



Bundesministerium für
Verbraucherschutz, Ernährung
und Landwirtschaft

Pappeln, Aspen und Weiden in Deutschland: Nutzung, Erhaltung, Forschung

Zeitraum: 2000-2003



Pappelkommission der Bundesrepublik Deutschland

**Pappeln, Aspen und Weiden in Deutschland:
Nutzung, Erhaltung, Forschung**

Zeitraum: 2000 bis 2003

Georg von Wühlisch (Koord.)
Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung
Hamburg

Pappelkommission der Bundesrepublik Deutschland



Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft
Hamburg



Bundesministerium für
Verbraucherschutz, Ernährung
und Landwirtschaft

Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft

Bonn, August 2004

Pappelkommission der Bundesrepublik Deutschland

Pappeln, Aspen und Weiden in Deutschland: Nutzung, Erhaltung, Forschung

Zeitraum: 2000 bis 2003

Inhalt

I	POLITIK UND GESETZGEBUNG	5
1	Politik	5
a)	Untersuchungen über den Anbau von Pappeln und Weiden im Kurzumtrieb	5
b)	Anbau von Pappeln und Weiden auf stillgelegten landwirtschaftlichen Flächen	5
c)	Generhaltung bei der Europäischen Schwarzpappel und Silberpappel	5
2	Gesetzliche Maßnahmen	6
II	STATISTISCHE UND WIRTSCHAFTLICHE DATEN	8
1	Statistische Daten	8
2	Produktion	9
3	Import und Export	9
4	Trends	9
III	TECHNISCHE DATEN	10
1	Identifizierung, Registrierung und Sortenschutz	10
a)	Identifizierung	10
b)	Zulassung	10
c)	Registrierung	11
d)	Sortenschutz	12
2	Anbau	12
3	Züchtung und Auslese	12
a)	Konventioneller Umtrieb	12
b)	Kurzumtrieb	12

4	Schutzmaßnahmen	14
5	Nutzung und Verwendung	14
a)	Nutzung	14
b)	Verwendung	14
6	Andere Studien und Aktivitäten	15
a)	Generhaltung	15
b)	Gentransfer bei Aspen (Zitterpappel)	16
i)	Etablierung von zwei Freisetzungsversuchen	16
ii)	Vegetative und generative Vermehrungskapazität von transgenen Pappeln	17
iii)	Eigenschaften von Holz aus gentechnisch veränderten Bäumen	17
iv)	Stabilität der Expression von fremden Genen unter Stress	18
v)	Spezifische Umweltwirkungen transgener Gehölze	18
vi)	Etablierung einer männlichen und weiblichen Sterilität in transgenen Pappeln	19
vii)	Phytoremediation von schwermetallbelasteten Flächen	19
viii)	Nachweis von fremden Genen im Holz	20
c)	Genomforschung bei Pappeln	20
i)	Markierung von Genen mit Hilfe von Transposonen	20
ii)	Geschlechtsdifferenzierung bei Pappeln	21
IV	ALLGEMEINE ANGABEN	22
1	Nationale Pappelkommission	22
	Anlagen	

I Politik und Gesetzgebung

1 Politik

a) Untersuchungen über den Anbau von Pappeln und Weiden im Kurzumtrieb

Untersuchungen über den Anbau von Pappeln und Weiden in kurzen Umtriebszeiten finden besonders in Hessen, Bayern und Sachsen statt. Etwa 400 ha solcher experimenteller Plantagen sind bisher angelegt worden mit dem Ziel, alle Fragen des praktischen Anbaus, der Wirtschaftlichkeit und der Wahl geeigneter Arten und Sorten zu klären. Die hohen Kosten der Plantagenbegründung und die langfristige Bindung des Kapitals stehen bislang jedoch nicht im Verhältnis zu den relativ geringen Erlösen nach Abzug der Erntekosten. Unter den Aspekten der CO₂-Bindung, Suche nach alternativen Energie- und Rohstoffquellen sowie Nutzung landwirtschaftlicher Stilllegungsflächen kann diese Form des Anbaus jedoch ein enormes Potential darstellen. Durch Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen und Fördermaßnahmen könnte ein großes Flächenpotential genutzt werden, einen nachwachsenden Rohstoff für industrielle und energetische Nutzungen nachhaltig zu erzeugen.

b) Anbau von Pappeln und Weiden auf stillgelegten landwirtschaftlichen Flächen

Seit September 1993 ist im Rahmen der Flächenstilllegung der Anbau mehrjähriger Kulturen als nachwachsende Rohstoffe, zu denen auch schnellwachsende Baumarten mit einer Umtriebszeit von höchstens 10 Jahren gehören, auf landwirtschaftlichen Flächen möglich. Durch das Gesetz zur Gleichstellung stillgelegter und landwirtschaftlich genutzter Flächen (BGBl. I S. 910), das rückwirkend ab Januar 1995 gilt, bleibt der Ackerstatus von stillgelegten Flächen, die mit schnellwachsenden Baumarten bepflanzt wurden, gewahrt. Für diese Anbaualternative haben sich jedoch nur wenige Landwirte entschieden, so dass insgesamt nur etwa 400 ha dieser Anbauform existieren, die meist als Versuchs- oder Pilotanlagen betrieben werden.

c) Generhaltung bei der Europäischen Schwarzpappel und Silberpappel

Bedingt durch die Schiffbarmachung und Kanalisierung der größeren Flüsse und der damit einhergehenden Zerstörung von Auwäldern sind die Vorkommen der reinen Schwarzpappel bereits seit der Rheinkorrektur nach den Plänen von Oberst Tulla ab 1817 stark reduziert

worden. Anstrengungen werden unternommen, die verbliebenen Restvorkommen durch *in situ* und *ex situ* Maßnahmen zu sichern. In den Genbanken verschiedener Bundesländer (NW, RP, HE, SN, BB, ST) sind Schwarzpappeln gesicherter Herkunft für Renaturierungsmaßnahmen der jeweiligen Region verfügbar. Im Land Brandenburg sind zwei Schwarzpappelbestände zur Beerntung von generativem Vermehrungsgut für den Zweck der Generhaltung nach dem Forstvermehrungsgutgesetz (FoVG) zugelassen worden. Am internationalen Netzwerk im Rahmen des EUFORGEN-Programms zur Generhaltung bei der heimischen Schwarzpappel nimmt Deutschland teil.

2 Gesetzliche Maßnahmen

Für Pappeln und Weiden sind folgende gesetzliche Regelungen von Bedeutung:

- a) Forstvermehrungsgutgesetz (FoVG) vom 29. Mai 2002 (BGBl. I S. 1658)

Mit dem Gesetz wurde die Richtlinie 1999/105/EG des Rates vom 22. Dezember 1999 über den Verkehr mit forstlichem Vermehrungsgut (Abl. EG 2000 Nr. L 11 S. 17, 2001 Nr. L 121 S. 48) in nationales Recht umgesetzt. Alle Pappelarten und künstlichen Pappelhybriden, nicht jedoch die Weiden, unterliegen dem Gesetz.

Vegetatives Vermehrungsgut (Klone) von Pappeln darf nur in der Kategorie „Geprüftes Vermehrungsgut“ vertrieben werden.

- b) Forstvermehrungsgut-Durchführungsverordnung (FoVDV) vom 20.12.2002 (BGBl. I S. 4711, 2003 I S. 61)

In dieser Verordnung sind einige der früher geltenden Verordnungen zusammengefasst und damit außer Kraft gesetzt worden (Forstsaat-Kontrollbuchverordnung von 1983 und die Forstsaat-Meldeverordnung von 1997). Nach dieser Verordnung sind allgemein für Vermehrungsgut und insbesondere auch für Klone bzw. Klonmischungen Stammzertifikate nach einem bestimmten Muster anzufertigen. Danach muss das in Verkehr zu bringende Vermehrungsgut umfassend gekennzeichnet werden, z.B.: die Sorte oder bei Mischungen alle in die Mischung eingegangenen Parteien. Kennzeichnungspflichtig ist auch, ob die Partie gentechnisch verändertes Material enthält.

Ferner sind in der Verordnung geregelt, welche Angaben in den Lieferpapieren zu machen sind, welche Bücher und Belege von den Forstsaaten- oder Forstpflanzenbetrieben zu führen sind, um lückenlos den Weg des Vermehrungsgutes nachvollziehen zu können, und dass

die Anzeigepflicht bei der Ausfuhr und Einfuhr in bzw. aus einem anderen Mitgliedstaat der Europäischen Union zu beachten ist.

- c) Erste Verordnung zur Änderung der Forstsaat-Herkunftsgebietsverordnung (FoVHgV) vom 15. Januar 2003 (BGBl. I S. 238.)

