

Schlussbericht

zum Vorhaben

Thema:

Verbundvorhaben: Züchtung schnellwachsender Baumarten der Gattungen Populus, Robinia und Salix für die Produktion nachwachsender Rohstoffe im Kurzumtrieb (FastWOOD III); Teilvorhaben 1: Evaluierung, Züchtung, genetische Charakterisierung sowie Sortenprüfung von Schwarz- und Balsampappeln und Weiden

Zuwendungsempfänger:

**Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-VFA)
Abteilung C - Waldgenressourcen
Professor-Oelkers-Str. 6
34346 Hann. Münden**

Förderkennzeichen:

22000414

Laufzeit:

01.12.2014 bis 30.04.2018

Monat der Erstellung:

11/2020

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger des BMEL für das Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe unterstützt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Projektleiter: Dr. Alwin Janßen¹

Bearbeiter/innen:

Steffen Fehrenz

Christina Fey

Matthias Moos

Christoph Stiehm

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-FVA),

Abteilung C - Waldgenressourcen

Professor-Oelkers-Str. 6, 34346 Hann. Münden

¹ Anmerkung: Dr. Janßen ist zum Ende der Projektlaufzeit an das Bayerische Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht (ASP) gewechselt. Alle anderen Bearbeiter/innen waren bis zum Ende der Projektlaufzeit institutionell der NW-FVA zugehörig.

Inhalt

I.	ZIELE	11
I.1	AUFGABENSTELLUNG	11
I.2	STAND DER TECHNIK.....	13
I.2.1	<i>Gattung Populus.....</i>	13
I.2.2	<i>Gattung Salix.....</i>	13
I.2.3	<i>Pathogene</i>	14
I.2.4	<i>Genmarker.....</i>	16
I.3	ZUSAMMENARBEIT MIT ANDEREN STELLEN.....	16
II.	ERGEBNISSE	18
II.1	ERZIELTE ERGEBNISSE	18
II.1.1	<i>Pappelzüchtung innerhalb und zwischen den Sektionen Aigeiros und Tacamahaca mit dem Ziel der Zulassung neuer Sorten</i>	18
II.1.2	<i>Prüfung der Anbaueignung des neu gezüchteten Materials aus den Sektionen Aigeiros und Tacamahaca</i>	27
II.1.3	<i>Weidenzüchtung mit den Sektionen Salicaster Dumort., Salix, Amygdalinae W., Cinerella Ser., Viminella Ser., Helix Dumort. und Daphnella Ser. mit dem Ziel der Zulassung neuer Sorten</i>	65
II.1.4	<i>Prüfung der Anbaueignung des neu gezüchteten Materials aus den Sektionen Salicaster Dumort., Salix, Amygdalinae W., Cinerella Ser., Viminella Ser., Helix Dumort. und Daphnella Ser.</i>	74
II.1.5	<i>Genetische Charakterisierung des bearbeiteten Pflanzenmaterials.....</i>	85
II.1.6	<i>Resistenzprüfung der neu gezüchteten Pappelklone.....</i>	89
II.1.7	<i>Phänologische und morphologische Charakterisierung der bearbeiteten und selektierten Klone</i>	103
II.1.8	<i>Polyploidisierung von Nachkommen in Kreuzungen der Pappelsektionen Tacamahaca und Aigeiros sowie Arten der Weiden-Untergattung Caprisalix und Amerina</i>	108
II.1.9	<i>Etablierung von Versuchen zur Blühinduktion und Blühstimulation bei Pappeln.....</i>	113
II.2	VERWERTUNG	114
II.3	ERKENNTNISSE VON DRITTEN	116
II.4	VERÖFFENTLICHUNGEN	116
	DANKSAGUNG.....	119
	LITERATUR	120

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Überblick über die zur Kreuzung verwendeten Arten und die durchgeführten Kreuzungen.	19
Abbildung 2: Klonquartier "Roggenfeld" nach der Neuanlage 2017. Die Fläche dient als Vermehrungsquartier und Prüffläche der 100 besten Klone von Weide und Pappel aus den FastWOOD TP1 Kreuzungen von 2012 bis 2016.	22
Abbildung 3: Zwei Aufnahmen des Klons NW10-0044B <i>P. trichocarpa</i> × <i>P. maximowiczii</i> im Versuch 30.266.015 Stiedenrode II (Pappelserie 605). Bei beiden Aufnahmen handelt es sich um den Aufwuchs nach der ersten Ernte (vierjähriger Wurzelstock). Die linke Aufnahme wurde am 17.08.2016, die rechte Aufnahme am 12.09.2016 gemacht.	24
Abbildung 4: Die linke Aufnahme ist am 02.11.2016 entstanden und zeigt den Klon 'Bakan' im Spätherbst nach dem ersten Frost. Die rechte Aufnahme zeigt den gleichen Klon im Frühling nach mehreren Spätfrösten am 25.04.2017. Beide Aufnahmen wurden auf der Versuchsfläche 30.267.009 Stiedenrode VI (Midirotation) gemacht.	25
Abbildung 5: Mittlere Triebhöhen für ausgewählte Klone gemessen nach einer Vegetationsperiode (2017) im Klonquartier "Roggenfeld".	26
Abbildung 6: „Trimax“ Klon NW15-0326N, gekennzeichnet durch sehr geraden, wipfelschäftigen Wuchs mit einem stabilen Trieb, der durch Sturm, Regen und Eigengewicht der großen Blätter nicht krumm wächst oder umfällt. Zudem zeigt der Klon ein sehr gutes Anwuchsverhalten und homogenen Aufwuchs.	26
Abbildung 7: Koordinaten aller im FastWOOD TP1 angelegten Versuchsorte.	27
Abbildung 8: Versuchsfläche 020 Siemen im April 2015 zur Pflanzung.	30
Abbildung 9: Ertrag als dGZ der getesteten Klone auf den Versuchsflächen der Serien 603 bis 606 in der ersten und zweiten Rotation (wenn vorhanden). Die durchgezogene Linie markiert den mittleren dGZ der ersten Rotation, die gestrichelte Linie den mittleren dGZ der zweiten Rotation. Die weiß gefüllten Kreise markieren den Mittelwert des dGZ je Versuchsfläche. Das weiß gefüllte Dreieck markiert den mittleren dGZ der Sorte 'Max 1' auf der jeweiligen Versuchsfläche (Abbildung nach Fey et al., 2018).	33
Abbildung 10: Ertrag als dGZ im Mittel der Prüfglieder gruppiert nach Kreuzungskombination getrennt für die Versuchsserien 603 bis 606 in der ersten und zweiten Rotation (wenn vorhanden). Die durchgezogene Linie markiert den mittleren dGZ der ersten Rotation, die gestrichelte Linie den mittleren dGZ der zweiten Rotation (wenn vorhanden). Die Whisker kennzeichnen den Standardfehler des Mittelwerts. Dargestellt sind nur Kreuzungsgruppen, die mit mindestens zwei Prüfgliedern in der Serie vertreten sind. Die Anzahl der enthaltenen Prüfglieder je Kreuzungskombination kann Tabelle 3 entnommen werden. In Serie 603 sind nur die Prüfglieder und Kreuzungskombinationen enthalten, die von Grotehusmann et al. (2017) zum Ende der zweiten Rotation ausgewertet wurden (Abbildung nach Fey et al., 2018).	35

Abbildung 11: Ertrag als dGZ in der ersten und zweiten Rotation (wenn vorhanden) in den Serien 603 bis 606 getrennt nach Prüfgliedern je Serie. Die durchgezogene Linie markiert den mittleren Ertrag der ersten Rotation, die gestrichelte Linie den durchschnittlichen Ertrag der zweiten Rotation.....	37
Abbildung 12: Beispieldarstellung einer digitalisierten Standorttypenkarte (hier für Ort 07 Stiedenrode I).....	40
Abbildung 13: Einzeltrieb-Höhen getrennt nach Klonen in 30.267.009 Stiedenrode VI nach der ersten VP 2016. Die durchgezogene Linie gibt den Gesamt-Mittelwert an.....	48
Abbildung 14: Einzeltrieb-BHD getrennt nach Klonen in 30.267.009 Stiedenrode VI nach der ersten Vegetationsperiode 2016.....	49
Abbildung 15: Linke Aufnahme vom 31.08.2016 des einjährigen Aufwuchs von 'Bakan' auf der Versuchsfläche 30.267.009 Stiedenrode VI (Midirotation) mit einer Höhe von über 2,5 m. Rechte Aufnahme vom 07.08.2017 mit zweijährigem Aufwuchs und einer Höhe von über 5 m.....	49
Abbildung 16: Parzellenweise Anwuchsraten getrennt nach Klonen in 30.267.009 Stiedenrode VI nach der ersten Vegetationsperiode.....	50
Abbildung 17: Anteile einzelbaumweiser Triebzahlen getrennt nach Klonen in 30.267.009 Stiedenrode VI nach der ersten Vegetationsperiode.	51
Abbildung 18: Relative Häufigkeit der parzellenweise angesprochenen Astigkeit nach Klonen getrennt in 30.267.009 Stiedenrode VI nach der ersten Vegetationsperiode. Die Parzelle wird insgesamt angesprochen und bonitiert: 1 = keine Äste, geringe Astigkeit, Note 2 = mittlere Astigkeit, Note 3 = starke Astigkeit, buschige Form.	52
Abbildung 19: Oben zu sehen ist das Wässern der Setzruten kurz vor der Auspflanzung. Links unten ist das Stecken der Setzrute durch Baggerpflanzung mit Locheisen und verfüllen des Pflanzloches zu sehen. Rechts unten ist die im Zuge der Zusammenarbeit mit dem Landesbetrieb Landwirtschaft in Hessen (LLH) modifizierte Pflanzung zu sehen. Diese erfolgt durch eine an den Frontlader angebrachte Eisenstange/Rohr, die Markierung zeigt die Pflanztiefe an, hier 80 cm. Foto rechts unten: Christian Siebert.	54
Abbildung 20: Durch den weiten Pflanzverband wird eine mechanische Beikrautregulierung auch quer zu den Reihen möglich (linke Aufnahme). Rechts ist das geringe Beikrautaukommen nach der Bearbeitung zu sehen.	54
Abbildung 21: Austrieb der Setzruten in 30.266.018 Seeburg. Links ist eine Baumweide zu sehen, rechts eine Pappel.	55
Abbildung 22: Parzellenweise Anwuchsraten getrennt nach Klonen in 30.266.018 Seeburg nach der zweiten Vegetationsperiode (2017).	56
Abbildung 23: Einzeltrieb-Höhen getrennt nach Klonen in 30.266.018 Seeburg nach der dritten VP 2016. Die durchgezogene Linie gibt den Gesamt-Mittelwert an.....	57
Abbildung 24: Einzeltrieb-BHD getrennt nach Klonen in 30.266.018 Seeburg nach der vierten VP 2017. Die durchgezogene Linie gibt den Gesamt-Mittelwert an.....	57

Abbildung 25: Anteile einzelbaumweiser Triebzahlen getrennt nach Klonen in 30.266.018 Seeburg nach der dritten Vegetationsperiode 2016.....	58
Abbildung 26: Relative Häufigkeit der parzellenweise angesprochenen Astigkeit nach Klonen getrennt in 30.266.018 Seeburg nach der vierten Vegetationsperiode 2017. Die Parzelle wurde insgesamt angesprochen und bonitiert: 1 = keine Äste, geringe Astigkeit, Note 2 = mittlere Astigkeit, Note 3 = starke Astigkeit, buschige Form.	59
Abbildung 27: Entfernen von Seitentrieben (Durchmesser über 4 cm) bei Baumweiden.	60
Abbildung 28: Dargestellt sind die entnommenen Triebe pro Aufwuchs für einen sinnvollen Erziehungsschnitt zum Einzeltrieb.	60
Abbildung 29: Baumweiden Zwiesel- und Erziehungsschnitt. Linke Aufnahme: gute Überwallung der Seitentriebe nach Zwiesel- und Erziehungsschnitt nach einem Jahr, Rechtes Bild: Sehr gerade, wipfelschäftige Baumweide (NW-12-0464B) durch Erziehungsschnitt.	61
Abbildung 30: Sturmschäden nach einem Sommergewitter in Seeburg; linkes Bild: Baumweidenklon NW12-1739H; rechtes Bild: Pappelklon NW08-1975X ('Matrix 49').....	62
Abbildung 31: Ergebnisse der Sturmschadenbonitur in 30.266.018 Seeburg nach dem Sturm 2016. Boniturnoten: 0 = Ausfall; 1 = ohne Schaden, gerade; 2 = leichte Biegung bis 45 ° Winkel; 3 = Biegewinkel 45 ° bis 90 °; 4 = Bruch; 5 = ganzer Baum schief.	63
Abbildung 32: Unterschiede bei Qualitätskriterien hinsichtlich der Schaftform. Linkes Bild: gerad- und wipfelschäftiger Altklon 'Trichobel' <i>P. trichocarpa</i> . Rechtes Bild: Krümmungen der Stammachse bei <i>S. alba</i>	63
Abbildung 33: Naturverjüngung auf der Versuchsfläche Seeburg.	64
Abbildung 34: Chronologische Zusammenfassung der Weidenzüchtung in der NW-FVA seit 2009. ..	66
Abbildung 35: Zusammenhang zwischen mittlerer Triebhöhe und Frischmassevolumen je Ramet von Weidenklonen der Kreuzungsjahre 2012, 2013 und 2014 auf der Versuchs- und Vermehrungsfläche „Roggenfeld“. Die Versuchsglieder wurden nach absteigendem Volumen je Ramet (braun) geordnet und es wurde für beide Parameter eine lineare Trendkurve eingefügt. Spezies-Kodierung: SV (<i>S. viminalis</i>); S2VVS _w (4N <i>S. viminalis</i> × (<i>S. viminalis</i> × <i>S. schwerinii</i>)); SVS _w (<i>S. viminalis</i> × <i>S. schwerinii</i>); SS _w V (<i>S. schwerinii</i> × <i>S. viminalis</i>); SVS _a (<i>S. viminalis</i> × <i>S. sachalinensis</i>); SVXD _s VS _a (<i>S. viminalis</i> × (<i>S. × dasyclados</i> × (<i>S. viminalis</i> × <i>S. sachalinensis</i>))).....	72
Abbildung 36: Zusammenhang zwischen der mittleren Anzahl Triebe je Ramet und dem Verhältnis zwischen Höhe und Wurzelhalsdurchmesser (WHD) von Weidenklonen der Kreuzungsjahre 2012, 2013 und 2014 auf der Versuchs- und Vermehrungsfläche „Roggenfeld“. Die Versuchsglieder wurden nach aufsteigendem Höhen - WHD – Verhältnis (braun) geordnet und es wurde für beide Parameter eine lineare Trendkurve eingefügt. Spezies-Kodierung: SV (<i>S. viminalis</i>); S2VVS _w (4N <i>S. viminalis</i> × (<i>S. viminalis</i> × <i>S. schwerinii</i>)); SVS _w (<i>S. viminalis</i> × <i>S. schwerinii</i>); SS _w V (<i>S. schwerinii</i> × <i>S. viminalis</i>); SVS _a (<i>S. viminalis</i> × <i>S. sachalinensis</i>); SVXD _s VS _a (<i>S. viminalis</i> × (<i>S. × dasyclados</i> × (<i>S. viminalis</i> × <i>S. sachalinensis</i>))).....	73

- Abbildung 37: Zusammenhang zwischen Wurzelhalsdurchmesser (WHD) und Mantelfläche/Frischholzvolumen von Weidenklonen der Kreuzungsjahre 2012, 2013 und 2014 auf der Versuchs- und Vermehrungsfläche „Roggenfeld“. Die Versuchsglieder wurden nach aufsteigendem Mantelflächen – Volumen – Verhältnis (braun) geordnet und es wurde für beide Parameter eine lineare Trendkurve eingefügt. Spezies-Kodierung: SV (*S. viminalis*); S2VVS_W (4N *S. viminalis* × (*S. viminalis* × *S. schwerinii*)); SVS_W (*S. viminalis* × *S. schwerinii*); SSwV (*S. schwerinii* × *S. viminalis*); SVS_a (*S. viminalis* × *S. sachalinensis*); SVXD_sVS_a (*S. viminalis* × (*S. × dasyclados* × (*S. viminalis* × *S. sachalinensis*))) 74
- Abbildung 38: Trockengewicht je Prüfglied der Weiden-Feldprüfung am Standort Augustfehn. Spezies-Kodierung: SV (*S. viminalis*); SVS_W (*S. viminalis* × *S. schwerinii*); SSwV (*S. schwerinii* × *S. viminalis*); SVXD_s (*S. viminalis* × *S. × dasyclados*); SVFA (*S. viminalis* × Freie Abblüte); SVD_a (*S. viminalis* × *S. daphnoides*); SXSmFA (*S. × smithiana* × Freie Abblüte). 79
- Abbildung 39: Trockengewicht je Prüfglied der Weiden-Feldprüfung am Standort Siemen. Spezies-Kodierung: SV (*S. viminalis*); SVS_W (*S. viminalis* × *S. schwerinii*); SSwV (*S. schwerinii* × *S. viminalis*); SVXD_s (*S. viminalis* × *S. × dasyclados*); SVFA (*S. viminalis* × Freie Abblüte); SVD_a (*S. viminalis* × *S. daphnoides*); SXSmFA (*S. × smithiana* × Freie Abblüte). 80
- Abbildung 40: Trockengewicht je Prüfglied der Weiden-Feldprüfung am Standort Stiedenrode. Spezies-Kodierung: SV (*S. viminalis*); SVS_W (*S. viminalis* × *S. schwerinii*); SSwV (*S. schwerinii* × *S. viminalis*); SVXD_s (*S. viminalis* × *S. × dasyclados*); SVFA (*S. viminalis* × Freie Abblüte); SVD_a (*S. viminalis* × *S. daphnoides*); SXSmFA (*S. × smithiana* × Freie Abblüte). 81
- Abbildung 41: Trockengewicht je Prüfglied der Weiden-Feldprüfung am Standort Merbachfeld. Spezies-Kodierung: SV (*S. viminalis*); SVS_W (*S. viminalis* × *S. schwerinii*); SSwV (*S. schwerinii* × *S. viminalis*); SVXD_s (*S. viminalis* × *S. × dasyclados*); SVFA (*S. viminalis* × Freie Abblüte); SVD_a (*S. viminalis* × *S. daphnoides*); SXSmFA (*S. × smithiana* × Freie Abblüte). 82
- Abbildung 42: Übersicht über den Verlauf der Pappelzüchtung im Projekt FastWOOD und Ausblick auf geplante Arbeitsschritte. 84
- Abbildung 43: Übersicht über den Verlauf der Weidenzüchtung der NW-FVA und der Ausblick auf geplante Arbeitsschritte (gestrichelte Linien). 85
- Abbildung 44: Hauptkoordinaten-Analyse an 24 Genorten von 91 Pappel-Akzessionen aus 16 Spezies und 8 Hybridkombinationen, Distanzmaß „Nei78“. Spezies-Kodierung: A (*P. alba*), ATr (*P. alba* × *P. tremula*), AG (*P. alba* × *P. grandidentata*), C (*P. cathayana*), D (*P. deltoides*), DTc (*P. deltoides* × *P. trichocarpa*), DN (*P. deltoides* × *P. nigra*), E (*P. euphratica*), K (*P. koreana*), L (*P. lasiocarpa*), M (*P. maximowiczii*), MTc (*P. maximowiczii* × *P. trichocarpa*), N (*P. nigra*), NM (*P. nigra* × *P. maximowiczii*), P (*P. purdomii*), S (*P. simonii*), Sz (*P. szechuanica*), Tc (*P. trichocarpa*), Tr (*P. tremula*), To (*P. tremuloides*), TrA (*P. tremula* × *P. alba*), W (*P. wilsonii*) 87
- Abbildung 45: Beobachtete mittlere Blattrostinfektionsintensität über alle Klone je Versuchsfläche und Serie (in der Darstellung spaltenweise) nach Jahren des Berichtszeitraums (in der Darstellung zeilenweise) aufgeschlüsselt mit Angabe des Standardfehlers des Mittelwerts (Whisker). Die durchgezogene Linie symbolisiert das Serienmittel. 91

Abbildung 46: Mittlere Pathogenbefallsintensitäten gruppiert nach Art bzw. Kreuzungskombination. Jeweils gegenüber 'Max 1' dargestellt. Dargestellt sind nur Kreuzungsgruppen, die mit mindestens zwei Prüfgliedern in der Serie vertreten sind. Der Standardfehler (Whisker) zeigt die Variabilität der Mittelwerte je Klon innerhalb einer Kreuzungskombination an. Die durchgezogene Linie stellt das Serienmittel über alle Versuchsflächen dar.	93
Abbildung 47: Ergebnisse der Untersuchungen auf <i>Pollaccia</i> spp. auf den betrachteten Versuchsflächen der Serien 603 bis 606 getrennt nach Jahren. Die Versuchsfläche 018 Seeburg wurde der Serie 605 zugeordnet. Die Schadstufen sind in Tabelle 16 erläutert.	97
Abbildung 48: Ergebnisse der Untersuchungen auf Befall mit <i>Marssonina</i> spp. auf den betrachteten Versuchsflächen der Serien 603 bis 606 getrennt nach Jahren. Die Versuchsfläche 018 Seeburg wurde der Serie 605 zugeordnet. Die Schadstufen sind in Tabelle 17 erläutert.	99
Abbildung 49: Anteile der durch Rindenbrand und Rindenkrebs geschädigten Pflanzen auf den Versuchsflächen der Serie 605 in Hessen (015 Stiedenrode II) und Niedersachsen (016 Bardowick) und Seeburg (018). Auf der Versuchsfläche in Sachsen (017 Graupa) wurden keine Daten erhoben.	102
Abbildung 50: Morphologie einer tetraploiden Linie auf Grundlage des nicht registrierten Korbweidenklons „Zieverich“.	112

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über die Arbeitspakete (AP) im Teilprojekt 1 an der NW-FVA.	11
Tabelle 2: Übersicht der bislang in FastWOOD (Teilprojekt 1) durchgeführten Kreuzungen nach Projektphasen und Züchtungsjahrgängen (VP = Vorprüfung, ¹ Nachkommen plus zusätzlich evaluierte Altklone).	19
Tabelle 3: Übersicht über die Verteilung von Prüfgliedern (PG) auf die Versuchsserien sowie die Kreuzungskombination und Zugehörigkeit von bekannten Sorten (Altklone) (Tabelle nach Fey et al., 2018).	21
Tabelle 4: Neue ausgewählte Prüfglieder der Kreuzungsjahre 2012 bis 2016 für die Neuanlage des Prüf- und Vermehrungsquartieres "Roggenfeld"	23
Tabelle 5: Auflistung aller Versuchsorte (ID und Bezeichnung) und deren zugehörige Versuchsflächen. Zu den Versuchsflächen sind die jeweiligen Serien, Anlagejahre und Bundesländer angegeben.	28
Tabelle 6: Prüfglieder 2015 für die Neuanlage der vier Versuche in Serie 606. Die Klon-Nummern folgen der Nomenklatur der NW-FVA. Im Versuch 021 Stiedenrode III musste 'Matrix 49' das Prüfglied NW13-0645G ersetzen.	29
Tabelle 7: Ergebnisse der flächenübergreifenden Serienauswertung basierend auf den Einzelauswertungen in den Versuchsserien 605. Basierend auf paarweisen Vergleichen mit der Kontrolle 'Max 1' sind je Serie die beiden signifikant überlegenen Prüfglieder angegeben. Zu den Klonen und zur Kontrolle sind die mittleren Erträge der ersten Rotation (dGZ) sowie der zugehörige Standardfehler (SE) angegeben. Die Spalte FG bezeichnet die Freiheitsgrade für das flächenübergreifende Modell der jeweiligen Serie. Aus den Post-hoc-Tests sind die für den Vergleich des jeweiligen Klons mit 'Max 1' zugehörige Teststatistik (t-Statistik) und der darauf beruhende p-Wert angegeben (verändert nach Fey et al., 2018).	38
Tabelle 8: Übersicht über die im FastWOOD TP1 angelegten Versuchsflächen von Pappeln und Weiden in längeren Umtriebszeiten. (AZ: Aktenzeichen, PG: Prüfglied)	47
Tabelle 9: 30.267.009 Stiedenrode VI Prüfgliedliste für den Anbau in Midirotation, Anlage 2016	47
Tabelle 10: Prüfgliedliste der Versuchsfläche 30.266.018 Seeburg.	52
Tabelle 11: Anzahl der blühenden Pappelbäume im Mai 2017 (WDH: Wiederholung).	64
Tabelle 12: Bei der NW-FVA vorhandenes Versuchsmaterial der Gattungen <i>Populus</i> und <i>Salix</i>	65
Tabelle 13: Übersicht über die Verteilung von Weiden-Prüfgliedern auf die Versuchsserien sowie die Kreuzungskombination und Zugehörigkeit von bekannten Sorten (Altklone).	75
Tabelle 14: INBO-Boniturschema „Baum“ für den Pappelblattrost (<i>Melampsora larici-populina</i>).	90
Tabelle 15: Übersicht aller im Berichtszeitraum gefundenen Pathotypen, die jeweils nur auf der angegebenen Versuchsfläche auftraten. Mit * sind die Pathotypen gekennzeichnet, die erstmals seit Beginn der Untersuchungen (FastWOOD I) aufgetreten sind.	95
Tabelle 16: Bewertungsschema für die durch <i>Pollaccia spp.</i> hervorgerufene Triebspitzenkrankheit... ..	96

Tabelle 17: Bewertungsschema für die durch <i>Marssonina spp.</i> hervorgerufene Blattfleckenkrankheit.	98
Tabelle 18: Bewertungsschema für Schäden, die durch <i>Xanthomonas populi</i> verursacht wurden. Zusätzlich wurde bewertet, ob das Geschwür aufgebrochen oder geschlossen ist und die Oberflächenbeschaffenheit wurde eingeteilt nach a = flach, b = gebrochen und c = tumorös und dunkel.	100
Tabelle 19: Bewertungsschema für Schäden, die durch <i>Dothichiza populea</i> verursacht wurden.	101
Tabelle 20: Bewertungsschema für das Auftreten von verschiedenen Insekten an Pappeln.	103
Tabelle 21: Boniturschema der Abschlussbonitur.	105
Tabelle 22: Boniturschema der Austriebsbonitur.	106

I. Ziele

I.1 Aufgabenstellung

Gesamtziel des Teilvorhabens 1 (NW-FVA) war es, für die Erzeugung von Biomasse im Kurzumtrieb geeignete Schwarz- und Balsampappeln (Sektionen *Aigeiros* und *Tacamahaca*) sowie Weiden zu züchten. Dabei sollten neben konventionellen Ansätzen und bereits vorliegenden Erfahrungen neue Methoden erprobt und genutzt werden. Zur Erzeugung geeigneter Sorten sollten inter- und intraspezifische Kreuzungen unter Erweiterung der Elternbasis fortgeführt sowie neues genetisches Material aus den USA und China in die Züchtungsbemühungen mit einbezogen werden. Die in der ersten und zweiten Projektphase auf bis 2014 angelegten Versuchsflächen angebauten Klone sollten fortlaufend bewertet werden. Für die neu gezüchteten Nachkommenschaften sollten weitere Versuchsflächen angelegt werden. Zusätzlich sollten diese und weitere Genotypen dieser Nachkommenschaften durch die Anlage eines Klonquartiers gesichert werden. Weiterhin war die Charakterisierung der selektierten Genotypen mittels molekulargenetischer Marker zur Klonidentifizierung, Elternschaftsverifikation und verwandtschaftlichen Zuordnung vorgesehen.

Die innerhalb des Projektes zu prüfenden Klone sollten ebenfalls auf ihre Eigenschaften gegenüber biotischen Krankheitserregern getestet werden. Dies sollte bei der Selektion insbesondere die Toleranz gegenüber dem Erreger des Pappelblattrostes, *Melampsora larici-populina*, mit einbeziehen. Neben den Ertrag betreffenden Zielen wie Wüchsigkeit und Pathogentoleranz waren weitere Aspekte des Züchtungsvorhabens die Erweiterung der genetischen Vielfalt, Verbesserung holztechnischer Eigenschaften in Bezug auf Lignin- und Zellulosegehalt, die Verringerung des Rindenanteils, die Erhöhung des ökologischen Potenzials bezüglich der Standortamplitude (z. B. durch verbesserte Wassernutzungseffizienz) sowie die Erhaltung genetischer Ressourcen.

Nach Abschluss des Vorhabens sollen für die Biomasseproduktion im kurzen Umtrieb geeignete Schwarz- und Balsampappelklone nach den Vorschriften des Forstvermehrungsgutgesetzes (FoVG) aus dem Jahr 2002 (BGBl. I 2002 Nr. 32) zugelassen werden. Mit den Weiden, die diesem Gesetz nicht unterliegen, soll für die Selektion und Prüfung analog verfahren werden.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die vom Teilprojekt 1 in der dritten Projektphase durchgeführten Arbeitspakete.

Tabelle 1: Übersicht über die Arbeitspakete (AP) im Teilprojekt 1 an der NW-FVA.

AP	Beschreibung
1.	Pappelzüchtung innerhalb und zwischen den Sektionen <i>Aigeiros</i> und <i>Tacamahaca</i> mit dem Ziel der Zulassung neuer Sorten
1.1	Fortführung der Pappel-Kreuzungen mit dem Schwerpunkt der Genpoolerweiterung durch Einkreuzung neuer Kreuzungspartner heimischer Vorkommen sowie aus dem asiatischen und amerikanischen Raum und bisher noch nicht in die Züchtung mit einbezogenen Materials älterer Versuchsflächen
2.	Prüfung der Anbaueignung des neu gezüchteten Materials aus den Sektionen <i>Aigeiros</i> und <i>Tacamahaca</i>
2.1	Anlage neuer Klonprüfungen mit Pappel

AP	Beschreibung
2.2	Aufnahme und Auswertung bestehender Klonprüfungen bei Pappel
2.3	Bodenkartierung von Versuchsflächen zur Erstellung von Anbauempfehlungen
2.4	Prüfung von Klonen zur Eignung im Maxi-Rotationsanbau
2.5	Sicherung bewährter Kreuzungspartner der Sektionen <i>Aigeiros</i> und <i>Tacamahaca</i>
3.	Weidenzüchtung mit den Sektionen <i>Salicaster</i> Dumort., <i>Salix</i>, <i>Amygdalinae</i> W., <i>Cinerella</i> Ser., <i>Viminella</i> Ser., <i>Helix</i> Dumort. und <i>Daphnella</i> Ser. mit dem Ziel der Zulassung neuer Sorten
3.1	Fortführung und Ergänzung vorgeprüfter Weidenkreuzungen
3.2	Anzucht, Sicherung und Vorprüfung der Züchtungsprodukte, Prädiagnose von Leistungsparametern bei Weiden
4.	Prüfung der Anbaueignung des neu gezüchteten Materials aus den Sektionen <i>Salicaster</i> Dumort., <i>Salix</i>, <i>Amygdalinae</i> W., <i>Cinerella</i> Ser., <i>Viminella</i> Ser., <i>Helix</i> Dumort. und <i>Daphnella</i> Ser.
4.1	Neuanlage, Pflege, und Prüfung von Versuchsflächen mit Weiden.
4.2	Sicherung alter Sorten und bewährter Kreuzungspartner bei Weiden, Erweiterung der Sammlung
5.	Genetische Charakterisierung des bearbeiteten Pflanzenmaterials
5.1	Genotypisierung, Elternschaft und Systematische Identifikation durch SSR-Marker bei Pappeln
5.2	Etablierung von Mikrosatelliten-Markern zur Genotypisierung und Elternschaftsanalyse der Weidenuntergattungen <i>Amerina</i> und <i>Capris alix</i>
6.	Resistenzprüfung der neu gezüchteten Pappelklone
6.1	Resistenzprüfung gegenüber biotischen Erregern bei Pappeln der Sektionen <i>Aigeiros</i> und <i>Tacamahaca</i> und intersektionellen Hybriden.
6.2	Untersuchungen zur genetischen Charakterisierung von <i>Melampsora larici-populina</i>
7.	Phänotypische Charakterisierung der bearbeiteten/selektierten Klone
8.	Polyploidisierung von Nachkommen in Kreuzungen der Pappelsektionen <i>Tacamahaca</i> und <i>Aigeiros</i> sowie Arten der Weiden-Untergattung <i>Caprisalix</i> und <i>Amerina</i>
8.1	Triploidisierung von Nachkommen aus Pappel- und Weidenkreuzungen
8.2	Entwicklung Di-haploider Linien durch Gewebekultur-Technik
9.	Etablierung von Versuchen zur Blühinduktion und Blühstimulation bei Pappeln

I.2 Stand der Technik

I.2.1 Gattung *Populus*

Die Weidengewächse (*Salicaceae*) mit den Gattungen *Populus* (Pappeln) und *Salix* (Weiden) gehören zu den artenreichsten Holzgewächsfamilien weltweit. Nach den Eukalyptusarten gehören einige Pappel- und Weidenarten zu den Gehölzen mit dem höchsten Potenzial zur Produktion von Holzmasse. Kennzeichnend für die Pappelarten ist dabei eine außerordentlich große morphologische, physiologische und ökologische Amplitude. Ein besonders hohes genetisches Potenzial – vor allem bei Arten mit großen Verbreitungsgebieten – in Verbindung mit der meistens leichten generativen Vermehrbarkeit prädestiniert die Pappeln für eine züchterische Bearbeitung (Weisgerber, 2000).

Die Gliederung der Gattung *Populus* erfolgt zurzeit in fünf Sektionen: *Aigeiros*, *Populus*, *Leucoides*, *Tacamahaca*, *Abaso* und *Turanga*.

Für einen wirtschaftlichen Anbau unter den hiesigen Standorts- und Klimabedingungen kommen Arten der Sektionen *Aigeiros* (Schwarzpappeln), *Tacamahaca* (Balsampappeln) und *Populus* (früher *Leuce*, Weißpappeln und Aspen) in Frage. Dabei unterscheiden sich die anbauwürdigen Sorten dieser Sektionen deutlich in ihren Ansprüchen an Klima und Boden. Alle Schwarzpappelarten stellen hohe Anforderungen an Licht, Wärme, Dauer der Vegetationszeit sowie an Wasser- und Nährstoffversorgung, Durchlüftung und Durchwurzelungstiefe des Bodens. Die als *P. × canadensis* (früher *P. × euramericana*) bezeichneten Hybriden zwischen der europäischen (*P. nigra*) und der nordamerikanischen Schwarzpappel (*P. deltoides*) sind wesentlich wuchskräftiger als die beiden Elternarten und stellen die Mehrzahl der vor allem im konventionellen Plantagenanbau verwendeten Klone. Beide Arten sind darüber hinaus wichtige Kreuzungspartner für die Herstellung intersektioneller Hybriden mit Balsampappeln (Bohnens, 1992).

Die von Natur aus nur in Asien und Nordamerika verbreiteten Balsampappeln sind wesentlich genügsamer als Schwarzpappeln. Auch in höheren Lagen, im mesotrophen Standortsbereich und auf wechselfeuchten Böden können hohe Zuwachseleistungen erbracht werden. Für den Kurzumtrieb waren bisher inter- und intrasektionelle Kombinationen aus den Arten *P. trichocarpa*, *P. maximowiczii*, *P. koreana*, *P. nigra* und *P. deltoides* erfolgreich (vgl. Janßen et al., 2015).

Die züchterische Bearbeitung weiterer vielversprechender Balsampappelarten vor allem aus Ostasien lässt beträchtliche Fortschritte erwarten (Weisgerber, 2000; Weisgerber und Han, 2001). Die Züchtung der Aspen wird innerhalb des Verbundvorhabens von anderen Projektpartnern übernommen (s. I.3).

I.2.2 Gattung *Salix*

Die Gattung *Salix* umfasst weltweit 330 bis 500 Arten mit einem Genzentrum in China (Zhenfu et al., 1999) und weiter Verbreitung in ganz Asien, Nordamerika und Europa (Ostry et al., 2014). Das Verbreitungsgebiet der Gattung erstreckt sich über eine gewaltige ökologische Amplitude von der arktischen Tundra über die gemäßigte Zone bis in die Tropen und von der Meeresküste bis in

hochalpine Lagen. An den Boden stellen die meisten Weidenarten kaum spezifische Ansprüche (Lautenschlager, 1989). Raschwüchsigkeit, hohe Frostresistenz sowie Überschwemmungstoleranz verschaffen Weiden an vielen Standorten Konkurrenzvorteile gegenüber anderen Baum- und Straucharten.

Darüber hinaus haben die jüngsten Diskussionen über die Landnutzung im Hinblick auf den Wettbewerb zwischen Energie- und Nahrungspflanzen Interesse an Energiepflanzen geweckt, die auch unter weniger günstigen Wachstumsbedingungen hohe Erträge versprechen. Die Gattung *Salix* ist in Deutschland mit mehr als 40 Arten die wohl artenreichste einheimische Gehölzgattung. Die für die Biomasseproduktion weltweit interessanten Weidenarten (ca. 33) werden nach Dickmann und Kuzovkina (2014) fünfzehn verschiedenen Sektionen zugeordnet. Die Ergebnisse des FNR-Projektes „ProLoc“ (Amthauer Gallardo, 2014; Janßen et al., 2017) zeigen, dass die schwedischen Weidensorten 'Inger' und 'Tordis' ähnlich wie die Pappelsorten 'Max 1' und 'Hybride 275' alters- und standortabhängigen Höhenzuwachs sowie eine vergleichbare Biomasseleistung zeigen.

Für Kreuzungsarbeiten stehen die im Salicetum und in weiteren Klonsammlungen der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt - Abt. C in Hann. Münden vorhandenen 350 Klone von ca. 40 Weidenarten/Arthybriden zur Verfügung (s. Gebhardt, 1992). Darunter befinden sich zahlreiche baum- und strauchartig wachsende Weidenklone mit hohem Potenzial für die Biomasseproduktion. Dazu zählen nach unseren Beobachtungen sowie Angaben aus der Literatur (Boelcke, 2006; Hörandl et al., 2002; Schwarze und Röhrich, 2006; Weger et al., 2005; Weger und Havlíčková, 2009) Klone der Arten *S. viminalis*, *S. alba*, *S. malisi*, *S. caprea*, *S. triandra*, *S. daphnoides*, *S. purpurea* sowie *S. × smithiana*, *S. × rubens*, *S. × helix*, *S. × alopecuroides* und dreifache Hybriden wie z. B. *S. × dasyclados* und *S. × aquatica*. Um ausreichende Pflanzenzahlen für praxisnahe Versuche produzieren zu können müssen zudem die Vermehrungstechniken und Anzuchtbedingungen für jede neue Sorte optimiert werden. Die Nutzung von In-vitro-Techniken hat sich, durch in FastWOOD erarbeitete Methoden zur optimierten Bereitstellung polyploider Weiden, als erfolgversprechend erwiesen (Fehrenz et al., 2014).

I.2.3 Pathogene

Pappeln werden von einer Vielzahl von Blatt- und Rindenkrankheiten befallen oder von Insekten geschädigt. Einige dieser biotischen Schadfaktoren sind von erheblicher wirtschaftlicher Relevanz. Daher fordert der "Sachverständigenbeirat für Geprüftes Vermehrungsgut" als Grundlage für seine Zulassungsempfehlungen bei Pappelklonen regelmäßig Informationen und Ergebnisse zum Gesundheitszustand der Klone ein.

Die Erreichung einer dauerhaften Resistenz gegenüber dem Erreger des Pappelblattrostes *Melampsora larici-populina*. bedeutet für die Pappelzüchtung in Mitteleuropa eine besondere Herausforderung, da dieser Pilz schon junge Pappelpflanzen befallen und neben Wachstumseinbußen auch schwere Schäden bis hin zum Absterben der Pflanzen verursachen kann. Über viele Jahre haben sich die Züchter in Europa und Nordamerika nahezu ausschließlich auf interspezifische Hybriden mit mono- oder digener qualitativer Resistenz gestützt, die von *P. deltoides*

vererbt wird (Dowkiw und Bastien, 2007). Konsequenter, hoher Selektionsdruck, wahrscheinliche Mutationen und genetische Rekombinationen in den Pathogen-Populationen haben zu dem Auftreten neuer virulenter Pathotypen geführt. Keiner der *P. × interamericana*-Hybridklone, vor allem von *P. deltoides* × *P. trichocarpa*, blieb länger als fünf Jahre nach der Zulassung zum Handel frei von Rostbefall (Pinon und Frey, 2005).

Bei Umtriebszeiten von über 10 Jahren gewinnt die Resistenz gegenüber dem Erreger des Pappelkrebses *Xanthomonas populi* an Bedeutung. Diese Bakterienkrankheit tritt unter natürlichen Infektionsbedingungen etwa ab dem Alter 15 auf und verursacht bei den Pappeln Ast- und Stammnekrosen. Diese Schäden führen zu Zuwachsverlusten und holztechnologischer Entwertung und können anfällige Klone zum Absterben bringen. Durch Schwächung der Pflanzen durch den Pappelblattrost kann es jedoch als Sekundärbefall schon in früheren Jahren zu Infektionen mit dem Pappelkrebs kommen.

Die Arten der Sektionen *Aigeiros* und *Tacamahaca* lassen sich in der Regel über Steckhölzer vegetativ vermehren. Dies ermöglicht eine Selektion auf Individualebene (Verklonung), wodurch sich Genotyp-spezifische Eigenschaften und Merkmale kostengünstig direkt in der Praxis nutzen lassen.

Auf der Grundlage intensiver Züchtungsarbeiten mit Pappeln ab Mitte der 50er Jahre (allein in Hessen existieren über 160 Versuchsflächen) wurden von der Hessischen Forstlichen Versuchsanstalt (später in der NW-FVA aufgegangen) ab 1976 in Kooperation mit dem Forschungsinstitut für schnellwachsende Baumarten e. V. (FsB) bis zum Jahr 1992 Versuche zur Prüfung des Wuchsverhaltens verschiedener Baumarten in kurzen Umtriebszeiten von 2 bis etwa 12 Jahren durchgeführt, wobei die Raschwüchsigkeit in der Jugendphase und das vegetative Regenerationsvermögen insbesondere von Pappeln und Weiden im Vordergrund standen.

In enger Kooperation mit dem FsB wurde die hiesige Züchtungsarbeit auch auf europäischer Ebene und weltweit bekannt. Der frühere Leiter der Abteilung Forstpflanzenzüchtung der Hessischen Forstlichen Versuchsanstalt, Prof. Dr. Weisgerber, hat mit seinem Team die IUFRO working party S2.02.10 "Recent developments in poplar selection and propagation techniques" in Hann. Münden im Oktober 1989 veranstaltet. Zahlreiche vom Bund und der EU geförderte Projekte zur Pappelzüchtung und Generhaltung wurden in Hann. Münden durchgeführt.

So wurden zahlreiche vertriebsfähige Sorten zur Zulassung gebracht (Weisgerber, 1989, 1983) und verschiedene Produktionstechniken (Bohnens und Friedrich, 1990; Rau et al., 1988) entwickelt und verbessert. Basierend auf diesen Erkenntnissen und den Erfahrungen aus den ersten beiden Förderperioden des Verbundprojektes konnten Methoden und Verfahren im Bereich der Kreuzungstechniken, Leistungserfassung und -bewertung sowie der Resistenzprüfung gegenüber Pflanzenschädlingen wesentlich vertieft und ausgebaut werden.

Techniken der In-vitro-Vermehrung wurden für ein breites Sortenspektrum schnellwachsender Baumarten weiterentwickelt und optimiert (Agrawal und Gebhardt, 1994; Gebhardt, 1996, 1990, 1989).

Erkenntnisse aus der Pappelzüchtung haben die entwicklungspolitische Zusammenarbeit (GTZ-Projekte) mit der Volksrepublik China seit 1976 wesentlich unterstützt und gefördert (Zhou und Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, 1997). Aus der VR China wurden für die Resistenzzüchtung interessante Arten und Sorten eingeführt. Auch die Methoden der Resistenzprüfung wurden weiterentwickelt und verbessert (Gebhardt et al., 1989; Janßen, 1991; Kechel, 1984; Kechel und Böden, 1985).

I.2.4 Genmarker

Biochemische und molekulargenetische Methoden der Art- und Klonunterscheidung wurden u. a. im Rahmen eines EU-Projektes an Schwarzpappeln sowie Schwarzpappelhybriden entwickelt und erprobt (Gebhardt et al., 2001; Janßen, 1997; Storme et al., 2004). Sie dienen heute der Erstellung von Klonregistern und können zur Klärung von Kontrollfällen eingesetzt werden. Auch wurde während der ersten Förderperioden des Verbundprojekts FastWOOD ein standardisiertes, speziell auf die bearbeiteten Pappelarten abgestimmtes Markersystem (Mikrosatelliten) entwickelt, mit dessen Hilfe eine sichere Determinierung der Prüfglieder aber auch die Spezies-Zugehörigkeit und der Verwandtschaftsgrad analysiert werden können.

I.3 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die NW-FVA war Projektpartner und Koordinationsstelle des Verbundvorhabens „Züchtung schnell wachsender Baumarten der Gattungen *Populus*, *Robinia* und *Salix* für die Produktion nachwachsender Rohstoffe auf Kurzumtriebsplantagen (FastWOOD III)“.

Die weiteren Partner der dritten Phase dieses Verbundprojektes waren:

- Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung, Sieker Landstraße 2, 22927 Großhansdorf und Eberswalder Chaussee 3 A, 15377 Waldsiedersdorf (Dr. Mirko Liesebach)
- Staatsbetrieb Sachsenforst – Kompetenzzentrum Wald und Forstwirtschaft – Referat Forstgenetik/Forstpflanzenzüchtung (SBS), Bonnewitzer Straße 34, OT Graupa, 01796 Pirna (Dr. Heino Wolf)
- Bayerisches Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht (ASP), Forstamtsplatz 1, 83317 Teisendorf (Randolf Schirmer)
- Technische Universität Dresden, Institut für Forstbotanik und -zoologie (TUD), Pienner Str.7, 01737 Tharandt (Prof. Dr. Doris Krabel)
- Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE), Alfred-Möller-Str.1, 16225 Eberswalde (Dr. habil. Ralf Kätzel)
- Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e.V. (FIB), Brauhausweg 02, 03238 Finsterwalde (Dr. Dirk Knoche)

Über die gesamte Projektlaufzeit bestand intensive Zusammenarbeit der NW-FVA mit allen Projektpartnern. Regelmäßig stattfindende Projekttreffen ermöglichten zudem die Abstimmung der Arbeiten und die Festlegung und aktuelle Anpassung der Arbeitsplanung. Außerdem bestand eine enge Vernetzung zu weiteren Projekten an der NW-FVA, wie beispielsweise dem Verbundprojekt ProLoc (FNR, FKZ 22012112), den Projekten CF (FNR, FKZ 22030511), FitForClim (BLE/WKF, FKZ 28WB400701) und AdaptForClim (BLE/WKF, FKZ 28WB415201) oder auch Projekten an anderen Instituten wie „Biotechnologische Erzeugung tetraploider Elternpflanzen von Pappel und Robinie mit dem Ziel ihrer Verwendung für die Züchtung leistungsfähiger triploider Klone für die Biomasseproduktion“ oder „Identifizierung von Klonen und Kreuzungsnachkommen in der Gattung *Populus* mit Mikrosatellitenmarkern“ am Thünen-Institut.

Wissenschaftliche Kontakte ins Ausland wurden gepflegt und erweitert. Hervorzuheben sind die Kontakte in die VR China zu Prof. Man und anderen, in die USA zu Brian Stanton und Bernie McMahon sowie nach Belgien zu Marijke Steenackers.

In Zusammenarbeit mit dem Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen in Bad Hersfeld wurde eine KUP-Maxirotationsfläche konzipiert und gemeinsam als Demonstrationsfläche angelegt. Neben Pappeln wurden dort auch Baumweiden und Birken in die Versuchsanlage integriert. Diese Fläche wird in Zukunft von der NW-FVA weiter betreut.

Die staatliche Samendarre Wolfgang übernahm im Rahmen eines Kooperations-Vertrags mit der NW-FVA die Bewirtschaftung von Mutterklonquartieren und die Vermarktung der bereits zugelassenen Pappel-Spitzenklone. Zur Erarbeitung von Protokollen für weitere Nutzungsformen im Bereich der stofflichen Verwertung von Pappeln und Weiden wurden Stichproben ausgewählter Klone für das Institut für Holzbiologie und Holzprodukte (Professur Holger Miltz) der Universität Göttingen für holzchemische Analysen (Zellulose- und Ligningehalte) bereitgestellt und analysiert.

Die Klimadaten für die Standortbeschreibungen wurden über einen Kooperationsvertrag zwischen der NW-FVA und dem Deutschen Wetterdienst (DWD) bezogen.

Die Staatsdarren wurden bei der Bewirtschaftung der Mutterquartiere der in der zweiten Förderperiode neu zugelassenen drei Pappelklone weiterhin unterstützt und auf verschiedenen Veranstaltungen/Tagungen und auch Messen für das Material geworben. Auf Anfrage wurde eine Sortenberatung für potenzielle Kunden durchgeführt und Kontakte vermittelt. Die Überlegenheit der neu zugelassenen 'Matrix'-Sorte sowie der noch nicht zugelassenen Neuzüchtungen konnte interessiertem Publikum wiederholt auf der Versuchsfläche in Stölzingen deutlich demonstriert werden.

II. Ergebnisse

II.1 Erzielte Ergebnisse

II.1.1 Pappelzüchtung innerhalb und zwischen den Sektionen *Aigeiros* und *Tacamahaca* mit dem Ziel der Zulassung neuer Sorten

II.1.1.1 Fortführung der Pappel-Kreuzungen mit dem Schwerpunkt der Genpoolerweiterung durch Einkreuzung neuer Kreuzungspartner heimischer Vorkommen sowie aus dem asiatischen und amerikanischen Raum und bisher noch nicht in die Züchtung mit einbezogenen Materials älterer Versuchsflächen

Im Rahmen von FastWOOD (Teilprojekt 1) sind inzwischen insgesamt rund 513 Kreuzungskombinationen durchgeführt worden. Das Programm fokussierte sich dabei auf die Sektionen *Aigeiros* und *Tacamahaca* und innerhalb dieser vor allem auf die Arten *Populus trichocarpa*, *P. maximowiczii*, *P. deltoides* und *P. nigra*. Die aus diesen Kreuzungen erzeugten Nachkommenschaften wurden in mehreren Schritten auf ihre Eignung zum Anbau in KUP selektiert. Selektionskriterien waren hauptsächlich die Wuchsleistung, die Toleranzeigenschaften gegenüber dem Hauptschaderreger, dem Pappelblattrost *Melampsora larici-populina*, die Wiederausschlagfähigkeit, Dichtstandstoleranz und Vitalität. Dabei wurde anfangs auf Individuen zurückgegriffen, bei denen es sich um Altklone oder Nachkommen aus vergangenen Züchtungsprogrammen, wie z. B. die des Forschungsinstitutes für schnellwachsende Baumarten (kurz: FSB), handelt. Anschließend wurde zusätzlich Material aus freier Abblüte von vorausgewählten oder bereits bewährten Elternbäumen gewonnen. Die Väter konnten bei einem Großteil der Nachkommen durch genetische Elternschaftsanalysen ermittelt werden.

Darüber hinaus wurden Klone als Nachkommen gelenkter Kreuzungen erzeugt. Als Eltern wurden hier wiederum Individuen verwendet, die sich hinsichtlich der Zuchtziele bereits bewährt haben. Über die unter I.3 beschriebenen Kontakte konnte Pollen von ausländischen Arten und Klonen erworben werden, welcher für gezielte Kreuzungen im Kreuzungsprogramm Verwendung finden konnte.

Die Kreuzungen wurden inter- und intrasektionell sowie inter- und intraspezifisch durchgeführt. Geographisch gesehen wurden hierbei Europa, Asien und Nordamerika abgedeckt. Abbildung 1 gibt sowohl einen Überblick über die zur Kreuzung verwendeten Arten als auch über die durchgeführten Kreuzungen.

