

# **Untersuchungen zur Pathotypenstruktur des Pappelblattrosts *Melampsora larici-populina* auf neu angelegten Versuchsflächen mit Schwarz- und Balsampappeln und ihre Bedeutung für den Kurzumtrieb**

Studies of pathotype structures of poplar leaf rust *Melampsora larici-populina* on black poplar and balsam poplar in new plots: relevance for short rotation coppice

*Christina Fey-Wagner, Natalia Klippert und Alwin Janßen*

## **Zusammenfassung**

Der Anbau schnellwachsender Pappeln und Weiden ist energetisch, ökologisch und ökonomisch sehr vorteilhaft. Kurzumtriebsplantagen (KUP) werden als eine der aussichtsreichsten Methoden zur Erzeugung von stofflich und energetisch nutzbarer Biomasse eingestuft. Ihre Bedeutung wird in Zukunft in hohem Maße ansteigen.

Im Zuge dieses verstärkten, großflächigen Anbaus dieser schnellwachsenden Gehölze stellt die schmale genetische Basis des zurzeit zur Verfügung stehenden Vermehrungsgutes ein erhebliches Risiko für die Betriebssicherheit der Kurzumtriebsplantagen dar.

Aufgrund genetisch bedingter Krankheitsanfälligkeiten und mangelnder Anpassungsfähigkeit des bisher auf Kurzumtriebsplantagen verwendeten Materials gewannen Blattrost als Pflanzenpathogene in den letzten Jahrzehnten zunehmend an Bedeutung.

Ziel des FastWOOD-Teilprojektes der NW-FVA ist es daher, für die Biomasseproduktion im Kurzumtrieb geeignete Schwarz- und Balsampappelarten nicht nur im Hinblick auf gesteigerte Massenleistung, sondern auch auf verstärkte Toleranzeigenschaften gegenüber Pflanzenpathogenen wie dem Pappelblattrost, vornehmlich verursacht durch die Pilzart *Melampsora larici-populina*, zu züchten. Im Zuge dessen wird einerseits bei der Auswahl der Kreuzungseltern deren Blattrosttoleranz berücksichtigt, andererseits wird ab dem Sämlingsalter der Befall mit Pappelblattrost erfasst und die Selektion der neuen Kreuzungsnachkommen auf ihre Toleranzeigenschaften ausgerichtet.

Gesicherte Erkenntnisse über die Eignung neu gezüchteter Klone ergeben sich jedoch erst, wenn im weiteren Verlauf der Prüfung die selektierten Klone unterschiedlichen Standorteigenschaften und Klimabedingungen auf Versuchsflächen verteilt über ganz Deutschland gepflanzt und somit verschiedenen Pathotypen des Pappelblattrostes *Melampsora larici-populina* ausgesetzt wurden.

Unsere Untersuchungen, die auf Blattrostproben von allen in FastWOOD angelegten Schwarz- und Balsampappel-Versuchsflächen basieren, lassen erste Erkenntnisse über die Diversität der *Melampsora larici-populina*-Pathotypen innerhalb Deutschlands zu und geben einen vorläufigen Überblick über die räumliche Verteilung der gefundenen Pathotypen und Rassen.

**Stichworte:** Pappel, KUP, Pappelblattrost, *Melampsora larici-populina*

## Abstract

The cultivation of fast-growing poplars and willows is ecologically and environmentally advantageous for wood energy production. Short rotation coppice plantations (SRC) are seen as one of the potentially most successful methods for the production of utilizable biomass for wood and energy, whereby their importance will increase in future. Through the intensified large-scale cultivation of poplar in short rotation coppice plantations, the narrow genetic base of the reproductive material available to date represents enormous economic risks in short rotation coppice plantation management.

Therefore the aim of the FastWOOD sub-project of the Northwest German Forest Research Institute (NW-FVA) is to breed black poplar and balsam poplar suitable for biomass production in short rotations, optimized not only for highest volume production, but also for higher tolerance to plant pathogens such as the poplar leaf rust, in particular the species *Melampsora larici-populina*. On the one hand, leaf rust resistance has already been considered in the selection of parents. On the other hand already from seedling stage, the susceptibility to poplar leaf rust is

assessed and new breeding progeny is selected based on their tolerance characteristics.

Reliable knowledge about the suitability of the newly bred clones is attained, however, only when, at some stage during the trials, the clones selected are subjected to a broad range of site and climate conditions on study sites distributed throughout Germany and hence to the different pathotypes of the poplar leaf rust *Melampsora larici-populina*. For this reason the resistance characteristics in the field of all clones on study sites investigated in the joint project FastWOOD are assessed annually, commencing the year after planting. Additional *in vitro* investigations of the leaf rust found on all infested poplar clones were carried out to identify all leaf rust pathotypes and races found in Germany. These investigations have provided preliminary findings on the diversity of the *Melampsora larici-populina* pathotypes within Germany, and provide an overview of the spatial distribution of pathotypes occurring.

**Keywords:** poplar, SRC, poplar leaf rust, *Melampsora larici-populina*

## 1 Einleitung

Gegenüber landwirtschaftlich erzeugten, nachwachsenden Rohstoffen wie Mais, Getreide oder Raps hat die Verwendung von Pappeln in KUP in verschiedenen Bereichen große Vorteile. So zeigen die Pappeln bereits in den ersten Standjahren einen hohen Massenzuwachs. Weiterhin sind die die CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten von mit Pappeln bestandenen Kurzumtriebsplantagen sehr niedrig bei gleichzeitig hoher CO<sub>2</sub>-Vermeidungsleistung (ANONYMUS 2007). Diese forstlich erzeugten nachwachsenden Rohstoffe weisen zusätzlich eine deutlich bessere Energieumwandlungsrate als die landwirtschaftlich erzeugten, nachwachsenden Rohstoffe auf und nicht zuletzt ist die naturschutzfachliche Bewertung dieser Flächen besser als die vieler anderer landwirtschaftlicher Nutzungsformen (JANBEN et al., in diesem Band S. 1 ff.).

