

## Biomasseproduktion von Kurzumtriebsplantagen in Bayern

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

BAYERISCHE  
FORSTVERWALTUNG



Foto: F. Burger



# **Biomasseproduktion von Kurzumtriebsplantagen in Bayern**

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

# Impressum

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

## **Herausgeber und Bezugsadresse**

Bayerische Landesanstalt  
für Wald und Forstwirtschaft (LWF)  
Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1  
85354 Freising  
Telefon: +49 (0) 81 61/71-4801  
Fax: +49 (0) 81 61/71-4971  
poststelle@lwf.bayern.de  
www.lwf.bayern.de

## **Verantwortlich**

Olaf Schmidt, Leiter der Bayerischen  
Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft

## **Autoren**

Dr. Frank Burger, Dr. Bettina Stoll,  
Anja Hentschel-Zimmermann

## **Copyright**

© Bayerische Landesanstalt  
für Wald und Forstwirtschaft  
Juli 2012

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung .....</b>	<b>7</b>
<b>2 Zielsetzung .....</b>	<b>7</b>
<b>3 Methodik.....</b>	<b>8</b>
3.1 Standortkundliche Beschreibung .....	8
3.2 Ermittlung der Höhenwuchsleistung.....	10
3.3 Ermittlung der Biomasseproduktion .....	10
3.3.1 Wiegen des aufstockenden Bestandes .....	10
3.3.2 Statistische Verfahren zur Massenbestimmung .....	11
<b>4 Ergebnisse .....</b>	<b>12</b>
4.1 Wöllershof.....	12
4.1.1 Erster fünfjähriger Umtrieb.....	12
4.1.2 Zweiter fünfjähriger Umtrieb .....	14
4.1.3 Dritter fünfjähriger Umtrieb .....	16
4.1.4 Erster zehnjähriger Umtrieb.....	19
4.1.5 Zweiter zehnjähriger Umtrieb .....	20
4.2 Neuhof.....	22
4.2.1 Erster zehnjähriger Umtrieb.....	22
4.3 Beuerberg.....	24
4.3.1 Erster fünfjähriger Umtrieb.....	24
4.3.2 Zweiter fünfjähriger Umtrieb .....	26
4.3.3 Dritter fünfjähriger Umtrieb .....	29
4.4 Schwarzenau .....	30
4.4.1 Erster fünfjähriger Umtrieb.....	30
4.4.2 Zweiter fünfjähriger Umtrieb .....	32
4.4.3 Dritter fünfjähriger Umtrieb .....	33
4.4.4 Erster zehnjähriger Umtrieb.....	35
4.5 Coburg .....	37
4.5.1 Erster fünfjähriger Umtrieb.....	37
4.5.2 Zweiter fünfjähriger Umtrieb .....	39
4.5.3 Dritter fünfjähriger Umtrieb .....	40
4.5.4 Erster zehnjähriger Umtrieb.....	42
4.6 Reisbach .....	44
4.6.1 Erster fünfjähriger Umtrieb.....	44
4.6.2 Zweiter fünfjähriger Umtrieb .....	46
4.6.3 Dritter fünfjähriger Umtrieb .....	48
4.6.4 Erster Umtrieb der Nachpflanzung von 2004 .....	50

4.7 Dornwang I .....	52
4.7.1 Erster fünfjähriger Umtrieb.....	52
4.7.2 Zweiter fünfjähriger Umtrieb .....	53
4.8 Dornwang II .....	54
4.8.1 Erster fünfjähriger Umtrieb.....	54
4.9 Kammern .....	56
4.9.1 Erster fünfjähriger Umtrieb.....	56
4.9.2 Zweiter fünfjähriger Umtrieb .....	58
<b>5 Diskussion .....</b>	<b>61</b>
<b>6 Literatur .....</b>	<b>63</b>

# 1 Einleitung

Der Anbau von schnellwachsenden Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen zur Produktion von Energie-Hackschnitzeln, Kurzumtriebsplantage oder Energiewald genannt, erfährt in Bayern momentan große Steigerungsraten, bewegt sich aber insgesamt noch auf einem niedrigen Niveau (HAUK 2011).

Die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft beschäftigt sich seit 1992 mit dieser noch recht neuen Bodennutzungsart. Auf insgesamt neun 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 auf den meisten landwirtschaftlichen Standorten 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 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.

Eine der wichtigsten Fragen beim Anbau von Kurzumtriebsplantagen ist natürlich die nach der Höhe 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 ( $t\ atro/ha*a$ ). Bezogen auf die gespeicherte Energie ermöglicht das den direkten Vergleich zu den Zuwächsen anderer Baumarten wie 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 Zielsetzung

In jedem Winter wurde auf den Versuchsflächen die jährliche Höhenwuchsleistung der Bäume ermittelt, um die Wuchsdynamik der Bestände zu dokumentieren. Nach Abschluss der Umtriebszeit von fünf und zehn Jahren erfolgte eine Massenermittlung auf den Versuchsflächen. Ziel war die Ermittlung der leistungsfähigsten Baumarten, Sorten und Klone, aber auch die Darstellung der für ein gutes Wachstum notwendigen standörtlichen Bedingungen.

In bisherigen Untersuchungen zum Thema Kurzumtrieb wird der Zuwachs an oberirdischer Biomasse in Tonnen absolut trocken pro Hektar und Jahr ( $t\ atro/ha*a$ ) angegeben (z. B. FRIED-

RICH 1999; UNSELD 1999). Um die gewonnenen Daten vergleichbar zu machen, wird in den folgenden Ausführungen daher diese Bezugsbasis verwendet.

## 3 Methodik

### 3.1 Standortkundliche Beschreibung

Während der Begründungsphase des Kurzumtriebs-Projekts von 1992 bis 1998 wurden neun 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.

**Tabelle A:** Übersicht der Versuchsflächen nach Wuchsbezirken

Versuchsfläche	(Teil-) Wuchsbezirk	Höhen über NN in m	Mittlere Lufttemperatur in °C	Mittlere Niederschlagshöhen in mm
Wöllershof	10.3 Vorderer Oberpfälzer Wald	420 – 440	6,00 – 6,99	650 – 749
Neuhof	6.3 Schwäbische Riesalb	510 – 530	7,00 – 7,99	650 – 749
Beuerberg	14.4/1 Westliche Kalkalpine Jungmoräne	630	7,00 – 7,99	1100 – 1299
Schwarzenau	4.2/2 Kitzinger Sandgebiet	200	8,00 – 8,99	450 – 549
Coburg	5.4 Itz-Baunach-Hügelland	320	7,00 – 7,99	650 – 749
Reisbach	12.9/2 Östliches Niederbayerisches Tertiärhügelland	440	7,00 – 7,99	750 – 849
Dornwang I	12.9/1 Westliches Niederbayerisches Tertiärhügelland	430	7,00 – 7,99	750 - 849
Dornwang II	12.5 Unteres Isartal	360	7,00 – 7,99	750 – 849
Kammern	12.9/2 Östliches Niederbayerisches Tertiärhügelland	410	7,00 – 7,99	750 – 849

#### Wöllershof (1992)

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



#### Neuhof (1993)

Der Versuchsstandort Neuhof umfasst drei Teilflächen von insgesamt zehn 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.

#### 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.

#### 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 Anbau von Kurzumtriebsplantagen dar.

#### 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 Feuchtemerkmalen geprägt. Hauptstandortseinheit ist ein wechselfeuchter Ton. Die Fläche war zum Zeitpunkt der Bepflanzung bereits drei Jahre stillgelegt.

### **Versuchsflächen im Landkreis Dingolfing**

#### 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.

#### 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 A<sup>h</sup>-Horizont.

#### Dornwang II (1997)

Dornwang II, mit einer Größe von 2,4 Hektar, liegt im unteren Isartal. Ausgangsmaterial für die Bodenbildung ist ein Anmoor, das 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.

#### 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.

## 3.2 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.

## 3.3 Ermittlung der Biomasseproduktion

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

### 3.3.1 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 (ÖNORM 1998). 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 atro/ha\*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.

### 3.3.2 Statistische Verfahren zur Massenbestimmung

Soll die aufstockende Biomasse am stehenden Bestand gemessen werden, so muss auf Stichprobenverfahren zurückgegriffen werden.

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 Brusthöhendurchmesser (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 war 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 ( $m_m$ )) mit folgenden Arbeitsschritten herleiten:

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

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

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

$$M_{\text{ges}} = m_m * N .$$

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.

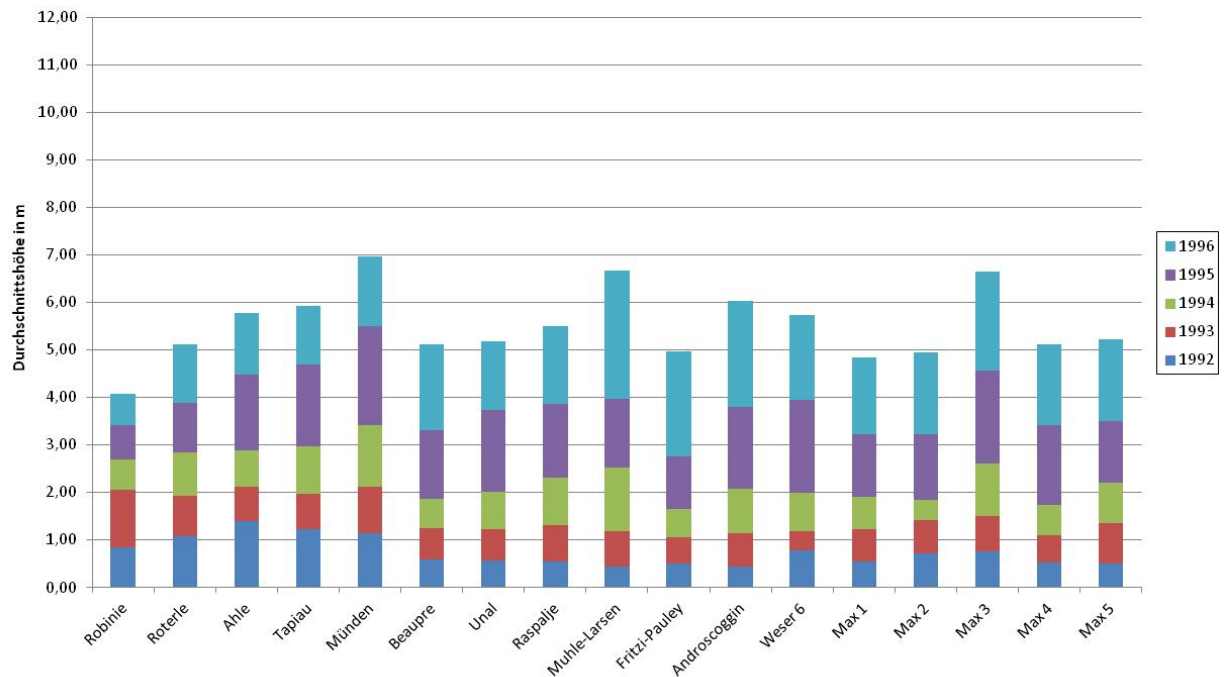
## 4 Ergebnisse

### 4.1 Wöllershof

#### 4.1.1 Erster fünfjähriger Umtrieb

Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der Durchschnittshöhe der Baumarten und Klone im ersten Umtrieb. Die Aspensorte Münden erreicht mit 7 m die größten Durchschnittshöhen. Der Wuchs war im Gegensatz zu den Erwartungen relativ schwach. Die Gründe hierfür lagen in den Schwierigkeiten bei der Begründung der Versuchsfläche und in Anbaufehlern. Wegen der fehlenden Aufforstungsgenehmigung 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 \* 0,6 m war der Reihenabstand viel zu groß, so dass die Bäume in den ersten Jahren nicht in der Lage waren, den Lichtraum zwischen den Reihen abzudunkeln. Die sofort nach dem Abstecken der Parzellen 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 zu. Dies deutet darauf hin, dass sich das Wurzelwerk der Bäume erst zu diesem Zeitpunkt etabliert hatte (BURGER 2010).

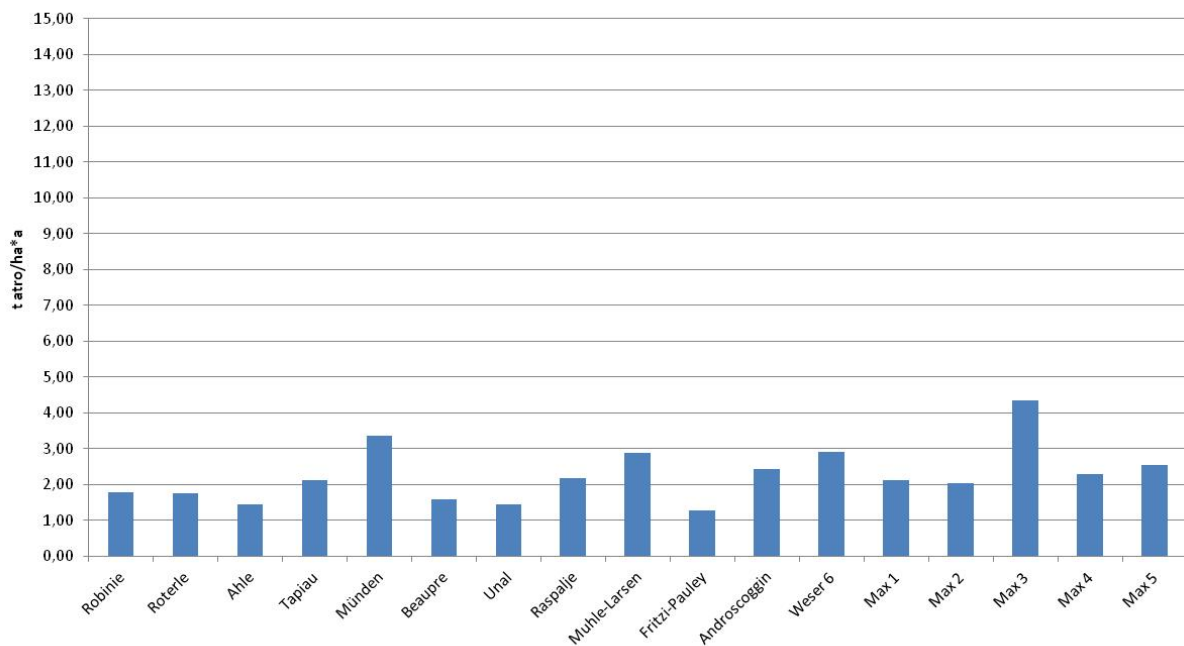


**Abbildung 1:** Entwicklung der Durchschnittshöhe von Robinie, Roterle, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von zwölf Klonen der Balsampappel, Wöllershof, 1. fünfjähriger Umtrieb 1992-1996

**Tabelle 1:** 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	Raspalle	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

Auch die Darstellung der Massenleistung in Abbildung 2 zeigt den schwachen Wuchs auf der Versuchsfläche während des ersten Umtriebs. Nur die Balsampappel Max 3 leistete eine Biomasseproduktion von mehr als 4 t atro/ha\*a. Die Aspensorte Münden kommt auf über 3 t atro/ha\*a, der Rest produzierte 1 – 3 t atro/ha\*a.



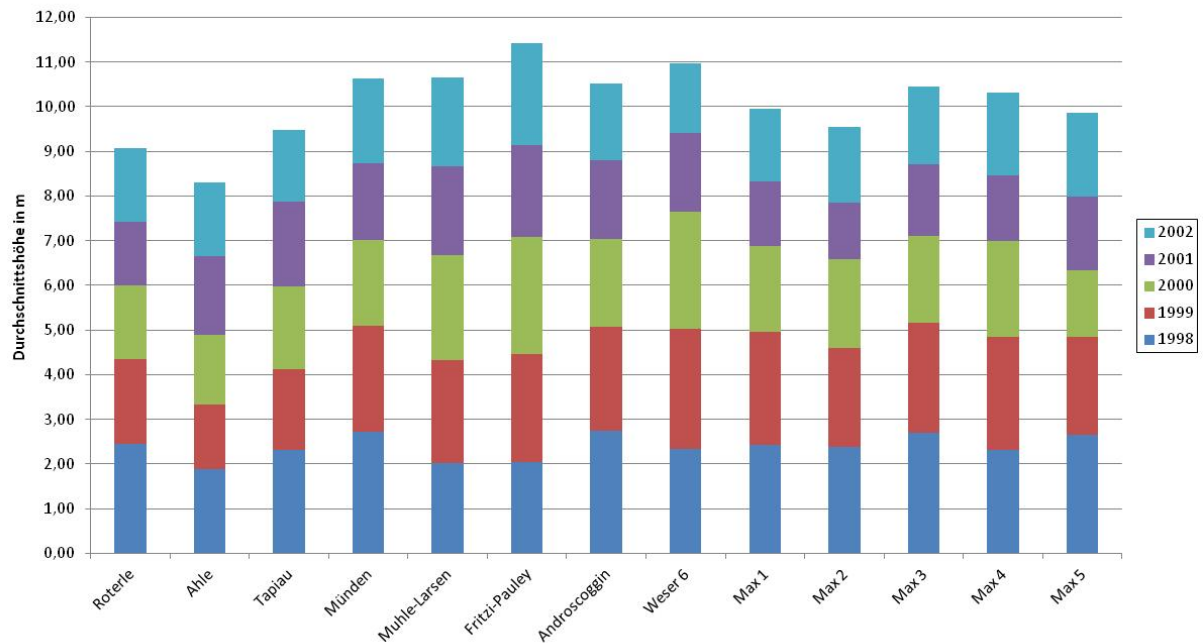
**Abbildung 2:** Massenleistung von Robinie, Roterle, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von zwölf Klonen der Balsampappel, Wöllershof, 1. fünfjähriger Umtrieb 1992-1996

**Tabelle 2:** Massenleistung [t atro/ha\*a] von Robinie, Roterle, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von zwölf Klonen der Balsampappel, Wöllershof, 1. fünfjähriger Umtrieb 1992-1996

Robinie	Roterle	Ahle	Tapiau	Münden	Beaupré	Unal	Raspalje	Muhle-Larsen	Fritz-Pauli	Androskoggin	Weser 6	Max 1	Max 2	Max 3	Max 4	Max 5
1,78	1,77	1,44	2,12	3,38	1,60	1,46	2,19	2,88	1,28	2,44	2,92	2,13	2,04	4,35	2,28	2,54

### 4.1.2 Zweiter fünfjähriger Umtrieb

Während des zweiten Umtriebs fielen die vom Pappelblattrost (*Melampsora larici-populina*) befallenen Balsampappeln Beaupré, Raspalje und Unal komplett aus. Der Wiederaustrieb der Robinie wurde durch das Rehwild verhindert. Die Darstellung der im zweiten Umtrieb erreichten Mittelhöhen (Abbildung 3) zeigt ein völlig anderes Bild als nach den ersten fünf Jahren. Die Roterle erreichte 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 über die gesamte Umtriebszeit.



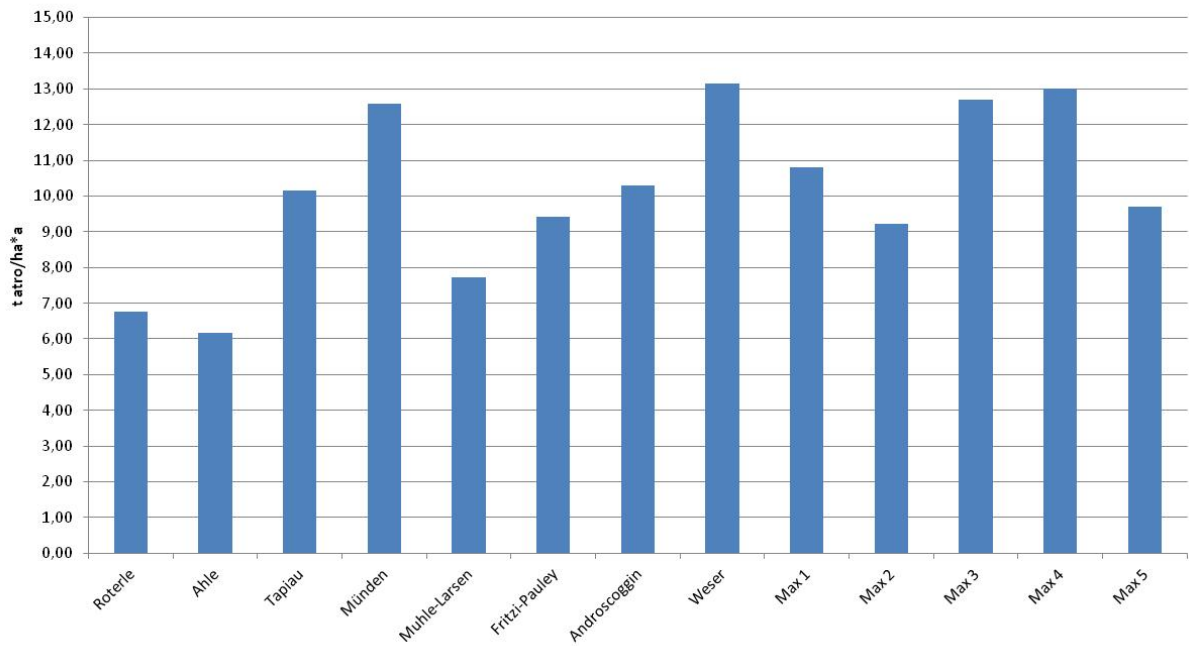
**Abbildung 3:** Entwicklung der Durchschnittshöhe von Roterle, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von neun Klonen der Balsampappel, Wöllershof, 2. fünfjähriger Umtrieb 1998–2002

**Tabelle 3:** Jährlicher Höhenzuwachs [m] von 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	Fritzi-Pauley	Androscoggin	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 4 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 erreicht 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 in Abbildung 4 dargestellten Zuwächse des zweiten Umtriebs verdeutlichen die Leistungskraft des Standortes Wöllershof.

Zu denselben Ergebnissen kommt auch JUG (1999) bei Untersuchungen auf der hessischen Versuchsfläche Canstein. Dort zeigten Aspen und Balsampappeln in der zweiten Umtriebzeit den dreifachen Zuwachs des ersten Umtriebs. Die Weide verbesserte sich sogar um den Faktor vier.



