonnenscheindauer, etc.) für Deutschland, Version v007, 2018.

DWD CLIMATE DATA CENTER (CDC): Aktuelle monatliche Stationsbeobachtungen (Temperatur, Druck, Niederschlag, Sonnenscheindauer, etc.) für Deutschland, Qualitätskontrolle noch nicht vollständig durchlaufen, Version recent, abgerufen am 24.06.2020.

FASTWOOD (2008 - 2018): Züchtung schnellwachsender Baumarten für die Produktion nachwachsender Rohstoffe im Kurzumtrieb. Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt. Förderung: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Projektträger: Fachagentur Nachwachsender Rohstoffe e.V., Laufzeit: 10/2008 bis 04/2018.

HOFMANN, M. (1995): Ertragsleistung von Pappel und Weide bei der Bewirtschaftung in kurzen Umtrieben. In: Tagungsband Statusseminar Schnellwachsende Baumarten, Kassel, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., S. 51-56.

HOFMANN, M. (2005): Pappeln als nachwachsender Rohstoff auf Ackerstandorten – Kulturverfahren, Ökologie und Wachstum unter dem Aspekt der Sortenwahl. Dissertation. Schriftenreihe des Forschungsinstitutes für schnellwachsende Baumarten Hann. Münden, Band 8.

JUG, A. (1998): Standortkundliche Untersuchungen auf Schnellwuchsplantagen unter besonderer Berücksichtigung des Stickstoffhaushalts. Dissertation LMU München, Hieronymus München.

JUG, A. (1999): Ernährungs- und standortkundliche Untersuchungen. In: Modellvorhaben Schnellwachsende Baumarten. Zusammenfassender Abschlussbericht, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster, S. 369-396.

KRAMER, H.; AKCA, A. (1995): Leitfaden zur Waldmesslehre. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M.

LFL, HRSG. (2019): Agroforstsysteme zur Energieholzerzeugung im ökologischen Landbau. Schriftenreihe der LfL, Nr. 7, 173 S.

LWF (2013 - 2016): Varianten der Anlage von Kurzumtriebsplantagen auf Grünland (Projekt N2). Durchführende Institution: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Finanzierung: Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Laufzeit: 01.04.2013 - 31.03.2016.

PRODAN, M. (1965): Holzmesslehre. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M.

UNSELD, R. (1999): Kurzumtriebsbewirtschaftung auf landwirtschaftlichen Grenzertragsböden, Biomasseproduktion und bodenökologische Auswirkungen verschiedener Baumarten; Dissertation Universität Freiburg, Shaker Verlag.