Momentan werden überwiegend lediglich 6 Klone ('Max 1', 'Max 3', 'Max 4', 'Hybride 275', 'Muhle Larsen' und 'Androscoggin') auf Kurzumtriebsflächen angepflanzt (JANBEN et al., in diesem Band S. 33 ff.). Durch die eingeschränkte genetische Basis und die mangelnden Toleranzeigenschaften dieser wenigen kommerziell erhältlichen Pappelklone ist das Risiko stark angestiegen, dass Pflanzenpathogene an Bedeutung gewinnen und die Betriebssicherheit der KUP gefährdet wird.

Das Teilprojekt 1 (NW-FVA) konzentriert sich bei den Resistenzuntersuchungen unter anderem auf den Erreger des Pappelblattrosts, den Pilz *Melampsora larici-populina*. Durch die hohe Adaptionfähigkeit dieses Rostpilzes können sich innerhalb weniger Jahre *Melampsora*-Rassen auf den Kurzumtriebsflächen etablieren, die

eine spezifische Virulenz für die vorwiegend angepflanzten Genotypen besitzen (M. STEENACKERS, INBO, mdl. Mitteilung).

Der Pilz kann extreme Schädigungen der Blattoberfläche verursachen, wodurch es zu starken Zuwachsverlusten, zu verfrühtem Blattverlust und infolgedessen zur Schwächung der Pappeln kommt. Diese Beeinträchtigungen führen zu einer Erhöhung der Krankheitsdisposition gegenüber Sekundärschädlingen und Folgeerkrankungen wie dem Rindenbrand, der Blattfleckenkrankheit oder dem Pappelkrebs und erhöhen damit die Wahrscheinlichkeit, dass die betroffenen Pflanzen absterben.

Aufgrund des immer größer werdenden Gefahrenpotenzials durch den Pappelblattrost für die Zuwachsleistung der Klone und die Betriebssicherheit der Kurzumtriebsplantagen werden alle in FastWOOD gezüchteten Schwarz- und Balsampappeln auf ihre Toleranzeigenschaften gegenüber diesem wichtigen Pflanzenpathogen getestet.

Um die von uns gezüchteten Genotypen möglichst universell über das Bundesgebiet anbauen zu können, ist es daher wichtig, die in Deutschland vorkommenden Pathotypen des Pappelblattrostes *Melampsora larici-populina* und ihr Vorkommen im Bundesgebiet möglichst genau zu charakterisieren, um mit den neuen Sorten auch detailliertere Anbauempfehlungen an die Praxis geben zu können.

Die Arbeit des Teilprojektes 1 fokussiert somit auf die Identifizierung der in Deutschland vorhandenen Blattrost-Pathotypen, auf die Aufschlüsselung ihrer räumlichen Pathogenstruktur und auf gerichtete Züchtungsbemühungen hin zur größtmöglichen Toleranz der neuen Pappelklone gegenüber *Melampsora larici-populina*.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Standorte und Versuchsflächenaufbau

Die Untersuchungen zum Blattrosttoleranzverhalten wurden an Schwarz- und Balsampappelklonen, die auf sechs Versuchsflächen über ganz Deutschland verteilt im Jahr 2010 angelegt wurden, durchgeführt.

Die Lage der Versuchsflächen sowie weitere Informationen zu den einzelnen Standorten können dem Beitrag von JANßEN et. al. (in diesem Band S. 33 ff.) entnommen werden.

### 2.2 Pflanzenmaterial

Für die Untersuchungen des Blattrosttoleranzverhaltens wurden insgesamt 40 Pappelklone der Sektionen *Aigeiros* und *Tacamahaca* verwendet. Die gezielten Kreuz-

zungen basieren vor allem auf den Arten *Populus nigra*, *P. deltoides*, *P. trichocarpa* und *P. maximowiczii*. Das Untersuchungsmaterial enthält 23 Neusorten aus intra- sowie intersektionellen Kreuzungen, einen neuen *P. maximowiczii*- sowie zwei neue *P. trichocarpa*-Klone.

Weiterhin wurden drei, in 2010 neu zugelassene Klone ('Matrix 11', 'Matrix 24' und 'Matrix 49') und elf Standard-Klone in die Untersuchungen mit einbezogen. Im Set der Standard-Klone enthalten sind die auf den Proloc-Flächen angepflanzten drei Pappelklone 'AF2', 'Max 1' und 'Hybride 275', um eine bestmögliche Verzahnung mit dem Verbundvorhaben Proloc zu gewährleisten. Informationen zu den untersuchten Klonen können Tabelle 1 entnommen werden.

Tabelle 1: Aufstellung des zur Untersuchung des Blattrostresistenzverhaltens verwendeten Klonmaterials auf den 2010 angelegten Versuchsflächen

Sektion	Kreuzung	Anzahl Prüfglieder	Klon-Name
<i>Aigeiros</i>	<i>P. deltoides</i> × <i>P. nigra</i>	1	'Robusta'
<i>Aigeiros</i>	<i>P. deltoides</i> × <i>P. nigra</i>	1	'AF 2'
<i>Tacamahaca</i>	( <i>P. maximowiczii</i> × <i>P. berlinensis</i> ) × <i>P. trichocarpa</i>	1	
<i>Tacamahaca</i>	( <i>P. trichocarpa</i> × <i>P. koreana</i> ) × <i>P. maximowiczii</i>	2	
<i>Tacamahaca</i>	<i>P. maximowiczii</i>	1	
<i>Tacamahaca</i>	<i>P. maximowiczii</i> (freie Abblüte)	1	
<i>Tacamahaca</i>	<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. koreana</i>	1	
<i>Tacamahaca</i>	<i>P. trichocarpa</i>	11	'Trichobel', 'Muhle Larsen', 'Weser 4', 'Weser 6'
<i>Tacamahaca</i>	<i>P. maximowiczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>	12	'Androscoggin', 'Hybride 275', 'Matrix 11', 'Matrix 24', 'Matrix 49'
Intersektionell	<i>P. × generosa</i> (freie Abblüte)	1	
Intersektionell	<i>P. nigra</i> × <i>P. laurifolia</i>	1	
Intersektionell	<i>P. nigra</i> × <i>P. maximowiczii</i>	3	'Rochester', 'Max 1', 'Max 3'
Intersektionell	( <i>P. nigra</i> × <i>P. maximowiczii</i> ) × <i>P. maximowiczii</i>	1	
Intersektionell	<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. deltoides</i>	3	

Die In-vitro-Untersuchung der auf den Versuchsflächen vorkommenden Virulenzen und Pathotypen des Blattrosterregers *Melampsora larici-populina* wurde mit in 2010 gesammeltem Uredosporenmateriale durchgeführt. Beprobte wurden alle auf den Versuchsflächen befindlichen Pappelklone der von Teilprojekt 1 bearbeiteten Arten und Hybriden.