Diese Verordnung bestimmt die Herkunftsgebiete für „Ausgewähltes Vermehrungsgut“ der im Gesetz erfassten Baumarten einschließlich der Pappel (§§2 und 5 des Gesetzes) und regelt Form und Inhalt des Stammzertifikates, der für den Transport von generativem Vermehrungsmaterial aus zugelassenen Beständen, Samenplantagen, Klonen und Mischungen von Klonen erforderlich ist. Vermehrungsgut der Gattung Pappel wird fast ausnahmslos als Geprüftes Vermehrungsgut vertrieben. Beim Pappelanbau ist die Wahl einer standortgerechten Art oder Sorte von vorrangiger Bedeutung. Aus diesen Gründen wurde für die Gattung Pappel nur ein Herkunftsgebiet bestimmt, welches das gesamte Bundesgebiet umfasst.

- d) Forstvermehrungsgut-Zulassungsverordnung (FoVZV) vom 20. Dezember 2002 (BGBl. I S. 4721, 2003 I S. 50)

Diese Verordnung regelt die Zulassungsvoraussetzungen für Ausgangsmaterial Für generatives Vermehrungsgut der Pappel gelten bei der Zulassung von Ausgangsmaterial zur Gewinnung von Ausgewähltem Vermehrungsgut folgende Anforderungen: Das Ausgangsmaterial muss im Vergleich mit anderen Beständen besonders in den Merkmalen Massenleistung, Form und Gesundheitszustand überlegen und in den übrigen zu beurteilenden Merkmalen mindestens durchschnittlich sein.

Eine Mindestfläche von 0,25 ha und ein Mindestalter von 20 Jahren sind Voraussetzung für die Zulassung. Zudem müssen mindestens 20 fruktifikationsfähige Bäume im Bestand vorhanden sein, von denen bei jeder Ernte mindestens 10 beerntet werden müssen.

Die Verordnung sieht vor, dass bei generativem Vermehrungsgut der Pappel als Ausgangsmaterial für Geprüftes Vermehrungsgut auch die Zwei-Klon-Samenplantage zugelassen werden kann. Damit können als forstliches Vermehrungsgut bei Pappeln nicht nur Klone aus vegetativer Vermehrung, sondern z.B. bei Aspen auch ganze, nach kontrollierter Kreuzung entstandenen Familien der Praxis zur Verfügung gestellt werden, soweit sie als Geprüftes Vermehrungsgut ihre Anbaueignung unter gegebenen Umweltbedingungen bewiesen haben. Die Vorteile des Vorgehens liegen dabei in der einfachen und preisgünstigen Herstellung eines solchen generativen Vermehrungsgutes mit Hilfe von Saatgut und in der größeren genetischen Variationsbreite des Vermehrungsgutes.

Vegetatives Vermehrungsgut muss stets die strengen Anforderungen des Geprüften Vermehrungsgutes erfüllen. Einzelklone können auch in Verkehr gebracht werden, jedoch sollen Klonmischungen der Pappel gegenüber Einzelklonen bevorzugt zugelassen werden.

Für generatives Ausgangsmaterial der Pappel sind die Angaben des zugelassenen Bestandes in ein Erntezulassungsregister aufzunehmen, wie es auch bei anderen Baumarten geführt wird. Für vegetatives Ausgangsmaterial der Pappel wird ein Baumzuchtregister geführt.

- e) Pflanzenbeschauverordnung geändert durch die Zehnte Verordnung zur Änderung der Pflanzenbeschauverordnung vom 5. Juni 2003 (BGBl. I Nr. 24 S. 799) zuletzt geändert durch: "Vierte Verordnung zur Änderung pflanzenschutzrechtlicher Vorschriften" vom 26. November 2003 (BGBl. I Nr. 57 S. 2438).

Die Verordnung regelt Auflagen und Beschränkungen bei der Aus- und Einfuhr von Pflanzen und Pflanzenerzeugnissen im Interesse des Pflanzenschutzes. Auch für Pappeln und Weiden und deren Erzeugnisse werden Auflagen gemacht. In der Anlage 1 zu dieser Verordnung sind wichtige Schadorganismen genannt, deren Einfuhr verboten ist: Der Pappelrost (*Melampsora medusae*) und der *Septoria*-Krebs der Pappel (*Mycosphaerella populorum*). Der noch in der vorhergehenden Verordnung aufgeführte Bakterienkrebs (*Xanthomonas populi*) ist entfallen.

II Statistische und wirtschaftliche Daten

1 Statistische Daten

Pappeln und Weiden werden zunehmend seltener aktiv in Deutschlands Wäldern angepflanzt. Dies ist insbesondere auf die geringen Absatzmöglichkeiten von Pappelholz zurückzuführen. Lediglich auf großflächigen Kalamitätsflächen kommen Aspen als Pioniergehölz in Mischungen vor. Die Erfassung der Flächenanteile ist daher problematisch. Es muss aber davon ausgegangen werden, dass die tatsächliche Verbreitung unterschätzt wird. Pappeln und Aspen nehmen eine Fläche von mindestens 100.000 ha ein. Das entspricht etwa 1% der Waldfläche. Die Verbreitung von Weiden im Wald ist dagegen flächenmäßig noch sehr viel geringer.

Die Flächen der Pappelplantagen auf ehemaligen landwirtschaftlich genutzten Flächen außerhalb des Waldes belaufen sich auf rund 400 ha.

2 Produktion

Die Bedeutung des Pappel- und Weidenanbaus als Rohstoffbasis in der Bundesrepublik Deutschland ist als gering einzustufen. Über den derzeitigen Einschlag von Pappelrohholz liegen keine genauen Daten vor, da Rohholzeinschlag und Verkauf von Pappelholz zusammen mit der Holzartengruppe Buchenholz erfasst und verbucht werden. Der jährliche Einschlag an Pappeln wird auf 150.000 bis 300.000 m³ geschätzt.

Über den Verbrauch an Pappelrohholz liegen keine gesonderten Erhebungen vor.

3 Import und Export

Der Außenhandel der Bundesrepublik Deutschland mit Pappelholz ist insgesamt gering. Der Export ist deutlich höher als der Import.

4 Trends

Ein ausgeprägter Pappelholzmarkt hat sich in der Bundesrepublik Deutschland nicht ausbilden können. Dementsprechend ist die Holzbe- und verarbeitende Industrie auf diese Holzart nicht eingerichtet. Der Absatz des Pappelholzes ist wegen des zerstreuten Anfalls und des damit verbundenen mengenmäßig geringen Angebotes insgesamt unbefriedigend. Für Pappel-Stammholz-Standardsorten werden aktuelle Preise der Landesforstverwaltung Niedersachsen von 26 €/Fm angegeben. Dieser Preis liegt um die Hälfte unter dem für die billigsten anderen Baumarten, z.B. Kiefer.

III Technische Daten

1 Identifizierung, Registrierung und Sortenschutz

a) Identifizierung

Die früher verwendeten Verfahren zur Identifizierung von Pappelklonen beruhten ausschließlich auf morphologischen und phänologischen Merkmalen. Die Verfahren reichten vor allem bei Klonmischungen nicht mehr aus, um eine einwandfreie Unterscheidung aller Klone zu gewährleisten. Deshalb werden seit Jahren in zunehmendem Maße biochemische Methoden (Isoenzymanalysen und molekulargenetische Methoden) für die Identifizierung verwendet.

Auch für die Generhaltung werden diese Analysemethoden eingesetzt. Wegen der leichten Vermehrbarkeit durch Steckhölzer sind Schwarzpappel-Hybriden in Europa seit etwa 200 Jahren verbreitet worden. Dies trifft insbesondere zu für die Kreuzungen zwischen der Kanadischen Schwarzpappel (*P. deltoides* Bartr.) und der Europäischen Schwarzpappel (*P. nigra* L.), deren Nachkommenschaften als *Populus x euramericana* bezeichnet werden. Da sich die Europäische mit der Kanadischen Schwarzpappel sowie den Hybridklonen kreuzt, ist eine genetische Vermischung mit einheimischen Schwarzpappelvorkommen nicht auszuschließen. Aufgrund der Ähnlichkeit der beiden Baumarten sind diese und ihre Arthybriden aufgrund morphologischer Merkmale nicht mit letzter Sicherheit zu unterscheiden. Sichere Unterscheidungen zwischen reinen Europäischen Schwarzpappeln und Schwarzpappel-Hybriden sind jedoch sowohl mittels Isoenzymen als auch mit molekulargenetischen Analysen möglich.

b) Zulassung

Die Zulassung von Saat- und Pflanzgut erfolgt auf der Grundlage langjähriger Prüfanbauten nach Vorgaben des Gesetzes über forstliches Vermehrungsgut (FoVG) und den hierzu ergangenen Verordnungen in der Kategorie Geprüftes Vermehrungsgut. Seit 1997 hat die Sächsische Landesanstalt für Forsten vier Aspen-Nachkommenschaften (*Populus tremula* L.) zur Zulassung von Ausgangsmaterial für die Gewinnung von Geprüftem Vermehrungsgut gebracht. Zulassungsstelle ist die Forstdirektion Bautzen.