5.2 Abbildungen

Abbildung 1: Lage der KUP-Versuchsstandorte in Bayern	6
Abbildung 2: Entwicklung der Durchschnittshöhe von Robinie, Roterle, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von zwölf Klonen der Balsampappel, Wöllershof, 1. fünfjähriger Umtrieb 1992-1996.....	13
Abbildung 3: Massenleistung von Robinie, Roterle, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von zwölf Klonen der Balsampappel, Wöllershof, 1. fünfjähriger Umtrieb 1992-1996.....	14
Abbildung 4: Entwicklung der Durchschnittshöhe der Roterle, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von neun Klonen der Balsampappel, Wöllershof, 2. fünfjähriger Umtrieb 1998-2002.....	15
Abbildung 5: Massenleistung von Roterle, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von neun Klonen der Balsampappel, Wöllershof, 2. fünfjähriger Umtrieb 1998-2002.....	16
Abbildung 6: Entwicklung der Durchschnittshöhe von Roterle, der Aspen Tapiau und Münden sowie von neun Klonen der Balsampappel, Wöllershof, 3. fünfjähriger Umtrieb 2003-2007.....	17
Abbildung 7: Massenleistung von Roterle, der Aspensorten Tapiau und Münden sowie von neun Balsampappel-Klonen, Wöllershof, 3. fünfjähriger Umtrieb 2003-2007.....	18
Abbildung 8: Entwicklung der Durchschnittshöhe von Roterle, der Aspen Tapiau und Münden sowie von neun Klonen der Balsampappel, Wöllershof, 4. Umtrieb 2008-2013.....	19
Abbildung 9: Massenleistung von Roterle, der Aspensorten Tapiau und Münden sowie von neun Balsampappel-Klonen, Wöllershof, 4. fünfjähriger Umtrieb 2008-2013	20
Abbildung 10: Entwicklung der Durchschnittshöhe von Roterle, der Aspen Tapiau und Münden sowie von neun Klonen der Balsampappel, Wöllershof, 5. fünfjähriger Umtrieb 2014-2018.....	21
Abbildung 11: Massenleistung von Roterle, der Aspensorten Tapiau und Münden sowie von neun Balsampappel-Klonen, Wöllershof, 5. fünfjähriger Umtrieb 2014-2018	22
Abbildung 12: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] von Robinie, der Aspensorten Tapiau und Münden sowie der Balsampappelsorten im fünfjährigen Umtrieb, Wöllershof 1992-2018.	23
Abbildung 13: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs (durchschnittlicher Gesamtwuchs dGZ) [t atro/ha+a] von Robinie, der Aspensorten Tapiau und Münden sowie der Balsampappelsorten bezogen auf die Standzeit beim jeweiligen Zeitpunkt, fünfjähriger Umtrieb, Wöllershof 1992-2018.	24
Abbildung 14: Entwicklung der Durchschnittshöhe von Robinie, der Aspensorten Ahle und Münden sowie von acht Balsampappel-Klonen, Wöllershof, 1. zehnjähriger Umtrieb 1992-2001.....	25
Abbildung 15: Massenleistung von Robinie, der Aspensorten Ahle und Münden sowie von acht Balsampappelklonen, Wöllershof, 1. zehnjähriger Umtrieb 1992-2001.....	26
Abbildung 16: Entwicklung der Durchschnittshöhe der Aspensorten Ahle und Münden sowie von sechs Balsampappelklonen, Wöllershof, 12-jähriger Umtrieb 2002-2013.....	27
Abbildung 17: Massenleistung der Aspensorten Ahle und Münden sowie von sechs Balsampappelklonen, Wöllershof, 12-jähriger Umtrieb 2002-2013.	28
Abbildung 18: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] der Aspensorten Ahle und Münden sowie der Balsampappelklone in zehnjähriger Rotation, Wöllershof 1992-2013.	29
Abbildung 19: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs (durchschnittlicher Gesamtwuchs (dGZ)) [t atro/ha+a] der Aspensorten Ahle und Münden sowie der Balsampappelklone in zehnjähriger Rotation, Wöllershof 1992-2013.	30
Abbildung 20: Entwicklung der Durchschnittshöhen zweier Korbweidenklone, von Robinie, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von drei Balsampappelklonen, Neuhof, 1. zehnjähriger Umtrieb 1993-2002.....	31
Abbildung 21: Massenleistung von Robinie, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von drei Balsampappelklonen, Neuhof, 1. zehnjähriger Umtrieb 1993-2002.....	32
Abbildung 22: Entwicklung der Durchschnittshöhe von zwei Korbweidenklonen, Robinie, den Aspensorten Tapiau, Ahle und Münden sowie drei Balsampappelklonen, Neuhof, 2. zehnjähriger Umtrieb, 2003-2012	33
Abbildung 23: Massenleistung der Robinie, Roterle, der Aspensorten Tapiau, Ahle, Astria und Münden sowie dreier Balsampappelklonen, Neuhof, 2. zehnjähriger Umtrieb, 2003-2012.....	34
Abbildung 24: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] von Robinie, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von drei Balsampappelklonen in zehnjähriger Rotation, Neuhof 1993-2012.	35
Abbildung 25: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs (durchschnittlicher Gesamtwuchs (dGZ)) [t atro/ha+a] von Robinie, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von drei Balsampappelklonen in zehnjähriger Rotation, Neuhof 1993-2012.	36