Aufgrund ungünstiger Lagerungsbedingungen des Blattrostsporenmateriels konnten jedoch nur die Proben der in Tabelle 2 aufgeführten Klone reaktiviert und durch den In-Vitro-Test bestimmt werden.

Tabelle 2: Liste des für den In-vitro-Test zur Untersuchung der auf den Versuchsflächen vorkommenden Pathotypen und Rassen des Blattrosterregers *Melampsora larici-populina* zur Verfügung stehenden Klonmaterials

Sektion	Kreuzung	Anzahl Prüfglieder für IV-Test	Klon-Name
<i>Aigeiros</i>	<i>P. deltooides</i> × <i>P. nigra</i>	1	'Robusta'
<i>Aigeiros</i>	<i>P. deltooides</i> × <i>P. nigra</i>	1	'AF 2'
<i>Tacamabaca</i>	<i>P. trichocarpa</i>	4	'Weser 6'
<i>Tacamabaca</i>	<i>P. maximoviczii</i> × <i>P. trichocarpa</i>	1	'Androcoggin'
Intersektionell	<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. deltooides</i>	2	

Die In-vitro-Untersuchungen zu den vorkommenden Blattrostvirulenz- und Blattrostpathotypen wurden mit Hilfe elf verschiedener Pappelstandardklone durchgeführt. Das dazu benötigte Pflanzenmaterial wurde der NW-FVA in Form von Steckhölzern vom Instituut voor natuur- en bosonderzoek (Institut für Natur und Forst, INBO) in Geraardsbergen, Belgien, überlassen und ist der Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 3: Übersicht der für den In-vitro-Test verwendeten Standardklone. Sortiert nach Art bzw. Kreuzung

Sektion	Kreuzung	Klon-Name
<i>Aigeiros</i>	<i>P. deltooides</i>	'87 B 12'
<i>Aigeiros</i>	<i>P. deltooides</i> × <i>P. nigra</i>	'A4A'
<i>Aigeiros</i>	<i>P. deltooides</i> × <i>P. nigra</i>	'Brabantica'
<i>Aigeiros</i>	<i>P. deltooides</i> × <i>P. nigra</i>	'Ogy'
<i>Aigeiros</i>	<i>P. deltooides</i> × <i>P. nigra</i>	'Robusta B'
<i>Aigeiros</i>	<i>P. deltooides</i> × <i>P. nigra</i>	'Robusta F'
Intersektionell	<i>P. deltooides</i> × <i>P. trichocarpa</i>	'Beaupré'
Intersektionell	<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. deltooides</i>	'Hazendans'
Intersektionell	<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. deltooides</i>	'Hoogvorst'
Intersektionell	<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. deltooides</i>	'Rap'
Intersektionell	<i>P. trichocarpa</i> × <i>P. deltooides</i>	'Unal'
Intersektionell	<i>P. trichocarpa</i> × ( <i>P. trichocarpa</i> × <i>P. deltooides</i> )	'Grimminge'

### 2.3 Aufnahme der Feldtoleranzeigenschaften

Alle auf den sechs 2010 angelegten Versuchsflächen befindlichen Klone wurden aufgrund des Entwicklungszyklus des Pilzes (s. Abb. 1) jährlich Ende August/ Anfang September auf ihren Blattrostbefall hin bonitiert.

Der Lebenszyklus des Pappelblattrosts beinhaltet fünf verschiedene Sporentypen auf zwei Wirten: die Lärche als Zwischen- oder Haplontenwirt, auf der die sexuelle Vermehrung stattfindet, und die Pappeln als Haupt- oder Diplontenwirt, auf der die asexuelle Vermehrung abläuft. Widerstandsfähige Teleutosporen überwintern am Boden in der abgefallenen Laubstreu der Pappeln. Im Frühjahr findet in ihnen die Reduktionsteilung statt und haploide Basidiosporen infizieren die frischen Nadeln von Lärchen. In den Lärchennadeln entwickeln sich Pykno- und Aecidiosporenlager, erstere sind schon Anfang bis Mitte Mai (s. Abb. 1, Bild links oben) zu finden. Die Aecidiosporen werden durch Wind übertragen und infizieren die Pappeln. Der Wirtswechsel ist für den Pilz obligatorisch. Der Pilz dringt in die Pappelblätter ein und es werden den gesamten Sommer über Uredosporen an der Blattunterseite (s. Abb. 1, Bild rechts unten) gebildet, die zyklisch immer weitere Pappeln in der Umgebung durch anemochore Verbreitung infizieren. Der Lebenszyklus des Blattrostpilzes schließt sich, indem gegen Ende der Vegetationsperiode an der Blattoberseite die Überwinterungsorgane (Teleutosporen) gebildet werden.