Es sind die Nachkommenschaften:

Bärenstein I:	Klon 3105/IA	x	Klon 3110/IIIA
Bärenstein II:	3105/IA	x	60
Graupa I:	69	x	97
Graupa II:	5085	x	236

Die Nachkommenschaften haben folgende besonderen Eigenschaften

Graupa I: Gute Anpassungsfähigkeit

Graupa II: sowie Bärenstein I und II: Überdurchschnittliche Wuchsleistung (Höhe, BHD)

Verwendungsempfehlungen der Nachkommenschaften:

- Begründung von Vorwald
- Einzelmischung in Laubbaumbeständen
- Zeitmischung in Laub- und Nadelbaumbeständen
- Unterbau in lückigen Nadelbaumreinbeständen
- Stabilisierung labiler Nadelbaumreinbestände
- Nachbesserung von lückigen Kulturen bzw. Naturverjüngungen

Zum Zweck der Generhaltung bzw. Renaturierung von Auwäldern sind in Brandenburg, Zulassungsstelle Eberswalde zwei Bestände von *Populus nigra* zur Gewinnung von generativem Vermehrungsgut zugelassen worden:

- 1.) Oderinsel Küstrin AfF Müllrose Abt. 2334 a 2 Zeile 1 mit ca. 2,21 ha
- 2.) Ziltendorfer Niederung AfF Müllrose Abt. 5456 mit ca. 1,00 ha

c) Registrierung

Zugelassene Klone und Klonmischungen der Pappel werden in ein Baumzuchtregister eingetragen. Das

Regierungspräsidium Kassel

Steinweg 6

D-34117 Kassel

führt das Baumzuchtregister für die Pappel.

d) Sortenschutz

Aufgrund der geringen Nachfrage von Vermehrungsgut der Pappel wird ein Sortenschutz nicht in Anspruch genommen.

2 Anbau

Der Anbau von Pappeln, Aspen und Weiden findet in nennenswertem Umfang nicht mehr statt. So gibt es in Deutschland auch keine Baumschule mehr, die noch diese Spezialsortimente anzieht und anbietet. Die Folge ist, dass Mutterquartiere alter Pappelsorten vernachlässigt bzw. Samenplantagen der Aspen nicht erhalten werden.

3 Züchtung und Auslese

a) Konventioneller Umtrieb

Für die Nutzung im konventionellen Anbau haben im Berichtszeitraum keine Züchtungen oder Auslesen stattgefunden.

b) Kurzumtrieb

Die von der Bundesregierung unterstützten Anbau- und Erprobungsprogramme mit Pappeln, Aspen und Weiden früherer Jahre auf den Standorten Abbachhof (Bayern), Canstein Haferfeld, Georgenhof (Hessen), Oldenburg (Niedersachsen) und jüngeren Datums auf den Standorten Methau und Thammenhain (Sachsen), Bornim und Spremberg (Brandenburg) sowie Wöllershof, Neuhof, Schwarzenau und Coburg (Bayern) befinden sich noch in der Untersuchungsphase oder sind bereits abgeschlossen worden. Eine Vielzahl weiterer kleinerer Anbauversuche ist in verschiedenen Teilen Deutschlands angelegt worden. Generell kann mit Erträgen von 10 t Trockenmasse pro ha jährlich gerechnet werden, die mit den verfügbaren Aspen- und Balsampappelsorten in zehnjährigen Umtriebszeiten erzielbar sind.

Die Investitionskosten zur Anlage einer Plantage sind hoch und variieren mit der Pflanzenzahl, die wieder von dem Verwertungszweck der produzierten Holzbiomasse abhängt. Bei einer energetischen Nutzung mit hohen Pflanzenzahlen und kurzen Umtriebszeiten werden

Kosten von €1.800 pro ha errechnet, bei industrieller Verwertung der Biomasse mit geringerer Pflanzenzahl und längeren Umtriebszeiten liegen die Anlagekosten bei €800/ha, jeweils ohne Zäunung.

Neben den Investitionskosten sind Ernte und Transport ein großer Kostenfaktor, der stark von dem Produktionsziel abhängt. Bei Einsatz von speziell konstruierten Erntemaschinen, die Hackschnitzel für eine energetische Nutzung bei maximal 4jährigem Aufwuchs ernten, wurden Erntekosten von €45 – 82/t Trockenmasse ermittelt. Längere Umtriebszeiten bedingen ein stärkeres Erntematerial, für das höhere Erntekosten anfallen.

Für die Beurteilung der ökonomischen Situation von Pappel-Kurzumtriebsplantagenflächen bei einer energetischen Verwertung der Holzbiomasse und bei durchschnittlicher Massenleistung (10 to/ha) und Lebensdauer (7 Rotationen) der Plantage ist mit Produktionskosten zwischen 30 und 45 €/t atro Holzbiomasse zu rechnen. Wird das Betriebsrisiko außer acht gelassen und mit Erlösen von €50/t atro für die erzeugte Biomasse gerechnet, kann eine Annuität (bei 3,5% Zins) zwischen 125 und 250 €/ha erwartet werden.

Eine Konkurrenz zur landwirtschaftlichen Nahrungsmittelproduktion stellen Kurzumtriebsflächen unter den gegenwärtig vorherrschenden Rahmenbedingungen nicht dar. Anders ist es wegen der staatlichen Förderung auf Stilllegungsflächen. Hier erscheinen die Realisierungschancen für eine Holzbiomasseproduktion für die energetische Nutzung besser. Bei Leistungsausfällen oder Massenleistungsreduktionen um nur 20% kann es aber bereits zu Verlusten kommen. Auch die Lebensdauer einer Plantage stellt aufgrund der Fixkostenbelastung eine wesentliche kostenbeeinflussende Größe dar. Eine weitere Unsicherheit ist in biotischen Schädigungen zu sehen. Mit zunehmender Flächenausdehnung können bisher unbedeutende Schadorganismen aufgrund besserer Entwicklungsmöglichkeiten wirtschaftlich bedeutende Schäden verursachen. Das zentrale Hauptrisiko für die Landwirte ist jedoch der Preis, zu welchem das produzierte Material verwertet werden kann. Bei einem Ölpreis, der dauerhaft auf oder über kurzfristig bereits erreichtem oberem Niveau verbleiben würde, könnte Holz als Energieträger konkurrenzfähig sein. Bislang ist jedoch der Ölpreis immer wieder gesunken, so dass die Nachfrage nach Energieholz noch zu gering ist. Daher wurden bisher kaum Kurzumtriebsplantagen angelegt.

4 Schutzmaßnahmen

Besondere Schadensereignisse sind bei Pappeln, Aspen und Weiden nicht bekannt, so dass Schutzmaßnahmen nur in Einzelfällen notwendig sind.

5 Nutzung und Verwendung

a) Nutzung

Die Nutzung der Pappeln und Weiden erfolgt bei konventionellen Umtriebszeiten nach den üblichen forstlichen Methoden. Die Sortierung des Pappelrohholzes erfolgt nach den Rechtsvorschriften über gesetzliche Handelsklassen für Rohholz.

Die aus den Versuchsanbauten gewonnene Holzbiomasse wird für spezielle Versuche oder in Form von Hackschnitzeln z.B. für Holzwerkstoffe, Zellstoff, insbesondere aber energetische Zwecke genutzt.

b) Verwendung

Bio-Kraftstoff

Ein neu entwickeltes Verfahren zur Herstellung von Automobil-Kraftstoff wird in Freiberg, Sachsen, bei der Fa. Choren Fuel zum Einsatz kommen. Ab 2005 sollen Holzhackschnitzel genutzt werden, um 15.000 t dieses Kraftstoffes (sunfuel) pro Jahr als erneuerbarer Energieträger in einer Pilotanlage zu produzieren. Durch die Förderung, die im Rahmen des seit 2000 geltenden Erneuerbare Energien Gesetzes (EEG) möglich ist, soll das Verfahren wirtschaftlich rentabel werden. Das Verfahren ist auf die Verwendung von Hackschnitzeln verschiedener Baumarten ausgelegt, denkbar ist jedoch, dass dabei besonders in kurzen Umtriebszeiten auf Pappelplantagen produzierte Hackschnitzel zum Einsatz kommen könnten.

6 Andere Studien und Aktivitäten

a) Generhaltung

Die Minister-Konferenz zum "Schutz der Wälder in Europa" verabschiedete im Jahre 1990 in Straßburg die Resolution S2 zur Erhaltung forstgenetischer Ressourcen. Dies führte zur Einrichtung des europäischen Programms EUFORGEN zur Erhaltung forstgenetischer Ressourcen. Es wurden fünf Netzwerke für bestimmte Baumarten bzw. Baumartengruppen eingerichtet, mit dem Ziel, den internationalen Wissensstand über Verbreitung, Biologie, Genetik und Gefährdung der ausgewählten Arten zusammenzufassen, zu mehren und zu verbreiten sowie Empfehlungen für effektive Erhaltungs- und nachhaltige Nutzungsmaßnahmen zu erarbeiten. Dabei wird der grenzüberschreitenden Verbreitung vieler Baumarten durch eine internationale Zusammenarbeit Rechnung getragen. Deutschland hat sich 1998 dem EUFORGEN-Programm angeschlossen und beteiligt sich neben den anderen Netzwerken auch am *Populus nigra* Netzwerk. In dem Netzwerk wird zusätzlich die ebenfalls europaweit gefährdete Silberpappel (*Populus alba*) bearbeitet.