Abbildung 26: Entwicklung der Durchschnittshöhe von Roterle, der Aspensorte Astria, des Korbweidenklons 722/51 sowie von sieben Balsampappelklonen, Beuerberg, 1. fünfjähriger Umtrieb 1994–1998.....	37
Abbildung 27: Massenleistung von Roterle, der Aspensorte Astria, des Korbweideklons 722/51 sowie von sieben Balsampappelklonen, Beuerberg, 1. fünfjähriger Umtrieb 1994–1998	38
Abbildung 28: Entwicklung der Durchschnittshöhen der Aspensorte Astria sowie von fünf Balsampappelklonen, Beuerberg, 2. fünfjähriger Umtrieb 1999–2003.....	39
Abbildung 29: Massenleistung der Aspensorte Astria sowie von fünf Balsampappelklonen, Beuerberg, 2. fünfjähriger Umtrieb 1999–2003.....	40
Abbildung 30: Entwicklung der Durchschnittshöhen der Aspenarten Ahle, Astria und Münden sowie von fünf Balsampappelklonen, Beuerberg, 3. fünfjähriger Umtrieb 2004–2008	41
Abbildung 31: Massenleistung der Aspenarten Ahle und Astria sowie von sechs Balsampappelklonen, Beuerberg, 3. fünfjähriger Umtrieb 2004–2008.....	42
Abbildung 32: Jährlicher Höhenzuwachs einer Korbweide, der Aspenarten Astria und Münden und der Balsampappelklone Max 1, Max 3 und Max 4 und P 10/85 (Matrix), 4. fünfjähriger Umtrieb, Beuerberg 2009–2014.	43
Abbildung 33: Massenleistung von Korbweide, der Aspenarten Astria und Münden und der Balsampappelklone Max 1, Max 3 und Max 4 und P 10/85 (Matrix) nach sechs Vegetationsperioden, 4. Umtrieb, Beuerberg 2009–2014.....	44
Abbildung 34: Jährlicher Höhenzuwachs einer Korbweide sowie von vier Balsampappelklonen, 5. fünfjähriger Umtrieb. Beuerberg 2015–2019.....	45
Abbildung 35: Biomassezuwachs einer Korbweide sowie von vier Balsampappelklonen, 5. fünfjähriger Umtrieb. Beuerberg 2015–2019.....	46
Abbildung 36: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] der Aspensorte Astria sowie der Balsampappelklone in fünfjähriger Rotation, Beuerberg 1994–2019.	47
Abbildung 37: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs (dGZ) [t atro/ha+a] der Aspensorte Astria sowie der Balsampappelklone in fünf- bzw. sechsjähriger Rotation, Beuerberg 1994–2019.....	48
Abbildung 38: Entwicklung der Durchschnittshöhe der Aspenarten Ahle, Tapiau, Münden und des Balsampappelklons Max 3, Beuerberg, 1. zehnjähriger Umtrieb 1994–2003.....	49
Abbildung 39: Masseleistung der Aspenarten Ahle, Tapiau, Münden und des Balsampappelklons Max 3, Beuerberg, 1. zehnjähriger Umtrieb 1994–2003.....	50
Abbildung 40: Entwicklung der Durchschnittshöhen von zwei Klonen der Korbweide und fünf Balsampappelklonen, Schwarzenau, 1. fünfjähriger Umtrieb 1994–1998.....	51
Abbildung 41: Massenleistung von drei Balsampappelklonen, Schwarzenau, 1. fünfjähriger Umtrieb 1994–1998.	52
Abbildung 42: Entwicklung der Durchschnittshöhen von sechs Balsampappelklonen, Schwarzenau, 2. fünfjähriger Umtrieb 2000–2004	53
Abbildung 43: Massenleistung von sechs Balsampappelklonen, Schwarzenau, 2. fünfjähriger Umtrieb 2000–2004.	54
Abbildung 44: Entwicklung der Durchschnittshöhen von sechs Balsampappelklonen, Schwarzenau, 3. fünfjähriger Umtrieb 2005–2009	55
Abbildung 45: Massenleistung von sechs Balsampappelklonen, Schwarzenau, 3. fünfjähriger Umtrieb 2005–2009	56
Abbildung 46: Jährlicher Höhenzuwachs der Balsampappeln, 4. fünfjähriger Umtrieb, Schwarzenau 2010–2014.....	57
Abbildung 47: Massenleistung der Balsampappeln, 4. fünfjähriger Umtrieb, Schwarzenau 2010–2014. ..	58
Abbildung 48: Jährlicher Höhenzuwachs von drei Max-Pappelklonen, Schwarzenau, 5. fünfjähriger Umtrieb 2015–2019.	59
Abbildung 49: Jährlicher Biomassezuwachs von drei Max-Pappelklonen, Schwarzenau, 5. fünfjähriger Umtrieb 2015–2019.	60
Abbildung 50: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] von drei Balsampappelklonen in fünfjähriger Rotation, Schwarzenau 1994–2019	61
Abbildung 51: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs (dGZ) [t atro/ha+a] von drei Balsampappelklonen in fünfjähriger Rotation, Schwarzenau 1994–2019	62
Abbildung 52: Entwicklung der Durchschnittshöhen von fünf Balsampappelklonen, Schwarzenau, 1. zehnjähriger Umtrieb 1994–2004	63
Abbildung 53: Massenleistung von fünf Balsampappelklonen, Schwarzenau, 1. zehnjähriger Umtrieb 1994–2004	64