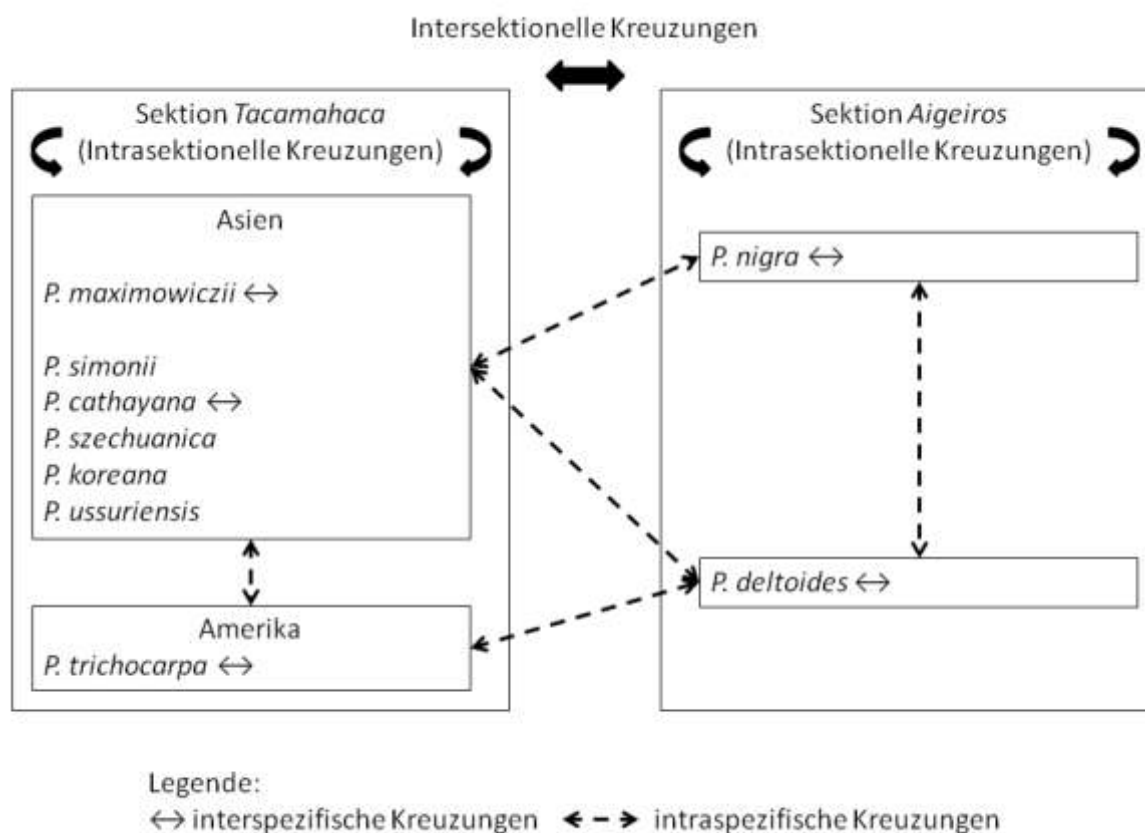


Abbildung 1: Überblick über die zur Kreuzung verwendeten Arten und die durchgeführten Kreuzungen.

Die durch die Kreuzungen erzeugten Sämlinge wurden in Beetkästen gepflanzt und hinsichtlich der Zuchtziele evaluiert. Die dann selektierten Individuen wurden verklont und in zwei Vorprüfungen weiter getestet, um die Auswahl weiter einzuengen. Anschließend folgte die Anbauprüfung in Feldversuchen unter praktischen Bedingungen. Eine Übersicht zu den Abläufen innerhalb des Züchtungsprogrammes findet sich bei Fey et al. (2018) und Borschel et al. (2015).

In Tabelle 2 wird ein Überblick über den Umfang des Kreuzungsprogrammes gegliedert nach den Vorarbeiten (NW-FVA) und den drei Projektphasen (FastWOOD I bis III) gegeben. Nach Jahren getrennt sind die Anzahl der weiblichen und männlichen Kreuzungspartner angegeben sowie die Anzahl der damit durchgeführten Kreuzungen und den daraus entstandenen Nachkommenschaften und Nachkommen. Die Anzahl der in die Vorprüfungen eingegangenen Klone wird zusätzlich angegeben.

Tabelle 2: Übersicht der bislang in FastWOOD (Teilprojekt 1) durchgeführten Kreuzungen nach Projektphasen und Züchtungsjahrgängen (VP = Vorprüfung, ¹Nachkommen plus zusätzlich evaluierte Altklone).

Projektphase	Jahr	♀	♂	Kreuzungen	Nachkommenschaften	Nachkommen	VP1	VP2
NW- FVA	2007	12	12	35	35	17493	456	405
	2008	9	9	71	18	89	150 ¹	52
FastWOOD I	2009	29	18	86	40	4902	452	228

	2010	18	10	54	32	2887	95	30
	2011	16	16	45	25	2952	287	287
FastWOOD II	2012	22	17	48	14	2300	157	137
	2013	22	19	69	37	1850	189	15
	2014	17	9	47	17	1080	181	15
FastWOOD III	2015	13	13	34	8	1110	43	43
	2016	6	2	24	2	43	10	10
	2017	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt		164	125	513	228	34706	1870	1222

Bereits vorhandenes Material aus vergangenen Züchtungsprogrammen ist vorwiegend in die erste Versuchsserie (Serie 603) eingegangen, die 2010 mit sechs Versuchen angelegt wurde. Nachkommen aus freier Abblüte ausgewählter Elternbäume wurden in der Serie 604 (Anlage 2011, drei Versuchsflächen) geprüft. Die Nachkommen der gelenkten Kreuzungen aus FastWOOD I (Kreuzungsjahrgänge 2009 bis 2011) sind nach der Selektion und den Vorprüfungen aufgegangen in den Versuchsserien 605 (Anlage 2013, drei Versuchsflächen) und 606 (Anlage 2015, vier Versuchsflächen). In Tabelle 3 ist die Häufigkeit der Arten und Kreuzungskombinationen in den Serien als Anzahl der zugehörigen Prüfglieder angegeben. In jeder Serie stellen Nachkommen aus der interspezifischen Kreuzung von *P. maximowiczii* × *P. trichocarpa* den größten Anteil an der Gesamtprüfgliedzahl dar. Noch zu erwähnen sind größere Anzahlen von artreinen *P. trichocarpa* Klonen in Serie 603 und von *P. trichocarpa* × *P. maximowiczii* Kreuzungen in Serie 606. In allen Serien wurden Altklone und Klone mit Namen, Sorten, als Referenzprüfglieder und zum Teil als Kontrollgruppe für die schließende Statistik mit angebaut. Bei Grotehusmann et al. (2017, 2015) findet sich ein Überblick über die Auswertung der Versuche in den Serien 603 und 604 sowie die Prüfung der einzelnen Klone. Als Kontrollgruppe wurden in den Auswertungen von Grotehusmann et al. (2017) stets 'Hybride 275' und 'Max 1' verwendet.

Tabelle 3: Übersicht über die Verteilung von Prüfgliedern (PG) auf die Versuchsserien sowie die Kreuzungskombination und Zugehörigkeit von bekannten Sorten (Altklone) (Tabelle nach Fey et al., 2018).

Serie	PG [n]	Art / Kreuzungskombination (KK)	Art_ID	PG je KK [n]	Gruppe enthält
603	41	<i>P. deltooides</i> × <i>P. nigra</i> (= <i>P. × canadensis</i>)	PDN	2	'Robusta', 'AF 2'
		<i>P. maximowiczii</i>	PM	1	
		<i>P. maximowiczii</i> × freie Abblüte	PMFA	1	
		(<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. berolinensis</i>) × <i>P. trichocarpa</i>	PMXBeT	1	
		<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>	PMT	14	'Androscoggin', 'Hybride 275', Matrix-Klone
		<i>P. nigra</i> × <i>P. laurifolia</i>	PNLf	1	
		<i>P. nigra</i> × <i>P. maximowiczii</i>	PNM	3	'Max 1', 'Max 3'
		(<i>P. nigra</i> × <i>P. maximowiczii</i>) × <i>P. maximowiczii</i>	PNMM	1	
		<i>P. trichocarpa</i>	PT	12	'Weser 4', 'Weser 6', 'Muhle Larsen', 'Trichobel'
		<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. deltooides</i>	PTD	2	
		<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. koreana</i>	PTK	1	
		(<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. koreana</i>) × <i>P. maximowiczii</i>	PTKM	2	
604	25	<i>P. deltooides</i>	PD	2	
		<i>P. deltooides</i> × <i>P. nigra</i> (= <i>P. × canadensis</i>)	PDN	1	'AF 2'
		<i>P. maximowiczii</i>	PM	1	
		<i>P. maximowiczii</i> × freie Abblüte	PMFA	1	
		<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>	PMT	17	'Hybride 275'
		<i>P. nigra</i> × <i>P. maximowiczii</i>	PNM	1	'Max 1', 'Max 3'
		<i>P. trichocarpa</i>	PT	2	'Muhle Larsen', 'Brühl 8'
605	36	<i>P. alba</i>	PA	1	'Villafranca'
		<i>P. deltooides</i> × <i>P. nigra</i> (= <i>P. × canadensis</i>)	PDN	1	'AF 2'
		<i>P. maximowiczii</i> × freie Abblüte	PMFA	2	
		<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. nigra</i>	PMN	2	
		<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>	PMT	25	'Hybride 275', 'Matrix 49'
		<i>P. nigra</i> × <i>P. maximowiczii</i>	PNM	1	'Max 1'
		<i>P. trichocarpa</i>	PT	1	'Muhle Larsen'
		(<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. deltooides</i>) × <i>P. maximowiczii</i>	PTDM	2	
		<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. maximowiczii</i>	PTM	1	
606	39	<i>P. maximowiczii</i> × freie Abblüte	PMFA	2	
		<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. nigra</i>	PMN	1	
		<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>	PMT	15	'Hybride 275', 'Matrix 11'
		<i>P. nigra</i> × <i>P. maximowiczii</i>	PNM	1	'Max 1'
		<i>P. szechuanica</i> × <i>P. trichocarpa</i>	PSzT	3	
		<i>P. trichocarpa</i>	PT	5	
		<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. cathayana</i>	PTC	1	
		<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. maximowiczii</i>	PTM	10	

Serie	PG [n]	Art / Kreuzungskombination (KK)	Art_ID	PG je KK [n]	Gruppe enthält
		<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. ussuriensis</i>	PTU	1	

Die Kreuzungen der Jahre 2012 bis 2016 (FastWOOD II und III) wurden bisher nur in den Vorprüfungen auf den Flächen in und um Hann. Münden getestet. Zum Erhalt des Genmaterials und zur potenziellen Vermehrung der Klone für weitere zukünftige Versuchsserien wurden zwei Flächen angelegt: Die Fläche „Sportplatz“ dient hauptsächlich als Klonarchiv, in dem alle wichtigen Nachkommen der FastWood Kreuzungen gesichert werden. Die Fläche „Roggenfeld“ (s. Abbildung 2) dient primär als Vermehrungsquartier und enthält eine Bestenauslese der Klone der Kreuzungsjahre 2012 bis 2016 sowie eine Auswahl weiterer überlegener Klone (insgesamt 100 Pappel- und Weidenklone).



Abbildung 2: Klonquartier "Roggenfeld" nach der Neuanlage 2017. Die Fläche dient als Vermehrungsquartier und Prüffläche der 100 besten Klone von Weide und Pappel aus den FastWOOD TP1 Kreuzungen von 2012 bis 2016.

Auf beiden Flächen werden fortlaufend Bonituren zur Evaluierung der gesicherten Klone durchgeführt. Nach Projektende gehen diese Flächen in die Betreuung der Abteilung C - Waldgenressourcen der NW-FVA über und werden fortlaufend gepflegt und untersucht.

Die Tabelle 4 zeigt eine Übersicht der für das Vermehrungsquartier „Roggenfeld“ ausgewählten Prüfglieder der Kreuzungsjahre 2012 bis 2016, die durch das Rankingverfahren in den Vorprüfungen entstand.

Tabelle 4: Neue ausgewählte Prüfglieder der Kreuzungsjahre 2012 bis 2016 für die Neuanlage des Prüf- und Vermehrungsquartiers "Roggenfeld"

Kreuzungsjahr/Klon-Name	Anzahl Klone	Spezies ID	Art / Kreuzung
2012	2	PTM	<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. maximowiczii</i>
2012	6	PMT	<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>
2012	1	PTM	<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. maximowiczii</i>
2012	4	PTT	<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. trichocarpa</i>
2013	1	PMTT	(<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>) × <i>P. trichocarpa</i>
2013	6	PMT	<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>
2013	5	PMMT	<i>P. maximowiczii</i> × (<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>)
2013	3	PD	<i>P. deltoides</i>
2014	1	PMY	<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. yunnanensis</i>
2014	1	PTT	<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. trichocarpa</i>
2014	10	PMT	<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>
2014	3	PMY	<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. yunnanensis</i>
2015	1	PSzC	<i>P. szechuanica</i> × <i>P. cathayana</i>
Standard- u. Referenzprüfglieder			
'Max 1'		PNM	<i>P. nigra</i> × <i>P. maximowiczii</i>
'Muhle Larsen'		PT	<i>P. trichocarpa</i>
'Hybride 275'		PMT	<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>
'Fastwood 1'		PMT	<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>
'Bakan'		PTM	<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. maximowiczii</i>

Im Vergleich der Nachkommen haben sich bisher vor allem die Hybriden der Kreuzungskombination *P. maximowiczii* × *P. trichocarpa* bewährt (Fey et al., 2018; Grotehusmann et al., 2017, 2015). Vor allem in den jüngeren Kreuzungsjahrgängen wurden Kreuzungen mit Arten durchgeführt, die bisher noch nicht kombiniert wurden.

Während der dritten Projektphase von FastWOOD wurden fast 60 Kreuzungen durchgeführt (vgl. Tabelle 2). Im Kreuzungsjahr 2015 wurden intraspezifische Kreuzungen mit *P. trichocarpa* und *P. cathayana* mit neuen Partnern wiederholt. Bis dato neue Kreuzungsversuche mit *P. simonii* und *P. szechuanica* wurden unternommen, aus denen 28 Sämlinge entstanden. Auch interspezifische Kreuzungen erfolgten wieder, aus denen 15 Sämlinge entstanden. Erfolgreich konnten die Kombinationen *P. nigra* × *P. cathayana*, *P. deltoides* × *P. cathayana*, *P. deltoides* × *P. maximowiczii* und *P. szechuanica* × *P. nigra* gekreuzt werden. In der Vorprüfung zeigte sich rasch die Überlegenheit der interspezifischen Kreuzung zwischen *P. szechuanica* und *P. cathayana*, aus der ein Nachkomme als bester Klon aus den Kreuzungen 2015 hervorging (Klon NW17-0671C) und in das Spitzenportfolio der letztjährigen Kreuzungen mit aufgenommen wurde. Dieser Klon tat sich durch Wuchsleistung, Geradschaftigkeit und Rosttoleranz hervor. Der Klon wurde bereits im Prüf- und Vermehrungsquartier

„Roggenfeld“ für spätere Versuchsserien vermehrt (Absteckung 2018). Damit bereichert erstmalig eine rein asiatische, überlegene Balsampappel-Hybride den Genpool der Züchtungsprodukte.

Eine weitere vielversprechende Artkombination stellt die zu den "Matrix"-Hybriden (*P. maximowiczii* × *P. trichocarpa*) reziproke Kreuzungskombination "Trimax" (*P. trichocarpa* × *P. maximowiczii*) dar. In Serie 605 ist ein Klon dieser Kreuzungskombination vorhanden (Klon NW10-0044B). In der vierten Pappelversuchsserie 606 konnten zehn erfolgreiche "Trimax"-Kreuzungen aus den Kreuzungsjahren 2010 und 2011 auf den vier Versuchsflächen in Mittel- und Norddeutschland ausgebracht werden. Bei diesen Prüfgliedern zeigen sich überlegene Eigenschaften besonders hinsichtlich Wipfelschäftigkeit, Geradschaftigkeit und Triebstabilität (s. Abbildung 3).



Abbildung 3: Zwei Aufnahmen des Klons NW10-0044B *P. trichocarpa* × *P. maximowiczii* im Versuch 30.266.015 Stiedenrode II (Pappelserie 605). Bei beiden Aufnahmen handelt es sich um den Aufwuchs nach der ersten Ernte (vierjähriger Wurzelstock). Die linke Aufnahme wurde am 17.08.2016, die rechte Aufnahme am 12.09.2016 gemacht.

Die belgischen Klone 'Skado' und 'Bakan', bei denen es sich ebenfalls um Nachkommen aus einer "Trimax"-Kreuzungskombination handelt, haben sich auf Versuchsflächen des ASP in Bayern (Versuche bei Rosenheim, 2015 zum Projekttreffen besichtigt) als überlegen bewiesen und konnten auch in den Vorprüfungen des FastWOOD TP1 durch hohe Wüchsigkeit und Vitalität überzeugen. Diese Klone zeichneten sich auf einer Fläche zur Prüfung der Eignung im Anbau in Midirotation (Stiedenrode VI 30.267.009, Ergebnisse s. II.1.2.4) durch anhaltende Wuchsleistung im Jahresverlauf aus. Selbst im Spätherbst zeigte sich keine Laubfärbung. Die Blätter fielen nach dem ersten starken Frost im grünen Zustand ab. Der Frühling mit mehreren ausgeprägten Spätfrösten verursachte bei 'Bakan' (s. Abbildung 4) und weiteren PTM-Hybriden keine Zuwachseinbußen (Fehrenz et al., 2017).



Abbildung 4: Die linke Aufnahme ist am 02.11.2016 entstanden und zeigt den Klon 'Bakan' im Spätherbst nach dem ersten Frost. Die rechte Aufnahme zeigt den gleichen Klon im Frühling nach mehreren Spätfrösten am 25.04.2017. Beide Aufnahmen wurden auf der Versuchsfläche 30.267.009 Stiedenrode VI (Midirotation) gemacht.

Im Vermehrungsquartier Roggenfeld sind neben zahlreichen Nachkommen aus "Matrix"-Kreuzungen weitere "Trimax"-Klone enthalten. Abbildung 5 enthält die mittleren Höhen mehrerer ausgewählter Prüfglieder im Roggenfeld nach der ersten Vegetationsperiode nach Flächenanlage in 2017. Nach dem ersten Jahr zeigen sich Leistungsunterschiede hinsichtlich des Höhenwuchses im Vergleich zu den Standard- und Referenzklonen (hier auch 'Fastwood 1' und 'Bakan'). Die größte Mittelhöhe wurde für den Klon NW16-0615D der Kreuzungskombination *P. maximowiczii* × *P. trichocarpa* ermittelt, gefolgt vom "Trimax"-Klon NW15-0326N. Auch wenn hinsichtlich der Wüchsigkeit die "Trimax"-Klone in den Versuchsserien meist hinter den "Matrix"-Klonen liegen, zeichnen sich erstere wie beschrieben durch die gerade Schaftform, Wipfelschäftigkeit und Stabilität der Triebe aus (s. Abbildung 6). Diese Eigenschaften prädestinieren diese Genotypen für den Anbau in längeren Umtriebszeiten und die stoffliche Verwertung. Es bleiben die Ergebnisse weiterer Versuchsserien in Midi- und Maxirotation abzuwarten. Die Anfälligkeit hinsichtlich Pathogenbefall ist bei diesen Klonen ebenfalls noch weiter zu evaluieren. Auf die Wuchsleistung der Kreuzungskombinationen in den Serien wird weiter unten unter II.1.2.2 und II.1.2.4 noch ausführlicher eingegangen.

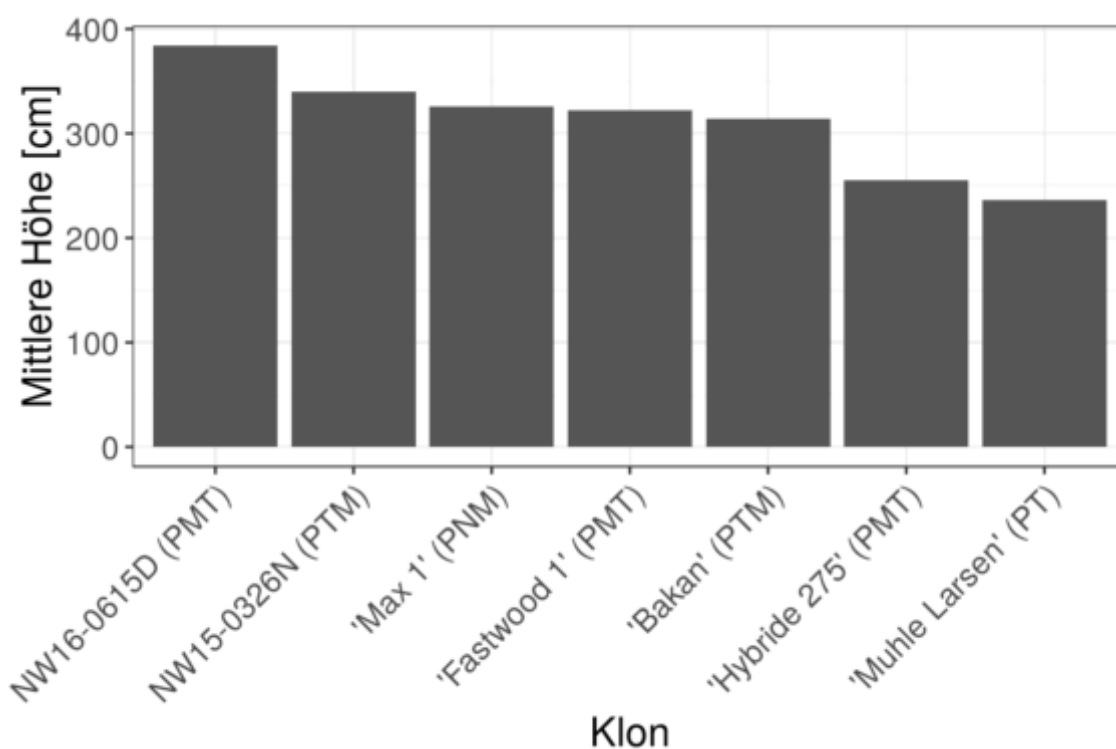


Abbildung 5: Mittlere Triebhöhen für ausgewählte Klone gemessen nach einer Vegetationsperiode (2017) im Klonquartier "Roggenfeld".



Abbildung 6: „Trimax“ Klon NW15-0326N, gekennzeichnet durch sehr geraden, wipfelschäftigen Wuchs mit einem stabilen Trieb, der durch Sturm, Regen und Eigengewicht der großen Blätter nicht krumm wächst oder umfällt. Zudem zeigt der Klon ein sehr gutes Anwuchsverhalten und homogenen Aufwuchs.

II.1.2 Prüfung der Anbaueignung des neu gezüchteten Materials aus den Sektionen *Aigeiros* und *Tacamahaca*

II.1.2.1 Anlage neuer Klonprüfungen bei Pappel

Zusätzlich zu den in der ersten und zweiten Projektphase angelegten Versuchsflächen der Serien 603, 604 und 605 wurden in den Monaten März bis Mai 2015 vier neue Versuchsflächen angelegt, die zur Serie 606 zusammengefasst wurden. Die Standorte der Versuchsflächenserie 606 befinden sich in Hessen (021 Stiedenrode), Niedersachsen (019 Augustfehn und 020 Siemen) sowie in Brandenburg (022 Herzberg). Zur Identifizierung der Versuche wurden unmittelbar benachbarte Flächen zu Versuchsorten zusammen gefasst. Abbildung 7 enthält die geographische Lage der Versuchsorte. In Tabelle 5 ist die Zuordnung der einzelnen Versuchsflächen zu den Versuchsorten angegeben.



Abbildung 7: Koordinaten aller im FastWOOD TP1 angelegten Versuchsorte.

Tabelle 5: Auflistung aller Versuchsorte (ID und Bezeichnung) und deren zugehörige Versuchsflächen. Zu den Versuchsflächen sind die jeweiligen Serien, Anlagejahre und Bundesländer angegeben.

Versuchsort		Versuchsfläche				
ID	Name	Serie	Aktenzeichen	Name	Anlage	Land
01	Stölzingen	603	30.266.005	Stölzingen	2010	HE
02	Wallstawe	603	30.266.006	Wallstawe I	2010	ST
		604	30.266.012	Wallstawe II	2011	
03	Anderlingen	603	30.266.007	Anderlingen	2010	NI
04	Lehmbach	603	30.266.008	Lehmbach I	2010	BY
		604	30.266.013	Lehmbach II	2011	
05	Emmendingen	603	30.266.009	Emmendingen	2010	BW
06	Thammenhain	603	30.266.010	Thammenhain	2010	SN
07	Stiedenrode Northwest	604	30.266.011	Stiedenrode I	2011	HE
08	Stiedenrode Ost	605	30.266.015	Stiedenrode II	2013	HE
		606	30.266.021	Stiedenrode III	2015	
		615	30.267.004	Stiedenrode IV	2015	
09	Bardowick	605	30.266.016	Bardowick	2014	NI
10	Graupa	605	30.266.017	Graupa	2013	SN
11	Seeburg	-	30.266.018	Seeburg	2014	NI
12	Augustfehn	606	30.266.019	Augustfehn I	2015	NI
		615	30.267.002	Augustfehn II	2015	
13	Siemen	606	30.266.020	Siemen I	2015	NI
		615	30.267.003	Siemen II	2015	
		616	30.267.006	Siemen III	2016	
14	Herzberg	606	30.266.022	Herzberg	2015	BB
15	Mehrbachfeld	615	30.267.005	Mehrbachfeld I	2015	HE
		616	30.267.008	Mehrbachfeld II	2016	
16	Stiedenrode West	616	30.267.007	Stiedenrode V	2016	HE
		-	30.267.009	Stiedenrode VI	2016	

Die Versuchsflächen der Serie 606 wurden mit jeweils 32 neuen Pappelprüfgliedern, drei Standardklonen und einer Mischklonparzelle zur Blattrostuntersuchung angelegt (s. Tabelle 6). Das Material stammt überwiegend aus den in der Klonprüfung 2014 selektierten Nachkommen aus gelenkten Kreuzungen. Eine quantitative Übersicht über die Anzahl der Prüfglieder ist in Tabelle 3 enthalten. In Tabelle 6 sind alle Prüfglieder einzeln mit der zugehörigen Klon-Nummer gelistet.

Tabelle 6: Prüfglieder 2015 für die Neuanlage der vier Versuche in Serie 606. Die Klon-Nummern folgen der Nomenklatur der NW-FVA. Im Versuch 021 Stiedenrode III musste 'Matrix 49' das Prüfglied NW13-0645G ersetzen.

Klon-Nummer	Klon-Name	Art / Kreuzung	Bemerkung
NW11-0133G		<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>	
NW11-0135K		<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>	
NW11-0145W		<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>	
NW11-0303K		<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>	
NW11-0439W		<i>P. maximowiczii</i> × freie Abblüte	
NW11-0160P		<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>	
NW12-0721G		<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>	
NW12-0725M		<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>	
NW12-0727P		<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>	
NW12-0729S		<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>	
NW12-0746M		<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>	
NW13-0644F		<i>P. szechuanica</i> × <i>P. trichocarpa</i>	
NW13-0645G		<i>P. szechuanica</i> × <i>P. trichocarpa</i>	
NW13-0646H		<i>P. szechuanica</i> × <i>P. trichocarpa</i>	
NW13-0667H		<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. maximowiczii</i>	
NW13-0668K		<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. maximowiczii</i>	
NW13-0670M		<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. maximowiczii</i>	
NW13-0673R		<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. maximowiczii</i>	
NW13-0678W		<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. maximowiczii</i>	
NW13-0719V		<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. cathayana</i>	
NW13-0749F		<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. maximowiczii</i>	
NW13-0751H		<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. maximowiczii</i>	
NW13-0752K		<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. maximowiczii</i>	
NW13-0756P		<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. maximowiczii</i>	
NW13-0780T		<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. ussuriensis</i>	
NW13-0839N		<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. trichocarpa</i>	
NW13-0842S		<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. trichocarpa</i>	
NW09-0317B		<i>P. maximowiczii</i> × freie Abblüte	
NW11-0206U		<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>	
NW13-0866V		<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. nigra</i>	
NW13-0843T		<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. trichocarpa</i>	
NW13-0844V		<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. trichocarpa</i>	
NW07-0729A	'Max 1'	<i>P. nigra</i> × <i>P. maximowiczii</i>	Standard
NW07-0199U	'Matrix 11'	<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>	Standard
NW07-0728Z	'Hybride 275'	<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>	Standard
Rostmix			
NW08-1975X	'Matrix 49'	<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>	Standard
NW12-0731U		<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>	Nachrücker

Das Versuchsdesign der Einzelflächen ist analog zu denen der vorangegangenen Serien als Dreisatzgitter angelegt worden. Der Pflanzverband wurde mit 2,0 x 0,5 m dem zurzeit geläufigsten KUP-Pflanzverband angepasst. Die Anzahl der Wiederholungen wurde gegenüber der Serie 605 von

fünf auf sechs erhöht. Jede Einzelparzelle setzt sich aus vier Reihen zusammen, die jeweils sechs Bäume beinhalten. Die Kernparzelle, in der die Messungen durchgeführt wurden, setzt sich aus den inneren acht Bäumen zusammen (Zweiter bis fünfter Baum der Reihen zwei und drei). Alle restlichen Bäume bilden den Parzellenrand. Die Versuchsflächen der Serie 606 haben bei der gegebenen Zusammensetzung eine Größe von 5.184 m².

Die Flächen wurden vor Anlage nicht gedüngt. Die Flächenvorbereitung sah auf dem Versuch 019 Augustfehn eine Behandlung mit Totalherbizid im Herbst vor sowie Eggen und Walzen im Frühjahr vor der Pflanzung. Vor der Anlage befand sich die Fläche in Weidenutzung. Die Fläche in Siemen (020) war vor Versuchsanlage ein Kartoffelacker. Hier wurde im Spätherbst gegrubbert und im Frühling geeeggt und gewalzt. In 021 Stiedenrode, vorherig eine Brachfläche, wurde der Boden gepflügt und vorm Stecken gegrubbert und gefräst. In Herzberg (022) wiederum wurde ebenfalls ein Totalherbizid angewandt und vor der Pflanzung gegrubbert. Die Fläche war in der Vornutzung Ackerland. Die Pflanzung selber erfolgte mit einjährigen Steckhölzern als Pflanzmaterial und Stecken mit dem Locheisen. Die Witterung zur Pflanzung war mit ca. 10 °C Lufttemperatur in 019 Augustfehn und 020 Siemen ähnlich. In Augustfehn war das Wetter windig und feucht in Siemen dagegen windig und trocken.



Abbildung 8: Versuchsfläche 020 Siemen im April 2015 zur Pflanzung.

In Stiedenrode und Herzberg waren die Bedingungen mit ca. 20 °C Lufttemperatur deutlich trockener. Die Pflanzung fand hier jedoch auch später (Mai) statt, während die Pflanzung in Augustfehn (März) und Siemen (April) früher abgeschlossen waren. Nach der Pflanzung wurden die Versuche mit mindestens 1,6 m hohem Knotengeflecht eingezäunt. Bei der Versuchsfläche 021 kam es beim Zaunbau zu Verzögerungen, wodurch Rehwild auf der Nachbarfläche einige Weidenprüfglieder

verbissen hat. Die Parzellen wurden mit Aluminium-Profilstäben und daran angebrachten Etiketten markiert.

II.1.2.2 Aufnahme und Auswertung bestehender Klonprüfungen bei Pappel

Im Folgenden wird zunächst auf die Aufnahmemethodik auf den Klonprüfungen eingegangen und anschließend die Ergebnisse aus den Versuchsserien in FastWOOD III vorgestellt. Die verwendete Aufnahmemethodik hat sich in den vorangegangenen Projektphasen bereits bewährt und wurde, auch um die Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten, weitgehend beibehalten.

Die Bonitur der Zuwachsparemeter erfolgte in allen Serien (603 bis 606) und den Flächen ohne Serienzuordnung (Maxirotationsfläche 30.266.018 Seeburg (s. Tabelle 5)) jährlich außerhalb der Vegetationszeit zwischen November und April.

Dazu wurde der pflanzplatzweise Ausfall aufgenommen und bei den vorhandenen Pflanzen der Kernparzellen die Höhe und der Brusthöhendurchmesser (BHD in 1,3 m) aller Triebe gemessen. In der zweiten Rotation nach Rückschnitt wurden die Einzeltriebe der Stockausschläge gemessen, wenn deren Triebbasis unterhalb von 10 cm Höhe des Hauptstammes am Wurzelstock sitzt. An den Trieben, die diese Voraussetzung erfüllen, wurde der BHD gemessen, wenn mindestens eine Höhe von 1,3 m erreicht wurde. Die Höhenmessungen wurden in der zweiten Rotation aufgrund der teilweise großen Triebzahl je Stock reduziert und nur an zwei Pflanzplätzen der Kernparzelle durchgeführt. Für die restlichen Pflanzplätze können die Triebhöhen über standort- und klonspezifische Höhenkurven geschätzt werden.

Zur Ermittlung der Biomasseleistung in Form des durchschnittlichen Gesamtzuwachses (dGZ in $[t_{atro} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}]$) bezogen auf die jeweilige Umtriebszeit erfolgte nach dreijähriger Rotationsdauer die Massenbestimmung auf den Flächen der Serien 603 bis 606. Dazu wurde nach der Bestimmung der Zuwachsparemeter je Standort und Klon eine Kluppliste basierend auf der Durchmesser- und Höhenverteilung erstellt. Die Kluppliste sieht eine Messung von $n = 12$ Trieben vor, deren BHD gleichmäßig über das Durchmesserspektrum verteilt sind, beginnend bei einem BHD von $>10 \text{ mm}$ bis zum maximalen Durchmesser in gleichmäßigen Abständen. Entsprechend den vorgegebenen Durchmessern wurden 12 Triebe ausgewählt, neu gekluppt und anschließend deren Frischmasse ermittelt. Über die so gemessenen 12 Wertepaare aus Durchmesser und Frischmasse wurde standort- und klonspezifisch eine Biomassefunktion des allometrischen Ansatzes $y = a_0 x^{a_1}$ parametrisiert. Mithilfe der parametrisierten Funktion wurde für die restlichen BHD-Werte die Frischmasse geschätzt. Zur Bestimmung der Trockenmasse wurden von den ursprünglich 12 vermessenen Trieben sechs ausgewählt. Diese wurden jeweils der Länge nach in drei gleich große Kompartimente eingeteilt. Aus der Mitte jedes Kompartiments wurde von den Trieben und deren eventuell vorhandenen Seitenästen ca. 3 cm langes Material als Probe entnommen. Stärkere Triebe wurden zusätzlich der Länge nach gespalten. Das entnommene Material wurde zu zwei Mischproben von jeweils ungefähr 1.000 g vereinigt und sofort frisch auf 1 g genau verwogen. Die Proben wurden in Beutel gefüllt und anschließend im Labor nach Vorgaben der entsprechenden DIN-Norm für feste Biobrennstoffe (vgl.

DIN Deutsches Institut für Normung e. V., 2010) bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Nach nochmaligem Wiegen konnte die Trockenmasse ermittelt werden und in Verrechnung mit der Frischmasse der Wassergehalt sowie der Trockensubstanzgehalt ermittelt werden. Die geschätzten Frischmassen der Einzeltriebe konnten dann in Trockenmassen umgerechnet werden. Basierend auf den Trieb-Trockenmassen wurde parzellenweise der Biomasseertrag als Summe berechnet und auf den Hektar bezogen, um die Werte untereinander vergleichbar zu machen. Die so erhaltenen Angaben als $[t_{atro} ha^{-1}]$ können durch die Länge der Umtriebszeit geteilt werden, um den dGZ zu erhalten. Die verwendete Methodik zur Biomasseschätzung folgt damit weitgehend der bei Röhle (2009) beschriebenen Regressionsmethode.

Die Leistungsbonituren auf den Vorprüfungsflächen folgten der Aufnahmemethodik auf den Versuchsflächen. Zusätzlich zu Ausfall, Triebhöhe und BHD wurde hier noch der Wurzelhalsdurchmesser in 10 cm Höhe am Trieb gemessen, da es sich überwiegend um einjährige Pflanzen handelt. Die Bonitur des Pathogenbefalls auf den Vorprüfungen und den Versuchsflächen wird unter II.1.6 näher beschrieben.

Ergebnisse der Biomassebonituren auf den Pappelflächen

Abbildung 9 ermöglicht einen Vergleich der Biomasseleistung in der ersten und zweiten Rotation zwischen den Serien und den jeweils zugehörigen Versuchsflächen. Datengrundlage sind die prüfgliedweisen Mittelwerte aus der Einzelversuchsauswertung (vgl. Fey et al., 2018; Grotehusmann et al., 2015, 2017). Der Ertrag wird als durchschnittlicher Gesamtzuwachs in $[t_{atro} ha^{-1} a^{-1}]$ auf die dreijährige Rotation bezogen angegeben. Hinsichtlich der Erträge in der ersten Rotation schneidet die zuletzt angelegte Serie 606 mit $6,14 t_{atro} ha^{-1} a^{-1}$ am besten ab, gefolgt von der Serie 603 mit $5,23 t_{atro} ha^{-1} a^{-1}$ und Serie 604 mit $4,71 t_{atro} ha^{-1} a^{-1}$. Die Serie 605 lieferte die bis dato niedrigsten Erträge nach dreijähriger Umtriebszeit mit $2,62 t_{atro} ha^{-1} a^{-1}$. Die Erträge der zweiten Rotation betreffend schneiden die Klone der Serie 604 im Mittel mit $11,7 t_{atro} ha^{-1} a^{-1}$ besser ab als die der Serie 603 mit $10,7 t_{atro} ha^{-1} a^{-1}$. Im Verhältnis zur ersten Rotation sind die Ertragszunahmen in 604 dadurch ebenfalls größer.

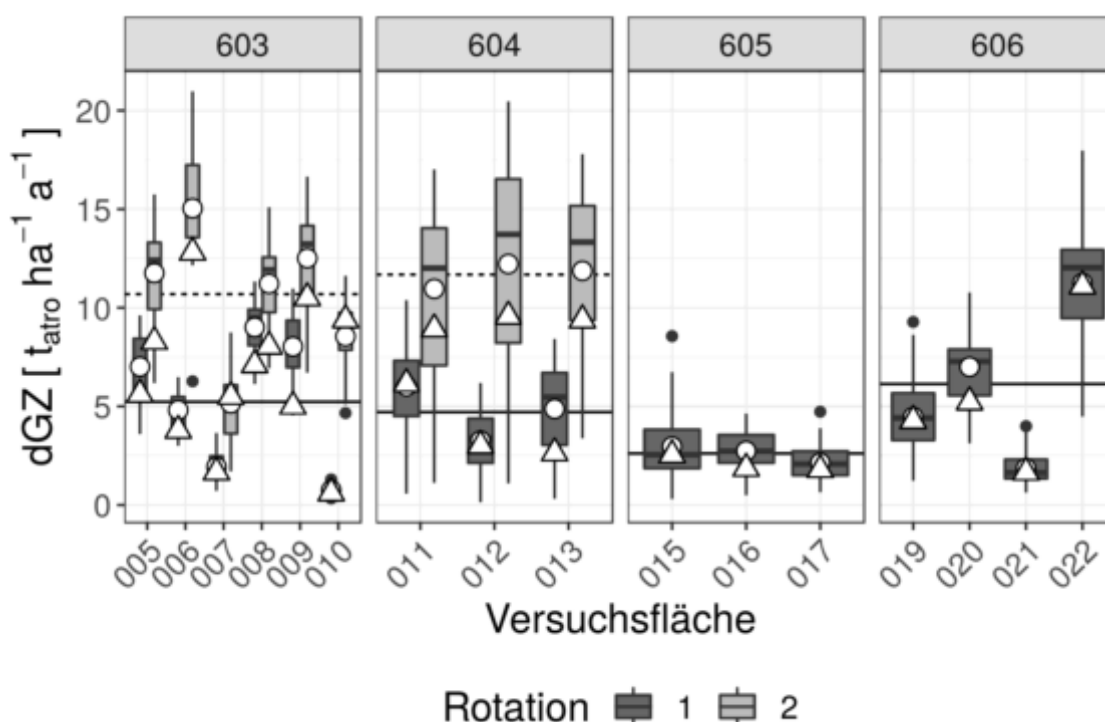


Abbildung 9: Ertrag als dGZ der getesteten Klone auf den Versuchsflächen der Serien 603 bis 606 in der ersten und zweiten Rotation (wenn vorhanden). Die durchgezogene Linie markiert den mittleren dGZ der ersten Rotation, die gestrichelte Linie den mittleren dGZ der zweiten Rotation. Die weiß gefüllten Kreise markieren den Mittelwert des dGZ je Versuchsfläche. Das weiß gefüllte Dreieck markiert den mittleren dGZ der Sorte 'Max 1' auf der jeweiligen Versuchsfläche (Abbildung nach Fey et al., 2018).

Innerhalb der Serien kann das Ertragsniveau der Versuchsflächen miteinander verglichen werden. Der Vergleich von versuchsweisen Ertragsniveaus zwischen den Serien wird durch die unterschiedlichen Prüfgliedsätze eingeschränkt, was im Folgenden berücksichtigt werden muss. Möglich bleibt der Vergleich des Abschneidens vom Referenzprüfglied 'Max 1' in unterschiedlichen Umwelten, wobei hier auch eine mögliche Genotyp-Umwelt-Interaktion in die Betrachtung mit einbezogen werden müsste.

Die durchschnittlich höchsten Erträge in der ersten Rotation mit $11,25 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ wurden auf der Versuchsfläche 30.266.022 Herzberg erzielt. Hier ist jedoch auch die sehr große Streuung von 4,48 bis $17,96 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ zu beachten. Die sowohl insgesamt als auch bezogen auf die zweite Rotation höchsten Erträge wurden in 30.266.006 Wallstawe I mit $15,04 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ erreicht. Dieser Standort zeichnet sich zusätzlich durch die höchste absolute Ertragszunahme aus. Ausgehend von $4,81 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ zur ersten Ernte steigerte sich die Massenleistung zur zweiten Ernte um $10,23 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (Faktor 3,13). Die absolut niedrigsten Erträge lagen in 30.266.010 Thammenhain mit $0,75 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ vor. Im zweiten Umtrieb steigerte sich der Ertrag auf $8,55 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$, was der größten relativen Ertragszunahme um den Faktor 11,4 entspricht. Thammenhain überholt damit im Ranking den Versuch in Anderlingen (30.266.007), der in der zweiten Rotation den niedrigsten dGZ von $5,15 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ aufweist. Hinsichtlich Rangverschiebungen aufgrund der Rückschnitts-bedingten Ertragsdynamik ist noch auf die Fläche Wallstawe II (30.266.012) in Serie 604 hinzuweisen. Während die Fläche in der ersten Rotation noch an letzter Stelle im Vergleich der drei Flächen liegt, setzt sich der Versuch in der zweiten Rotation mit seinem durchschnittlichen Ertrag an die Spitze, auch wenn die

Unterschiede zwischen den Flächen im Mittel nicht deutlich sind. Die Unterschiede in den Erträgen der Spitzenklone fallen dagegen deutlicher aus (obere "Whisker" der Boxplots). Insgesamt nehmen in Serie 604 die Unterschiede zwischen den Flächen von einer Standardabweichung von $1,39 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ auf $0,65 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ab.

Hinsichtlich der Unterschiede zwischen den Ertrags-Flächenmitteln weist die Serie 606 mit einer Standardabweichung von $4,00 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ in der ersten Rotation die größte Heterogenität auf. Serie 603 hat in beiden Rotationen vergleichbare Werte (erste Rotation $3,36 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$, zweite Rotation $3,43 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$). Die Serie 605 hat vergleichsweise homogene Flächenmittel mit einer Standardabweichung von $0,42 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. Zu dieser Serie ist noch zu erwähnen, dass in Stiedenrode II (30.266.015) und Bardowick (30.266.016) Anlageschwierigkeiten bestanden, die in Bardowick sogar zur Neuanlage der Fläche in 2014 führten. In Stiedenrode III (30.266.021) bestanden ebenfalls Schwierigkeiten, wie bereits unter II.1.2.1 beschrieben.

Aus züchterischer Sicht ist das Abschneiden des Kontrollklons 'Max 1' im Verhältnis zum Ertragsniveau des restlichen Prüfgliedsatzes noch von Interesse. Die größten Differenzen liegen in Serie 603 mit Ausnahme von Anderlingen (30.266.007) und Thammenhain (30.266.010) vor. In Serie 604 setzt diese Differenzierung erst zur zweiten Rotation ein, mit Ausnahme von 30.266.013 Leimbach II, hier lag der dGZ von 'Max 1' bereits in der ersten Rotation unter dem Versuchsmittel. Auf den Flächen der beiden zuletzt angelegten Serien zeigen sich bis auf in 30.266.020 Siemen bisher keine deutlichen Unterschiede zwischen Versuchsmittel und Kontrollmittel. Hier bleiben die Ergebnisse der zweiten Rotation abzuwarten. Unabhängig vom Mittel aller Prüfglieder sind jedoch auch jetzt schon Spitzenklone vorhanden, die der Kontrolle deutlich überlegen sind.

Abbildung 10 enthält die mittleren Erträge gruppiert nach ausgewählten Kreuzungskombinationen (s. Abbildungsunterschrift). Die serienweisen mittleren Erträge von 'Max 1' sind zum Vergleich einzeln dargestellt.

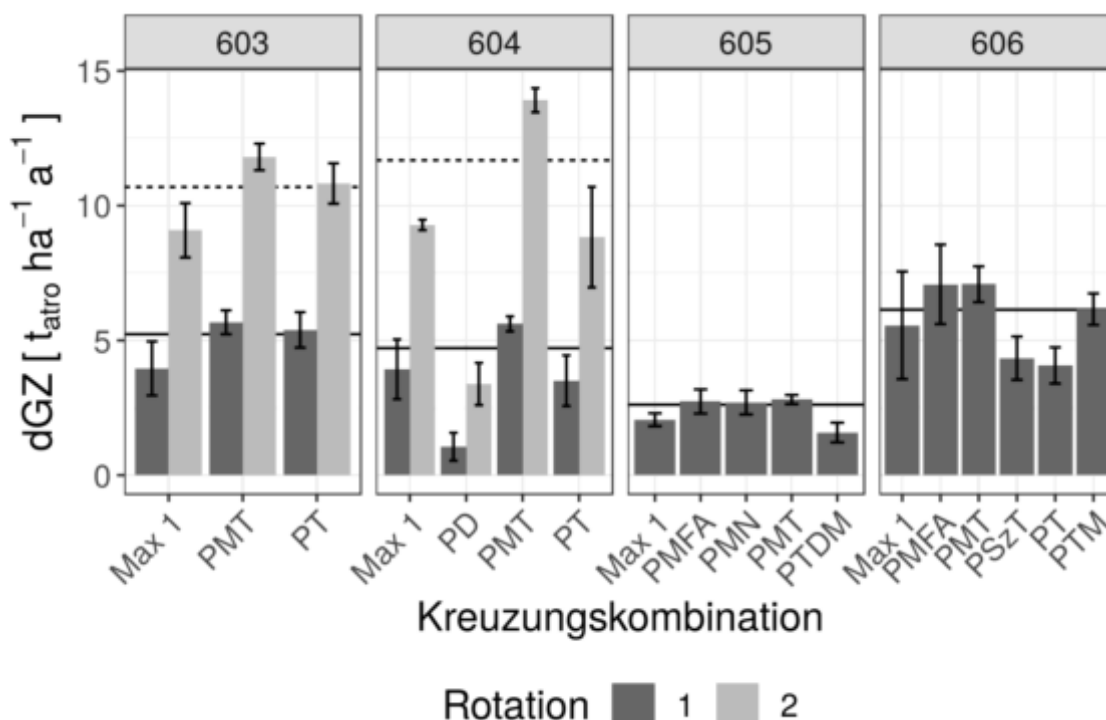


Abbildung 10: Ertrag als dGZ im Mittel der Prüfglieder gruppiert nach Kreuzungskombination getrennt für die Versuchsserien 603 bis 606 in der ersten und zweiten Rotation (wenn vorhanden). Die durchgezogene Linie markiert den mittleren dGZ der ersten Rotation, die gestrichelte Linie den mittleren dGZ der zweiten Rotation (wenn vorhanden). Die Whisker kennzeichnen den Standardfehler des Mittelwerts. Dargestellt sind nur Kreuzungsgruppen, die mit mindestens zwei Prüfgliedern in der Serie vertreten sind. Die Anzahl der enthaltenen Prüfglieder je Kreuzungskombination kann Tabelle 3 entnommen werden. In Serie 603 sind nur die Prüfglieder und Kreuzungskombinationen enthalten, die von Grotehusmann et al. (2017) zum Ende der zweiten Rotation ausgewertet wurden (Abbildung nach Fey et al., 2018).

Über alle vier Serien schneiden die *P. maximowiczii* × *P. trichocarpa* Kreuzungen (PMT) stets über dem Serienmittel und über 'Max 1' ab. In Serie 603 gilt dies für beide Umtriebszeiten mit $5,68 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ nach den ersten drei Jahren und $11,81 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ im darauf folgenden Umtrieb. In der zweiten Serie fällt dies in der ersten Rotation mit $5,62 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ähnlich aus und nach Rückschnitt mit $13,91 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ etwas höher. In Serie 606 erreichen die Nachkommen der PMT Kreuzungen den höchsten Mittelwert mit $7,08 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$. In Serie 605 ist diese Überlegenheit mit $2,81 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ am geringsten. In Bezug auf das Gesamtmittel ist zu berücksichtigen, dass die Ertragswerte der PMT Kreuzungen aufgrund ihrer größeren Anzahl (vgl. Tabelle 3) in jeder Serie stärker als andere Kreuzungen in das Gesamtmittel eingehen.

Reine *P. trichocarpa* Klone (PT) zeigten in Serie 603 mit $5,4 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ im ersten und $10,82$ im zweiten Umtrieb ähnliche Masseleistungen wie die PMT Nachkommen. In Serie 604 zeigen sich die PMT Klone dagegen bereits in der ersten Rotation überlegen (PT: $3,51 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$), in der zweiten Rotation vergrößern sich die Unterschiede (PT: $8,83 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$). Ähnliche Verhältnisse zwischen den Hybriden und artreinen Klonen zeigen sich in Serie 606 nach der ersten Ernte (PT: $4,07 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$). Die beiden artreinen *P. deltoides* Klone in Serie 604, schneiden in beiden Rotationen mit $1,06 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ bzw. $3,39 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ vergleichsweise ertragsschwach ab. Von den weiteren Kreuzungskombinationen der zwei späteren Serien mit gelenkten Kreuzungen seien hier noch die

bereits unter II.1.1.1 angesprochenen *P. trichocarpa* × *P. maximowiczii* (PTM) hervorzuheben, aus denen 10 Klone in die Serie 606 eingingen und deren mittlere Erträge auf Niveau des Gesamtdurchschnitts der Serie lagen (PTM: 6,16 t_{atro} ha⁻¹ a⁻¹).

Aus Abbildung 11 kann die Ertragsleistung aller Prüfglieder der vier Versuchsserien in erster und, wenn vorhanden, zweiter Rotation entnommen werden.

Basierend auf den Versuchsergebnissen der Serie 603 (vgl. dazu Grotehusmann et al., 2015, 2017) konnten bereits zwei Klone mit den Namen 'Fastwood 1' (Klon-Nr. NW07-0197S) und 'Fastwood 2' (Klon-Nr. NW07-0226B) als Ausgangsmaterial für „Geprüftes Vermehrungsgut“ für den Kurzumtrieb vorläufig zugelassen werden. Für die Klon NW07-0177T (Arbeitsname 'Fastwood 4') sowie NW07-0204A (Arbeitsname 'Fastwood 5') der Serie 603 wurde vom Sachverständigenbeirat für "Geprüftes Vermehrungsgut" eine Zulassungsempfehlung beschlossen. Eine solche Empfehlung wurde ebenfalls für 10 Klone aus der Serie 604 beschlossen: NW09-0048S, NW09-0064A, NW09-0065R, NW09-0255C, NW09-0281H, NW09-0297C, NW09-0309S, NW09-0313W, NW09-0315Z und NW09-0364G. Die schließende Statistik zu den Ergebnissen der ersten Rotation in Serie 604 sind in Grotehusmann et al. (2015) enthalten. Die schließende Statistik zur zweiten Rotation wird noch separat veröffentlicht.