Schon vor dem Beitritt zum EUFORGEN-Programm hat es in Deutschland im Rahmen der Bund-Länder-AG „Erhaltung forstlicher Genressourcen“ intensive Bemühungen gegeben, die seltenen reinen Schwarzpappel-Vorkommen festzustellen und zu kartieren. Insgesamt sind rund 5.000 Schwarzpappel Individuen festgestellt worden. Meist handelt es sich um Altbäume als Relikte von früheren Auwäldern, die heute zerstört sind, oder von Restbeständen früherer Anbauten. Die Bestimmung der Artreinheit der Bäume wird zunächst anhand morphologischer Merkmale vorgenommen. In Zweifelsfällen kann *Populus nigra* von *Populus x euramericana* durch biochemische Methoden (Isoenzym- und molekulargenetische Analysen) sicher unterschieden werden.

Die genetischen Analysen nordrhein-westfälischer Schwarzpappeln haben gezeigt, dass statistisch jede zweite Pappel ein vegetativer Abkömmling einer anderen Pappel ist. Bei den 466 identifizierten reinrassig getesteten Schwarzpappeln handelte es sich tatsächlich nur um 253 genetisch eigenständige Individuen. Ursache dafür ist die Anpflanzung von Klonen bzw. das Austreiben nach der Nutzung aus dem Stock oder der Wurzel. Bei der für ganz Deutschland gegebenen Gesamtzahl an Schwarzpappeln sind die Relationen vermutlich ähnlich.

Im Rahmen des EUFORGEN-Netzwerkes ist eine Sammlung (core collection) von Schwarzpappelklonen in Casale Monferrato, Italien, angelegt worden, zu der Deutschland 2 Klone beigetragen hat. Die Sammlung dient als Mutterquartier für die Versorgung mit Versuchsmaterial, z.B. in Projekten wie dem unten erwähnten „EUROPOP“.

Wegen der Seltenheit intakter Auwälder, ist die *In-situ*-Erhaltung der Restvorkommen in Auwäldern vordringlich. Unter anderem wird hierbei auch eine Zusammenarbeit mit dem World-Wide-Fund for Nature (WWF) angestrebt. Über die europaweiten Vorkommen der Schwarzpappel wird im Rahmen des Netzwerkes eine Datenbank aufgebaut in der auch Daten zu den Schwarzpappelvorkommen in Deutschland gesammelt werden sollen. Die *Ex-situ*-Erhaltung erfolgt in Erhaltungsplantagen und Mutterquartieren nach Stecklings- und *In-vitro*-Vermehrung.

An einem 2001 abgeschlossenen, durch die Europäische Union finanzierten Forschungsvorhaben „EUROPOP“ sind unter den teilnehmenden Institutionen aus sieben Ländern auch zwei Institutionen aus Deutschland beteiligt gewesen: die Landesanstalt Hessen-Forst, Hann.-Münden sowie das Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung, Forstliche Biometrie und Informatik der Universität Göttingen. Im Projekt werden bei der Europäischen Schwarzpappel die genetische Diversität erforscht, die Biodiversität in Auwald-Ökosystemen evaluiert und Erhaltungs-Strategien entwickelt.

Dazu wurden über 1.500 Schwarzpappel-Individuen aus 23 Populationen an acht größeren Flüssen genetisch, phänotypisch und phänologisch (insbesondere Blüh-Pänologie) in neun Flächenländern des westlichen Europas analysiert. Es zeigte sich, dass sich die Restpopulationen in den Reliktbeständen genetisch unterscheiden und sich an die lokalen Verhältnisse angepasst haben. Bei Renaturierungsmaßnahmen sollte deshalb nach Möglichkeit auf lokales Ausgangsmaterial, welches einer Ursprungspopulation entstammt, zurückgegriffen werden.

b) Gentransfer bei Aspen (Zitterpappel)

Die Untersuchungen an gentechnisch veränderten (transgenen) Aspenklonen wurden im Berichtszeitraum fortgesetzt.

i) Etablierung von zwei Freisetzungsversuchen

Im Frühjahr 1996 wurde auf dem Gelände des Institutes für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft ein Freisetzungsversuch mit 35S-*rolC* und rbcS-*rolC* transgenen Zitterpappeln begonnen. Ziel des Versuchs war es, die Expression und Stabilität der fremden Gene über einen Zeitraum von fünf Jahren zu untersuchen. Weiter wurden Untersuchungen zu Interaktionen zwischen Mykorrhizapilzen und dem Wurzelsystem transgener Aspenklone sowie zum Hormon- und Kohlenhydratmetabolismus in *rolC* transgenen Aspenklonen und deren mögliche Auswirkungen auf phytopathologische Eigenschaften durchgeführt. Der Versuch wurde im Oktober 2001 beendet. Ergebnisse sind im letzten Pappel-Bericht (BML, 2000) beschrieben worden.

Im Jahr 2000 wurde ebenfalls auf dem Gelände des Institutes für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung in Zusammenarbeit mit der Universität Tübingen ein zweiter Freisetzungsvorhaben mit gentechnisch veränderten Zitterpappeln begonnen. Ziel dieses Freisetzungsvorhabens war es, einen möglichen horizontalen Gentransfer von den transgenen Bäumen auf die im Wurzelsystem in Symbiose lebenden Mykorrhizapilze zu quantifizieren. In einer dreijährigen Studie wurde nach Durchmusterung von etwa 100.000 verschiedenen Mykorrhizen kein Hinweis auf einen horizontalen Gentransfer gefunden.

ii) Vegetative und generative Vermehrungskapazität von transgenen Pappeln

Im Rahmen des oben erwähnten, im Jahr 1996 begonnenen ersten Freisetzungsvorhabens mit gentechnisch veränderten (transgenen) Aspen und Hybridaspens bildete ein Baum im Jahr 1998 im Alter von drei Jahren zwei weibliche Blütenknospen, zwei Jahre später erhöhte sich die Zahl auf insgesamt zwölf blütenknospentragende Bäume. Interessant war, dass alle zwölf Bäume das *35S-rolC* Genkonstrukt trugen. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass die beobachtete frühe Blütenbildung spezifisch für das übertragene Konstrukt ist und somit nicht auf transgene Bäume mit anderen Konstrukten übertragen werden kann.

In den Jahren 1999 bis 2001 wurden auf der Freisetzungsfeldfläche kleine Pflanzen gefunden, die offenbar Abkömmlinge aus Wurzelbrut darstellten. Eine Untersuchung hinsichtlich des transgenen Status ergab, dass etwa die Hälfte gentechnisch verändert war.

Vegetative Vermehrung über Wurzelbrut ist bei Pappeln bekanntermaßen weit verbreitet. Somit sollte für die Risikoeinschätzung von transgenen Pappeln und anderer Arten, die zu vegetativer Vermehrung neigen, zusätzlich zur generativen Fortpflanzungskapazität auch die vegetative Vermehrung berücksichtigt werden.

iii) Eigenschaften von Holz aus gentechnisch veränderten Bäumen

Material des im Oktober 2001 beendeten ersten Freisetzungsvorhabens wurde verwendet, um Eigenschaften von Holz aus *35S-rolC* und *rbcS-rolC* gentechnisch veränderten Bäumen zu untersuchen. Die Analyse der Holzproben wurde hinsichtlich (a) der Ultrastruktur des Holzes, (b) chemischer Inhaltsstoffe (Lignin, Cellulose), und (c) physikalisch-technischer Eigenschaften (u.a. Festigkeit), vorgenommen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in den Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (2004), Hamburg, Band 214 veröffentlicht. Nachfolgend werden die wichtigsten Ergebnisse genannt:

Mikroskopische Untersuchungen des Kambiums und Xylems zeigten, dass *35S-rolC* transgene Linien im Gegensatz zur nicht-transgenen Esch5-Kontrolle und *rbcS-rolC* transgenen Linien nur sehr dünne Jahrringe aufwiesen. *RbcS-rolC* transgene Pappeln wie auch die Kontrolle hatten im kambiumnahen Xylem Spätholzfaser mit stark verdickten Zellwänden, während die *35S-rolC* transgenen Linien oft Spätholzfaser mit wenig verdickten Wänden zeigten. In chemischen Untersuchungen wurden ligninstämmige Pyrolyseprodukte sowie Gerüstpolysaccharide analysiert. In Kombination mit multivariater Hauptkompo-

nentenanalyse ist es gelungen, das Holzgewebe der Kontrollproben sowie der *rbcS-rolC* transgenen Linien hinsichtlich ligninstämmiger Pyrolyseprodukte von den *35S-rolC* transgenen Aspen zu differenzieren. Weiter ließ sich trotz vergleichsweise hoher Schwankungen innerhalb der Kollektive der unveränderten Esch5-Kontrollen sowie der *rbcS-rolC*-transgenen und der *35S-rolC*-transgenen Aspen aus den Ergebnissen ableiten, dass die Kontrollbäume einen höheren Anteil an Gerüstpolysacchariden aufwiesen als die transgenen Bäume. Diese Unterschiede wurden besonders im Cellulosegehalt deutlich. Interessanterweise enthielten die transgenen *35S-rolC*-transgenen Aspen dafür einen um etwa 4% höheren Gehalt an Klason-Lignin. Dieser Befund erklärt die im Rahmen der holzphysikalischen Untersuchungen gefundenen Ergebnisse, dass *35S-rolC*-transgenen Aspen erhöhte Rohdichten im Vergleich zu *rbcS-rolC*-transgenen und Kontrollpflanzen zeigen.

iv) Stabilität der Expression von fremden Genen unter Stress

In einem vom Umweltbundesamt und vom Ministerium für Umwelt, Natur und Forsten des Landes Schleswig-Holstein finanzierten Projekts werden am Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Fragen zur Expression und Stabilität von fremden Genen in gentechnisch veränderten Zitterpappeln in kontrollierten Klimakammerversuchen unter gleichzeitiger Applikation von Stress (Temperatur und UV-Licht) getestet. Zwei verschiedene Genkonstrukte mit dem *uidA*-Gen (GUS-Expression) wurden gewählt: *35S-uidA* und *rbcS-uidA*. Insgesamt wurden 20 Klimakammerversuche mit verschiedenen transgenen Linien durchgeführt.

Im Gesamtergebnis wurde festgestellt, dass keine Hinweise auf prinzipielle Instabilitäten der GUS-Expression unter Stress gefunden werden konnten, auch wenn morphologisch eine Wachstumsrepression bei hohen Temperaturen gefunden wurde. Zusammengefasst lässt sich schlussfolgern, dass in transgenen Pappeln die Expression fremder Gene nach Applikation von Stress zwischen den verschiedenen untersuchten Linien mit nur einer T-DNA Kopie variiert. Gründe für die beobachteten linienabhängigen GUS-Expressionsmuster können der unterschiedliche Promotor (*rbcS* versus *35S*) sowie jeweils verschiedene genomische Integrationsorte der T-DNA sein. Das Vorliegen einer Transgen-Wiederholung am Insertionsort (zwei T-DNA Kopien) führte nicht zu einer Inaktivierung des Transgens.

v) Spezifische Umweltwirkungen transgener Gehölze

Im Rahmen des BMBF-Förderschwerpunkts "Sicherheitsforschung und Monitoring" im Programm der Bundesregierung "Biotechnologie 2000" wird ein Verbundvorhaben der Arbeitsgruppe VI "Gehölze" mit dem Titel "Spezifische Umweltwirkungen transgener Gehölze" von 2002 bis 2007 gefördert. Dieses Verbundvorhaben, das vom Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft koordiniert wird und an dem sechs Arbeitsgruppen beteiligt sind, beschäf-

tigt sich mit Fragen der biologischen Sicherheit bei gentechnisch veränderten Gehölzen, u.a. der Pappel. Damit wird der Notwendigkeit Rechnung getragen, mögliche ökologische und umweltrelevante Konsequenzen, die mit der Freisetzung gentechnisch veränderter Pappeln verbunden sind, rechtzeitig zu erkennen und gegebenenfalls zu verhindern. Mit der Etablierung dieses Verbundvorhabens sollen in Kooperation mit Arbeitsgruppen, die in anderen Verbundvorhaben an vergleichbaren Forschungsansätzen mit ein- und zweijährigen, krautigen Pflanzen arbeiten, die Risiken einer Nutzung transgener Pappeln kalkulierbar gemacht sowie Bedingungen untersucht werden, unter denen transgene Pappeln ökologisch und umweltverträglich sind.

vi) Etablierung einer männlichen und weiblichen Sterilität in transgenen Pappeln

In heimischen Waldökosystemen muss wegen fehlender Barrieren eine freie Kreuzbarkeit zwischen gentechnisch veränderten und nicht gentechnisch veränderten Bäumen angenommen werden. Daher ist eine Introgression der gentechnisch übertragenen Gene (Transgene) in den Genpool der entsprechenden Arten zu erwarten ("vertikaler Genfluss"). Eine mögliche Strategie zur Verhinderung dieses vertikalen Gentransfers ist die Induktion einer männlichen und/oder weiblichen Sterilität, ohne die Bildung von Blütenorganen zu verhindern. Hierbei ist es darüber hinaus sehr wichtig, eine lebenslange Stabilität der gentechnisch-induzierten Sterilität zu gewährleisten.

Sicherheitsstudien bei transgenen Forstpflanzen leiden jedoch unter der Problematik von langen Generationszeiten bei Bäumen. Beispielsweise benötigen Pappeln 8 bis 20 Jahre für den Eintritt in die generative Phase. Im Rahmen der Untersuchungen ist daher zunächst die Förderung der Blühinduktion bei transgenen Pappeln wichtig, um Studien zur Sterilität durchführen zu können. Vier verschiedene Genkonstrukte wurden in diesem Projekt zur Förderung der Blühfähigkeit verwendet. Eine frühe Blütenbildung ist bei zwei bis fünf Monaten alten transgenen Pflanzen beobachtet worden, die das 35S-*Leafy*-Genkonstrukt enthielten.

Männliche und weibliche „normalblühende“ Pappelklone wurden bereits mit allen vorhandenen Sterilitätskonstrukten transformiert. Dazu gehören BpMADS1::*Barnase*, PTA29::*Barnase*, PTA29::*Vst1*, C/GPDH-C::*Barnase* und C/GPDH-C::*Vst1*. Darüber hinaus sind bereits mehrere Linien erzeugt worden, die gleichzeitig ein Sterilitäts- und ein Frühblühgen (*RoIC* bzw. *Leafy*) besitzen. Damit wird es zum ersten Mal möglich sein, in einem überschaubaren Zeitraum von zwei bis drei Jahren Aussagen über die Fertilität/Sterilität der Blüten zu machen, die von den frühblühenden, mit Sterilitätskonstrukten transformierten Pappellinien gebildet werden.

vii) Phytoremediation von schwermetallbelasteten Flächen

Bäume könnten zur pflanzlichen (Phyto-) Sanierung von Böden eingesetzt werden, die mit Schwermetallen belastet sind. In einem Projekt der Universität Freiburg, Professur für Baumphysiologie, wurden transgene Pappeln erzeugt, die eine erhöhte Glutathion-

Konzentration aufweisen. Diese transgenen Pappeln haben in Gewächshaus-Untersuchungen ein großes Potenzial für die Aufnahme von Schwermetallen und Pestiziden gezeigt. Sie nehmen in erhöhtem Maße die Schwermetalle auf und deponieren sie in den Blättern.

Glutathion spielt beim Schutz der Pflanze gegen verschiedene Stress- und Umweltfaktoren eine zentrale Rolle. Es kann toxische Verbindungen über chemische Reaktionen „entgiften“. Das Ergebnis sind Verbindungen (Konjugate), die in von Membranen umschlossene Abschnitte (Vakuolen) der Pflanzenzellen, abgelagert werden.

Bevor diese Pflanzen jedoch in der Praxis eingesetzt werden können, sind mögliche nachteilige Umweltauswirkungen zu überprüfen. So gilt es in einem Freilandexperiment abzuklären, ob der erhöhte Glutathion-Gehalt einen Einfluss auf die Bodenmikroflora im Wurzelbereich hat. Zudem soll untersucht werden, ob ein horizontaler Gentransfer auf assoziierte Mykorrhizapilze möglich ist.

viii) Nachweis von fremden Genen im Holz

Für einen vorsorgenden Verbraucherschutz ist es außerordentlich wichtig, Methoden zu erarbeiten, um eine gentechnische Veränderung im entrindeten Holz nachzuweisen, damit in Verkehr gebrachtes gentechnisch verändertes Holz erkannt werden kann. Daher hat das Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Holzproben von transgenen Bäumen und nicht-transgenen Kontrollpflanzen von freigesetzten transgenen Pappeln gewonnen. Aus verschiedenen Fraktionen (Kambium-Rinde, Früh-, Spätholz) von frisch geernteten sowie aus fünf und zwölf Monate gelagerten Holzproben wurde genomische DNA extrahiert. Höchste DNA-Gehalte wurden von Kambium-Rinde erhalten, wobei allerdings die Qualität der DNA gering war. In PCR- und Southern-Blot-Untersuchungen konnten im Früh- und im Spätholz sowohl Zitterpappel-spezifische genomische als auch die gentechnisch übertragenen Gene nachgewiesen werden. Damit ist es zum ersten Mal gelungen, fremde Gene in bis zu zwölf Monaten gelagertem Holz, das von gentechnisch veränderten Bäumen stammt, nachzuweisen.

c) Genomforschung bei Pappeln

i) Markierung von Genen mit Hilfe von Transposonen

Bäume sind durch eine Vielzahl spezifischer Eigenschaften, wie Langlebigkeit und intensive Holzbildung charakterisiert, die zweifellos unter strenger genetischer Kontrolle stehen. Dabei ist zu erwarten, dass mehrere Gene an den genannten Prozessen beteiligt sind. Ziel des Projekts, das vom Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft durchgeführt wird, ist die Isolierung und Charakterisierung von regulatorischen und anderen Gensequenzen, die spezifisch für Bäume sind. Für die Untersuchungen stehen Vertreter der Gattung *Populus* (Pappeln) zur

Verfügung. Pappeln können als ein Modellsystem für Bäume aufgefasst werden, da diese Pflanzen über ein relativ kleines Erbgut (Genom) verfügen und gleichzeitig der gentechnischen Veränderung über das *Agrobacterium tumefaciens*-System leicht zugänglich sind. Weiterhin ist für die Pappel als dritte Pflanzenart überhaupt nach *Arabidopsis* und Reis die Sequenz des gesamten Erbguts bekannt.

Der Ansatz leitet sich aus den Ergebnissen früherer Arbeiten ab. Dort wurde zum ersten Mal gezeigt, dass die gentechnische Übertragung eines Transposons (*Ac* aus Mais) in das Genom von Pappeln möglich ist, und dass *Ac* seine ursprüngliche Position im Konstrukt verlassen und irgendwo im Genom re-integrieren kann (Transposition). Weiterhin wurde festgestellt, dass eine Transposition von *Ac* in den nun sechs Jahre alten transgenen Pflanzen immer noch stattfindet.

Die Ergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

- (a) Die neuen Positionen von *Ac* im Genom der Zitterpappel liegen zu einem hohen Prozentsatz in oder in der Nähe von kodierenden Regionen. Dieses Ergebnis stellt eine Voraussetzung dar, um *Ac* in haploiden Pappeln für "Knock-Out" Experimente (Ausschalten von Genen, um auf ihre Funktion aus Veränderungen im Phänotyp zu schließen) bzw. in diploiden Pappeln für "Activation Tagging" Experimente (Steigerung der Aktivität von Genen, um auf ihre Funktion aus Veränderungen im Phänotyp zu schließen) einzusetzen.
- (b) Ein Vergleich der Integration in kodierende Regionen bei *Ac* und T-DNA ergab, dass *Ac* für einen Gen-Tagging Ansatz besser geeignet ist als T-DNA.

ii) Geschlechtsdifferenzierung bei Pappeln

Die Mehrzahl der auf der Erde vorkommenden höheren Pflanzen ist hermaphroditisch oder zwittrig. Weniger als 4% der Pflanzenarten jedoch sind diözisch oder zweihäusig. Die beiden Gattungen der Salicaceae, *Salix* und *Populus*, zählen zu den diözischen, verholzenden Angiospermen. Das Ziel eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanzierten Forschungsvorhabens ist, bei der Aspe (Zitterpappel, *Populus tremula* L.) molekulare Marker für männliche oder weibliche Pflanzen zu entwickeln. Das zur Verfügung stehende Material stammt aus Kreuzungsversuchen zwischen der Europäischen (*Populus tremula* L.) und der Amerikanischen (*Populus tremuloides* Michx.) Aspe. Die F1-Pflanzen haben inzwischen die generative Phase erreicht, so dass das Geschlecht der Pflanzen bestimmt werden konnte.

Zunächst erfolgte die Untersuchung des Pappelgenoms mit Hilfe der AFLP-Technik. Bis zum jetzigen Zeitpunkt wurden die Eltern und die Nachkommen zuerst in einer "Bulk-Segregant-Analyse", dann in Einzelindividuenanalysen mit mehr als 200 verschiedenen Primer-Enzymkombinationen (PECs) getestet und auf Polymorphismen durchgesehen. Bisher wurden neun DNA-Fragmente identifiziert, die eine dem Geschlecht entsprechende Spaltung aufweisen. Drei dieser Fragmente wurden aus dem AFLP-Gel ausgeschnitten, kloniert und sequenziert. Datenbankrecherchen ergaben, dass eines dieser Fragmente eine

hohe Ähnlichkeit mit einer bereits bekannten Sequenz aufweist, die aus cDNA-Bibliotheken von Pappelblüten stammt. Zur Zeit wird eine Genkarte der beiden Eltern erstellt, auf der AFLP- sowie Mikrosatelliten-Marker kartiert werden. Weiter wurde eine genomische BAC-Bibliothek von *Populus tremuloides* erstellt.

d) Untersuchungen zum Genfluss bei Zitterpappeln

Im Arboretum des Instituts für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung, der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft wurden im Jahr 2002 fünf weibliche Bäume identifiziert, die im gleichen Jahr geblüht haben und Samenansatz zeigten. Die Nachkommenschaft von zwei Bäumen wurde im weiteren Verlauf untersucht. Im o.g. Arboretum wurden insgesamt 47 verschiedene, putative Vätergenotypen identifiziert und kartiert. Mit Hilfe von hochauflösenden Mikrosatelliten-Genorten sollte der Frage nachgegangen werden, welchen Anteil benachbarte Bäume am Genfluss bei Windbestäubern haben bzw. ob ein nennenswerter Anteil des Pollens doch von weiter entfernt stehenden Bäumen stammt.

Für die Vaterschaftsanalyse haben sich bevorzugt Mikrosatelliten-Genorte als geeignete Marker erwiesen. Sowohl in den Pappel-Alt bäumen als auch in der Nachkommenschaft wurden für jeden Mikrosatelliten-Genort häufige und seltene Allele gefunden. Nach einer Vaterschaftsanalyse können die erhaltenen Ergebnisse wie folgt bewertet werden:

Die überwiegende Mehrzahl (60-70 %) der an der Befruchtung beider Mutterbäume identifizierten Vaterbäume stehen in unmittelbarer Nähe der Mutterbäume (im Umkreis von nur etwa 30 bis 60 Meter Entfernung). Das bedeutet andererseits, dass 30 bis 40% des reproduktiv wirksamen Pollens von Pappeln stammt, die mehr als 100 Meter entfernt stehen.

e) Erzeugung von haploiden Pappeln

Haploide Pflanzen sind sowohl in der Pflanzenzüchtung als auch für Genomuntersuchungen ein sehr geschätztes Ausgangsmaterial. Allerdings waren bisher alle Anstrengungen, haploide Bäume langfristig zu erhalten, nicht erfolgreich, da frühzeitig ein spontanes Aufregulieren zum diploiden Status gefunden wurde. Daher wurden eigene Versuche zur Erzeugung einer haploiden Linie initiiert. Als Ansatz wurde ein Weg über die Isolierung, Kultivierung von Mikrosporen und Regeneration von haploiden Pflanzen gewählt. Diese Versuche erbrachten, dass wenigstens sechs verschiedene haploide Linien zur Verfügung stehen. Eine Linie wächst trotz ihres haploiden Status gut. Eine andere Linie hat schon seit über zwei Jahren den haploiden Status beibehalten.

IV Allgemeine Angaben

1 Nationale Pappelkommission

Vorsitzer der nationalen Pappelkommission ist der Leiter der Abteilung 5 (Ländlicher Raum, Sozialordnung, Pflanzliche Erzeugung, Forst- und Holzwirtschaft) des Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft.

Das Sekretariat der nationalen Pappelkommission wird vom Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft geführt.

Anlage 1

Der vorliegende Bericht stützt sich in erster Linie auf Fachbeiträge folgender Personen und Institute:

Bundesforschungsanstalt für
Forst- und Holzwirtschaft
Leuschnerstraße 91
21027 Hamburg
www.bfafh.de

Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)
Dr. Ing. A. Schütte
Dorfplatz 1
18276 Gülzow
www.fnr.de

Bund-Länder-Arbeitsgruppe
Forstliche Genressourcen und Forstsaagutrecht
www.genres.de/fgr/blag/

Hessen-Forst
Forsteinrichtung, Information, Versuchswesen
Prof.-Oelkers-Straße 6
34346 Hann.-Münden
www.hessen-forst.de

Regierungspräsidium Kassel
Baumzuchtregister
Steinweg 6
34117 Kassel

Sächsische Landesanstalt für Forsten
Graupa
Bonnewitzer Str. 34
01827 Graupa
www.forsten.sachsen.de/laf

Forstassessor M. Hofmann
Forschungsinstitut für schnellwachsende Baumarten
Veckerhäger Str. 121
34346 Hann. Münden

Ltd. Forstdirektor a.D.
Dr. Dr. habil. H. Weisgerber
Im Grübchen 16
34346 Hann. Münden