Abbildung 54: Jährlicher Höhenzuwachs der Aspensorten Astria und Münden sowie von fünf Balsampappelklonen, Schwarzenau, 2. zehnjähriger Umtrieb 2005-2014.....	65
Abbildung 55: Massenleistung der Aspen Münden und Astria sowie von fünf Balsampappelklonen, Schwarzenau, 2. zehnjähriger Umtrieb 2005-2014.....	66
Abbildung 55: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] der Aspen Münden und Astria sowie der fünf Balsampappelklone in zehnjähriger Rotation, Schwarzenau 1994/95-2014.....	66
Abbildung 57: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs (dGZ) [t atro/ha+a] der Aspen Münden und Astria sowie der fünf Balsampappelklone in zehnjähriger Rotation, Schwarzenau 1994-2014.....	67
Abbildung 58: Entwicklung der Durchschnittshöhen von Roterle, zwei Klonen der Korbweide sowie acht Balsampappelklonen, Coburg 1. fünfjähriger Umtrieb 1995–1999.....	68
Abbildung 59: Entwicklung der Durchschnittshöhe von Roterle, zwei Klonen der Korbweide sowie sechs Balsampappelklonen, Coburg, 2. fünfjähriger Umtrieb 2000-2004.....	70
Abbildung 60: Massenleistung von Roterle, zwei Klonen der Korbweide und sechs Balsampappelklonen, Coburg, 2. fünfjähriger Umtrieb 2000-2004.....	71
Abbildung 61: Entwicklung der Durchschnittshöhe von Roterle, zwei Klonen der Korbweide sowie sechs Balsampappelklonen, Coburg, 3. fünfjähriger Umtrieb 2005-2009.....	72
Abbildung 62: Massenleistung von Roterle, zwei Klonen der Korbweide und sechs Balsampappelklonen, Coburg, 3. fünfjähriger Umtrieb 2005-2009.....	73
Abbildung 63: Jährlicher Höhenzuwachs der Roterle, zweier Korbweiden sowie der sechs Balsampappelklone, Coburg, 4. fünf(sieben-)jähriger Umtrieb 2010-2016.....	74
Abbildung 64: Massenleistung der Roterle, zweier Korbweiden sowie der sechs Balsampappelklone, Coburg, 4. fünf(sieben-)jähriger Umtrieb 2010-2016.....	75
Abbildung 65: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] von Roterle, zwei Korbweiden sowie sechs Balsampappelsorten in fünfjähriger Rotation, Coburg 1995-2016.....	76
Abbildung 66: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs (durchschnittlicher Gesamtzuwachs (dGZ)) [t atro/ha+a] von Roterle, zwei Korbweiden sowie sechs Balsampappelsorten in fünfjähriger Rotation, Coburg 1995-2016.....	77
Abbildung 67: Entwicklung der Durchschnittshöhe von Roterle, der Aspen Ahle, Astria und Münden sowie von sechs Balsampappelklonen, Coburg, 1. zehnjähriger Umtrieb 1995-2004.....	78
Abbildung 68: Massenleistung von Roterle, der Aspen Ahle, Astria und Münden sowie von sechs Balsampappelklonen, Coburg, 1. zehnjähriger Umtrieb 1995-2004.....	79
Abbildung 69: Jährlicher Höhenzuwachs der Roterle, der Aspen Ahle, Astria und Münden sowie der Balsampappelklone, Coburg, 2. zehn(zwölf-)jähriger Umtrieb 2005-2016.....	80
Abbildung 70: Massenleistung der Roterle, der Aspensorten Ahle, Münden und Astria sowie der sechs Balsampappelklone, Coburg, 2. zehn(zwölf-)jähriger Umtrieb 2005-2016.....	81
Abbildung 71: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] der Roterle, der Aspen Ahle, Astria und Münden sowie von sechs Balsampappelklonen in zehnjähriger Rotation, Coburg 1995-2016.....	82
Abbildung 72: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs (dGZ) [t atro/ha+a] der Roterle, der Aspen Ahle, Astria und Münden sowie von sechs Balsampappelklonen in zehnjähriger Rotation, Coburg 1995-2016.....	83
Abbildung 73: Entwicklung der Durchschnittshöhen von sieben Balsampappelklonen, Reisbach, 1. fünfjähriger Umtrieb 1997–2001.....	84
Abbildung 74: Massenleistung von sieben Balsampappelklonen, Reisbach, 1. fünfjähriger Umtrieb 1997–2001.....	85
Abbildung 75: Entwicklung der Durchschnittshöhe von sechs Balsampappelklonen, Reisbach, 2. fünfjähriger Umtrieb 2002-2006.....	86
Abbildung 76: Massenleistung von fünf Balsampappelklonen, Reisbach, 2. fünfjähriger Umtrieb 2002-2006.....	87
Abbildung 77: Entwicklung der Durchschnittshöhe von fünf Balsampappelklonen, Reisbach, 3. fünfjähriger Umtrieb 2007-2011.....	88
Abbildung 78: Massenleistung von fünf Balsampappelklonen, Reisbach, 3. fünfjähriger Umtrieb 2007-2011.....	89
Abbildung 79: Jährlicher Höhenzuwachs der Balsampappelklone, Reisbach, 4. fünfjähriger Umtrieb 2012-2016, bei Matrix und Mohawk 2. fünfjähriger Umtrieb.....	90
Abbildung 80: Massenleistung der Balsampappelklone, 4. fünfjähriger Umtrieb, Reisbach 2012-2016.....	91
Abbildung 81: Massenleistung [t atro/ha*a] von im Jahr 2004 neu gepflanzten Balsampappelklonen, Reisbach 2004-2016.....	91
Abbildung 82: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] von fünf Balsampappelklonen in fünfjähriger Rotation, Reisbach 1997–2016.....	92