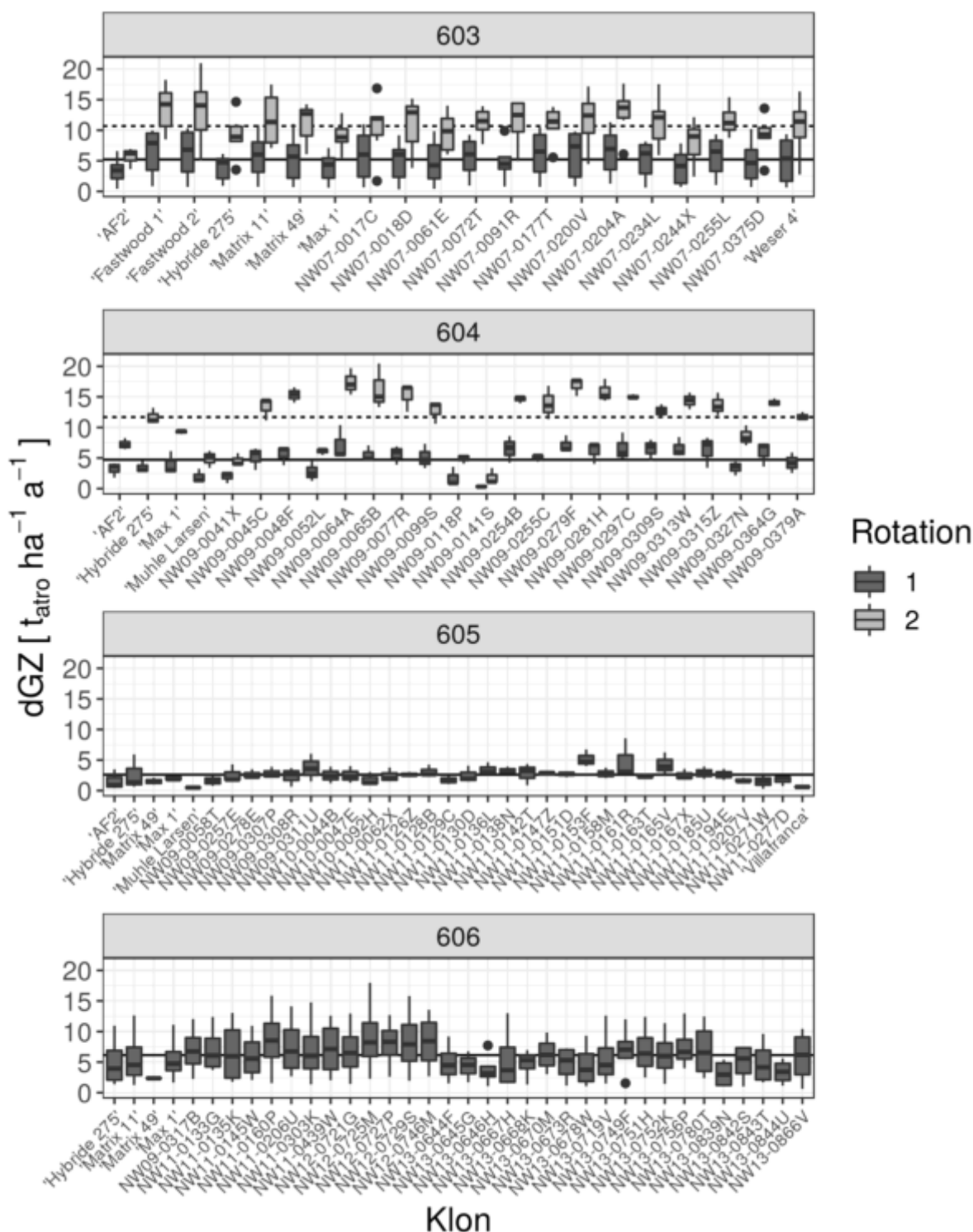


Abbildung 11: Ertrag als dGZ in der ersten und zweiten Rotation (wenn vorhanden) in den Serien 603 bis 606 getrennt nach Prüfgliedern je Serie. Die durchgezogene Linie markiert den mittleren Ertrag der ersten Rotation, die gestrichelte Linie den durchschnittlichen Ertrag der zweiten Rotation.

Für die Serien 605 und 606 liegen bisher nur die Ergebnisse der ersten Rotation vor. Die Versuche wurden dem üblichen Muster der anderen Serien folgend zweiphasig ausgewertet, d. h. dass zuerst die Einzelversuche und anschließend die versuchsweisen Prüfgliedmittel serienweise versuchsübergreifend varianzanalytisch ausgewertet wurden. Der Varianzanalyse folgten dann bei Ablehnung der Nullhypothese paarweise Vergleiche der Prüfglieder mit 'Max 1' als Kontrollprüfglied. In Tabelle 7 sind die Ergebnisse dieser paarweisen Vergleiche enthalten.

Tabelle 7: Ergebnisse der flächenübergreifenden Serienauswertung basierend auf den Einzelauswertungen in den Versuchsserien 605. Basierend auf paarweisen Vergleichen mit der Kontrolle 'Max 1' sind je Serie die beiden signifikant überlegenen Prüfglieder angegeben. Zu den Klonen und zur Kontrolle sind die mittleren Erträge der ersten Rotation (dGZ) sowie der zugehörige Standardfehler (SE) angegeben. Die Spalte FG bezeichnet die Freiheitsgrade für das flächenübergreifende Modell der jeweiligen Serie. Aus den Post-hoc-Tests sind die für den Vergleich des jeweiligen Klons mit 'Max 1' zugehörige Teststatistik (t-Statistik) und der darauf beruhende p-Wert angegeben (verändert nach Fey et al., 2018).

			Ertrag					
Serie	Klon	Kreuzung	Mittel			Vergleiche		
			dGZ [t _{atro} ha ⁻¹ a ⁻¹]	SE	FG	t-Statistik	p-Wert	
605	NW11-0161R	PMT	5.95	0.92	2	3.57	0.01	
605	NW11-0153F	PMT	5.45	0.89	2	3.17	0.04	
605	'Max 1'	PNM	2.07	0.70	2			
606	NW12-0725M	PMT	8.70	2.61	3	3.25	0.03	
606	NW12-0727P	PMT	8.46	2.56	3	3.13	0.04	
606	'Max 1'	PNM	5.19	2.03	3			

In beiden Serien sind jeweils zwei Klone der Kontrolle signifikant überlegen. Es handelt sich um Nachkommen aus PMT Kreuzungen. Es bleibt abzuwarten wie sich diese und weitere Klone in der zweiten Rotation nach Rückschnitt entwickeln. Sollten sich diese Klone wiederum überlegen zeigen, kann auch hier eine Zulassung vorbereitet werden.

II.1.2.3 Bodenkartierung von Versuchsflächen zur Erstellung von Anbauempfehlungen

Auf allen Versuchsflächen des Teilprojekt 1 in FastWOOD wurde eine vollständige Standortkartierung durchgeführt. Da die Kartierung und Standortsansprache bei unmittelbar benachbarten Flächen in einem Durchgang erfolgte, wurden diese Flächen zu Versuchsorten zusammen gefasst (s. auch II.1.2.1). Die Kartierungsarbeiten hatten bereits 2014 begonnen und konnten 2016 abgeschlossen werden. Neun von insgesamt 16 Versuchsorten wurden in der dritten Projektphase untersucht und beprobt (Versuchsorte 08 bis 16, s. Tabelle 5).

Die der Kartierung zugrunde liegende Methodik wurde basierend auf der letzten Projektphase weiter geführt. Es wurden die Vorgaben der Ad-Hoc-AG Boden (2005), der AG Forsteinrichtung und des Arbeitskreises für Standortkartierung (2003) sowie der BZE II (Wellbrock, 2006) berücksichtigt.

Je Versuchsort sollten mindestens zwei Bodeneinschläge durch einen Bagger angelegt werden. Diese Bodenprofile wurden nach den genannten Vorgaben vollständig angesprochen (Bodentyp,

Ausgangsgesteine, Metainformationen wie verwendete geologische Karte usw.). Zusätzlich erfolgte eine Beprobung an der Profilwand zur Ermittlung bodenphysikalischer Parameter (Stechzylinderproben zur Bestimmung der Lagerungsdichte). Die Profilansprache erfolgte Horizont-bezogen, die Beprobung erfolgte Tiefenstufen-bezogen in den Stufen 0–30 cm, 30–60 cm und 60–90 cm. Die bodenphysikalischen Analysen erfolgten im Labor der Abteilung Umweltkontrolle der NW-FVA. Die Analysemethodik folgte den BZE II Vorgaben des Gutachterausschuss Forstliche Analytik (2005). Die nutzbare Feldkapazität wurde basierend auf der Trockenrohdichte, der Bodenart und den Humusgehalten nach dem Verfahren der Bodenkundlichen Kartieranleitung in der 5. Auflage (Ad-Hoc-Arbeitsgruppe Boden der Staatlichen Geologischen Dienste und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe et al., 2005) berechnet. Zusätzlich zu den Profilansprachen und -beprobungen wurde die Verteilung von Standortstypen auf der Gesamtfläche sondiert. Die Standortstypen wurden nach dem Verfahren der niedersächsischen forstlichen Standortkartierung (Niedersächsisches Forstplanungsamt, 2007; Niedersächsisches Forstplanungsamt und Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt u. ländliche Räume Schleswig-Holstein, 2009a, 2009b) angesprochen. Hierzu wurden Pürckhauerbohrungen über die Fläche verteilt durchgeführt. Die Verteilung der Beprobung richtete sich nach dem Versuchsaufbau und der Anordnung der Parzellen. Grundsätzlich sollte in jeder vierten Parzelle eine Bohrung erfolgen, je nach Lage der Standortsübergänge konnte dieses Netz angepasst bzw. dichter gewählt werden. Die Bohrungen sollten nach Möglichkeit bis zu einer Tiefe von 100 cm bzw. bis zum Ausgangsgestein, falls flacher anstehend, erfolgen. An den Bohrkernen wurde die Bodenart ermittelt und für standörtliche homogene Bereiche wurden Mischproben getrennt nach den drei Tiefenstufen gebildet. Diese Proben wurden wiederum im Labor der Abteilung Umweltkontrolle der NW-FVA hinsichtlich Bodenchemie (z. B. Nährstoffgehalte) analysiert. Die Ausbreitung der Standortstypen wurde in einer Handkarte, die das Parzellengitter enthält, eingezeichnet. Basierend auf den digitalen Versuchsplänen wurde das Parzellengitter mit seinen Eckpunkten in x,y Koordinaten generiert. Anhand von im Gelände per GPS Gerät eingemessenen Punkten konnte das Parzellengitter georeferenziert werden. Anschließend wurden die eingescannten Standorttypenkarten anhand des Rasters ebenfalls georeferenziert, um anschließend die Grenzen der Standortstypen als Polygon zu digitalisieren. Das Generieren der Parzellengitter erfolgte in R, die Georeferenzierung erfolgte in QGIS. Abbildung 12 enthält beispielhaft eine Darstellung einer digitalisierten Standorttypenkarte. Die Zuordnung der Standortstypen ist parzellengenau möglich, obschon hier berücksichtigt werden sollte, dass die Übergänge als fließend anzusehen sind. Nichtsdestotrotz können die Standortinformation in Zukunft nicht nur in die Anbauempfehlung einbezogen werden sondern auch in die weitere Versuchsauswertung. Allein der Einbezug der räumlichen Information sollte eine genauere/verlässlichere einzelversuchsweise Analyse ermöglichen.



Abbildung 12: Beispieldarstellung einer digitalisierten Standorttypenkarte (hier für Ort 07 Stiedenrode I).

Die Parameter der landwirtschaftlichen Vergleichszahl, die für die jeweiligen Flächen gelten, wurden, wenn vorhanden, bei den Flächeneigentümern und Verpächtern eingeholt.

Zusätzlich zu den Bodeninformationen wurden Klimadaten in der Form von tagesweise gemessenen Niederschlags- und Temperaturwerten über einen Kooperationsvertrag zwischen dem Deutschen Wetterdienst (DWD) und der NW-FVA bezogen. Die Daten stammen aus dem Messstellennetz des DWD bestehend aus Niederschlags- und Klimastationen. Die bezogenen Werte wurden nach dem Verfahren von Schulla (2017) auf die Koordinaten der Versuchsstandorte interpoliert.

Sämtliche Standortdaten wurden in ein datenbankfähiges Format überführt in Anlehnung an das ECO Datenbanksystem der NW-FVA (vgl. Schulze und Evers, 2013).

Im Folgenden sind zusammenfassend die Ergebnisse der Standortkartierung je Versuchsort in Steckbriefform aufgelistet. Die Zusammenfassung enthält die Bodenzahl, die mittlere Niederschlagssumme der Vegetationsperioden im Versuchszeitraum sowie die mittlere Tagestemperatur der Vegetationsperioden im Versuchszeitraum. Beinhaltet ein Versuchsort mehrere Versuchsflächen sind die Angaben, wenn verschieden, getrennt in der Reihenfolge der Versuchsflächen und auf diese bezogen angegeben.

Insgesamt ist festzuhalten, dass die Ansprache des Wasserhaushalts überwiegend eine positive Beeinflussung der Biomasseleistung erwarten ließ, da bei zahlreichen Standorten eine gute Wasserversorgung vorgefunden wurde. Das Wasserangebot wurde bereits in zahlreichen Untersuchungen als einer der zentralen ertragsbestimmenden Faktoren für KUP benannt (Ali, 2009;

Amthauer Gallardo, 2014; Janßen et al., 2017; Kröber et al., 2014). Hinsichtlich der Bodenzahl sind die Standorte überwiegend mittlerer Güte.

Ort_01 Stölzingen (30.266.005 Stölzingen):

BZ: 53 (gemittelt), Niederschlag VP: 398 mm (± 55 mm), Temperatur VP: 15,5 °C ($\pm 0,5$ °C)

Beschreibung: heterogene Fläche; beide Profile erscheinen gleichwertig "subdominant repräsentativ" bezogen auf die Gesamtfläche. Profil 1 repräsentiert stark eingeschränkt frische, flach bzw. kaum mit Lösslehm überlagerte Ton(stein)standorte; Profil 2 repräsentiert vom Geländewasserhaushalt begünstigte, nachhaltig frische mächtigere basenreiche Kolluvien (über tiefem Ton). Ein Mischprobentyp, der keinem Profil zugehörig ist, repräsentiert subdominant Teilflächen mit basenreicheren Fließerden über Ton(stein).

Ort_02 Wallstawe (30.266.006 Wallstawe I, 30.266.012 Wallstawe II):

BZ: 39 (geschätzt), Niederschlag VP: 336/326 mm ($\pm 59/56$ mm), Temperatur VP: 16,1/16,1 °C ($\pm 0,5/0,5$ °C)

Beschreibung: heterogene Fläche in Bezug auf die Tief Lagerung des unterlagernden Geschiebelehms: beide Profile erscheinen gleichwertig "subdominant repräsentativ" für die Teilflächen mit tiefer anstehendem bzw. zerschwemmtem Geschiebelehm, nicht so sehr für die große Teilfläche mit höher anstehendem Geschiebelehm, noch etwas weniger für Geschiebemergel bzw. unterlagernde schluffig feinsandige bis tonige Beckenabsätze. In Bezug auf die Wasserhaushaltszahl (WHZ) ist die Fläche deutlich homogener, also schwächer wechselfeucht und staufrisch, typisch für Standorte mit mehr oder weniger mächtigen Geschiebedecksanden über Geschiebelehmen (oder auch Beckenabsätzen). Die WHZ 41s bzw. 41f bezeichnen weniger ausgeprägte Pseudovergleyung, also schwach staufrisch bis gut frisch, sind also nicht stark abweichend, von daher repräsentieren diesbezüglich die Profile durchaus die Gesamtfläche.

Ort_03 Anderlingen (30.266.007 Anderlingen):

BZ: 37 (Grünlandzahl), Niederschlag VP: 350 mm (± 50 mm), Temperatur VP: 15,7 °C ($\pm 0,5$ °C)

Beschreibung: heterogene Fläche hinsichtlich Wasserhaushalt und Substrate: es kommen stärker grundwasserbeeinflusste Teilflächen (WHZ 33: Stark grundwasserbeeinflusste, grundfeuchte Standorte mit einem mittleren Grundwasserstand i.d.V zwischen 60 cm und 100 cm uGOF, im Mittel um 80 cm schwankend, auch bei schwebendem Grundwasser.) vor mit holozänen/spätpleistozänen, eher sandigen Wasserabsätzen (Profil 2) oder Auenlehmen über Geschiebemergel (Profil 1) oder aber Standorte mit tiefer abgesunkenem Grundwasser (WHZ 34 bzw. 37 g) aus Geschiebemergel unter anlehmigen-lehmigen Sanden, oft pseudovergleyt (Profil 3). Die Profile sind eher gleichwertig "subdominant repräsentativ", repräsentieren sozusagen ihre Teilflächen. Die Mischproben integrieren sowohl die holozänen sandigen bis lehmigen Wasserabsätze als auch die Decksande über Mergel.

Ort_04 Lehm bach (30.266.008 Lehm bach I, 30.266.013 Lehm bach II):

BZ: 59/53, Niederschlag VP: 492/477 mm ($\pm 77/66$ mm), Temperatur VP: 16,2/16,3 °C ($\pm 0,6/0,5$ °C)

Beschreibung: heterogene Fläche hinsichtlich der Substrate (Drei Typen), eher homogen hinsichtlich des Wasserhaushaltes: es kommen geringer mächtige Lösslehmfließerden über Ton(gesteinen) (Profil 1) vor, mächtige mehr o. weniger pseudovergleyte Lösslehme (Profil 2) und mächtige Kolluvien, auch tonunterlagert (Profil 3). Der Wasserhaushalt wird generell schattseitig durch Pseudovergleyung und z. T. Hangwasserzug (WHZ 17: Wechselfeuchte und hangfeuchte Schatthang- und Schatthangmuldenstandorte) bestimmt. Die drei Profile (analog die drei Mischproben Typen) repräsentieren die Substrat-Teilflächen ("subdominant repräsentativ").

Ort_05 Emmendingen (30.266.009 Emmendingen):

BZ: 71, Niederschlag VP: 422 mm (± 60 mm), Temperatur VP: 17.0 °C (± 0.5 °C)

Beschreibung: mehr o. weniger heterogene Fläche in Tal- bzw. Talfußlage: es treten entweder mächtige Lösslehme (Profil 2) oder tiefgründige (Profil 1) bzw. auch tongründige (Profil 4) Kolluvien auf. Die Kolluvien haben noch wurzelerreichbares Grundwasser; eine kleine Teilfläche zeichnet sich durch höher (< 15 dm) stehendes Grundwasser unter mächtigen Lösslehm aus (ohne Profil, durch Mischprobe repräsentiert). Die drei Profile repräsentieren also die Teilflächen ("subdominant repräsentativ") mit tief anstehendem GW.

Ort_06 Thammenhain (30.266.010 Thammenhain):

BZ: 40, Niederschlag VP: 359 mm (± 72 mm), Temperatur VP: 16.4 °C (± 0.5 °C)

Beschreibung: heterogene Fläche; überwiegend Sandlöss, entweder über m.o.w. tief anstehenden Geschiebelehm (Profil 2: Los über höher anstehendem Lg) oder über schluffig-feinsandigen Beckenabsätzen (Profil 1) oder über reineren Sanden (kleinflächiger, durch Mischprobe repräsentiert) bzw. kein/kaum Sandlöss aber Geschiebedecksand über Geschiebelehm (kleinflächiger, durch Mischprobe repräsentiert) bzw. über tieferem zerschwemmten Geschiebelehm (beide verbreiteter, in Mischproben enthalten). Der Wasserhaushalt ist verbreitet staufrisch (WHZ 37: Schwächer wechselfeuchte bis staufrische Standorte mit geringem bis mäßigem Wechsel zwischen Vernässung und abnehmender Feuchte bei tiefer sitzender Staunässe; bei beiden Profile, vor allem bei unterlagerndem Geschiebelehm) oder verbreitet frisch, stellenweise mit tieferem Grundwasser (WHZ 37 bzw. WHZ 41 (plus g-Variante): Frische und vorratsfrische Standorte). Die Profile sind subdominant und repräsentativ jeweils für Teilflächen. Zwei Mischprobentypen integrieren über heterogene Teilflächen mit unterschiedlichen Substrat-Lagerungen.

Ort_07 Stiedenrode Nordwest (30.266.011 Stiedenrode I):

BZ: 65, Niederschlag VP: 361 mm (± 62 mm), Temperatur VP: 15.9 °C (± 0.4 °C)

Beschreibung: relativ homogene Fläche hinsichtlich der dominanten mächtigen, z.T. kolluvial beeinflussten Lösslehmüberlagerung (Profil 1 und kleinflächig durch Mischprobe repräsentiert) und der davon abhängigen, nachhaltig frischen schattseitigen Wasserversorgung (WHZ 18: Hangfrische,

nachhaltig frische und sehr frische, auch im Unterboden schwach durchrieselte Schatthang- und Schatthangmuldenstandorte.). Die geringmächtige Lösslehmlagerung von Profil 2 über basenarmem Silikatgestein -dadurch "nur" frisch (WHZ 19: Frische und vorratsfrische, auch im Unterboden staufrische (physiologisch günstig) Schatthang- und Schatthangmuldenstandorte)- liegt nach Standortkarte außerhalb der Versuchspartellen. Drei Mischprobentypen 5 integrieren über typische mächtige Lösslehme, ein Mischprobentyp über eben solchen, aber kolluvial überprägt und mit Kalziumkarbonat. Ein weiterer Mischprobentyp integriert, wie beschrieben, Lösslehme über basenarmem Silikatgestein.

Ort_08 Stiedenrode Ost (30.266.015 Stiedenrode II, 30.266.021 Stiedenrode III, 30.267.004 Stiedenrode IV):

BZ: 62/61/52 (letzten beiden gemittelt), Niederschlag VP: 370/348/345 mm ($\pm 72/91/92$ mm), Temperatur VP: 15,9/16,2/16,2 °C ($\pm 0,5/0,5/0,5$ °C)

Beschreibung: heterogenere Fläche; reinere Lösslehme (Profil 4) bzw. basenreichere mehr (Profil 1) oder weniger mächtige (Profil 5) Lösslehme über Kalken an Sonn- bzw. Schatthängen werden von Kolluvien (Profil 2) in Tal bzw. Hangfußlagen getrennt. Alle Profile sind "subdominant" und repräsentativ für jeweilige Teilflächen (und in flächenhaft vorherrschenden Schattlagen; flächenhaft überwiegend nachhaltig frisch); Profil 5 ist kennzeichnend für geringere Lösslehmauflagen und damit etwas eingeschränkte, aber noch frische Wasserversorgung.

Ort_09 Bardowick (30.266.016 Bardowick):

BZ: 22, Niederschlag VP: 332 mm (± 75 mm), Temperatur VP: 16,1 °C ($\pm 0,7$ °C)

Beschreibung: homogene Fläche hinsichtlich von vorherrschenden armen, kaum verlehnten Sanden mit schwachem (also sehr tiefem) Grundwassereinfluss; beide Profile hinsichtlich Substrat-Lagerung und Wasserhaushalt (sub)dominant repräsentativ. Die drei Mischprobentypen differenzieren etwas intensiver nach Nährstoffhaushalt (Profil 1, NZ 3+ (mäßig versorgt - schwach mesotroph) und gering übererdet) bzw. tieferer Bodenbearbeitung und „normaler“ Schlüsselziffer (Profil 2). Auf dieser Fläche ist die dominante WHZ 35 (Schwach bis sehr schwach grundwasserbeeinflusste, grundfrische Standorte mit einem mittleren Grundwasserstand i.d.V. unterhalb von 150 cm uGOF, im Mittel um 200 cm schwankend) nicht so aussagekräftig, da sie nur den noch wurzelerreichbaren Grundwasserstand auskartierte, aber über frische nFK (entspräche WHZ 41 (Frische und vorratsfrische Standorte, auch im tiefen Unterboden schwach pseudovergleyt oder bei schwacher Pseudovergleyung des tiefen Unterbodens mit Tageswasserrückstau oder mit schwebendem Grundwasser im tiefen Unterboden) für gesamte Tiefe, Profil 1; bis 90 cm t-Variante von frisch (entspräche WHZ 41t)) bis eingeschränkt mäßig frische nFK (Profil 2 entspricht WHZ 42 (Mäßig frische Standorte, auch mit kurzfristigem, schwachem Tageswasserrückstau im tiefen Unterboden, auch kurzfristig mäßig sommertrocken) mit t-Variante schon bei gesamter Profiltiefe) integriert. Auf dieser Fläche sollte die Wasserversorgung und damit die nFK als Parameter das Wuchsverhalten

beeinflussen bzw. erklären können, liegt aber nur punktuell (an Profil 1 und 2) und nicht flächenhaft vor.

In Bardowick war die sehr trockene Witterung während der Pflanzung für die Flächenbegründung erschwerend. Die Ausfälle waren so groß, dass die Neuanlage der Fläche im darauffolgenden Jahr (2014) erforderlich wurde. Bei der Fläche Bardowick handelt es sich um ein ehemaliges Rieselfeld.

Ort_10 Graupa (30.266.017 Graupa):

BZ: n.v., Niederschlag VP: 374 mm (± 53 mm), Temperatur VP: 16,6 °C ($\pm 0,4$ °C)

Beschreibung: heterogene Fläche; überwiegend mäßig frische (WHZ 42 (Mäßig frische Standorte, auch mit kurzfristigem, schwachem Tageswasserrückstau im tiefen Unterboden, auch kurzfristig mäßig sommertrocken), dominant) basenarme unverlehmte Sande (Profil 2), z.T. anlehmige Sande (ohne Profil) und kleinflächiger schwächere Decksande über tieferen Geschiebelehm (Profil 1 bzw. stärker zerschwemmt: Profil 3) mit dadurch insgesamt frischem Wasserhaushalt (WHZ 41). Profil 2 erscheint also eher dominant repräsentativ für den Großteil der Fläche, Profil 1 bzw. 3 sind subdominant und repräsentativ nur für kleinere Teilflächen (dito Mischproben).

Ort_11 Seeburg (30.266.018 Seeburg):

BZ: 68, Niederschlag VP: 363 mm (± 81 mm), Temperatur VP: 16,0 °C ($\pm 0,5$ °C)

Beschreibung: m.o.w. heterogene Fläche: großflächig nachhaltig frische reinere Lösslehme (kein Profil) bzw. mächtigere Lösslehme über basenärmerem Silikategestein (Profil 2), kleinflächig geringer mächtige und gut frische Lösslehme über basenärmerem Silikategestein (kein Profil), ebenfalls kleinflächig Kolluvien über basenarmen Grundgestein in Tallage (Profil 1,). Profil 2 ist dominant repräsentativ für den Großteil der Fläche und den Wasserhaushalt; Profil 1 repräsentiert nur eine kleine Teilfläche.

Ort_12 Augustfehn (30.266.019 Augustfehn I, 30.267.002 Augustfehn II):

BZ: 30 (Grünlandzahl), Niederschlag VP: 359 mm (± 74 mm), Temperatur VP: 16,0 °C ($\pm 0,8$ °C)

Beschreibung: heterogene Fläche in Bezug auf Grundwasserstand und Moorausbildung: großflächig 30 bis 50 cm mächtige bearbeitete und z. T. abgetorfte/ übererdete Moore mit Grundwasser zwischen 60 und 100 cm (Profil 1), kleinflächiger eine mächtigere, bearbeitete Moorschicht aber bei tieferem (1 bis 1,5 m) Grundwasserstand (Profil 2); auf weniger als der Hälfte der Fläche ($\leq$ ca. 45 %) unverlehmte, basenarme Sande und kein Moor mit Grundwasser unter 1 m, stellenweise mit Ortstein (Profil 3), ebenfalls stellenweise doch auch mit nur geringmächtiger Moorauslage (kein Profil, in Mischprobe repräsentiert).

Ort_13 Siemen (30.266.020 Siemen I, 30.267.003 Siemen II, 30.267.006 Siemen III):

BZ: 33, Niederschlag VP: 322/322/333 mm ($\pm 92/92/128$ mm), Temperatur VP: 16,3/16,3/16,6 °C ($\pm 0,8/0,8/0,9$ °C)

Beschreibung: relativ homogene Fläche mit wurzelerreichbaren GW-Ständen: feinsandige schluffig schlickige holozäne Wasserabsätze über reineren (Tal-)Sanden, die nach Mächtigkeit der holozänen Wasserabsätze differenziert werden können: ca. 50 bis 80 cm mächtig (Profil 1), geringer mächtig (Profil 4) bzw. von Flugsand überlagerte Wasserabsätze (Profil 2). Der Grundwasserspiegel schwankt zwischen knapp 1 m (WHZ 33t (Stark grundwasserbeeinflusste, grundfeuchte Standorte mit einem mittleren Grundwasserstand i.d.V zwischen 60 cm und 100 cm uGOF, trockener als der Grundtyp)/34f (Mäßig grundwasserbeeinflusste, grundfrische Standorte mit einem mittleren Grundwasserstand in der Vegetationszeit zwischen 100 cm und 150 cm uGOF, frischer als der Grundtyp) z. B. Profil 4) und 150 cm (WHZ 34t, z. B. Profil 2). Bei den tiefer liegenden Grundwasserspiegeln lohnt sich der Blick auf die errechnete nutzbare Feldkapazität. Profil 1 ist nach Karte dominant repräsentativ für die Substratlagerungsverhältnisse der Gesamtfläche, hat aber einen etwas höheren Grundwasserstand (WHZ 34f) als der Hauptteil (WHZ glatt 34) der Fläche. Ein Mischprobentyp entspricht den tieferen Grundwasserständen nach WHZ 34t bzw. 35 (s.o.) und kann auch Profil 2 zugeordnet werden mit einem aktuellen Grundwasserstand von über 1,5 m unter Flur aber immerhin einer guten frischen nFK bis 90 cm (entspräche grundwasserfeien WHZ 41 glatt). Profil 4 hat rechnerisch eine eingeschränkt frische nutzbare Feldkapazität bis 90 cm (entspräche grundwasserfeien WHZ 41t) aber mit höher anstehendem Grundwasserspiegel bei ca. 1 m unter Flur.

Ort_14 Herzberg (30.266.022 Herzberg):

BZ: 34, Niederschlag VP: 299 mm (± 45 mm), Temperatur VP: 16,9 °C ($\pm 0,6$ °C)

Beschreibung: relativ homogene Kernfläche mit mehr (großflächig, kein Profil) oder weniger mächtigen (kein Profil) Auenlehmen, z.T. sandig-schluffig überdeckt (Profil 2) oder Auenlehme randlich ausfallend und in feinsandige holozäne Wasserabsätze (Profil 1) übergehend. Als Auestandort ist der Grundwasserstand auf der gesamten Fläche wurzelerreichbar von 120 bis 140 cm unter Flur (WHZ 34) und auf Teilflächen zusätzlich pseudovergleyt (Profil 2). Die Profile (und damit zwei Mischprobentypen) sind eher subdominant repräsentativ; Profil 1 hat eine eingeschränkt mäßig frische nutzbare Wasserkapazität bis 90 cm, während Profil 2 bis 90 cm bzgl. der nFK uneingeschränkt frisch mit Tendenz zu besser einzustufen ist. Ein Mischprobentyp repräsentiert eine flächig dominante Auelehmlagerung mit ausreichend bis gut frisch und besser einzuschätzender nFK.

Ort_15 Merbachfeld (30.267.005 Merbachfeld I, 30.267.008 Merbachfeld II):

BZ: 51/50 (beide gemittelt), Niederschlag VP: 328/345 mm ($\pm 86/114$ mm), Temperatur VP: 16,3/16,4 °C ($\pm 0,5/0,6$ °C)

Beschreibung: relativ homogene staufeuchte/pseudovergleyte (WHZ 13 (Stärker wechselfeuchte bis staufeuchte Standorte der Ebenen, flachen Hänge (schwach geneigte Lagen), Hangfüße und flachen Mulden, mit ziemlich flach bis mäßig tief sitzender Staunässe und mäßig ausgeprägtem Wechsel zwischen Vernässung und Austrocknung des Oberbodens; Phasen etwa gleich lang, meistens jedoch etwas längere feucht-frische Phase.) ist ganzflächig dominant) Fläche mit überwiegend mächtigeren Lösslehmen über tonigeren verdichteten Schichten (Profil 1 und 2), die randlich (nordöstlich) in

verdichtete Kolluvien/Übererdungen über stauenden Schichten übergehen (subdominant, Profil 4). Es gibt keine profilunabhängigen Mischproben. Die Fläche ist insgesamt eher als Wasserüberschuss-Standort einzuschätzen (mit hoher rechnerischer nFK).

Ort_16 Stiedenrode West (30.267.007 Stiedenrode V, 30.267.009 Stiedenrode VI):

BZ: 60, Niederschlag VP: 370 mm (± 124 mm), Temperatur VP: 16,3 °C ($\pm 0,5$ °C)

Beschreibung: relativ homogene Fläche mit mächtigen typischen Lösslehm (dominant, Profil 1) und nachhaltig frisch, auf südlichen Teilflächen auch m.o.w. pseudovergleyt und nicht so stark (ca. 7 dm) Lösslehm überlagert (subdominant, Profil 2 und 4); noch weniger stark verbreitet mit deutlich geringerer Lösslehmdecke über verdichteten sandig-lehmigen-tonigen Buntsandsteinfließerden (subdominant, Profil 3) und stärker pseudovergleyt. Die rechnerische nFK der mächtigen Lösslehm-Profile (Profile 1, 2 und 4) ist ab 90 cm schon uneingeschränkt nachhaltig frisch, bei Profil 3 frisch an der Grenze zu nachhaltig frisch.

II.1.2.4 Prüfung von Pappelklonen zur Eignung im Midi- und Maxirotationsanbau

Zur Prüfung der Anbaueignung der Pappelklone in längeren Umtriebszeiten wurden zwei Versuchsflächen angelegt (s. Tabelle 8). Die Fläche in Seeburg wurde in der letzten Projektphase begründet, der Versuch Stiedenrode VI wurde in der letzten, dritten Projektphase initiiert.

Tabelle 8: Übersicht über die im FastWOOD TP1 angelegten Versuchsflächen von Pappeln und Weiden in längeren Umtriebszeiten. (AZ: Aktenzeichen, PG: Prüfglied)

AZ	Flächenname	Anlage	Rotation	Anzahl Pappelklone [n]	Anzahl Weidenklone [n]
30.266.018	Seeburg	2014	10 a ("Maxi")	5 PG + 9 Standards	4 PG
30.267.009	Stiedenrode VI	2016	5 bis 7 a ("Midi")	2 PG + 3 Standards	8 PG + 3 Standards

Versuchsfläche Midirotation 30.267.009 Stiedenrode VI

Der Versuch Stiedenrode VI wurde im April 2016 im Midirotationszyklus angelegt. Geplant ist eine fünf- bis siebenjährige Umtriebszeit. Für Baumweiden wie auch für Pappeln gelten Rotationsperioden von mindestens drei Jahren als Voraussetzung, um der erst später (drei bis zehnjährig) einsetzenden Kulmination der Zuwachsraten gerecht zu werden. Da sich Baumweiden ebenso wie Pappeln für längere Rotationsperioden eignen, wurden die neu gezüchteten Pappelklone 'Fastwood 1' und 'Fastwood 2' für die Anlage ausgewählt. Ergänzt wurde die Auswahl durch vier nicht registrierte Weiden-Altsorten (*S. alba*), die Baumweiden-Sorten 'Drago' und 'Levante' (beides *S. matsudana* × *S. spec.*) sowie vier im Projekt gezüchtete *Salix alba* Klone (alle Klon-Nummern beginnend mit NW13 und entsprechender Artangabe) und eine *S. malisii* × *S. alba* Hybride. Als Referenz dienen die Pappelklone 'Skado', 'Bakan' und 'Matrix 49'. Letzterer wurde aufgrund seiner Leistung als bester Matrixklon in der Versuchsserie 603 für diesen Versuch ausgewählt (s. Tabelle 9). Die Versuchsfläche besteht aus sechs Wiederholungen. Eine Einzelparzelle besteht aus vier Reihen mit je sechs Pflanzen im Verband 0,5 x 2 m. Die Pflanzen in den äußeren beiden Reihen sowie die ersten und letzten Pflanzen der zweiten und dritten Reihe wurden als Parzellenrand belassen, was acht Pflanzen in der Kernparzelle ergibt.

Diese Fläche wurde im üblichen Steckholzpflanzverfahren mit 20 cm langen Steckhölzern händisch abgesteckt.

Tabelle 9: 30.267.009 Stiedenrode VI Prüfgliedliste für den Anbau in Midirotation, Anlage 2016

Klon-Nummer	Klon-Name	Art / Kreuzung
NW13-0410C		<i>S. alba</i> × freie Abblüte
NW13-0412E		<i>S. alba</i> × freie Abblüte
NW13-0415H		<i>S. alba</i> × freie Abblüte
NW14-1223F		<i>S. malisii</i> × <i>S. alba</i>
NW12-0464B		<i>S. alba</i>
NW12-1738G		<i>S. alba</i>
NW12-1739H		<i>S. alba</i>

Klon-Nummer	Klon-Name	Art / Kreuzung
NW12-0463A		<i>S. alba</i>
NW12-0460W	'Drago'	<i>S. matsudana</i> × freie Abblüte
NW12-0951W	'Levante'	<i>S. matsudana</i> × freie Abblüte
NW16-1204P	'Tora'	<i>S. schwerinii</i> × <i>S. viminalis</i>
NW07-0197S	'Fastwood 1'	<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>
NW07-0226B	'Fastwood 2'	<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>
NW16-1203N	'Skado'	<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. maximowiczii</i>
NW16-1202M	'Bakan'	<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. maximowiczii</i>
NW08-1975X	'Matrix 49'	<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>

Der Aufwuchs in Stiedenrode VI hat sich im Berichtszeitraum sehr gut entwickelt. Nachfolgend sind die Ergebnisse der Zuwachsbonitur (Höhenentwicklung, BHD, Ausfälle und Triebzahl) und des Qualitätsparameter Astigkeit nach der ersten Vegetationsperiode (VP) aufgezeigt.

Sowohl hinsichtlich Höhen- als auch Durchmesserwachstum (s. Abbildung 13 und Abbildung 14) zeigt sich der Klon 'Bakan' allen anderen Prüfgliedern überlegen. 'Fastwood 1' und 'Fastwood 2' schneiden ebenfalls hinsichtlich Höhe und BHD überdurchschnittlich ab. Bei den Weiden liegen mehrere Prüfglieder im Gesamtdurchschnitt oder darüber (Höhe: 'Tora' und NW12-0463A).

Der belgische Klon 'Bakan' wurde hierbei zum ersten Mal in einen Feldversuch mit aufgenommen. Er erwies sich als überaus wüchsig und vital (Abbildung 15).

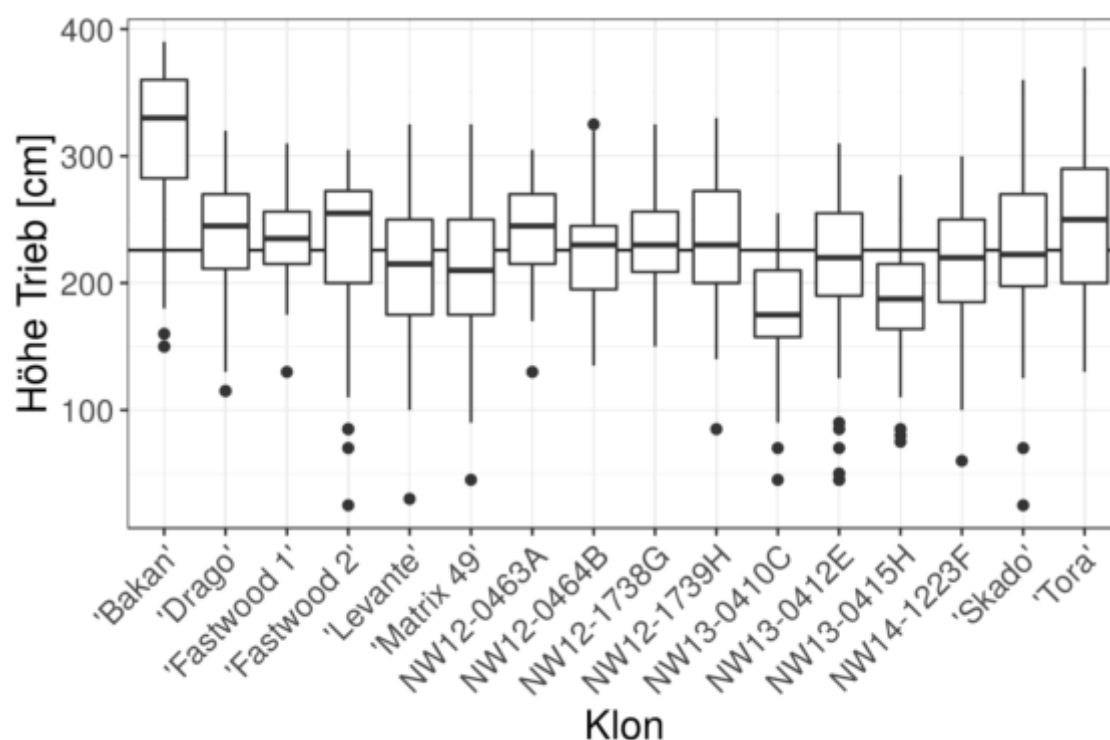


Abbildung 13: Einzeltrieb-Höhen getrennt nach Klonen in 30.267.009 Stiedenrode VI nach der ersten VP 2016. Die durchgezogene Linie gibt den Gesamt-Mittelwert an.

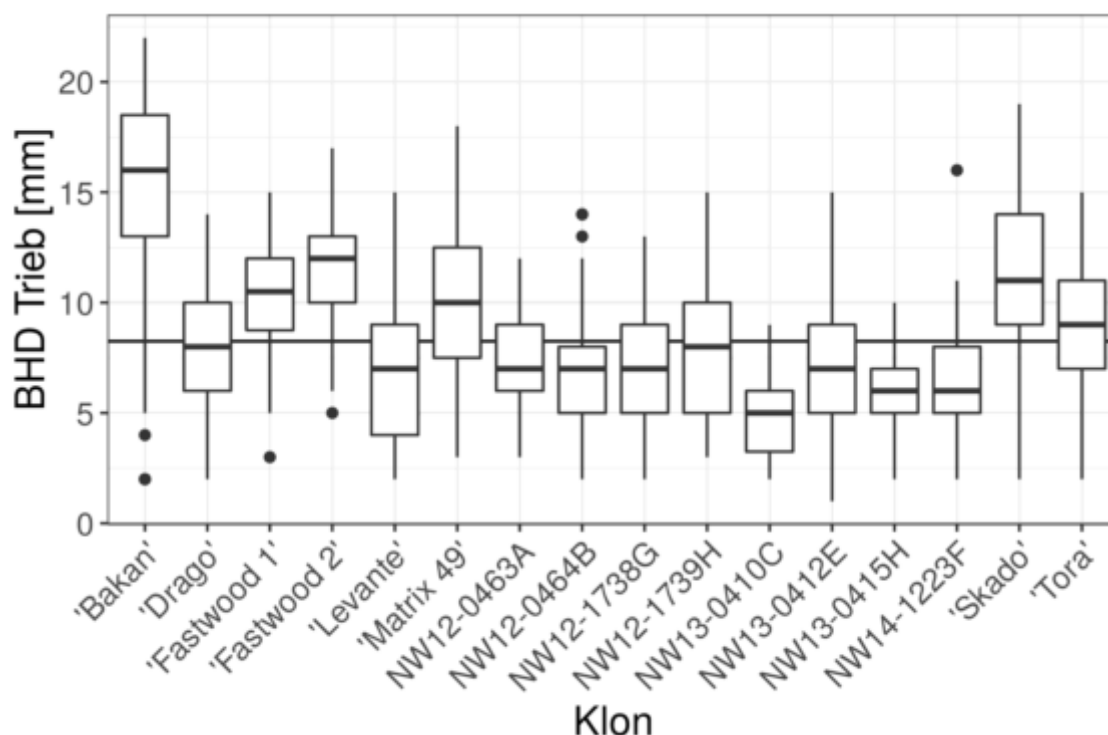


Abbildung 14: Einzeltrieb-BHD getrennt nach Klonen in 30.267.009 Stiedenrode VI nach der ersten Vegetationsperiode 2016.



Abbildung 15: Linke Aufnahme vom 31.08.2016 des einjährigen Aufwuchs von 'Bakan' auf der Versuchsfläche 30.267.009 Stiedenrode VI (Midirotation) mit einer Höhe von über 2,5 m. Rechte Aufnahme vom 07.08.2017 mit zweijährigem Aufwuchs und einer Höhe von über 5 m.

Die Anwuchsraten fallen nach der ersten Vegetationsperiode mit im Mittel 95,4 % hoch aus, was als sehr positiv zu bewerten ist (vgl. Abbildung 16). Einzelne Parzellen weisen höhere Ausfälle auf. Die Anwuchsrate sinkt jedoch hier auch nicht unter 60 %.

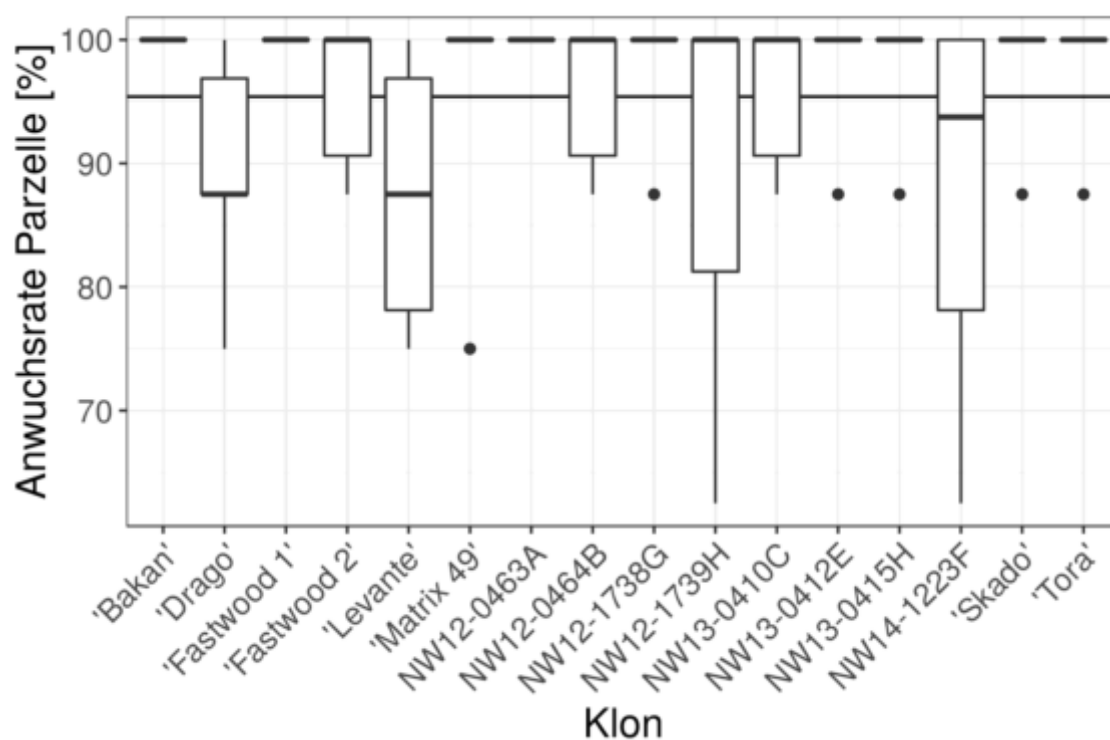


Abbildung 16: Parzellenweise Anwuchsraten getrennt nach Klonen in 30.267.009 Stiedenrode VI nach der ersten Vegetationsperiode.

Hinsichtlich der Triebzahlen (vgl. Abbildung 17) weisen die Einzelbäume überwiegend ein bis zwei Haupttriebe auf, wobei bei den Pappeln die Tendenz zu einem einzelnen Trieb größer ist und bei den Weiden öfter auch zwei Triebe vorkommen, was bisherige Erfahrungen bestätigt. Hier bleibt die Entwicklung nach Rückschnitt abzuwarten.

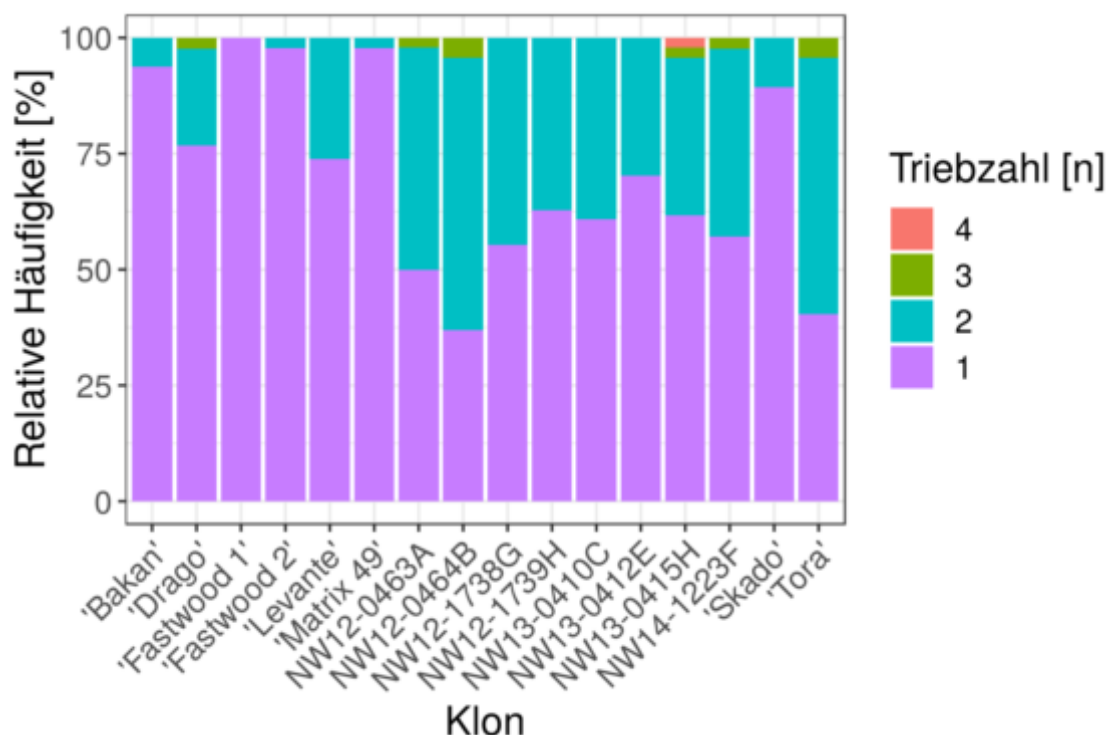


Abbildung 17: Anteile einzelbaumweiser Triebzahlen getrennt nach Klonen in 30.267.009 Stiedenrode VI nach der ersten Vegetationsperiode.

In Abbildung 18 sind die klonweisen Anteile der parzellenweise angesprochenen Astigkeitsboniturnoten enthalten. Die Astigkeit kann unter verschiedenen Aspekten beurteilt werden, z. B. dass eine hohe Astigkeit eine bessere Lichtinterzeption der Klone bewirkt und so zu höherem Wachstum führt oder aber dass eine höhere Astigkeit zu einem höheren Feinanteil im Hackgut führt, was eine geringere Brennstoffqualität impliziert. Andere Aspekte wie z. B. die Eignung zum Steckholzschnitt bei unterschiedlicher Astigkeit spielen ebenfalls eine Rolle.

Die angesprochene Astigkeit der Klone in Stiedenrode VI ist variabel, es überwiegend weitgehend die Stufen 1 und 2, bei einigen Weidenklonen wurde auch eine hohe Astigkeit festgestellt. Hier bleibt die Entwicklung nach Rückschnitt abzuwarten bzw. wäre über eine genauere Untersuchung der Korrelation von morphologischen mit anderen Eigenschaften nachzudenken.

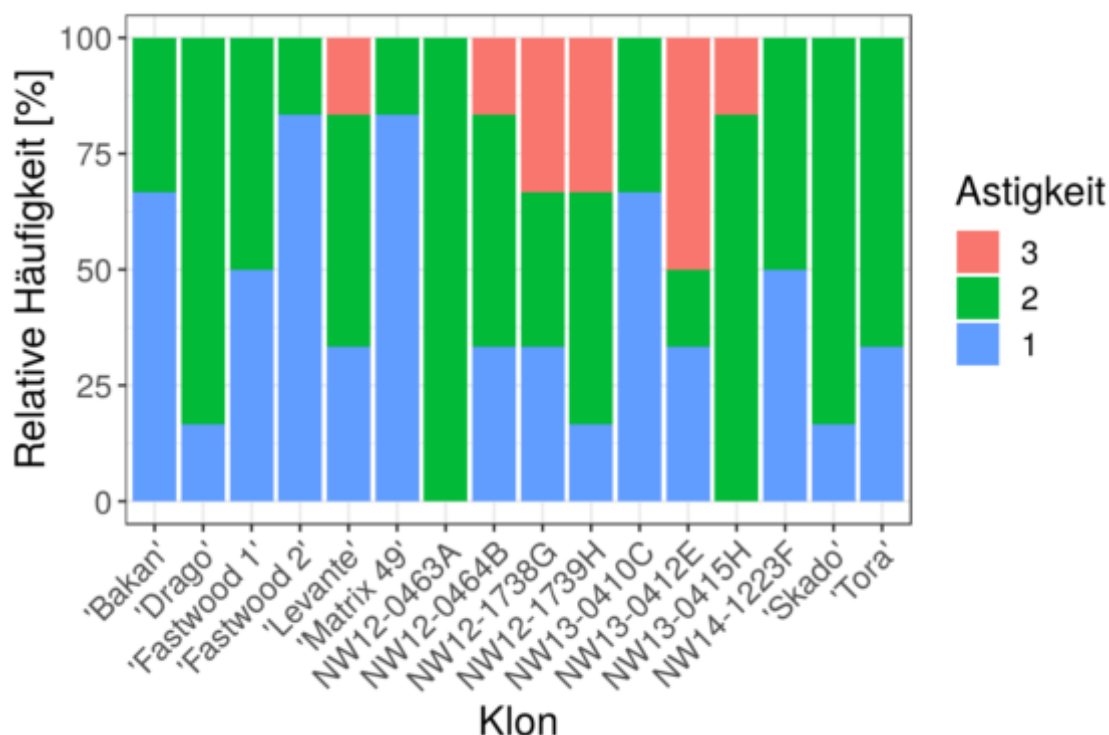


Abbildung 18: Relative Häufigkeit der parzellenweise angesprochenen Astigkeit nach Klonen getrennt in 30.267.009 Stiedenrode VI nach der ersten Vegetationsperiode. Die Parzelle wird insgesamt angesprochen und bonitiert: 1 = keine Äste, geringe Astigkeit, Note 2 = mittlere Astigkeit, Note 3 = starke Astigkeit, buschige Form.