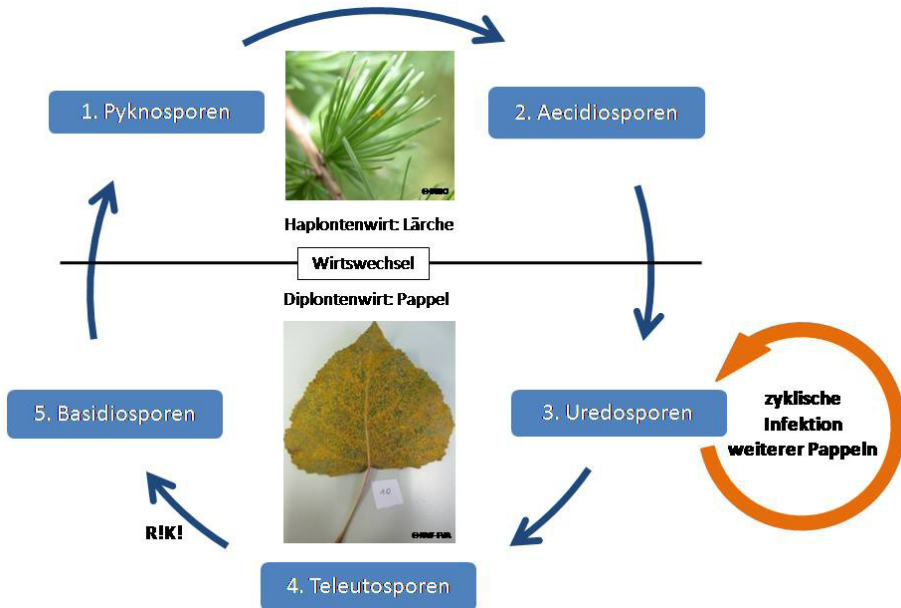


Abbildung 1: Entwicklungszyklus der Rostpilze. K! = Kernteilung, R! = Reduktionsteilung (Meiose)

Für die Erfassung des Pappelblattrostbefalls wurde ein vom INBO in Belgien und der INRA (Institut National de la Recherche Agronomique, Frankreich), entwickeltes Schema (s. Tab. 4 und 5) angewendet.

Tabelle 4: INBO Baum-Bonitursystem für Pappelblattrost (*Melampsora larici-populina*)

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

Tabelle 5: INBO Blatt-Bonitursystem für Pappelblattrost (*Melampsora larici-populina*)

Boniturnote	Bewertung
1	keine Uredinien
2	bis zu 10 Uredinien
3	mehr als 10 Uredinien, über die gesamte Blattspreite verstreut, nicht gruppiert
4	Gruppen von Uredinien, die weniger als 10 % der Blattfläche bedecken
5	10 bis 25 % der Blattfläche von Uredinien bedeckt
6	25 bis 50 % der Blattfläche von Uredinien bedeckt
7	50 bis 75 % der Blattfläche von Uredinien bedeckt
8	mehr als 75 % der Blattfläche von Uredinien bedeckt



Bereits ab dem Anlagejahr 2010 wurden alle Prüfglieder auf den Versuchsflächen jährlich auf ihren Blattrostbefall hin überprüft. Die Charakterisierung des Befallsgrades erfolgt über eine Baum- und eine Blattbonitur. Bei der Baumbonitur wird die Stärke des Blattrostbefalls anhand des Schadbildes der gesamten Pflanze eingeschätzt (s. Tab. 4). Für die Blattbonitur wird von mindestens zwei Individuen aus der Kernparzelle das jeweils am stärksten befallene Blatt verwendet (s. Tab. 5).

Die Befallsstärke wurde parzellenweise über alle sechs Wiederholungen erfasst, sodass für jeden Klon ein durchschnittlicher Befallsgrad je Fläche errechnet werden konnte. So wurden auf den Versuchsflächen rund 1.350 Parzellen und insgesamt über 4.000 Einzelblätter bonitiert. Die bewerteten Blätter wurden während der Bonituren eingesammelt.

## 2.4 In-vitro-Untersuchungen der Pathotypen und Rassen des Pappelblattrostes

Von den über 2.500 eingesammelten Blattrostproben wurde im Labor der In-vitro-Test auf Pathotyp und Rasse durchgeführt. Die Blattrostproben wurden von dem gesammelten Blattmaterial abgeschabt. Die Sporen wurden nach Herkunft und Pappelklon getrennt in Cryoröhrchen gesammelt und für 3 bis 6 Tage bei 4 bis 8 °C über Silikagel getrocknet. Das so vorbereitete Sporenmateriale konnte dann in der Dampfphase über flüssigem Stickstoff gelagert werden. Für die In-vitro-Untersuchungen wurde das Material langsam bei Zimmertemperatur aufgetaut.

Da sich die Untersuchungen des Teilprojekts 1 an der NW-FVA auf den in Deutschland vorherrschenden Erreger des Pappelblattrostes *Melampsora larici-populina* konzentrieren, wurde zunächst mit Hilfe mikroskopischer Untersuchungen diese Art von *Melampsora allii-populina* differenziert (s. Abb. 2a und 2b). Dies geschah anhand mehrerer morphologischer Unterscheidungsmerkmale der mit Lactophenolblau angefärbten Uredosporen und Paraphysenzellen. Durch Aufbringung der Sporen auf ein glucosehaltiges Medium wurde zusätzlich die Keimrate bestimmt (s. Abb. 2c).



Abbildung 2: Mikroskopische Aufnahmen der Uredosporen (2a) und Paraphysenzellen (2b). Keimtest auf glucosehaltigem Medium (2c)

Aus Blättern des Pappelklons 'Robusta' wurden runde Blattscheiben von 3,2 cm Durchmesser, sogenannte Blattdisci, ausgestanzt. Auf diese wurden die Blattrostsporen zur Reaktivierung aufgebracht. Durch Inkubation bei 20 °C im Tag-/Nacht-Lichtzyklus in einer eigens für diesen In-vitro-Test ausgestatteten Klimakammer wurde dieses Blattrostmaterial zur Bildung neuer Uredosporen angeregt. Sporen aus sechs einzelnen Uredinien je Pappelklon und Fläche wurden auf Blattdisci ('Robusta') vereinzelt und vermehrt, bis ausreichend Sporenmateriale für den weiterführenden Test zur Verfügung stand (s. Abb. 3).