Abbildung 83: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs (dGZ) [t atro/ha+a] von fünf Balsampappelklonen in fünfjähriger Rotation, Reisbach 1997–2016.....	93
Abbildung 84: Entwicklung der Durchschnittshöhen von vier Balsampappelklonen, Dornwang I, 1. fünfjähriger Umtrieb 1997-2001	94
Abbildung 85: Massenleistung von vier Balsampappelklonen, Dornwang I, 1. fünfjähriger Umtrieb 1997-2001.....	95
Abbildung 86: Entwicklung der Durchschnittshöhe von sechs Balsampappelklonen, Dornwang II, 1. fünfjähriger Umtrieb 1997-2001	96
Abbildung 87: Massenleistung von sechs Balsampappelklonen, Dornwang II, 1. fünfjähriger Umtrieb 1997-2001	97
Abbildung 88: Entwicklung der Durchschnittshöhe von Max 4 und Beaupré, Kammern, 1. fünfjähriger Umtrieb 1998-2002.	98
Abbildung 89: Massenleistung der Balsampappelklone Max 4 und Beaupré, Kammern, 1. fünfjähriger Umtrieb 1998-2002.	99
Abbildung 90: Entwicklung der Durchschnittshöhe von Max 4 in Einzelmischung (Block 1), Max 4 in Reihenmischung (Block 2) nach dem Ausfall von Beaupré und reiner Max 4 (Block 3), Kammern, 2. fünfjähriger Umtrieb 2003-2007	100
Abbildung 91: Massenleistung von Max 4 in Einzelmischung (Block 1), Max 4 in Reihenmischung (Block 2) nach dem Ausfall von Beaupré und reiner Max 4 (Block 3) und Beaupré (Block 4), Kammern, 2. fünfjähriger Umtrieb 2003-2007.	101
Abbildung 92: Durchschnittshöhe von Max 4 in Einzelmischung (Block 1), Max 4 in Reihenmischung (Block 2) nach dem Ausfall von Beaupré und reiner Max 4 (Block 3), Kammern, 3. Umtrieb 2008-2012	102
Abbildung 93: Massenleistung von Max 4 in Einzelmischung (Block 1), Max 4 in Reihenmischung (Block 2) nach dem Ausfall von Beaupré und reiner Max 4 (Block 3), Kammern, 3. Umtrieb 2008-2012.	103
Abbildung 94: Massenleistung der vier Balsampappeln im ersten 6-jährigen Umtrieb, Karolinenfeld 2013-2018.....	104
Abbildung 95: Vergleich des durchschnittlichen jährlichen Zuwachses (dGZ) des Pappelklons Max 1 im 5- und 10-jährigen Umtrieb auf den Versuchsflächen.	105
Abbildung 96: Vergleich des durchschnittlichen jährlichen Zuwachses (dGZ) des Pappelklons Max 3 im 5- und 10-jährigen Umtrieb auf verschiedenen Versuchsflächen.	105
Abbildung 97: Vergleich des durchschnittlichen jährlichen Zuwachses (dGZ) des Pappelklons Max 4 im 5- und 10-jährigen Umtrieb auf verschiedenen Versuchsflächen.	106
Abbildung 98: Vergleich des durchschnittlichen jährlichen Zuwachses (dGZ) des Pappelklons Hybrid 275 im 5- und 10-jährigen Umtrieb auf zwei Versuchsflächen.....	107
Abbildung 99: Vergleich des durchschnittlichen jährlichen Zuwachses (dGZ) des Pappelklons Androscoggin im 5- und 10-jährigen Umtrieb auf drei Versuchsflächen.....	107