Versuchsfläche Maxirotation 30.266.018 Seeburg

Die Versuchsfläche 30.266.018 in Seeburg wurde bereits in der zweiten Projektphase im Mai 2014 angelegt. Ziel war die Prüfung der Anbaueignung von 16 Pappel- und 4 Baumweidenklone (vgl. Tabelle 10) in Maxirotation mit 10- und 20-jähriger Umtriebszeit mit den Nutzungsalternativen Stamm- und Energieholzproduktion.

Tabelle 10: Prüfgliedliste der Versuchsfläche 30.266.018 Seeburg.

Klon-Nummer	Klon-Name	Art / Kreuzung
NW12-0464B		<i>Salix alba</i>
NW12-1738G		<i>Salix alba</i>
NW12-1739H		<i>Salix alba</i>
NW12-0463A		<i>Salix alba</i>
NW07-0197S	'Fastwood 1'	<i>Populus maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>
NW07-0226B	'Fastwood 2'	<i>Populus maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>
NW07-0200V		<i>Populus maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>
NW07-0204A	'Fastwood 5'	<i>Populus maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>
NW07-0208E		<i>Populus maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>
NW07-0199U	'Matrix 11'	<i>Populus maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>
NW09-1347L	'Matrix 24'	<i>Populus maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>

Klon-Nummer	Klon-Name	Art / Kreuzung
NW08-1975X	'Matrix 49'	<i>Populus maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>
NW07-0605C	'Muhle Larsen'	<i>Populus trichocarpa</i>
NW07-0622X	'Androscoggin'	<i>Populus maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>
NW07-0786T	'Trichobel'	<i>Populus trichocarpa</i>
NW07-0843L	'Robusta'	<i>Populus euramericana</i>
NW07-0728Z	'Hybride 275'	<i>Populus maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>
NW07-0735G	'Weser 4'	<i>Populus trichocarpa</i>

Die reine Versuchsfläche hat eine Größe von ca. 2 ha. Insgesamt 18 Klone und pro Klon 144 Steckruten wurden im Verband 4 x 2 m gesteckt. Bei vierfacher Wiederholung ergaben sich 72 Parzellen mit jeweils 36 Pflanzen. Die Pflanzenzahl beträgt somit pro Hektar 1.250 Ruten. Eine Einzelparzelle setzt sich aus sechs Reihen mit jeweils sechs Pflanzen zusammen. Die äußersten Reihen sowie die erste und letzte Pflanze der mittleren Reihen wurden wieder als Parzellenrand belassen. Damit ergibt sich eine Kernparzelle, die die inneren 16 Bäume umfasst. Die Versuchsfläche wurde wie die anderen Flächen komplett gegattert und die Parzellen mit Kennzeichnung verpflockt. Die Fläche in Seeburg wurde im Gegensatz zu den bisher in FastWOOD verwendeten 20 cm Steckhölzern erstmalig mit Steckruten begründet. Diese wurden bis zu 150 cm in die Erde gepflanzt und oberirdisch bei 1 m gekürzt (s. Abbildung 19 und Abbildung 21).

Der weite Pflanzverband ermöglichte eine sehr einfache, mechanische Bodenbearbeitung, durch mehrmaliges Grubbern längs und quer zu den Reihen mit einem Baumschulschlepper. Im Jahr der Pflanzung entwickelte sich so kaum Beikraut (Abbildung 20). Durch die Befahrung des Schmalspurschleppers quer zu den Reihen entstanden geringe Abbruchschäden an unteren Ästen, die aber auf die weitere Entwicklung keinen negativen Einfluss hatten. Bereits im ersten Jahr sind die Versuchspflanzen durch ihren Höhenzuwachs aus der Zone der Begleitvegetation heraus gewachsen und die Pflege der Fläche beschränkt sich im Folgejahr der Anlage auf ein einmaliges Mulchen, um die Begehrbarkeit für die Versuchsflächenaufnahme und die Beikrautregulierung wegen Samenflug auf landwirtschaftliche Nachbarflächen zu sichern. Ab 2016 erfolgte keine Pflege mehr.

Ab November 2014 erfolgte eine intensive Feld- und Schermausbeobachtung durch wöchentliche Kontrolle aufgrund von Fraßschäden an der Rinde. Eine Baumweide wurde in Parzelle 11 von einer Schermaus abgefressen. Dort erfolgte durch Beködierung und Aufstellen von Fallen eine Bekämpfung. Im Laufe des Winters erfolgten noch weitere, aber geringe Fraßschäden.



Abbildung 19: Oben zu sehen ist das Wässern der Setzruten kurz vor der Auspflanzung. Links unten ist das Stecken der Setzrute durch Baggerpflanzung mit Locheisen und verfüllen des Pflanzloches zu sehen. Rechts unten ist die im Zuge der Zusammenarbeit mit dem Landesbetrieb Landwirtschaft in Hessen (LLH) modifizierte Pflanzung zu sehen. Diese erfolgt durch eine an den Frontlader angebrachte Eisenstange/Rohr, die Markierung zeigt die Pflanztiefe an, hier 80 cm. Foto rechts unten: Christian Siebert.



Abbildung 20: Durch den weiten Pflanzverband wird eine mechanische Beikrautregulierung auch quer zu den Reihen möglich (linke Aufnahme). Rechts ist das geringe Beikrautauftreten nach der Bearbeitung zu sehen.



Abbildung 21: Austrieb der Setzruten in 30.266.018 Seeburg. Links ist eine Baumweide zu sehen, rechts eine Pappel.

Aufgrund der Beikrautregulierung und der Schermausbekämpfung fielen die Anwuchsraten sehr gut aus (Abbildung 22). Im Gesamtmittel lag der Anwuchs parzellenweise bei 98 %. Zwei *S. alba* Prüfglieder (NW12-0464B und NW12-1738G) wiesen vergleichsweise geringere Anwuchsraten auf, die absolut gesehen mit Mittelwerten über 80 % immer noch als gut zu beurteilen sind. Die Gründe der geringeren Anwüchse dürften in der schlechteren Qualität der zu dünnen Steckruten begründet sein. Eine Nachbesserung war insgesamt nicht nötig.

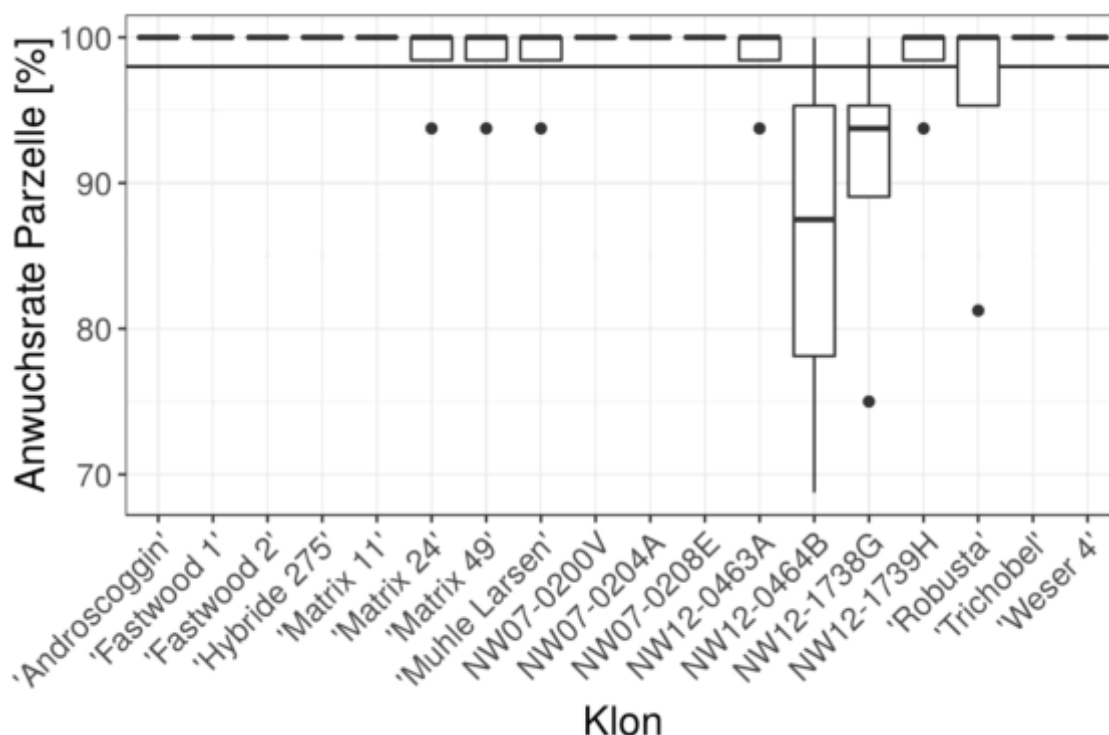


Abbildung 22: Parzellenweise Anwuchsraten getrennt nach Klonen in 30.266.018 Seeburg nach der zweiten Vegetationsperiode (2017).

Wie auf der Midirotationsfläche wurden in Seeburg außerhalb der Vegetationszeit Zuwachsparmeter erhoben. Abbildung 23 enthält die Triebhöhen nach der dritten Vegetationsperiode. Die Klone 'Hybride 275' und 'Trichobel' schneiden überdurchschnittlich ab, während sich für die anderen Klone bisher keine deutliche Staffelung ergibt. Hinsichtlich des Dickenwachstums (s. Abbildung 24, gemessen nach der vierten VP) liegen vier Klone an der Spitze, nämlich 'Matrix 11', NW07-0208E (beide PMT) sowie die beiden reinen *P. trichocarpa* Klone 'Trichobel' und 'Weser 4'. Die Weiden-Prüfglieder schneiden hier alle unterdurchschnittlich ab.

Insgesamt sind die Zuwächse der Bäume in Seeburg nach der vierten Vegetationsperiode als sehr gut zu beurteilen, was darin begründet sein dürfte, dass es sich um einen sehr guten Ackerstandort mit hoher nutzbarer Feldkapazität (nFK) und optimaler Nährstoffausstattung handelt. Hinzu kommt ein sehr weiter Pflanzverband von 4 x 2 m wodurch den Einzelbäumen viel Standraum zur Verfügung steht. Durch die zusätzlich tiefe Pflanzung konnten alle Klone von Anfang an ihr maximales Potenzial entfalten. Lediglich der Baumweidenklon NW12-0464B hatte einen schlechteren Start durch teilweise zu geringe Rutendurchmesser des Pflanzmaterials. Er zeichnet sich aber durch einen hervorragenden, geradschaftigen Wuchs, ähnlich dem Pappelklon 'Trichobel' und 'Robusta' aus.

Der wüchsigste Klon NW07-0208E hat eine durchschnittliche Durchmesserzunahme von 3 cm pro Jahr in 1,3 m Höhe. Geht man von einer linearen Entwicklung aus, könnten bereits nach 10 Jahren Stärkeklassen im Bereich 25 cm bis 29 cm erzielt werden, die beispielsweise für die Palettenherstellung interessant wären.

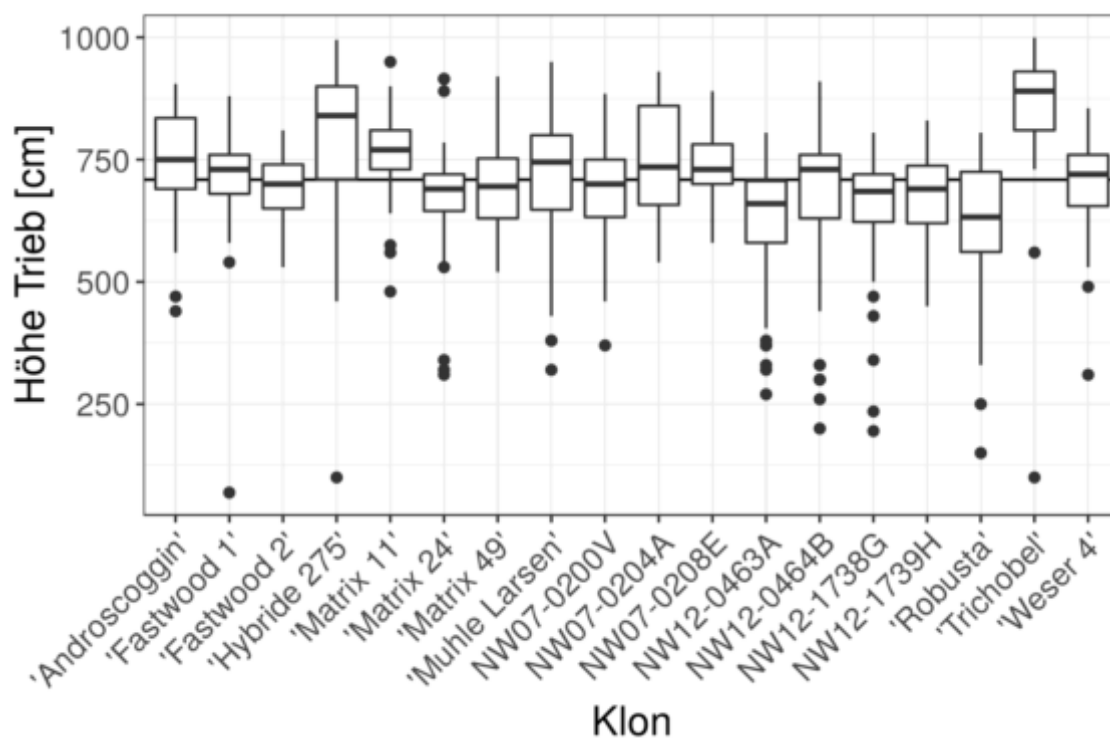


Abbildung 23: Einzeltrieb-Höhen getrennt nach Klonen in 30.266.018 Seeburg nach der dritten VP 2016. Die durchgezogene Linie gibt den Gesamt-Mittelwert an.

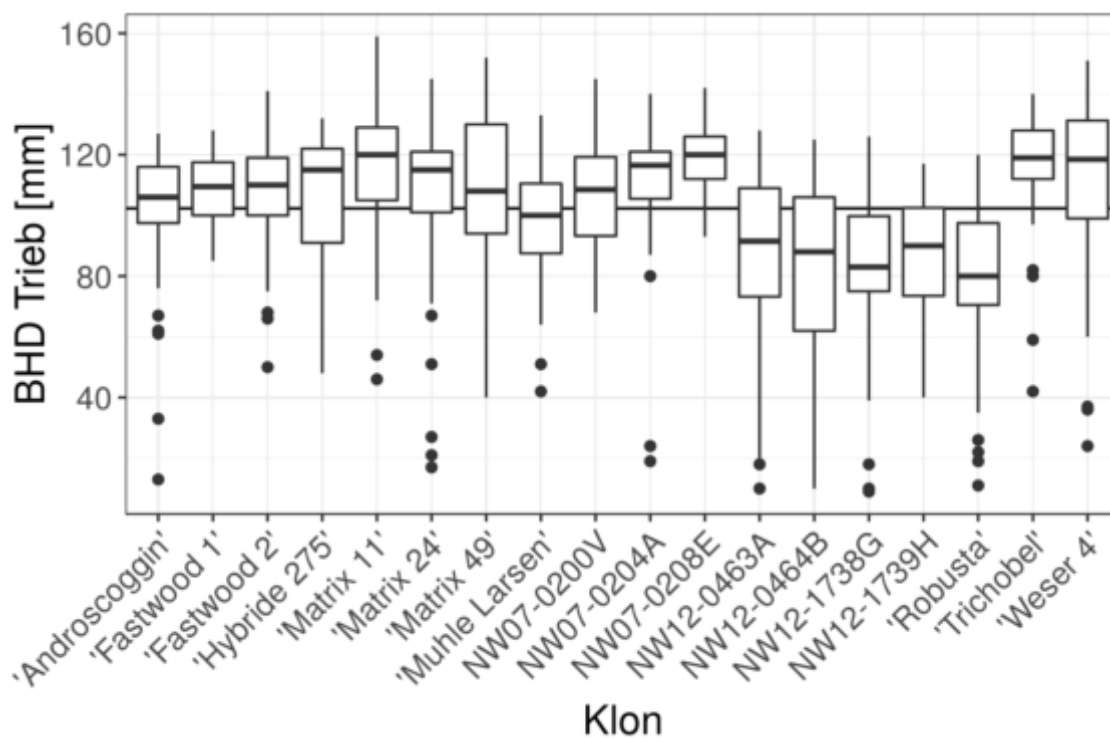


Abbildung 24: Einzeltrieb-BHD getrennt nach Klonen in 30.266.018 Seeburg nach der vierten VP 2017. Die durchgezogene Linie gibt den Gesamt-Mittelwert an.

Die einzelbaumweisen Triebzahlen sind über alle Klone hinweg vergleichsweise gering (s. Abbildung 25), was durch den weiten Pflanzverband begründet sein dürfte.

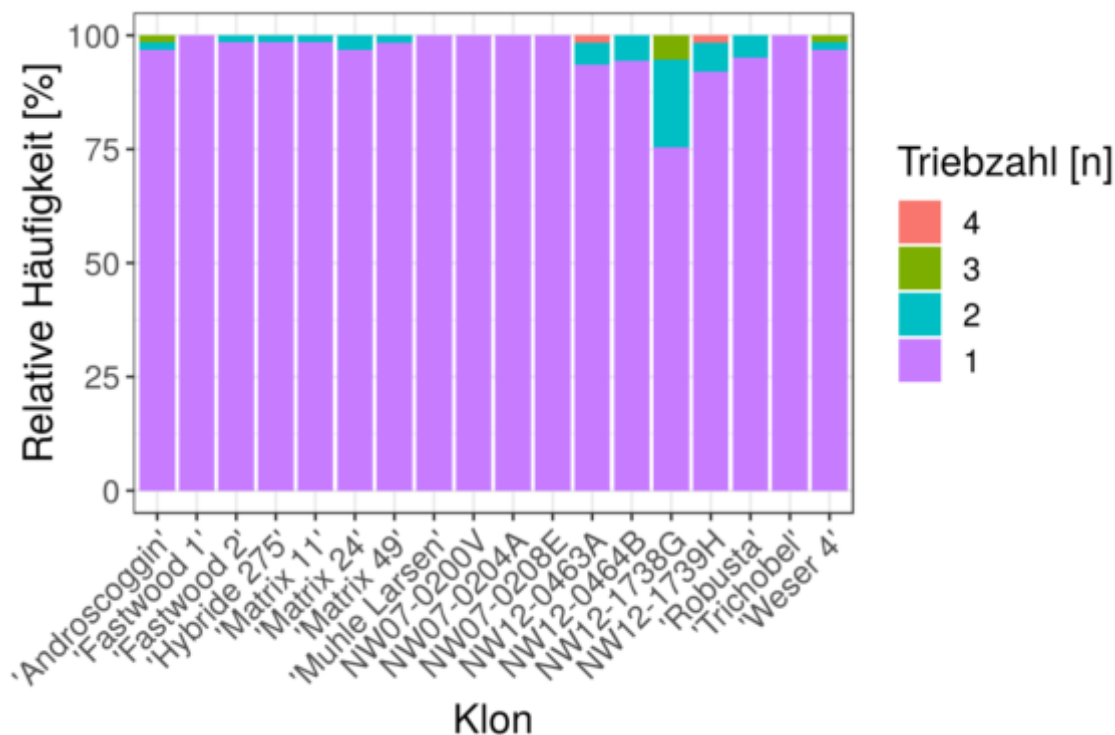


Abbildung 25: Anteile einzelbaumweiser Triebzahlen getrennt nach Klonen in 30.266.018 Seeburg nach der dritten Vegetationsperiode 2016.

Hinsichtlich der Astigkeit wurden überwiegend die Boniturnoten 2 und 3 vergeben (s. Abbildung 25), einzige Ausnahme stellen 50 % der Parzellen beim *S. alba* Klon NW12-0464B dar. Die Vergleichbarkeit zu Stiedenrode VI ist hier jedoch eingeschränkt aufgrund des deutlich weiteren Pflanzverbandes und der damit einhergehenden baumartigen Morphologie.

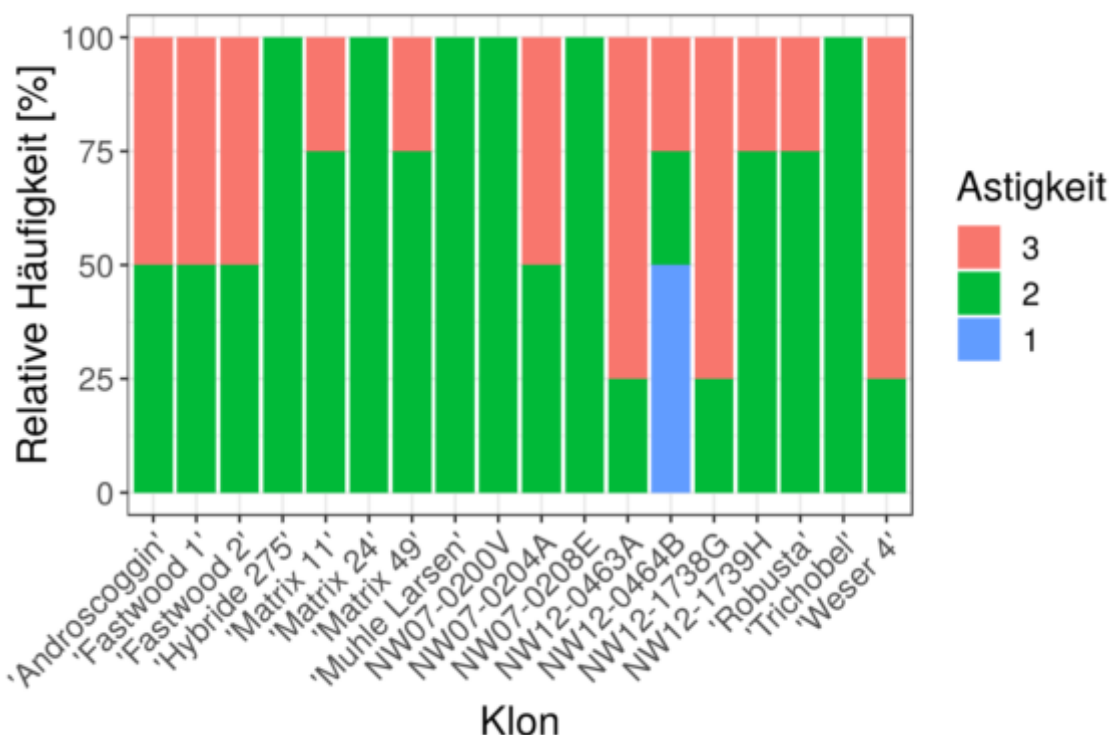


Abbildung 26: Relative Häufigkeit der parzellenweise angesprochenen Astigkeit nach Klonen getrennt in 30.266.018 Seeburg nach der vierten Vegetationsperiode 2017. Die Parzelle wurde insgesamt angesprochen und bonitiert: 1 = keine Äste, geringe Astigkeit, Note 2 = mittlere Astigkeit, Note 3 = starke Astigkeit, buschige Form.

Erziehungsschnitt/Zwieselschnitt sowie dessen Auswirkungen auf die Wipfelschäftigkeit bei Baumweiden

Auf der Maxirotationsfläche Seeburg erfolgte durch die Art des Pflanzmaterials (oberirdisch ein Meter lange Weidenruten, teilweise ohne Terminalknospe) bei den Baumweiden z. T. ein kopfweidenartiger Austrieb (s. Abbildung 27). Da eine wipfelschäftige Stammform gewünscht ist, wurde untersucht, ob ein sog. Erziehungsschnitt den Wuchs der Baumweiden positiv beeinflusst. Hierzu wurden bei allen vier Baumweidenklonen in zwei von insgesamt vier Wiederholungen ein Zwieselschnitt bzw. ein Ausschnitt von einem bis zu vier Trieben am 15.03.2016 vorgenommen. Es wurden Äste mit einem Durchmesser über 4 cm entnommen (s. Abbildung 27). Bei erkennbarem Gipfeltrieb erfolgte kein Schnitt. Zukünftig bleibt zu beobachten, ob weitere Seitenäste bei dem Pflanzverband von 4,0 x 2,0 m durch Lichtmangel absterben werden. Die günstigste Wuchsform wies der Klon NW12-0464B auf, hier konnte durch den geringsten Schnittaufwand der größte Erfolg erzielt werden (s. Abbildung 28). Deutlich ist der Unterschied der Astigkeit und Vieltriebigkeit der vier Weidenklone zu sehen. Bei dem starkastigen Klon NW12-1738G wurden teilweise vier Triebe entnommen. Der Klon NW12-0464B wurde wegen seiner sehr guten Wipfelschäftigkeit und der geringen Seitenastzahl bereits für weitere Versuchszwecke für Maxirotationen verwandt.



Abbildung 27: Entfernen von Seitentrieben (Durchmesser über 4 cm) bei Baumweiden.

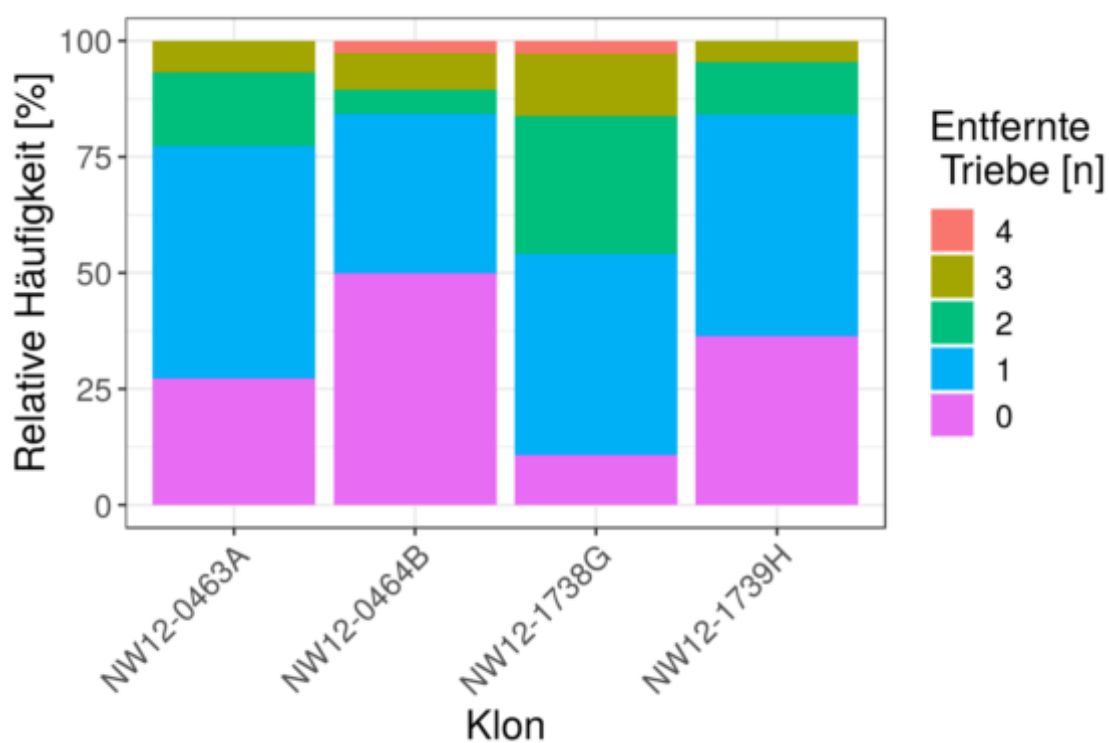


Abbildung 28: Dargestellt sind die entnommenen Triebe pro Aufwuchs für einen sinnvollen Erziehungsschnitt zum Einzeltrieb.



Abbildung 29: Baumweiden Zwiesel- und Erziehungsschnitt. Linke Aufnahme: gute Überwallung der Seitentriebe nach Zwiesel- und Erziehungsschnitt nach einem Jahr, Rechtes Bild: Sehr gerade, wipfelschäftige Baumweide (NW-12-0464B) durch Erziehungsschnitt.

Sturmschaden

Der Bestand in Seeburg wurde am 26.07.2016 durch ein Sommergewitter schwer beschädigt (s. Abbildung 30). Der Sturm kam aus Südwest und hat nicht nur die KUP-Fläche geschädigt, sondern auch in umliegenden Waldrändern starke Eichenäste ausgebrochen und Solitäräume im Feld geworfen. Eine Sturmschadensbonitur wurde am 19.07.2016 durchgeführt (s. Abbildung 31). Die Klone mit den geringsten Schäden haben kleine Blätter, einen schmalen Habitus oder sind eher schwachwüchsig (Schadstufe 1-3). Dazu zählen NW07-0843L ('Robusta'), NW12-0463A (*S. alba*), NW12-0464B (*S. alba*). Gerade der letzte Klon hat eine sehr wipfelschäftige gute Stammform und scheint dadurch weniger sturmanfällig zu sein. Die Wuchsleistungen sind bisher jedoch nur mäßig, erst in einer Langzeitbeobachtung lässt sich die Leistungsfähigkeit dieser Silberweide feststellen. Die Klone der Art *P. trichocarpa* und die Baumweidenklone bogen sich eher um, als das sie abbrachen, teilweise schon vom Boden aus. (Schadstufe 2, 3 und 5). Dies betrifft die Pappelaltklone NW07-0605C 'Muhle-Larsen', NW07-0622X 'Androscoggin', NW07-0728Z 'Hybride 275', NW07-0735G 'Weser 4' und NW07-0786T 'Trichobel'.

Bei den Pappeln schnitt der Balsampappelaltklon 'Trichobel' durch eine sehr gute Stabilität am besten ab. Dieser Klon blieb gerad- und wipfelschäftig, selbst am windexponierten Waldrand wächst er noch gerade (s. Abbildung 32). Zwei der vier Silberweidenklone zeigten starke Biegeschäden (s. Abbildung 30 links). Die Hybridpappeln brachen vorwiegend bei ca. 2 m Höhe ab. (Schadstufe 3 und 4). Am stärksten betroffen war hier der Klon NW09-0226B 'Fastwood2' und 'Matrix 49' (s. Abbildung 30

rechts). Die Bruchschäden sind aber bereits sehr gut ausgewachsen. Geplant ist mit dem ersten Durchforstungseingriff in 10 Jahren die Baumentnahme der schlechten Bestandsglieder, um den Zuwachs auf die guten Bäume zu lenken. Aufgrund der zunehmenden Extremwetterereignisse sind diese Beobachtungen ebenso wichtig wie Trockenereignisse im Hinblick auf Zuwachseinbußen, Stammformstörungen und Vitalität.



Abbildung 30: Sturmschäden nach einem Sommergewitter in Seeburg; linkes Bild: Baumweidenklon NW12-1739H; rechtes Bild: Pappelklon NW08-1975X ('Matrix 49')

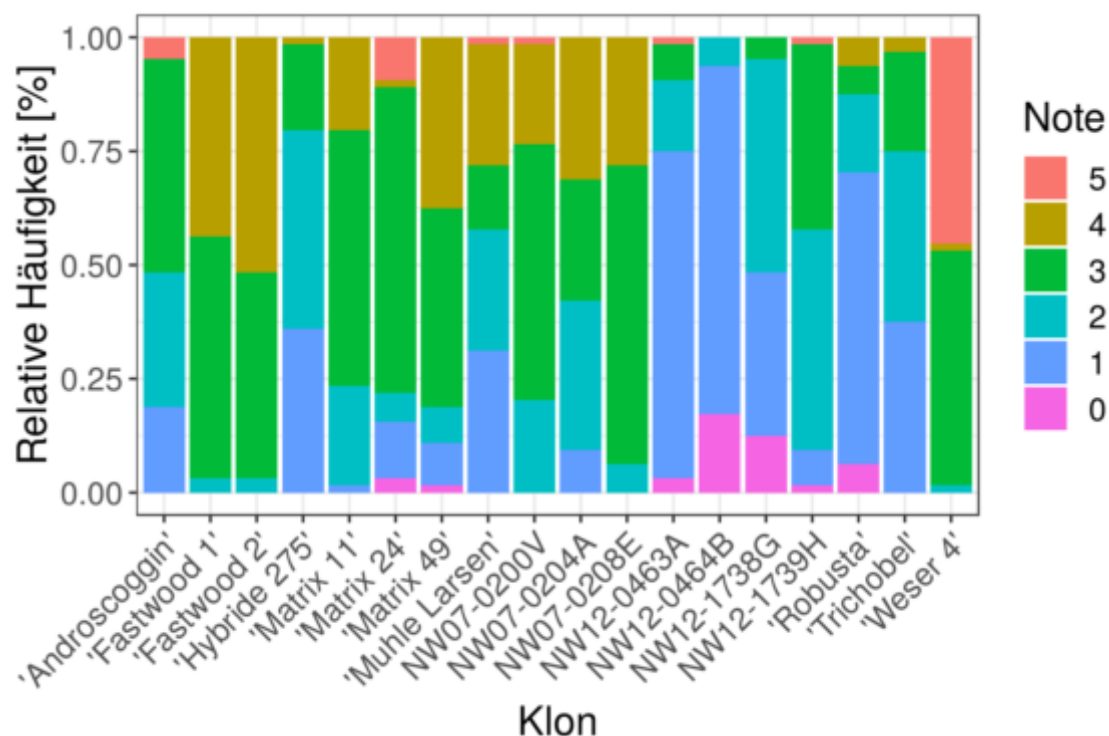


Abbildung 31: Ergebnisse der Sturmschadenbonitur in 30.266.018 Seeburg nach dem Sturm 2016. Boniturnoten: 0 = Ausfall; 1 = ohne Schaden, gerade; 2 = leichte Biegung bis 45 ° Winkel; 3 = Biegewinkel 45 ° bis 90 °; 4 = Bruch; 5 = ganzer Baum schief.



Abbildung 32: Unterschiede bei Qualitätskriterien hinsichtlich der Schaftform. Linkes Bild: gerad- und wipfelschäftiger Altklon 'Trichobel' *P. trichocarpa*. Rechtes Bild: Krümmungen der Stammachse bei *S. alba*.

Blühen einiger Prüfglieder

Da im Frühjahr 2017 überraschenderweise ein Blühansatz bei einigen Pappeln festgestellt werden konnte, wurde im Mai 2017 zusätzlich eine Blühbonitur durchgeführt. Vermutlich durch die Optimalbedingungen des Standortes, durch den Weitverband und zusätzlich die Bruchschäden des Sommersturmes 2016 blühten schon einige Pappelklone.

Tabelle 11: Anzahl der blühenden Pappelbäume im Mai 2017 (WDH: Wiederholung).

Klon-Nummer	Klon-Name	WDH1	WDH2	WDH3	WDH4	Summe
NW09-1347L	'Matrix 24'	2	1	-	-	3
NW08-1975X	'Matrix 49'	-	7	13	10	30
NW07-0199U	'Matrix 11'	14	14	14	9	51
NW07-0200V		-	8	12	7	27

Natürliche Waldverjüngung durch zweiseitig angrenzenden Wald

Auf der Versuchsflächen Seeburg ist eine sehr günstige Vorwaldsituation gegeben. Es verjüngen sich Rotbuche, Hainbuche, Eiche, Spitzahorn und Bergahorn (s. Abbildung 33). Der Vorwald schafft ein optimales Klima für die auflaufende Naturverjüngung aus dem angrenzenden Wald.



Abbildung 33: Naturverjüngung auf der Versuchsfläche Seeburg.

II.1.2.5 Sicherung bewährter Kreuzungspartner der Sektionen Aigeiros und Tacamahaca

Der NW-FVA stehen rund 600 Pappel-Klone auf einer Vielzahl ehemaliger Versuchsflächen zur Verfügung. Zusätzlich konnten in den bestehenden vier Populeten 284 Klone erhalten werden. In Mutterquartieren und Sortenschauen sind 830 Klone vorhanden. Die Gattung *Salix* ist mit 280 Klonen

in einem Salicetum repräsentiert. Tabelle 12 stellt eine Übersicht des vorhandenen Versuchsmaterials der Gattungen *Populus* und *Salix* der NW-FVA dar.

Tabelle 12: Bei der NW-FVA vorhandenes Versuchsmaterial der Gattungen *Populus* und *Salix*.

Baumgattung	Vorhandenes Versuchsmaterial
<i>Populus</i>	165 ehemalige Versuchsflächen auf ca. 250 ha, über 600 Klone 4 Populeten, 284 Klone 2 Mutterquartiere/Sortenschauen, 830 Klone
<i>Salix</i>	1 Mutterquartier, 280 Klone

Nach Auswertung der Aktenlage und Auskünften der zuständigen Forstämter fanden bereits in der ersten Projektphase Bereisungen vielversprechender, ehemaliger Pappel-Versuchsflächen und eine Vorselektion der darauf befindlichen Klone statt. Die Standorte der selektierten Klone wurden genau eingemessen und die entsprechenden Bäume markiert. Diese Arbeiten wurden in den weiteren Projektphasen fortgesetzt. Die Klone wurden entweder zur direkten Prüfung auf Kurzumtriebseignung zusammengetragen, oder als Elternbäume bei den gezielten Kreuzungen verwendet. Die Klone der Gattung *Populus* in den bestehenden Populeten sind zum einen durch Überalterung in einem schlechten Zustand. Zum anderen haben die letzten Jahre der Beerntung zur Blühreisergewinnung einzelne Bäume in ihrer Vitalität stark eingeschränkt. Daher wurden wertvolle Genotypen und Elternbäume rejuveniert und in Kübelkulturen angezogen. Mit diesen Pflanzen soll, wenn eine geeignete Fläche gefunden wurde, ein neues Populetum zur Sicherung der bewährten Kreuzungspartner angelegt werden. Darüber hinaus dienen das Klonarchiv Sportplatz und das Vermehrungsquartier Roggenfeld der Erhaltung der in FastWOOD durch Züchtung erzeugten Nachkommen.

II.1.3 Weidenzüchtung mit den Sektionen *Salicaster* Dumort., *Salix*, *Amygdalinae* W., *Cinerella* Ser., *Viminella* Ser., *Helix* Dumort. und *Daphnella* Ser. mit dem Ziel der Zulassung neuer Sorten

II.1.3.1 Fortführung und Ergänzung vorgeprüfter Weidenkreuzungen

Züchtung von Weiden von 2009 bis 2017 – Chronologie, Züchtungsziele und Verwirklichung

Die gezielte Züchtung von Weiden in der NW-FVA begann 2009 mit der Initialisierung des FNR-Projekts „Weidenzüchtung“. Dieses eigenständige Projekt wurde 2011 thematisch durch einen Neuantrag in das Züchtungs-Verbundprojekt FastWOOD II integriert. Die Weidenzüchtung wurde nach Abschluss von FastWOOD II im Anschlussprojekt FastWOOD III weiter geführt. Durch die Anbindung der Weidenzüchtung an drei geförderte, chronologisch aufeinander folgende Projekte, mit einer Gesamtlaufzeit von ca. neun Jahren, ergeben sich züchtungsstrategisch drei aufeinanderfolgende in den Züchtungszielen bedeutsame Phasen. Alle Züchtungsphasen bestehen grundsätzlich aus den

Modulen Kreuzung, Verklonung, Vermehrung und Prüfung. Eine Zusammenstellung der Züchtungschronologie mit ihren Züchtungsmodulen gewährt die Übersicht in Abbildung 34.

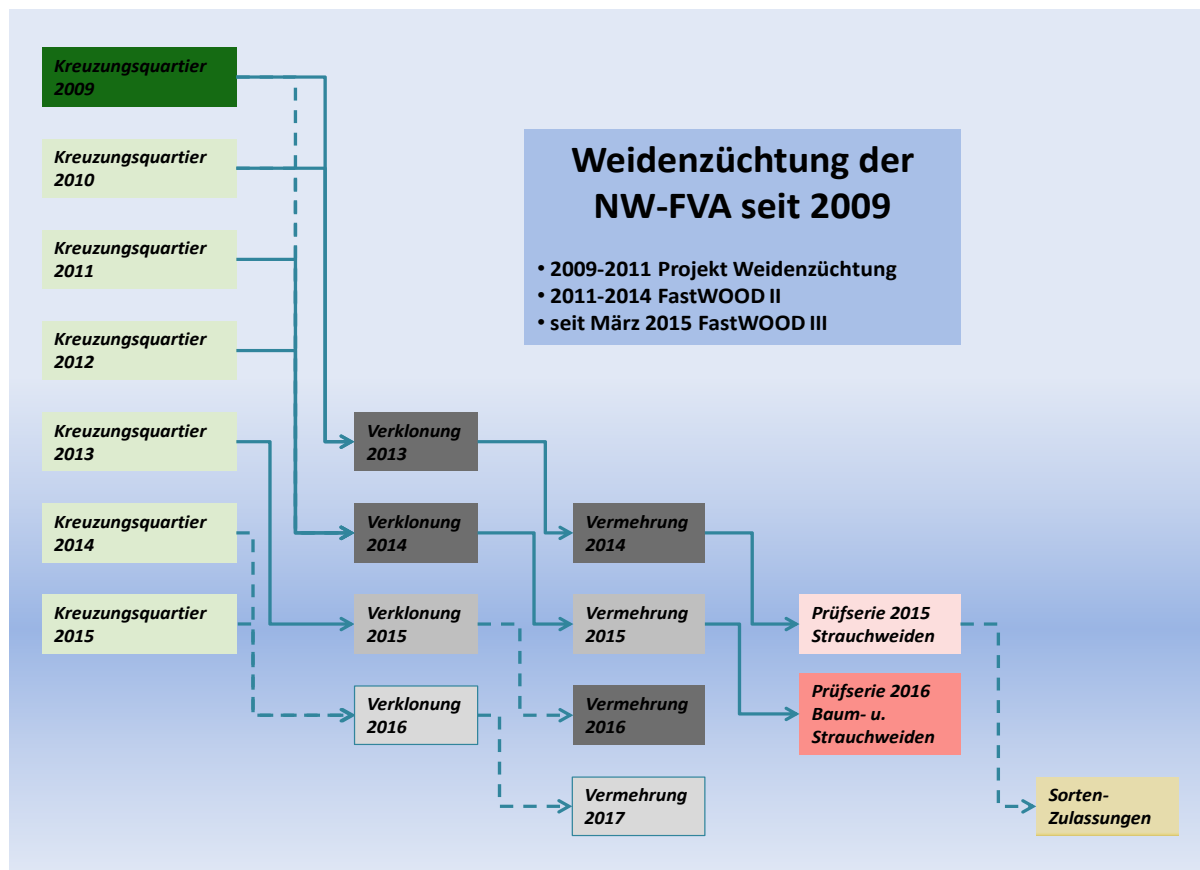


Abbildung 34: Chronologische Zusammenfassung der Weidenzüchtung in der NW-FVA seit 2009.

Züchtungschronologie – Schwerpunkte der Projektphasen

1. Phase „Projekt Weidenzüchtung“ (2009–2011): Inventarisierung der Weidensammlung der NW-FVA; Feldprüfung nicht registrierter Weidensorten; Kreuzung nicht registrierter Weidensorten untereinander sowie mit für den Agrarholzanbau gezüchteten Weidensorten; Interspezies-Kreuzungen; Besammlung von Weidenarten aus Naturstandorten; Entwicklung von In-vitro-Vermehrungs- und Polyploidisierungstechniken.
2. Phase „Verbundprojekt FastWOOD II“ (2011–2014): Prüfung, Verklonung und Selektion anbauwürdiger F1 Nachkommen aus den Kreuzungen 2009, 2010 und 2011 sowie nicht registrierter Weidensorten; Kreuzungen zwischen F1 (09–11), F1 und schwedischen Sorten sowie F1 und nicht registrierten Sorten; In-vitro-Etablierung und anschließende chemische Polyploidisierung anbauwürdiger F1- und F2-Linien; Anzucht, Blühstimulation und Kreuzung polyploider Klone zur gezielten Kreuzung triploider Pflanzen; Selektion und Verklonung anbauwürdiger F2 und F1 (3N); Etablierung von Genmarkern zur Differenzierung von Klonen.
3. Phase „Verbundprojekt FastWOOD III“ (2015–2017): Prüfung der Anbaueignung von selektierten F1 (2009 u. 2010) durch die Versuchserie 2015 sowie F1 der Kreuzungsjahre

2011 und 2012 in Versuchsserie 2016; Anlage einer Midi-Rotation mit dem Schwerpunkt Baumweiden und Pappeln; Produktion, Abhärtung und Verklonung weiterer polyploider Serien aus F1- und F2-Ausgangsselektionen sowie europäischer Sorten; Anlage einer Klon Sammlung von 2.700 Weidenkonen zu à 5 Ramets; Etablierung von Mikrosatelliten als genetische Marker für Elternschaftsanalysen zur Verifizierung der Kreuzungs-Genealogie.

Züchtungsziele von Weiden für den Agrarholzanbau:

Die Strauch- und Baumweiden sind durch ihre Rückschnittverträglichkeit hervorragend für den Anbau als Agrargehölz zur Bereitstellung hoher Biomassemengen in kurzer Zeit geeignet. Die hohe Replikationsrate klonaler Module hält ihre Etablierungskosten auf geringem Niveau. Vorangegangene englische und schwedische Züchtungs-Projekte entwickelten vor allem Weidensorten, die hohe Zuwachsraten in kurzen Vegetationsperioden mit geringen Sommertemperaturen unter Berücksichtigung hoher Rost- und Frostresistenzen, integrieren. In Mitteleuropa herrscht von Natur aus eine größere Standortsamplitude für den Anbau von Gehölzen. Klimavoraussagen zufolge verlängern sich die Vegetationsperioden unter Zunahme von Extremwetterlagen für längere Zeiträume. Diese Gegebenheiten zusätzlich zur Etablierung neuer Technologien der Rohstoff-Gewinnung und Verarbeitung von Biomasse aus Lignozellulose als Äquivalent zu endlichen fossilen Ressourcen und nicht zuletzt die Ausschöpfung des zukünftigen Kohlendioxid-Vermeidungspotenzials beeinflussten die folgenden Züchtungsziele:

1. Erweiterung des züchterischen Genpools durch Einbeziehung alter, nicht registrierter Sorten, Arten aus Naturpopulationen und Kombination derer mit leistungsfähigen Klonen aus Europäischen Züchtungsprogrammen.
2. Erhöhung des Ertrags durch Heterosiskreuzungen durch Neukombination vorteilhafter Wuchseigenschaften in der F2 – Generation sowie durch Gendosis-Effekte über Triploidisierung.
3. Erhöhung der Rostresistenz durch Einkreuzung resistenter oder toleranter Arten oder Klone
4. Optimierung der Wuchsform zum Zweck einer erleichterten Pflege (Beikrautresistenz) und Ernte (Wipfelschäftigkeit) durch Einkreuzung geeigneter Arten und Klone sowie Triploidisierung.
5. Verbesserung der Holzeigenschaften für die energetische Nutzung (Verringerung Rindenanteil), stoffliche Nutzung (Erhöhung Zellulosegehalt) sowie der Transport- und/oder Lagerungs-Eigenschaften (Wassergehalt und Holzdichte) über Selektion und Triploidisierung.
6. Erhöhung der Trockenresistenz durch die Einkreuzung resistenter Arten sowie über die Verringerung des Blattvolumen-Blattoberflächen-Verhältnisses durch Triploidisierung.
7. Verlängerung der Photoperiode (früher Austrieb und später Blattfall) durch die Selektion von Plustypen aus Kreuzungen zwischen kontinentalen und atlantischen Arten.

Verwirklichung der Züchtungsziele:

Der größte Teil der Züchtungsziele konnte erst nach erfolgreicher Beendigung des Initiationsprojekts „Weidenzüchtung“ aufgestellt werden. Wichtige Fragen der Kreuzbarkeit, Resistenzen, Wüchsigkeit, Vermehrbarkeit, Ploidiegrade, Wuchsform und Phänologie wurden dort analysiert. Die Weide eignet sich hervorragend für mittelfristige Züchtungsprojekte und ist unter den Gehölzen für Züchtungsarbeiten, gegeben durch ihren kurzen Generationszyklus und ihre klonale Vermehrbarkeit, wahrscheinlich unschlagbar. Aus diesen Gründen konnten in den Folgeprojekten ambitioniertere Fragestellungen bearbeitet werden.

Die **Erweiterung des züchterischen Genpools** durch inner- und zwischenartliche Kreuzungen bei den Weiden konnte vor allem im Projekt Weidenzüchtung in den Kreuzungsjahren 2009, 2010 und 2011 realisiert werden. Das Kreuzungsjahr 2012 stand im Fokus von Kreuzungen einer darauf aufsetzenden F2 Züchtungsgeneration untereinander sowie mit verschiedenen Arten und ausgewählten Agrarholz-Sorten aus europäischen Züchtungsprogrammen. In diesen vier Jahren wurden insgesamt 248 Kreuzungen durchgeführt. Aus 148 Kreuzungen dieser vier Jahre konnte nach Selektion durch temporale und zygotische Reproduktions-Barrieren sowie auch durch Sämlingssterilität und Wuchsanomalien wenigstens ein Genotyp je Kreuzungsfamilie verklont werden. Genotypen dieser vier Kreuzungsjahre wurden nach der Verklonung von zu 5 bis 10 Ramets auf Leistung, Wuchsform und Resistenz selektiert und im Folgejahr auf eine feldprüfungsfähige Anzahl von mindestens 50 Ramets je Klon vermehrt. Aus einjährigen Strauchweiden-Ramets können bei einer mittleren Triebzahl von 2,6 und einer mittleren Höhe je Trieb von 3,20 m insgesamt 2.080 Steckhölzer von je 20 cm Länge gewonnen werden. Aus 50 Baumweiden-Ramets mit einer mittleren Triebzahl von 1,6 und einer mittleren Höhe von 2,6 m im ersten Jahr nach Absteckung, werden dagegen nur 640 Steckhölzer produziert. Zur Etablierung einer Feldprüfungsserie für 4 Prüfflächen mit je 6 Parzellen aus 24 Steckhölzern werden wenigstens 567 Steckhölzer benötigt. Die Ausfallrate der hier abgesteckten Weiden ist weniger als 1 %. Deshalb konnte zusätzlich auch noch eine vorherige Selektion der Steckholzqualität durchgeführt werden und es stand weiterhin noch genügend Material für eine Ausfallsausbesserung zur Verfügung. Die Züchtungsergebnisse der Jahre 2009–2012 mündeten in zwei Feldprüfungsserien (s. II.1.4). Die erste Feldprüfungsserie an vier Standorten wurde 2015 mit 22 Klonen aus 14 Kreuzungsfamilien der Jahre 2009 und 2010 angelegt und konnte im dreijährigen Umtrieb in den Rotationsmodi 3 x 1 und 1 + 2 bis zur Biomasseernte kommen. Die zweite Feldprüfungsserie wurde 2016 an drei Standorten mit 30 Klonen aus 20 Kreuzungsfamilien der Jahre 2011 und 2012 etabliert. Die finale Auswertung der Feldprüfungsserie 2016 in Bezug auf die Biomasse findet außerhalb des Förderzeitraums im Herbst 2018 statt.

Die **Erhöhung der Biomasseleistung durch gezielte Heterosiskreuzungen und Neukombination von positiven Eigenschaften** wurden in den Kreuzungsjahren 2013, 2014 und 2015 verfolgt. In diesen Jahren wurden insgesamt 163 unterschiedliche Kreuzungen durchgeführt. Davon wurde aus 92 Kreuzungsfamilien mindestens 1 Klon selektiert. In diesen Jahren konnte verstärkt auf F1 - Genotypen aus Heterosiskreuzungen der Jahre 2009–2012 als Kreuzungspartner zurückgegriffen

werden. Da Strauchweiden nach der Verklonung schon im darauf folgenden Frühjahr bereitwillig blühen, konnten die Geschlechter von 95 % der entstandenen F1 zugeordnet werden. Der Anteil der männlichen Pflanzen aus allen entstandenen Nachkommen war stets nur unter 10 % und erschwerte somit die Selektion von leistungsfähigen männlichen Genotypen. Dennoch konnten über Selektion nach Geschlecht neue Kreuzungskombinationen zusammengestellt werden. So war es jetzt möglich züchterisch interessante Eigenschaften aus ursprünglich weiblichen Pflanzen jetzt über die entstandene männliche F1 auf andere weibliche Pflanzen, mit überragenden Eigenschaften, zu übertragen. Ein gelungenes Beispiel sei hier die Übertragung von vorteilhaften Eigenschaften des F1-Klons (♂) 'Mulattin' (♀, Chlorophyllgehalt hoch) × 'Rumänische Hanfweide' (♂, Austrieb früh) auf 'Tordis' (♀, Rostresistenz hoch und Leistung hoch). Im besten Fall konnten in einigen entstandenen Genotypen dieser F2-Kreuzungsfamilie alle genannten positiven Eigenschaften miteinander kombiniert werden und führten zu neuen Idealtypen, deren Wuchseigenschaften deutlich über denen der Eltern liegen.

Als weitere Züchtungsmethode wurde die Nutzung des **Gendosis-Effekts zur Leistungssteigerung und Neukombination von Wuchseigenschaften über die Triploidisierung** angewendet. Seit 2011 wurden Protokolle entwickelt, die Gewebekultur-Linien von verschiedenen Weidenklonen über chemische Modifikation durch Kolchizin oder Oryzalin in ihrem Ploidiegrad verändern (Fehrenz et al., 2014). So konnten in der ersten Phase dieses Züchtungsmoduls auf diese Weise entstandene tetraploide Linien des Klons 'Zieverich' im Frühjahr 2013 vermehrt, abgehärtet und in Kübeln angezogen werden. Die 2 bis 4 Meter hohen Pflanzen aus 6 homo- und mixoploiden Linien kamen schon im darauf folgenden Frühjahr zur Blüte und wurden erfolgreich mit diploiden Sorten sowie diploiden Arten und Hybriden aus F1 oder F2 – Kreuzungsfamilien des Weidenzüchtungsprogramms durch Kreuzung miteinander kombiniert. Die Diagnose des Ploidiegrades konnte bei 12 Kreuzungen dieses Modus einen triploiden Chromosomensatz bei 100 % der untersuchten Pflanzen der Stichprobe (24/240 je Kreuzungsfamilie) nachweisen. Nach Anzucht, Verklonung und Selektion der triploiden Pflanzen wurden 264 Klone zu à 5 Ramets im Jahr 2016 in das Klonquartier Sportplatz überführt.

II.1.3.2 Anzucht, Sicherung und Vorprüfung der Züchtungsprodukte, Prädiagnose von Leistungsparametern bei Weiden

Prädiagnose über Leistungsparameter bei Weiden

Die Prädiagnose über Leistungsparameter ist ein Werkzeug der Züchtung, durch welches vor allem nichtinvasive Methoden der Ertragsschätzung zur Anwendung kommen sollten. Ziel ist, mit geringem Aufwand und ohne eine Vollbeerntung möglichst viele Daten über Wuchsform und Wuchsstrategie der Prüfglieder in ihrer derzeitigen Anbauphase zu gewinnen und gleichzeitig diese für spätere Prüfphasen und die finale Ernte nicht zu zerstören. Auf der Versuchs- und Vermehrungsfläche „Roggenfeld“ wurden aus dem Pool der vorselektierten Genotypen der Kreuzungsjahre 2012, 2013 und 2014 in ihrer Leistung überragende Prüfglieder ausgewählt, die damit gleichzeitig zur Vermehrung für eine zukünftige Feldprüfungsserie etabliert wurden. Zur biometrischen Vermessung zum Ziel der

Ertragsschätzung wurden die Parameter Höhe und Brusthöhendurchmesser (BHD) aller Triebe über 1,30 m angewendet. Um eine reale Kenngröße für den Grad der Abholzigkeit (Verhältnis zwischen Höhe und Durchmesser) zu erhalten, wurde der Wurzelhalsdurchmesser rechnerisch ermittelt. Damit wurde die Voraussetzung für die Berechnung des Holzvolumens und der Mantelfläche geschaffen (s. Abbildung 35 bis Abbildung 37).

In diesem Versuch wurden 6 triploide Klone weiteren 33 diploiden Strauchweiden sowie den Standards 'Inger', 'Tora' und 'Tordis' gegenübergestellt. Dabei wurde bei den triploiden Klonen ein überdurchschnittlich geringes Höhen/WHD – Verhältnis (Abbildung 36) festgestellt. Das heißt für diese Prüfglieder, dass durch die Triploidisierung, im Verhältnis zur Höhe, eine Durchmesserzunahme stattgefunden hat (erhöhte Abholzigkeit, Höhe/Wurzelhalsdurchmesser gering). Diese Formverschiebung führt weiterhin zu einer Volumenzunahme (Abbildung 35) bei gleichzeitiger Oberflächenverringering (Abbildung 37). Die Volumenzunahme ist mit einer Ertragssteigerung des produzierten Holzes gleichzusetzen und die Oberflächenverringering führt zu einem geringeren Rindenanteil in der Gesamt-Biomasse, was letztendlich der Verringerung des Aschegehalts nach Verbrennung gleichkommt. Die Kreuzungsfamilie aus der die 6 triploiden Klone die hier ausgewählt wurden stammen (S2VVS_w), beinhaltet die Punkte 3-7 der Züchtungsziele durch einen Kreuzungsvorgang mit den Eigenschaften 'Zieverich' (4N, Blattfläche hoch, Chlorophyllgehalt hoch, später Triebabschluss und Wassergehalt gering) × 'Sven' (2N, Wuchsform aufrecht, Rostresistenz hoch, früher Austrieb und Holzdichte hoch). So führen also neben der Heterosis durch die Artkombination SVS_w (*S. viminalis* × (*S. viminalis* × *S. schwerinii*)), die gezielt eingekreuzten Eigenschaften wie Rostresistenz hoch, Chlorophyll-Gehalt hoch, Blattfläche hoch sowie die lange Vegetationsperiode, zur Erhöhung des Ertrags und der Beikrautresistenz – die Einkreuzung der straff aufrechten Wuchsform zur Verbesserung der Pflege und Ernte-Eigenschaften – der geringere Wassergehalt des Ernteguts zur Verringerung der Transportkosten und des Lagerbedarfs – die Erhöhung der Holzdichte zur Verbesserung wuchsstatistischer Eigenschaften und der Verringerung des Lagerbedarfs und schließlich die Verringerung des Rindenanteils zu geringeren Ascheanteilen von Verbrennungsrückständen.

Durch die biometrische Vermessung der 42 Weidengenotypen auf der Versuchs- und Vermehrungsfläche „Roggenfeld“ können generalisierende Aussagen getroffen werden, die sich besonders auf die Zielwuchsform und damit auf die Erhöhung des Ertrags von Ligno-Zellulose produzierenden Strauchweiden beziehen und einen großen Einfluss auf die potenzielle Nutzungsart haben:

1. Der Ertrag bei Strauchweiden kann züchterisch am ehesten durch die Senkung des Höhen-Durchmesser-Verhältnis (Erhöhung der Abholzigkeit) gesteigert werden (Abbildung 35).
2. Da die Triebzahl je Ramet einen nur geringen Einfluss auf die Abholzigkeit hat (Abbildung 36) und somit die Einzeltriebform auch bei Mehrtriebigkeit aufrecht erhalten wird, führt eine

Erhöhung des Durchmessers bei Aufrechterhaltung der Triebzahl eher zu einer Vergrößerung des Ertrags als die Beeinflussung der Höhe.

3. Die Verringerung des Höhen–Durchmesser–Verhältnisses (HD) hat eine starke Abnahme der Mantelfläche in Bezug zu ihrem Volumen zur Folge (Abbildung 37). Das entspricht einer Verringerung des Rindenanteils des Erntevolumens und damit der Verringerung des Ascheanteils oder aber der Verringerung des Ligninanteils zu Gunsten der Zellulose.

Die Volumenberechnung als Funktion aus den biometrischen Daten Höhe und Brusthöhendurchmesser (BHD) aller gewerteten Triebe über 1,3 m ermöglicht, als Form der Prädiagnose, eine Schätzung des Holzbiomasse-Ertragspotenzials über die Einbeziehung der Holzdichte (HD) des jeweiligen Klons. Wir haben die Holzdichte der Klone 'Inger', 'Tora' und S2VVS_w_15-1445M, letzterer mit dem höchsten Volumen je Ramet im Roggenfeld – Versuch, ermittelt. Es wurden je Klon an 12 Ramets die jeweils höchsten Triebe je Pflanzplatz jeweils Oben/Mitte/Unten durch ein 20 cm Holzzylinder beprobt und das Volumen und Gewicht nach Trocknung auf unter 5 % Restfeuchte bestimmt. Die Berechnung des Ertragspotenzials bei 20.000 Pflanzen ha⁻¹ (typische Pflanzdichte im Weidenanbau) ergab für das erste Jahr nach Absteckung auf dem Standort „Roggenfeld“ für 'Tora' (HD 474 kg m⁻³) 5,4 t_{atro} a⁻¹, 'Inger' (HD 444 kg m⁻³) 7,6 t_{atro} a⁻¹ TM und die triploide Neuzüchtung S2VVS_w_15-1445M (HD 441 kg m⁻³) 8,5 t_{atro} a⁻¹.

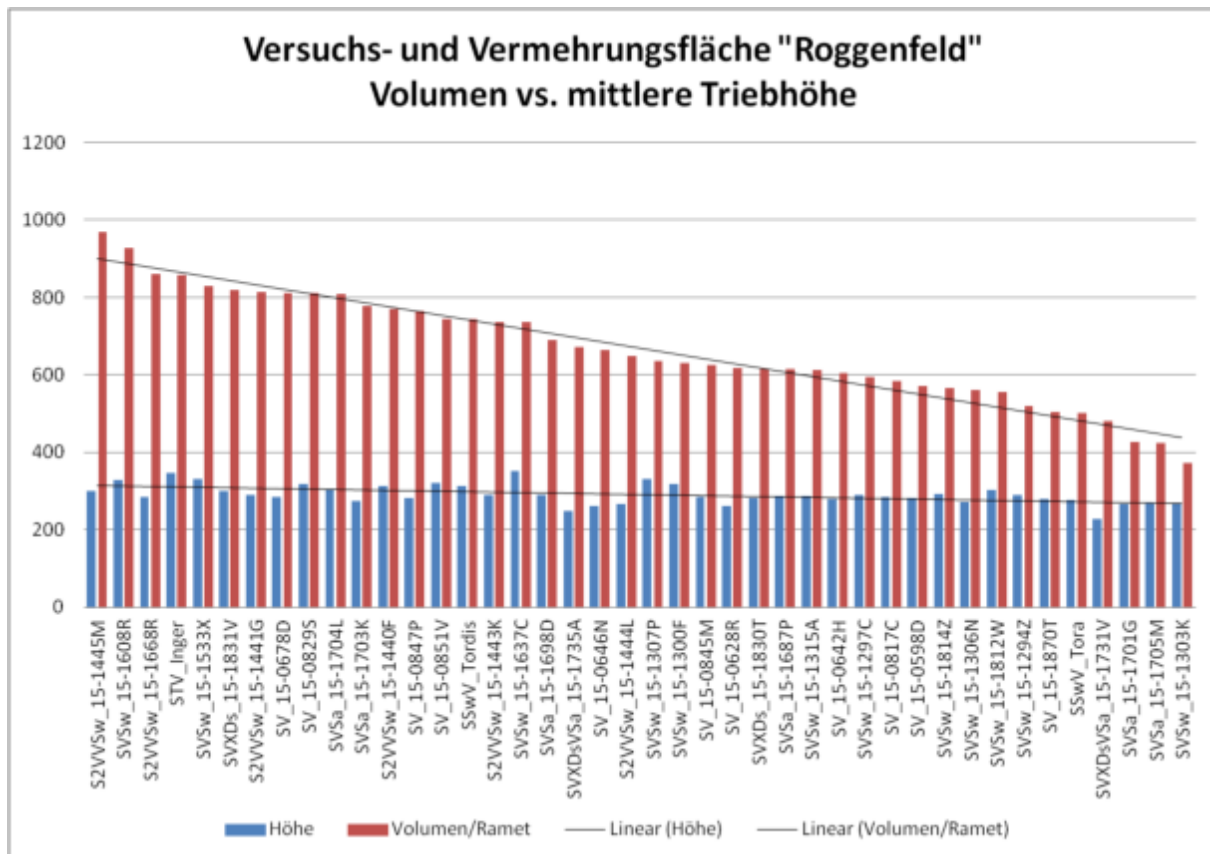


Abbildung 35: Zusammenhang zwischen mittlerer Triebhöhe und Frischmassevolumen je Ramet von Weidenklonen der Kreuzungsjahre 2012, 2013 und 2014 auf der Versuchs- und Vermehrungsfläche „Roggenfeld“. Die Versuchsglieder wurden nach absteigendem Volumen je Ramet (braun) geordnet und es wurde für beide Parameter eine lineare Trendkurve eingefügt. Spezies-Kodierung: SV (*S. viminalis*); S2VVS_w (4N *S. viminalis* × (*S. viminalis* × *S. schwerinii*)); SVS_w (*S. viminalis* × *S. schwerinii*); SS_wV (*S. schwerinii* × *S. viminalis*); SVS_a (*S. viminalis* × *S. sachalinensis*); SVXD_sVS_a (*S. viminalis* × (*S. × dasyclados* × (*S. viminalis* × *S. sachalinensis*))).

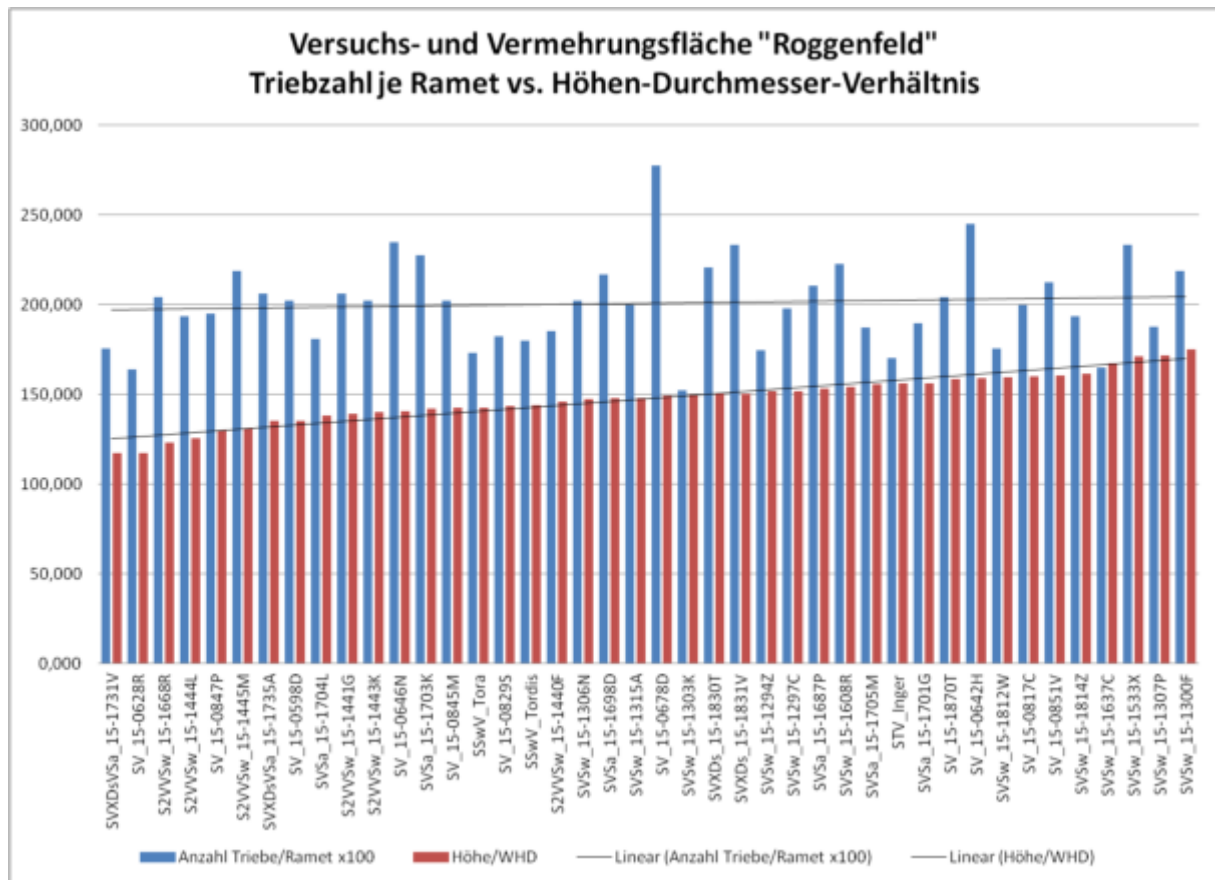


Abbildung 36: Zusammenhang zwischen der mittleren Anzahl Triebe je Ramet und dem Verhältnis zwischen Höhe und Wurzelhalsdurchmesser (WHD) von Weidenklonen der Kreuzungsjahre 2012, 2013 und 2014 auf der Versuchs- und Vermehrungsfläche „Roggenfeld“. Die Versuchsglieder wurden nach aufsteigendem Höhen - WHD – Verhältnis (braun) geordnet und es wurde für beide Parameter eine lineare Trendkurve eingefügt. Spezies-Kodierung: SV (*S. viminalis*); S2VWSw (4N *S. viminalis* × (*S. viminalis* × *S. schwerinii*)); SVSw (*S. viminalis* × *S. schwerinii*); SSwV (*S. schwerinii* × *S. viminalis*); SVSa (*S. viminalis* × *S. sachalinensis*); SVXDvSa (*S. viminalis* × (*S. × dasyclados* × (*S. viminalis* × *S. sachalinensis*)))

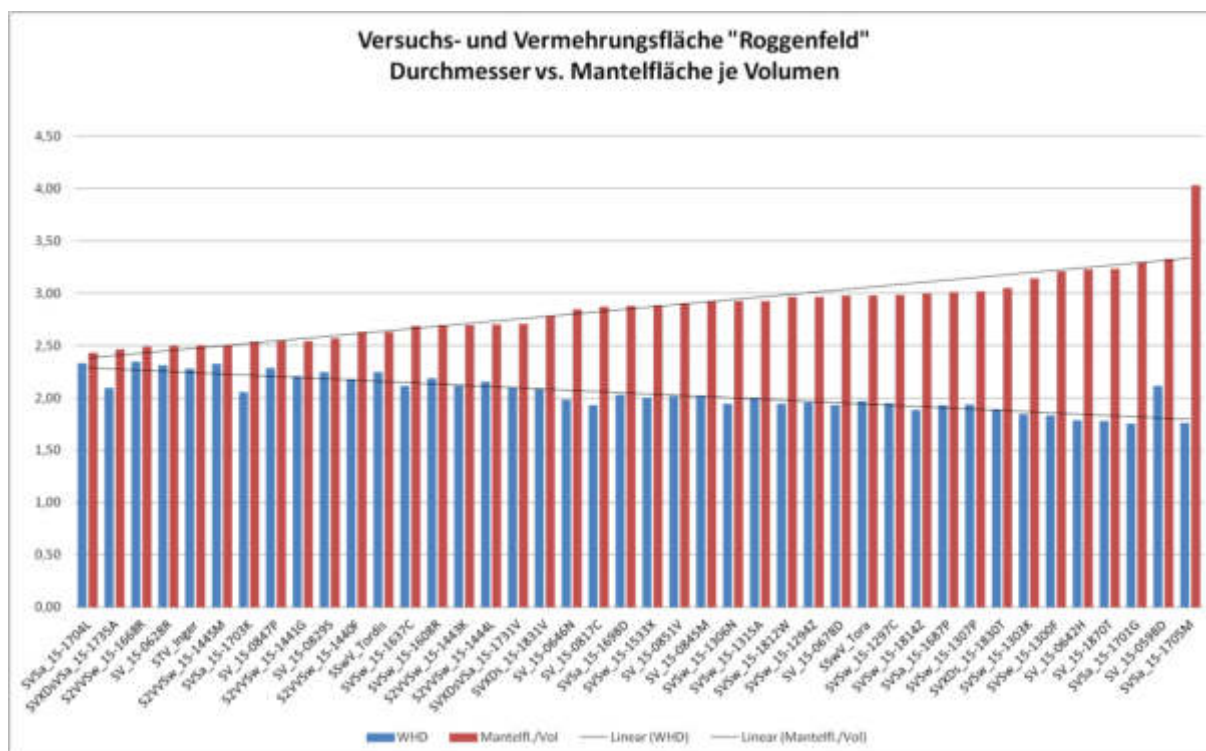


Abbildung 37: Zusammenhang zwischen Wurzelhalsdurchmesser (WHD) und Mantelfläche/Frischholzvolumen von Weidenklonen der Kreuzungsjahre 2012, 2013 und 2014 auf der Versuchs- und Vermehrungsfläche „Roggenfeld“. Die Versuchsglieder wurden nach aufsteigendem Mantelflächen – Volumen – Verhältnis (braun) geordnet und es wurde für beide Parameter eine lineare Trendkurve eingefügt. Spezies-Kodierung: SV (*S. viminalis*); S2VVS_W (4N *S. viminalis* × (*S. viminalis* × *S. schwerinii*)); SVS_W (*S. viminalis* × *S. schwerinii*); SSwV (*S. schwerinii* × *S. viminalis*); SVSa (*S. viminalis* × *S. sachalinensis*); SVXD_SVSa (*S. viminalis* × (*S. × dasyclados* × (*S. viminalis* × *S. sachalinensis*)))

Sicherung von Weidenklonen

Zur Sicherung des Genpools selektierter Züchtungsprodukte von Baum- und Strauchweiden der Projekte Weidenzüchtung, FastWOOD II und FastWOOD III wurde 2016 gemeinsam mit den gezüchteten Pappeln ein Klonquartier eingerichtet. Die Spezifikationen dazu werden in Kapitel II.1.4.2 beschrieben.

II.1.4 Prüfung der Anbaueignung des neu gezüchteten Materials aus den Sektionen *Salicaster* Dumort., *Salix*, *Amygdalinae* W., *Cinerella* Ser., *Viminella* Ser., *Helix* Dumort. und *Daphnella* Ser.

II.1.4.1 Neuanlage, Pflege und Prüfung von Versuchsflächen mit Weiden

Neuanlage von Versuchsflächen

Für die Prüfung der Anbaueignung von Weiden wurde in den Jahren 2015 (615_Mini) und 2016 (616_Mini) jeweils eine Weiden-Prüfserie im Mini-Rotationsformat im maximal dreijährigen Erntezyklus und 2016 eine Einzelprüfung (009_Midi) im Midi-Rotationsformat in einem sechsjährigen Erntezyklus

angelegt. Für eine oder mehrere über den Projektzeitraum hinausreichende Weiden-Prüfserien wurde 2017 die Prüf- und Vermehrungsfläche „Roggenfeld“ angelegt.

Die Weiden-Prüfserie 615_Mini beinhaltet 26 neue Prüfglieder der Kreuzungsjahre 2009 und 2010 (s. Tabelle 13). Diese Prüfgliederauswahl wurde an den 4 Standorten Augustfehn, Siemen, Merbachfeld und Stiedenrode angewendet. Je Prüfglied wurden 24 Ramets/Parzelle in sechs Parzellen-Wiederholungen (Blöcke) im Verband 2 x 0,5 m abgesteckt. Die Weiden-Prüfserie 616_Mini beinhaltet 30 neue Prüfglieder der Kreuzungsjahre 2010, 2011 und 2012 (s. Tabelle 13). Diese Prüfgliederauswahl wurde an den drei Standorten Siemen, Merbachfeld und Stiedenrode angewendet. Je Prüfglied wurden 24 Ramets/Parzelle in sechs Parzellen-Wiederholungen (Blöcke) im Verband 2 x 0,5 m (in der Reihe) abgesteckt.

Tabelle 13: Übersicht über die Verteilung von Weiden-Prüfgliedern auf die Versuchsserien sowie die Kreuzungskombination und Zugehörigkeit von bekannten Sorten (Altklone).

Serie	Prüfglieder [n]	Art / Kreuzungskombination (KK)	Art_ID	PG je KK [n]	Gruppe enthält
615	30	<i>S. viminalis</i>	SV	11	
		<i>S. viminalis</i> × <i>S. daphnoides</i>	SVDa	1	
		<i>S. viminalis</i> × (<i>S. schwerinii</i> × <i>S. viminalis</i>)	SVSw	3	
		<i>S. viminalis</i> × <i>S. triandra</i>	SVT	1	
		<i>S. viminalis</i> × <i>S. × aquatica</i>	SVXAq	1	
		<i>S. viminalis</i> × <i>S. × dasyclados</i>	SVXDs	5	
		<i>S. × smithiana</i> × <i>S. viminalis</i>	SXSm	1	
		<i>S. triandra</i> × <i>S. viminalis</i>	STV	1	'Inger'
		<i>S. schwerinii</i> × <i>S. viminalis</i>	SSwV	1	'Tora'
		(<i>S. schwerinii</i> × <i>S. viminalis</i>) × <i>S. viminalis</i>	SSwV	1	'Tordis'
		<i>P. nigra</i> × <i>P. maximowiczii</i>	PNM	1	'Max 1'
		<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>	PMT	2	'Matrix 11', 'Matrix 49'
		<i>P. trichocarpa</i>	PT	1	'Weser 6'
616	34	<i>S. viminalis</i>	SV	3	
		<i>S. viminalis</i> × <i>S. triandra</i>	SVT	3	
		<i>S. viminalis</i> × (<i>S. schwerinii</i> × <i>S. viminalis</i>)	SVSw	4	
		<i>S. viminalis</i> × <i>S. daphnoides</i>	SVDa	2	
		<i>S. triandra</i> × <i>S. viminalis</i>	STV	13	'Inger'
		<i>S. schwerinii</i> × <i>S. viminalis</i>	SSwV	3	'Tora'
		<i>S. daphnoides</i>	SDa	1	
		<i>S. alba</i>	SA	1	
		(<i>S. schwerinii</i> × <i>S. viminalis</i>) × <i>S. viminalis</i>	SSwV	1	'Tordis'
		<i>P. nigra</i> × <i>P. maximowiczii</i>	PNM	1	'Max 1'
		<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>	PMT	2	'Hybride 275', 'Fastwood 1'

Die Weiden-Einzelprüfung 009_Midi in Stiedenrode beinhaltet insgesamt 16 Prüfglieder (Prüfgliedliste s. Tabelle 9). Davon sind 7 x SA (*S. alba*), 1 x SMaA (*S. malisii* × *S. alba*), die Standards SSwV_Tora (*S. schwerinii* × *S. viminalis*), SMsA_Drago und SMsA_Levante (*S. matsudana* × *S. alba*) sowie drei Pappelklone des Kreuzungsmodus (*P. maximowiczii* × *P. trichocarpa*) PMT_FW01, PMT_FW02, PMT_Matrix49 und des Kreuzungsmodus (*P. trichocarpa* × *P. maximowiczii*) PTM_Skado und PTM_Bakan. Je Prüfglied wurden 24 Ramets/Parzelle in 6 Parzellen-Wiederholungen (Blöcke) im Verband 2 x 0,5 m abgesteckt.

Die Weiden-Prüf- und Vermehrungsfläche 010_Mini „Roggenfeld“ beinhaltet 42 Prüfglieder aus den Kreuzungsfamilien SV (*S. viminalis*); S2VVS_w (4N *S. viminalis* × (*S. viminalis* × *S. schwerinii*)); SVS_w (*S. viminalis* × *S. schwerinii*); SSwV (*S. schwerinii* × *S. viminalis*); SVSa (*S. viminalis* × *S. sachalinensis*); SVXD_sVSa (*S. viminalis* × (*S. × dasyclados* × (*S. viminalis* × *S. sachalinensis*))). Weiterhin wurden die Standards STV_Inger (*S. triandra* × *S. viminalis*), SSwV_Tora (*S. schwerinii* × *S. viminalis*) und SSwV_Tordis ((*S. schwerinii* × *S. viminalis*) × *S. viminalis*) abgesteckt. Alle Klone wurden zu je zwei Parzellen à 24 Ramets im Verband 0,3 x 1,5 m angebaut.

Prüfung von Weiden auf Versuchsflächen

Nach Durchlaufen aller Selektionsstufen der Weidenzüchtung, die von den Reproduktionsbarrieren während des Kreuzungsvorgangs über die Selektion in der Phase des Ortets (Keimling, Jungpflanze und Klonmutter) bis zur Phase des Ramets durch Verklonung und Vermehrung reicht, wurde ein Pool von Genotypen geschaffen, aus dessen Bestand die Prüfglieder für die finalen Feldprüfungen rekrutiert wurden. Insgesamt wurden beide finalen Weiden-Feldprüfungen im Rahmen des Projekts „FastWOOD III“ angelegt. Sie beinhalten Prüfglieder, die einem Genpool entsprechen, der in den Kreuzungsjahren 2009, 2010, 2011, 2012 und 2013 bereitgestellt wurde. Anlage und erste Ertragsergebnisse der Weiden-Feldprüfungsserie 615 (Anlage 2015) befinden sich vollständig im Berichtszeitraum von FastWOOD III. Die Zweite Weiden-Feldprüfungsserie 616 (Anlage 2016) wurde im darauf folgenden Jahr angelegt. Ihre erste Ertragserhebung für eine Dreijahres-Rotation findet im Herbst 2018 statt. Dennoch sind für diese Serien, durch den Rückschnitt der Teilflächen im ersten Jahr, Ertragserhebungen durch Trockengewichtsbestimmung durchgeführt worden. Details zur Anlage dieser Feldprüfungsserien befinden sich unter II.1.4.1.

Die Prüfung von Weiden in der Minirotation erfolgt im Dual-Rotationsformat 3 x 1 und 1 + 2. Wobei die für den Pappelanbau günstigere 3 x 1 Methode, welche die Pflanzenbiomasse erst nach drei Jahren erhebt und damit keine zwischenzeitlichen Rückschnitte erfordert, den Anbau von eintriebigen baumförmigen Spezies betont. In der 3 x 1 Methode wird der für den Genotyp typische (Steckholz 20 cm) determinierte Wuchs betont und für die ersten drei Jahre des Rotationszyklus beibehalten. Im Gegensatz dazu wird in skandinavischen und baltischen Ländern das für die Weiden typische 1 + 2 Rotationsformat angewendet. Die dort meistens verwendeten Weiden haben natürlicherweise ein strauchförmiges Wachstumsmodell, welches einen vieltriebigen Wuchs, entgegen dem baumförmigen Wuchs der Pappeln und Baumweiden, betont. Durch einen Rückschnitt nach dem ersten Wuchsjahr

wird der bei den meisten Genotypen der Strauchweiden, der ohnehin schon vorhandene Trend zur Mehrtriebigkeit erneut betont und auf das Leistungspotenzial der schon vorhandenen Wurzeln zurück gesetzt. Die angefallene Erstjahres-Biomasse wird bei diesem Model in die Gesamtbilanz der drei Jahre integriert. Jeweils die Hälfte der Prüfglieder in den Weidenserien 615 und 616 wurden nach dem ersten Jahr ihrer Etablierung zurück geschnitten. Durch die Anwendung dieser beiden Rotationsformate für die Klonprüfung der Weiden-Züchtungsprodukte von FastWOOD, wird es erstmals möglich, zahlreiche Genotypen einer den unterschiedlichsten Strauchweiden-Klonen angepassten, effizienten Rotationsmethode zuzuordnen. Die Ermittlung des Trockengewichts lehnt sich an das Protokoll an, welches für die Pappel-Feldprüfung entwickelt wurde (s. II.1.2.2).

In der Weiden-Feldprüfungsserie 615 wurden Weiden der Züchtungskategorie Kreuzung alter Weidensorten 1. untereinander, 2. mit anderen Arten und 3. mit vorhandenen Sorten aus schwedischen Züchtungskollektionen von Weiden für den Agrarholzanbau an vier verschiedenen Standorten auf ihre Wuchsleistung getestet (s. Kapitel II.1.4.1).

Generell haben alle vier Standorte stark unterschiedliche Biomasseleistungen erbracht. Die höchsten Werte wurden im Durchschnitt in **Augustfehn** (Abbildung 38) erbracht. Dieser Standort befindet sich auf einer Torfabbau-Nachfolgelandschaft Frieslands mit entsprechend saurem Bodensubstrat. Dieser Standort ist groß-klimatisch durch hohe Niederschläge und ausgeglichene gemäßigte Temperaturverläufe gekennzeichnet. Die Nährstoffversorgung ist hoch und das Grundwasser steht hoch an. Mit $13 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ a}^{-1}$ Trockenmasse wurde von der Korbweiden-Mandelweidenhybride SVT_0334M die höchste Leistung erbracht. Der Standard STV_Inger, die Reziprokkreuzung zwischen Korb- und Mandelweide erreichte mit $11 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ a}^{-1}$ den dritten Platz. *S. triandra* die Mandelweide als Hybridpartner kann von Natur aus saure und anoxische Bedingungen gut ertragen und zeigt das auch, wie am Standort Augustfehn nach Hybridisierung mit *Salix viminalis*. Im Ranking zweitplatziert ist die *Salix viminalis* × *Salix schwerinii*-Hybride SVSw_12-1721L mit $11.5 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ a}^{-1}$. Auch hier handelt es sich wieder um eine Reziprokkreuzung im Vergleich zum Standard, hier SSwV_Tora, der mit $8,5 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ a}^{-1}$ auf Platz vier rangiert. Der Standort Augustfehn zeigt eine deutliche Rangverschiebung der Prüfglieder in Bezug auf ihr Rückschnittsvermögen. So gibt es einige Rückschnitts-Gewinner, die sich ohne Rückschnitt im letzten Drittel dieses Rankings befinden. So zeigt eine Hybride aus einer alten Korbweiden-Sorte 'Ingeborg' eine erfolgreiche Selektion auf das Wiederaustriebsvermögen zum Zweck des Korbflechtens. SVFA_13-0580E erreichte nach Rückschnitt noch überdurchschnittliche $8,2 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ a}^{-1}$ am Standort Augustfehn. Alle Weidenprüfglieder des vorderen Drittel zeigen dramatische Ertragseinbußen nach Rückschnitt und können für den Standort Augustfehn als Rückschnitts-Verlierer bezeichnet werden. So handelt es sich bei dieser Rangverschiebung eindeutig um die Auswirkungen des Beikrautdrucks, dessen Beseitigung nach Rückschnitt nicht ausreichend stattgefunden hat und somit die Anführer im Ranking mit den leistungsschwächeren Prüfgliedern gleichgesetzt wurden. Dagegen konnten die Prüfglieder ohne Rückschnitt in den darauffolgenden zwei Jahren den Beikrautdruck durch Beschattung und Wasserkonkurrenz ausreichend bekämpfen. Typischerweise konnte eine Hybride von *Salix viminalis* mit *Salix caprea* (SVC), letztere eine eher wasser- und

sandferne Pionier-Weidenart, keinen nennenswerten Ertrag auf dieser feuchten und sauren Fläche erzielen.

Der Standort **Siemen** (Abbildung 39) befindet sich im Wendland und ist gekennzeichnet durch sandigen eher nährstoffarmen Boden, tiefer aber vorhandener Grundwasseranschluss zwischen 1-1,50 m und mittlere Niederschlagsmengen übers Jahr. Für die Weiden bedeuten diese Standortparameter deutliche Ertragseinbußen gegenüber dem Standort Augustfehn. So beträgt die höchste Trockenmasse eines nicht zurück geschnittenen Prüfglieds auf diesem Standort nur etwas über $8 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ a}^{-1}$ und wird von SVXD_s_13-0240A erreicht. Die ersten sechs Prüfglieder im Ranking vor dem ersten Standard SSwV_Tora haben alle die Sorte 'Zieverich' als Mutter. 'Zieverich' startet schon nach der Absteckung im ersten Jahr mit einer determinierten hohen Triebzahl und erhöht diese auch nach Rückschnitt nicht bedeutsam. Der Rückschnittsgewinner auf dieser Fläche ist mit $8,9 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ a}^{-1}$ der Klon SVXD_s_13-0250M und mit noch $6,8 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ a}^{-1}$ SVXD_s_13-0245F, beide aus derselben Kreuzungsfamilie SV_Mulattin × SXD_s_HJ3. Die Sorte 'Mulattin' startet im ersten Jahr wenigtriebig und S. × *dasyclados* hat ein hohes Wiederaustriebspotenzial. In dieser Kreuzungskombination begünstigt der Rückschnitt im Absteckjahr den Ertrag. Der deutliche Verlierer mit und ohne Rückschnitt ist auf dieser Fläche der Standard STV_Inger.

Der Standort **Stiedenrode (Ost)** ist gekennzeichnet durch eine hohe Inhomogenität in Bezug auf den Boden. Der Bereich in dem die Weiden angebaut wurden ist kalkskelettreich und hat nur eine geringe Lösslehmauflage. Im Anlagezeitraum herrschte eine starke Trockenheit und führte zu Anwuchseinbußen und Ausfällen. Der Wochen später einsetzende Regen führte zu sehr starkem Beikrautdruck, der personaltechnisch nicht sofort beseitigt werden konnte. Im Zusammenspiel dieser negativen Gegebenheiten konnten am Standort Stiedenrode (Ost) nur unterdurchschnittliche Erträge erzielt werden. Ein typischer Hinweis auf die Ursache der Ertragsresultate bietet die Analyse des Rückschnittmodus. Da fast alle Prüfglieder zu den Rückschnittgewinnern gehören und viele der Weiden im darauffolgenden Jahr deutlich an Biomasse zugewonnen haben. So konnte der Rückschnittsgewinner SVFA_13-0580E der Standorte Augustfehn und Siemen auch hier mit $7,8 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ a}^{-1}$ den meisten Gewinn aus dieser Anbaumethode ziehen. Bemerkenswert auch am Standort Stiedenrode (Ost) ist der geringe Ertragsgewinn, der für den Standard STV_Inger nach Rückschnitt erzielt werden kann. Dieses Verhalten ist auch auf den anderen Standorten erkennbar und wird auch von dem Klon SXSmFA_13-0570T, der *Salix viminalis* × *Salix caprea*-Hybride, über alle Flächen gezeigt. Letztere erreichte ohne Rückschnitt den zweiten Platz im Ranking mit aber nur $3,4 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ a}^{-1}$.

Am Standort **Merbachfeld** wurden die Biomassen der rückgeschnittenen Prüfglieder nicht dargestellt, da sie alle unter $0,5 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ a}^{-1}$ lagen. Das Merbachfeld bietet wahrscheinlich die für den Weidenanbau schwierigste Standortssituation in Bezug auf den Boden. So befindet sich in einer Tiefe von 60 cm eine verdichtete Tonschicht, die bei hohem Niederschlag zu Staunässe und bei Trockenheit zum Abbruch der Wurzeln zur wasserführenden Schicht führt. Unter dieser permanenten Stresssituation kam es zusätzlich noch zu einer intensiven Weidenblattkäfer-Kalamität im zweiten Standjahr, so dass der Ertrag des stärksten Prüfglieds SVSw_13-0561G, einer *Salix viminalis* × *Salix schwerinii*-Hybride, ohne Rückschnitt nur bei $5,4 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ a}^{-1}$ liegt. Bemerkenswert ist aber das im Ertragsvergleich hoch

einzuschätzende Abschneiden von SXSmFA_13-0570T, was die hohe Stresstoleranz dieser *Salix viminalis* × *Salix caprea*-Hybride unterstreicht und zu einer Anbau-Empfehlung für marginale Standorte führen könnte.

Zusammenfassend konnte festgestellt werden, dass die für diese Feldprüfungsserie zusammengestellten Prüfglieder über alle Flächen und Anbaumethoden eine hohe Rangverschiebung zeigen. Je nach Standortbedingungen übernehmen typische Kreuzungen, Klone oder Kreuzungsfamilien die Führung im Ertragsranking. Eine große Rolle spielen in Korbweiden eingekreuzte Arten wie *Salix triandra* (feucht, pH niedrig), *Salix caprea* (trocken, nährstoffarm), *Salix* × *dasyclados* (hohes Wiederaustriebsvermögen) oder *Salix schwerinii* (hohe Leistung an guten Standorten) sowie klontypische Eigenheiten wie bei 'Zieverich' (determinierte hohe Triebzahl), 'Ingeborg' (Rückschnittsverträglichkeit) und 'Björn' (starke Leistung und Rostresistenz). In dieser ersten Feldprüfungsserie des Verbundprojekts FastWOOD III konnte gezeigt werden, dass durch Erhöhung der genetischen Vielfalt in der Züchtung, für verschiedene Standorts- und Klimasituationen Mitteleuropas geeignete Weiden den Ertrag positiv beeinflussen können.

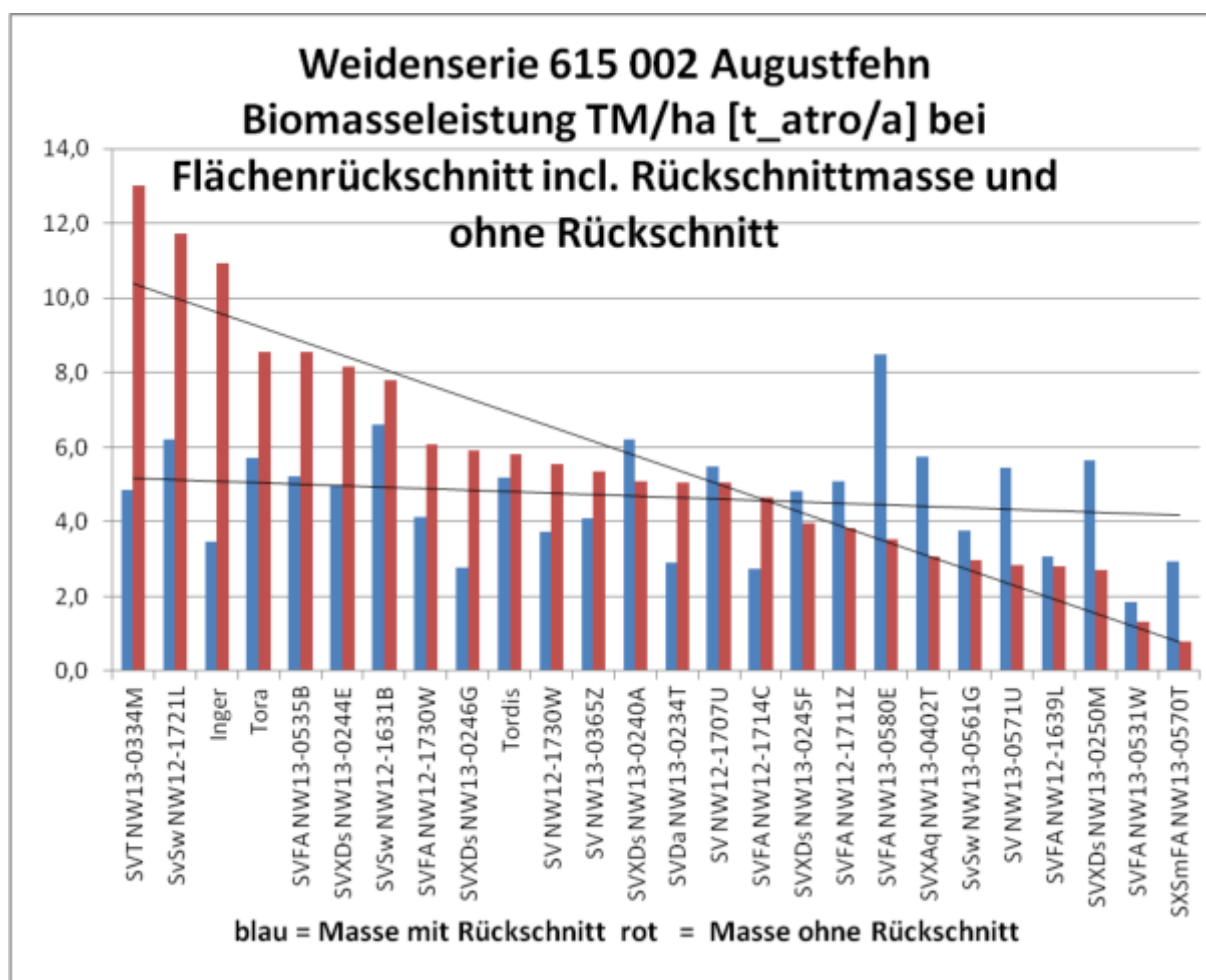


Abbildung 38: Trockengewicht je Prüfglied der Weiden-Feldprüfung am Standort Augustfehn. Spezies-Kodierung: SV (*S. viminalis*); SVSw (*S. viminalis* × *S. schwerinii*); SSvV (*S. schwerinii* × *S. viminalis*); SVXD_s (*S. viminalis* × *S. dasyclados*); SVFA (*S. viminalis* × Freie Abblüte); SVDa (*S. viminalis* × *S. daphnoides*); SXSmFA (*S. viminalis* × *S. smithiana* × Freie Abblüte).

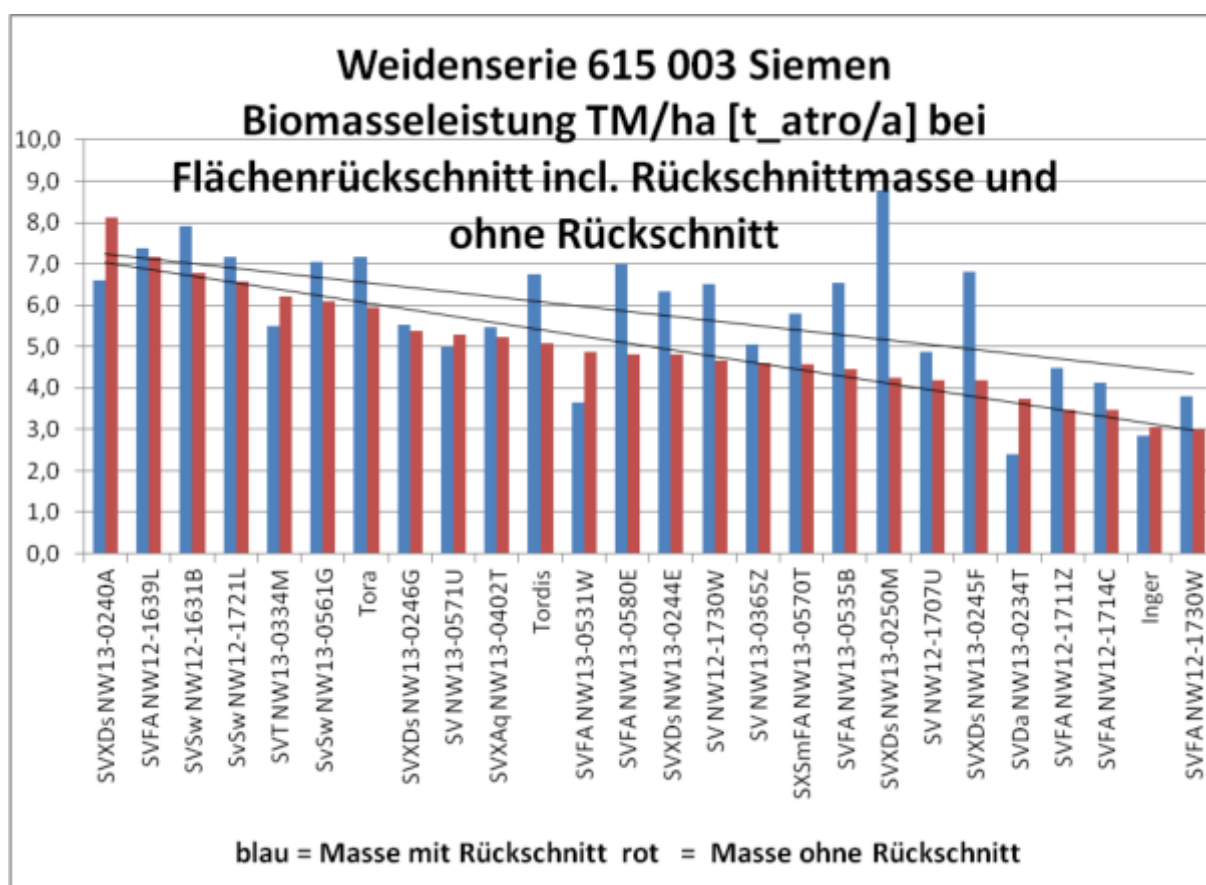


Abbildung 39: Trockengewicht je Prüfglied der Weiden-Feldprüfung am Standort Siemen. Spezies-Kodierung: SV (*S. viminalis*); SVSw (*S. viminalis* × *S. schwerinii*); SSvV (*S. schwerinii* × *S. viminalis*); SVXD_s (*S. viminalis* × *S. dasyclados*); SVFA (*S. viminalis* × Freie Abblüte); SVDa (*S. viminalis* × *S. daphnoides*); SXSmFA (*S. × smithiana* × Freie Abblüte).

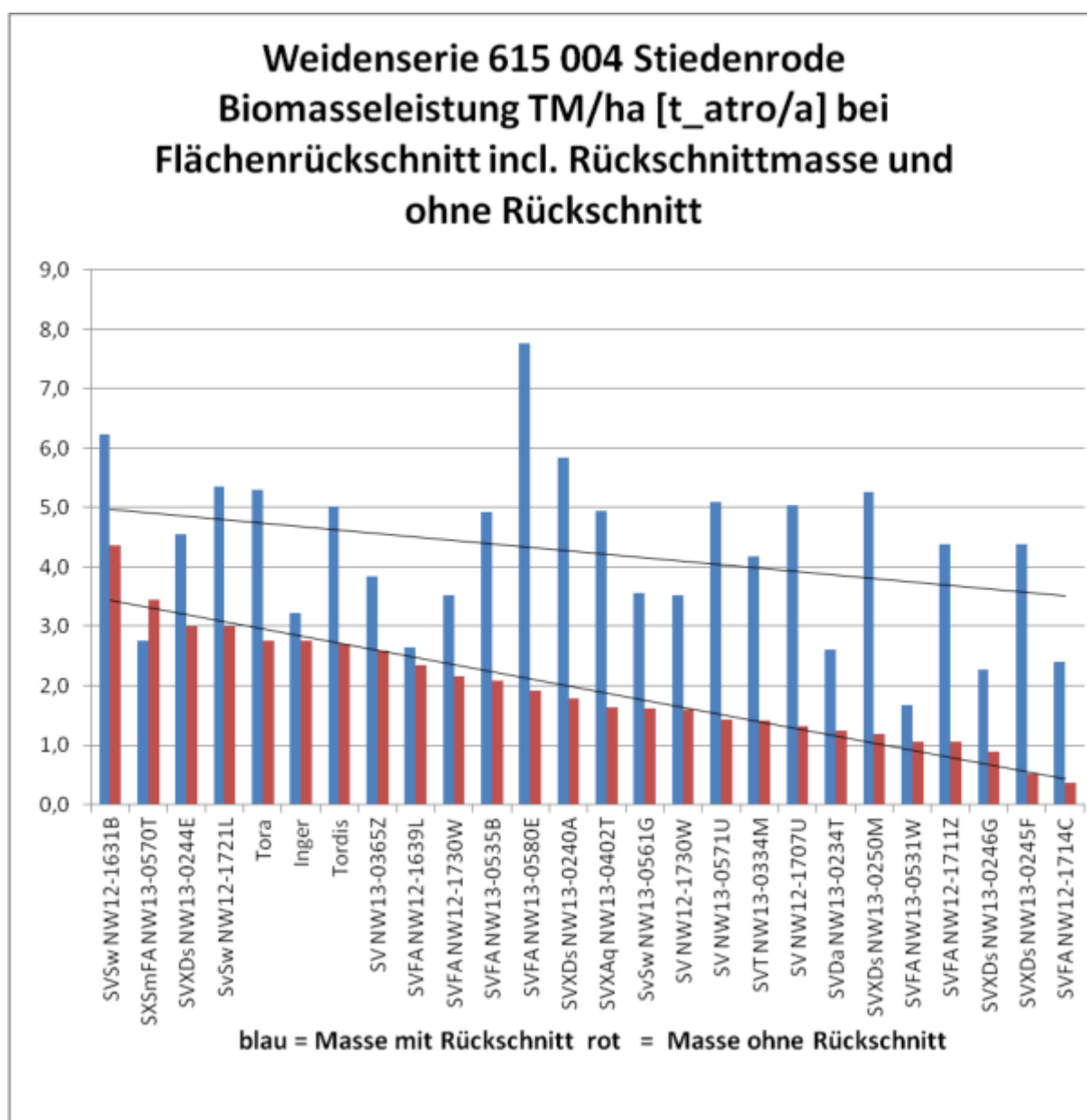


Abbildung 40: Trockengewicht je Prüfglied der Weiden-Feldprüfung am Standort Stiedenrode. Spezies-Kodierung: SV (*S. viminalis*); SVSw (*S. viminalis* × *S. schwerinii*); SSwV (*S. schwerinii* × *S. viminalis*); SVXD_s (*S. viminalis* × *S. × dasyclados*); SVFA (*S. viminalis* × Freie Abblüte); SVDa (*S. viminalis* × *S. daphnoides*); SXSmFA (*S. × smithiana* × Freie Abblüte).

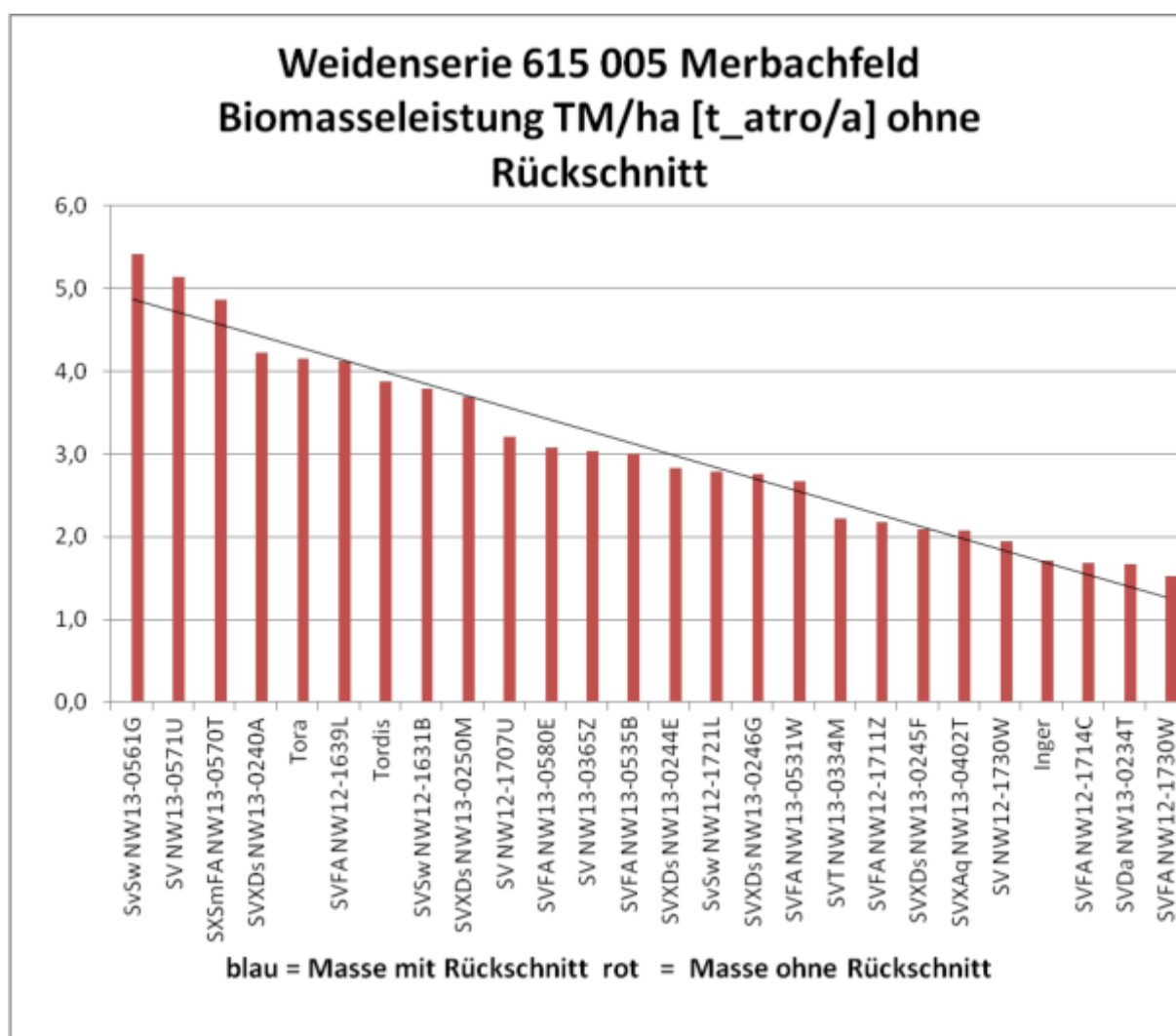


Abbildung 41: Trockengewicht je Prüfglied der Weiden-Feldprüfung am Standort Merbachfeld. Spezies-Kodierung: SV (*S. viminalis*); SVSw (*S. viminalis* × *S. schwerinii*); SSwV (*S. schwerinii* × *S. viminalis*); SVXD_s (*S. viminalis* × *S. × dasyclados*); SVFA (*S. viminalis* × Freie Abblüte); SVDa (*S. viminalis* × *S. daphnoides*); SXSmFA (*S. × smithiana* × Freie Abblüte).

Die Präsentation der Ergebnisse der Weiden auf den Midi- (30.266.009 Stiedenrode VI) und Maxirotations-Flächen (30.266.018 Seeburg) erfolgte zusammen mit den dort gepflanzten Pappeln (s. Abschnitt II.1.2.4)

II.1.4.2 Sicherung alter Sorten und bewährter Kreuzungspartner bei Weiden und Pappeln, Erweiterung der Sammlung, Sicherung der Züchtungsergebnisse – Anlage eines Klonquartiers

Im Frühjahr 2017 wurde das Klonquartier „Sportplatz“ auf eine maximale Anzahl von 1.350 unterschiedlichen Pappel- und Weidenklonen gebracht. Die Sicherung von Pappeln und Weiden aus dem FastWOOD-Projekt ist damit abgeschlossen. Die Sicherung der Pflanzen erfolgt in einem für die

maschinelle Pflege einfachen Pflanzverband von 0,3 x 2,0 m. Die Pflanzen sollen in einem zweijährigen Zyklus zurück geschnitten werden, um sie auch weiterhin in einem „Kurzumtriebs-Modus“ bereit zu halten. In diesem Format können bei einer durchschnittlichen Triebzahl für Pappeln von 1,5 und Weiden von 3,0 bei 5 Ramets je Klon und einem nutzbaren Triebbereich von ca. 2 m, wenigstens 75 Pappel- und 150 Weidensteckhölzer von 20 cm Länge in einer Vegetationsperiode je Klon gewonnen werden um neue Versuchsflächen anzulegen oder neue Genotypen zu selektieren, um sie einer Prüfung oder Vermarktung zuzuführen.

Begünstigende Gründe für die Auswahl dieses Standorts sind:

- Geringstmöglicher Pflegeaufwand mit direkter Anbindung des Kamp der NW-FVA
- Registrierung aller Klone im Klonquartier durch eine Datenbank mit einem genealogischen als auch genetischen Hintergrund
- Phänologischer Abgleich von mehr als 1.350 Pappel- und Weidenklonen ist durch eine assoziierte Wetterstation möglich
- Schnellstmöglicher Zugriff auf vielfältige Genotypen, für weiterführende Projekte sowie der Bereitstellung für den Markt ist durch die klonale Wiederholbarkeit im Kurzumtriebs-Modus möglich

Folgende Auswahlkriterien für die Klonerhaltung wurden berücksichtigt:

- 100 % aller Pappel- und Weidenklone, die einer Klonprüfung zur Sorteneignung unterzogen wurden
- 100 % aller Klone, die in die Selektionsstufe 2 (Vermehrung für die Klonprüfung zur Sorteneignung) gekommen sind
- ca. 20 % von Klonen, die nicht in die Selektionsstufe 2 gekommen sind, aber aus seltenen oder einmaligen Kreuzungen entstammen oder phänologisch, morphologisch sowie physiologisch auffällig sind
- 100 % der Pflanzen aus dem Triploidisierungsprogramm, d. h. diploide und tetraploide Eltern sowie alle nachweisbar triploiden Nachkommen
- Kreuzungseltern, nicht registrierte Sorten, Alt-Klon-Sorten
- Prüfungsstandards und/oder Sorten aus anderen Züchtungsprogrammen
- Raritäten aus Sammlungen oder Sammelreisen (China, Deutschland, Chile)
- Fusionslinien aus dem Projekt „Züchtung neuer Energiepappeln für Deutschland (ZÜEND)“
- mutagenisierte Pappel-Linien aus dem Projekt „SNP-Diagnose züchtungsrelevanter Eigenschaften von Salicaceae (SNP)“

Abbildung 42 und Abbildung 43 geben einen Überblick über den Verlauf der im Projekt durchgeführten Kreuzungsarbeiten bis zur abschließenden Archivierung im Klonquartier.

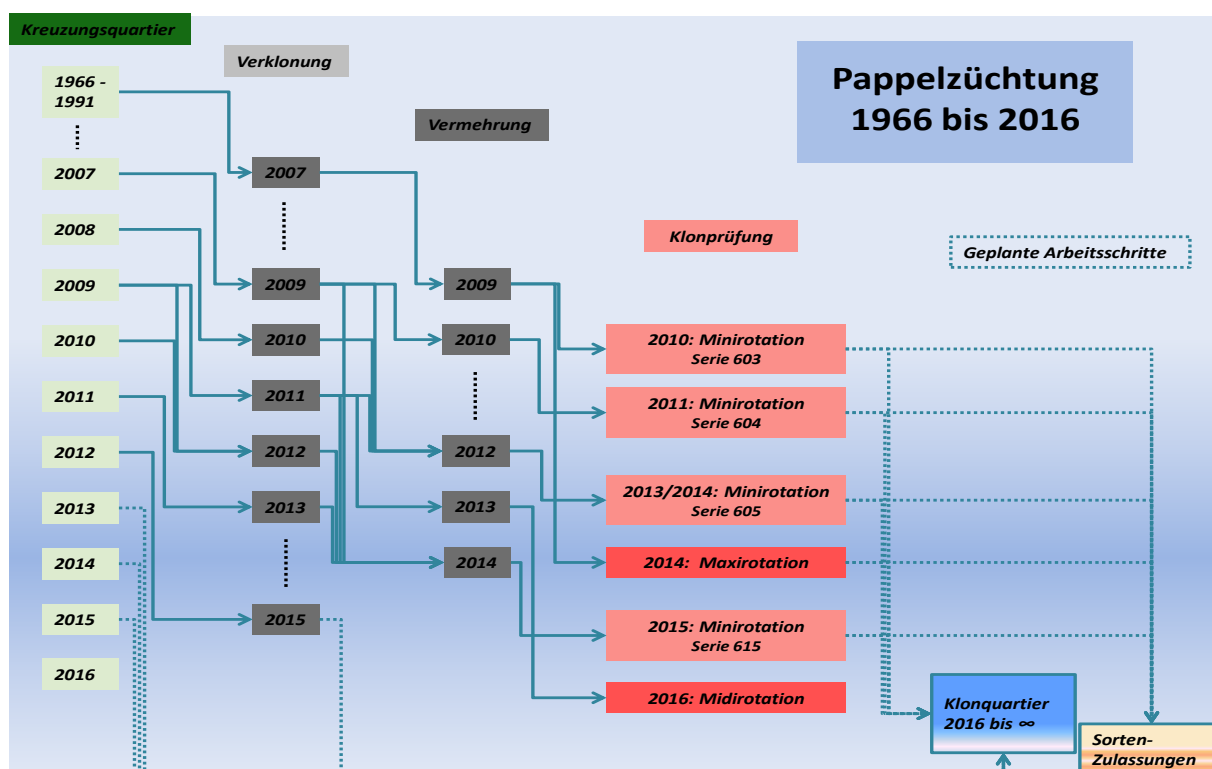


Abbildung 42: Übersicht über den Verlauf der Pappelzüchtung im Projekt FastWOOD und Ausblick auf geplante Arbeitsschritte.

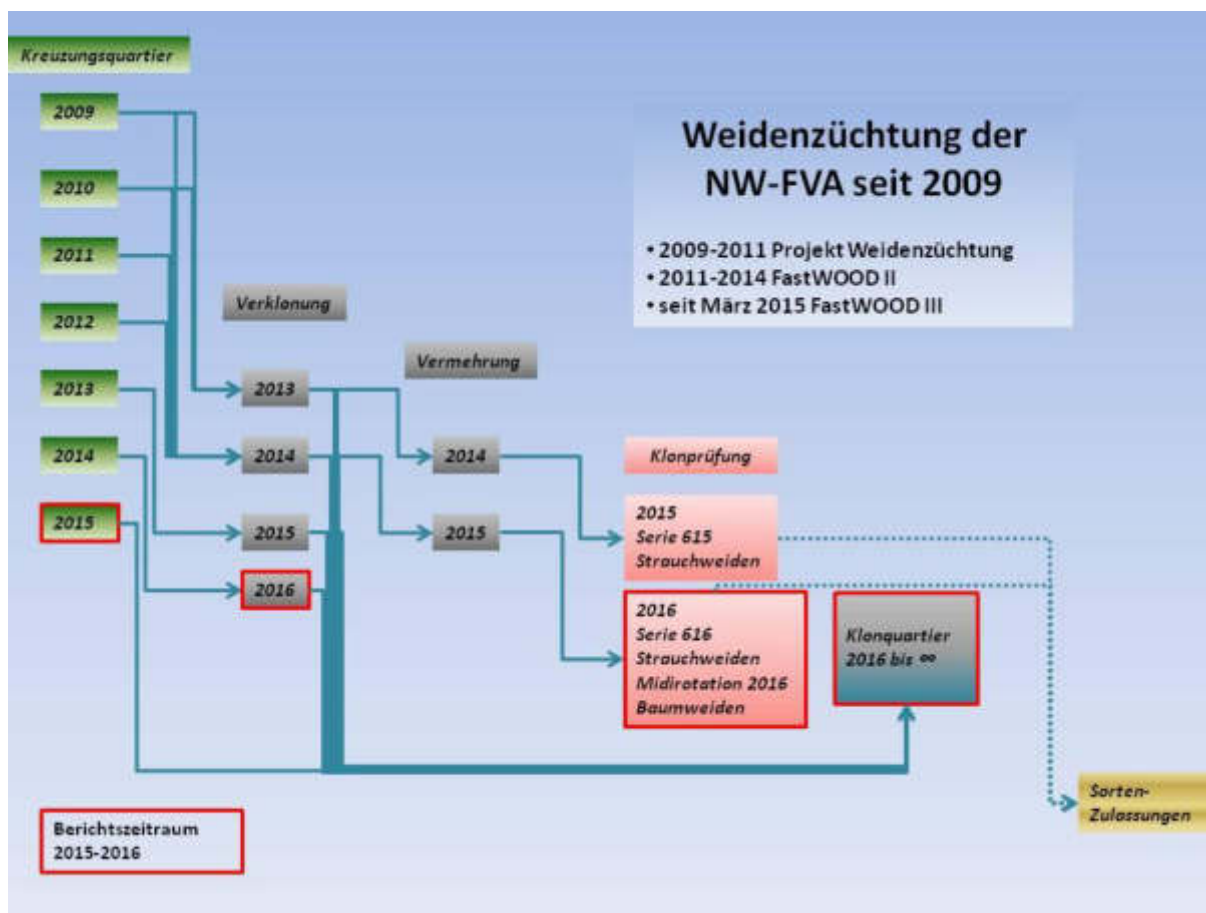


Abbildung 43: Übersicht über den Verlauf der Weidenzüchtung der NW-FVA und der Ausblick auf geplante Arbeitsschritte (gestrichelte Linien).

II.1.5 Genetische Charakterisierung des bearbeiteten Pflanzenmaterials

II.1.5.1 Genotypisierung, Elternschaft und systematische Identifikation durch SSR-Marker bei Pappeln und Weiden

Aufgabe im Teilprojekt 1 der NW-FVA ist die Marker-Etablierung für Pappeln und Weiden auf Grundlage von Mikrosatelliten. Im Rahmen des Züchtungsprojekts FastWOOD wurden seit 2009 umfangreiche Mikrosatelliten-Amplifikationen an Pappel- und Weiden-DNA durchgeführt. Bis zum aktuellen Berichtszeitraum wurden für die Weiden 12 und für die Pappeln 24 Genorte als maßgebliche Differenzierungswerkzeuge für alle Feldprüfungen, Elternschaftsanalysen, Artbestimmungen und Hybridstatus von Eltern, Kreuzungsfamilien, Züchtungsprodukten und Alt-Sorten innerhalb von FastWOOD und weit über die Nutzung im Projekt hinaus entwickelt.

Im Rahmen der drei Projektphasen von FastWOOD wurde eine genetische Datenbank der Gattung *Populus* erarbeitet. Diese Datenbank beinhaltet 474 Akzessionen aus 28 Pappelarten aller Sektionen an 24 gemeinsamen SSR-Genorten. So wurde von jeder der 474 Akzessionen ein genetischer

Fingerabdruck erstellt, welcher zur schwierigen **Unterscheidung von Vollgeschwistern** aus züchtungsrelevanten Kreuzungsfamilien nicht an seine Grenzen stößt. So konnten auch Nachkommen aus innerartlichen Kreuzungen nah verwandter Eltern zweifelsfrei differenziert werden. Die Anwendung der SSR-Datenbank bekommt eine hohe Bedeutung für die **Unterscheidung von Arten und Hybriden** verschiedener Kombinationen. Oft sind bestimmte Pappelarten morphologisch nicht (morphologische Stasis) aber ökologisch stark voneinander unterscheidbar. Wenn morphologische Merkmale nicht mehr ausreichen um eine Artzuordnung durchzuführen, ist der genetische Fingerabdruck zweifelsfrei. So sind Hybriden aus den Arten *P. maximowiczii* mit *P. trichocarpa* oft nicht als dieses morphologisch determinierbar, dennoch unterscheiden sich die Hybriden in ihrer ökologischen Amplitude markant von ihren Eltern. So ist *P. maximowiczii* mit der Herkunft Ost-China ein typisches Ostseiten-, an das dort herrschende Monsunklima adaptiertes Gehölz. Das bedeutet, dass im Spätwinter-Frühjahr nur eine kurze Induktionsphase für den Austrieb nötig ist. Im milden Westseitenklima Mitteleuropas bedeutet das für diese Spezies einen sehr frühen Austriebszeitpunkt. Damit wird die Vegetationsperiode stark verlängert. Im Gegensatz zu letzterer Art ist *P. trichocarpa* an ein Westseitenklima, wie es in den USA entlang des Pazifiks herrscht adaptiert. Das bedeutet milde ausgeglichene Temperaturen bis in den Winter hinein und deshalb hat diese Spezies einen besonders späten Laubfall und eine damit verbundene lange Vegetationsperiode. Wenn diese beiden Arten in einer Hybride miteinander kombiniert werden, so sind einige Nachkommen dieser Kreuzung in der Lage beide Eigenschaften in einem Idealtypus zu vereinen und damit die Photoperiode mit frühem Austrieb und spätem Laubfall noch einmal deutlich zu erhöhen. Angebaut an einem geeigneten Standort mit akzeptablen Früh- und/oder Spätfrösten können diese Hybriden überragende Leistungen schaffen. Die Aufgabe des genetischen Fingerabdrucks in diesem Zusammenhang ist es die **Herkunft**, den **Artstatus** und die Verifizierung dieser Gene in der Hybride zu bestätigen oder schon bei der Vorauswahl der Eltern zu begleiten. In Abbildung 44 wurde die Hauptkoordinaten-Analyse als Werkzeug der genetischen Differenzierung genutzt um Verwandtschaftsbeziehungen von Pappelarten und aus ihnen resultierender Hybriden zu verifizieren. Die für die Züchtung und den Anbau entscheidenden Pappelarten sind *P. deltoides*, *P. nigra*, *P. maximowiczii* (*Tacamahaca* Asia) und *P. trichocarpa*. Sie bilden jeweils für sich einen Verwandtschafts-Schwarm und beweisen damit jeweils ihre enge genetische Beziehung (Abbildung 44). In den Überlappungsgebieten der Verwandtschafts-Schwärme sind die Hybriden aus den jeweiligen Elternarten zweifelsfrei determinierbar. So sind die berühmten 'Max'-Klone entsprechend der virtuellen Verbindungslinie ihrer Elternarten (*P. nigra* × *P. maximowiczii*) im Hybridraum zwischen ihnen wiederauffindbar. Selbiges wird ersichtlich für die *P. × canadensis* – Hybriden 'AF2', 'Robusta' oder 'Regenerata Kew' zwischen den Elternarten *P. deltoides* und *P. nigra*, *P. × interamericana* – Hybriden 'Rap', 'Barn' und 'Donk' zwischen *P. deltoides* und *P. trichocarpa* sowie der *P. maximowiczii* × *P. trichocarpa* – Hybriden 'Hybride 275', 'Androscoggin' und 'Matrix 21'.

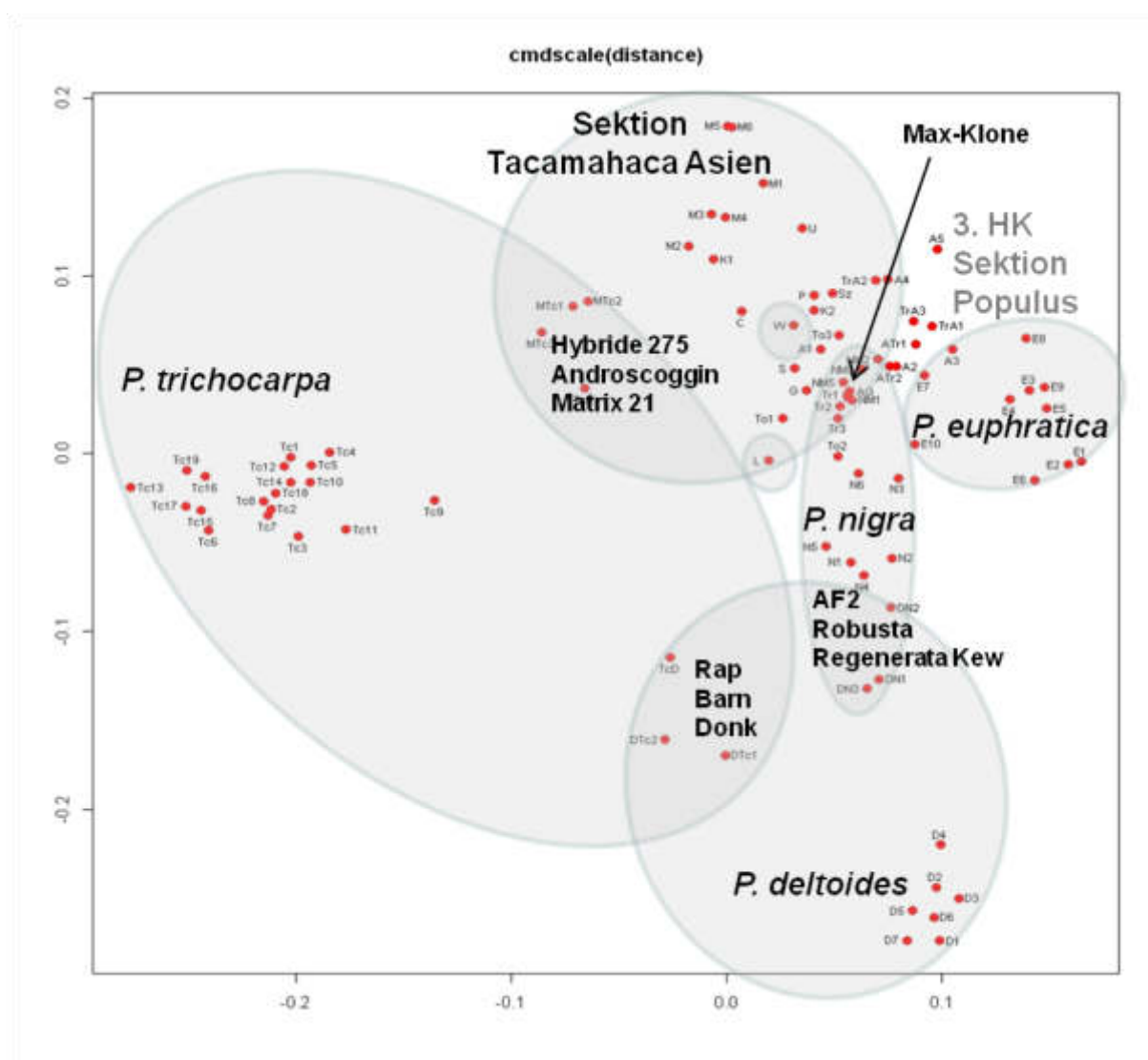


Abbildung 44: Hauptkoordinaten-Analyse an 24 Genorten von 91 Pappel-Akzessionen aus 16 Spezies und 8 Hybridkombinationen, Distanzmaß „Nei78“. Spezies-Kodierung: A (*P. alba*), ATr (*P. alba* × *P. tremula*), AG (*P. alba* × *P. grandidentata*), C (*P. cathayana*), D (*P. deltoides*), DTc (*P. deltoides* × *P. trichocarpa*), DN (*P. deltoides* × *P. nigra*), E (*P. euphratica*), K (*P. koreana*), L (*P. lasiocarpa*), M (*P. maximowiczii*), MTc (*P. maximowiczii* × *P. trichocarpa*), N (*P. nigra*), NM (*P. nigra* × *P. maximowiczii*), P (*P. purdomii*), S (*P. simonii*), Sz (*P. szechuanica*), Tc (*P. trichocarpa*), Tr (*P. tremula*), To (*P. tremuloides*), TrA (*P. tremula* × *P. alba*), W (*P. wilsonii*)

II.1.5.2 Etablierung von Mikrosatelliten-Markern zur Genotypisierung und Elternschaftsanalyse der Weidenuntergattungen Amerina und Caprisalix

Die SSR-Markerentwicklung für Weiden wurde an 48 Akzessionen der Arten *S. viminalis*, *S. daphnoides*, *S. caprea*, *S. cinerea*, *S. purpurea*, *S. alba*, *S. pentandra*, *S. fragilis*, *S. humboldtiana*, *S. arbutifolia*, *S. babylonica*, *S. burjatica*, *S. cordata*, *S. himalayensis*, *S. hookeriana*, *S. hylematica*, *S. irrorata*, *S. koriyanaqi*, *S. miyabeana*, *S. magnifica*, *S. neotricha*, *S. phyllicifolia*, *S. piperi*, *S. repens*.

S. sachalinensis, *S. schraderiana*, *S. scouleriana*, *S. sessiliflora*, *S. sitchensis*, *S. triandra*, *S. nakamura*, *S. jessoensis*, *S. aurita* sowie der Hybriden *S. × americana*, *S. viminalis* × *S. schwerinii*, *S. × dasyclados*, *S. × aquatica*, *S. × smithiana*, *S. × stipularis*, *S. × digenea*, *S. × rubra*, *S. × rubens* und *S. calliantha* durchgeführt. Aus einem Primerset von 21 SSR-Genorten konnten 12 ausgewählt werden, um die für die Züchtung wichtigen Weidenarten und -klone zweifelsfrei zu unterscheiden. Weiterhin können die Elternklone dieser Arten einem eindeutigen Fingerabdruck zugewiesen werden. Leider können in einigen Fällen innerartliche Vollgeschwister nahe verwandter Klone z. B. *S. viminalis* 'Graue Freiburger Hanfweide' × *S. viminalis* 'Blaue Fränkische Hanfweide' nicht voneinander unterschieden werden. Dazu müsste ein noch deutlich umfassenderes innerartliches Primerscreening durchgeführt werden. Da aber nur eine überschaubare Anzahl solcher Nachkommen in die engere Auswahl der Leistungsprüfung gekommen sind, sind Aufwand und Nutzen die Faktoren, die gegen ein erweitertes Screening entschieden haben. Einige Weidenarten wie die Baumweiden *S. alba*, *S. fragilis* und *S. pentandra* aber auch die Strauchweide *S. cinerea* sind tetraploid. Dies erhöht auf der einen Seite die Zahl der identifizierbaren Allele, erschwert aber im Vergleich zu den Pappeln die Auswertung deutlich. Die Weide neigt von Natur aus zu polyploiden Formen. So sind Hybriden von Strauchweiden, die potenziell die tetraploide Art *S. cinerea* enthalten, oft durch ungerade Ploidiegrade wie 3N, 5N oder 7N gekennzeichnet. Durch diese Polyploidie können bei einigen Genotypen bis zu 11 unterschiedliche Allelzustände je Genort analysiert werden. Erschwerend für die Elternschaftsanalysen ist der Fakt, dass auch diploide Genotypen teilweise mehr Allelzustände (bis 7) haben, als es der mütterliche und väterliche Genomteil (bis 2) erlauben würde. Eventuell könnten einzelne Polysomien, die keine Auswirkungen auf den messbaren Ploidiegrad haben, dafür zuständig sein. Sehr schwierig für die Marker-Etablierung ist weiterhin der geringe Genpool, der in die Züchtung eingehenden Arten. Gerade die häufig vorkommenden Hybriden *S. viminalis* × *S. schwerinii* bestehen aus sehr nahen verwandten Arten. Diese müssten eigentlich in einer Art zusammen gefasst werden. Auch *S. sachalinensis* und *S. purpurea* gehören zu diesem Formenkreis aus sehr nahe verwandten Arten.

Zusammenfassend sind folgende Analysen mit dem ausgewählten SSR-Markerset von 12 Genorten durch das Labor der NW-FVA möglich:

- zweifelsfreie Genotypisierungen bis auf wenige innerartliche Vollgeschwister
- Artidentifikation der 9 züchtungsrelevanten Arten
- Ermittlung der Erb-Genealogie bis auf 2 vorherige Generationen (Ureltern, F1 und F2)
- Identifikation exotischer Weidenarten in Hybriden
- Identifikation von Kreuzungsfamilien und Herkunft in Sammlungen
- Klon- und Sortenidentifikation über die Referenzdatenbanken der Klonsammlung in der NW-FVA in Hann. Münden

II.1.6 Resistenzprüfung der neu gezüchteten Pappelklone

II.1.6.1 Resistenzprüfung gegenüber biotischen Erregern bei Pappeln der Sektionen *Aigeiros* und *Tacamahaca* und intersektionellen Hybriden.

Probleme in Kurzumtriebsplantagen durch den Befall mit dem Pappelblattrost *Melampsora larici-populina* gibt es über ganz Deutschland verteilt in unterschiedlich starkem Maße. Nicht nur die Ausbreitung der Pilzsporen über weite Strecken mit dem Wind, sondern auch die schnelle Anpassungsfähigkeit des Pilzes an das Vorhandensein unterschiedlichster Wirtsklone (Pinon und Frey, 2005) machen dieses Phytopathogen für die Ertragsleistung von Kurzumtriebsplantagen so gefährlich. Durch die über ganz Deutschland verteilte Anlage mehrerer Sortenprüffelder erarbeitete das FastWOOD-Projekt das Fundament für eine grundlegende Untersuchung der Toleranzeigenschaften der neu gezüchteten Klone gegenüber *M. larici-populina*. Auch die in den einzelnen Regionen auftretenden Pathotypen wurden analysiert. Damit ist das Projekt in der Lage, die Anbauempfehlungen für die in FastWOOD neu gezüchteten Sorten für die Verbraucher genauer spezifizieren zu können. Für die Erfassung der Befallsstärke wurde ein vom INBO (Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Belgien) und der INRA (Institute National de la Recherche Agronomique, Frankreich) entwickeltes und für die Belange des Verbundprojektes optimiertes Bewertungsschema angewendet.

Blattrostbonituren auf den Versuchsflächen

Es wurde auf jeder der in den ersten beiden Projektphasen angelegten 13 Versuchsflächen aus 2010, 2011, 2013 und 2014 und jeder in der hier beschriebenen Projektphase neu angelegten Versuchsfläche (vier aus 2015, s. Tabelle 5) jährlich eine Blattrostbonitur nach dem INBO-Schema (s. Tabelle 14) durchgeführt.

Auf 16 der angelegten Versuchsflächen wurden die Bonituren vom Teilprojekt 1 durchgeführt. Die Bonituren auf den Versuchsflächen in Sachsen, Bayern und Baden-Württemberg konnten nach Vorstellung des INBO-Boniturschemas durch die NW-FVA und intensivem Abgleich der Bewertungsmaßstäbe zwischen den einzelnen Teilprojektpartnern, von den Teilprojekten 3 (SBS) und 4 (ASP) sowie der FVA Baden-Württemberg als Unterauftragnehmer selbstständig durchgeführt werden.

Tabelle 14: INBO-Boniturschema „Baum“ für den Pappelblattrost (*Melampsora larici-populina*)

Note	Beschreibung	Befallsrate [%]
1	keine Uredinien	0
1,25	am ganzen Baum nur ein paar Uredinien, schwer zu finden	12,5
1,5	schwache Infektion der Blätter bis in 25 % der gesamten Baumhöhe	25
2	leicht zu detektierende Infektion der Blätter bis in 50 % der gesamten Baumhöhe, darüber schwer zu finden, aber vorhandene Infektion	50
2,5	Infektion der Blätter bis in 75 % der gesamten Baumhöhe	75
3	Infektion des gesamten Baumes, aber Blätter sind noch nicht verbräunt	100
3,5	Infektion des gesamten Baumes und beginnende Verbräunung der unteren Blätter	
4	Infektion des gesamten Baumes, Verbräunung der unteren 25 % der Blätter	
4,5	Infektion des gesamten Baumes, Verbräunung der unteren 50 % der Blätter und beginnender Blattverlust	
5	starke Infektion des gesamten Baumes, bis zu 50 % Blattverlust	
5,5	starke Infektion des gesamten Baumes, bis zu 80 % verbräunte /abgefallene Blätter, nur wenige an der Triebspitze noch grün	100
6	alle Blätter tot / abgefallen	

Ende August / Anfang September eines jeden Jahres erfolgte die Ansprache von vier Bäumen je Parzelle. Insgesamt konnten so auf den 21 Versuchsflächen jährlich bis zu 12.600 Bäume in 3.150 Parzellen von 129 unterschiedlichen Klonen bewertet werden.

Die mittlere Blattrostinfektionsintensität der Klone auf den Versuchsflächen wird hier für den Berichtszeitraum 2015–2017 (Abbildung 45) dargestellt. Die Ergebnisse der letzten Projektphase sind in Fey-Wagner et al. (2015) enthalten. Die Versuchsflächen sind im Folgenden nur mit den letzten drei Ziffern ihrer Aktenzeichen angegeben (z. B. 010 statt 30.266.010).

In diesen Zeitraum fällt das letzte Jahr der zweiten Rotation der Serie 603 (s. Abbildung 45). Das Serienmittel liegt im Vergleich aller Serien im Jahr 2015 bei der Serie 603 am höchsten. Während der zweiten Rotationsphase dieser Serie (2013–2015) ist es jedoch das geringste Serienmittel (20,5 %; 75,35 %; 18,6 %). In dieser Serie bleibt nur die Fläche 010 Thammenhain durchgehend unter dem Serienmittel, die Fläche 006 in Wallstawe zeigte jedoch stets Infektionsstärken über dem Serienmittel.

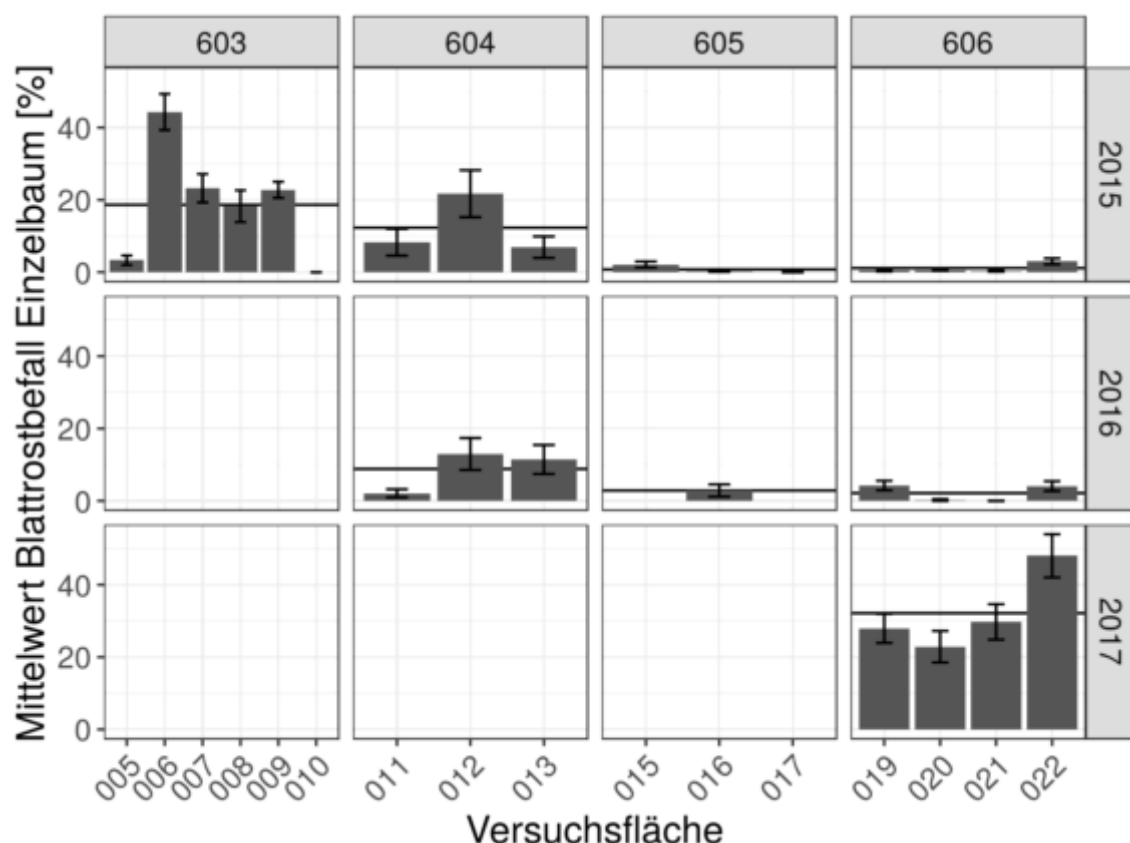


Abbildung 45: Beobachtete mittlere Blattrostinfektionsintensität über alle Klone je Versuchsfläche und Serie (in der Darstellung spaltenweise) nach Jahren des Berichtszeitraums (in der Darstellung zeilenweise) aufgeschlüsselt mit Angabe des Standardfehlers des Mittelwerts (Whisker). Die durchgezogene Linie symbolisiert das Serienmittel.

Für die Serie 604 aus dem Anlagejahr 2011 beinhaltet der Berichtszeitraum zwei Jahre der zweiten Rotation (s. Abbildung 45). Das Serienmittel verringert sich ab dem Jahr des Wiederaustriebs nach der ersten Ernte (2014, in Abbildung 45 nicht dargestellt) kontinuierlich von 26,6 % über 12,3 % in 2015 auf 8,8 % im letzten Aufnahmejahr 2016. Die Versuchsfläche in Hessen, Stiedenrode I (011), bleibt dabei als einzige durchgehend unter dem Serienmittel, die Ergebnisse der Versuchsfläche in Wallstawe (012) liegen (analog zur Fläche 006 aus Serie 603) in allen drei Jahren über dem Serienmittel. Die durchschnittliche Infektionsstärke auf der bayrischen Versuchsflächen (013) überschreitet nur im Jahr 2015 leicht (11,4 %) das Serienmittel (8,8 %).

Die Serie 605 wurde 2013 mit drei Versuchsflächen angelegt. Da Bardowick 2014 aufgrund von Ausfällen neu angelegt werden musste verschiebt sich der eigentliche Rotationszeitraum von 2013–2015 bei dieser Fläche um ein Jahr (s. Abbildung 45) wodurch in 2016 nur noch die Fläche 016 dargestellt ist. Generell war die mittlere Blattrostinfektionsintensität über alle Klone je Versuchsfläche dieser Serie (über die gesamten drei Jahre der ersten Rotation, Serienmittel 7,3 %) sehr gering. Im Berichtszeitraum überstiegen die Flächenmittel 3 % nicht. Die Versuchsfläche 015 in Stiedenrode zeigte nur im letzten Standjahr ihrer Rotationsphase (2013–2015) ein gegenüber dem Serienmittel leicht erhöhtes Flächenmittel (s. Abbildung 45). Die Versuchsfläche 017 in Graupa, welche auch 2013–2015 beobachtet wurde, zeigte in den ersten beiden Standjahren eine jeweils über dem

Serienmittel liegende Blattrostinfektionsrate. Im letzten Standjahr des Rotationszyklus jedoch konnte auf dieser Fläche keine Blattrostinfektion beobachtet werden.

Im Berichtszeitraum wurde die letzte Versuchsserie 606 mit vier Versuchsflächen in Niedersachsen (Augustfehn, 019 und Siemen, 020), Hessen (Stiedenrode, 021) und Brandenburg (Herzberg/Elster, 022) angelegt. Abbildung 45 zeigt, dass die Blattrostinfektionsintensität in den ersten beiden Jahren des Rotationszyklus sehr gering war (Serienmittel von 1,1 % und 2,1 %). Im dritten und letzten Standjahr dieser ersten Rotation stiegen die Infektionsintensitäten stark an, was das Serienmittel von 32,1 % verdeutlicht. Über die Rotationsphase hinweg, zeigte die Versuchsfläche in Herzberg (022) im Gegensatz zu allen anderen Flächen dieser Serie stets Infektionsintensitäten über dem Serienmittel. Trotzdem ergab sich gerade auf dieser Versuchsfläche der höchste Biomassezuwachs der Serie 606. Die Klone auf der Versuchsfläche in Siemen (020, subkontinental beeinflusster Standort) erwiesen sich mit einem absoluten Flächenmittel von 7,9 % nach der ersten Rotation als am wenigsten vom Blattrost beeinflusst. Trotz unterschiedlicher Klimabedingungen wiesen die Flächen in Augustfehn (019; 10,9 %) und Stiedenrode (021; 10,0 %) sehr ähnliche, knapp unter dem Serienmittel (11,8 %) liegende Infektionsprozente auf.

Zusätzlich zur Betrachtung der Blattrostbefallsintensitäten der gesamten Versuchsflächen wurden in Abbildung 46 die in den Serien enthaltenen Klone nach Art bzw. Kreuzungskombination gruppiert betrachtet. Die Säulen repräsentieren dabei das Mittel der Gruppe im Berichtszeitraum auf allen Versuchsflächen. Den Gruppen wurde der auf KUP häufig angebaute und auf allen Versuchsflächen als Standard enthaltene Klon 'Max 1' gegenüber gestellt. In die Betrachtung wurden nur Gruppen aufgenommen, die mit mindestens zwei Prüfgliedern in der Serie vertreten sind.

In der Serie 603 zeigte die Kreuzungskombination aus der amerikanischen und europäischen Schwarzpappel *Populus deltoides* × *Populus nigra* (PDN) mit 50,4 % die stärkste Befallsintensität (s. Abbildung 46) was im Gegensatz zu allen anderen in der Serie enthaltenen Kreuzungskombinationen deutlich über dem Serienmittel von 18,3 % lag. Auch die Klone der einzigen, in dieser Betrachtung enthaltenen reinen Art (*P. trichocarpa*, PT) zeigten Befallsraten (24,4 %) deutlich über dem Serienmittel. Kreuzungskombinationen aus reinen Balsampappelarten (*P. maximowiczii* × *P. trichocarpa*, PMT, 15,8 %) sowie die Prüfglieder der intersektionellen Kreuzungskombinationen (*P. trichocarpa* × *P. deltoides*, PTD, 15,1 %) lagen bei fast gleichem Blattrostbefallsniveau unter dem Serienmittel. Die Prüfglieder aus der Dreifachkreuzung (*P. trichocarpa* × *P. koreana*) × *P. maximowiczii* (PTKM) waren mit 9,2 % vom Blattrost wenig befallen. Die Klone der Kombination *P. nigra* × *P. maximowiczii* (PNM, 6,5 %), zu der auch der Vergleichsklon 'Max 1' (6,7 %) gehört, zeigten sich im Berichtszeitraum vom Pappelblattrost am wenigsten beeinflusst.

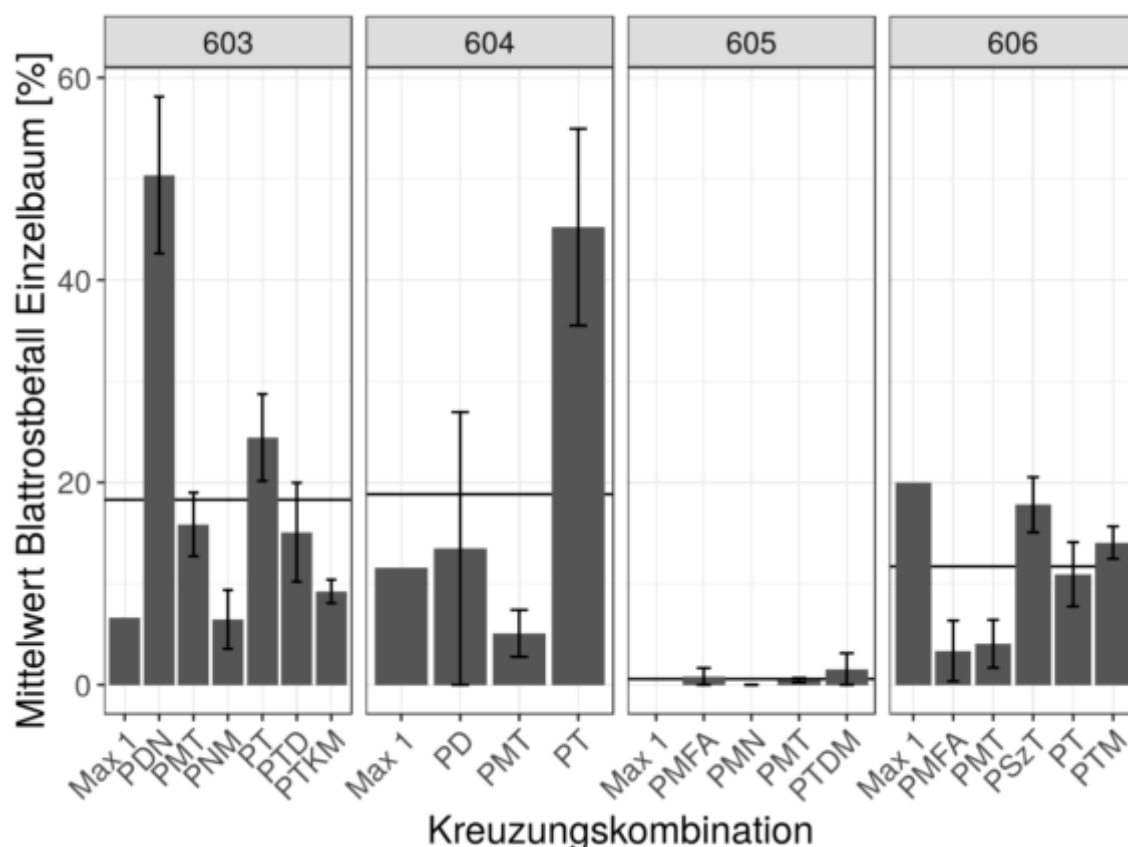


Abbildung 46: Mittlere Pathogenbefallsintensitäten gruppiert nach Art bzw. Kreuzungskombination. Jeweils gegenüber 'Max 1' dargestellt. Dargestellt sind nur Kreuzungsgruppen, die mit mindestens zwei Prüfgliedern in der Serie vertreten sind. Der Standardfehler (Whisker) zeigt die Variabilität der Mittelwerte je Klon innerhalb einer Kreuzungskombination an. Die durchgezogene Linie stellt das Serienmittel über alle Versuchsflächen dar.

Die Prüfglieder der Serie 604 (s. Abbildung 46) konnten in drei Gruppen zusammengefasst werden. Dabei zeigte sich, dass die Klone der amerikanischen Balsampappel *P. trichocarpa* in dieser Serie während des Berichtszeitraums die mit Abstand stärkste Befallsintensität (45,2 %) aufwiesen und deutlich über dem Serienmittel (18,8 %) lagen. Das Serienmittel der Serie 604 unterscheidet sich im Berichtszeitraum kaum vom Serienmittel der Serie 603, jedoch sind in der Serie 604 die Klone der Balsampappelhybriden PMT mit 5,1 % die mit Abstand am wenigsten befallenen, sowohl verglichen mit 'Max 1' (11,5 %) als auch gegenüber den PMT-Klonen aus der Serie 603 (15,8 %). Die in dieser Übersicht als einzige in allen Serien enthaltenen, reinen *P. deltoides*-Klone (13,5 %) zeigten sich leicht sensibler als 'Max 1', jedoch noch deutlich unter dem Serienmittel.

Die Serie 605 (s. Abbildung 46) enthält nur Klone interspezifischer Kreuzungen (Ausnahme 'Muhle Larsen' als Standard). Das Serienmittel war im Berichtszeitraum mit 0,6 % sehr niedrig. In dieser Serie sind Klone aus zwei intersektionellen Kreuzungskombinationen enthalten. Die Klone Kreuzung aus (*P. trichocarpa* × *P. deltoides*) × *P. maximowiczii* (PTDM) erwiesen sich gegen das Pflanzenpathogen am sensibelsten. Mit 1,6 % lag ihr Befall fast um das Dreifache höher als das Serienmittel (0,6 %). Bei den Nachkommen aus der Kombination *P. maximowiczii* × *P. nigra* (PMN) dieser Serie konnte kein Blattrostbefall beobachtet werden. Am Standardklon 'Max 1' konnte im Berichtszeitraum ebenfalls kein Blattrost festgestellt werden. Die auch in dieser Serie enthaltenen PMT-Klone (0,45 %) und Pflanzen

aus der freien Abblüte einer *P. maximowiczii*-Mutter (PMFA, 0,83 %) zeigten Infektionsintensitäten nahe dem Serienmittel.

Die Blattrostinfektionsrate des Serienmittel (606, 11,7 %, s. Abbildung 46) nahm im Beobachtungszeitraum einen mittleren Wert zwischen den zwei (Serie 605, 0,6 %) und vier bzw. fünf Jahre (Serie 604, 18,3 % und 603, 18,8 %) älteren Versuchsserien ein. Im Vergleich zum Standardklon 'Max 1' zeigten alle Art- bzw. Kreuzungsgruppen dieser Versuchserie geringere Blattrostbefallsintensitäten.

Die Kontinuität der Balsampappelhybridkombination PMT, eine geringere Infektionsrate (4,1 %) als das Serienmittel aufzuweisen, bestätigt sich auch in dieser Versuchsserie. Die Klone der reziproken Kreuzung aus *P. trichocarpa* × *P. maximowiczii* (PTM) zeigten im Gegensatz dazu hohe Infektionsraten von im Mittel 14,1 %. Die in dieser Serie enthaltenen Prüfglieder der Art *P. trichocarpa* lagen im Gegensatz zu den PT der Serie 603 nahe am, aber noch unter dem Serienmittel (10,9 %). Am schlechtesten schnitten in dieser Serie nach 'Max 1' mit 20 % die Klone der Kreuzungskombination *P. szechuanica* × *P. trichocarpa* (PSzT) mit (17,8 %) ab.

In den Serien 605 und 606 sind Klone von *P. maximowiczii* in freier Abblüte (PMFA) enthalten. Bei beiden Serien wurden diese Prüfglieder wenig durch den Blattrost geschädigt (s. Abbildung 46). Da die genaue Kreuzungskombination dieser vier Prüfglieder nicht bestimmt werden konnte, wird keine Aussage über den Einfluss der Kreuzungskombinationen getroffen.

Im Zuge der Blattrostbonitur wurden aus jeder Parzelle, soweit vorhanden, mit *Melampsora larici-populina* befallene Blätter geerntet. Die von diesen Blättern gewonnenen Blattrostproben wurden zur In-vitro-Untersuchung der auftretenden Pathotypen verwendet. Die Durchführung des In-vitro-Testverfahrens wird bei Fey Wagner et al. (2012) ausführlich beschrieben.

Die Anzahl der Pathotypen mit unterschiedlichen Virulenzen hat sich über die untersuchte Projektperiode (2015–2017) im Vergleich zu den Jahren der ersten beiden Projektphasen von 40 auf 34 etwas verringert.

Der Pathotyp mit der Virulenzkombination 0134 wurde in der hier betrachteten Projektphase auf allen 16 Versuchsflächen gefunden. Der Pathotyp 034 konnte, bis auf die Versuchsfläche in Herzberg (022), auch auf allen Versuchsflächen nachgewiesen werden. Diese von Beginn an auftretenden Pathotypen mit den Virulenzkombinationen 034 (in über 81 % der gesamten untersuchten Proben) und 0134 (in über 44 % der Proben) blieben über die gesamte Untersuchungsperiode auf fast allen Versuchsflächen die häufigsten. Die Gruppe der nächsthäufigsten Pathotypen mit den Virulenzkombinationen 01345, 013456, 01346, 01347 und 013478 konnten nur zu 30 %, 25 %, 17 %, 14 % und 12 % in den Proben nachgewiesen werden. Alle anderen Virulenzkombinationen traten in weniger als 9 % der Proben auf.

Auf der Versuchsfläche in Bardowick (016) wurde die Virulenzen 7 ab dem Anlagejahr (2014) festgestellt, Virulenz 8 trat im Untersuchungszeitraum jedoch nicht auf. Auf den in dieser Projektphase angelegten Versuchsflächen der Serie 606 (Anlagejahr 2015) wurden die Virulenzen 7 und 8 ab dem Anlagejahr nur auf der Versuchsfläche in Augustfehn (019) nachgewiesen. In Siemen (020) kam im

Untersuchungszeitraum nur die Virulenz 7 vor. Auf der Versuchsfläche in Herzberg (Elster, 022) wurde keine der beiden Virulenzen gefunden.

Die meisten Pathotypen (fast 80 % bezogen auf die Gesamtanzahl verschiedener Pathotypen) konnten in der Serie 603 nachgewiesen werden. In den Serien 604-606 konnten zwischen 50 % und 52 % der insgesamt in dieser Projektphase identifizierten Pathotypen gefunden werden.

Auf der Hälfte der im Berichtszeitraum untersuchten Flächen konnte jeweils ein Pathotyp identifiziert werden, der auf keiner anderen Versuchsfläche zu finden war (s. Tabelle 15). Es traten insgesamt 11 diskrete Pathotypen auf, von denen sechs noch nie zuvor in den Untersuchungen des FastWOOD-Projekts gefunden wurden.

Tabelle 15: Übersicht aller im Berichtszeitraum gefundenen Pathotypen, die jeweils nur auf der angegebenen Versuchsfläche auftraten. Mit * sind die Pathotypen gekennzeichnet, die erstmals seit Beginn der Untersuchungen (FastWOOD I) aufgetreten sind.

Serie	VFL	Standort	Pathotyp
603	005	Stölzingen	0148*
			0134578
	006	Wallstawe I	034567*
			0145*
	007	Anderlingen	02345*
604	008	Lehmbach I	0356*
	011	Stiedenrode I	0146*
	012	Wallstawe II	013457
605	016	Bardowick	0147
-	018	Seeburg	0347
606	022	Herzberg	04

Wie bereits in den vorangegangenen Untersuchungen (FastWOOD I und II) traten auch im hier dargestellten Untersuchungszeitraum der Projektphase FastWOOD III die Virulenzen 0134 und 034 mit fast 30 % bzw. 15 % am häufigsten auf.

Nachdem die Virulenzen 7 und 8 zu Beginn der Untersuchungen in 2010 nur auf der südlichsten Fläche in Baden-Württemberg (009, Emmendingen) nachgewiesen werden konnten, wurden sie seitdem auf jeder untersuchten Versuchsfläche nachgewiesen. Einzige Ausnahme bildet bei der jüngsten Versuchsflächenserie 606 (Anlagejahr 2015) die Versuchsfläche in Brandenburg (022) auf der bisher weder Virulenz 7 noch 8 nachgewiesen werden konnte. Auf den Versuchsflächen dieser Serie kam im Beobachtungszeitraum in Siemen (020) nur die Virulenz 7 vor, in Augustfehn (019) 7 und 8.

Prüfung auf weitere durch Pilze oder Bakterien verursachte Krankheiten

Triebspitzenkrankheit oder Zweigdürre (*Pollaccia spp.*)

Die Nebenfruchtform *Pollaccia* spp. einiger *Venturia*-Schlauchpilzarten löst die sogenannte Triebspitzenkrankheit bei Pappeln aus. Die Symptome umfassen ein Welken und Absterben der Triebspitze und Blätter mit einhergehender schwarzer Verfärbung, die dem Erscheinungsbild von Frostschäden ähnelt (Ostry et al., 2014). Schwere Infektionen können den Wuchs einschränken und bei jungen Pflanzen zu Deformationen führen, die in einer buschartigen Gesamterscheinung resultieren (Ostry et al., 2014).

Im Jahr 2011 wurde auf der Fläche in Stölzingen (005, Hessen) an zwei Klonen die Symptomatik einer *Pollaccia*-Infektion beobachtet. Alle anderen Flächen waren nicht betroffen. 2012 verzeichneten die Kollegen aus Waldsieversdorf (Teilprojekt 2) starken Pollacciabefall auf einer ihrer Flächen. Daraufhin wurde die durch *Pollaccia* spp. verursachte Triebspitzenkrankheit erstmals mit in den Evaluierungskatalog aufgenommen. Dieses Schadbild wurde annuell vom Teilprojekt 1 (NW-FVA) und Teilprojekt 4 (ASP) auf den Versuchsflächen nach einem von den Kollegen des Teilprojektes 2 (TI) vorgegebenen Schema bonitiert (s. Tabelle 16).

Tabelle 16: Bewertungsschema für die durch *Pollaccia spp.* hervorgerufene Triebspitzenkrankheit.

Stufe	Beschreibung
1	keine Schädigung
2	leichte Schädigung (einzelne Blätter, kleine braune Stellen)
3	mittlere Schädigung (wenige Blätter, großflächige Verbräunung, welk, eingerollt)
4	starke Schädigung, insbesondere befallener/abgestorbener Leittrieb

In der hier bewerteten Dreijahres-Periode ergab sich auf den vom Teilprojekt 1 evaluierten Versuchsflächen (005 Stölzingen, 006 Wallstawe I, 007 Anderlingen) aus dem Anlagejahr 2010 (Serie 603) kein oder nur sehr geringer Befall mit *Pollaccia* spp. (s. Abbildung 47). Der Anteil erkrankter Pflanzen in allen drei Boniturjahren lag bei den von der NW-FVA evaluierten Versuchsflächen bei weniger als 5 %. Zur Versuchsflächenserie 603 gehören auch noch drei Versuchsflächen in Bayern (008 Leimbach I), Baden-Württemberg (009 Emmendingen) und Sachsen (010 Thammenhain). Auf diesen Versuchsflächen begann der Beobachtungszeitraum der zusätzlich zum Pappelblattrost in den Evaluierungskatalog mit aufgenommenen Krankheiten erst 2013. Durch einen Abstimmungsfehler wurde die Schädlingsbonitur auf der Versuchsfläche in Baden-Württemberg in 2013 jedoch nicht durchgeführt. Auf der Versuchsfläche 010 wurde nur das wichtigste Pflanzenpathogen, der Pappelblattrost, bewertet. Daher fehlen die Daten für die Versuchsfläche 010 Thammenhain in der Abbildung 47. Die erhaltenen Ergebnisse zeigen nur auf der Versuchsfläche in Emmendingen (009) ein erhöhtes Vorkommen leicht befallener Pflanzen (Schadstufe 2: 26 %, Abbildung 47). Auch in diesem Beobachtungszeitraum erwies sich die Triebspitzenkrankheit auf den Versuchsflächen der Serie 603 als bedeutungslos für die Betriebssicherheit der KUP.

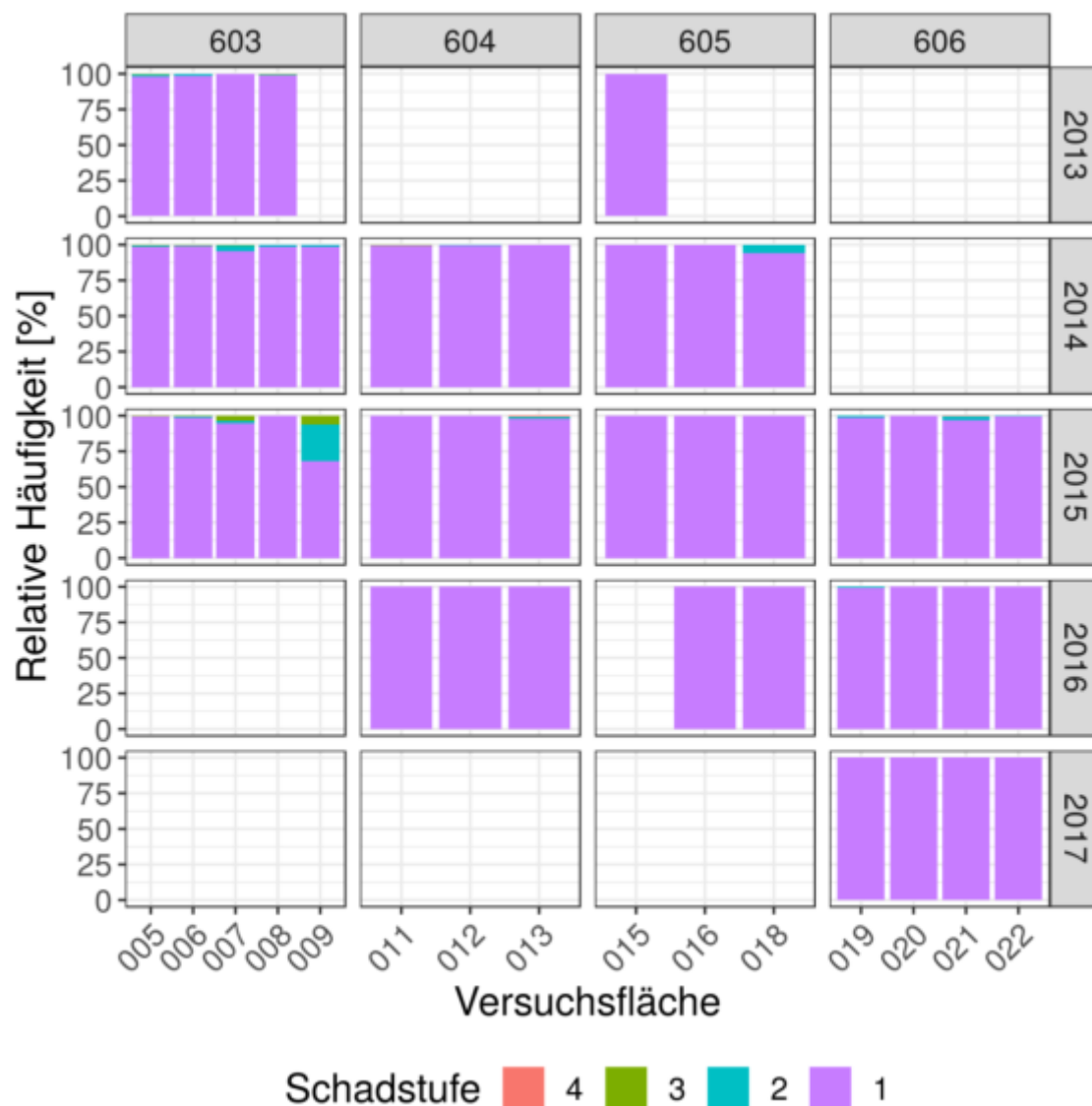


Abbildung 47: Ergebnisse der Untersuchungen auf *Pollaccia* spp. auf den betrachteten Versuchsflächen der Serien 603 bis 606 getrennt nach Jahren. Die Versuchsfläche 018 Seeburg wurde der Serie 605 zugeordnet. Die Schadstufen sind in Tabelle 16 erläutert.

Ebenso auf den im Jahr 2011 angelegten Versuchsflächen der Serie 604 (011 Stiedenrode I, 012 Wallstawe II, 013 Leimbach II) konnten in den drei Aufnahmejahren kaum mit *Pollaccia* spp. befallene Klone festgestellt werden. Mit Ausnahme der Versuchsfläche in Bayern (013 Leimbach II) wurden über den Beobachtungszeitraum jeweils maximal 0,5 % erkrankte Pflanzen gefunden (s. Abbildung 47). Die Schädlingsbonitur auf der bayrischen Versuchsfläche wurde vom Projektpartner 4 (ASP) durchgeführt, dort wurden 2015 insgesamt 1,5 % überwiegend leicht erkrankte Pflanzen (Schadstufe 2: 1,2 %, Schadstufe 3: 0,3 %, Schadstufe 4: 0,7 %) festgestellt. Wie schon bei den Klonen der Versuchsflächenserie 603 hat auch hier die Triebspitzenkrankheit keine betriebsbedrohenden Ausmaße.

Im Jahr 2013 wurde die Versuchsflächenserie 605 mit drei Flächen in Hessen (015 Stiedenrode), Niedersachsen (016 Bardowick) und Sachsen (017 Graupa) angelegt. Die Versuchsfläche in Niedersachsen ist nach Begründung aufgrund starker Trockenheit ausgefallen und musste in 2014 erneut angelegt werden. Daher fehlen die Boniturdaten dieser Versuchsfläche aus dem Jahr 2013. Auf der Versuchsfläche in Sachsen wurde wiederum nur der Rostbefall bonitiert. Hinzu kam noch die Maxi-Rotationsfläche in Seeburg in Niedersachsen (018). *Pollaccia spp.* konnte auf dieser Versuchsflächenserie im Anlagejahr, in 2015 und 2016 nicht festgestellt werden. Lediglich im Jahr 2014 wurde leichter Befall an 0,3 % (016 Bardowick) bzw. 5,8 % (018 Seeburg) der Pflanzen festgestellt (s. Abbildung 47). Somit scheint *Pollaccia spp.* vorerst auch für die Klone dieser Serie keine Bedrohung darzustellen.

Die jüngste in FastWOOD angelegte Versuchsflächenserie (606) besteht aus vier Flächen an Standorten in Niedersachsen (019 Augustfehn und 020 Siemen), Hessen (021 Stiedenrode III) und Brandenburg (022 Herzberg). Die Versuchsflächen konnten über die Dauer der ersten Rotation von der Anlage in 2015 bis zur Ernte in 2017 auf Befall kontrolliert werden. Abbildung 47 zeigt, dass es an den Klonen dieser neusten Serie im Anlagejahr Pflanzen mit leichtem (maximal 2,7 %) *Pollaccia spp.*-Befall (Schadstufe 2) gab. Auf der Versuchsfläche 021 in Stiedenrode wurde ein Individuum mit starkem Befall gefunden. In den beiden folgenden Jahren konnte *Pollaccia spp.* bis auf 0,9 % (in Schadstufe 2) in 019 Augustfehn, auf keiner der evaluierten Versuchsflächen gefunden werden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich seit Untersuchungsbeginn in FastWOOD I im Jahr 2012 die Triebspitzenkrankheit hervorgerufen durch *Pollaccia spp.* als unerheblich für das Überleben der getesteten Klone und somit für die Betriebssicherheit aller im Projekt angelegten Kurzumtriebsplantagen erwiesen hat.

Blattfleckkrankheit (*Marssonina spp.*)

Die *Marssonina*- oder Blattfleckkrankheit der Pappel erkennt man an kleinen punktförmigen, dunklen Flecken auf der Blattoberseite, die sich bei zunehmendem Befall zu größeren Flecken vereinigen können (Ostry et al., 2014). Starker Befall führt zu frühzeitigem Laubfall, Absterben und Anfälligkeit gegenüber weiteren Pathogenen (Ostry et al., 2014). Da diese Symptomatik bei früheren Bonituren an verschiedenen Klonen auf allen Versuchsflächen auffiel, wurde seit 2012, über ein vierteiliges Boniturschema (s. Tabelle 17) eine Erfassung der Schadsymptome vorgenommen.

Tabelle 17: Bewertungsschema für die durch *Marssonina spp.* hervorgerufene Blattfleckkrankheit.

Stufe	Beschreibung	Befallsgrad
1	keine Schädigung	
2	leichte Schädigung <30 % der Blätter befallen	
3	mittlere Schädigung >30 % der Blätter befallen	
4	starke Schädigung >50 % der Blätter befallen	

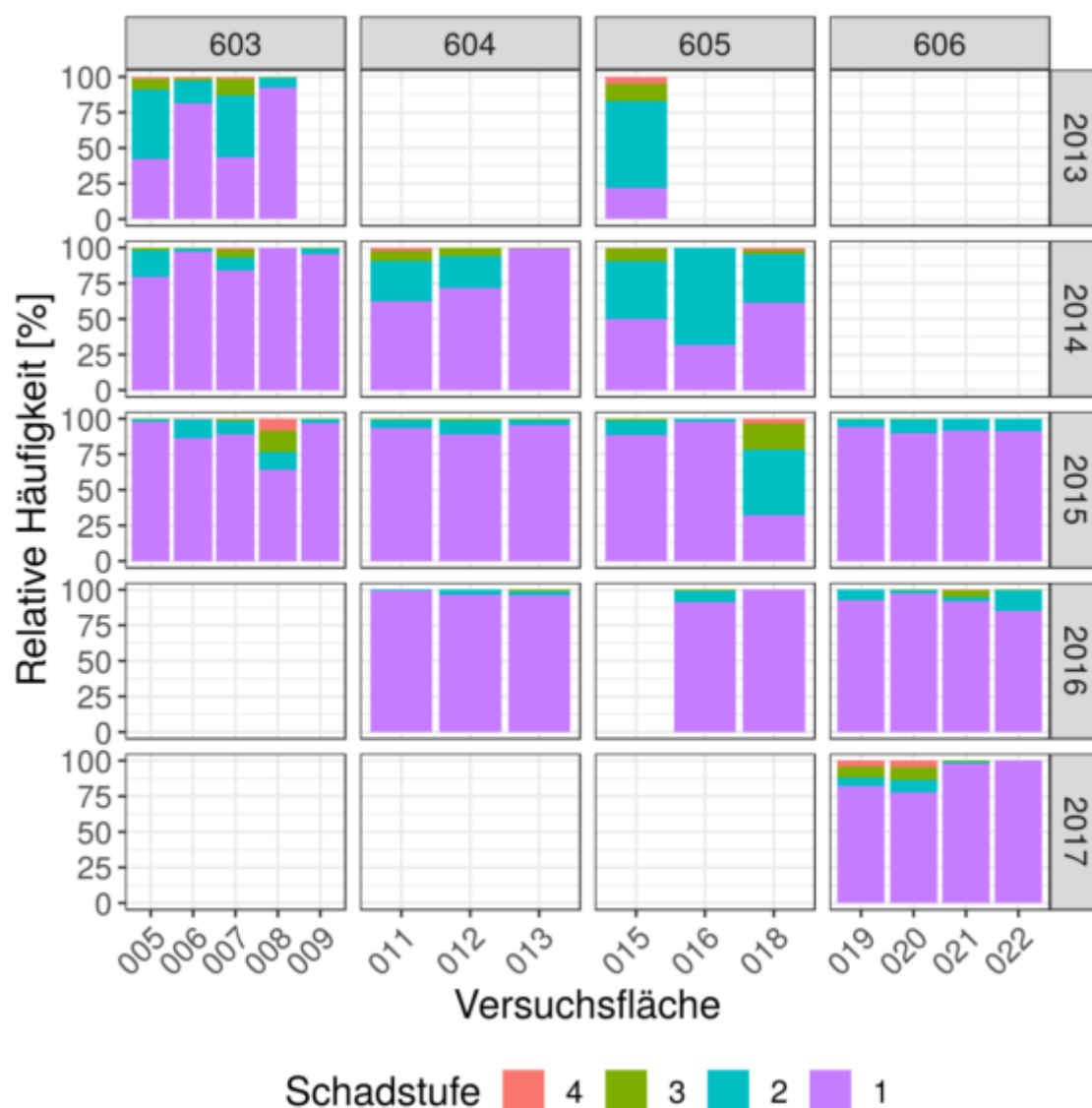


Abbildung 48: Ergebnisse der Untersuchungen auf Befall mit *Marssonina* spp. auf den betrachteten Versuchsflächen der Serien 603 bis 606 getrennt nach Jahren. Die Versuchsfläche 018 Seeburg wurde der Serie 605 zugeordnet. Die Schadstufen sind in Tabelle 17 erläutert.

Die Symptome der Blattfleckenkrankheit wurden, bis auf die Versuchsfläche in Bayern (008 Leimbach I) im vorletzten Beobachtungsjahr auf allen Versuchsflächen der Serie 603 gefunden. Der Anteil erkrankter Pflanzen war im Jahr des Wiederaustriebs nach der ersten Ernte (2013) mit bis zu 58 % am höchsten (s. Abbildung 48). Wie im Abschnitt Triebspitzenkrankheit beschrieben, wurde durch einen Abstimmungsfehler die Bonitur im Jahr 2013 auf der Versuchsfläche in Baden-Württemberg (009 Emmendingen) nicht durchgeführt. Der mit der Schadstufe 4 (>50 % der Blätter befallen) bewertete Anteil an Pflanzen erreichte nur im Jahr 2015 auf einer Fläche (008 Leimbach I) 8 % und lag bei allen anderen Bonituren deutlich unter 2 %. Auf den Versuchsflächen der Serie 603 zeigte sich über den gesamten Bewertungszeitraum (2012–2015), dass das Pflanzenpathogen *Marssonina* spp. eine geringere Rolle spielt.

Die Klone der Versuchsflächenserie 604 zeigten in den drei Bewertungsjahren durchweg gute Ergebnisse. Auf allen Versuchsflächen über alle Jahre hinweg gab es stets deutlich mehr als 60 % (bis hin zu 99 %) gesunde Pflanzen (s. Abbildung 48). Der Anteil Pflanzen mit leichter Schädigung lag bei maximal 28 % (2014, 011 Stiedenrode I). Auch nur auf dieser Versuchsfläche gab es im ersten Boniturjahr einen mit 7 % (Schadstufe 3) und 2,3 % (Schadstufe 4) etwas höheren Anteil stärker befallener Pflanzen. Insgesamt ist die Beeinträchtigung der Klone in dieser Serie 604 als gering einzustufen.

Auf den Versuchsflächen der Serie 605 aus dem Anlagejahr 2013 (015 Stiedenrode II, HE) bzw. 2014 (016 Bardowick und 018 Seeburg, NI) zeichnet sich im ersten Standjahr ein schlechteres Bild als bei der Serie 604 ab (s. Abbildung 48). Bei dieser Serie konnten bei den ersten Bonituren nur 21 % bis 61 % der Pflanzen der Schadstufe 1 zugeordnet werden. Im zweiten Standjahr hat sich der Anteil gesunder Pflanzen auf der hessischen Versuchsfläche (015 Stiedenrode I) mit 50 % jedoch mehr als verdoppelt. Die Mehrzahl der Pflanzen wies einen leichten Befallsgrad auf, mittlere oder starke Schäden sind jedoch auch auf den Versuchsflächen dieser Serie nur in geringem Maße (maximal 4,8 % mit Schadstufe 4) zu finden.

Auf den Versuchsflächen der jüngsten Serie 606 (Anlagejahr 2015) wurden während der gesamten ersten Rotationsphase mindestens 77 % der Pflanzen der Schadstufe 1 (keine Schädigung, s. Tabelle 17) zugeordnet. In den ersten beiden Jahren des Beobachtungszeitraums fielen die Bewertungen der Schäden überwiegend in Schadstufe 2 (leichter Befall). Im dritten Standjahr dieser Serie stieg der Anteil der Schadstufen 3 und 4 auf den beiden Versuchsflächen in Niedersachsen jedoch deutlich an (bis 8,3 % Schadstufe 3 und 4,5 % Schadstufe 4). Auf den Versuchsflächen in Hessen (021) und Brandenburg (022) hingegen verringerte sich der Anteil erkrankter Pflanzen. Während der ersten Rotationsphase konnten an den Klonen der Serie 606 nur geringe Beeinträchtigungen festgestellt werden.

Die Untersuchungen zeigten für alle in FastWOOD getesteten Klone eine geringe Anfälligkeit gegenüber der durch *Marssonina spp.* hervorgerufene Blattfleckenkrankheit.

Rindenschäden

Die Ansprache der Rindenschäden beinhaltet die Beurteilung des Befalls durch den *Dothichiza* Rindenbrand sowie die bakterielle Infektion mit *Xanthomonas populi*.

Durch das Bakterium *Xanthomonas populi* (Synonym: *Aplanobacter populi*) können krebsartige Wucherungen an Ästen und Stämmen hervorgerufen werden, die zum Absterben führen können (Ostry et al., 2014). Die Intensität der durch den Rindenkrebs verursachten Schadsymptome wurden nach einem vom INBO (Belgien) erarbeiteten Schema aufgenommen (s. Tabelle 18).

Tabelle 18: Bewertungsschema für Schäden, die durch *Xanthomonas populi* verursacht wurden. Zusätzlich wurde bewertet, ob das Geschwür aufgebrochen oder geschlossen ist und die Oberflächenbeschaffenheit wurde eingeteilt nach a = flach, b = gebrochen und c = tumorös und dunkel.

Stufe	Beschreibung
1	kein Befall

Stufe	Beschreibung
2	befallen
3	$\frac{1}{4}$ des Stammes umgebend
4	$\frac{1}{2}$ des Stammes einnehmend
5	$\frac{2}{3}$ des Stammes einnehmend
6	Pflanze tot

Verursacher des Rindenbrands ist der Ascomycet *Dothichiza populea* (syn. *Cryptodiaporthe populea*, *Diaporthe populea*). Der Pilz befällt vor allem die Stämmchen junger Pappeln (Schönhar, 1953). Das durch *D. populea* verursachte Schadbild zeigt sich als eiförmige, bräunliche Nekrosen. Wenn mehrere benachbarte Läsionen auf einem Ast zusammenwachsen, kann es durch diese Ringelung auch zum Absterben von Starkästen kommen (Metzler, 2006). Die durch den Rindenbrand verursachten Schäden wurden kategorisiert nach Tabelle 19 aufgenommen.

Tabelle 19: Bewertungsschema für Schäden, die durch *Dothichiza populea* verursacht wurden.

Stufe	Beschreibung
1	keine Schäden
2	leichte Schäden, wenige Läsionen
3	mittlere Schädigung, viele Läsionen leicht zu detektieren
4	starke Schädigung, Läsionen teilweise bereits zusammengewachsen

Über drei Jahre der Bewertung konnten auf den Versuchsflächen aller bisher angelegten Serien (603, 604, 605 und 606) nur sehr geringfügige Rindenschäden festgestellt werden. Daher wurde bei der Darstellung der Boniturergebnisse auf eine Differenzierung bezüglich des verursachenden Pathogens verzichtet. Für beide Pathogene wurden die Beobachtungen je Befallsstufe zusammengefasst und auf die Gesamtanzahl der Beobachtungen bezogen.

Wenn Schadsymptome an der Rinde festgestellt wurden, lagen die Bewertungen überwiegend im Bereich schwacher Schäden (Schadstufe 2 und 3, Tabelle 18 und Tabelle 19). Starke Schädigungen (Schadstufe 4) wurden im beobachteten Zeitraum in der Serie 604 nicht und in den restlichen Serien nur an maximal 0,6 % der Pflanzen festgestellt (s. Abbildung 49).

Auf keiner Versuchsfläche konnten somit während der ersten (Serien 605 und 606) bzw. in der zweiten Rotationsphase (Serien 603 und 604) nennenswerte bzw. wachstumsbeeinträchtigende Rindenschäden festgestellt werden.

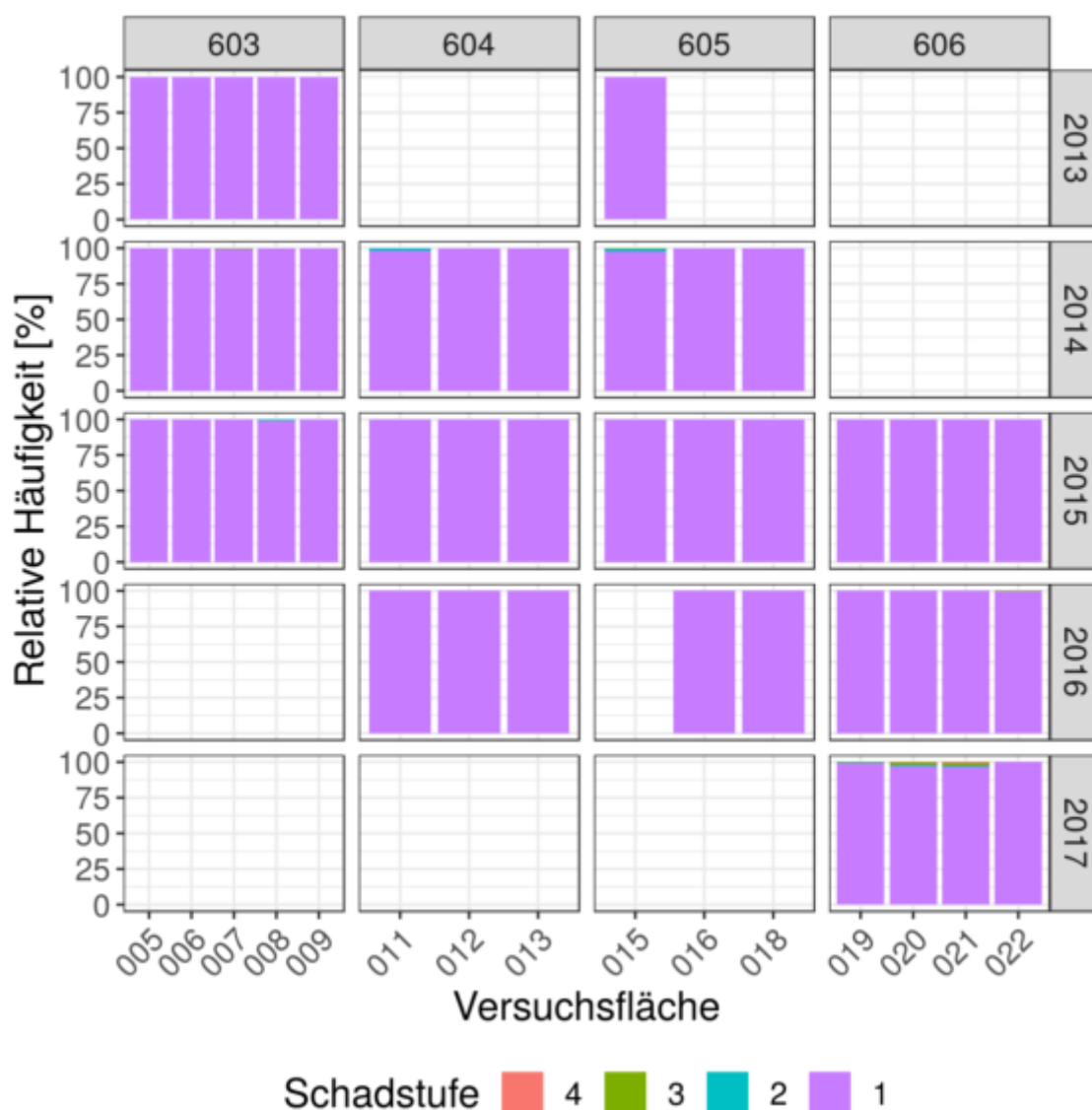


Abbildung 49: Anteile der durch Rindenbrand und Rindenkrebs geschädigten Pflanzen auf den Versuchsflächen der Serie 605 in Hessen (015 Stiedenrode II) und Niedersachsen (016 Bardowick) und Seeburg (018). Auf der Versuchsfläche in Sachsen (017 Graupa) wurden keine Daten erhoben.

Insektenschäden

Weiterhin wurden zur Unterstützung des Teilprojektes 2 (TI) durch Insekten verursachte Schäden auf den Versuchsflächen evaluiert.

Im Jahr 2015 wurden vom Teilprojekt 1 Bonituren auf Versuchsflächen aus zwei Serien (011 und 015 in Stiedenrode, in der zweiten bzw. ersten Rotation) sowie in Seeburg (018) durchgeführt. In 2016 konnten auf Versuchsflächen in Stölzingen (005) und Stiedenrode (015) ebenfalls zweite und erste Rotation sowie in Seeburg (018) Bewertungen stattfinden.

Zu Bewerten war die Anzahl der gefundenen Individuen pro Art (s. Tabelle 20) und zusätzlich die Stärke des Blattverlustes (in 10 % Stufen) des jeweils begutachteten Baumes. Insgesamt wurden 14 verschiedene Arten von Insekten bei diesen Bonituren berücksichtigt, unter anderem Blattkäfer wie *Chrysomela* (= *Melasoma*) *populi* L. (Pappelblattkäfer), *Chrysomela* (= *Melasoma*) *tremulae* Fabricius,

verschiedene *Phratora*-Arten (Weidenblattkäfer) oder Rüsselkäfer (*Coleoptera*, *Curculionidae*) wie der *Byctiscus populi* L. (Pappelblattroller) und Blattwespen (*Hymenoptera*, *Tenthredinidae*) *Pristiphora conjugata* (Pappelblattwespe). Die zu bewertenden Versuchsflächen orientierten sich am jeweiligen Alter der Pflanzen im Rotationszyklus der Serien.

Auf allen bewerteten Versuchsflächen wurden durch Insektenfraß verursachte Blattschäden festgestellt. Der überwiegende Anteil der bonitierten Bäume wies keine Schädigung auf. Wenn Fraßschäden zu erkennen waren, erreichten diese auf den von uns evaluierten Versuchsflächen in 2015 nur an einem einzigen Baum auf der Versuchsfläche 015 Stiedenrode II 50 %. In 2016 wurde die 10 %-Blattverluststufe nicht überstiegen.

Tabelle 20: Bewertungsschema für das Auftreten von verschiedenen Insekten an Pappeln.

Stufe	Beschreibung	Individuenzahl
1	keine	0 Individuen dieser Art
2	wenige	bis 5 Individuen dieser Art
3	mittel	> 10 Individuen dieser Art
4	viele	> 30 Individuen dieser Art

Die Ergebnisse der Untersuchungen zu den gefundenen Insekten und durch sie verursachten Schädigungen der Pappeln sind in den Berichten des Teilprojektes 2 (TI) ausführlich dargestellt.

II.1.6.2 Untersuchungen zur genetischen Charakterisierung von *Melampsora larici-populina*

Im Berichtszeitraum wurden aufgrund personeller Probleme keine Untersuchungen zur genetischen Charakterisierung von *Melampsora larici-populina* durchgeführt.

II.1.7 Phänologische und morphologische Charakterisierung der bearbeiteten und selektierten Klone

Morphologische Charakterisierung

Die abschließende morphologische Charakterisierung aller Prüfglieder der 4 Pappel- und 2 Weiden - Feldprüfungsserien fand im Herbst 2017 statt. Die morphologische Charakterisierung hat auf der zweijährigen Wurzel nach Rückschnitt zu erfolgen und wurde in eine Sommer- und eine Winterzustands – Bonitur unterteilt. Von Mitte bis Ende September wurden charakteristische blattmorphologische Merkmale und von Mitte bis Ende November die knospen- und rindenspezifischen Merkmale erhoben. Entsprechend wurde ein Merkmalskomplex für die morphologische Determinierung im Sommer- und im Winterzustand erarbeitet. Ziel ist eine zweifelsfreie Unterscheidung von Pappel- und Weidenklonen ohne die Zuhilfenahme von DNA-Fingerabdrücken. Weiterhin soll die morphologische Charakterisierung in die Sortenbeschreibung

einfließen. Teile der morphologischen Charakterisierung haben auch eine große Bedeutung als Prädiagnose-Werkzeug für die Leistungsermittlung. So ist die Ermittlung der Blattfläche ein wichtiges Kriterium der Licht- und Wassernutzungs-Effizienz. Auch der Zustand des Blattrands in Bezug auf seine Bezahnung ist von Bedeutung. So ist ein bezahnter Blattrand eine evolutionäre Anpassung an kühlere Klimate und gewährleistet schon bei niedrigeren Temperaturen eine hohe Photosynthesrate (Royer und Wilf, 2006). Die morphologische Charakterisierung umfasste alle 115 Pappel-Prüfglieder und 15 Pappel-Standards aus den 4 Pappel-Feldprüfungsserien. Standards und Prüfglieder bestehen oder sind hybridisiert aus den Arten *P. trichocarpa*, *P. maximowiczii*, *P. deltoides*, *P. nigra*, *P. laurifolia*, *P. ussuriensis*, *P. szechuanica*, *P. cathayana* und *P. koreana*. Die zwei Weiden-Feldprüfungsserien umfassen 52 Prüfglieder und 3 Standards aus den Arten *S. viminalis*, *S. schwerinii*, *S. triandra*, *S. caprea*, *S. sachalinensis*, *S. × dasyclados* und *S. daphnoides*. Voraussetzung für die morphologische Charakterisierung war die Absteckung der Klone im Frühjahr 2015 und der Rückschnitt dieser im darauf folgenden Winter. Auf diese Art entstanden 2 bis 4 m hohe Normtriebe mit einer Triebzahl von 2,3 je Pflanzplatz. Je Klon wurden 5 Ramets im Klonquartier „Sportplatz“ etabliert. Je Klon wurde der mittlere Bereich von je 10 Trieben bewertet. Je Trieb wurde in diesem Bereich 3 Blätter und 3 Knospen charakterisiert. Folgende Merkmale wurden für Pappeln und Weiden erhoben:

Sommerzustand:

- Länge und Breite des Blattes
- Länge des Blattstiel
- Blattdichte je Normtrieb
- Form der Blattspitze und des Blattgrundes
- Behaarung Blatt- Ober- und Unterseite
- Farbe Blatt- Ober- und Unterseite
- vertikale Form des Blattrand (Bezahnung)
- horizontale Form des Blattrand (Wellung)
- Form und Größe der Nebenblätter (nur Weide)

Winterzustand:

- Farbe des einjährigen Triebs
- Behaarung des einjährigen Triebs
- Form der Blattscheide
- Form des Triebquerschnitts (nur Pappel)
- Länge und Breite der Knospe (nur Pappel)
- Winkel der Knospe zur Sprossachse (nur Pappel)
- Behaarung und/oder Bewachsung der Knospe
- charakteristischer Duft der Knospe (nur Pappel)

Phänologische Charakterisierung

Eine Dokumentation über den Austriebs- und Abschlusszeitpunkt lässt eine Aussage über die Dauer der Vegetationsperiode zu. Da diese auch die Zeit beschreibt, zu der die Pflanze photosynthetisch aktiv ist, kann die Länge der Vegetationsperiode Aufschluss über die zu erwartende Biomasseproduktion geben. Gerade unter sich verändernden Klimabedingungen mit nach vorne und hinten verlängerten Vegetationsperioden, spielt die züchterische Beeinflussung der effektiven Nutzung des photosynthetisch aktiven Zeitraums der Pflanze eine bedeutende Rolle. Die Auswahl der Elternarten und ihrer damit verbundenen Herkunft kann in den produzierten Nachkommen den Austriebszeitpunkt und/oder den Triebabschluss und Laubfall gezielt beeinflussen.

Eine Austriebs- und Abschlussbonitur wurde für Pappeln auf den Flächen Stölzingen, Stiedenrode I und III (Seriennummern 603, 604, 615) nach unten stehenden Boniturschlüsseln durchgeführt (Tabelle 21 und Tabelle 22). Von den Flächen Stölzingen, Stiedenrode I und III wurden alle Prüfglieder untersucht, auf der Fläche Stiedenrode III wurden zusätzlich die Standardklone 'Matrix 11', 'Matrix 49', 'Max 1' und 'Weser 6' aufgenommen. Die Abschlussbonitur wurde vom 07.09.2016 bis zum 30.11.2016, die Austriebsbonitur vom 19.02.2016 bis zum 13.05.2016 durchgeführt. Beide Bonituren fanden im sieben- bis vierzehntägigen Rhythmus statt.

Die Austriebs- und Abschlussbonitur von Weidenprüfgliedern wurde auf den Flächen der Versuchsserie 615 (Mehrbachfeld I, Stiedenrode III) und der Versuchsserie 616 (Stiedenrode IV) aufgenommen. Als Standardklone wurden die Klone 'Drago', 'Levante' und 'Tordis' auf der Fläche Stiedenrode (Weidenversuch von Clemens von König) untersucht. Die Abschlussbonitur fand zwischen dem 04.10.2016 und dem 21.12.2016 statt, die Austriebsbonitur wurde zwischen dem 03.03.2017 und dem 21.04.2017 durchgeführt. Beide Bonituren fanden in einem Zyklus von sieben bis 14 Tagen statt.

Tabelle 21: Boniturschema der Abschlussbonitur.

Boniturnote	Phänologischer Zustand
1	Das zuletzt geschobene Blatt ist noch nicht entfaltet. Die Endknospe ist als sehr kleine, grüne Spitze zu erkennen.
2	Das letzte Blatt hat sich entfaltet und die Endknospe ist etwas größer geworden.
3	Inzwischen sind die ersten Knospenschuppen zu erkennen, die Knospe ist immer noch grün.
4	Der Trieb beginnt mit der Verholzung, die Ränder der Knospenschuppen werden braun.
5	Die gesamte Knospe hat eine bräunliche Färbung angenommen. Die Verholzung des Triebes ist fast abgeschlossen.
6	Die Terminalknospe ist vollständig durchgefärbt und der Terminaltrieb ist vollständig verholzt. Die Blätter beginnen sich zu verfärben

Tabelle 22: Boniturschema der Austriebsbonitur.

Boniturnote	Phänologischer Zustand
1	Die Knospen sind stark gestreckt und geschwollen. Das erste Blattgrün schimmert an den Knospenrändern durch.
2	Die Knospen sind stärker gestreckt, so dass sie sich leicht vom Zweig abheben. Die Blattspitzen erscheinen spindelförmig an der Knospenspitze.
3	Die Blätter schieben sich aus den Knospenschuppen hervor und beginnen sich zu spreizen, so dass erste Blattstrukturen sichtbar werden.
4	Die Knospenschuppen biegen sich völlig zurück. Die Blättchen sitzen auf den Stielen und sind über doppelt so groß wie die frühere Knospe.
5	Der Blattstiel beginnt stärker zu wachsen, so dass die Blätter leicht herabhängen. Die Blattspreiten sind gut sichtbar. Die Blattstrukturen sind deutlich ausgeprägt.

Für den **Anbau von Pappeln** der Sektionen *Aigeiros* und *Tacamahaca* können nach Auswertung der Ergebnisse dieser phänologischen Charakterisierungen generelle Aussagen getroffen werden:

- Der Zeitpunkt des Austriebs und des Triebabschluss der verschiedenen Arten und Hybriden der Pappelsektionen *Tacamahaca* und *Aigeiros* stehen weniger im Zusammenhang mit deren systematischer Einordnung, als zur großklimatischen Situation ihrer Herkunftsgebiete.
- Die asiatischen Balsampappeln (*P. maximowiczii*, *P. cathayana*, *P. ussuriensis* und *P. szechuanica*) treiben unter mitteleuropäischen Klimabedingungen sehr zeitig aus und haben einen frühen Triebabschluss und Laubfall. Dies ist eine typische Adaption an ein Ostseitenklima mit harten Wintern, warmen feuchten Sommern und kurzen Frühjahren und Herbst, wie es im monsunbeeinflussten ostasiatischen Raum der Fall ist.
- Die Östliche Balsampappel *P. trichocarpa* aus Nord-Amerika (Amerikanische Balsampappel) ist unter mitteleuropäischen Klimabedingungen gekennzeichnet durch einen späten Blattaustrieb und einen späten Triebabschluss sowie Laubfall. Dies ist eine typische Adaption an ein Westseitenklima mit geringen Temperaturkontrasten, langen Frühjahren und Herbst sowie milden Wintern und gemäßigten Sommern, wie es entlang des Pazifiks in den USA herrscht.
- Hybriden aus asiatischen und amerikanischen Balsampappeln sind dazu in der Lage beide Eigenschaften (früher Austrieb und später Blattfall) in einigen Plustypen zu integrieren. Dies führt zu einer verlängerten Vegetationsperiode, in dem Ausmaß, wie es bei den Elternarten nicht der Fall wäre. Typische Doppel-Plus-Kreuzungen mit einer langen Vegetationsperiode und einem hohem Ertrag, die diesen phänologischen Hybrideffekt nutzen, sind z. B. „Matrix...“ (*P. maximowiczii* × *P. trichocarpa*) und viele Neuzüchtungen, die im Verlauf der FastWOOD-Projekte entstanden sind.

- *P. nigra*, die Europäische Schwarzpappel, ist eine submediterrane bis kontinental verbreitete Spezies. Da in ihrem Verbreitungsgebiet keine Früh- und oder Spätfrostgefahr droht ist ihr Austriebszeitpunkt entsprechend früh und der Triebabschluss und Blattfall später als bei den asiatischen Balsampappeln.
- *P. deltoides*, die Amerikanische Schwarzpappel, wäre in ihrem Verbreitungsgebiet (kontinentale Ostseite) durch Spätfröste (Blizzards) gefährdet, wenn sie nicht eine hohe Schwellentemperatur für die Austriebsinduktion besitzen würde. Dementsprechend treibt sie unter mitteleuropäischen Bedingungen sehr spät aus. Dies verkürzt die Vegetationsperiode im mitteleuropäischen Westseitenklima erheblich.
- Der Anbau der reinen Arten *P. deltoides* (Amerikanische Schwarzpappel) und *P. nigra* (Europäische Schwarzpappel) scheitern vor allem an der geringen klonalen Vermehrbarkeit Ersterer und dem unterdurchschnittlichen Ertrag letzterer. Dennoch ist die Hybride durch die Einkreuzung phänologischer Eigenheiten den Elternarten überlegen. So hat die Hybride aus beiden Arten *P. × canadensis* einen deutlich zeitigeren Austrieb und späteren Laubfall als die Elternarten. Beide Elternarten benötigen aber hohe Temperaturen um einen ausreichenden Ertrag zu erzielen. So sind auch die Hybriden für den Anbau zum Zweck der reinen Biomassegewinnung in Mitteleuropa noch nicht zu empfehlen.

Die effektive Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Vegetationsperiode spielt auch für die Züchtung von **Strauch- und Baumweiden, und deren Anbauempfehlung** für verschiedene Standorte im mitteleuropäischen Raum, eine große Rolle. Leistungsfähige Hybriden aus schwedischen Züchtungsprogrammen können ihre Überlegenheit unter südeuropäischen submediterranen Klimabedingungen mit langer Vegetationsperiode nicht mehr voll zur Geltung bringen, da die eingekreuzten Arten, wie *S. schwerinii* (extrem kontinental), einen frühzeitigen Laubfall verursachen. Was normalerweise zur Erhöhung der Frosthärte führt, bewirkt in den sich ständig verlängernden Vegetationsperioden Mitteleuropas eher eine Ertragslimitierung (Berlin et al., 2017). Auf Grundlage der phänologischen Erhebungen können für die Weiden aus diesem Züchtungsprogramm folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Unter allen Weidenarten, die für das Züchtungsprogramm Verwendung fanden, sind Kreuzungen an denen *Salix schwerinii* (L79069) beteiligt ist, immer gekennzeichnet durch einen frühen Austrieb und einen frühen Triebabschluss sowie Laubfall. Kreuzungen mit den Sorten 'Björn', 'Sven', 'Tordis' und 'Tora' zeigen diese Eigenschaften auch in ihren Nachkommen.
- Ein früher Laubfall wird auch durch die eingekreuzte kontinentale Mandelweide *Salix triandra* (SW911066) bewirkt, wie sie als Elter in der Sorte SVT_Inger vorkommt. Im Gegensatz dazu führt die Einkreuzung von *Salix triandra* in Form der Sorte „Semperflorens“ zu keiner Verfrühung des Laubfalls aber dennoch zu frühem Austrieb, wie das durch eine Reziprokkreuzung in Klon STV_13-0334V manifestiert wurde, siehe z. B. in Abbildung 38.

- *Salix viminalis* die Korbweide hat unter den Strauchweiden den spätesten Triebabschluss und Laubfall. Der Klon „SV_Zieverich“ verzögert seinen Laubfall unter milden Herbstbedingungen bis Ende Dezember. Einige Selektionen von Hybriden auf Grundlage der tetraploiden Linie von SV_Zieverich_4N mit diploidem Pollen der Sorte „SVSw_Sven_2N“ (*S. viminalis* × (*S. schwerinii* × *S. viminalis*)), verlängern die Vegetationsperiode erheblich. Die triploiden Nachkommen sind nicht nur gekennzeichnet durch einen späten Laubfall sondern auch durch einen frühen bis mittelfrühen Austrieb, welcher anteilig und wahrscheinlich über Gendosiseffekte des männlichen Kreuzungspartners übertragen wurden.
- Einen eher geringen Einfluss auf die Länge der Vegetationsperiode haben die im Züchtungsprogramm weiterhin verwendeten einkreuzbaren Arten *S. daphnoides*, *S. caprea* und *S. × dasyclados*.
- Unter den Baumweiden sind besonders Klone oder Hybriden mit der Silberweide *S. alba* von phänologischem Interesse. *Salix alba* ist gekennzeichnet durch einen späten Austrieb und einem späten Triebabschluss sowie sehr spätem Laubfall. Photosynthetisch aktive Blätter können bei milden Herbstes noch bis im Januar am Baum verbleiben. Silberweiden sind damit nicht spätfrostgefährdet und sehr gut an lange Vegetationsperioden adaptiert. Sie sind damit auch für den Anbau in Mitteleuropa oder südlicher sehr zu empfehlen.

Die Ergebnisse dieser Aufnahmen finden in den Datenblättern zur Unterstützung der Anbauempfehlungen Verwendung.

II.1.8 Polyploidisierung von Nachkommen in Kreuzungen der Pappelsektionen *Tacamahaca* und *Aigeiros* sowie Arten der Weiden-Untergattung *Caprisalix* und *Amerina*

II.1.8.1 Triploidisierung von Nachkommen aus Pappel- und Weidenkreuzungen

Der triploide Zustand des Genoms ist oft auch in Naturpopulationen ein Hinweis auf die Adaption an harsche Umweltbedingungen, wie z. B. Trockenheit im Fall von *Populus tremuloides* (Mock et al., 2012). Triploide Strauchweiden sind diploiden und auch tetraploiden Ausgangsarten, in Bezug auf ihren Ertrag und ihrer Holzdichte, deutlich überlegen (Fabio et al., 2017; Serapiglia et al., 2014). Dieser chromosomale Status bietet diesen Pflanzen einige physiologische, morphologische und anatomische Vorteile gegenüber ihren diploiden Verwandten. Generell sind polyploide Pflanzen gekennzeichnet durch:

- In triploiden Pflanzen können die Eigenschaften von drei Haplotypen in einem Individuum vereint werden. z. B.: ♀ (♀ hohe Blattfläche + ♂ Rostresistenz) × ♂ aufrechter Wuchs oder ♀ (♀ Rostresistenz Pathotyp A + ♂ Rostresistenz Pathotyp B) × ♂ Rostresistenz Pathotyp C

- Die Zellvergrößerung durch größere Zellkerne kann einen „Gigas-Wuchs“ mit übermäßig großen Pflanzen verursachen.
- Über den Gendosis-Effekt ist z. B. möglich, dass bei einer triploiden Pflanze ein bedeutsames Merkmal mit der dreifachen Gendosis auch den dreifachen Effekt auf physiologische Vorgänge mit Auswirkungen auf Zuwachs, Resistenzen, Sekundärstoffe und Morphologie, bewirkt. z. B. die Erhöhung der Produktion von Salicylaten in der Rinde.
- Typische morphologische Veränderungen polyploider Pflanzen sind die Abnahme des Volumen – Oberflächen – Verhältnisses von Spross und Blättern (Abbildung 50). Dies führt zur Erhöhung des Ertrags und der Wassernutzungs-Effizienz oder Trockentoleranz (Erhöhung Wasserspeichervermögen gegenüber Verringerung Transpiration). Die Verringerung des Rindenanteils durch die Verringerung des Oberflächenanteils bewirkt geringere Ascheanteile bei der Verbrennung und geringere Lignin-Gehalte bei der stofflichen Nutzung der Ligno-Zellulose.
- Triploide Pflanzen neigen zur Sterilität und dies kann Auswirkungen haben auf eine geringere Ressourcen-Allokation zu Blüten und Früchten mit hohem Benefit zum Ertrag. Weiterhin führt auch die geringere oder blockierte Genverfälschung von Naturpopulationen durch eine Art von Genflussbremse zur Erhöhung der Anbauwürdigkeit triploider Pflanzen.

Die ersten tetraploiden Linien, auf Grundlage des Weidenklons „Zieverich“, konnten bereits zum Ende des Projekts Weidenzüchtung 2011 nachgewiesen werden. Mit dem Beginn des Projekts FastWOOD II (2012) wurden die Arbeiten zur Bereitstellung von Triploiden Pappeln und Weiden in größerem Maßstab aufgenommen. Ziel der Durchführung von Triploid-Kreuzungen ist die Erzeugung von neuen Klonen, die über besonders ausgewogene Gen-Dosis Verhältnisse verfügen (Serapiglia et al., 2014). Vorteilhaft ist nicht nur die Erhöhung der Leistung als Resultat verbesserter Wuchseigenschaften durch die genannten Effekte einer Triploidisierung, sondern auch die verbesserten Kombinationsmöglichkeiten verschiedener arttypischer morphologischer, phänologischer und physiologischer Besonderheiten. Die Triploidisierung der Weiden und Pappeln soll indirekt erfolgen. Das heißt, es werden Pflanzen gekreuzt, deren Eltern über unterschiedliche Ploidiestufen verfügen, und die Modifikation zur Triploidie nicht durch direkte Applikation eines Mitosehemmers, wie Oryzalin oder Kolchizin, auf das Gewebe der Gameten oder der Diasporen an der Zielpflanze verursacht wird. Da die natürliche Ploidiestufe z. B. bei der Korbweide (*Salix viminalis*) oder der Schwarzpappel (*Populus nigra*) 2N beträgt, muss für eine 3N-Kreuzung einer der zukünftigen Kreuzungspartner tetraploidisiert (4N) werden, oder es muss eine von Natur aus tetraploide Art sein, wie z. B. *Salix miyabeana* in US-Amerikanischen Züchtungsprogrammen (Serapiglia et al., 2014). Aus der Kreuzung zwischen einer diploiden und einer tetraploiden Pflanze kann ein hoher Anteil von triploiden Nachkommen resultieren. Diese werden dann nach Samenreifung und Aussaat aufgezogen, verklont und vermehrt, um sie später den üblichen Selektionsschritten vor und während einer Feldprüfung unterziehen zu können (Fehrenz et al., 2014).