Abbildung 3: Vermehrung von Sporenmateriale aus sechs einzelnen Uredinien

Für die Virulenz- und Rasseuntersuchungen wurden elf verschiedene Pappel-Standardklone schon im zeitigen Frühjahr im Gewächshaus in einer sporengeschützten Kabine angezogen (s. Abb. 4a). Jeder dieser vom INBO (Belgien) und der INRA (Frankreich) festgelegten Referenzklone weist eine typische Sensitivität gegenüber verschiedenen Blattrost-Virulenzen auf (s. Tab. 6). Die Kombination der erhaltenen Toleranzreaktionen der einzelnen Standardklone auf die Virulenzen des jeweiligen Blattrostgenotyps gibt Auskunft über den vorliegenden Pathotyp. Die jeweils höchste gefundene Virulenz bestimmt zudem die aus Tabelle 6 ersichtlichen Rassen des Blattrosts. Die Standardklone wurden in der aus Tabelle 6 angegebenen Reihenfolge auf den Testset-Multiwellplatten angeordnet. Daher kann aus den Sensitivitätsreaktionen der elf Standardklone (s. Tab. 6) der Pathotyp und die Rasse ermittelt werden.

Jedes Set, bestehend aus Blattdisci (je 3,46 cm<sup>2</sup>) der elf Standardklone, wurde mit Blattrostsporen, die aus einer Uredinie je Probe vermehrt wurden, inokuliert. Das Material wurde 10 bis 20 Tage in einer Klimakammer bei 20 °C im Tag-/Nacht-Lichtzyklus inkubiert (s. Abb. 4b).

Dieser Test wurde mit Sporen aus sechs unterschiedlichen Uredinien je Klon und Fläche reproduziert. Bei jedem Test wurde 'Robusta' zweifach als Standard

mitgeführt, um den Erfolg der Inokulation zu verifizieren. Die Reaktion des Standardklons 'Robusta' in Bezug auf Sensitivität, Inkubations- und Sporulationszeit sowie die Größe der Uredinien und ihre Farbe wurden als Bezugsgröße für die Toleranzreaktionen aller Standardklone verwendet.

Die Inkubations- und Sporulationszeit im Vergleich zu 'Robusta' weisen beispielsweise auf das Aggressivitätspotenzial des getesteten Pilzstammes hin. Die gesamte Inkubationszeit über wurden die Blattdisci der Standardklone zweimal täglich auf Veränderungen bzw. Reaktionen hin kontrolliert.

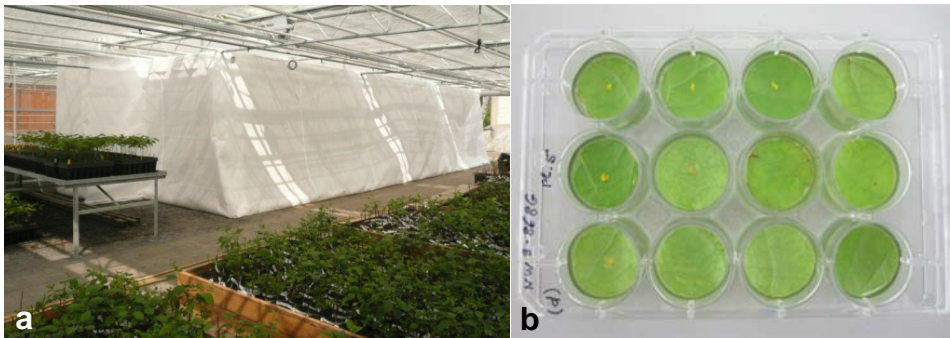


Abbildung 4: Anzuchtzelt der Standardklone im Gewächshaus der NW-FVA (a); mit Blattrost infiziertes Testset, bestehend aus Blattdisci der 11 Standardklone für den In-vitro Test (b)

Tabelle 6: Übersetzung der spezifischen Sensitivität der einzelnen Standardklone in die vom INBO festgelegten Virulenzen und Rassen

Klon	Virulenz	Rasse (INBO)
'Robusta (B, F)'	0	E0
'Ogy'	1	E2
'Grimminge'	2	E3
'Brabantica'	3	
'Unal'	4	E1
'Rap'	5	
'87B12'	6	
'Beaupré'	7	E4
'Hoogvorst', 'Hazendans'	8	E5
'A4A'	2 & 3	

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Vergleich der Feldtoleranzeigenschaften der Pappelklone auf den Versuchsflächen

Die Untersuchungen zeigen, dass der Pappelblattrostbefall der einzelnen Klone einer Fläche bereits zwischen den ersten beiden Standjahren zum Teil deutlich differiert. Exemplarisch sind in Abbildung 5 und 6 die Ergebnisse des Rostbefalls auf der am besten bewerteten Fläche in Thammenhain (Sachsen), d. h. die Fläche, die den geringsten Blattrostbefall aufwies, dargestellt. Die Fläche wurde im Frühjahr 2010 etabliert und Anfang September desselben Jahres zum ersten Mal auf den Blattrostbefall hin untersucht. Das Ergebnis der ersten beiden Blattrostaufnahmen von der Versuchsfläche Thammenhain zeigt die mittlere Note der Blattbonitur aller auf der Fläche vorhandenen Pappelklone nach der ersten Vegetationsperiode. Die auf der Versuchsfläche befindlichen Klone wurden in den Abbildungen 7 und 8 in Sektionen gruppiert und nach Arten und Hybriden zusammengestellt. Es wird deutlich, dass im ersten Standjahr alle untersuchten Klone wenig bis keinen Blattrostbefall aufwiesen (Boniturnoten zwischen 1 und 2, s. Tab. 5). Auch die Maximalnoten schwanken bis auf wenige Ausnahmen zwischen 3 und 4 (weniger als 10 % der Blattfläche bedeckt).

Es ist zu erkennen, dass reine *P. trichocarpa* (NW 7-17 C bis NW 7-91 R) oder *P. trichocarpa*-Hybriden (z. B. NW 10-246 N, NW 7-491 S, NW 7-180 W) vermehrt größere Varianzen der Boniturnoten aufweisen. Alle neu gezüchteten Klone reiner Arten sowie auch intra- (z. B. *P. maximowiczii*  $\times$  *P. trichocarpa*, *P. trichocarpa*  $\times$  *P. koreana*) und intersektionelle (*P. nigra*  $\times$  *P. maximowiczii*, *P. trichocarpa*  $\times$  *P. deltoides*) Hybriden wiesen im ersten Standjahr keine signifikanten Unterschiede gegenüber den Standardklonen bezüglich des Blattrostbefalles auf (s. Abb. 5).