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

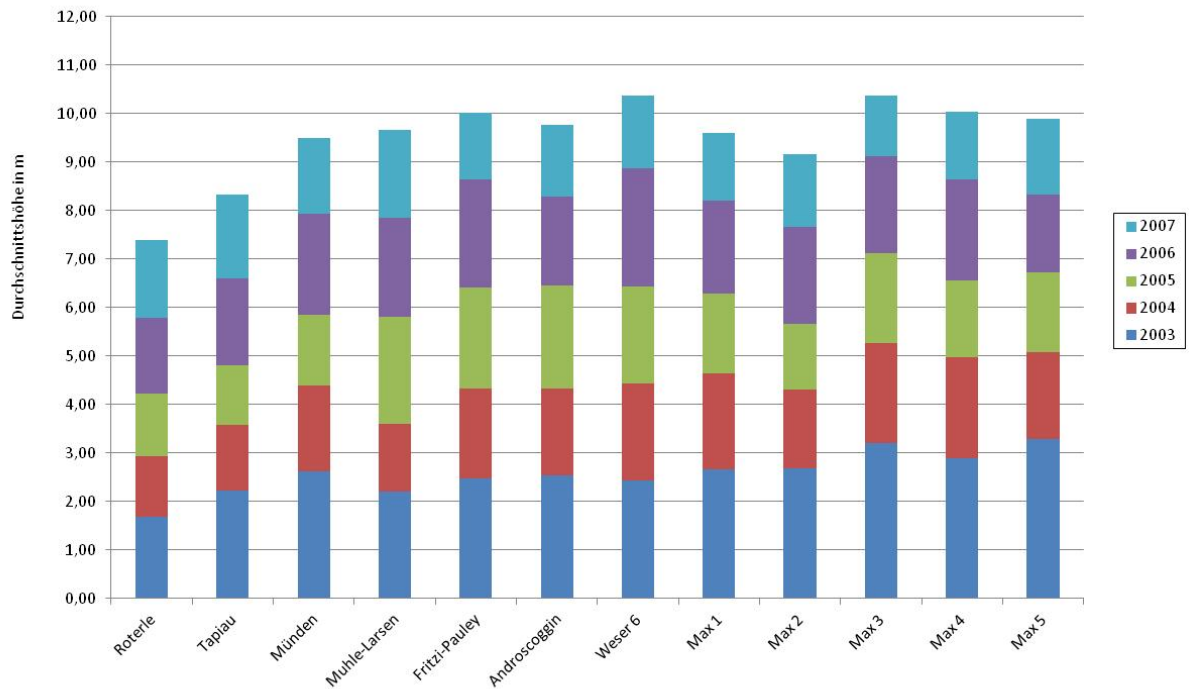
**Tabelle 4:** Massenleistung [t atro/ha\*a] von Roterle, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von neun Klonen der Balsampappel, Wöllershof, 2. fünfjähriger Umtrieb 1998–2002

Roterle	Ahle	Tapiau	Münden	Muhle-Larsen	Fritz-Pauley	Androscoggin	Weser 6	Max 1	Max 2	Max 3	Max 4	Max 5
6,75	6,17	10,15	12,59	7,73	9,42	10,29	13,13	10,80	9,21	12,70	13,00	9,70

### 4.1.3 Dritter fünfjähriger Umtrieb

Die Entwicklung der Durchschnittshöhe im dritten Umtrieb ähnelt der im zweiten sehr. Die geringsten Höhen erreichten 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 5). Die meisten der angebauten Baumarten und Klone zeigen eine relativ gleichmäßige Entwicklung der Durchschnittshöhe über die gesamte Umtriebszeit.



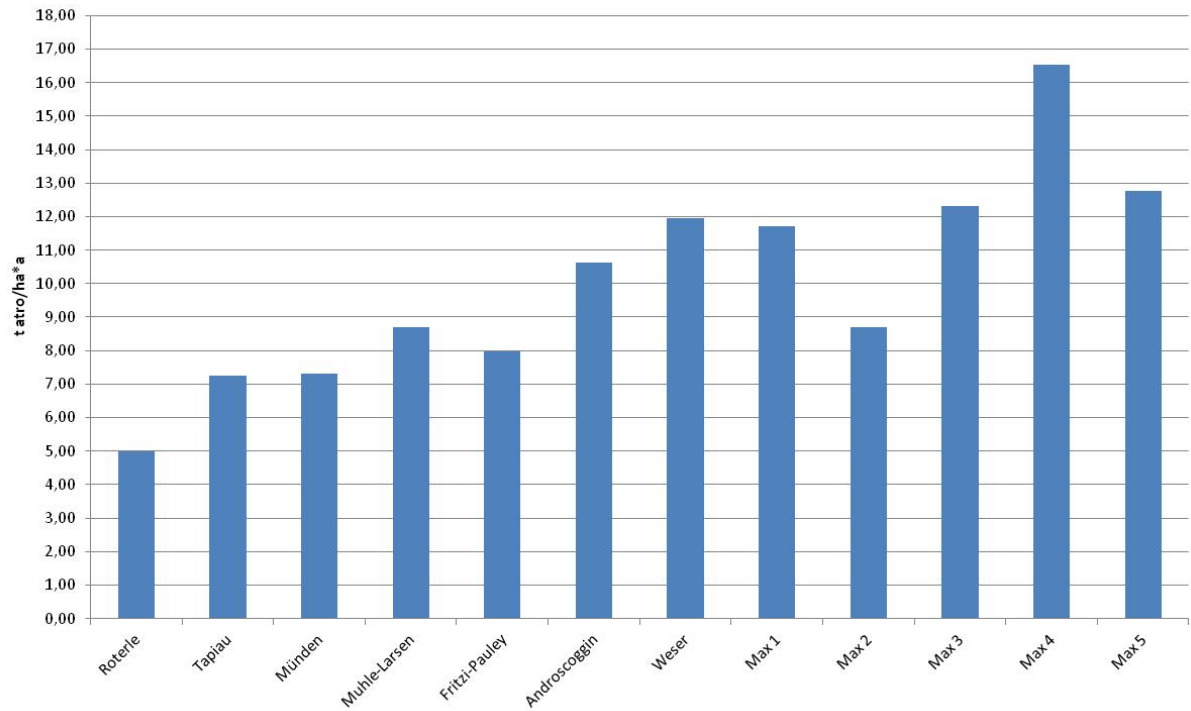


**Abbildung 5:** Entwicklung der Durchschnittshöhe von Roterle, der Aspen Tapiau und Münden sowie von neun Klonen der Balsampappel, Wöllershof, 3. fünfjähriger Umtrieb 2003–2007

**Tabelle 5:** 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-Pauli	Androscoeggin	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 Masseleistung fällt auf, dass Roterle und Aspen im Vergleich zu den Balsampappeln zurückgefallen sind (Abbildung 6). Im zweiten Umtrieb lag der Massenzuwachs der Aspen noch bei über 10 t atro/ha\*a. 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 Mehrklon-Sorte 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 6:** Massenleistung von Roterle, der Aspensorten Tapiau und Münden sowie von neun Balsampappel-Klonen, Wöllershof, 3. fünfjähriger Umtrieb 2003–2007

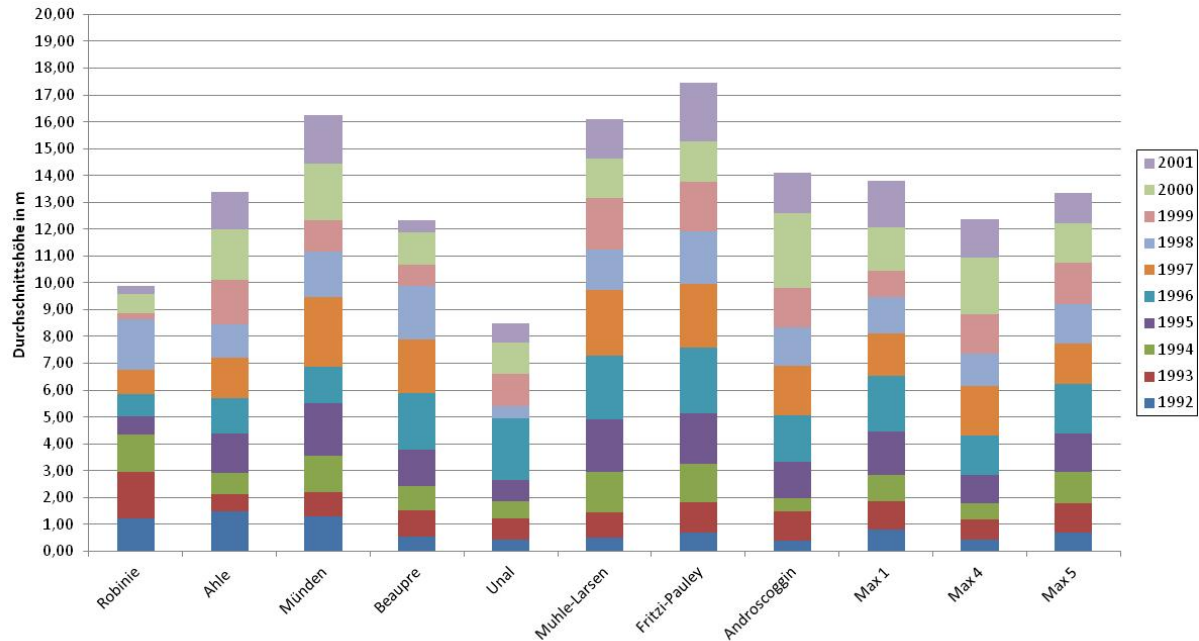
**Tabelle 6:** Massenleistung [t atro/ha\*a] von Roterle, der Aspensorten Tapiau und Münden sowie von neun Balsampappel-Klonen, Wöllershof, 3. fünfjähriger Umtrieb 2003-2007

Roterle	Tapiau	Münden	Muhle-Larsen	Fritzi-Pauli	Androskoggin	Weser 6	Max 1	Max 2	Max 3	Max 4	Max 5
5,01	7,24	7,32	8,69	7,98	10,64	11,96	11,71	8,70	12,31	16,53	12,77

Der Vergleich von zweiter und dritter Rotation zeigt, dass man bei den gegebenen Standortsbedingungen in Wöllershof mit einem Zuwachs von circa 10-12 t atro/ha\*a bei der Balsampappel rechnen kann.

#### 4.1.4 Erster zehnjähriger Umtrieb

In Abbildung 7 ist die Höhenentwicklung des ersten zehnjährigen Umtriebs in Wöllershof dargestellt.



**Abbildung 7:** Entwicklung der Durchschnittshöhe von Robinie, der Aspensorten Ahle und Münden sowie von acht Balsampappel-Klonen, Wöllershof, 1. zehnjähriger Umtrieb 1992–2001

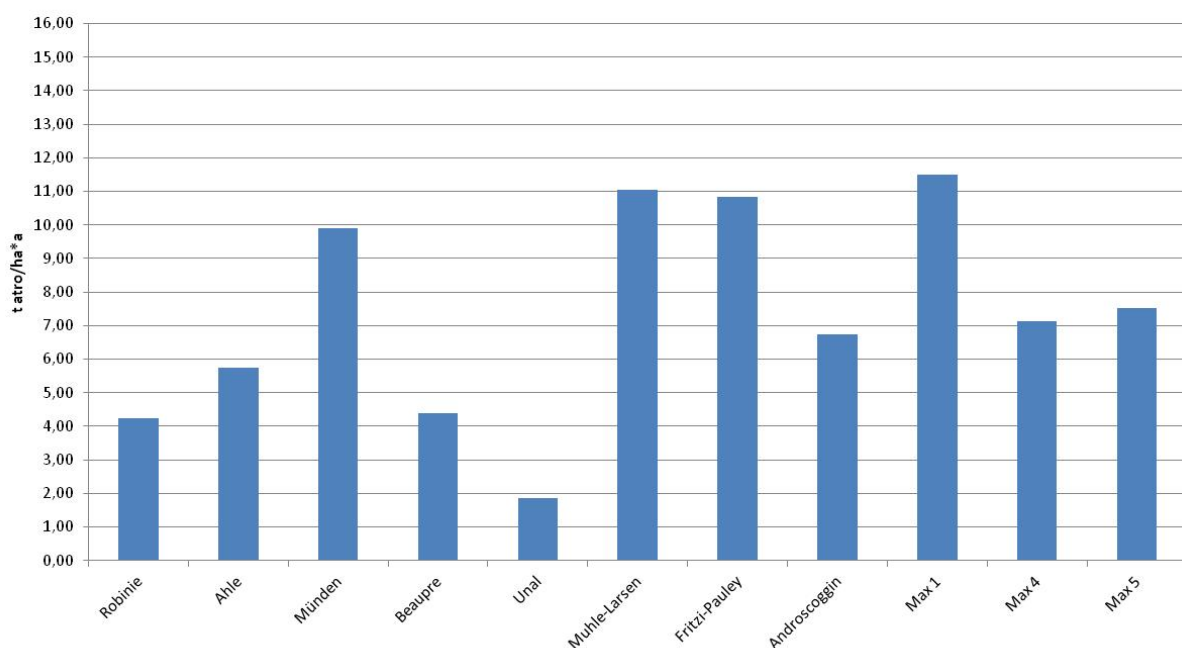
**Tabelle 7:** Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Robinie, der Aspensorten Ahle und Münden sowie von acht Balsampappel-Klonen, Wöllershof, 1. zehnjähriger Umtrieb 1992–2001

Jahr	Robinie	Ahle	Münden	Beaupré	Unal	Muhle-Larsen	Fritzi-Pauli	Androsoggin	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

Nach einigen schwachen Anfangsjahren, die Gründe dafür liegen wie beim ersten fünfjährigen Umtrieb in Schwierigkeiten bei der Begründung, wiesen die Balsampappeln während der gesamten Umtriebszeit 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 bei dem vorgegebenen Pflanzverband von 2,5 \* 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 beiden Hochwald-Balsampappel-Klone Muhle-Larsen und Fritzi-Pauley sowie die Aspe Münden erreichten die größten Durchschnittshöhen.

Im ersten zehnjährigen Umtrieb konnten, im Gegensatz zur ersten fünfjährigen Rotation, Zuwachseleistungen von über 10 t atro/ha\*a gemessen werden. Wie Abbildung 8 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 Jahre in Betracht, so ist in der zweiten Umtriebszeit mit einer noch höheren Biomasseproduktion zu rechnen. Dies entspricht den Berechnungen von HOFMANN (2005), der für die Balsampappel eine Umtriebszeit von 11 bis 13 Jahren als zuwachsoptimal angibt.



**Abbildung 8:** Massenleistung von Robinie, der Aspensorten Ahle und Münden sowie von acht Balsampappelklonen, Wöllershof, 1. zehnjähriger Umtrieb 1992–2001

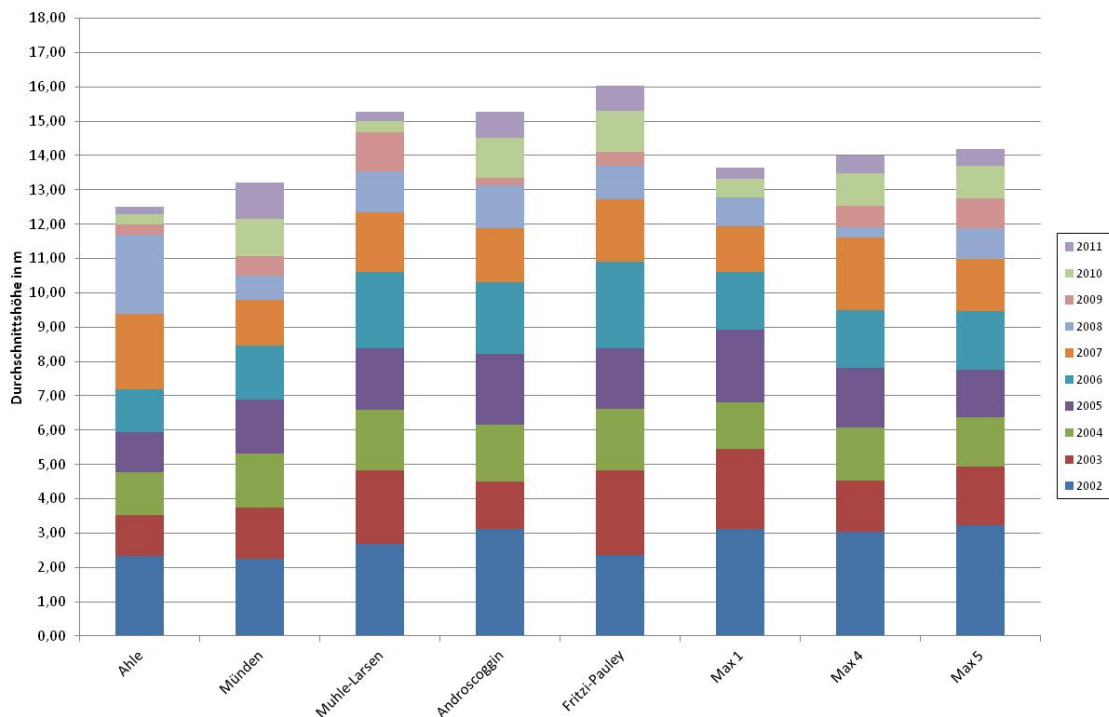
**Tabelle 8:** Massenleistung [t atro/ha\*a] von Robinie, der Aspensorten Ahle und Münden sowie von acht Balsampappelklonen, Wöllershof, 1. zehnjähriger Umtrieb 1992–2001

Robinie	Ahle	Münden	Beaupre	Unal	Muhle-Larsen	Fritzi-Pauli	Androscoggin	Max 1	Max 4	Max 5
4,23	5,74	9,90	4,40	1,85	11,06	10,84	6,73	11,50	7,12	7,54

#### 4.1.5 Zweiter zehnjähriger Umtrieb

In Abbildung 9 ist die Höhenentwicklung während des zweiten zehnjährigen Umtriebs dargestellt. In den ersten sechs Jahren werden jährliche Zuwächse von 1 – 3 m erreicht, danach nimmt der Höhenzuwachs deutlich ab und erreicht nur noch bis etwa einen Meter pro Vegetationsperiode (Tabelle 9). Die Sorten Fritzi-Pauley, Androscoggin und Muhle-Larsen erreichten Höhen bis zu 16 m. Die Hochwald-Balsam-Pappelsorten Muhle-Larsen und Fritzi-Pauley zeig-

ten bereits im ersten zehnjährigen Umtrieb das beste Höhenwachstum. Die Max-Klone hatten nach der zweiten Umtriebszeit eine Endhöhe von etwa 14 m; die Höhen der Aspen lagen zwischen 12 - 13 m.



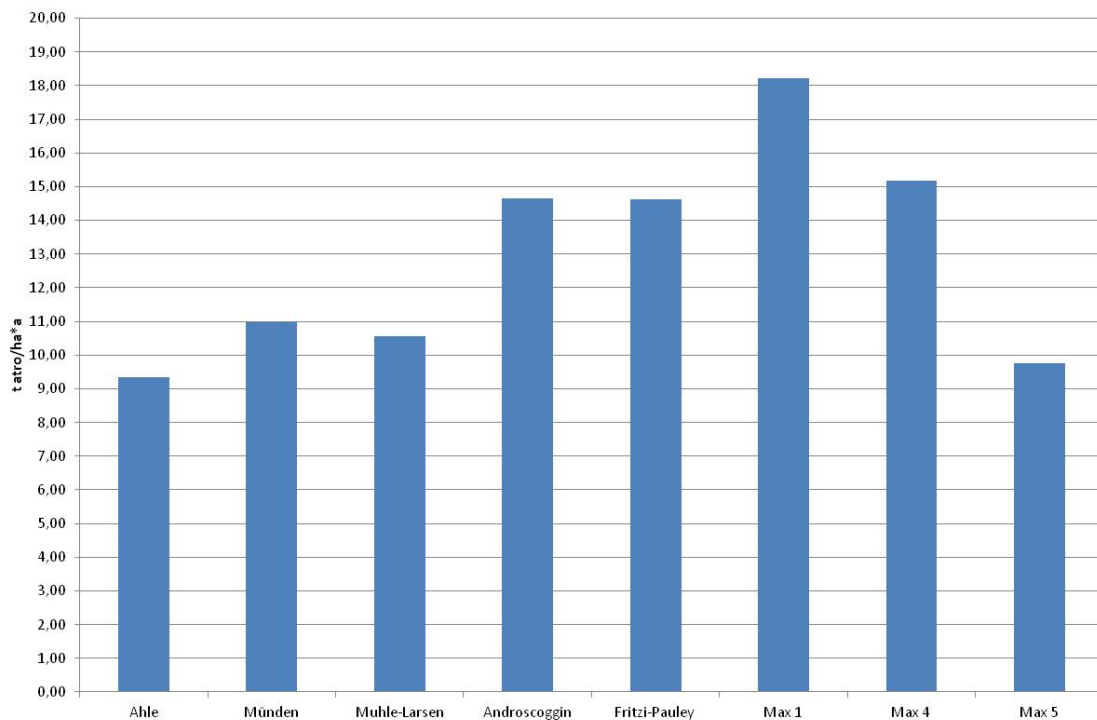
**Abbildung 9:** Entwicklung der Durchschnittshöhe der Aspenarten Ahle und Münden sowie von sechs Balsampappelklonen, Wöllershof, 2. zehnjähriger Umtrieb 2002-2011

**Tabelle 9:** Jährlicher Höhenzuwachs [m] der Aspenarten Ahle und Münden sowie von sechs Balsampappelklonen, Wöllershof, 2. zehnjähriger Umtrieb 2002-2011

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

Während die Höhenzuwächse zwischen den angebaute Pflanzen relativ gleichmäßig waren, schwanken die Biomassezuwächse zwischen 9 und 18 t atro/ha\*a (Abbildung 10 und Tabelle 10). Die meiste Biomasse wird vom Pappelklon Max 1 gebildet, während die Aspen zusammen mit den Balsampappeln Muhle-Larsen und Max 5 das Schlusslicht bilden. Gegenüber dem ersten zehnjährigen Umtrieb ist eine deutliche Steigerung der Massenleistung zu erkennen. Im ersten Umtrieb hatte ebenfalls Max 1 mit 11 t atro/ha\*a den besten Zuwachs, dicht gefolgt

von den Hochwald-Sorten Muhle-Larsen und Fritzi-Pauley. Die Aspensorte Münden erreichte bereits im ersten Umtrieb fast 10 t atro/ha\*a Biomasse.



**Abbildung 10:** Massenleistung der Aspensorten Ahle und Münden sowie von sechs Balsampappelklonen, Wöllershof, 2. zehnjähriger Umtrieb 2002-2011

**Tabelle 10:** Massenleistung [t atro/ha\*a] der Aspensorten Ahle und Münden sowie von sechs Balsampappelklonen, Wöllershof, 2. zehnjähriger Umtrieb 2002-2011

Ahle	Münden	Muhle-Larsen	Androscoggin	Fritzi-Pauley	Max 1	Max 4	Max 5
9,34	10,97	10,56	14,65	14,62	18,21	15,17	9,76

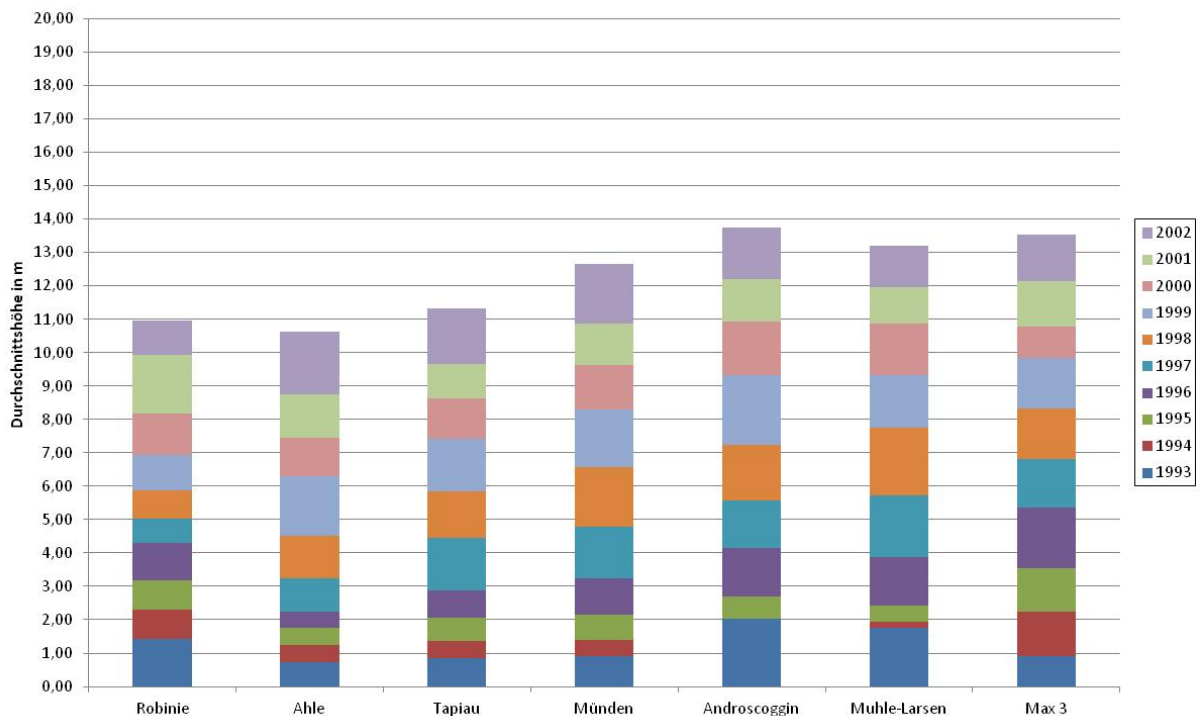
## 4.2 Neuhof

Auf Grund von Klon-Vermischungen konnten die Ertragsdaten des fünfjährigen Umtriebs in Neuhof nicht ausgewertet werden. Deshalb erfolgt hier nur eine Darstellung des zehnjährigen Bestandes.