5.3 Tabellen

Tabelle 1: Übersicht der Versuchsflächen nach Höhenlage, Mittlere Lufttemperatur und Niederschlagssummen (DWD) und Wuchsbezirken.....	7
Tabelle 2: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Robinie, Roterle, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von zwölf Klonen der Balsampappel, Wöllershof, 1. fünfjähriger Umtrieb 1992-1996.....	14
Tabelle 3: Jährlicher Höhenzuwachs [m] der Roterle, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von neun Klonen der Balsampappel, Wöllershof, 2. fünfjähriger Umtrieb 1998–2002.	15
Tabelle 4: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Roterle, der Aspen Tapiau und Münden sowie von neun Klonen der Balsampappel, Wöllershof, 3. fünfjähriger Umtrieb 2003-2007.	17
Tabelle 5: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Roterle, der Aspensorten Tapiau und Münden sowie von neun Balsampappel-Klonen, Wöllershof, 4. fünfjähriger Umtrieb 2008-2013	19
Tabelle 6: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Roterle, der Aspensorten Tapiau und Münden sowie von neun Balsampappel-Klonen, Wöllershof, 5. Umtrieb 2014-2018	21
Tabelle 7: Massenleistung [t atro/ha*a] von Robinie, Roterle, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von zwölf Klonen der Balsampappel im fünfjährigen Umtrieb, Wöllershof 1992-2018.	22
Tabelle 8: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] von Robinie, der Aspensorten Tapiau und Münden sowie der Balsampappelsorten im fünfjährigen Umtrieb, Wöllershof 1992-2018.	24

Tabelle 9: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs [t atro/ha+a] von Robinie, der Aspensorten Tapiau und Münden sowie der Balsampappelsorten im fünfjährigen Umtrieb, Wöllershof 1992-2018.....	25
Tabelle 10: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Robinie, der Aspensorten Ahle und Münden sowie von acht Balsampappel-Klonen, Wöllershof, 1. zehnjähriger Umtrieb 1992–2001.	26
Tabelle 11: Jährlicher Höhenzuwachs [m] der Aspensorten Ahle und Münden sowie von sechs Balsampappelklonen, Wöllershof, 12-jähriger Umtrieb 2002-2013.....	28
Tabelle 12: Massenleistung [t atro/ha*a] von Robinie, der Aspensorten Ahle und Münden sowie von acht Balsampappelklonen in zehnjähriger Rotation, Wöllershof 1992–2013.	29
Tabelle 13: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] der Aspensorten Ahle und Münden sowie der Balsampappelklone in zehnjähriger Rotation, Wöllershof 1992–2013.	30
Tabelle 14: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs [t atro/ha+a] der Aspensorten Ahle und Münden sowie der Balsampappelklone in zehnjähriger Rotation, Wöllershof 1992–2013.	30
Tabelle 15: Jährlicher Höhenzuwachs [m] zweier Korbweidenklone, Robinie, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von drei Balsampappelklonen, Neuhoof, 1. zehnjähriger Umtrieb 1993–2002.....	32
Tabelle 16: Jährlicher Höhenzuwachs [m] der Robinie, der Aspensorten Tapiau, Ahle und Münden sowie dreier Balsampappelklone, Neuhoof, 2. zehnjähriger Umtrieb, 2003-2012.....	33
Tabelle 17: Massenleistung [t atro/ha*a] von zwei Korbweiden, Robinie, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von drei Balsampappelklonen in zehnjähriger Rotation, Neuhoof 1993–2012.....	34
Tabelle 18: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] von Robinie, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von drei Balsampappelklonen in zehnjähriger Rotation, Neuhoof 1993–2012.	35
Tabelle 19: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs [t atro/ha+a] von Robinie, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von drei Balsampappelklonen in zehnjähriger Rotation, Neuhoof 1993–2012.	36
Tabelle 20: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Roterle, der Aspensorte Astria, des Korbweidenklons 722/51 sowie von sieben Balsampappelklonen, Beuerberg, 1. fünfjähriger Umtrieb 1994–1998.....	37
Tabelle 21: Jährlicher Höhenzuwachs [m] der Aspensorte Astria sowie von fünf Balsampappelklonen, Beuerberg, 2. fünfjähriger Umtrieb 1999–2003.....	39
Tabelle 22: Jährlicher Höhenzuwachs [m] der Aspensorten Ahle, Astria und Münden sowie von fünf Balsampappelklonen, Beuerberg, 3. fünfjähriger Umtrieb 2004-2008.....	41
Tabelle 23: Jährlicher Höhenzuwachs [m] der Korbweide 722/51, der Aspensorten Astria und Münden und der Balsampappelklone Max 1, Max 3 und Max 4 und P 10/85 (Matrix), Beuerberg, 4. fünfjähriger Umtrieb 2009-2014.	43
Tabelle 24: Jährlicher Höhenzuwachs [m] einer Korbweide sowie von vier Balsampappelklonen, 5. fünfjähriger Umtrieb. Beuerberg 2015-2019.....	45
Tabelle 25: Massenleistung [t atro/ha*a] von Roterle, des Korbweideklons 722/51, der Aspensorten Astria, Münden und Ahle sowie von sieben Balsampappelklonen in fünfjähriger bzw. zehnjähriger Rotation, Beuerberg 1994–2019.	46
Tabelle 26: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] der Aspensorte Astria sowie der Balsampappelklone in fünfjähriger Rotation, Beuerberg 1994–2019.	47
Tabelle 27: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs [t atro/ha+a] der Aspensorte Astria sowie der Balsampappelklone in fünfjähriger Rotation, Beuerberg 1994–2019.	48
Tabelle 28: Jährlicher Höhenzuwachs [m] der Aspensorte Ahle, Tapiau, Münden und des Balsampappelklons Max 3, Beuerberg, 1. zehnjähriger Umtrieb 1994–2003.	49
Tabelle 29: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von zwei Klonen der Korbweide und fünf Balsampappelklonen, Schwarzenau, 1. fünfjähriger Umtrieb 1994–1998.....	51
Tabelle 30: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von sechs Balsampappelklonen, Schwarzenau, 2. fünfjähriger Umtrieb 2000-2004.....	53
Tabelle 31: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von sechs Balsampappelklonen, Schwarzenau, 3. fünfjähriger Umtrieb 2005-2009.....	55
Tabelle 32: Jährlicher Höhenzuwachs [m] der Balsampappelklone, 4. fünfjähriger Umtrieb, Schwarzenau 2010-2014.....	57
Tabelle 33: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von drei Max-Pappelklonen, Schwarzenau, 5. fünfjähriger Umtrieb 2015-2019.	59
Tabelle 34: Masseleistung [t atro/ha*a] von sechs Balsampappelklonen in fünfjähriger Rotation, Schwarzenau 1994-2019.....	60
Tabelle 35: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] von drei Balsampappelklonen in fünfjähriger Rotation, Schwarzenau 1994-2019.....	61
Tabelle 36: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs [t atro/ha+a] von drei Balsampappelklonen in fünfjähriger Rotation, Schwarzenau 1994-2019.....	62