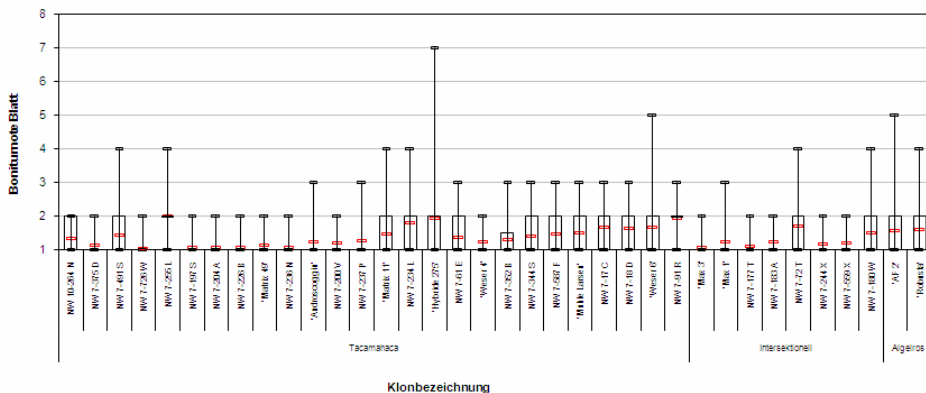


Abbildung 5: Pappelblattrostbefall der Klone auf der Versuchsfläche in Thammenhain (Sachsen) im ersten Standjahr beurteilt anhand der durchschnittlichen Blattboniturnote (Blattrostbonitur Sachsen 2010)

Die Untersuchung im zweiten Standjahr zeigt, dass 44 % aller Klone, unabhängig von der Art oder Kreuzung keinen Anstieg des Blattrostbefalls aufwiesen. Bei 13 % der untersuchten Prüfglieder wurde ein Anstieg des Blattrostbefalls um lediglich eine Boniturstufe festgestellt. Eine deutliche Erhöhung der Boniturnote um 2 und 4 Stufen war bei 38 % der Klone zu verzeichnen. Dabei ist festzuhalten, dass 80 % aller untersuchten Klone maximal eine mittlere Blattboniturnote von 4 aufwiesen. Das bedeutet, dass die Blattflächen der mit Note 4 bewerteten Klone bis zu 10 % durch Blattrost geschädigt waren. Lediglich 5 Klone wiesen eine mittlere Boniturnote zwischen 5 und 6 auf (10-25 % bzw. 25-50 % der Blattfläche befallen).

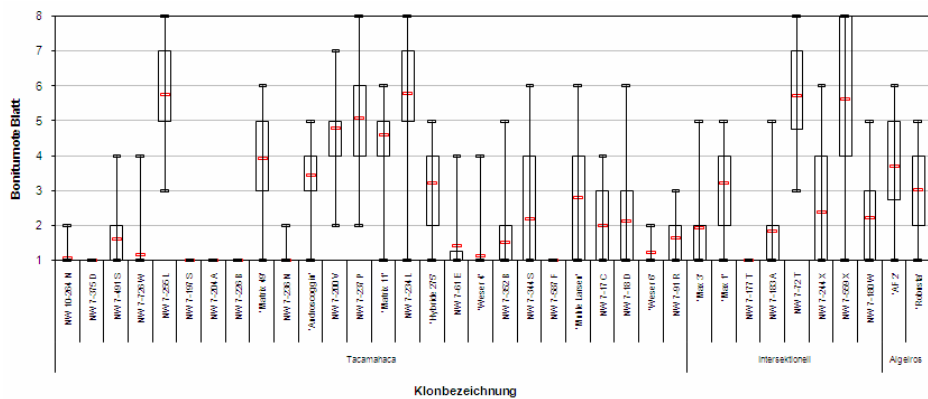


Abbildung 6: Pappelblattrostbefall der Klone auf der Versuchsfläche in Thammenhain (Sachsen) im zweiten Standjahr beurteilt anhand der durchschnittlichen Blattboniturnote (Blattrostbonitur Sachsen 2011)

Ein erster Vergleich des Flächen-Mittelwertes der Blattboniturnoten aller durch FastWOOD im Jahr 2010 angelegten Schwarz- und Balsampappelversuchsflächen zeigt, dass im zweiten Standjahr der Blattrostbefall auf allen Flächen angestiegen ist. Die Klone auf der Versuchsfläche in Baden-Württemberg (Emmendingen) waren bereits im Jahr der Anlage am stärksten mit Blattrost befallen. Dieser Befund bestätigte sich im zweiten Standjahr. Es fällt auf, dass auf der Fläche Sachsen (Thammenhain) in beiden Standjahren der geringste Befall verzeichnet wurde. Bis auf die Versuchsfläche in Hessen (Stölzingen) stieg die durchschnittliche Boniturnote auf allen Flächen um mindestens eine Stufe an. Die südlichsten Flächen in Bayern (Lehmbach) und Baden-Württemberg (Emmendingen) zeigten im Vergleich der ersten beiden Standjahre die höchste Steigerung der Befallsrate um je 2 Boniturstufen.

Die in Abbildung 7 bezeichneten Signifikanzgruppen (A-C) beziehen sich auf den Vergleich der Flächen im jeweils gleichen Standjahr (2010 bzw. 2011). In beiden Standjahren konnten drei Signifikanzgruppen unterschieden werden  $\diamond A$ ,  $\diamond B$ ,  $\diamond C$  in 2010 bzw.  $\square A$ ,  $\square B$  und  $\square C$  im Jahr 2011. In 2010 bildeten die Flächen in Niedersachsen, in Sachsen und in Bayern eine Signifikanzgruppe (s. Abb. 7,  $\diamond A$ ),

die sich von der Fläche in Hessen (s. Abb. 7,  $\diamond B$ ) und der Fläche in Baden-Württemberg (s. Abb.7,  $\diamond C$ ) deutlich unterschied. Die Fläche in Sachsen-Anhalt zeigte keine signifikanten Abweichungen zu den Signifikanzgruppen  $\diamond A$  und  $\diamond B$ . Im zweiten Standjahr näherte sich der Blattrostbefall auf den Flächen in Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Sachsen und Hessen an, so dass diese vier Flächen im Jahr 2011 eine Signifikanzgruppe bildeten ( $\square A$ ). Die Fläche in Bayern zeigte in diesem Standjahr ein signifikant höheren Rostbefall (s. Abb. 7,  $\square B$ ) gegenüber der Signifikanzgruppe  $\square A$ , aber auch einen signifikant niedrigeren Befall als die Fläche in Baden-Württemberg (s. Abb. 7,  $\square C$ ).