### 4.2.1 Erster zehnjähriger Umtrieb

Die Darstellung der Höhenwuchsleistung in Abbildung 11 und Tabelle 11 zeigt ein recht ausgeglichenes Bild. Die Balsampappeln und Aspen erreichen nicht die Durchschnittshöhen wie auf der Versuchsfläche Wöllershof. Deutlich ist zu sehen, dass die beiden Klone Androscoggin und Muhle-Larsen im Herbst als Großpflanzen eingebracht wurden. Sie starteten mit Höhen von ungefähr 2 m und litten dann zwei Jahre unter dem Pflanzschock (in den Jahren 1994 und 1995). Ähnliches gilt für die Robinie und für die Aspensorten. Einzig die mit Stecklingen einge-

brachte Balsampappel Max 3 zeigte einen relativ ausgeglichenen Wuchsverlauf über die gesamten zehn Jahre.

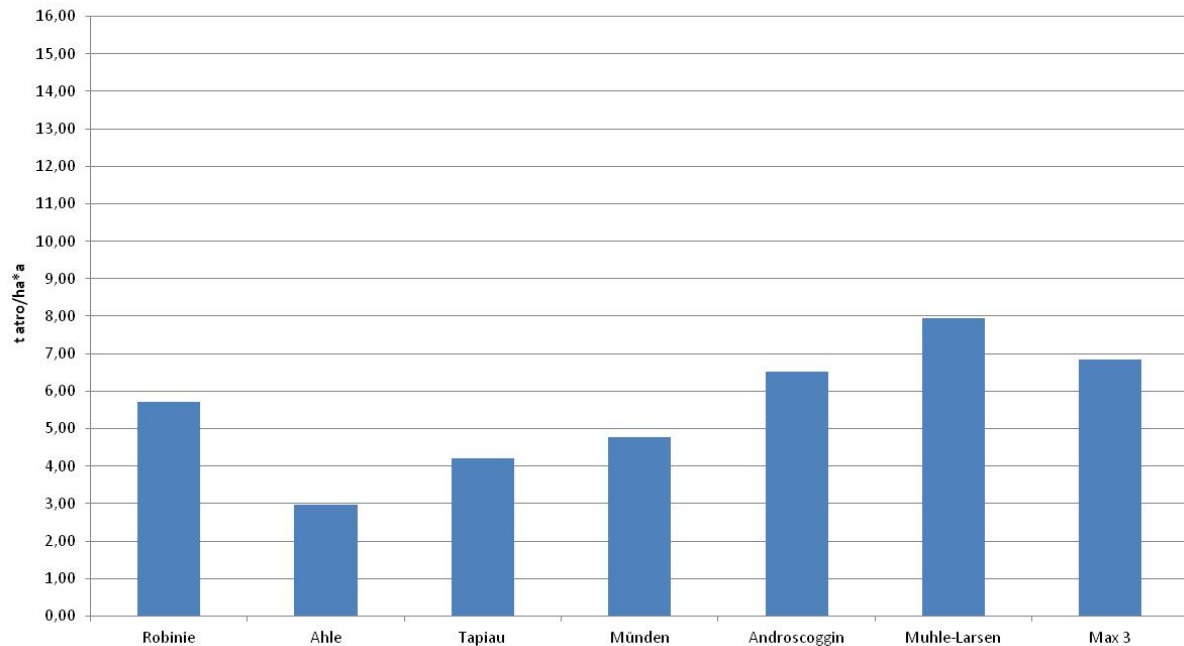


**Abbildung 11:** Entwicklung der Durchschnittshöhe von Robinie, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von drei Balsampappelklonen, Neuhof, 1. zehnjähriger Umtrieb 1993–2002

**Tabelle 11:** Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Robinie, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von drei Balsampappelklonen, Neuhof, 1. zehnjähriger Umtrieb 1993–2002

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

In der Darstellung des Biomassezuwachses in Abbildung 12 werden die Unterschiede zwischen den angebauten Baumarten und Sorten deutlicher. Insgesamt liegen die Zuwächse 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 sogar alle Aspensorten.



**Abbildung 12:** Massenleistung von Robinie, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von drei Balsampappelklonen, Neuhoof, 1. zehnjähriger Umtrieb 1993–2002

**Tabelle 12:** Massenleistung [t atro/ha\*a] von Robinie, der Aspensorten Ahle, Tapiau und Münden sowie von drei Balsampappelklonen, Neuhoof, 1. zehnjähriger Umtrieb 1993–2002

Robinie	Ahle	Tapiau	Münden	Androscoggin	Muhle-Larsen	Max 3
5,71	2,96	4,21	4,77	6,52	7,95	6,84

### 4.3 Beuerberg

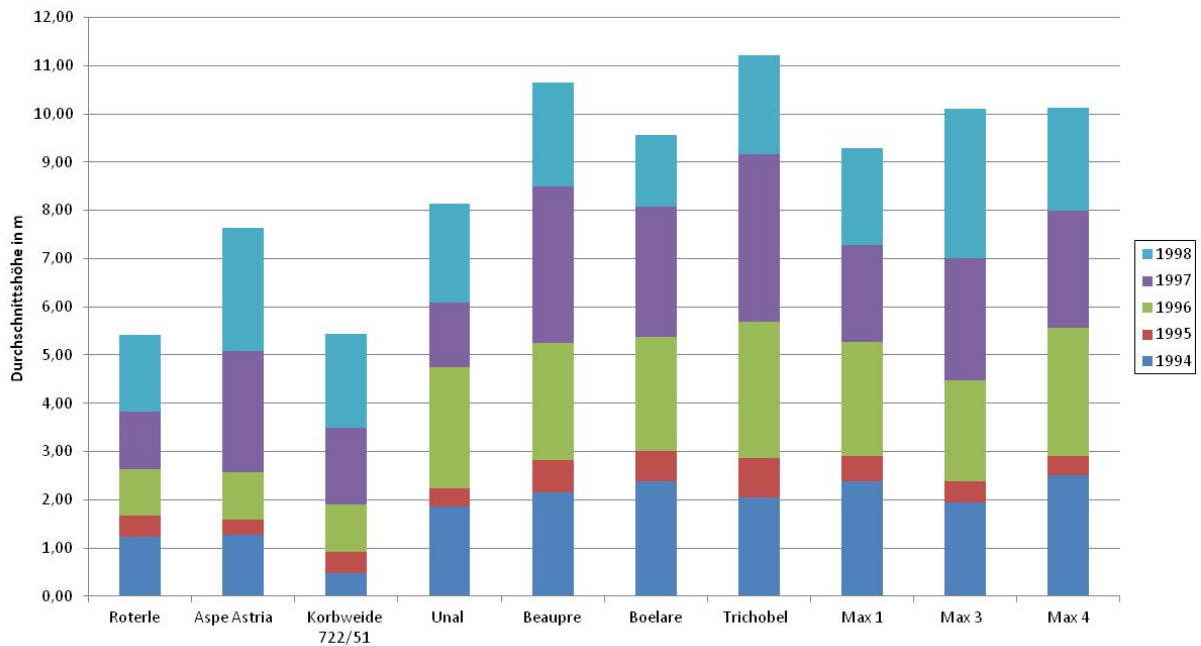
Wegen der geringen Flächengröße der Versuchsfläche entschloss man sich bei der ersten Massenermittlung zu einer Wiegung der gesamten aufgewachsenen Biomasse nach dem in Kapitel 3.3.1 beschriebenen Verfahren. Bei der zweiten Ernte der Versuchsfläche erfolgte die Ermittlung der Wuchsleistung nach dem Massenlinienverfahren nach KOPETZKY-GERHARDT (KRAMER UND AKCA 1995).

#### 4.3.1 Erster fünfjähriger Umtrieb

Die Abbildung 13 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 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 bereits sieben Jahre alt. Ihr Wuchsverlauf ähnelt dem der in Beuerberg gepflanzten Balsampappeln. Nach einem schwa-



chen 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.

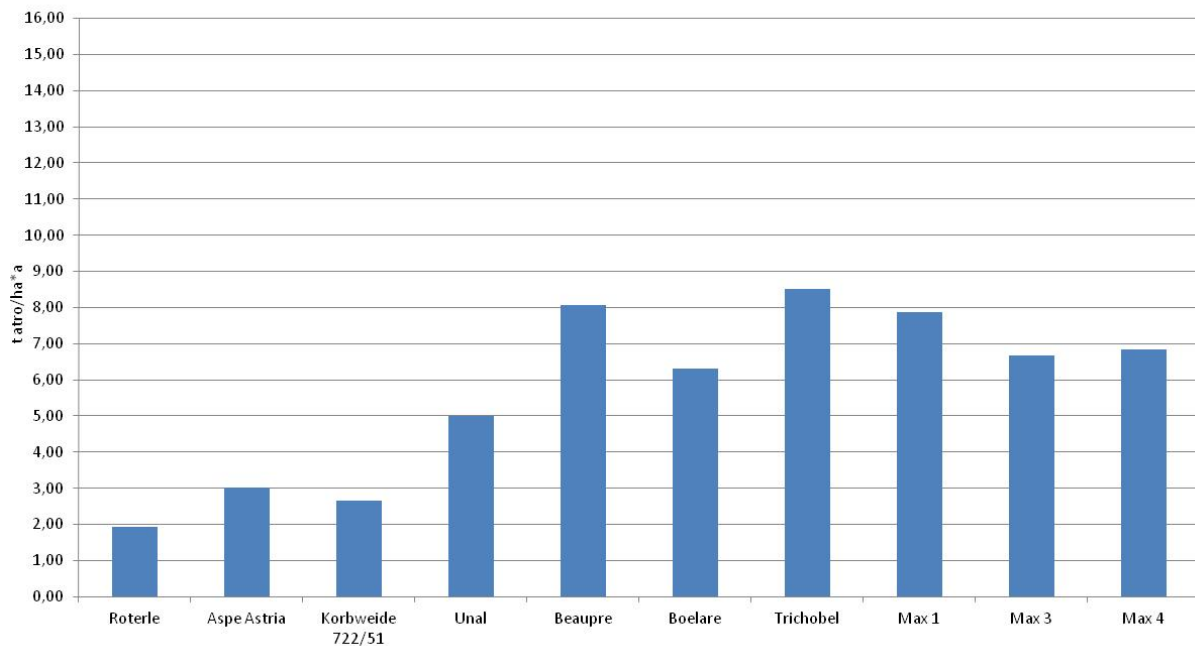


**Abbildung 13:** Entwicklung der Durchschnittshöhe von Roterle, der Aspensorte Astria, des Korbweidenklons 722/51 sowie von sieben Balsampappelklonen, Beuerberg, 1. fünfjähriger Umtrieb 1994–1998

**Tabelle 13:** Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Roterle, der Aspensorte Astria, des Korbweidenklons 722/51 sowie von sieben Balsampappelklonen, Beuerberg, 1. fünfjähriger Umtrieb 1994–1998

Jahr	Roterle	Aspe 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 14 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 und konnte keinen optimalen Zuwachs leisten.



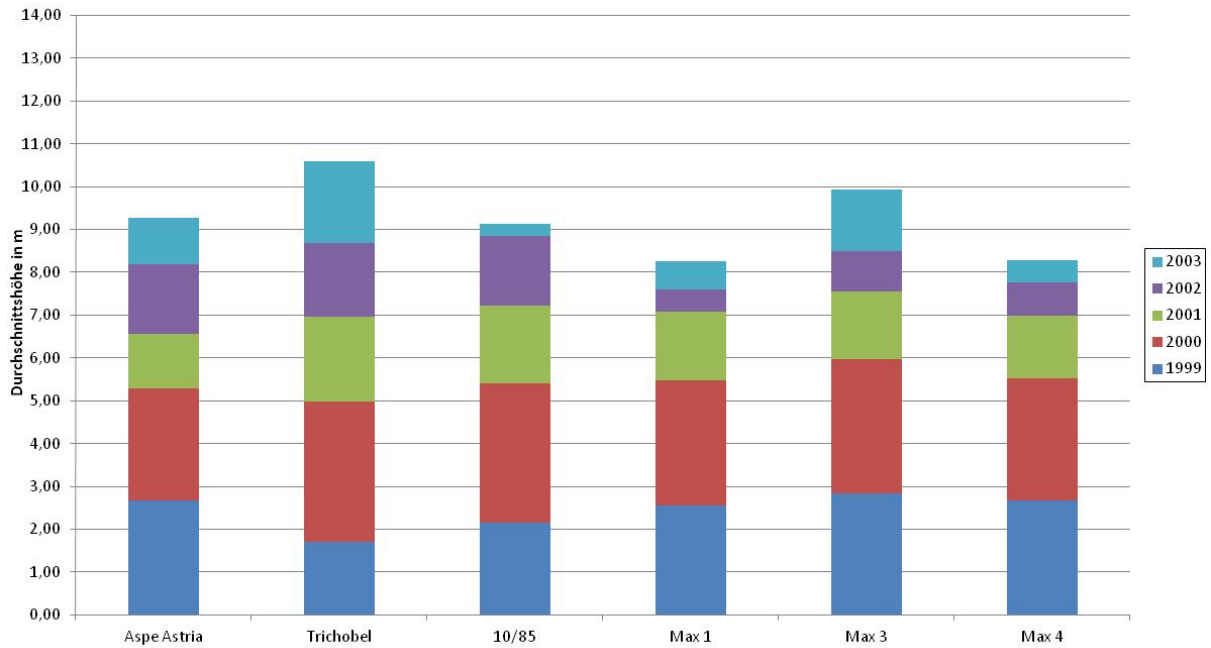
**Abbildung 14:** Massenleistung von Roterle, der Aspensorte Astria, des Korbweideklons 722/51 sowie von sieben Balsampappelklonen, Beuerberg, 1. fünfjähriger Umtrieb 1994–1998

**Tabelle 14:** Massenleistung [t atro/ha\*a] von Roterle, der Aspensorte Astria, des Korbweideklons 722/51 sowie von sieben Balsampappelklonen, Beuerberg, 1. fünfjähriger Umtrieb 1994–1998

Roterle	Aspe Astia	Korbweide 722/51	Unal	Beaupre	Boelare	Trichobel	Max 1	Max 3	Max 4
1,92	3,03	2,66	5,00	8,08	6,30	8,51	7,86	6,68	6,83

### 4.3.2 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 des Rehwildes zum Opfer. Neu hinzugekommen ist der Balsampappelklon 10/85, der in der ersten Umtriebszeit mit Setzruten nachgebessert wurde und deshalb erst im zweiten Umtrieb in die Auswertung einbezogen werden konnte.



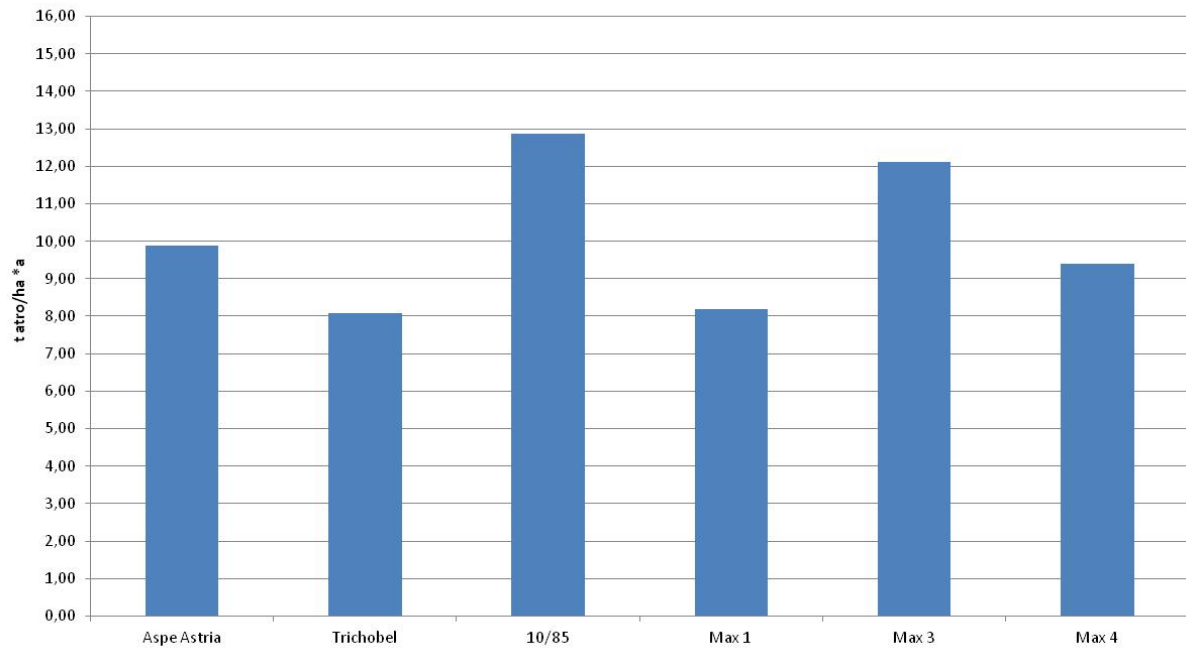
**Abbildung 15:** Entwicklung der Durchschnittshöhen der Aspensorte Astria sowie von fünf Balsampappelklonen, Beuerberg, 2. fünfjähriger Umtrieb 1999–2003

**Tabelle 15:** Jährlicher Höhenzuwachs [m] der Aspensorte Astria sowie von fünf Balsampappelklonen, Beuerberg, 2. fünfjähriger Umtrieb 1999–2003

Jahr	Aspe 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

Trichobel erreicht auch im zweiten Umtrieb die größte Mittelhöhe, gefolgt von Max 3 mit knapp 10 m (Abbildung 15). Es fällt auf, dass die Balsampappel 10/85 und Max 1 im letzten Jahr fast kein Höhenwachstum zeigten. Die Ursache dafür mag bei diesen recht dicht wachsenden Sorten Wassermangel im Extremsommer 2003 sein. Allerdings können auch andere Ursachen wie Gipfelbruch durch Sturm nicht ganz ausgeschlossen werden.

Ein etwas anderes Bild bietet sich bei der Darstellung der zugewachsenen Biomasse in Abbildung 16. 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. Dies liegt mit Sicherheit an dem schlanken, geradschaftigen 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.



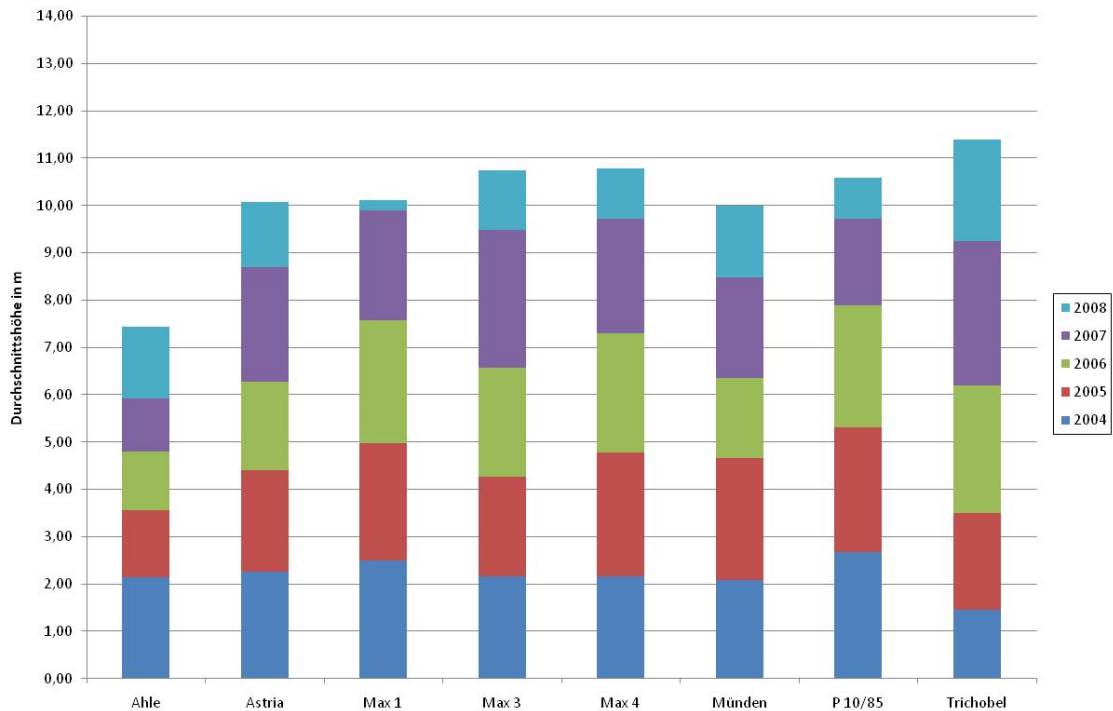
**Abbildung 16:** Massenleistung der Aspensorte Astria sowie von fünf Balsampappelklonen, Beuerberg, 2. fünfjähriger Umtrieb 1999–2003

**Tabelle 16:** Massenleistung [t atro/ha\*a] der Aspensorte Astria sowie von fünf Balsampappelklonen, Beuerberg, 2. fünfjähriger Umtrieb 1999–2003

Aspe Astria	Trichobel	10/85	Max 1	Max 3	Max 4
9,90	8,07	12,87	8,18	12,12	9,39

### 4.3.3 Dritter fünfjähriger Umtrieb

In Beuerberg liegen die durchschnittlichen Höhen der verschiedenen Balsampappelklone nach dem dritten fünfjährigen Umtrieb relativ gleichmäßig zwischen 10 und 11,5 m (Abbildung 17). Auch die Aspensorte Astria erreicht eine Endhöhe von 10 m. Lediglich die Aspe Ahle fällt mit nur 7 m hinter den übrigen angebauten Pappelsorten zurück. Die jährlichen Zuwächse sind im Verlauf der Rotation relativ gleichmäßig (Tabelle 17), nur im fünften Standjahr sind die Zuwächse auf Grund der zunehmenden intraspezifischen Konkurrenz etwas geringer.