Folgende Arbeitsschritte mussten durchgeführt werden, um triploiden Pflanzen in Form von anbaufähigen Klonen bereitzustellen:

- Auswahl und In-vitro-Etablierung geeigneter Arten, Hybriden, Sorten oder F1 und F2 Linien auf Standard WPM-Medium (Woody Plant Medium)
- Vermehrung von Pflanzen und Gewinnung des sterilen Applikationsmaterials (Sprossspitzen) für die Oryzalierung im externen 1,5 %-igen Medium und Applikation für 24–48 Stunden.
- Re-Etablierung auf Standard WPM-Medium und Regenerationskultivierung für 6 Wochen. Ausfallrate Pappel bei 46 % und Weide bei 4 %.
- In der folgenden Vermehrungs-Phase wurden die bis dahin überlebenden Pflanzen geteilt und aus ihnen zwischen 1 bis 7 potenziell polyploide Linien angelegt. Je Linie folgten 2 Subkulturphasen, in denen jeweils nur die Sprossspitze nach 4-wöchiger Subkultur übertragen wurde um eine Stabilisierung der oft noch mixoploiden Gewebe zu erreichen.
- Das nun ausbalancierte Gewebe wurde zur Ploidieanalyse eingeschickt. Die Modifikationsrate (messbarer Anteil polyploider Zellen) zu 3N, 4N, 5N und 6N beträgt bei Weiden 18–25 % und bei Pappeln weniger als 5 %. Es entstanden bei Weiden zwischen 10 – 50 % und bei Pappeln keine homohistontischer (100 % = 4N) Linien. Das Protokoll wurde durch Konzentration und Dauer der angewendeten Applikationslösung so eingestellt, dass ein höchstmöglicher Anteil tetraploider Linien entsteht. Mixoploide Linien mit weniger als 25 % an 4N-Zellen wurden verworfen. Am Ende wurde eine Ausbeute von ca. 5 % reiner 4N-Linien in Bezug zum eingesetzten Pflanzenmaterial bei Weiden, und deutlich unter 1 % bei Pappeln, erreicht.
- Die entstandenen polyploiden Linien wurden jeweils auf 10 Ramets vermehrt und in den darauf folgenden Frühjahrten abgehärtet und in 8 L Kübeln kultiviert (s. Abbildung 50).
- Nach einer Vegetationsperiode wurde bei einigen Linien des modifizierten weiblichen Klonen 'Zieverich' die Anlage von Blütenknospen festgestellt. Daraufhin konnte ein Kreuzungsprogramm mit diploiden Pollen für das folgende Frühjahr aufgestellt werden.
- Der Pollen aus den vorgezogenen männlichen Pflanzen wurde im üblichen Verfahren durch Pinsel in einem Zeitraum von 3–5 Tagen auf die weiblichen Kätzchen aufgebracht. Nach ca. 4 Wochen konnten dann die Samen isoliert und ausgesät werden. Die Keimungsraten lagen bei 85 %.
- Die pikierten Pflanzen wurden nach 6 wöchiger Kultur für eine Ploidieanalyse beprobt. Die 5 %ige Stichprobe hat 100 % triploide Nachkommen aus insgesamt 12 inter- und intraspezifischen Kreuzungen ergeben.
- Nach Anzucht der triploiden Nachkommen im Feld, wurden diese im darauffolgenden Jahr verklont.

Die erfolgreiche Durchführung der oben beschriebenen Kreuzungen im Triploidisierungs-Modus ergab Kreuzungsfamilien der Kombination:

- 4N_*S. viminalis* 'Zieverich' × 2N_*S. sachalinensis* 'Sekka'

- 4N_ *S. viminalis* 'Zieverich' × 2N_ *S. viminalis* × *S. schwerinii* 'Sven'
- 4N_ *S. viminalis* 'Zieverich' × 2N_ *S. viminalis*_F1 'Mulattin × 'Ulv'
- 4N_ *S. viminalis* 'Zieverich' × 2N_ *S. daphnoides* 'Leuka'
- 4N_ *S. viminalis* 'Zieverich' × 2N_ *S. caprea* 'Dransfeld 2'
- 4N_ *S. viminalis* 'Zieverich' × 2N_ *S. triandra* 'Continua 70'

Im Gegensatz zur Weide, ist mit der Erreichung der Mannbarkeit bei der Pappel erst ab dem 12. bis 15. Standjahr zu rechnen. Bisher konnten nur 4 Pappellinien erfolgreich tetraploidisiert werden. Von diesen vier Pappellinien wurde die erste Linie 2014 erfolgreich an Freiluftbedingungen adaptiert. Die tetraploidisierten Pappellinien sind von den Arten und Hybriden *Populus trichocarpa*, *Populus maximowiczii* und *Populus × canadensis*. Im Jahr 2014 wurden weiterhin die Weidenlinien 'Tordis' (*Salix viminalis* × *Salix schwerinii*), 'Inger' (*Salix × hippophaefolia*), 3_92 (*Salix sachalinensis* 'Sekka'), 'Bowles Hybrid' (*Salix viminalis*), 'Björn' (*Salix viminalis* × *Salix schwerinii*), 'Sven' (*Salix viminalis* × *Salix schwerinii*), 'Rumänische Hanfweide' (*Salix viminalis*) und *Salix triandra* 'Continua 70' erfolgreich an Freiluftbedingungen adaptiert und unter Container-Haltung herangezogen. Im Fokus des Berichtszeitraums steht vor allem die Sicherung des Pflanzenmaterials, welches aus in der Gewebekultur modifizierten Linien besteht. Die Arbeiten zur Bereitstellung polyploider Linien über Oryzalierung von Gewebekulturen wurden bis Dezember 2016 abgeschlossen, so dass der chromosomale Status von 141 Linien letztmalig geprüft werden konnte. Dabei zeigte sich bei 45 der geprüften Linien eine partielle Verdopplung des Chromosomensatzes auf 4N von mind. 40 % der Zellen. Die Veränderung liegt damit bei 32,14 % der geprüften Linien vor. Diese Linien wurden in-vitro vermehrt, abgehärtet und ausgepflanzt. Insgesamt wurden 75 polyploide Linien zu je 5 Ramets aus dem gesamten Projektzeitraum in das Klonquartier Sportplatz überführt. Die zu 98 % aus Strauch- und Baumweiden bestehenden modifizierten, und ausgehend von ihrem Ausgangs-Ploidiestatus polyploiden Klone, sind wertvolles Ausgangsmaterial für zukünftige Triploidisierungskreuzungen, die zu noch leistungsfähigeren Idealtypen für den Anbau für eine stoffliche und/oder energetische Nutzung dienen werden.



Abbildung 50: Morphologie einer tetraploiden Linie auf Grundlage des nicht registrierten Korbweidenklons „Zieverich“.

II.1.8.2 Entwicklung di-haploider Linien durch Gewebekultur-Technik bei Weide

Die vorherrschende Methode der klassischen Kombinationszüchtung kann heute durch biotechnologische Verfahren unterstützt werden. Sie ermöglichen beispielsweise eine schnelle Entwicklung neuer Sorten oder die Erhöhung der genetischen Variabilität. Die in der NW-FVA etablierte In-vitro-Technik, u.a. auch bei Weiden, ist eine gute Voraussetzung für die Entwicklung Di-haploider Linien durch Gewebekulturtechnik wie sie in Pintos et al. (2007) für *Quercus suber* beschrieben wurde. Ziel dieser Methode ist die Konzentration gewünschter Plus-Eigenschaften in Form von doppelt-haploiden Pflanzen.

Bei der Mikrosporen-Regeneration werden die durch meiotische Teilungen auf 1N reduzierten und somit haploiden Gameten ausgewählter Weidenklone in eine vegetative Phase überführt und zu haploiden Pflanzen regeneriert. Ziel ist diese Pflänzchen über In-vitro-Kultivierung und Polyploidisierung zu überdurchschnittlich leistungsfähigen di-haploiden Pflanzen heranzuziehen. Es werden damit Gene, die die Leistung der Pflanze positiv beeinflussen aber in der „Mutterpflanze“ heterozygot vorlagen in einen (di-haploiden) homozygoten und somit dominanten Zustand transformiert. Negativ beeinflussende Gene werden mit dieser Methode schon zu einem großen Teil durch die hohe Mortalität der haplontischen Ausgangspflanzen liquidiert. Für die Mikrosporen-Regeneration wurde eine Methode gewählt, die über die Antheren männlicher Pflanzen zur Isolation von Gameten führen soll. Dafür ist es notwendig die männlichen Blütenstände in einem Stadium zu beernten in dem die Pollen noch nicht ausgebildet sind aber die Reduktionsteilung schon abgeschlossen ist.

Im Berichtszeitraum wurden im zeitigen Frühjahr 2015–2017 Blühreiser männlicher Pflanzen der Arten *P. trichocarpa*, *Salix viminalis* und *Salix triandra* angetrieben und zur Gewinnung von Mikrosporen (unreife Pollen) herangezogen. Die Kätzchen der Weiden und Pappeln wurden mit 70 %-igem Ethanol für drei und sechs Minuten desinfiziert. Die Mikrosporen-haltigen Gewebe der Kätzchen wurden unter sterilen Bedingungen isoliert, emulgiert und zentrifugiert und anschließend auf ein entsprechendes Nährmedium nach Pintos et al. (2007) gegeben. Die Versuche zur Inbetriebnahme von sterilen Mikrosporen wurden entsprechend der phänologischen Möglichkeiten bis zu drei Mal je Saison wiederholt und auch in der Methode zur Sterilisation variiert.

Bei den stark behaarten Kätzchen der *Salix viminalis* gelang jedoch keine zuverlässige Sterilisation, so dass die isolierten Mikrosporen bereits in frühem Entwicklungsstadium von Mikroorganismen besiedelt wurden und abstarben. Weitere Regenerationsversuche wurden mit einem Genotyp der *S. triandra* und *P. trichocarpa* durchgeführt. Bei beiden Kätzchentypen konnten wir zwar eine komplette Sterilität erreichen, es gelang jedoch bei keinem der potenziellen Emulsionen eine Keimung der Mikrosporen. Im Verlauf von FastWOOD III konnten keine di-haploiden Linien von Pappeln und/oder Weiden entwickelt werden.

II.1.9 Etablierung von Versuchen zur Blühinduktion und Blühstimulation bei Pappeln

Die Versuche zur Blühinduktion sind zusammen mit Prof. Dr. Doris Krabel (TP 5, TU Dresden) konzipiert worden.

Für die Kreuzungszüchtung von Pappeln ist der bedeutendste limitierende Faktor, der den Domestikationsprozess bisher einschränkte, die lange Generationsdauer. Es dauert mehr als 10 Jahre, bis die Pappelpflanzen fertil werden, d.h. bis sie in die generative Lebensphase wechseln, in der eine Blüte induziert wird. Somit stehen vielversprechenden Neuzüchtungen für die Kreuzungszüchtung nicht zeitnah zur Verfügung.

Um genetischen Ressourcen zu schützen und zu erhalten, aber auch um die Potenziale der neu gezüchteten Genotypen frühzeitig nutzen zu können, wurden erste Versuche zur Blühinduktion durchgeführt. Einerseits soll durch Versuche zur Blühinduktion bei jungen Pflanzen die Möglichkeit rascherer Generationsfolgen realisiert werden, andererseits wird durch Versuche zur Blühstimulation getopfter Altreiser das Ziel, die jährliche Beerntung von Altbäumen zur Blühreisergewinnung zu reduzieren, verfolgt. Hierzu wurden chemische, mechanische und photoperiodische Versuchsansätze mit unterschiedlichem Ausgangsmaterial verfolgt. Auch wurde ein größer angelegter Pfropfversuch gestartet, bei dem juvenile Pappelreiser auf blühkompetenten Pappel- und Weidenunterlagen gepfropft wurde (nähere Informationen siehe Zwischenberichte und Berichte des Teilprojekts 5, TU Dresden). Weitere Versuche, z. B. Pfropfungen, mit transgenem frühblühendem Material wurden in Kooperation mit TP 2 (Prof. Dr. M. Fladung) geplant, konnten aber aus Personalgründen nicht umgesetzt werden.

II.2 Verwertung

Die Schwerpunkte der Projektförderung durch die FNR (Stand 2015) haben die Aktualität des FastWOOD-Projekts unterstrichen. Die Zielsetzung des Projekts ist die Bereitstellung neuer Klone und Nachkommenschaften für den Markt die durch Neuzüchtung und Prüfung stark verbesserte Massenleistung aufweisen. Gleichzeitig soll die Toleranz der neu gezüchteten Sorten gegenüber biotischen und abiotischen Stressfaktoren verbessert werden. Diese Ziele haben sich einerseits mit dem Förderschwerpunkt „Aktuelle Züchtungsstrategien im Bereich der nachwachsenden Rohstoffe“ gedeckt, berührten andererseits aber auch die Ziele des Förderschwerpunkts „Züchtung zur Anpassung von Energiepflanzen an den Klimawandel“.

Durch Weiterführung des Züchtungsprogramme für Pappeln der Sektionen *Aigeiros* und *Tacamahaca* sowie Weiden, durch die Selektion von geeigneten Klonen aus diesen Programmen und der Prüfung der Genotypen im Feldanbau hinsichtlich überlegener Wuchs-, Qualitäts- und Pathogentoleranzeigenschaften steht umfassendes genetisches Material bereit.

Die Ergebnisse der ersten Serie 603 konnten 2016 dem Sachverständigenbeirat für „Geprüftes Vermehrungsgut“ vorgelegt werden. Der Sachverständigenbeirat ist ein Gremium, das sich aus Mitgliedern der „Arbeitsgemeinschaft der Länderinstitutionen für Forstpflanzenzüchtung“ sowie dem Thünen-Institut für Forstgenetik als Bundeseinrichtung zusammensetzt und auf Antrag Empfehlungen über die Zulassung von Ausgangsmaterial in der Kategorie „Geprüft“ nach dem Forstvermehrungsgutgesetz (FoVG) gibt. Die für die Zulassung zuständigen FoVG-Landesstellen verfügen in der Regel nicht über die wissenschaftliche Expertise, um die Zulassungsanträge für die Kategorie „Geprüft“ fachlich bewerten zu können und sind daher auf die gutachterliche Empfehlung dieses Sachverständigenbeirats als Expertengremium angewiesen.

In der Sitzung des Sachverständigenbeirats vom 30.05.2016 wurde der auf der Serie 603 basierende Antrag auf Zulassungsempfehlung erstmalig behandelt, es wurde jedoch noch kein Beschluss gefasst. Nach Bereitstellung weiterer Informationen wurde im November 2016 im Umlaufverfahren ein Beschluss des Sachverständigenrats herbeigeführt, der die folgenden Klone zur Zulassung in der Kategorie „Geprüft“ empfiehlt:

- NW07-0197S (Sortenname 'Fastwood 1')
- NW07-0226B (Sortenname 'Fastwood 2')

Auf Antrag der NW-FVA bei der zuständigen FoVG-Landesstelle (Regierungspräsidium Kassel) wurden die beiden Klone mit Bescheid vom 28.11.2016 zugelassen und in das offizielle Register eingetragen. Desweiteren wurde für diese beiden Klone Sortenschutz beim europäischen Sortenamts CPVO (Community Plant Variety Office) beantragt. Nach europäischen Rechtsvorschriften ist ein Sortenschutz unter der Bezeichnung „FastWood“ jedoch nicht zulässig, es wurden als Sortenname daher FaWo1 und FaWo2 vorgeschlagen. Eine Entscheidung des CVPO liegt noch nicht vor.

Da 2016 noch großes Interesse an neuen Pappelklonen herrschte, wurden für diese beiden Klone umgehend Mutterquartiere zugelassen und die Klone so dem Markt zur Verfügung gestellt. Die

Bewirtschaftung der Mutterquartiere und die Vermarktung wurde vertraglich an die Forstliche Saatgutstelle Hessen (Staatliche Samendarre Wolfgang) bei Hessen-Forst übergeben.

In der Sitzung des Sachverständigenbeirats vom 14.12.2017 wurde eine Beschlussfassung über weitere Anträge auf Klonzulassungen verfasst und schließlich in der Sitzung am 16.04.2018 abschließend behandelt. Aus der Serie 603 wurde für weitere 2 Klone eine Zulassungsempfehlung beschlossen:

- NW07-0177T (Arbeitsname 'Fastwood 4')
- NW07-0204A (Arbeitsname 'Fastwood 5')

Aus der Serie 604 wurde für folgende 10 Klone eine Zulassungsempfehlung beschlossen:

- NW09-0048S
- NW09-0064A
- NW09-0065R
- NW09-0255C
- NW09-0281H
- NW09-0297C
- NW09-0309S
- NW09-0313W
- NW09-0315Z
- NW09-0364G

Aktuell wird jedoch von einer Zulassung dieser 12 Klone abgesehen, da sie faktisch nicht verfügbar wären. Denn wegen der aktuell sehr geringen Nachfrage ist weder der bisherige Kooperationspartner (Staatliche Samendarre Wolfgang) noch ein anderer potenzieller Betreiber von Mutterquartieren bereit, dieses Produktionswagnis einzugehen. Bei veränderter Marktlage können jedoch mit den Zulassungsempfehlungen des Sachverständigenbeirats diese Klone kurzfristig zugelassen und dem Markt zur Verfügung gestellt werden.

Die in FastWOOD III weiter betreuten und neu angelegten Flächen gehen zum Teil in den Versuchspool der NW-FVA über und werden ebenfalls über die Projektphase hinaus betreut. Hier sind besonders die Ergebnisse späterer Umtriebszeiten von Interesse und das Verhalten der Klone nach wiederholtem Rückschnitt bei zunehmendem Alter der Stöcke und die Auswirkung dessen auf die Vitalität.

Die im Rahmen der Züchtung und Prüfung des Vermehrungsgutes angewandten Verfahren und Methoden wurden aus den ersten Projektphasen übernommen sowie laufend evaluiert, adaptiert und verbessert. Für weitere Züchtungsarbeiten stehen diese durch ihre Dokumentation und Veröffentlichung zur Verfügung. Als Anknüpfungspunkt für weitere Forschungs- und Kreuzungsarbeiten sind die neugezüchteten Genotypen gesichert worden und werden über die Projektlaufzeit weiter erhalten. Darüber hinaus sind weitere Versuchsserien geplant, in die das Material aus den Neuzüchtungen eingehen soll, die bisher noch nicht im Feldversuch angebaut wurden.

Die gesicherten Klone können in Zukunft unter anderen Aspekten hinsichtlich geänderter Anforderungen neu evaluiert werden z. B. hinsichtlich der Trockenstress-Resilienz vor dem

Hintergrund des fortschreitenden Klimawandels. Ebenso können weitere Verwertungsmöglichkeiten geprüft werden z. B. in der stofflichen Verwertung. Erste Aspekte z. B. hinsichtlich der Qualität werden bereits im Rahmen der Midi- und Maxirotationsflächen beleuchtet. Die stoffliche Zusammensetzung und die sich daraus eventuell ergebende spezielle Verwertung der im FastWOOD TP1 gezüchteten Klone sind zwei der Schwerpunkte eines KMU, das sich während der dritten Projektphase in FastWOOD aus dem Teilprojekt ausgegründet hat. Die Ausgründung wird von der NW-FVA gemeinsam mit dem Senckenberg Biodiversität und Klimaforschungszentrum (SBik-F) unterstützt und vom Bundeswirtschaftsministerium gefördert. Weitere Unternehmensziele sind z. B. die Vermarktung hochwertiger Sorten im Bereich der Agrargehölze.

Die Möglichkeiten auf dem Sektor der genetischen Untersuchungen wurden in Bezug auf die Baumarten der Sektionen *Aigeiros* und *Tacamahaca* ausgebaut und optimiert. Mit Hilfe max. 24 Mikrosatelliten-Markern (teilweise in Multiplex-Systemen zusammengefasst) können Klone der Sektionen *Aigeiros* und *Tacamahaca* sowie Weiden mit bisher 12 Mikrosatelliten-Markern zeit- und ressourcensparend genetisch charakterisiert und damit eindeutig identifiziert werden. So wurden alle im Projektzeitraum neu gezüchteten Klone sowie deren Eltern fortlaufend genotypisiert. Die Marker stehen auch in Zukunft als Kontrollinstrument zur Verfügung und können z. B. in der Generhaltung bei der Identifizierung von autochthonen Schwarzpappel-Vorkommen verwendet werden.

Neben der Weiterführung und Neuanlage von Versuchsflächen bleibt die Abteilung Waldgenressourcen im Bereich der Anbauberatung für Kurzumtriebsplantagen tätig. Die Erkenntnisse aus FastWOOD und zahlreichen weiteren Forschungsprojekten zum Thema (Weidenzüchtung, ZUEND, ProLoc, CF) fließen in die Beratungstätigkeit mit ein.

II.3 Erkenntnisse von Dritten

Durch das Projekt FastWOOD wurden die seit Mitte des letzten Jahrhunderts eingestellten züchterischen Bemühungen zu den im Projekt bearbeiteten schnellwachsenden Baumarten der Gattungen *Salix*, *Populus* und *Robinia* wieder in die Forschungsförderung des BMBF aufgenommen. Im Verbundvorhaben „FastWOOD“ kooperierten alle deutschen Züchtungsinstitutionen, die sich mit schnellwachsenden Baumarten beschäftigen (s. I.3). Durch die intensive Zusammenarbeit und den steten Erfahrungsaustausch der beteiligten Projektpartner war der neuste Stand aller bearbeiteten Teilbereiche (Züchtung, DNA-Analysen, Resistenzuntersuchungen und weitere Begleitforschung) allen Teilprojekten zu jedem Zeitpunkt bekannt. Detaillierte Ergebnisse und der neuste Stand der anderen Züchtungsinstitutionen können aus den Abschlussberichten der einzelnen Projektpartner entnommen werden. Weitere Erkenntnisse von Dritten sind nicht bekannt.

II.4 Veröffentlichungen

Borschel, M., Fey-Wagner, C., Fehrenz, S., Janßen, A., 2015. Kreuzungszüchtung bei Schwarz- und Balsam-Pappeln., in: Liesebach, M. (Ed.), FastWOOD II: Züchtung Schnellwachsender Baumarten Für Die Produktion Nachwachsender Rohstoffe Im Kurzumtrieb – Erkenntnisse Aus

- 6 Jahren FastWOOD., Thünen Report. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, pp. 52–58.
- Fehrenz, S., Gebhardt, K., Schuppelius, T., Havel, S., 2015. Neue Weiden für den Ertragsanbau - Prüfung von neu gekreuzten und heimischen Weiden als Ergebnis der Weidenzüchtung der Jahre 2009 und 2010, in: Liesebach, M. (Ed.), FastWOOD II: Züchtung Schnellwachsender Baumarten Für Die Produktion Nachwachsender Rohstoffe Im Kurzumtrieb – Erkenntnisse Aus 6 Jahren FastWOOD, Thünen Report. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, pp. 202–206.
- Fehrenz, S., Weber, D., Stiehm, C., Kroh, J., 2017. Pappeln und Weiden für den Klimawandel - Genetische Vielfalt als Züchtungsziel - klontypische Wachstumsraten als Antwort auf spezifische Temperaturen, in: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) (Ed.), Gülzower Fachgespräche. Vortrag: 2. Kongress - Mit Pflanzenzüchtung zum Erfolg: Kongress, 3.-4. April 2017, Berlin, Berlin, p. 122.
- Fey-Wagner, C., Klippert, N., Janßen, Alwin, M., 2015a. Untersuchungen zum Resistenzverhalten der in FastWOOD gezüchteten Leistungsträger von Schwarz- und Balsampappeln gegenüber dem Pappelblattrost *Melampsora larici-populina*, in: Liesebach, M. (Ed.), FastWOOD II: Züchtung Schnellwachsender Baumarten Für Die Produktion Nachwachsender Rohstoffe Im Kurzumtrieb – Erkenntnisse Aus 6 Jahren FastWOOD, Thünen Report. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, pp. 129–139.
- Fey-Wagner, C., Klippert, N., Janßen, Alwin, M., 2015b. Untersuchungen zum Resistenzverhalten der in FastWOOD gezüchteten Leistungsträger von Schwarz- und Balsampappeln gegenüber dem Pappelblattrost *Melampsora larici-populina*, in: Liesebach, M. (Ed.), FastWOOD II: Züchtung Schnellwachsender Baumarten Für Die Produktion Nachwachsender Rohstoffe Im Kurzumtrieb – Erkenntnisse Aus 6 Jahren FastWOOD, Thünen Report. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, pp. 129–139.
- Gebhardt, K., Hoffmann, M., Fladung, M., Janßen, A., 2015a. Associations of SNPs with phenotypic variables of breeding value in poplars, in: Liesebach, M. (Ed.), FastWOOD II: Züchtung Schnellwachsender Baumarten Für Die Produktion Nachwachsender Rohstoffe Im Kurzumtrieb – Erkenntnisse Aus 6 Jahren FastWOOD, Thünen Report. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, pp. 164–167.
- Gebhardt, K., Hoffmann, M., Ziegenhagen, B., Liepelt, S., Janßen, A., 2015b. SNPs of the *Clavata1*-Gene exhibit associations with growth characters of willows (*Salix* spp.), in: Liesebach, M. (Ed.), FastWOOD II: Züchtung Schnellwachsender Baumarten Für Die Produktion Nachwachsender Rohstoffe Im Kurzumtrieb – Erkenntnisse Aus 6 Jahren FastWOOD, Thünen Report. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, pp. 168–172.
- Gebhardt, K., Ziegenhagen, B., Janßen, A., Hoffmann, M., Liepelt, S., 2015c. SNP-Variation in Kandidatengenomen bei *Salix* – Vergleich zwischen natürlichen *S. viminalis*-Populationen und einer Zuchtpopulation von *S. spp.*, in: Liesebach, M. (Ed.), FastWOOD II: Züchtung Schnellwachsender Baumarten Für Die Produktion Nachwachsender Rohstoffe Im Kurzumtrieb

- Erkenntnisse Aus 6 Jahren FastWOOD, Thünen Report. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, pp. 173–176.
- Grotehusmann, H., Janßen, A., Haikali, A., Hartmann, K.-U., Hüller, W., Karopka, M., Schildbach, M., Schirmer, R., Schuppelius, T., Töpfner, K., 2015. Pappelsortenprüfungen im Projekt FastWOOD. Forstarchiv 67–79. <https://doi.org/10.4432/0300-4112-86-67>
- Grotehusmann, H., Stiehm, C., Janßen, A., Hartmann, K.-U., List, J., Karopka, M., Moos, M., Schildbach, M., Schirmer, R., 2017. Pappelsortenprüfungen im Projekt FastWOOD – Ergebnisse nach 2. Rotation. Forstarchiv 47–54. <https://doi.org/10.4432/0300-4112-88-47>
- Hofmann, M., Janßen, A., Stiehm, C., 2016a. Neue Hochleistungssorten - Ergebnisse aus der Pappelzüchtung. Vortrag: 3. Feldtag zum Anbau, Ernte und Verwertung von Energiehölzern im Kurzumtrieb, LWZ Eichhof – Bad Hersfeld
- Hofmann, M., Stiehm, C., 2017. Höhere Erträge mit neuen Pappelsorten. Vortrag: 22. Thüringer Bioenergietag 2017 - Energieholzanbau - Aktuelle Situation mit Praxisbeispielen, Jena
- Hofmann, M., Stiehm, C., Grotehusmann, H., Janßen, A., 2016b. Genetic improvement of poplar and prospects for poplar cultivation in Germany. Vortrag: 25th Session and 48th Executive Committee Meeting of the International Poplar Commission: "Poplars and Other Fast-Growing Trees - Renewable Resources for Future Green Economies", Berlin
- Janßen, A., Fey-Wagner, C., 2015. Verbundvorhaben „FastWOOD“, in: Liesebach, M. (Ed.), FastWOOD II: Züchtung Schnellwachsender Baumarten Für Die Produktion Nachwachsender Rohstoffe Im Kurzumtrieb – Erkenntnisse Aus 6 Jahren FastWOOD, Thünen Report. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, pp. 9–14.
- Janßen, A., Grotehusmann, H., Moos, M., Schuppelius, T., Stiehm, C., 2015. Pappel-Sortenprüfung im Kurzumtriebs-Verbundobjekt FastWOOD: Ergebnisse der Versuchsserien 2010 und 2011, in: Liesebach, M. (Ed.), FastWOOD II: Züchtung Schnellwachsender Baumarten Für Die Produktion Nachwachsender Rohstoffe Im Kurzumtrieb – Erkenntnisse Aus 6 Jahren FastWOOD, Thünen Report. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, pp. 59–70.
- Lührs, R., Efremova, N., Welters, P., Teichmann, T., Fladung, M., Hennig, A., Meier-Dinkel, A., Janßen, A., 2015. Entwicklung polyploider Pappellinien von verschiedenen Arten mit Hilfe der Protoplastenfusion, in: Liesebach, M. (Ed.), FastWOOD II: Züchtung Schnellwachsender Baumarten Für Die Produktion Nachwachsender Rohstoffe Im Kurzumtrieb – Erkenntnisse Aus 6 Jahren FastWOOD, Thünen Report. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, pp. 185–191.
- Meyer, M., Solger, A., Panitz, L., Janßen, A., Krabel, D., 2015. Auswirkungen der Züchtung auf einen optimierten nachwachsenden Rohstoff Holz - Beispiel Pappelzüchtung, in: Liesebach, M. (Ed.), FastWOOD II: Züchtung Schnellwachsender Baumarten Für Die Produktion Nachwachsender Rohstoffe Im Kurzumtrieb – Erkenntnisse Aus 6 Jahren FastWOOD, Thünen Report. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, pp. 111–122.
- Staeps, F., Ziegenhagen, B., Borschel, M., Bialozyt, R., 2015. In-situ und ex-situ Untersuchungen sowie Modellierung zur Bewertung des Introgressionsrisikos in heimischen Pappel-

- Populationen, in: Liesebach, M. (Ed.), FastWOOD II: Züchtung Schnellwachsender Baumarten Für Die Produktion Nachwachsender Rohstoffe Im Kurzumtrieb – Erkenntnisse Aus 6 Jahren FastWOOD, Thünen Report. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, pp. 157–163.
- Stiehm, C., Hofmann, M., Grotehusmann, H., Nagel, J., Kurth, W., Janßen, A., 2016. Modellierung zur Standortleistungsschätzung bewährter Sorten und Ertragspotenziale neuer Züchtungen in Kurzumtriebsplantagen – Ergebnisse aus den Verbundprojekten ProLoc und FastWood, in: Forstwissenschaftliche Tagung 2016 Freiburg Im Breisgau: Abstracts. Vortrag: Forstwissenschaftliche Tagung, Freiburg im Breisgau, p. 101.
- Weber, D., Stiehm, C., Janßen, A., 2017. Neue Pappel-Sorten für die Produktion nachwachsender Rohstoffe im Kurzumtrieb., in: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) (Ed.), Gülzower Fachgespräche. Vortrag: 2. Kongress - Mit Pflanzenzüchtung zum Erfolg: Kongress, 3.-4. April 2017, Berlin, Berlin, p. 127.

Geplante Veröffentlichung (eingereicht und angenommen)

- Fey, C., Stiehm, C., Hofmann, M., Moos, M., Grotehusmann, H., Steiner, W., Janßen, A., 2018. Züchtung und Evaluierung von Schwarz- und Balsampappeln hinsichtlich Ertrag und Blattrosttoleranz in vier FastWOOD Versuchsserien. Landbauforschung - applied agricultural and forestry research.
- Stiehm, C., Fey, C., Hofmann, M., Moos, M., Grotehusmann, H., Steiner, W., Janßen, A., 2018. Analyse von Genotyp-Umwelt-Interaktionen in vier Versuchsserien des FastWOOD Züchtungsprogramms für Schwarz- und Balsampappeln. Vortrag: Forstwissenschaftliche Tagung, Göttingen

Danksagung

Die Autoren sind dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) für die finanzielle Unterstützung zu besonderem Dank verpflichtet. Dem Projektträger Fachagentur nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) möchten wir für die professionelle Projektabwicklung danken. Seit 2008 haben insgesamt 9 Institutionen an der Verwirklichung der im Verbundvorhaben FastWOOD gesteckten Ziele mitgewirkt. Nur durch die partnerschaftliche Zusammenarbeit aller Beteiligten war dies möglich. So wurden die nach oft engagierten Diskussionen vereinbarten Maßnahmen immer mit Blick auf den Erfolg des Gesamtvorhabens umgesetzt. Allen an diesem Werk beteiligten Projektpartnern gilt deshalb unser großer Dank. Das Teilprojekt 1 hätte ohne die große Arbeitsleistung aller FastWOOD-Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter an der NW-FVA nicht erfolgreich umsetzen können. Auch Ihnen und besonders den ehemaligen Angestellten sei unser großer Dank ausgesprochen. Für die Unterstützung bei der Versuchsflächenbetreuung gilt besonderer Dank den Kolleginnen und Kollegen von Sachsenforst (SBS), dem Bayrischen Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht (ASP) und der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA BW). Herrn Johannes

Sutmöller danken wir für die Interpolation und Bereitstellung der Klimadaten des DWD, und der Abteilung Umweltkontrolle der NW-FVA für Beratung zur Standortkartierung.

Literatur

- Ad-Hoc-Arbeitsgruppe Boden der Staatlichen Geologischen Dienste und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Rohstoffe, B. für G. und, Sponagel, H. (Eds.), 2005. Bodenkundliche Kartieranleitung: mit 103 Tabellen und 31 Listen, 5., verb. und erw. Aufl. ed. Schweizerbart, Stuttgart.
- Agrawal, D.C., Gebhardt, K., 1994. Rapid Micropropagation of Hybrid Willow (*Salix*) Established by Ovary Culture. *J. Plant Physiol.* 143, 763–765. [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(11\)81173-9](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(11)81173-9)
- Ali, W., 2009. Modelling of Biomass Production Potenzial of Poplar in Short Rotation Plantations on Agricultural Lands of Saxony, Germany. Technische Universität, Dresden.
- Amthauer Gallardo, D., 2014. Standortbasierte Ertragsmodellierung von Pappel- und Weidenklonen in Kurzumtriebsplantagen. Technische Universität, Dresden.
- Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung, Arbeitskreis für Standortkartierung, 2003. Forstliche Standortaufnahme: Begriffe, Definitionen, Einteilungen, Kennzeichnungen, Erläuterungen. IHW-Verl., Eching bei München.
- Berlin, S., Hallingbäck, H.R., Beyer, F., Nordh, N.-E., Weih, M., Rönnerberg-Wästljung, A.-C., 2017. Genetics of phenotypic plasticity and biomass traits in hybrid willows across contrasting environments and years. *Ann. Bot.* 120, 87–100. <https://doi.org/10.1093/aob/mcx029>
- Boelcke, B., 2006. Ertragspotenzial und Ertragsaufbau von Weiden spec. in Kurzumtriebsplantagen.
- Bohnens, J., 1992. Bedeutung nordamerikanischer Pappelarten für Züchtung und Anbau in Mitteleuropa., in: 500 Jahre Neuweltliche Kulturpflanzen in Europa (1492 – 1992)., Gesellschaft Für Pflanzenzüchtung e.V. - Vorträge Für Pflanzenzüchtung. Hohenheim, pp. 279–290.
- Bohnens, J., Friedrich, E., 1990. Züchterische Maßnahmen zur Steigerung und Sicherung der Produktion und anbautechnische Untersuchungen zur Biomasseproduktion in forstlichen Schnellwuchsplantagen: Schlußbericht, Abschlußdatum des Vorhabens: 31.12.1988 = Breeding measures to increase and secure the production and investigations on cultivation techniques for biomass production on short rotation plantations, Breeding measures to increase and secure the production and investigations on cultivation techniques for biomass production on short rotation plantations. Forschungsinst. für schnellwachsende Baumarten.
- Borschel, M., Fey-Wagner, C., Fehrenz, S., Janßen, A., 2015. Kreuzungszüchtung bei Schwarz- und Balsam-Pappeln., in: Liesebach, M. (Ed.), FastWOOD II: Züchtung Schnellwachsender Baumarten Für Die Produktion Nachwachsender Rohstoffe Im Kurzumtrieb – Erkenntnisse Aus 6 Jahren FastWOOD., Thünen Report. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, pp. 52–58.
- Dickmann, D.I., Kuzovkina, J., 2014. Poplars and Willows of the World, With Emphasis on Silviculturally Important Species, in: Isebrands, J.G., Richardson, J. (Eds.), Poplars and Willows: Trees for Society and the Environment. CABI ; FAO, Boston, MA : Rome, pp. 8–91.
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2010. Feste Biobrennstoffe - Bestimmung des Wassergehaltes - Ofentrocknung - Teil 1: Gesamtgehalt an Wasser - Referenzverfahren; Deutsche Fassung EN 14774-1:2009.
- Dowkiw, A., Bastien, C., 2007. Presence of defeated qualitative resistance genes frequently has major impact on quantitative resistance to *Melampsora larici-populina* leaf rust in *P. × interamericana* hybrid poplars. *Tree Genet. Genomes* 3, 261–274. <https://doi.org/10.1007/s11295-006-0062-0>
- Fabio, E.S., Volk, T.A., Miller, R.O., Serapiglia, M.J., Gauch, H.G., Van Rees, K.C.J., Hangs, R.D., Amichev, B.Y., Kuzovkina, Y.A., Labrecque, M., Johnson, G.A., Ewy, R.G., Kling, G.J., Smart, L.B., 2017. Genotype by environment interactions analysis of North American shrub willow yield trials confirms superior performance of triploid hybrids. *GCB Bioenergy* 9, 445–459. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12344>

- Fehrenz, S., Frühwacht-Wilms, U., Meyer, H., 2014. Neue triploide Strauchweiden für den Ertragsanbau, in: Mit Pflanzenzüchtung Zum Erfolg, Gülzower Fachgespräche. Presented at the Mit Pflanzenzüchtung zum Erfolg, Berlin, p. 209.
- Fehrenz, S., Weber, D., Stiehm, C., Kroh, J., 2017. Pappeln und Weiden für den Klimawandel - Genetische Vielfalt als Züchtungsziel - klonotypische Wachstumsraten als Antwort auf spezifische Temperaturen, in: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) (Ed.), Gülzower Fachgespräche. Presented at the 2. Kongress - Mit Pflanzenzüchtung zum Erfolg: Kongress, 3.-4. April 2017, Berlin, Berlin, p. 122.
- Fey, C., Stiehm, C., Hofmann, M., Moos, M., Grotehusmann, H., Steiner, W., Janßen, A., 2018. Züchtung und Evaluierung von Schwarz- und Balsampappeln hinsichtlich Ertrag und Blattrosttoleranz in vier FastWOOD Versuchsserien. Landbauforsch. - Appl. Agric. For. Res.
- Fey-Wagner, C., Janßen, A., Klippert, N., 2012. Untersuchungen zur Pathotypenstruktur des Pappelblattrosts *Melampsora larici-populina* auf neu angelegten Versuchsflächen mit Schwarz- und Balsampappeln und ihre Bedeutung für den Kurzumtrieb, in: Züchtung Und Ertragsleistung Schnellwachsender Baumarten Im Kurzumtrieb, Beiträge Aus Der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt. Universitätsverlag Göttingen, Hann. Münden, pp. 219–235.
- Fey-Wagner, C., Klippert, N., Janßen, Alwin, M., 2015. Untersuchungen zum Resistenzverhalten der in FastWOOD gezüchteten Leistungsträger von Schwarz- und Balsampappeln gegenüber dem Pappelblattrost *Melampsora larici-populina*, in: Liesebach, M. (Ed.), FastWOOD II: Züchtung Schnellwachsender Baumarten Für Die Produktion Nachwachsender Rohstoffe Im Kurzumtrieb – Erkenntnisse Aus 6 Jahren FastWOOD, Thünen Report. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, pp. 129–139.
- Gebhardt, K., 1996. Preservation of black poplar by means of embryo rescue., in: Bach, I. (Ed.), REPORT ON THE 20th SESSION OF THE INTERNATIONAL POPLAR COMMISSION AND OF THE 38th SESSION OF ITS EXECUTIVE COMMITTEE. Presented at the 20th Session of the International Poplar Commission and 38th Session of the Executive Committee of International Poplar Commission, Budapest, p. 909.
- Gebhardt, K., 1992. Grundlagen und Methoden der Züchtung pharmazeutisch wertvoller Weiden. Holzzucht 46, 9–15.
- Gebhardt, K., 1990. In-vitro-Kultur bei Waldbäumen: Unters. über in-vitro-Techniken zur Züchtung u. Anzucht von Waldbäumen, Schriften des Forschungsinstitutes für schnellwachsende Baumarten, Hann. Münden. Forschungsinst. f. Schnellwachsende Baumarten, Hann. Münden.
- Gebhardt, K., 1989. Application of tissue culture in masspropagation and improvement of poplars, in: International Union of Forestry Research Organizations (Ed.), Recent Developments in Poplar Selection and Propagation Techniques: Proceedings ; Meeting of the IUFRO Working Party S 2.02.10, Held at Hann. Münden, Fed. Rep. of Germany, October 2 - 6, 1989. Presented at the IUFRO Working Party "Poplar Provenances and Breeding," Hann. Münden, pp. 125–134.
- Gebhardt, K., Albrecht, J., Janssen, A., Weisgerber, H., 1989. Fast growing aspen in vitro: masspropagation and selection for resistance to bacterial canker, in: Vortraege Fuer Pflanzenzuechtung (Germany), Vortraege Fuer Pflanzenzuechtung. Presented at the XII. EUCARPIA Congress, Göttingen.
- Gebhardt, K., Pohl, A., Vornam, B., 2001. Genetic inventory of Black Poplar populations in the Upper Rhine floodplains: conclusions for conservation of an endangered plant species, in: Proceed. of the Int. Symposium: „Genetic Diversity in River Populations of European Black Poplar“. Presented at the Genetic diversity in river populations of European Black Poplar, Nyomda, Szekesard.
- Grotehusmann, H., Janßen, A., Haikali, A., Hartmann, K.-U., Hüller, W., Karopka, M., Schildbach, M., Schirmer, R., Schuppeli, T., Töpfner, K., 2015. Pappelsortenprüfungen im Projekt FastWOOD. Forstarchiv 67–79. <https://doi.org/10.4432/0300-4112-86-67>
- Grotehusmann, H., Stiehm, C., Janßen, A., Hartmann, K.-U., List, J., Karopka, M., Moos, M., Schildbach, M., Schirmer, R., 2017. Pappelsortenprüfungen im Projekt FastWOOD – Ergebnisse nach 2. Rotation. Forstarchiv 47–54. <https://doi.org/10.4432/0300-4112-88-47>
- Gutachterausschuss Forstliche Analytik, 2005. Handbuch Forstliche Analytik. BMELV Bonn.
- Hörandl, E., Florineth, F., Hadacek, F., 2002. Weiden in Österreich und angrenzenden Gebieten. Eigenverl. des Arbeitsbereiches Ingenieurbiologie und Landschaftsbau, Wien.
- Janßen, A., 1997. Unterscheidung der beiden Schwarzpappelarten *Populus nigra* L. und *P. deltoides* Marsh. sowie ihrer Arthybride *P. x euamericana* (Dode) Guinier mit Hilfe von Isoenzymmustern. Holzzucht 51, 17–23.

- Janßen, A., 1991. Entwicklung von Frühtestmethoden in der In-vitro-Phase zur Resistenzprüfung von Pappelklonen gegenüber dem Erreger des Pappelkrebses, *Xanthomonas populi* subsp. *populi* (Ridé) Ridé und Ridé, Schriften des Forschungsinstitutes für schnellwachsende Baumarten Hann. Münden. Forschungsinstitut für schnellwachsende Baumarten, Hannoversch Münden.
- Janßen, A., Grotehusmann, H., Moos, M., Schuppelius, T., Stiehm, C., 2015. Pappel-Sortenprüfung im Kurzumtriebs-Verbundobjekt FastWOOD: Ergebnisse der Versuchsserien 2010 und 2011, in: Liesebach, M. (Ed.), FastWOOD II: Züchtung Schnellwachsender Baumarten Für Die Produktion Nachwachsender Rohstoffe Im Kurzumtrieb – Erkenntnisse Aus 6 Jahren FastWOOD, Thünen Report. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, pp. 59–70.
- Janßen, A., Stiehm, C., Hofmann, M., Schmidt, C., 2017. Erfassung von Klon-Standort-Wechselwirkungen bei Pappel und Weide auf landwirtschaftlichen Standorten in kurzen Umtriebszeiten - ProLoc (Ertrags - Programm - Locus) - Projektphase II : Schlussbericht zum Vorhaben : Laufzeit: 04.05.2012 bis 31.12.2015. Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt - Abteilung Waldgenressourcen. <https://doi.org/10.2314/GBV:885342259>
- Kechel, H.-G., 1984. Untersuchungen über die Resistenz von Pappeln gegenüber dem Erreger des Pappelkrebses, *Xanthomonas populi* subsp. *populi* <Ridé> Ridé und Ridé, Schriften des Forschungsinstitutes für Schnellwachsende Baumarten, Hann. Münden. Forschunginst. f. schnellwachsende Baumarten, Hann. Münden.
- Kechel, H.G., Böden, E., 1985. Resistenzprüfung an Pappeln aus Gewebekultur. Eur. J. For. Pathol. 15, 45–51. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.1985.tb01041.x>
- Kröber, M., Heinrich, J., Wagner, P., 2014. Wasserversorgung wichtiger als Bodengüte - Ökonomische Bewertung von Pappel-Kurzumtriebsplantagen in Sachsen zeigt auf einigen Standorten wirtschaftliche Vorteile. Holz-Zentralblatt 941–942.
- Lautenschlager, E., 1989. Die Weiden der Schweiz und angrenzender Gebiete: Bestimmungsschlüssel und Artbeschreibungen für die Gattung *Salix* L. Birkhäuser, Basel.
- Metzler, B., 2006. Rindenbrand der Pappel *Cryptodiaporthe populea* (Sacc.) Butin (Syn. *Dothichiza populea* Sacc. & Briard) (No. 1/2006), Waldschutz-Info. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg im Breisgau.
- Mock, K.E., Callahan, C.M., Islam-Faridi, M.N., Shaw, J.D., Rai, H.S., Sanderson, S.C., Rowe, C.A., Ryel, R.J., Madritch, M.D., Gardner, R.S., Wolf, P.G., 2012. Widespread Triploidy in Western North American Aspen (*Populus tremuloides*). PLoS ONE 7, e48406. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0048406>
- Niedersächsisches Forstplanungsamt (Ed.), 2007. Forstliche Standortsaufnahme / Geländeökologischer Schätzrahmen Bergland.
- Niedersächsisches Forstplanungsamt, Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt u. ländliche Räume Schleswig-Holstein (Eds.), 2009a. Forstliche Standortsaufnahme / Variantenschema.
- Niedersächsisches Forstplanungsamt, Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt u. ländliche Räume Schleswig-Holstein (Eds.), 2009b. Forstliche Standortsaufnahme / Geländeökologischer Schätzrahmen Tiefland.
- Ostry, M., Ramstedt, M., Newcombe, G., Steenackers, M., 2014. Diseases of Poplars and Willows, in: Isebrands, J.G., Richardson, J. (Eds.), Poplars and Willows: Trees for Society and the Environment. CABI ; FAO, Boston, MA : Rome, pp. 443–458.
- Pinon, J., Frey, P., 2005. Interactions between poplar clones and *Melampsora* populations and their implications for breeding for durable resistance, in: Pei, M.H., McCracken, A.R. (Eds.), Rust Diseases of Willow and Poplar. CABI, Wallingford, Oxfordshire, UK ; Cambridge, MA, USA, pp. 139–154.
- Pintos, B., Manzanera, J.A., Bueno, M.A., 2007. Protocol for Doubled-Haploid Micropropagation in *Quercus suber* L. and Assisted Verification, in: Mohan Jain, S., Häggman, H. (Eds.), Protocols for Micropropagation of Woody Trees and Fruits. Springer, Dordrecht, pp. 163–178.
- Rau, H.M., Schulzke, R., Albrecht, J., 1988. Steigerung und Sicherung der Holzproduktion durch Auswahl, Prüfung und züchterische Verbesserung geeigneten Ausgangsmaterials bei schnellwachsenden Baumarten, Schriften des Forschungsinstitutes für schnellwachsende Baumarten ; 5. Forschunginst. f. schnellwachsende Baumarten, Hannoversch Münden.
- Röhle, H., 2009. Arbeitskreis Biomasse: Verfahrensempfehlungen zur Methodik der Biomasseermittlung in Kurzumtriebsbeständen. DVFFA—Sektion Ertragskunde Jahrestag. 220–226.
- Royer, D.L., Wilf, P., 2006. Why Do Toothed Leaves Correlate with Cold Climates? Gas Exchange at Leaf Margins Provides New Insights into a Classic Paleotemperature Proxy. Int. J. Plant Sci. 167, 11–18. <https://doi.org/10.1086/497995>

- Schönhar, S., 1953. Untersuchungen über die Biologie von *Dothichiza populea* (Erreger des Pappelrindentodes). *Forstwiss. Cent.* 72, 358–368. <https://doi.org/10.1007/BF01829503>
- Schulla, Jörg, 2017. Model Description WaSiM (Water balance Simulation Model).
- Schulze, A., Evers, J., 2013. Konzeption und Realisierung einer übergreifenden Datenorganisation für die Bodenzustandserhebung. *AFZ-DerWald* 2013, 21–24.
- Schwarze, H., Röhricht, C., 2006. Untersuchung zum Pappel- und Weidenanbau im Kurzumtrieb auf landwirtschaftlichen Flächen.
- Serapiglia, M.J., Gouker, F.E., Smart, L.B., 2014. Early selection of novel triploid hybrids of shrub willow with improved biomass yield relative to diploids. *BMC Plant Biol.* 14, 74. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-14-74>
- Storme, V., Vanden Broeck, A., Ivens, B., Halfmaerten, D., Van Slycken, J., Castiglione, S., Grassi, F., Fossati, T., Cottrell, J.E., Tabbener, H.E., Lefèvre, F., Saintagne, C., Fluch, S., Krystufek, V., Burg, K., Bordács, S., Borovics, A., Gebhardt, K., Vornam, B., Pohl, A., Alba, N., Agúndez, D., Maestro, C., Notivol, E., Bovenschen, J., van Dam, B.C., van der Schoot, J., Vosman, B., Boerjan, W., Smulders, M.J.M., 2004. Ex-situ conservation of Black poplar in Europe: genetic diversity in nine gene bank collections and their value for nature development. *Theor. Appl. Genet.* 108, 969–981. <https://doi.org/10.1007/s00122-003-1523-6>
- Weger, J., Havlíčková, K., 2009. The evaluation of selected willow and poplar clones for short rotation coppice (SRC) after three harvests.
- Weger, J., Vlasák, P., Zánová, I., Havlíčková, K., 2005. The results of the evaluation of selected willow and poplar clones for short rotation coppice (SRC) in second harvesting period in conditions of the Czech Republic, in: 14th European Conference and Exhibition Biomass for Energy, Industry and Climate Protection. Paris, pp. 465–468.
- Weisgerber, H., 2000. Monoklonkulturen und Formenvielfalt bei Pappeln – Über das Phänomen der Tolerierung vermeidbarer Anbaursiken. *Holzzucht* 53, 1–4.
- Weisgerber, H., 1989. Biomass production with fast growing tree species in short rotation periods: present state and perceptions on the future in the Federal Republic of Germany, in: Mitchell, C.P. (Ed.), *Multipurpose Tree Production Systems: Joint IUFRO P1.09-99 and International Poplar Commission, FAO, Ad-Hoc Committee on Biomass Production Systems Workshop, Beijing, China, Sept 5 - 7, 1988, Rapport / Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen För Ekologi Och Miljövård, Avdelningen För Skoglig Intensivodling. Uppsala*, pp. 54–70.
- Weisgerber, H., 1983. Wuchsverhalten und Anbaumöglichkeiten einiger neu zum Handel zugelassener Balsampappeln und Aspen. *Holzzucht* 37, 2–10.
- Weisgerber, H., Han, Y., 2001. Diversity and breeding potenzial of poplar species in China. *For. Chron.* 77, 227–237. <https://doi.org/10.5558/tfc77227-2>
- Wellbrock, N., 2006. Arbeitsanleitung für die zweite bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald:(BZE II);[Arbeitsanleitung für die Außenaufnahmen]. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.
- Zhenfu, F., Shidong, Z., Skvortsov, A.K., 1999. Saliceae, in: Zhengyi, W., Raven, P.H. (Eds.), *Flora of China*. Missouri Botanical Garden Press, St. Louis, USA, pp. 139–274.
- Zhou, H., Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (Eds.), 1997. Beiträge zur Wiederbewaldung der Lößhochebene in Nordchina: Ergebnisse nach zwölf Jahren chinesisch-deutscher Zusammenarbeit in Jinshata, Provinz Shanxi. *GTZ [u.a.]*, Eschborn.