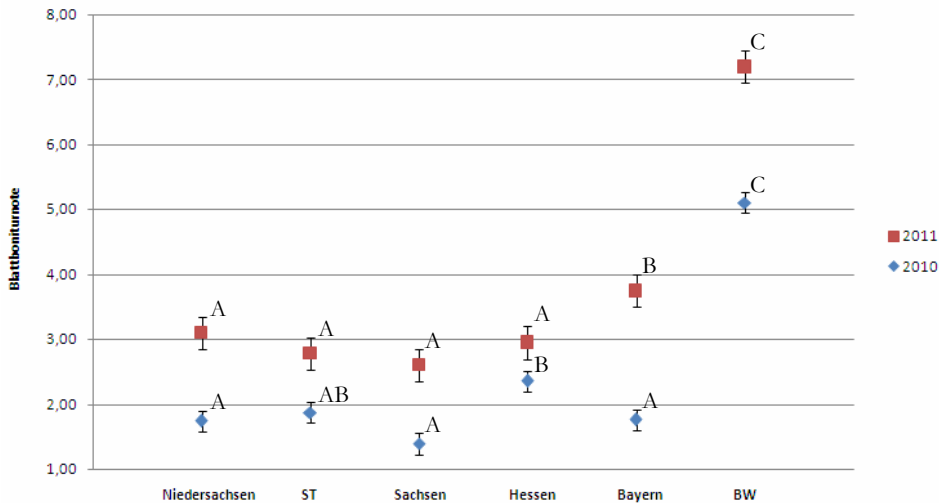


Abbildung 7: Vergleich der mittleren Blattrostbefallsrate der verschiedenen Versuchsflächen der beiden Standjahre 2010 und 2011 (ST = Sachsen-Anhalt, BW = Baden-Württemberg, Buchstaben bezeichnen die Signifikanzgruppen der jeweiligen Aufnahmejahre)

Um die im Bundesgebiet vorkommenden Pathotypen und Rassen von *M. laricipopulina* zu identifizieren, wurden für jede Versuchsfläche In-vitro-Tests (s. Abschnitt 2.4) durchgeführt. Daraus ergaben sich die in Tabelle 7 und 8 aufgelisteten Ergebnisse.

Insgesamt konnten auf fünf Versuchsflächen mit Hilfe der In-vitro-Untersuchungen 16 verschiedene Blattrostpathotypen identifiziert werden. Bei bis zu sechs Standardklonen wurden durch einzelne Pathotypen sensitive Reaktionen hervorgerufen. Der Pathotyp 034 konnte, trotz teilweise geringer Stichprobengröße, auf allen untersuchten Flächen nachgewiesen werden. Dieser Pathotyp kam auf den Flächen in Sachsen-Anhalt (Wallstawe) und Hessen (Stölzingen) als einziger vor. Die Fläche in Bayern (Lehmbach) wies zwei, die Versuchsfläche in Baden-Württemberg dagegen sechs unterschiedliche Pathotypen auf. Aus Tabelle 7 ist zu entnehmen, dass auf der Versuchsfläche Thammenhain in Sachsen die meisten,

insgesamt sieben verschiedene Pathotypen gefunden wurden. Die Blattrostbonitur (s. Abb. 7) auf dieser Fläche ergab hingegen die geringste Befallsrate.

Diese Analysemethode ist für die NW-FVA neu und wurde im Jahr 2010 das erste Mal als Voruntersuchung durchgeführt. Für diese Voruntersuchung wurde Pappelblattrost, der von den verschiedenen Pappelflächen und Sortenschauen der NW-FVA rund um den Standort Hann. Münden stammte, verwendet. Bei diesen Voruntersuchungen konnten neben dem auf allen Versuchsflächen vorkommenden Pathotyp 034 neun weitere Blattrostpathotypen identifiziert werden. Sechs dieser Pathotypen konnten auf keiner der Versuchsflächen nachgewiesen werden.

Tabelle 7: Übersicht über die durch die In-vitro-Untersuchungen identifizierten Blattrost-Pathotypen auf den verschiedenen Versuchsflächen (ST = Sachsen-Anhalt, BW = Baden-Württemberg, HMü = Hann. Münden, N = Stichprobengröße)

Fläche	N	Pathotyp														
ST	14							034								
Sachsen	42		0134	01347		014	03	034	03456					04		
Hessen	7							034								
Bayern	21							034				0356				
BW	14	013	0134	01347	013478			034						04		
HMü	34	0	0134	01347				034		034578	0347		037	04	045	47

Die Übersetzung der Blattrostpathotypen (s. Tab. 6) ergab, dass sich auf den Versuchsflächen bis zu fünf von insgesamt sechs möglichen Rassen nachweisen ließen. Die Rasse E1 wurde auf allen Flächen und bei den Voruntersuchungen in Hann. Münden gefunden. Die Rassen E0 und E5 konnten neben den Voruntersuchungen in Hann. Münden dagegen nur auf den Flächen in Bayern (E0) und Baden-Württemberg (E5) nachgewiesen werden. Die Blattrostasse E4 wurde auf den Versuchsflächen in Sachsen und Baden-Württemberg sowie bei der Voruntersuchung in Hann. Münden gefunden. Die Rasse E3 wurde auf keiner der Versuchsflächen gefunden.