Anlage 2

Literaturverzeichnis

- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (2000): Bericht über Anbau und Nutzung von Pappeln, Aspen und Weiden in der Bundesrepublik Deutschland, Zeitraum 1996-1999. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BML). Bonn 16 p.
- Dam, B.C. van; Bordács, S. (Hrsg.) 2002: Proceedings of an Int. Symposium „Genetic diversity in river populations of European Black Poplar“ held 16. – 20. Mai 2001 in Szekszárd, Ungarn; eds. And printed by C. Nyomda Ltd. Budapest, Hungary, pp 229.
- Deutsch, F., Fladung, M., Kumlehn, J. (2003) Induction of haploid through immature pollen culture. In: Proc. Of the Intern. Congress “Sustainable forestry, wood products and biotechnology” (Biofor 02), Vitoria-Gasteiz, 11.-14. November 2002.
- Dimitri, L.; Halupa, L. (2001): *Populus alba* In: Enzyklopädie der Holzgewächse – Teil III-2; 24. Erg.-Lfg. 6/01; Ecomed Verlag
- Federal Ministry of Food, Agriculture and Forestry (2000): Report on Activities related to poplar, aspen and willow cultivation and utilization in the Federal Republic of Germany, period 1996-1999. Federal Ministry of Food, Agriculture and Forestry. Bonn 15 p.
- Fladung, M. (Hrsg.) 2003: Holzbiologische, -chemische, -technologische und phytopathologische Untersuchungen an *rolC*-transgenen Hybridaspens (*P. tremula* L. x *P. tremuloides* Michx.) aus einem Freisetzungversuch. Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg, Nr. 214, 132 Seiten.
- Fladung M. (2003) Holzbiologische, -chemische, -technologische und phytopathologische Untersuchungen an *rolC*-transgenen Hybridaspens (*P. tremula* L. x *P. tremuloides* Michx.) aus einem Freisetzungversuch. Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg, Nr. 214, 132 Seiten.
- Fladung, M. (2000) Transgenic trees for a better world? In: Proc. of the Intern. Congress "Application of Biotechnology to Forest Genetics" (Biofor-99), 22.-25. September 1999, Hrsg. S. Espinel; E. Ritter, Vitoria-Gasteiz, Spain, 2000, Seiten 339-345.
- Fladung, M. (2001) Hilft die Gentechnik der Forstpflanzenzüchtung? In: Nachhaltige Nutzung forstgenetischer Ressourcen. Tagungsbericht zur 24. Internationalen Tagung der Arbeitsgemeinschaft für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung in Pirna vom 14. bis 16. März 2000. Red. H. Wolf, Hrsg. Sächsische Landesanstalt für Forsten, Pirna, OT Graupa, Seiten 98-101.
- Fladung, M. (2002) Kann die Gentechnik in der Forstwirtschaft Anwendung finden? Österreichische Forstzeitung 113, 16-18.
- Fladung, M. (2003) Towards the safe use of transgenic trees. In: Proc. of the Intern. Congress "Sustainable forestry, wood products and biotechnology" (Biofor 02), Vitoria-Gasteiz, 11.-14. November 2002.

- Fladung, M., Kumar, S. (2002) Gene stability in transgenic aspen-*Populus*.III. T-DNA repeats influence transgene expression differentially among different transgenic lines. *Plant Biology* 4, 329-338.
- Fladung, M., Kumar, S. (2003) Isolation of tree-specific genes and promoters by a transposon tagging approach" In: Proc. of the Intern. Congress "Sustainable forestry, wood products and biotechnology" (Biofor 02), Vitoria-Gasteiz, 11.-14. November 2002.
- Fladung, M., Nowitzki, O., Ziegenhagen B., Kumar S. (2003) Vegetative and generative dispersal capacity of field released transgenic aspen trees. *Trees* 17, 412-416.
- Fladung, M.: Freisetzung gentechnisch veränderter Bäume in Schleswig-Holstein. In: *Biotechnologie*. Von Kistowski, K.; Schmidt, A.; Oesser, M. (Eds.), Schmidt Römhild, Lübeck, (2001), Seiten 24-26.
- Fladung, M.; Gieffers, W.; Muhs, H.-J. (2000) Untersuchungen zum Hormon- und Kohlenhydratmetabolismus in *rolC*-transgenen Aspenklonen (*Populus tremula* und *P. tremula* x *P. tremuloides*) und deren Auswirkungen auf phytopathologische Eigenschaften. In: *Biologische Sicherheitsforschung bei Freilandversuchen mit transgenen Organismen und anbaubegleitendes Monitoring*, Hrsg. J. Schiemann. Proc. zum BMBF-Statusseminar am 29. und 30. Juni 1999, Braunschweig, Maul Druck Verlag, Braunschweig, Seiten 37-42.
- Fladung, M.; Kaldorf, M.; Buscot, F.; Muhs, H.-J. (2000) Untersuchungen zur Stabilität und Expressivität fremder Gene in Aspenklonen (*Populus tremula* und *P. tremula* x *P. tremuloides*) unter Freilandbedingungen. In: *Biologische Sicherheitsforschung bei Freilandversuchen mit transgenen Organismen und anbaubegleitendes Monitoring*, Hrsg. J. Schiemann. Proc. zum BMBF-Statusseminar 29. und 30. Juni 1999, Braunschweig, Maul Druck Verlag, Braunschweig, Seiten 77-83.
- Fladung, M.; Muhs, H.-J. (2001) Einsatzpotential der Gentechnologie in der Forstwirtschaft. In: *Tagungsband Holz Innovativ*, Rosenheim, 7.und 8.3.2001, Kapitel 9, 4 Seiten.
- Fladung, M.; Tusch, A.; Markussen, T.; Ziegenhagen, B. (2000) Analysis of morphological mutants in *Picea*. In: Proc. of the Intern. Congress "Applications of biotechnology to forest genetics" (Biofor 99), Vitoria-Gasteiz, 22.-25. September 1999, Hrsg. S. Espinel; E. Ritter, Vitoria-Gasteiz, Spain, 2000, Seiten 167-170.
- Gebhardt, K., Pohl, A., Vornam, B. (2002): Genetic inventory of Black Poplar populations in the Upper Rhine floodplains: conclusions for conservation of an endangered plant species. In: *Proceedings of an Int. Symposium „Genetic diversity in river populations of European Black Poplar“* held 16. – 20. Mai 2001 in Szekszárd, Ungarn; eds. B.C. van Dam and S. Bordács, printed by C. Nyomda Ltd. Budapest, Hungary, p. 145 – 156
- Grünwald, C., Deutsch, F., Eckstein, D., Fladung, M. (2000) Wood formation in *rolC* transgenic trees. *Trees*, 14, 297-304.
- Grünwald, C., Fladung, M. (2000) Molekulare Regulation der Holzbildung – Sind Holz- und Faser-eigenschaften genetisch modifizierbar? Hamburg, Max Wiedebusch Kommiss.-Verl., = Mitt. Bundesforsch. Forst-Holzwirtsch., Hamburg, Nr. 200. Seiten 69-76.

- Grünwald, C., Fladung, M. (2000) Molekulare Regulation der Holzbildung – Sind Holz- und Faser-eigenschaften genetisch modifizierbar?-. In: Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Nr. 200, Kommissionsverlag Hamburg, Seiten 69-76.
- Grünwald, C., Ruel, K., Fladung, M. (2001) Morphology, wood structure and cell wall chemistry of *rolC* transgenic and non-transformed aspen trees. *Trees* 15, 503-517.
- Hellenbrand, B.; 2001: Vergleichende gelelektrophoretische Analysen der Isoenzymmuster mutmaßlich autochthoner Schwarzpappelbestände in Westfalen zwecks Untersuchung der Reinrassigkeit und Klonabgrenzung bei *Populus nigra* L. Masters' Thesis, Köln.
- Hofmann, M. (2002): Anbau von Pappeln auf landwirtschaftlichen Stilllegungsflächen zur Erzeugung von Holzstoff für die Papierherstellung. 212Merkblatt 12 des Forschungsinstitutes für schnellwachsende Baumarten, Hann. Münden; 24 Seiten, ISSN 0177-9702
- Hofmann, M. (2002): Economic aspects of black poplar, -hybrids, yield and utilisation of wood. In: Proceedings of an Int. Symposium „Genetic diversity in river populations of European Black Poplar“ held 16. – 20. Mai 2001 in Szekszárd, Ungarn; eds. B.C. van Dam and S. Bordács, printed by C. Nyomda Ltd. Budapest, Hungary, p. 205 –
- Hönicka, H., Fladung, M. (2003) Evaluation of strategies for avoiding vertical gene transfer from transgenic trees. In: Proc. of the Intern. Congress "Sustainable forestry, wood products and biotechnology" (Biofor 02), Vitoria-Gasteiz, 11.-14. November 2002.
- Janssen, A. (2002): Die Schwarzpappel. In: Seltene Bäume in unseren Wäldern – Erkennen, Erhalten, Nutzen. Stiftung Wald in Not, Band 13, 21-23.
- Janssen, A; R. Schulzke; P. Walter (2001): Sicherung von Schwarzpappel-vorkommen im Auenbereich der hessischen Eder am Beispiel einer standortangepaßten Pflanzmethode. In: Renaturierung von Bächen, Flüssen und Strömen. Schriftenreihe Angewandte Landschaftsökologie, Heft 37, 291-293.
- Joachim, H.-F, 2002 Ueber die Schwarz-Pappel (*Populus nigra* L.) Verh. Bot. Ver. Berlin Brandenburg 135: 41-67, Berlin
- Joachim, H.F. 2000 Die natürliche Verbreitung der Schwarzpappel (*Populus nigra* L.) im Bereich von Oder und Elbe The natural distribution of *Populus nigra* L. between Oder and Elbe Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie, ISSN 0323-4673, Germany, 2000, v. 34(4) p. 145-148, 3 ill. 2 charts; 29 ref. Summaries (De, En), De
- Joachim, H.F. 2000 Die Schwarzpappel (*Populus nigra* L.) in Brandenburg Schriftenreihe des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung/Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Germany, v. 11, 43 ill. Bibliography p. 62-66. Summaries (De), ISBN 3-933352-32-0, Eberswalde, Germany, 2000, 66 p., De
- Joachim, H.F. Gandert, K.D. (ed.) 2001 Zur Schwarzpappel (*Populus nigra* L.) - Hinweise zur Kenntnis und zum Erhalt der bedrohten Baumart In: Beiträge zur Gehölzkunde 2001 ISBN 3-928521-21-7, Rinteln, Germany, Gartenbild Hansmann, 2001, p. 38-48,