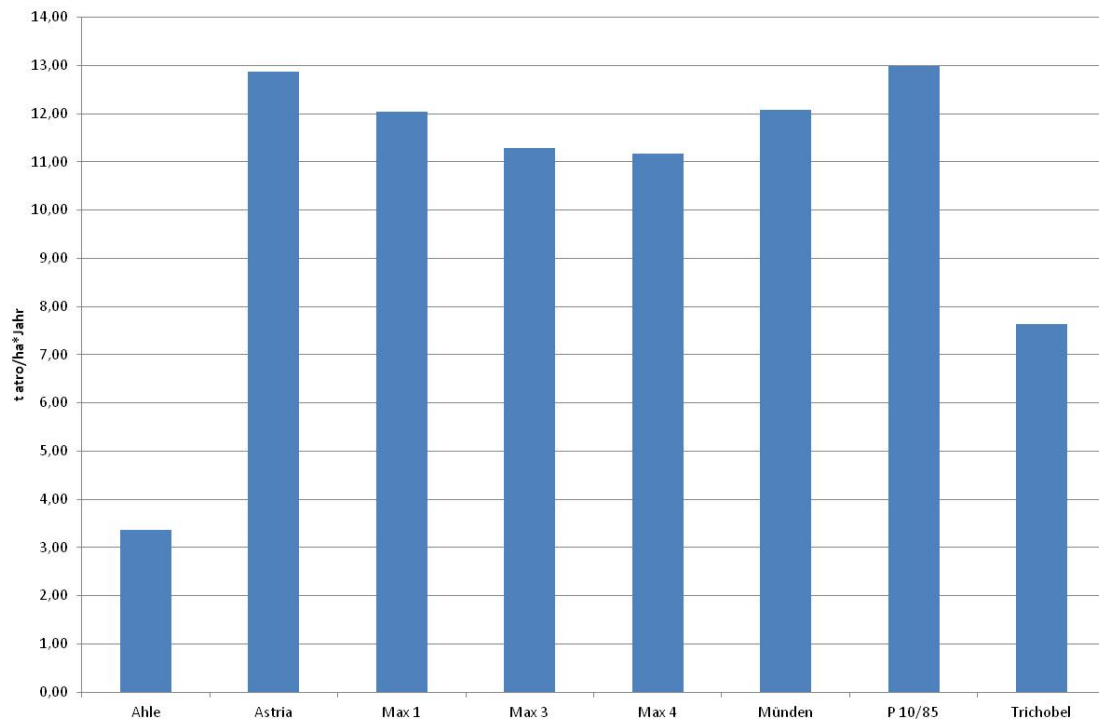


**Abbildung 17:** Entwicklung der Durchschnittshöhen der Aspensorten Ahle und Astria sowie von sechs Balsampappelklonen, Beuerberg, 3. fünfjähriger Umtrieb 2004-2008

**Tabelle 17:** Jährlicher Höhenzuwachs [m] der Aspensorten Ahle und Astria sowie von sechs Balsampappelklonen, Beuerberg, 3. fünfjähriger Umtrieb 2004-2008

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

Mit Ausnahme der Aspe Ahle 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 18 und Tabelle 18). P 10/85 hat wie im zweiten Umtrieb einen Massenzuwachs von 13 t atro/ha\*a und ist der ertragsreichste Klon in Beuerberg.



**Abbildung 18:** Massenleistung der Aspensorten Ahle und Astria sowie von sechs Balsampappelklonen, Beuerberg, 3. fünfjähriger Umtrieb 2004-2008

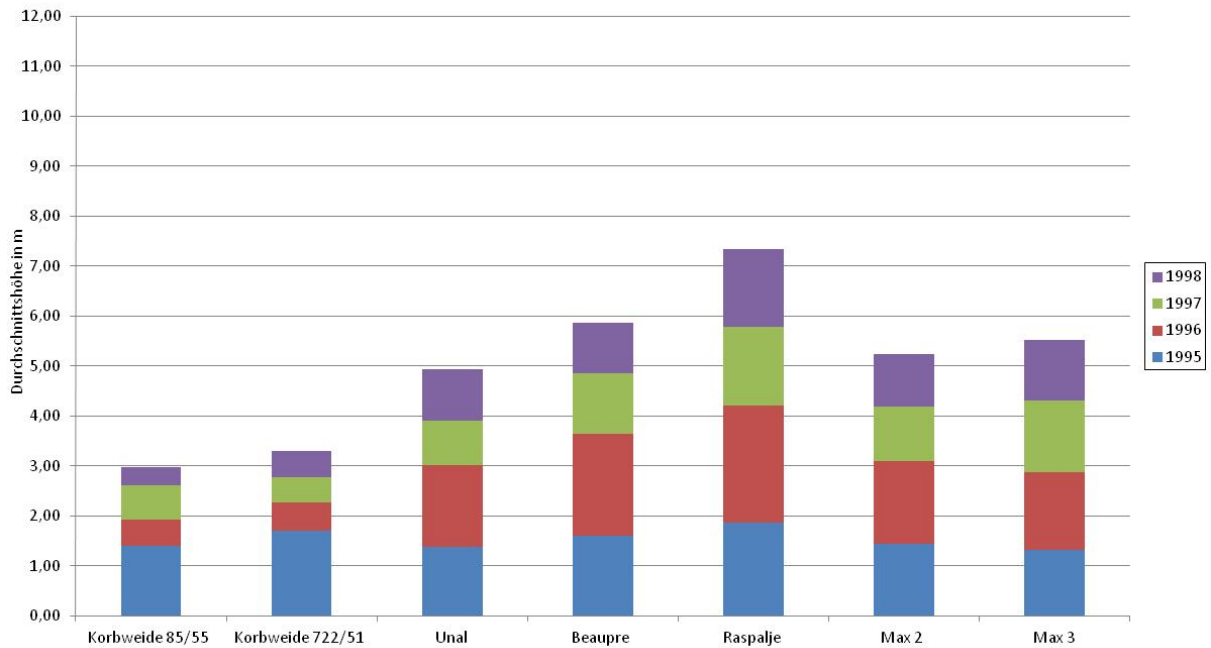
**Tabelle 18:** Massenleistung [t atro/ha\*a] der Aspensorten Ahle und Astria sowie von sechs Balsampappelklonen, Beuerberg, 3. fünfjähriger Umtrieb 2004-2008

Ahle	Astria	Max 1	Max 3	Max 4	Münden	P 10/85	Trichobel
3,36	12,87	12,05	11,28	11,17	12,07	12,99	7,64

## 4.4 Schwarzenau

### 4.4.1 Erster fünfjähriger Umtrieb

Wegen der standörtlichen Gegebenheiten der Versuchsfläche (mäßig trockener bis mäßig wechsellöcheriger Sand) kam es im Anlagejahr zu zahlreichen Ausfällen. Besonders schlecht entwickelten sich die gepflanzten Aspensorten, die z. T. parzellenweise ausfielen. Auch Balsampappeln und Korbweiden wiesen so hohe Ausfälle auf, dass im Herbst 1994 größere Nachbesserungen vorgenommen werden mussten. Da der Anwuchserfolg der Herbstnachbesserungen nicht gesichert war, wurde im Jahr 1994 auf eine Ermittlung der Durchschnittshöhen verzichtet. Der blaue Balken in Abbildung 19 stellt daher den Höhenwuchs der Korbweiden und Balsampappeln in den Jahren 1994 und 1995 dar.



**Abbildung 19:** Entwicklung der Durchschnittshöhen von zwei Klonen der Korbweide und fünf Balsampappelklonen, Schwarzenau, 1. fünfjähriger Umtrieb 1994–1998

**Tabelle 19:** Jährlicher Höhenzuwachs [m] von zwei Klonen der Korbweide und fünf Balsampappelklonen, Schwarzenau, 1. fünfjähriger Umtrieb 1994–1998

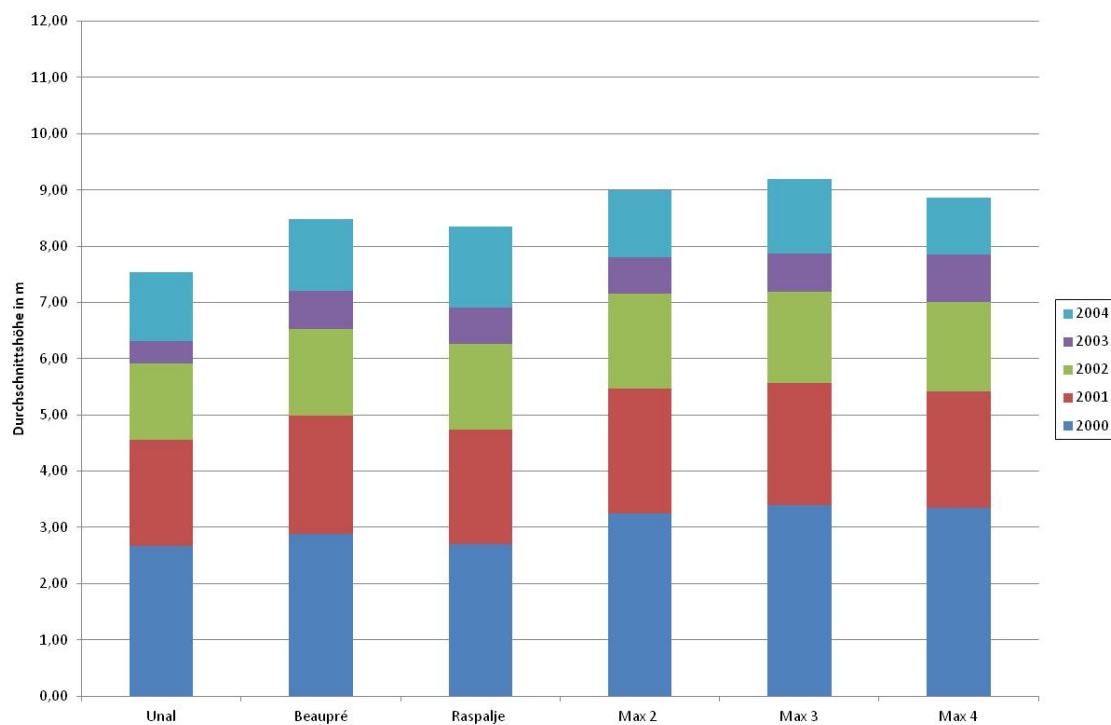
Jahr	Korbweide 85/55	Korbweide 722/51	Unal	Beaupré	Raspalje	Max 2	Max 3
1994+1995	1,41	1,70	1,38	1,61	1,86	1,45	1,31
1996	0,51	0,56	1,63	2,04	2,35	1,65	1,56
1997	0,70	0,51	0,88	1,21	1,58	1,09	1,43
1998	0,35	0,53	1,04	1,00	1,55	1,05	1,21

Die niedrigsten Mittelhöhen erreichten die Korbweiden, wobei der Zuwachs der drei letzten Jahre deutlich niedriger als 1994 und 1995 war. Besser schnitten die fünf Balsampappeln ab. Die höchste Mittelhöhe erreichte Raspalje. Die Klone Raspalje, Beaupré und Unal, die auf allen anderen Versuchsflächen am Pappelblattrost litten und z. T. bereits ganz ausgefallen sind, zeigten im warm trockenen Klima von Schwarzenau relativ gute Höhenwuchsleistungen. Dies ist wahrscheinlich auf das Fehlen der Lärche in der näheren Umgebung der Versuchsfläche zurückzuführen, die der Erreger des Pappelblattrostes als Haplontenwirt benötigt.

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 3.3.1). 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.

#### 4.4.2 Zweiter fünfjähriger Umtrieb

Der Wiederaustrieb in Schwarzenau entwickelte sich deutlich wuchskräftiger als die erste Rotation. Die Korbweide wurde wegen des sehr schwachen Wuchses nicht mehr aufgenommen. Die sechs dargestellten Balsampappelklone zeigten in den ersten drei Jahren sehr gute Höhenzuwächse (Tabelle 20). Im Trockenjahr 2003 sieht man in der Graphik einen deutlich schwächeren Wuchs. Nach fünf Jahren liegen die Höhen der Balsampappeln zwischen 7,5 und 9 m relativ dicht beieinander (Abbildung 20). Unal schneidet mit 7,5 m am schlechtesten ab. Max 3 erreicht mit knapp über 9 m die größte Wuchshöhe.



**Abbildung 20:** Entwicklung der Durchschnittshöhen von sechs Balsampappelklonen, Schwarzenau, 2. fünfjähriger Umtrieb 2000-2004

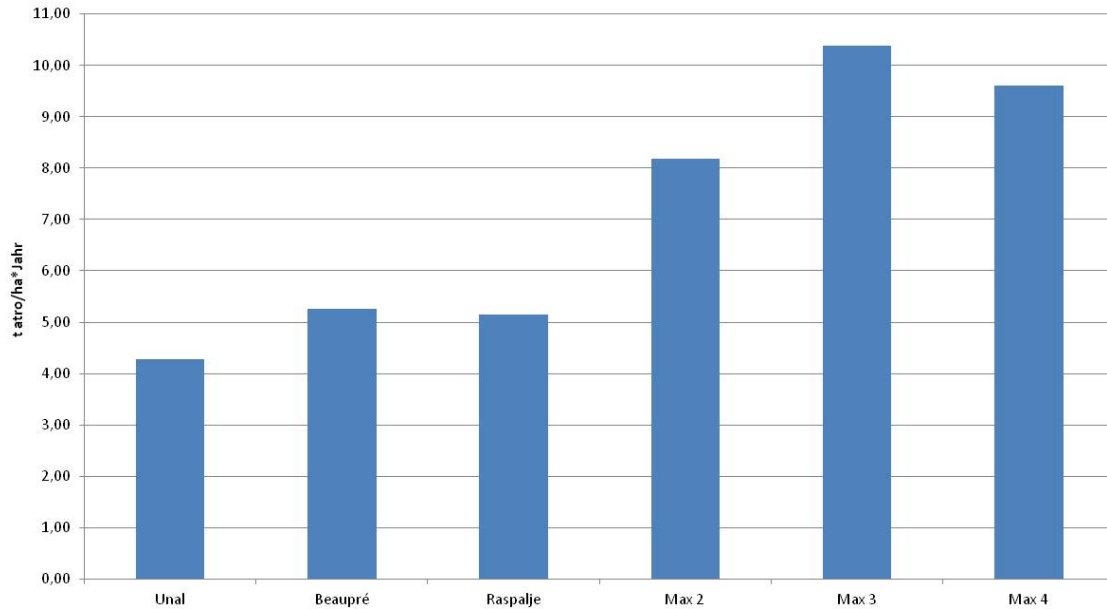
**Tabelle 20:** Jährlicher Höhenzuwachs [m] von sechs Balsampappelklonen, Schwarzenau, 2. fünfjähriger Umtrieb 2000-2004

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 21 und Tabelle 21 werden die Unterschiede zwischen den Klonen deutlicher. Die vom Pappelblattrost befallenen Klone Unal, Raspalje und Beaupré produzierten deutlich weniger Biomasse als die Balsampappeln Max 2, 3 und 4. Während Unal, Raspalje und Beaupré nur eine Biomasse von etwa 4-5 t atro/ha\*a bildeten, wurden von Max 3 über 10 t atro/ha\*a produziert. Im Vergleich zum ersten Umtrieb be-



deutet dies eine erhebliche Steigerung der Massenleistung. Auf Grund des schlechten Wuchses wurde vor der ersten Ernte nur auf drei Parzellen die Biomasse ermittelt. Diese lag bei 4-5 t/ha\*a.



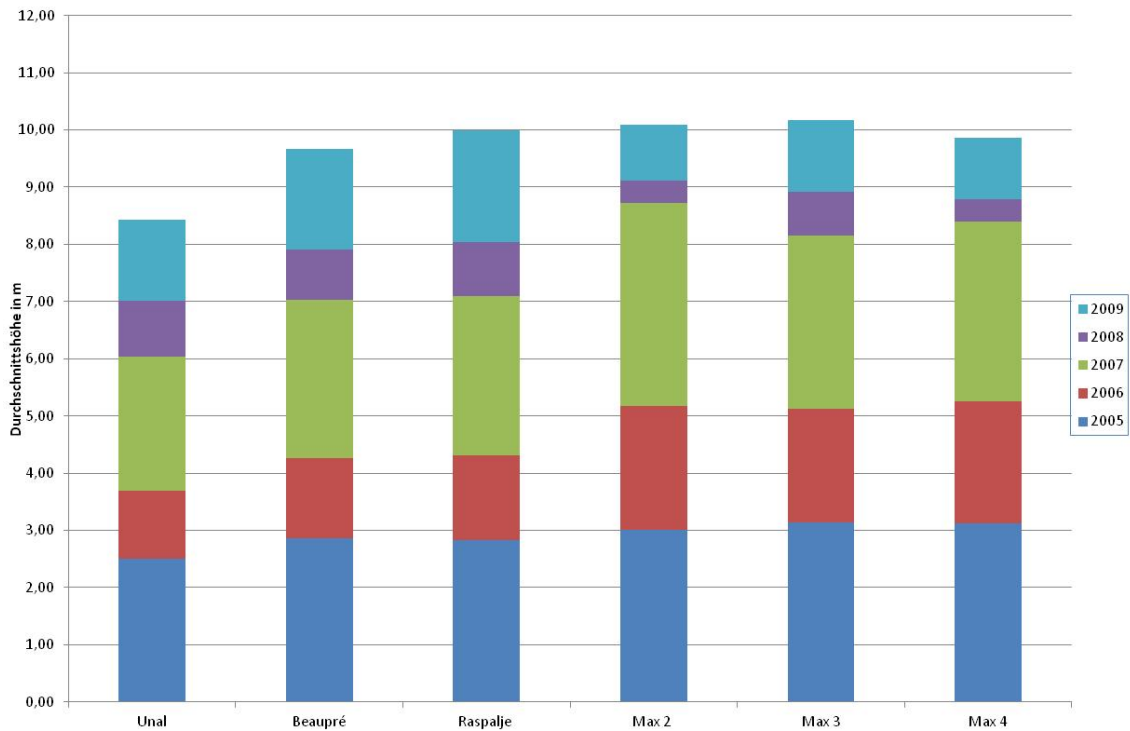
**Abbildung 21:** Massenleistung von sechs Balsampappelklonen, Schwarzenau, 2. fünfjähriger Umtrieb 2000-2004

**Tabelle 21:** Massenleistung [t atro/ha\*a] von sechs Balsampappelklonen, Schwarzenau, 2. fünfjähriger Umtrieb 2000-2004

Unal	Beaupré	Raspalje	Max 2	Max 3	Max 4
4,28	5,26	5,16	8,18	10,38	9,61

#### 4.4.3 Dritter fünfjähriger Umtrieb

Bei der Höhenwuchsleistung zeigen sich zwischen den vom Rostpilz befallenen Klonen Unal, Beaupré und Raspalje und den gesunden Klonen der Max-Gruppe bereits geringe Unterschiede (Abbildung 22). Bei ähnlichen Endhöhen nach dem fünften Jahr starteten die Max-Klone in den ersten drei Jahren gut, im vierten und fünften Jahr war der Zuwachs wegen nicht mehr ausreichender Wasserversorgung der vitalen Bestände wesentlich schwächer (Tabelle 22). Dass das Wasserangebot für die nachlassenden Höhenzuwächse der Max-Klone verantwortlich sein muss, wird gestützt durch die größeren Höhenwuchsleistungen der pilzbefallenen Klone gerade in den letzten beiden Jahren der Umtriebszeit. Deren Bestände sind wesentlich stammzahlärmer und lichter, das Wasserangebot reichte für sie offenbar aus. Dadurch unterscheiden sich die Höhen nach fünf Jahren nicht wesentlich voneinander. Lediglich die Sorte Unal hat ein deutlich geringeres Höhenwachstum nach der dritten Umtriebszeit als die anderen Balsampappelklone.

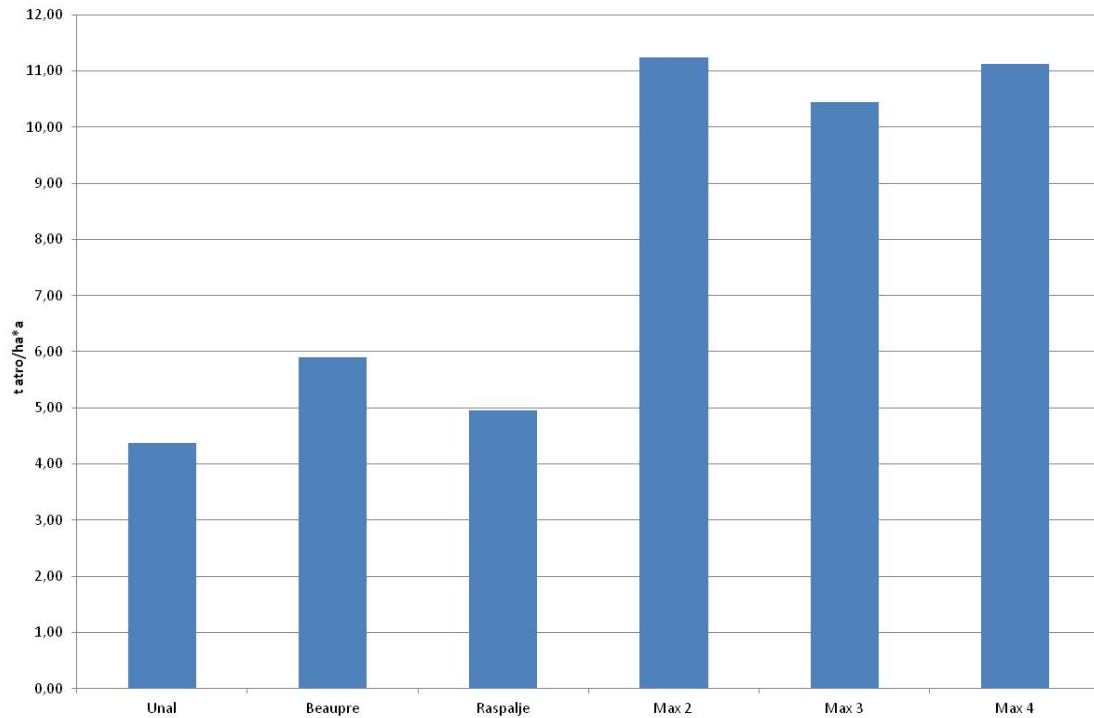


**Abbildung 22:** Entwicklung der Durchschnittshöhen von sechs Balsampappelklonen, Schwarzenau, 3. fünfjähriger Umtrieb 2005-2009

**Tabelle 22:** 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

Bei den Ergebnissen der Biomasseproduktion, dargestellt in Abbildung 23 und Tabelle 23, wird der Unterschied zwischen den vom Pappelblattrost befallenen Klonen und der Max-Gruppe deutlicher. Während die kranken Klone Zuwächse zwischen 4,4 - 5,9 t atro/ha\*a leisteten, lag die Massenleistung der gesunden Klone mit 10,4 - 11,2 t atro/ha\*a circa doppelt so hoch.



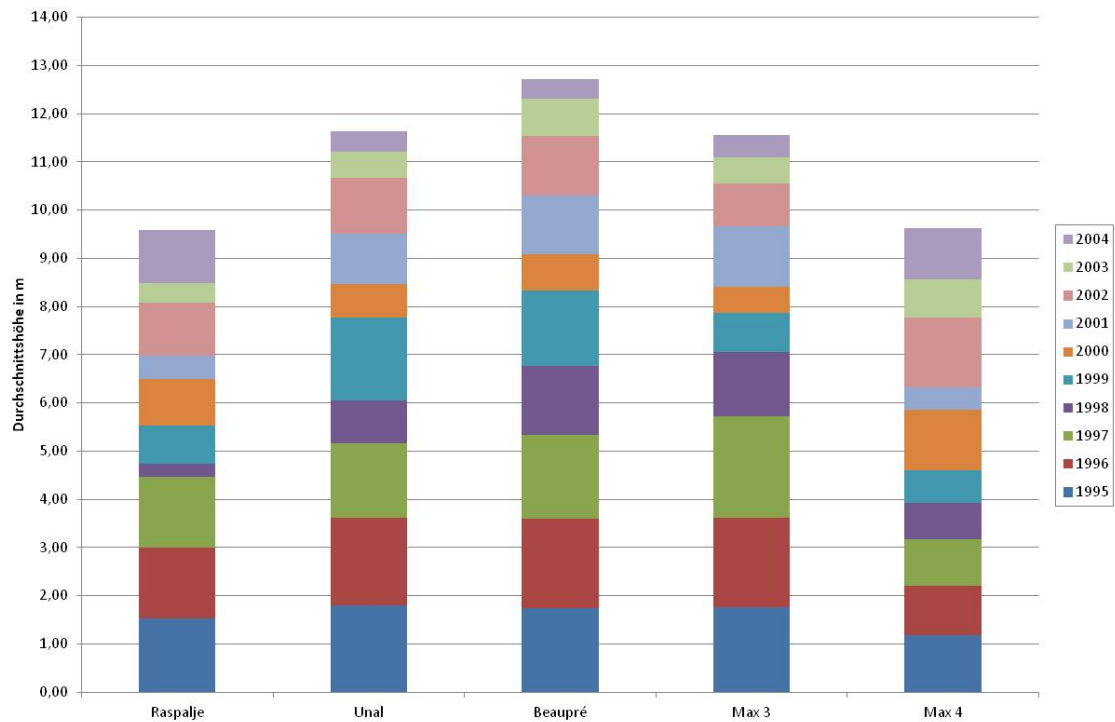
**Abbildung 23:** Massenleistung von sechs Balsampappelklonen, Schwarzenau, 3. fünfjähriger Umtrieb 2005-2009

**Tabelle 23:** Massenleistung [t atro/ha\*a] von sechs Balsampappelklonen, Schwarzenau, 3. fünfjähriger Umtrieb 2005-2009

Unal	Beaupré	Raspalje	Max 2	Max 3	Max 4
4,4	5,9	5,0	11,2	10,4	11,1

#### 4.4.4 Erster zehnjähriger Umtrieb

Im ersten zehnjährigen Umtrieb in Schwarzenau werden von den Balsampappelklonen zwischen 9 und 13 m erreicht (Abbildung 24). Die höchste Mittelhöhe erreichte die Pappel 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 Balsampappelsorten relativ gut. Der jährliche Zuwachs fällt bei allen Klonen im Jahr 2003 auf Grund der extremen Witterung gering aus (Tabelle 24).

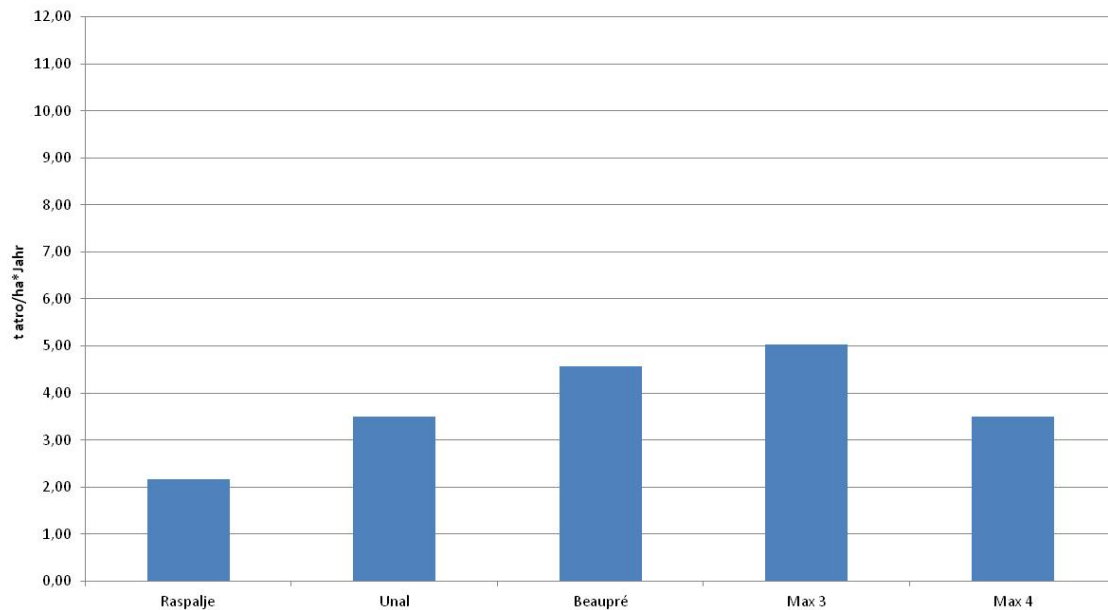


**Abbildung 24:** Entwicklung der Durchschnittshöhen von fünf Balsampappelklonen, Schwarzenau, 1. zehnjähriger Umtrieb 1995-2004

**Tabelle 24:** Jährlicher Höhenzuwachs [m] von fünf Balsampappelklonen, Schwarzenau, 1. zehnjähriger Umtrieb 1995-2004

Jahr	Raspalje	Unal	Beaupré	Max 3	Max 4
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

Im Gegensatz zum Höhenwuchs wird die meiste Biomasse nicht von Beaupré, sondern von Max 3 gebildet (Abbildung 25 und Tabelle 25). Die Massenleistungen sind aber über alle Baumarten hinweg als sehr schwach zu beurteilen und betragen lediglich zwischen 2 - 5 t atro/ha\*a. Während des Sommers 1994 kam es auf dem mäßig trockenen bzw. mäßig wechsellackenen Sandstandort der neu begründeten Versuchsfläche zu zahlreichen Ausfällen, was die schlechten Biomasseleistungen erklärt.



**Abbildung 25:** Massenleistung von fünf Balsampappelklonen, Schwarzenau, 1. zehnjähriger Umtrieb 1995-2004

**Tabelle 25:** Massenleistung [t atro/ha\*a] von fünf Balsampappelklonen, Schwarzenau, 1. zehnjähriger Umtrieb 1995-2004

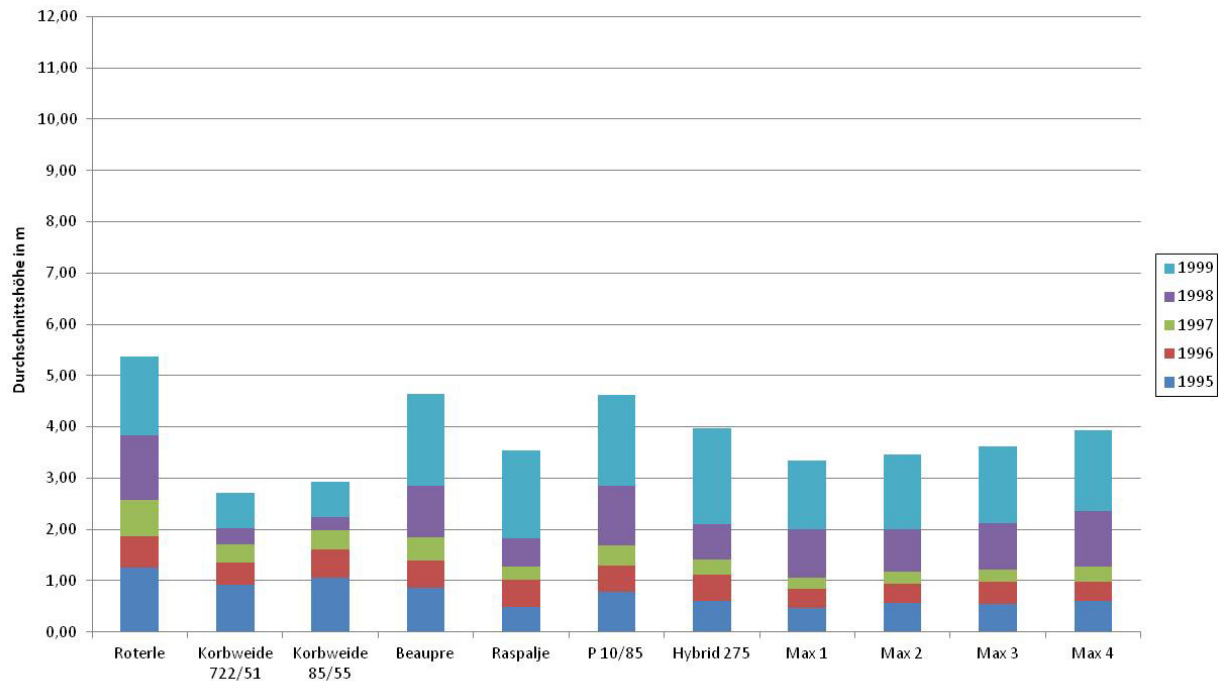
Raspalje	Unal	Beaupré	Max 3	Max 4
2,17	3,49	4,57	5,04	3,51

## 4.5 Coburg

### 4.5.1 Erster fünfjähriger Umtrieb

Abbildung 26 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, als Stecklinge gesetzt, zeigt jeder Balkenabschnitt den durchschnittlichen Höhenzuwachs pro Jahr.

Der Wuchsverlauf der Balsampappel ist bei allen Klonen ähnlich. Während in den ersten drei Jahren nur geringe Zuwächse erreicht wurden, stiegen die Höhenwuchsleistungen in den letzten beiden Jahren an. Die größten Zuwächse wurden bei allen acht Klonen im letzten Jahr gemessen, ein Hinweis darauf, dass die Pappeln auf Grund der starken Graskonkurrenz auf der Fläche ihr Wuchspotential zunächst nicht ausschöpfen konnten.



**Abbildung 26:** Entwicklung der Durchschnittshöhen von Roterle, zwei Klonen der Korbweide sowie acht Balsampappelklonen, Coburg, 1. fünfjähriger Umtrieb 1995–1999

**Tabelle 26:** Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Roterle, zwei Klonen der Korbweide sowie acht Balsampappelklonen, Coburg, 1. fünfjähriger Umtrieb 1995–1999

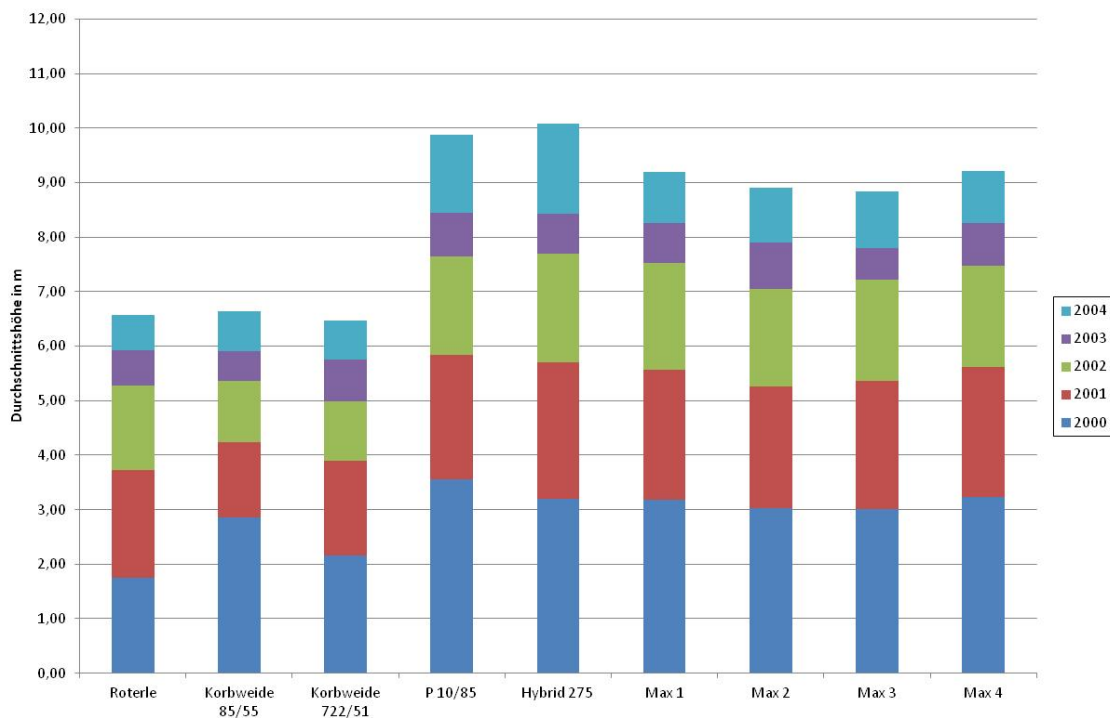
Jahr	Roterle	Korbweide 722/51	Korbweide 85/55	Beaupre	Raspalje	P 10/85	Hybrid 275	Max 1	Max 2	Max 3	Max 4
1995	1,26	0,91	1,06	0,86	0,48	0,77	0,60	0,46	0,56	0,54	0,61
1996	0,61	0,45	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53	0,38	0,38	0,44	0,37
1997	0,69	0,35	0,38	0,45	0,27	0,39	0,29	0,22	0,23	0,24	0,30
1998	1,27	0,32	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

Den größten Höhenzuwachs erzielte die gepflanzte Roterle, sie kam offenbar besser mit der Graskonkurrenz zurecht als die Stecklingskultur. 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 am besten gewachsenen Parzellen mit Roterle und der Balsampappel Raspalje wurden gefällt und komplett gewogen. Die Roterle hatte mit 2,43 t atro/ha\*a den besten Biomassezuwachs im ersten Umtrieb, Raspalje kam auf 1,19 t atro/ha\*a.

## 4.5.2 Zweiter fünfjähriger Umtrieb

Erst in der zweiten Rotation zeigt sich das Wuchspotential des Standorts Coburg. Während keiner der als Steckling eingebrachten 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 circa 10 m (Abbildung 27). Max 1 - 4 erreichen Durchschnittshöhen von etwa 9 m. Die Roterle und die Korbweiden haben am Ende der Umtriebszeit eine Endhöhe von 6,5 m und sind deutlich kleiner als die Balsampappelklone. Der geringere jährliche Höhenzuwachs im Jahr 2003 (Tabelle 27) ist durch den sehr heißen Sommer zu erklären.

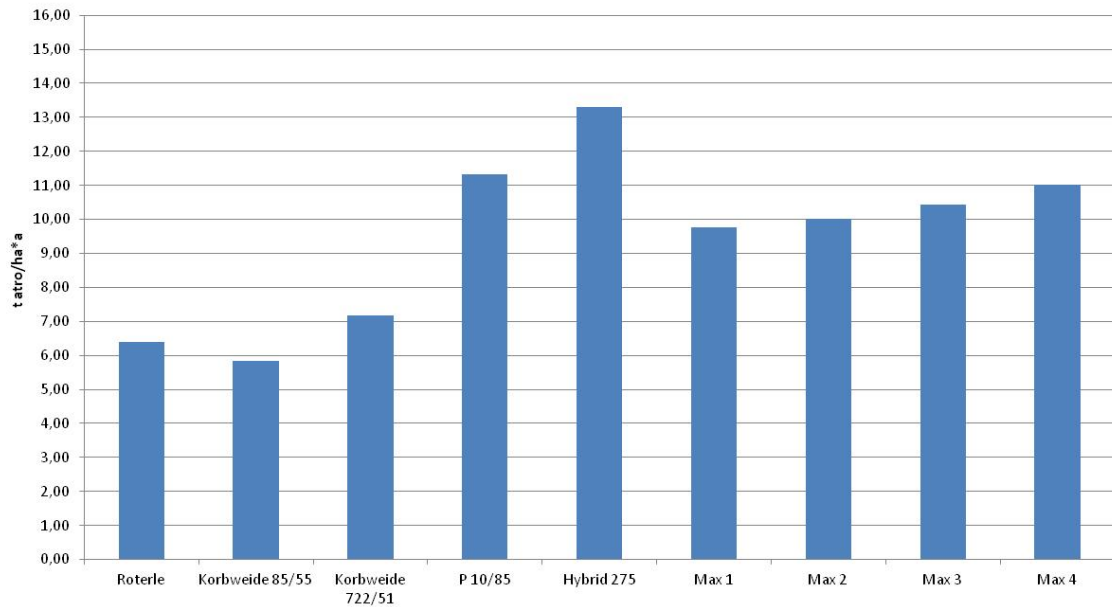


**Abbildung 27:** Entwicklung der Durchschnittshöhe von Roterle, zwei Klonen der Korbweide sowie sechs Balsampappelklonen, Coburg, 2. fünfjähriger Umtrieb 2000-2004

**Tabelle 27:** 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

Auch die Biomasseleistung weist bedeutende Unterschiede zur ersten Umtriebszeit auf. Die vier Max-Klone in Abbildung 28 und Tabelle 28 liegen recht nah beieinander und zeigen Zuwachseleistungen zwischen 10 und 11 t atro/ha\*a. Hybrid 275 hat den höchsten Biomassezuwachs mit 13 t atro/ha\*a, gefolgt von P 10/85 mit über 11 t atro/ha\*a. Deutlich weniger produzieren die beiden Korbweiden-Klone und die Roterle mit 6 -7 t atro/ha\*a.



**Abbildung 28:** Massenleistung von Roterle, zwei Klonen der Korbweide und sechs Balsampappelklonen, Coburg, 2. fünfjähriger Umtrieb 2000-2004

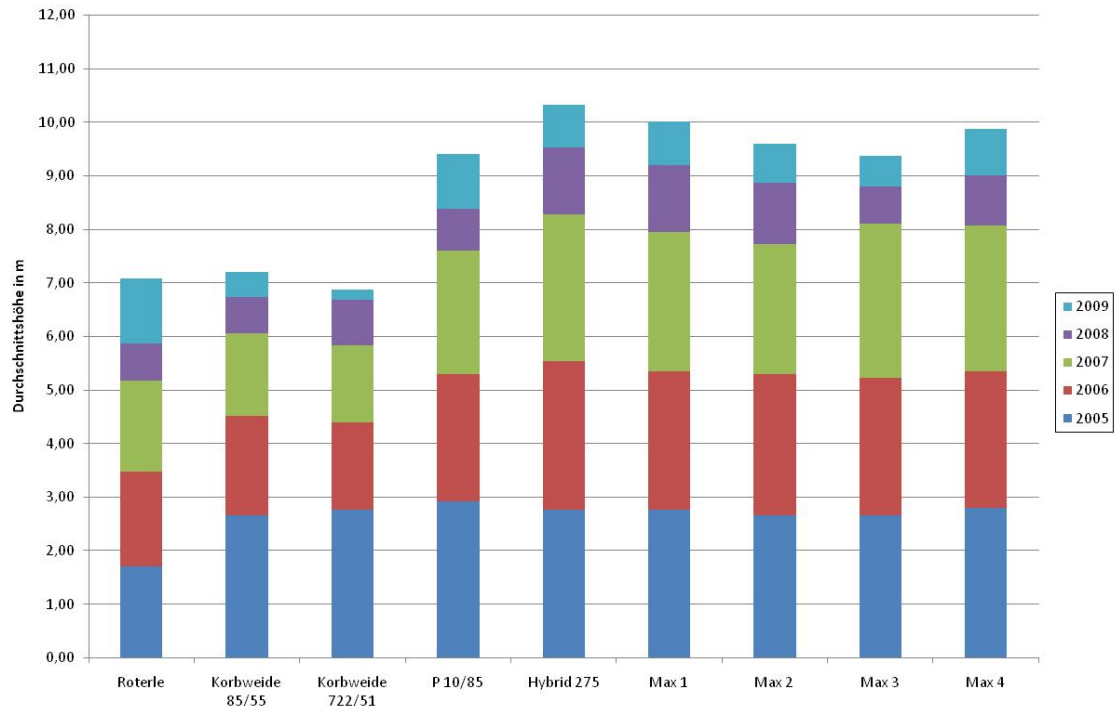
**Tabelle 28:** Massenleistung [t atro/ha\*a] von Roterle, zwei Klonen der Korbweide und sechs Balsampappelklonen, Coburg 2. fünfjähriger Umtrieb 2000-2004

Roterle	Korbweide 85/55	Korbweide 722/51	P 10/85	Hybrid 275	Max 1	Max 2	Max 3	Max 4
6,38	5,83	7,19	11,33	13,29	9,77	10,02	10,44	11,01

### 4.5.3 Dritter fünfjähriger Umtrieb

Sehr gleichmäßig stellt sich die Höhenentwicklung im dritten fünfjährigen Umtrieb der Versuchsfläche Coburg dar. Die Balsampappeln überragen mit Durchschnittshöhen von 9 – 10 m die Roterle und die Weidenklone, die rund 7 m erreichen (Abbildung 29). Der Unterschied zwischen den Balsampappeln zur Roterle und den Weiden ist deutlich. Der abnehmende Zuwachs der Weiden in den letzten beiden Jahren ist typisch für diese Art. Die Roterle leistet im letzten Standjahr auf dem sehr gut wasserversorgten Standort nochmals einen guten Höhenzuwachs. Bei den Balsampappeln nimmt die Höhenwuchsleistung in den letzten beiden Jahren ab (Tabelle 29). Ob das an der mangelnden Wasserversorgung liegt, mag angesichts der ehemaligen Teichfläche bezweifelt werden. Vielmehr wurde bereits in den beiden vorangegangenen Umtrieben beobachtet, dass der Standraum der hier gut wachsenden Balsampappeln bei einer Pflanzanzahl von gut 8.000 Bäumen pro Hektar jeweils im fünften Jahr einer Rotation der limitierende Faktor ist. Viele Individuen fielen gegen Ende der Umtriebszeit durch intraspezifische Konkurrenz zurück und drohten ausgedunkelt zu werden. Der geringe Wuchs dieser unterdrückten Bäume ist sehr wahrscheinlich für die verringerten durchschnittlichen Höhenzuwächse im vierten und fünften Jahr verantwortlich.



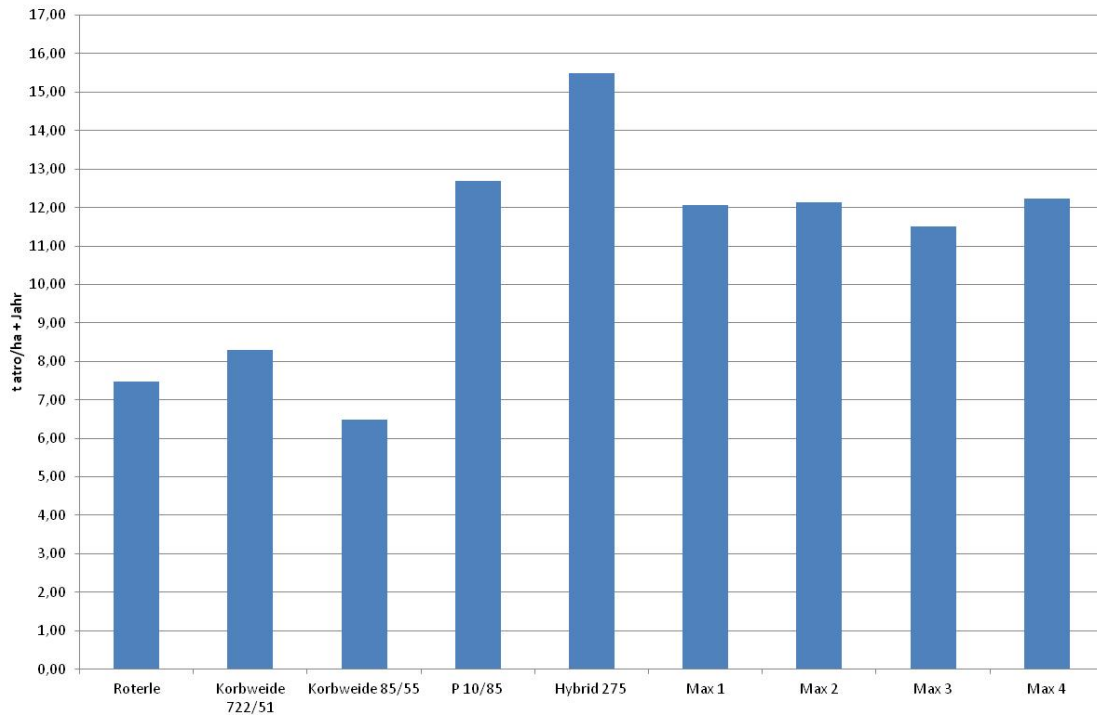


**Abbildung 29:** Entwicklung der Durchschnittshöhe von Roterle, zwei Klonen der Korbweide sowie sechs Balsampappelklonen, Coburg, 3. fünfjähriger Umtrieb 2005-2009

**Tabelle 29:** 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

Im dritten Umtrieb ist die Biomasseproduktion im Vergleich zur zweiten Rotation nochmals angestiegen. Roterle und Weiden erreichen Zuwächse zwischen 6,5 und 8,3 t atro/ha\*a (Abbildung 30 und Tabelle 30). Auch bei der Balsampappel stiegen die Zuwächse in der dritten Rotation nochmals an. Interessant ist, dass in beiden Perioden der Klon Hybrid 275 den höchsten Zuwachs hatte, in der dritten Rotation mehr als 15 t atro/ha\*a. 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 hat sich von der zweiten auf die dritte Umtriebszeit kaum geändert.