Tabelle 37: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von fünf Balsampappelklonen, Schwarzenau, 1. zehnjähriger Umtrieb 1994-2004	63
Tabelle 38: Jährlicher Höhenzuwachs [m] der Aspensorten Astria und Münden sowie von fünf Balsampappelklonen, Schwarzenau, 2. zehnjähriger Umtrieb 2005-2014.....	65
Tabelle 39: Masseleistung [t atro/ha*a] der Aspen Münden und Astria sowie von fünf Balsampappelklonen in zehnjähriger Rotation, Schwarzenau 1994-2014.	66
Tabelle 40: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] der Aspen Münden und Astria sowie der fünf Balsampappelklone in zehnjähriger Rotation, Schwarzenau 1994-2014.	67
Tabelle 41: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs [t atro/ha+a] der Aspen Münden und Astria sowie der fünf Balsampappelklone in zehnjähriger Rotation, Schwarzenau 1994-2014.....	67
Tabelle 42: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Roterle, zwei Klonen der Korbweide sowie acht Balsampappelklonen, Coburg, 1. fünfjähriger Umtrieb 1995-1999.....	69
Tabelle 43: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Roterle, zwei Klonen der Korbweide sowie sechs Balsampappelklonen, Coburg, 2. fünfjähriger Umtrieb 2000-2004.....	70
Tabelle 44: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Roterle, zwei Klonen der Korbweide sowie sechs Balsampappelklonen, Coburg, 3. fünfjähriger Umtrieb 2005-2009.....	72
Tabelle 45: Jährlicher Höhenzuwachs [m] der Roterle, zweier Korbweiden sowie der sechs Balsampappelklone, Coburg, 4. fünf(sieben-)jähriger Umtrieb, 2010-2016.....	74
Tabelle 46: Masseleistung [t atro/ha*a] von Roterle, zwei Korbweiden sowie sechs Balsampappelsorten in fünfjähriger Rotation, Coburg 1995-2016.	76
Tabelle 47: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] von Roterle, zwei Korbweiden sowie sechs Balsampappelsorten in fünfjähriger Rotation, Coburg 1995-2016.	76
Tabelle 48: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs [t atro/ha+a] von Roterle, zwei Korbweiden sowie sechs Balsampappelsorten in fünfjähriger Rotation, Coburg 1995-2016.	77
Tabelle 49: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Roterle, der Aspen Ahle, Astria und Münden sowie von sechs Balsampappelklonen, Coburg, 1. zehnjähriger Umtrieb 1995-2004.....	78
Tabelle 50: Jährlicher Höhenzuwachs [m] der Roterle, der Aspen Ahle, Astria und Münden sowie der Balsampappelklone, Coburg, 2. zehn(zwölf-)jähriger Umtrieb 2005-2016.	81
Tabelle 51: Masseleistung [t atro/ha*a] der Roterle, der Aspen Ahle, Astria und Münden sowie von sechs Balsampappelklonen in zehnjähriger Rotation, Coburg 1995-2016.....	81
Tabelle 52: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] der Roterle, der Aspen Ahle, Astria und Münden sowie von sechs Balsampappelklonen in zehnjähriger Rotation, Coburg 1995-2016.	82
Tabelle 53: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs [t atro/ha+a] der Roterle, der Aspen Ahle, Astria und Münden sowie von sechs Balsampappelklonen in zehnjähriger Rotation, Coburg 1995-2016.	83
Tabelle 54: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von sieben Balsampappelklonen, Reisbach, 1. fünfjähriger Umtrieb 1997-2001.....	84
Tabelle 55: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von sechs Balsampappelklonen, Reisbach, 2. fünfjähriger Umtrieb 2002-2006	86
Tabelle 56: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von fünf Balsampappelklonen, Reisbach, 3. fünfjähriger Umtrieb 2007-2011	88
Tabelle 57: Jährlicher Höhenzuwachs [m] der Balsampappelklone, Reisbach, 4. fünfjähriger Umtrieb 2012-2016	90
Tabelle 58: Masseleistung [t atro/ha*a] von sieben Balsampappelklonen in fünfjähriger Rotation, Reisbach 1997-2016.....	92
Tabelle 59: Gesamtwuchsleistung [t atro/ha] von fünf Balsampappelklonen in fünfjähriger Rotation, Reisbach 1997-2016.....	93
Tabelle 60: Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs [t atro/ha+a] von fünf Balsampappelklonen in fünfjähriger Rotation, Reisbach 1997-2016.....	93
Tabelle 61: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von vier Balsampappelklonen, Dornwang I, 1. fünfjähriger Umtrieb 1997-2001	94
Tabelle 62: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von sechs Balsampappelklonen, Dornwang II, 1. fünfjähriger Umtrieb 1997-2001	96
Tabelle 63: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Max 4 und Beaupré, Kammern, 1. fünfjähriger Umtrieb 1998-2002	98
Tabelle 64: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Max 4 in Einzelmischung (Block 1), Max 4 in Reihemischung (Block 2) nach dem Ausfall von Beaupré und reiner Max 4 (Block 3), Kammern, 2. fünfjähriger Umtrieb 2003-2007	100

*Tabelle 65: Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Max 4 in Einzelmischung (Block 1), Max 4 in
Reihenmischung (Block 2) nach dem Ausfall von Beaupré und reiner Max 4 (Block 3), Kammern, 3.
Umtrieb 2008-2012 102*

Tabelle B: Ausgefallene Sorten auf den Versuchsstandorten

	Wöllershof	Neuhof	Beuerberg	Schwarzenau	Coburg	Reisbach	Kammern
Ahle	schwacher Wiederaustrieb	erfolgreich	fast nur Wurzelbrut als Wiederaustrieb	/	erfolgreich	/	/
Astria	/	/	überwiegend Wurzelbrut	erfolgreich	erfolgreich	/	/
Beaupré	Pappelblattrost	/	Pappelblattrost	Pappelblattrost	Pappelblattrost	Pappelblattrost	Pappelblattrost
Boelare	/	/	Pappelblattrost	/	/	Pappelblattrost	/
Korbweide	/	erfolgreich	Wildverbiss	schlechter Wiederaustrieb nach erster Ernte	/	/	/
Max-Klone	erfolgreich	erfolgreich	erfolgreich	erfolgreich	Spätfrostschaden	erfolgreich	erfolgreich
Münden	erfolgreich	erfolgreich	überwiegend Wurzelbrut	erfolgreich	erfolgreich	/	/
Raspalje	Pappelblattrost	/	/	Pappelblattrost	Pappelblattrost	/	/
Robinie	Wildverbiss	erfolgreich	/	/	/	/	/
Roterle	erfolgreich	/	Phytophthora-Wurzelhalsfäule	/	erfolgreich	/	/
Tapiau	erfolgreich	erfolgreich	Wurzelbrut, schwacher Wiederaustrieb	/	/	/	/
Trichobel	/	/	geringer Wiederaustrieb nach der vierten Ernte	/	/	erfolgreich	/
Unal	Pappelblattrost	/	Pappelblattrost	Pappelblattrost	/	/	/