- Joachim, H.F. 2003 Zur Birkenblättrigen Schwarz-Pappel. *Populus nigra* L. ssp. *betulifolia* (PURSH) TORR. Beiträge für Forstwirtschaft u. Landschaftsökologie 37 (3), Eberswalde S. 97-103
- Kaldorf, M., Fladung, M., Muhs, H.J., Buscot, F. (2002) Mycorrhizal colonization of transgenic aspen in a field trial. *Planta* 214, 653-660.
- Kauter, D., I. Lewandowski, and W. Claupein, Biomasseerzeugung mit Pappeln und Aspen in Schnellwuchsplantagen: Ein Ueberblick, in: F.-X. Maidl, and W. Diepenbrock (Eds), Proceedings 45. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Verlag ueKünstlerpresse W. Bode, Freising, Germany, 2002, pp. 265-267.(E-NWS-2002-114)
- Kumar, S., Fladung, M. (2000) Transgene repeats in aspen: molecular characterisation suggests simultaneous integration of independent T-DNAs into receptive hotspots in the host genome. *Mol. Gen. Genet.* 264, 20-28.
- Kumar, S., Fladung, M. (2000) Determination of T-DNA repeat formation and promoter methylation in transgenic plants. *BioTechniques* 28, 1128-1137.
- Kumar, S., Fladung, M. (2001) Controlling transgene integration in plants. *Trends Plant Sci.* 6, 155-159.
- Kumar, S., Fladung, M. (2001) Gene stability in transgenic aspen (*Populus*). II. Molecular characterization of variable expression of transgene in wild and hybrid aspen. *Planta* 213, 731-740.
- Kumar, S., Fladung, M. (2002) Gene targeting in plants. In: SM Jain, DS Brar, BS Ahloowalia (Eds.) *Molecular Techniques in Crop Improvement*. Kluwer Academic Press, Seiten 481-499.
- Kumar, S., Fladung, M. (2002) Transgene integration in aspen: structures of integration sites and mechanism of T-DNA integration. *Plant J.* 31, 543-551.
- Kumar, S., Fladung, M. (2003) Forest Tree Transgenesis and Functional Genomics: From Fast Forward to Reverse Genetics. *Silvae Genetica* 52, 229-232.
- Kumar, S., Fladung, M. (2003) *Molecular Genetics and Breeding of Forest Trees*. The Haworth Press, Binghamton, NY, 436 Seiten.
- Kumar, S., Fladung, M. (2003) Somatic mobility of the maize element *Ac* and its usability for gene tagging in aspen. *Plant Mol. Biol.* 51, 643-650.
- Kumar, S., Fladung, M. (2003) Stability of transgene expression in aspen. In: Kumar S., Fladung M. (Eds.) *Molecular Genetics and Breeding of Forest Trees*. The Haworth Press, Binghamton, NY. S. 293-308.
- Kumar, S.; Fladung, M. (2000) Molecular analyses of stable and unstable transgenic aspen-*Populus* lines. In: Proc. of the Intern. Congress "Applications of biotechnology to forest genetics" (Biofor 99), Vitoria-Gasteiz, 22.-25. September 1999, Hrsg. S. Espinel; E. Ritter, Vitoria-Gasteiz, Spain, 2000, Seiten 387-395.

- Kumar, S.; Fladung, M. (2000) Molecular characterization of stable and unstable transgenic aspen (*Populus*). In: Biotechnology 2000, The World Congress on Biotechnology, 3-8 September 2000, Berlin, Vol. 3, 2000, Seiten 194-196.
- Lefèvre, F., Bordacs, S., Cotrell, J., Gebhardt, K., Smulders, M.J.M., vanden Broeck, A., Vornam, B. and B.C. van Dam (2002): Recommendations for riparian ecosystem management based on the general frame defined in EUFORGEN and results from EUROPOP. In: Proceedings of an Int. Symposium „Genetic diversity in river populations of European Black Poplar“ held 16. – 20. Mai 2001 in Szekszárd, Ungarn; eds. B.C. van Dam and S. Bordács, printed by C. Nyomda Ltd. Budapest, Hungary, p. 157 – 161
- Liesebach, M.; Hofmann, M.: 2000: Pappeln statt Brache, Holzplantagen im Kurzumtrieb werden jetzt interessant. Dlz agarmagazin 12/2000, s. 42-45
- Makeschin, F. 1999: Short rotation forestry in central and northern Europe – introduction and conclusions. Forest Ecology and Management 121, 1-7
- Scholz, V.; Ellerbrock, R. (2002): The growth, productivity, and environmental impact of the cultivation of energy crops on sandy soil in Germany. Biomass and Energy 23, p. 81-92
- Scholz, V.; Hellebrand, H.J.; Höhn, A. (2004): Energetische und ökologische Aspekte der Feldholzproduktion. Bornimer Agrartechnischen Berichte Heft 35, S. 15-31
- Schulzke, R. (2000) Characterization of indigenous species of poplars in Germany. In: IPGRI *Populus nigra* network. Rep. of the sixth meeting, Rome, 2000, 31-36
- Schyndel, P. van 2001. Untersuchungen zur Reinrassigkeit und Klonabgrenzung bei der Schwarzpappel. Vergleichende gelelektrophoretische Analysen der Isoenzymmuster mutmaßlich autochthoner *Populus nigra* L. Bestände im Rheinland und im Münsterland. [Investigation on species purity and clonal identity of black poplar. Comparative gelelectrophoretic analyses of isoenzymatic patterns of putatively autochthonous *Populus nigra* stands in Rhineland and Muensterland] Masters' Thesis, Köln, 188 p.
- Weisgerber, H. 1999: *Populus nigra* LINNÉ, 1753. In: Schütt, P., Schuck, H. J., Lang, U. M., Roloff, A. (Hrsg.): Enzyklopädie der Holzgewächse. Handbuch und Atlas der Dendrologie. 16. Erg. Lfg. 6/99, III-2. Ecomed Verlagsges., Landsberg/Lech, 1-18.
- Weisgerber, H. 2000: Monoklonkulturen und Formenvielfalt bei Pappeln – Über das Phänomen der Tolerierung vermeidbarer Anbaurisiken. Die Holzzucht 53, 1-4.
- Weisgerber, H. 2000: *Populus euphratica* OLIVIER, 1801. In: Schütt, P., Weisgerber, H., Schuck, H. J., Lang, U. M., Roloff, A. (Hrsg.): Enzyklopädie der Holzgewächse. Handbuch und Atlas der Dendrologie. 22. Erg. Lfg. 12/00, III-2. Ecomed Verlagsges., Landsberg/Lech, 1-10.
- Weisgerber, H. 2002: *Populus trichocarpa* TORR. et A. GRAY ex HOOK., 1852. In : Schütt, P., Weisgerber, H., Schuck, H. J., Lang, U. M., Roloff, A. (Hrsg.): Enzyklopädie der Holzgewächse. Handbuch und Atlas der Dendrologie. 30. Erg. Lfg. 12/02, III-2. Ecomed Verlagsges., Landsberg/Lech, 1-15.

Anlage - VIII -

- Weisgerber, H. 2003: *Populus fremontii* S. WATSON, 1875. In: Schütt, P., Weisgerber, H., Schuck, H. J., Lang, U. M., Roloff, A., Stimm, B. (Hrsg.): Enzyklopädie der Holzgewächse. Handbuch und Atlas der Dendrologie. 34. Erg. Lfg. 12/03, III-2. Ecomed Verlagsges., Landsberg/Lech, 1-11.
- Ziegenhagen, B.; Brettschneider, R.; Kuhlenkamp, V.; Fladung, M. (2002) Non-Radioactive labelled amplified fragment length polymorphism for application in forest trees. In: K Van Dyke; C Van Dyke; K Woodfork (Eds.), Luminescence biotechnology: instruments and applications. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press, Seiten 211-222.