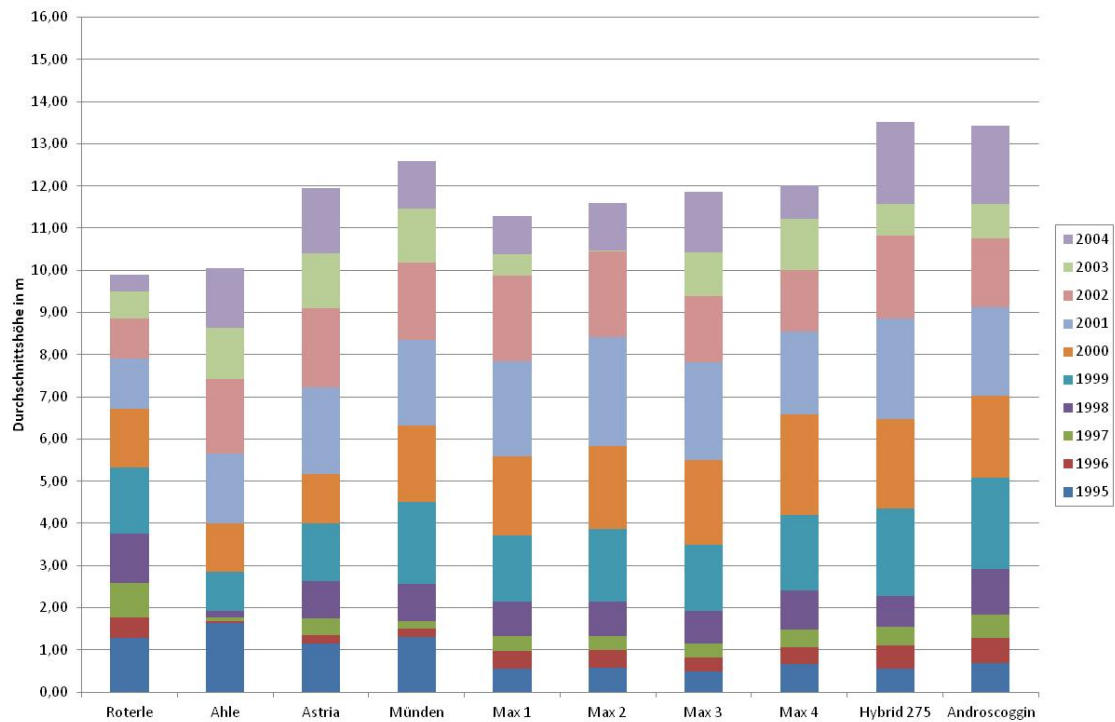
**Abbildung 30:** Massenleistung von Roterle, zwei Klonen der Korbweide und sechs Balsampappelklonen, Coburg, 3. fünfjähriger Umtrieb 2005-2009

**Tabelle 30:** Massenleistung [t atro/ha\*a] von Roterle, zwei Klonen der Korbweide und sechs Balsampappelklonen, Coburg, 3. fünfjähriger Umtrieb 2005-2009

Roterle	Korbweide 722/51	Korbweide 85/55	P 10/85	Hybrid 275	Max 1	Max 2	Max 3	Max 4
7,47	8,29	6,49	12,70	15,50	12,05	12,13	11,50	12,23

#### 4.5.4 Erster zehnjähriger Umtrieb

Im ersten zehnjährigen Umtrieb auf der Versuchsfläche Coburg werden Mittelhöhen von 10 – 13 m erreicht (Abbildung 31). In Tabelle 31 sieht man, dass die Zuwächse in den ersten drei bis vier Jahren relativ gering ausfallen. Dies ist auf die schwierigen Anfangsbedingungen zurückzuführen. Die Wuchsdepression in den ersten Jahren ist in Coburg nicht wie in Schwarzenau rein auf klimatisch bedingten Trockenstress zurückzuführen, sondern wird durch die bereits im ersten Jahr einsetzende starke Graskonkurrenz bedingt. Erst ab 1998 hatten die Pflanzen das Gras soweit ausgedunkelt, dass gute Zuwächse möglich waren. Den besten Höhenzuwachs erzielten die Balsampappelklone Hybrid 275 und Androscoggin. Am schlechtesten wuchsen die Roterle und die Aspensorte Ahle.

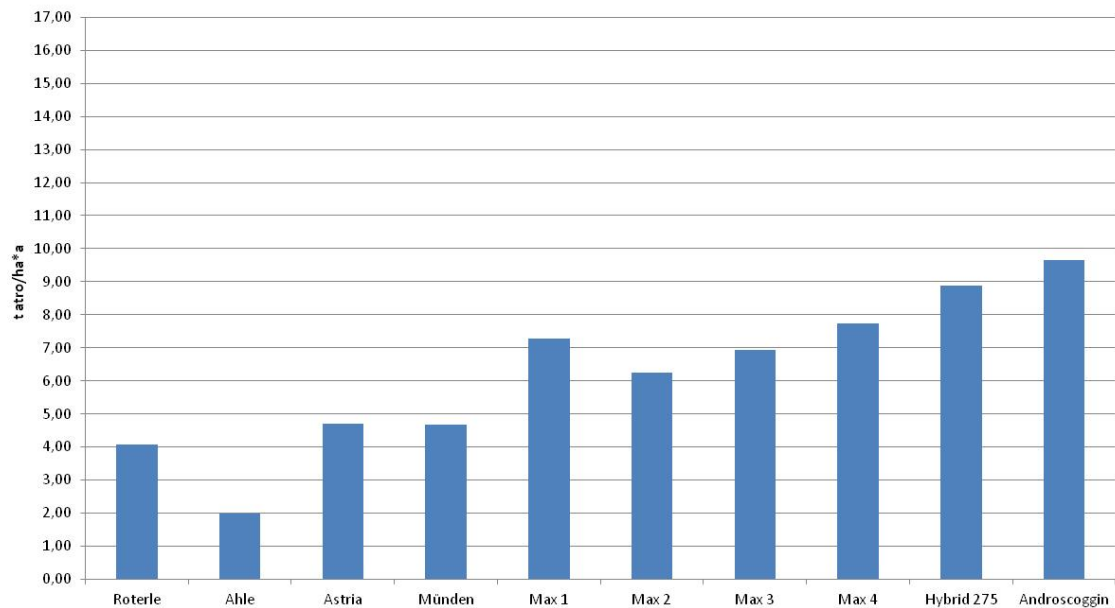


**Abbildung 31:** Entwicklung der Durchschnittshöhe von Roterle, der Aspen Ahle, Astria und Münden sowie sechs Balsampappelklonen, Coburg, 1. zehnjähriger Umtrieb 1995-2004

**Tabelle 31:** Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Roterle, der Aspen Ahle, Astria und Münden sowie 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 des schlechten Wachstums in den ersten Jahren fällt die Biomasseleistung im ersten zehnjährigen Umtrieb relativ schwach aus (Abbildung 32). Der Hochwaldklon Androscoggin zeigt auf dem tonigen Boden der Fläche Coburg mit 9,6 t atro/ha\*a die beste Massenleistung, die Aspe Ahle liegt mit 2 t atro/ha\*a weit darunter (Tabelle 32).



**Abbildung 32:** Massenleistung von Roterle, der Aspen Ahle, Astria und Münden sowie sechs Balsampappelklonen, Coburg, 1. zehnjähriger Umtrieb 1995-2004

**Tabelle 32:** Massenleistung [t atro/ha\*a] von Roterle, der Aspen Ahle, Astria und Münden sowie sechs Balsampappelklonen, Coburg, 1. zehnjähriger Umtrieb 1995-2004

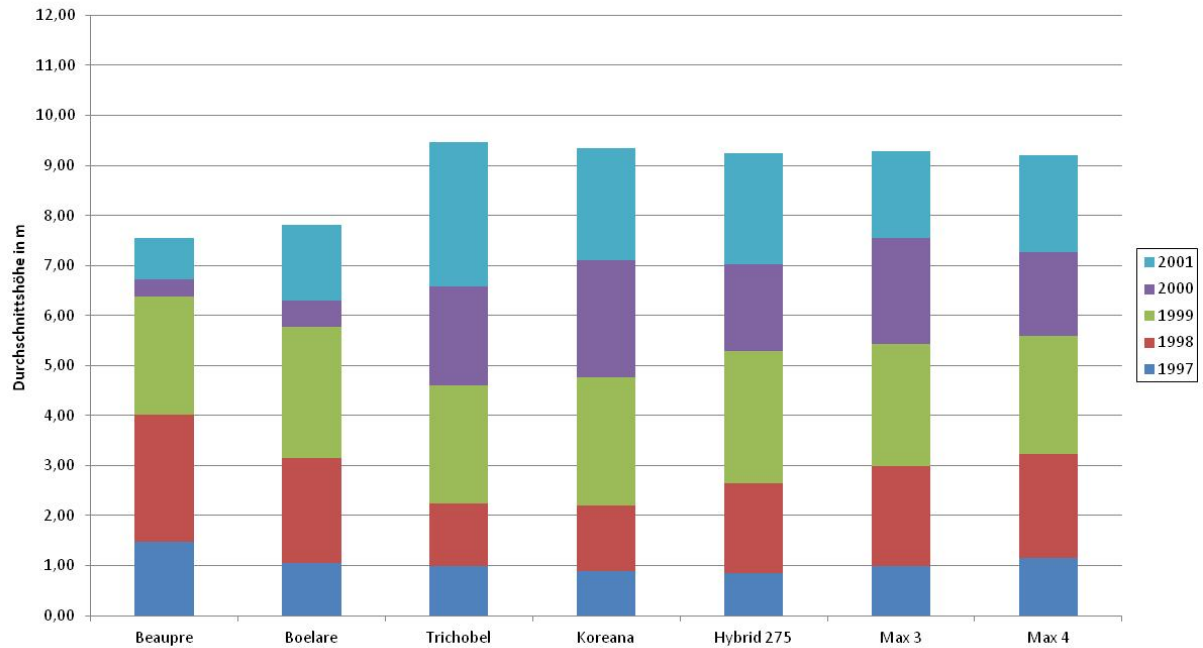
Roterle	Ahle	Astria	Münden	Androscoggin	Hybrid 275	Max 1	Max 2	Max 3	Max 4
4,07	2,00	4,70	4,68	9,64	8,89	7,28	6,25	6,94	7,73

## 4.6 Reisbach

### 4.6.1 Erster fünfjähriger Umtrieb

Wegen der unbefriedigenden Biomasseproduktion des ersten Umtriebs der bisher angelegten Versuchsflächen (Ausnahme: Beuerberg) wurde bei der Anlage der Flächen Reisbach, sowie Dornwang I und II der Abstand zwischen den Reihen auf 1,5 m verringert, damit die angebaute Balsampappel den Lichtraum zwischen den Reihen frühzeitig schließen und die aufkommende konkurrenzstarke Begleitvegetation rechtzeitig ausdunkeln können. Gleichzeitig wurde der Abstand in der Reihe auf 0,8 m erhöht, so dass die Soll-Pflanzenzahl auf den genannten Flächen mit 8.330 Stück pro Hektar etwas höher liegt als in Wöllershof, Neuhof, Beuerberg und Schwarzenau.

Abbildung 33 zeigt die Höhenentwicklung von sieben Balsampappelklonen auf der Versuchsfläche Reisbach. Bis auf Beaupré und Boelare, die vom Pappelblattrost befallen wurden, zeigen alle Balsampappeln ein gutes und relativ ausgeglichenes Höhenwachstum. Die erreichte Mittelhöhe nach fünf Jahren liegt bei den gesunden Klonen zwischen 9 und 10 m.

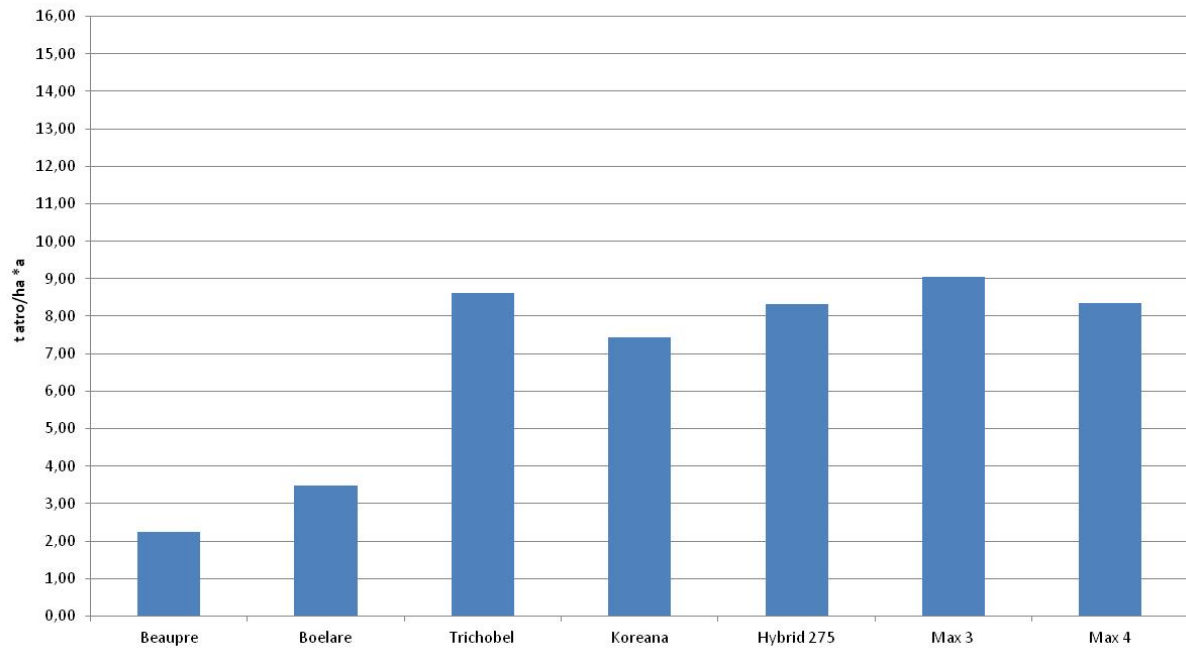


**Abbildung 33:** Entwicklung der Durchschnittshöhen von sieben Balsampappelklonen, Reisbach, 1. fünfjähriger Umtrieb 1997–2001

**Tabelle 33:** Jährlicher Höhenzuwachs [m] von sieben Balsampappelklonen, Reisbach, 1. fünfjähriger Umtrieb 1997–2001

Jahr	Beaupre	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 Darstellung des Biomassezuwachses in Abbildung 34 zeigt ein ähnliches Bild. Den niedrigsten Zuwachs leisten die vom Pappelblattrost befallenen Klone. Alle anderen erreichen Zuwächse zwischen 7 und 9 t atro/ha\*a.



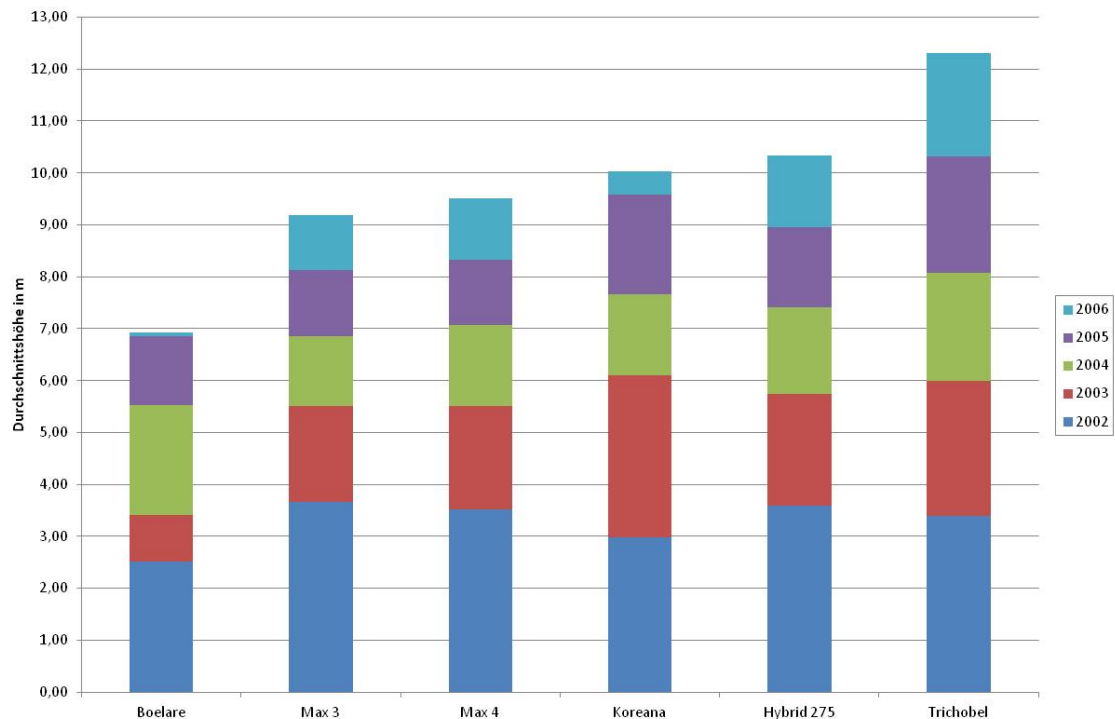
**Abbildung 34:** Massenleistung von sieben Balsampappelklonen, Reibach, 1. fünfjähriger Umtrieb 1997–2001

**Tabelle 34:** Massenleistung [t atro/ha\*a] von sieben Balsampappelklonen, Reibach, 1. fünfjähriger Umtrieb 1997–2001

Beaupre	Boelare	Trichobel	Koreana	Hybrid 275	Max 3	Max 4
2,25	3,50	8,61	7,44	8,33	9,04	8,35

#### 4.6.2 Zweiter fünfjähriger Umtrieb

Auch in der zweiten Rotation erreicht der Balsampappel-Klon Trichobel die größte Durchschnittshöhe in Reibach, 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 35). Aus dem Rahmen fällt vor allem der Klon Boelare, der vom Rostpilz befallen ist. Der jährliche Höhenzuwachs der Pappelklone nimmt mit den Jahren kontinuierlich ab (Tabelle 35). Die Schwankungen im Jahreszuwachs bei Boelare sind durch den Rostpilzbefall zu erklären.

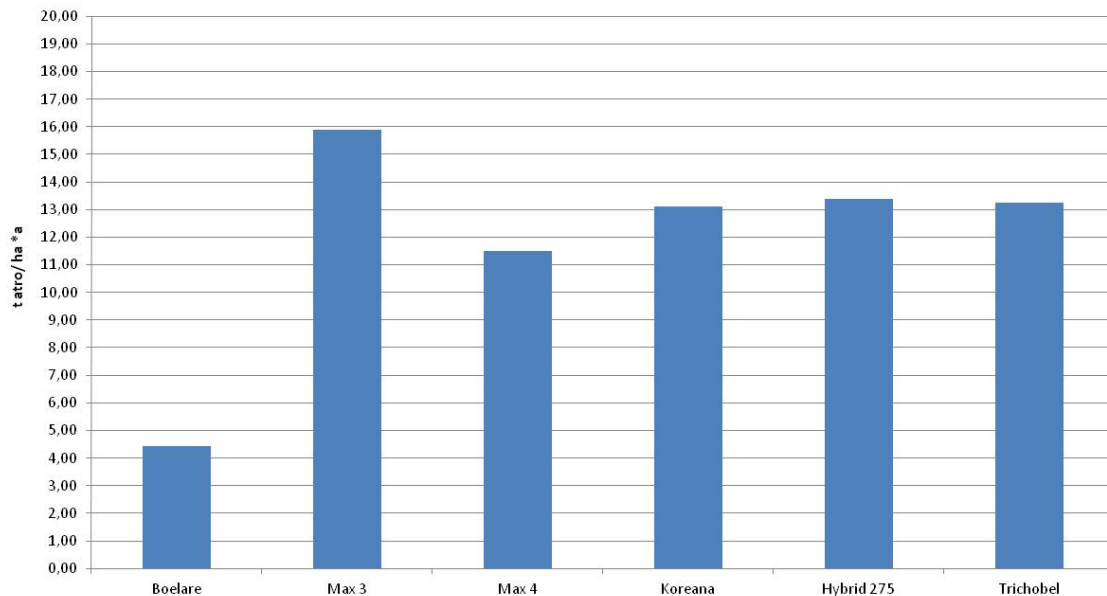


**Abbildung 35:** Entwicklung der Durchschnittshöhe von sechs Balsampappelklonen, Reisbach, 2. fünfjähriger Umtrieb 2002-2006

**Tabelle 35:** Jährlicher Höhenzuwachs [m] von sechs Balsampappelklonen, Reisbach, 2. fünfjähriger Umtrieb 2002-2006

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

Die Darstellung der Biomasseleistungen in Abbildung 36 zeigt ein ausgeglichenes Bild mit Ausnahme von Boelare und Max 3. Die Sorte Boelare ist vom Pappelblattrost befallen und kommt dadurch nur auf 4-5 t atro/ha\*a. Der Klon Max 3 hat nur eine Nachbarparzelle, wodurch die interspezifische Konkurrenz gering und die Zuwächse mit fast 16 t atro/ha\*a sehr hoch sind. Die übrigen Balsampappelklone zeigen Zuwächse zwischen 11,5 und 13,5 t atro/ha\*a. Die Massenleistung ist deutlich höher als im ersten Umtrieb, in dem zwischen 7 und 9 t atro/ha\*a produziert wurden.



**Abbildung 36:** Massenleistung von fünf Balsampappelklonen, Reisbach, 2. fünfjähriger Umtrieb 2002-2006

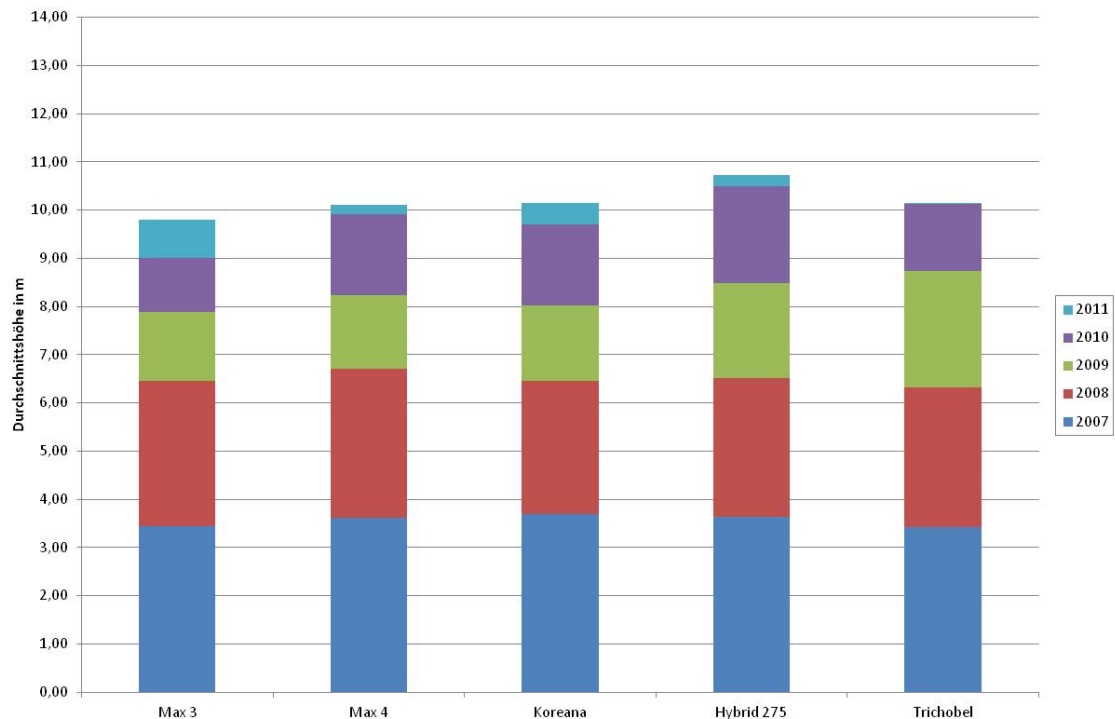
**Tabelle 36:** Massenleistung [t atro/ha\*a] von fünf Balsampappelklonen, Reisbach, 2. fünfjähriger Umtrieb 2002-2006

Boelare	Max 3	Max 4	Koreana	Hybrid 275	Trichobel
4,44	15,90	11,51	13,12	13,39	13,26

### 4.6.3 Dritter fünfjähriger Umtrieb

Im dritten fünfjährigen Umtrieb in Reisbach zeigt sich ein ebenso ausgeglichenes Wuchsbild wie in den ersten beiden Rotationen. Der Klon Boelare wurde auf Grund seines Rostpilzbefalls nicht mehr in die Aufnahmen einbezogen. Die übrigen Klone weisen eine einheitliche Endhöhe um die 10 m auf (Abbildung 37). Im Jahr 2011, der fünften Vegetationsperiode, wurde nur ein geringer bis gar kein Zuwachs gemessen (Tabelle 37). Dieser Umstand ist durch den Dichtstand auf der Fläche zu erklären. 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 Wuchs dieser unterdrückten Bäume ist sehr wahrscheinlich für die verringerten durchschnittlichen Höhenzuwächse im fünften Jahr verantwortlich. In den vorherigen Rotationen wurden die Höhen von 10 m nach vier Jahren nur in Ausnahmefällen erreicht, so dass dieses Problem nicht auftrat.



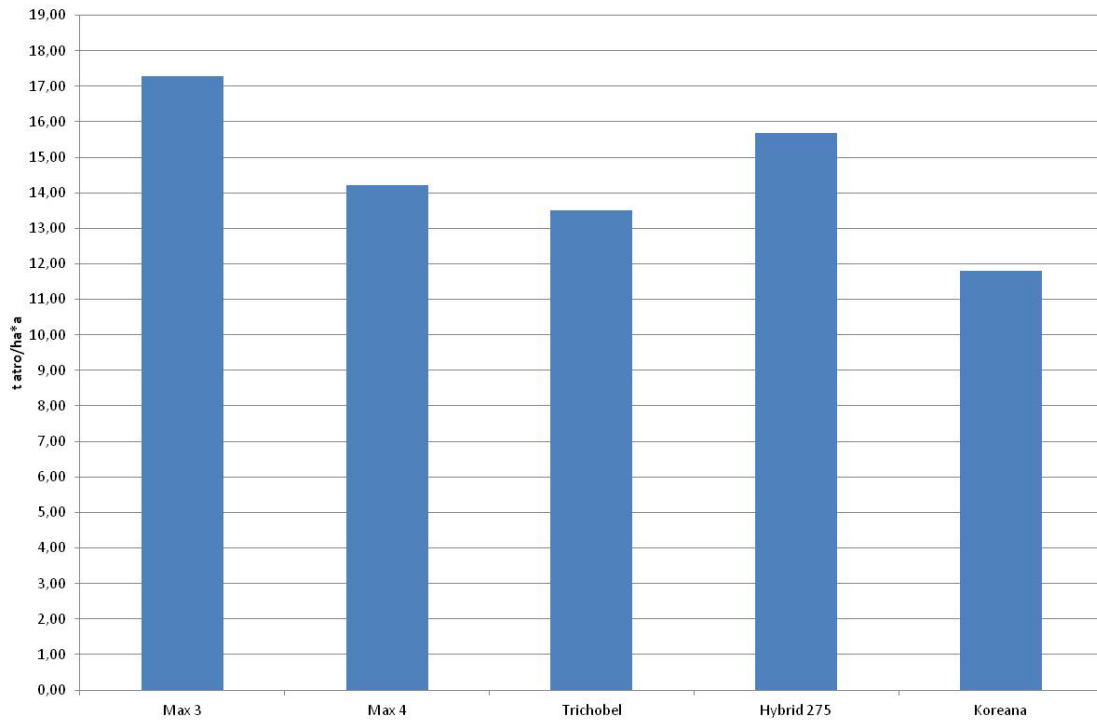


**Abbildung 37:** Entwicklung der Durchschnittshöhe von fünf Balsampappelklonen, Reisbach, 3. fünfjähriger Umtrieb 2007-2011

**Tabelle 37:** Jährlicher Höhenzuwachs [m] von fünf Balsampappelklonen, Reisbach, 3. fünfjähriger Umtrieb 2007-2011

Jahr	Max 3	Max 4	Koreana	Hybrid 275	Trichobel
2007	3,44	3,62	3,69	3,64	3,42
2008	3,01	3,08	2,77	2,88	2,90
2009	1,44	1,52	1,55	1,97	2,41
2010	1,11	1,69	1,68	2,01	1,40
2011	0,79	0,19	0,45	0,22	0,02

Die Biomasseleistung lag im dritten Umtrieb zwischen 12 und 17 t atro/ha\*a (Abbildung 38 und Tabelle 38) und damit etwas höher als im zweiten Umtrieb. Lediglich Koreana zeigte einen geringeren Wuchs als in der zweiten Rotationsperiode. Die höchste Massenleistung wurde von dem Klon Max 3 und die geringste von der Sorte Koreana erbracht.



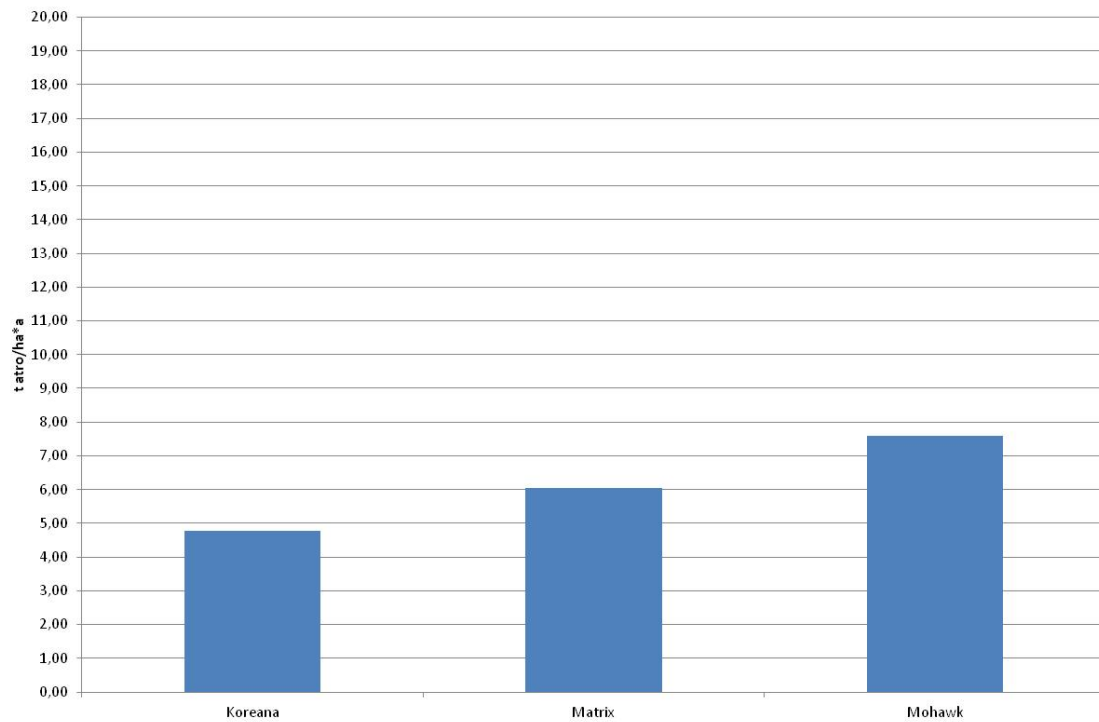
**Abbildung 38:** Massenleistung von fünf Balsampappelklonen, Reisbach, 3. fünfjähriger Umtrieb 2007-2011

**Tabelle 38:** Massenleistung [t atro/ha\*a] von fünf Balsampappelklonen, Reisbach, 3. fünfjähriger Umtrieb 2007-2011

Max 3	Max 4	Trichobel	Hybrid 275	Koreana
17,29	14,20	13,51	15,68	11,81

#### 4.6.4 Erster Umtrieb der Nachpflanzung von 2004

Die Massenleistung der 2004 nachgepflanzten Balsampappelklone Koreana, Mohawk und Matrix ist in Abbildung 39 und Tabelle 39 dargestellt. Von den Nachpflanzungen wurde in acht Standjahren zwischen 4,5 und 7,5 t atro/ha\*a Biomasse produziert. Koreana lieferte in diesem Zeitraum am wenigsten Biomasse, während Mohawk am besten abschnitt. Die nachgepflanzten Klone litten stark unter der Konkurrenz der ursprünglichen Bestockung aus den Nachbarparzellen, was z.B. zum Ausfall der Randreihen führte.



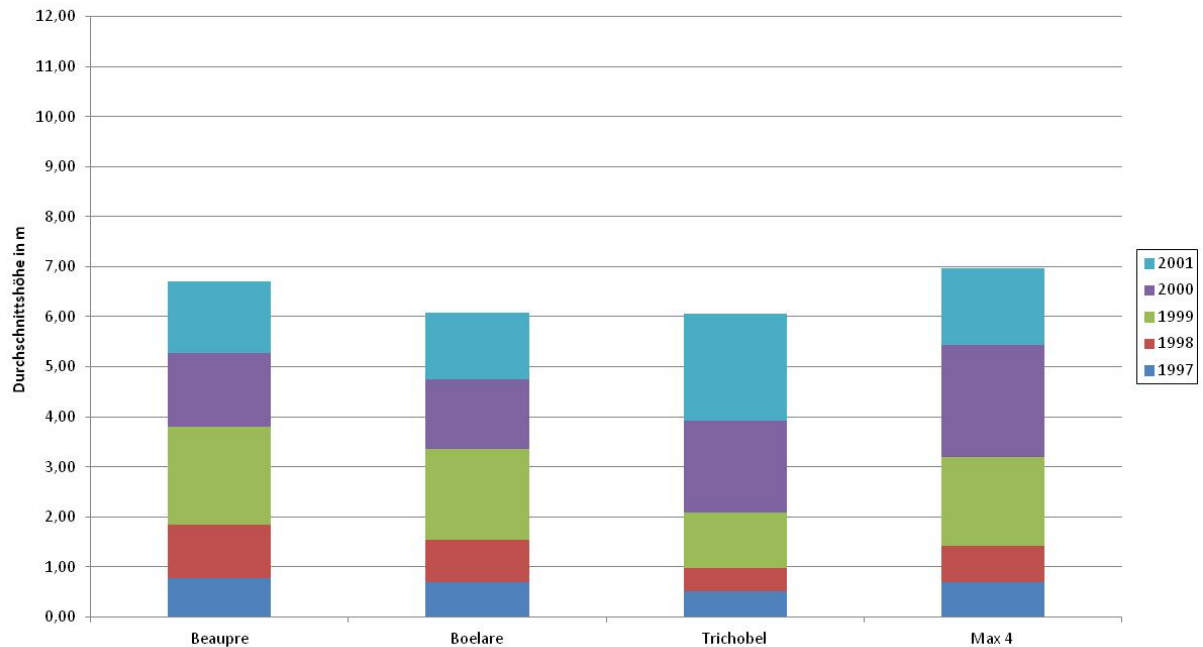
**Abbildung 39:** Massenleistung von drei Balsampappelklonen, Reisbach 2012. Hier handelt es sich um den ersten Umtrieb einer Nachpflanzung aus dem Jahr 2004, aktuelles Alter acht Jahre.

**Tabelle 39:** Massenleistung [t atro/ha\*a] von drei Balsampappelklonen, Reisbach 2012. Hier handelt es sich um den ersten Umtrieb einer Nachpflanzung aus dem Jahr 2004, aktuelles Alter acht Jahre.

Koreana	Matrix	Mohawk
4,77	6,05	7,60

## 4.7 Dornwang I

### 4.7.1 Erster fünfjähriger Umtrieb

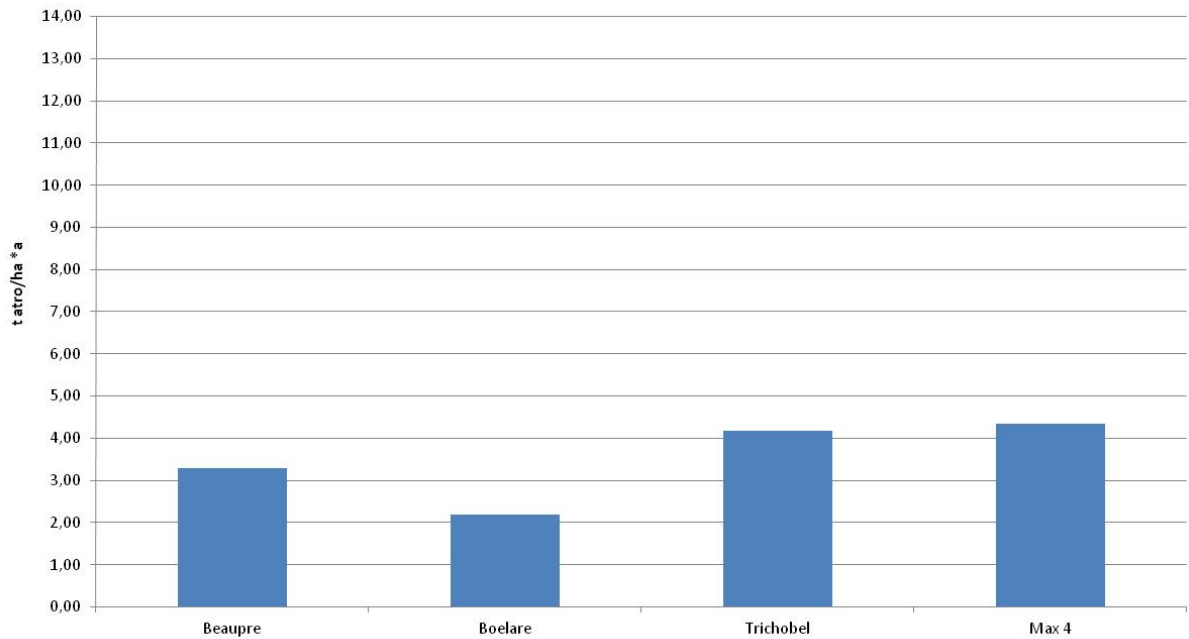


**Abbildung 40:** Entwicklung der Durchschnittshöhen von vier Balsampappelklonen, Dornwang I, 1. fünfjähriger Umtrieb 1997-2001

**Tabelle 40:** Jährlicher Höhenzuwachs [m] von vier Balsampappelklonen, Dornwang I, 1. fünfjähriger Umtrieb 1997-2001

Jahr	Beaupre	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

Auch die Versuchsfläche Dornwang I wurde mit einer Soll-Pflanzenzahl von 8.330 Stück pro Hektar begründet. Der Wuchs ist schwächer als in Reisbach, wie Abbildung 40 und Abbildung 41 belegen. Dies liegt womöglich an der windexponierten Kuppenlage der Fläche und an dem auffallend geringen Humusanteil im Oberboden. Allerdings schränkte die exponierte Lage auch den Einfluss des Pappelblattrostes ein, die Unterschiede in Höhenwachstum und Biomasseproduktion zwischen den befallenen Klonen Beaupré und Boelare und den gesunden Balsampapeln Trichobel und Max 4 sind nicht so ausgeprägt wie in Reisbach.



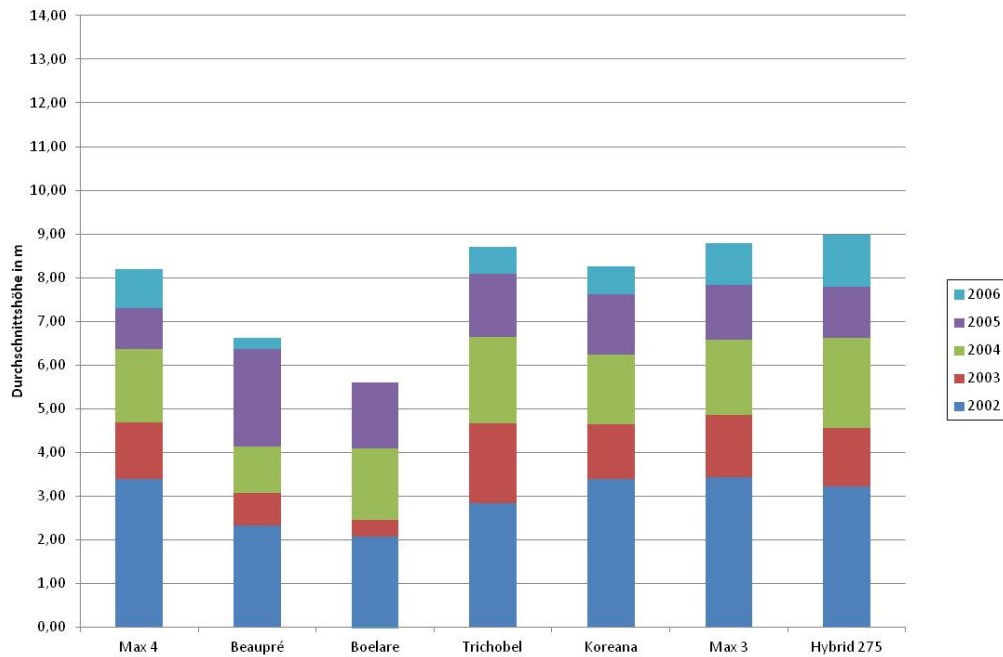
**Abbildung 41:** Massenleistung von vier Balsampappelklonen, Dornwang I, 1. fünfjähriger Umtrieb 1997-2001

**Tabelle 41:** Massenleistung [t atro/ha\*a] von vier Balsampappelklonen, Dornwang I, 1. fünfjähriger Umtrieb 1997-2001

Beaupré	Boelare	Trichobel	Max 4
3,29	2,18	4,17	4,35

#### 4.7.2 Zweiter fünfjähriger Umtrieb

Im zweiten Umtrieb wurden die Klone Beaupré und Boelare noch stärker vom Pappelblattrost befallen. Dies zeigt sich in dem verminderten jährlichen Höhenzuwachs (Abbildung 42). Ansonsten sind die Höhenwuchsleistungen zwischen den Balsampappelklonen mit 7 – 8 m recht ausgeglichen (Tabelle 42).



**Abbildung 42:** Entwicklung der Durchschnittshöhe von sieben Balsampappelklonen, Dornwang I, 2. fünfjähriger Umtrieb 2002-2006

**Tabelle 42:** Jährlicher Höhenzuwachs [m] von sieben Balsampappelklonen, Dornwang I, 2. fünfjähriger Umtrieb 2002–2006

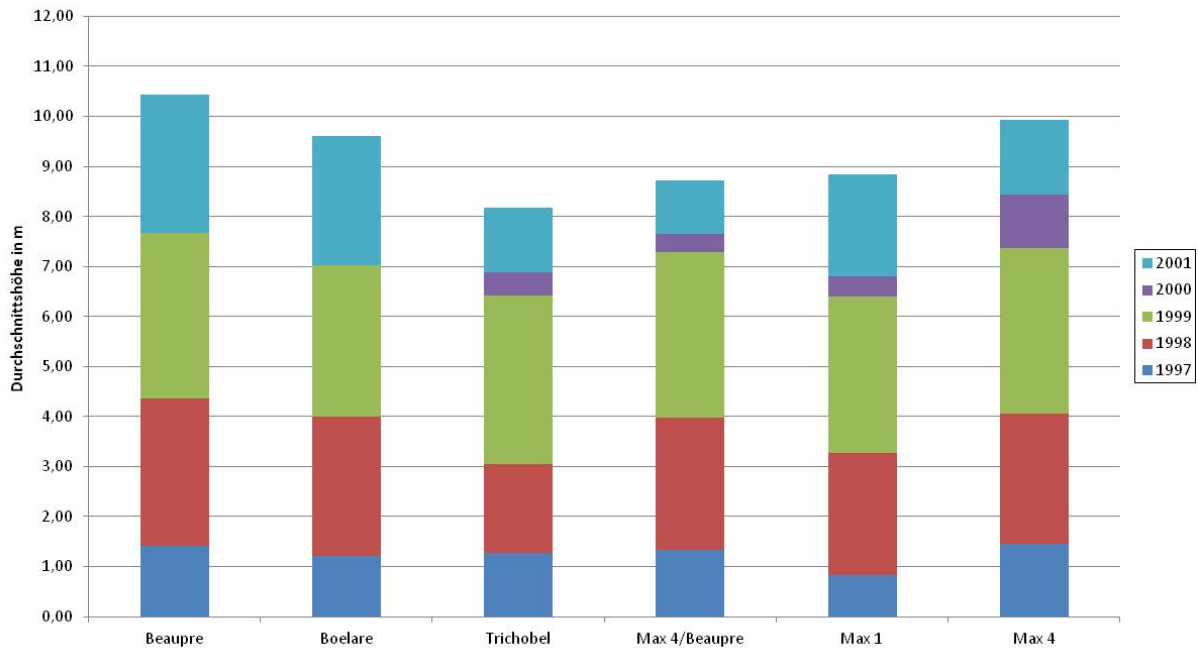
Jahr	Max 4	Beaupré	Boelare	Trichobel	Koreana	Max 3	Hybrid 275
2002	3,39	2,33	2,07	2,83	3,40	3,43	3,23
2003	1,30	0,75	0,39	1,83	1,25	1,43	1,33
2004	1,67	1,06	1,63	1,98	1,59	1,73	2,07
2005	0,95	2,22	1,51	1,44	1,38	1,25	1,16
2006	0,89	0,26	-	0,62	0,63	0,96	1,20

Der einzige gesunde Klon auf der Versuchsfläche Dornwang I, der in mehreren Parzellen angebaut war, Max 4, zeigte im zweiten Umtrieb einen Zuwachs von 9,92 t atro/ha\*a. Boelare fiel mit 2,42 t atro/ha\*a schon weit zurück. Beaupré leistete überhaupt keinen nennenswerten Zuwachs mehr. Max 3, Koreana und Hybrid 275 waren nur auf Kleinstflächen vertreten, so dass die Daten nicht aussagekräftig sind.

## 4.8 Dornwang II

### 4.8.1 Erster fünfjähriger Umtrieb

Auf dieser Versuchsfläche wurden die Klone Beaupré und Boelare, möglicherweise bedingt durch die Lage im Isartal, sehr stark vom Pappelblattrost geschädigt. Auf einigen Parzellen mussten Höhenmessung und Massenabschätzung unterbleiben. Die folgenden Abbildungen sind daher nicht repräsentativ.



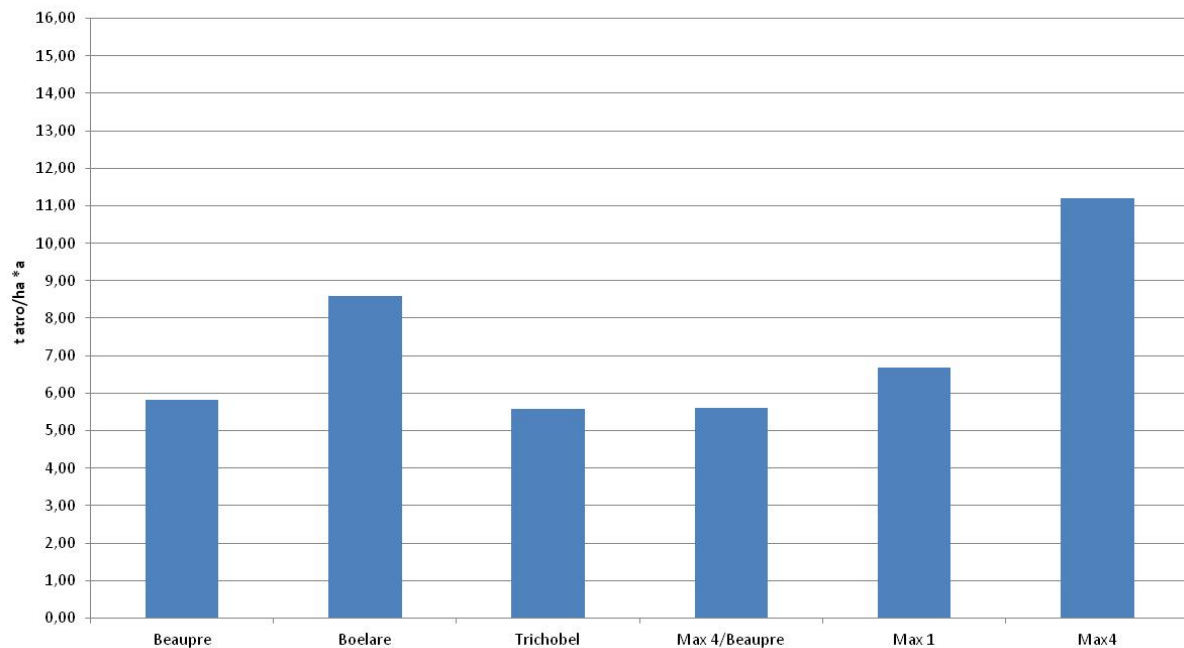
**Abbildung 43:** Entwicklung der Durchschnittshöhe von sechs Balsampappelklonen, Dornwang II, 1. fünfjähriger Umtrieb 1997-2001

**Tabelle 43:** Jährlicher Höhenzuwachs [m] von sechs Balsampappelklonen, Dornwang II, 1. fünfjähriger Umtrieb 1997-2001

Jahr	Beaupre	Boelare	Trichobel	Max 4/Beaupre	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

Nach einem verhaltenen Start im Anlagejahr zeigten die Bäume im zweiten und dritten Jahr ein gutes Wachstum. Im Jahr 2000 nahm die Durchschnittshöhe der beiden vom Rostpilz befallenen Klone überhaupt nicht zu. Auch die übrigen Balsampappeln zeigten in diesem Jahr nur schwaches Wachstum. Insgesamt kann die Entwicklung der Durchschnittshöhe in Dornwang II als gut bezeichnet werden.

In Abbildung 44 zeigt der Klon Max 4 bereits im ersten Umtrieb eine sehr gute Biomasse-Produktion von über 11 t atro/ha\*a. Alle anderen Angaben sind nicht repräsentativ, da nur die am Rand der Versuchsfläche liegenden Parzellen beprobt werden konnten. Die innerhalb der Fläche liegenden Parzellen der erkrankten Klone waren z. T. bereits abgestorben.



**Abbildung 44:** Massenleistung von sechs Balsampappelklonen, Dornwang II, 1. fünfjähriger Umtrieb 1997-2001

**Tabelle 44:** Massenleistung [t atro/ha\*a] von sechs Balsampappelklonen, Dornwang II, 1. fünfjähriger Umtrieb 1997-2001

Beaupre	Boelare	Trichobel	Max 4/Beaupre	Max 1	Max 4
5,81	8,60	5,57	5,61	6,68	11,21

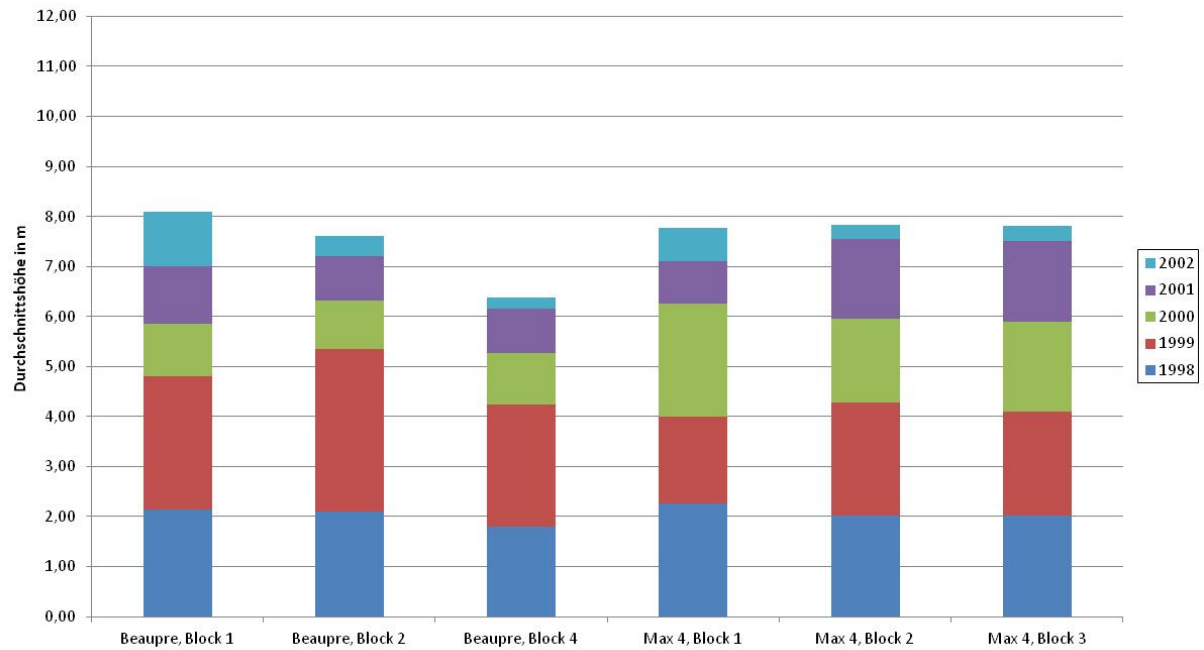
## 4.9 Kammern

### 4.9.1 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. Es wurden lediglich vier Blöcke gebildet.

Im ersten Block wurden die beiden bis dahin wüchsigsten Klone Max 4 und Beaupré in Einzelmischung angebaut. In Block 2 folgte eine reihenweise Mischung der gleichen Sorten. Block 3 besteht aus Max 4 und in Block 4 wurde der Klon Beaupré gepflanzt. Auf eine statistische Auswertung musste wegen der geringen Zahl an Prüfgliedern verzichtet werden. In Abbildung 45 zeigen beide Klone in den verschiedenen Blöcken einen ähnlichen Wuchsverlauf. Wegen des Einsatzes von Herbiziden bei Begründung der Fläche war der Höhenzuwachs schon im ersten Jahr sehr gut. Bereits nach dem zweiten Jahr fiel er ab. Im letzten Jahr war er meist am niedrigsten. Dies deutet darauf hin, dass bei der hohen Ausgangspflanzenzahl in Kammern bereits im fünften Wuchsjahr Wuchsdepressionen durch Wassermangel auftraten. Während in der Darstellung der mittleren Höhen Beaupré und Max 4 nahezu gleichauf sind, zeigen die Massenzuwächse in Abbildung 46 deutliche Unterschiede.

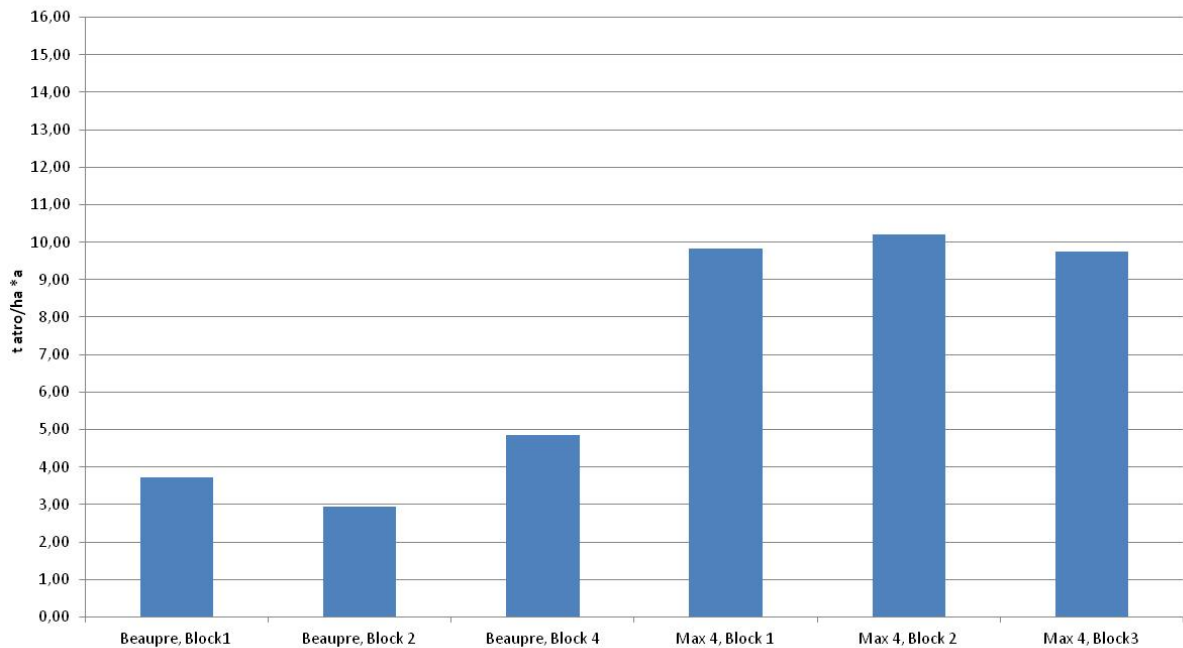




**Abbildung 45:** Entwicklung der Durchschnittshöhe von Max 4 und Beaupré, Kammern, 1. fünfjähriger Umtrieb 1998-2002

**Tabelle 45:** 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



**Abbildung 46:** Massenleistung der Balsampappelklone Max 4 und Beaupré, Kammern, 1. fünfjähriger Umtrieb 1998-2002

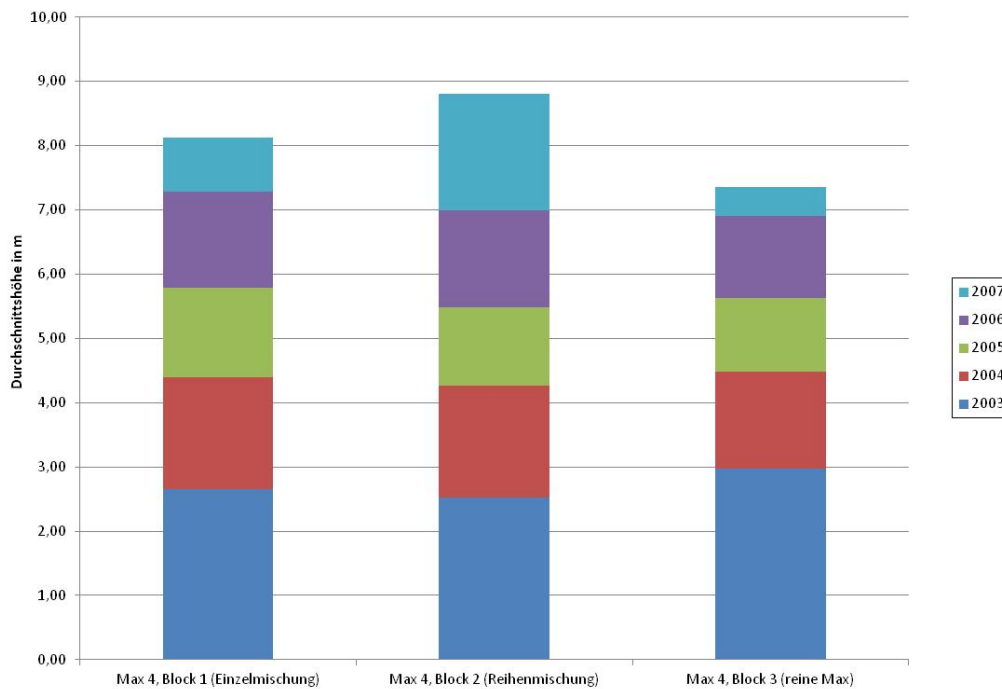
**Tabelle 46:** Massenleistung [t atro/ha\*a] der Balsampappelklone Max 4 und Beaupré, Kammern, 1. fünfjähriger Umtrieb 1998 -2002

Beaupré , Block 1	Beaupré, Block 2	Beaupré, Block 4	Max 4, Block 1	Max 4, Block 2	Max 4, Block 3
3,73	2,93	4,86	9,84	10,22	9,76

Der Biomassezuwachs der während der Umtriebszeit 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.

#### 4.9.2 Zweiter fünfjähriger Umtrieb

Abbildung 47 stellt den Höhenwuchs des zweiten Umtriebes in Kammern dar. Deutlich zu sehen ist das 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 Zuwachsdepression in Block 3 mit dem Klon Max 4 stärker aus als bei den zwei anderen Blöcken (Tabelle 47), in denen sich durch den Ausfall des vom Rostpilz befallenen Klons Beaupré in der zweiten Umtriebszeit die Stammzahl auf die Hälfte reduzierte.

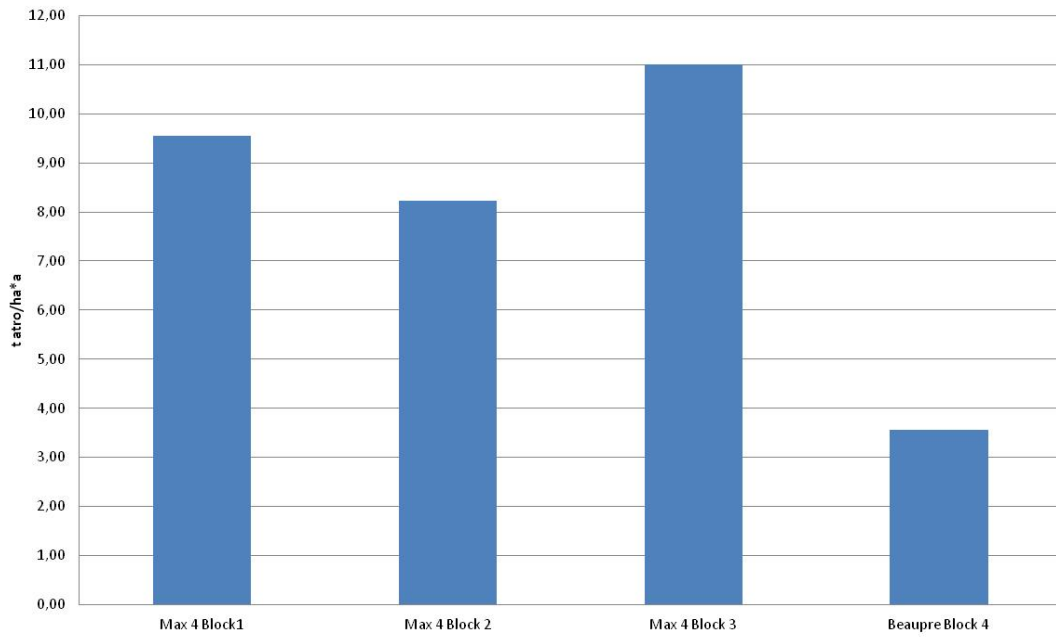


**Abbildung 47:** Entwicklung der Durchschnittshöhe von Max 4 in Einzelmischung, Max 4 in Reihemischung und Max 4, Kammern, 2. fünfjähriger Umtrieb 2003-2007

**Tabelle 47:** Jährlicher Höhenzuwachs [m] von Max 4 in Einzelmischung, Max 4 in Reihemischung und Max 4, Kammern, 2. fünfjähriger Umtrieb 2003-2007

Jahr	Max 4 Einzelmischung, Block 1	Max 4 Reihemischung, 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

Bei der Massenleistung in Abbildung 48 und Tabelle 48 fällt auf, dass der stammzahlreichste Block 3 mit 12.500 Pflanzen pro Hektar mit 11 t atro/ha\*a den besten Zuwachs zeigt. Block 1 und 2 mit der halben Stammzahl kommen an diese Leistung nicht heran. Block 1, die ehemalige Einzelmischung mit Beaupré, übertrifft Block 2 mit der Reihemischung. Offenbar wirkt sich die gleichmäßigere Verteilung der Bäume auf dem Feld positiv auf den Zuwachs aus. Abgeschlagen ist Block 4 mit der reinen Beaupré, die wegen des Pappelblattrostes in den Blöcken 1 und 2 überhaupt nicht mehr vorkommt und bei der Aufnahme der Höhenwuchsleistung schon nicht mehr berücksichtigt wurde.



**Abbildung 48:** Massenleistung der Balsampappelklone Max 4 und Beaupré, Kammern, 2. fünfjähriger Umtrieb 2003-2007

**Tabelle 48:** Massenleistung [t atro/ha\*a] der Balsampappelklone Max 4 und Beaupré, Kammern, 2. fünfjähriger Umtrieb 2003-2007

Max 4, Block 1	Max 4, Block 2	Max 4, Block 3	Beaupré, Block 4
9,55	8,22	11,01	3,55

## 5 Diskussion

Die ermittelten Wuchseleistungen streuen auf den ersten Blick weit. Vor allem in der ersten Umtriebszeit ist der Wuchs auf einigen Flächen als schwach zu beurteilen. Bei den Versuchsflächen Wöllershof, Neuhof, Schwarzenau und Coburg war vor allem die Kombination von nicht optimalem Pflanzverband (zu weite Abstände zwischen den Reihen) und nicht durchgeführtem Herbizideinsatz für die schlechten Wuchseleistungen verantwortlich.

Der zu weite Abstand zwischen den Reihen verhinderte eine Beschattung der Begleitvegetation, die in der Folge zu einer starken Konkurrenz um Wasser und Nährstoffe führte und erst mit dem Wiederaustrieb im zweiten Umtrieb von den angebauten Baumarten und Klonen zurückgedrängt werden konnte.

Die mit Großpflanzen begründete Versuchsfläche Beuerberg zeigte bereits im ersten Umtrieb gute Wuchseleistungen, da sich die bei der Pflanzung bereits zwei Meter hohen Pflanzen gut gegen die Begleitvegetation durchsetzen konnten.

Bei den Versuchsflächen Reisbach, Dornwang I und II sowie Kammern wurde deshalb der Reihenabstand reduziert, bei Kammern außerdem noch ein Totalherbizid und ein Voraufmitttel gespritzt. Mit Ausnahme von Dornwang I, das auf einer windausgesetzten Kuppe liegt, waren die Wuchseleistungen dieser Flächen bereits in der ersten Umtriebszeit durchweg gut.

Verantwortlich für die schlechten Wuchseleistungen im ersten Umtrieb in Coburg ist auch die Tatsache, dass die Bäume nach fünf Jahren zu einem Zeitpunkt geerntet wurden, als sie sich gerade etabliert hatten und im Wachstum zulegten. Die Biomasseproduktion des ersten zehnjährigen Umtriebs in Wöllershof unterstützt diese These. Der Zuwachs des zehnjährigen Umtriebs liegt klar über den Werten der ersten fünfjährigen Rotation. 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.

Im Vergleich zur ersten stellt sich die Situation in der zweiten und dritten Umtriebszeit ganz anders dar. Die meisten der angebauten Balsampappelklone erreichen Zuwächse von 10 bis 13 Tonnen Trockenmasse pro Jahr und Hektar ( $t \text{ atro/ha} \cdot a$ ). In Wöllershof, Schwarzenau und Coburg vervielfachte sich die Biomasseproduktion. Die Auswertung der dritten Rotationsperiode in Wöllershof zeigt, dass der Zuwachs auf dem Niveau des zweiten Umtriebes bleibt. Insgesamt kann festgestellt werden, dass mit der Balsampappel bei Vermeidung von Anbaufehlern auf den meisten bayerischen landwirtschaftlichen Standorten Zuwächse von 10 - 13  $t \text{ atro/ha} \cdot a$  möglich sind.

Die oben dargestellten Zuwächse, insbesondere aus den zweiten Rotationsperioden, bewegen sich zum großen Teil über den Ergebnissen anderer Untersuchungen. UNSELD (1999) ermittelte

in einem achtjährigen ersten Umtrieb mit sechs Balsampappelklonen Massenleistungen zwischen 3,0 und 7,4 t atro/ha\*a. Interessanterweise zeigten bei seinen Untersuchungen die Standorte mit flach- oder mittelgründigem Lehm schlechtere Zuwachsleistungen als die Moor- und Tonstandorte. Auch die bayerischen Ergebnisse gehen in diese Richtung. Der Zuwachs der auf einem anmoorigen Standort liegenden Versuchsfläche Dornwang II war bereits im ersten Umtrieb hoch. Die feuerletten-geprägte (tonige) Versuchsfläche Coburg zeigte im zweiten Umtrieb sehr gute Zuwächse.

JUG (1998) erzielte die besten Ergebnisse in Bayern 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 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 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 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. Die vom Rostpilz befallenen Klone waren auf den meisten Versuchsflächen bereits komplett abgestorben. Nur in Schwarzenau und Kammern überlebten sie auf einigen Parzellen, allerdings 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 bei der Pappel, die in den letzten 30 Jahren vernachlässigt wurde, 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.

## 6 Literatur

- BURGER, F. (2010): Bewirtschaftung und Ökobilanzierung von Kurzumtriebsplantagen. Dissertation, TU München.
- FRIEDRICH, E. (1999): Anbautechnische Untersuchungen in forstlichen Schnellwuchsplantagen und Demonstration des Leistungsvermögens schnellwachsender Baumarten. In: Modellvorhaben Schnellwachsende Baumarten. Zusammenfassender Abschlussbericht, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster, S. 19-150.
- HAUK, S. (2011): Energieholz vom Acker – Umfrage zu Kurzumtriebsplantagen in Bayern. Landwirtschaftliches Wochenblatt Nr. 41, S. 46.
- 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.
- ÖNORM M 7113 (1998): Holzhackgut für energetische Zwecke, Anforderungen und Prüfbestimmungen. Österreichisches Normungsinstitut.
- 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.