In Hann. Münden und auf der Fläche in Baden-Württemberg konnte die neueste Virulenz 8, die in Belgien bisher nur auf den Klonen 'Hoogvorst' und 'Hazendans' in den letzten Jahren neu aufgetreten ist, festgestellt werden (M. STEENACKERS, INBO, mdl. Mitteilung). Er kam in Hann. Münden auf dem Klon 'Brühl 1' vor, in Baden-Württemberg auf dem Klon 'AF 2'. Dies ist eine Erstbeschreibung der Virulenz 8 in Deutschland. Daher und aufgrund der in dieser Untersuchung enthaltenen geringen Stichprobengröße ist eine Verifizierung des Ergebnisses in den kommenden Untersuchungen notwendig. Es deutet jedoch bereits auf das Eindringen und die Verbreitung neuer Pathotypen in das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland hin.

Tabelle 8: Übersicht über die durch die In-vitro-Untersuchungen identifizierten Blattrostrassen auf den verschiedenen Versuchsflächen (ST = Sachsen-Anhalt, BW = Baden-Württemberg, HMü = Hann. Münden, N = Stichprobengröße)

Fläche	N	Rasse					
			E1	E2		E4	E5
ST	14		E1				
Sachsen	42		E1	E2		E4	
Hessen	7		E1				
Bayern	21	E0	E1				
BW	14		E1	E2		E4	E5
HMü	34	E0	E1	E2		E4	E5

#### 4 Schlussfolgerungen

Aufgrund des immer größer werdenden Gefahrenpotenzials des Pappelblatttrosts für die Zuwachsleistung der Klone und die Betriebssicherheit der Kurzumtriebsplantagen sind die Züchtungsbemühungen des Teilprojekts 1 mit Schwarz- und Balsampappelsorten im Verbundprojekt FastWOOD auf die Zulassung neuer Sorten mit verstärkten Toleranzeigenschaften gegenüber dem in Deutschland vorherrschenden Erreger des Pappelblattrost *Melampsora larici-populina* gerichtet.

Bei den in diesem Jahr erstmals durchgeführten In-vitro-Untersuchungen konnten bereits sechzehn verschiedene Blattrospathotypen und fünf von sechs möglichen Blattrostrassen identifiziert werden. Da bei diesen ersten Untersuchungen zum Teil nur geringe Stichprobengrößen ausgewertet werden konnten, ist davon auszugehen, dass nicht alle im Bundesgebiet vorkommenden Pathotypen detektiert wurden. Weiterhin besteht die Möglichkeit, dass sich bedingt durch die hohe Anpassungsfähigkeit des Pappelblattrostes *Melampsora larici-populina* im Laufe der weiteren Prüfung neue Pathotypen mit speziellen Virulenzen entwickeln. Je mehr Virulenzen ein Pathotyp aufweist, desto mehr unterschiedliche Arten/Hybriden ist dieser in der Lage zu infizieren. Jedoch bedingen aggressive Blattrostsarten nicht unbedingt komplizierte Pathotypen.

Auch der Einfluss der unterschiedlichen Klima- und Standortbedingungen der Versuchsflächen spielt beim Wachstums- und Verbreitungszyklus des Pappelblattrosts eine nicht zu unterschätzende Rolle, was am Beispiel der Versuchsfläche in Sachsen deutlich wird. Obwohl auf dieser Fläche im Vergleich zu den anderen Versuchsflächen die meisten Pathotypen nachgewiesen werden konnten, wies diese Fläche in beiden bisher bonitierten Standjahren die geringste Befallsintensität auf.

Um all diese unterschiedlichen Faktoren bei der Beurteilung der Blattrosttoleranzeigenschaften der verschiedenen Klone zu berücksichtigen, wird jedes Jahr ab dem Sämlingsstadium über den gesamten Prüfzeitraum der neu gezüchteten Schwarz- und Balsampappelklone der Befall mit Pappelblattrost dokumentiert und



als Selektionskriterium berücksichtigt. Dadurch kann das Toleranzverhalten jedes einzelnen Klons unter der Belastung verschiedener Infektionsstärken kontrolliert und bewertet werden.

Da die im Verbundprojekt FastWOOD neu gezüchteten Klone im ganzen Bundesgebiet einsetzbar sein sollen, besteht die dringende Notwendigkeit, die im ganzen Einsatzgebiet vorkommenden Pathotypen und Rassen dieses wichtigen Pflanzenpathogen kontinuierlich zu identifizieren und für weiterführende In-vitro-Untersuchungen zu sammeln. Bei diesen Untersuchungen sollen aufbauend auf dem In-vitro-Test zur Identifikation der Pathotypen und Rassen die neu gezüchteten Klone auf ihre Resistenzeigenschaften gegenüber definierten Virulenzen hin getestet werden. Diese weiterführenden Untersuchungen werden in der aktuellen zweiten Projektphase Anwendung finden, um die Neuzüchtungen von Schwarz- und Balsampappelklonen bereits im Frühstadium einer Selektion auf ihre Toleranzeigenschaften gegenüber den bereits identifizierten sowie gegebenenfalls neu auftretende Pathotypen zu unterziehen. Damit steht ein weiteres Instrument zur Verfügung, das es ermöglicht, zusammen mit den neu für den Kurzumtrieb zugelassenen Sorten detaillierte Anbauempfehlungen an die Praxis geben zu können.

## Literatur

- ANONYMUS (2007): Nutzungen von Biomasse zur Energiegewinnung – Empfehlungen an die Politik, Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 242 S.  
([www.bmelv.de/cae/servlet/contentblob/382594/publicationFile/23017/GutachtenWBA.pdf](http://www.bmelv.de/cae/servlet/contentblob/382594/publicationFile/23017/GutachtenWBA.pdf))

Korrespondierende Autorin:

Christina Fey-Wagner

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt

Abteilung Waldgenressourcen

Prof.-Oelkers-Str. 6

34346 Hann. Münden

E-Mail: [christina.fey-wagner@nw-fva.de](mailto:christina.fey-wagner@nw-fva.de)

URL: [www.nw-fva.de](http://www.nw-fva.de), [www.FastWOOD.org](http://www.FastWOOD.org)

Natalia Klippert

Dr. Alwin Janßen

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt