

Neuzüchtung und Erprobung bisher nicht registrierter Weidenklone und -sorten.

Karl Gebhardt

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Abt. C
Prof. Oelkers-Str. 6, 34346 Hann. Münden

Artenvielfalt und Besonderheiten der Gattung *Salix*

Die Gattung *Salix* umfaßt weltweit 330 bis 500 Arten mit einem Genzentrum in China (ZHENFU et. al. 1999) weiter Verbreitung in ganz Asien, Nordamerika, Europa und der früheren Sowjetunion (DICKMANN & KUZOVKINA 2008). Botaniker unterteilten die Gattung *Salix*, die zu den ältesten voreiszeitlichen Blütenpflanzen zählt, entsprechend den Wuchsformen, baumartig, strauchartig und kriechend in Artengruppen. Mit fortschreitender Anzahl molekularer Befunde sucht man heute nach einer Gliederung entsprechend der Phylogenie. Abweichend von der früheren Untergliederung der Salicaceen in die Gattungen *Salix*, *Populus*, *Chosenia* und *Toisusu* werden heute 55 Gattungen mit insgesamt ca. 1010 Arten zu den Weidengewächsen gezählt (STEVENS 2008). *Salix* (Weide) ist in Deutschland mit mehr als 40 Arten die wohl artenreichste einheimische Gehölzgattung. Die für die Biomasseproduktion weltweit interessanten 33 Weidenarten werden nach DICKMANN & KUZOVKINA (2008) fünfzehn verschiedenen Sektionen zugeordnet. Das Verbreitungsgebiet der Gattung erstreckt sich über eine gewaltige ökologische Amplitude von der arktischen Tundra über die gemäßigte Zone bis in die Tropen und von der Meeresküste bis in hochalpine Lagen. Die natürliche Verbreitung der Arten korreliert mit der artspezifischen Standortstoleranz. An den Boden stellen die meisten Weidenarten kaum spezifische Ansprüche (LAUTENSCHLAGER 1989). Raschwüchsigkeit, hohe Frostresistenz sowie Überschwemmungstoleranz verschaffen Weiden an vielen Standorten Konkurrenzvorteile gegenüber anderen Baum- und Straucharten (Abb. 1).



Abb. 1: Vergesellschaftung von *Salix alba* (links) und *Salix fragilis* (rechts) an der Weser.

ZANDER et al. (1995) weisen darauf hin, dass die Gattung *Salix* in Deutschland nicht nur reine Arten aufweist, vielmehr existieren neben Artbastarden auch Mehrfachbastarde und hybridogene Formenschwärme, die voll lebens- und konkurrenzfähig sind. Die ausgeprägte phänotypische Variabilität innerhalb der Arten erschwert die Artbestimmung. Phänotypisch variabel ist nicht nur die Behaarung, es sind auch die Merkmale der Blüten, Blätter und der Rinde. Die vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten der Weiden einschließlich der Korbflechterei haben zu einer weltweiten Verbreitung einzelner Klone beigetragen.

Weidenhybriden haben als Sorten für den Kurzumtrieb und die Energieholzproduktion eine zunehmend größere ökonomische Bedeutung. Die derzeit marktbeherrschende Stellung schwedischer Weidensorten, die in ganz Europa vermarktet werden, kann den Ansprüchen einer Weidenwirtschaft mit zahlreichen Produktlinien und vielfältigsten ökologischen Bedingungen südlich von Schweden nicht allein gerecht werden. Zwölf Jahre nach Beendigung des von LINDEGAARD & BARKER (1997) beschriebenen European-Willow-Breeding-Programmes gibt es heute auch in Deutschland erstmalig ein Weidenzüchtungsprojekt, das vom Bundesminister für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Projektträger: Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe e.V.) mit dem Titel „Neuzüchtung und Erprobung bisher nicht registrierter Weidenklone und -sorten“ noch bis 30.9.2011 (FKZ: 22012409, <http://www.weidenzuechtung.de>) gefördert wird. An dieser Stelle werden Grundlagen, Voraussetzungen und Züchtungsstrategien diskutiert sowie erste Aktivitäten des Projektes beschrieben.

Genetisches System

Das genetische System der Weiden erlaubt die Entstehung neuer Phänotypen und Arthybriden. Damit ist sowohl die Erhaltung der Anpassungsfähigkeit als auch die Anpassung an wechselnde Umweltbedingungen sichergestellt. Die Zweihäusigkeit der Gattung fördert das Auskreuzen. Die im Vergleich zu Pappeln relativ großen Pollen der Weiden werden hauptsächlich von Honigbienen, Hummeln und anderen Insekten übertragen, die ihrerseits von artspezifischen Düften angelockt und mit Nektar belohnt werden. Begünstigende Wetterlagen können aber auch eine Windbestäubung ermöglichen. Der plastische und effiziente Bestäubungsmodus (Insekten- und fakultative Windbestäubung), kombiniert mit Windausbreitung, bewirkt einen hohen Genfluss innerhalb und zwischen Populationen und rasche Änderungen im Gen-Pool. Obgleich Weidenarten als leicht hybridisierbar gelten, weisen CHMELAR & MEUSEL (1979) sowie NEUMANN (1981) mit Recht daraufhin, dass eine natürliche Hybridisierung von Weidenarten keineswegs so häufig anzutreffen ist, wie allgemein angenommen wird. Morphologische Unterschiede der Blüten- und Insektenorgane, unterschiedliche Blühzeiten, Arealunterschiede, Standortpräferenzen und der daraus resultierenden unterschiedlichen innerartlichen Vergesellschaftung, geringe Pollenproduktion, die Blütenstetigkeit von Insekten, die geringe Lebensfähigkeit des Pollens und die geringe Neigung zur Windbestäubung schränken eine natürliche Hybridisierung potentiell kompatibler Partner ein. Treffen Gameten verschiedener Arten trotz aller genannten Hindernisse aufeinander und verschmelzen dennoch nicht zu einer Zygote, sprechen die Botaniker

(SPRINGER 2007) von einer gametischen Isolation. Auf der Plasmamembran der Samenzellen beziehungsweise auf der Eihülle befinden sich artspezifische Makromoleküle, die bei artgleicher Paarung wie Schloss und Schlüssel zueinander passen. Trifft nun artfremder Pollen zeitgleich mit artigenem auf die Narbe, muss der Pollenschlauch der fremden Art schneller wachsen als der des artigenen Pollens, um zur Befruchtung zu führen. Schon die Versuche von WICHURA (1865) und HERIBERT-NILSSON (1918) zeigen, dass zwischen den von RECHINGER (1958) beschriebenen Untergattungen *Amerina* und *Caprisalix* eine unvollständige genetische Inkompatibilität ausgebildet ist. Auch die Entstehung von Untergattungshybriden wie *Salix x hippophaefolia* (*triandra x viminalis*) wird beschrieben.

Unterschiedliche Ploidieverhältnisse der Eltern können sowohl eine fehlende Gametenproduktion als auch eine höhere Bastardsterblichkeit bewirken.

Wie bei allen Salicaceae ist die Ausbildung eines Endosperms auch bei Weiden unterentwickelt. Die Keimung ist zwar generell lichtbedürftig, kann jedoch auch schon vorzeitig in der geschlossenen Samenkapsel erfolgen (GEBHARDT 1992).

Kreuzungsarbeiten und Anzucht der Nachkommen

Aus diesen Gegebenheiten wurden praktische Maßnahmen abgeleitet, die sich als Voraussetzung für den Kreuzungserfolg bestätigt haben.

- Antherenentwicklung kontrollieren, Pollen frühzeitig gewinnen,
- trocken und kühl (4 °C) lagern.
- jedes männliche Kätzchen nutzen (Pollenmenge optimieren)
- Triebe mit weiblichen Blüten bewurzeln
- wiederholte, isolierte Kreuzungen im Gewächshaus durchführen
- alternativ freie Abblüten sammeln (vor dem Platzen der Kapseln isolieren)

Für die Kreuzungsarbeiten standen die im Salicetum und in weiteren Klonsammlungen der Nordwestdeutschen forstlichen Versuchsanstalt, Abt. C in Hann. Münden vorhandenen 350 Klone von 40 Weidenarten, siehe GEBHARDT (1992) zur Verfügung. Bevorzugt wurden jedoch baum- und strauchartig wachsende Weidenklone mit hohem Potential für Biomasseproduktion verwendet (Abb. 2).



Abb. 2: Einjährige, 3,40 m hohe Aufwüchse des Klons 154/68 *S. alba* cv. Rockanje an der B80 (auf 11jähriger Wurzel).

Dazu zählen nach unseren Beobachtungen sowie Angaben aus der Literatur (WEGER *et al.* 2005, WEGER & HAVLÍČKOVÁ 2009, BOELCKE 2006, SCHWARZE & RÖHRICHT 2006, HÖRANDL *et al.* 2002) Klone der Arten *S. viminalis*, *S. alba*, *S. malisi*, *S. caprea*, *S. triandra*, *S. daphnoides*, *S. purpurea* sowie *S. x smithiana*, *S. x rubens*, *S. x helix*, *S. x alopecuroides* und dreifache Hybriden wie *S. dasyclados*.

Einzelne baumartige Weiden, die im Salicetum Vaake seit über 40 Jahren in 3jährigem Turnus zurückgeschnitten wurden entwickelten dort auf sandigem Lösslehm bei einer Jahresdurchschnittstemperatur von 8,5 °C und durchschnittlich 750 mm Niederschlag (345 mm in der Vegetationszeit) in den letzten 5 Vegetationsperioden (2005 -2010) Aufwüchse von über 10 m Höhe bei einem BHD von >14 cm, siehe Abb. 3. Dies entspricht den Wuchsleistungen wie sie auch von LATTKE (1967) für Kreuzungsnachkommen und selektierte Klone von *S. alba* L. beschrieben wurden.

Da die meisten Weidenarten an einjährigen Aufwüchsen auf mehrjähriger Wurzel ausreichend Blütenknospen ansetzen, konnte auf die Nutzung mehrjähriger Aufwüchse zur Blütenproduktion meist verzichtet werden. In Tab. 1 und 2 sind die in diesem Jahr erfolgreich durchgeführten Kreuzungskombinationen und die aus freier Abblüte gewonnenen Nachkommenschaften aufgelistet: Wie erwartet zeigten intraspezifische Kreuzungen (Abb. 3) die beste Fertilität und produzierten zahlreiche Samenstände (Abb. 4).

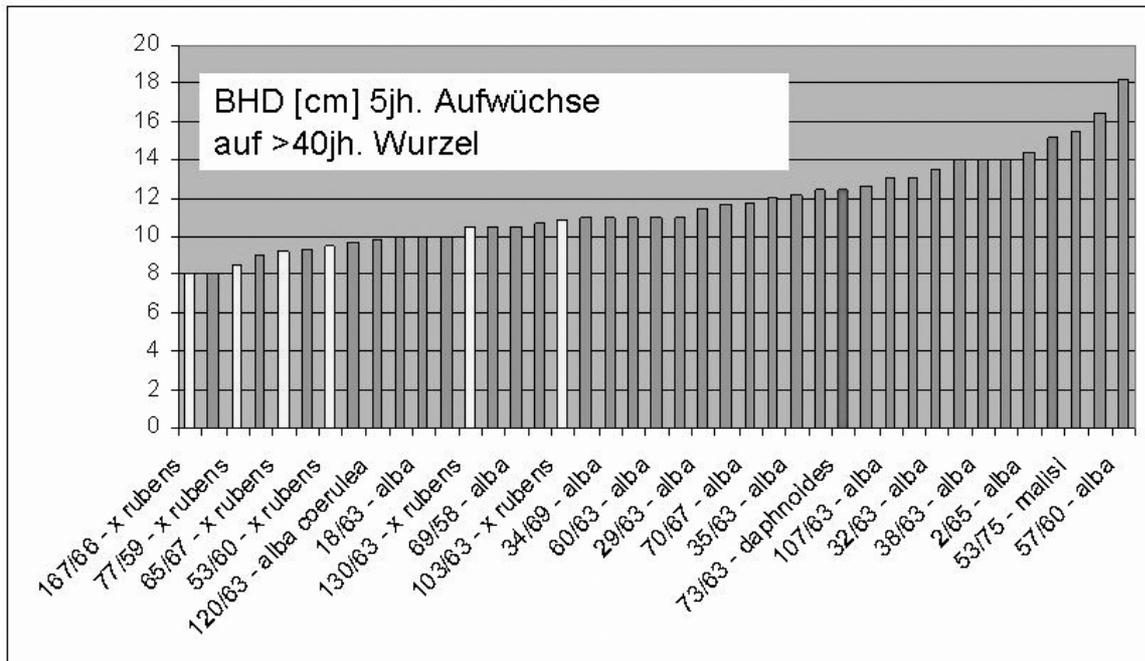


Abb. 3: Dickenwachstum fünfjähriger Aufwüchse auf > 40jähriger Wurzel im Salicetum Vaake

Abb. 4: Fruchtsatz bei einer Kreuzung (*S. viminialis* x *smithiana*) des Jahres 2010. Die Fruchtsätze enthalten geschätzt >1000 Keimlinge.

Überraschender Weise überlebte Saatgut ohne jede Vorbehandlung sowohl die Lagerung bei -20°C oder -40°C als auch das einmalige Einfrieren und Auftauen in Flüssigstickstoff, siehe Abb. 5.



Abb. 5: Keimende Sämlinge nach Gefrierkonservierung der Samen in Flüssigstickstoff (-196°C). Die Samen keimen auf Filterpapier.

Eine Optimierung der Keimungsbedingungen wurde durch die Verwendung von Seesand in Petrischalen erreicht. Die Gefäße wurden bis zum Auflaufen der Keimlinge im Klimaschrank bei 23°C und einem 12h - Tag unter weißem Kunstlicht (ca. 1000 Lux) platziert. Das Pikieren der Keimlinge erfolgte nach 4 bis 6 Wochen in schwach gedüngte Erde in 4 cm Jiffy-Pot-Platten. Zur Förderung der weiteren Entwicklung wurden die pikierten Sämlinge ca. 2-4 Wochen unter Sprühnebel kultiviert und nach wenigstens einmonatiger Kultivierung bei Temperaturen von $23-26^{\circ}\text{C}$ in 10 cm Biocontainer getopft. Bis zum Ende der Vegetationsperiode wurden ca. 4000 getopfte Sämlinge zur Überwinterung im Glasgewächshaus platziert und an Kalthausbedingungen adaptiert (Abb. 6).



Abb. 6: Anzucht der Kreuzungsprodukte des Jahres 2009 im Gewächshaus.

Eine weitere Verbesserung der Keimung kann bei weiten Kreuzungen durch die Technik des „embryo rescues“ erfolgen. Dabei werden befruchtete Eianlagen oder unreife Samen aus den Kapseln steril explantiert und auf künstlichen Nährböden kultiviert, siehe GEBHARDT (1992).

Zuchtziele und Züchtungsstrategie

Wie bei den meisten Züchtungsobjekten müssen auch bei Weiden mehrere Eigenschaften gleichzeitig berücksichtigt und verbessert werden, also Ertrag, Krankheits- und Schädlingsresistenz, Wuchseigenschaften und Holzqualität (Rindenanteil, Ligningehalt etc.). Der Versuch, so unterschiedliche Eigenschaften allein mit dem Züchterauge also phänotypisch zu erfassen, ist fehlerbehaftet. Züchtungsziel muss es sein, den möglichen genetischen Gewinn auszuschöpfen und dabei den zeitlichen Aufwand zu minimieren.

Nach dem Aufbau einer Basiskollektion mit Sämlingen, der mindestens zwei Jahre beansprucht, können erstmals Steckhölzer gewonnen werden. Wesentliche Merkmale, wie Bewurzelungsvermögen, Stockausschlag sowie Anzahl und Masse der Austriebe sind erst bei Verwendung von Steckhölzern aussagekräftig. Unterschiede in der Blattmasse und verschiedene Resistenzen (Mehltau, Rost etc.) zeichnen sich oftmals schon im Sämlingsstadium oder den ersten beiden Entwicklungsjahren ab, müssen jedoch unter Feldbedingungen verifiziert werden.

Eine bewährte Strategie des Züchters ist es, wie oben beschrieben, die Eigenschaften unterschiedlicher Arten zu kombinieren und damit auch die Heterozygotie zu maximieren. Das wird ermöglicht durch interspezifische Kreuzungen oder durch Rückkreuzung. Auch die genetische Information von vier Arten lässt sich kombinieren, wenn man unterschiedliche F1-Hybriden kreuzt. Hybridwachstum setzt aber nur dann ein, wenn entsprechend der Kopplungshypothese unterschiedliche dominante, fördernde Gene aus eingekreuzten Arten/Linien mit den rezessiven Allelen im Hybriden einen heterozygoten Zustand herausbilden (KUCKUCK *et. al.*, 1985). Damit steht fest, dass dieser ideale Zustand nicht erreicht werden kann, wenn die Kreuzungspartner abnorme Chromosomensätze haben, wie das bei Weidenhybriden häufig nachgewiesen wurde (BÜCHLER 1992). Auch chromosomale Strukturveränderungen können zu Schleifenbildungen führen, sodass keine Paarung homologer Chromosomen möglich ist. Der Züchter muss daraus schließen, dass durch die Hybridisierung relativ schnell ein Zustand erreicht wird, in dem sich das Keimplasma nicht mehr verbessern lässt. Deshalb haben die Züchter immer daran gedacht, in einer langfristigen Strategie die Zuchtpopulationen auch innerartlich zu verbessern.

Dies geschieht zum einen durch Erhaltung der noch ungenutzten genetischen Diversität und zum anderen durch rekurrente Selektion indem solche Eltern für weitere Züchtungsschritte verwendet werden, deren Nachkommen die gewünschten Eigenschaften zeigen (STETTLER *et al.* 1996, BISOFFI & GULLBERG 1996).

Kurzfristig erfolgversprechend ist die Nutzung von mitosehemmenden Stoffen wie Kolchizin und Oryzalin, die bei vielen Arten zur Erzeugung von Ploidiemutanten eingesetzt werden oder Mutationen in Genen erzeugen, die ertragsrelevante Eigenschaften codieren.

Wie WEIH & NORDH (2005) zeigen konnten, ist die Blattfläche von einjährigen Sämlingen ein guter Prädiktor der Biomasseleistung dreijähriger Klone auf Kurzumtriebsflächen. Im Projekt werden deshalb sowohl Sämlinge bei der Keimung als auch Spross-Kulturen in bewurzelter und unbewurzelter Zustand mit dem Ziel der Polyploidisierung kolchiziniert.

Ein von TAYLOR *et al.* (2000) beschriebener Vergleich züchterisch relevanter Eigenschaften von schnell- und langsamwachsenden Weidenklonen bestätigte die Bedeutung sylleptischer Zweige und der Blattfläche. Die photosynthetische Aktivität und die sog. „Water use efficiency“ unterschieden sich hingegen nicht signifikant.

Amerikanische Züchter (SMART *et.al.* 2005) setzen auf die Überlegenheit einzelner Klone im Vergleich zum Familienmittel der Wuchshöhen am Ende der ersten Rotationsperiode. Da nach THARAKAN *et al.* (2005) ein Zuwachsgewinn von 20 % die Bereitstellungskosten der Biomasse um 13 % verringert, beeinflusst die züchterische Verbesserung unmittelbar den ökonomischen Erfolg.

Züchtung und funktionale Genomik

Mit den heute entwickelten RNA- und DNA-basierten Techniken funktionaler und struktureller Genomik wie Next-Generation-Sequencing, Mikroarray, PCR (Polymerase-Kettenreaktion), Real-Time-PCR und Tilling (Targeting Induced Local Lesions IN Genomes) gelingt es die Sequenzvariabilität anpassungs- und ertragsrelevanter Gene zu bestimmen. Nukleotid-Polymorphismen, sog. SNP's (single nucleotide polymorphisms) treten mit unterschiedlicher Dichte im Genom aller Lebewesen auf und haben dann entsprechend ihrer Position in regulatorischen Einheiten oder in Exon-Regionen der Gene unterschiedliche Wirkungen auf Proteinstrukturen und den Phänotyp von Individuen oder Arten (FLADUNG 2006). Die Position von SNP's kann in Genkarten erfaßt werden. Für manche Gene kann aus der Position von SNP's auf deren Wirkung und Erbgang geschlossen werden.

Wir sehen in der Detektion von SNPs und Punktmutationen in ertragsrelevanten Genen eine neue Möglichkeit der Selektion und Verkürzung der traditionellen Züchtungswege. Die Technik des Tillings kann sowohl an mutagen veränderten Pflanzen als auch an Individuen von Wildpopulationen angewandt werden. Durch die Möglichkeit des „Poolens“ von DNA verringert sich der Arbeits-, Zeit- und Kostenaufwand (COMAI *et al.* 2004). Bei zahlreichen landwirtschaftlichen Kulturen (Weizen, Reis, Mais, Gerste) sind solche Projekte in Arbeit oder wurden bereits mit Erfolg durchgeführt (FLADUNG & GEBHARDT 2010).

Weitere Projektarbeit, Warenzeichen-Schutz und Lizenzvermehrung

Parallel zur Neuzüchtung wurde mit 34 erfolversprechenden Sorten eine Feldprüfung in Form eines gezäunten Blockversuches mit drei Wiederholungen (N = 2448) zuzüglich Randreihen angelegt. Die schwedischen Sorten Tordis und Inger sowie die Sorte *Salix. viminalis* cv. „Zieverich“ dienen als Referenzen.

Geeignete Methoden der In-vitro-Vermehrung von Weidenklonen wurden von GEBHARDT (1992) sowie NAUJOKS & EWALD (2005) beschrieben. Für erfolversprechende Weidensorten werden nun unter Beteiligung eines kommerziellen Labors (Baumschulen Oberdorla GmbH) Methoden der Massenvermehrung *in vitro* weiterentwickelt, um möglichst schnell die für bundesweite Feldprüfungen gewünschten Stecklingsmengen produzieren zu können. Nach Sichtung und Bewertung von bereits durchgeführten Versuchen anderer Versuchsansteller mit Weidenklonen aus Hann. Münden wird für einzelne Klone mithilfe eines geschützten Markenzeichens ein Warenschutz angestrebt. Es werden Lizenznehmer für die Vermehrung geschützter Klone gesucht.

Um die lizenzierte Vermehrung kontrollieren zu können, werden in Zusammenarbeit mit der Universität Marburg (Arbeitsgruppe von Frau Prof. Dr. Ziegenhagen) DNA-basierte Methoden des Fingerprintings entwickelt. Mit dieser Technik sollte es möglich sein Duplikate zu identifizieren, falsche Etikettierungen aufzudecken und zu berichtigen, die vorhandene genetische Variation abzuschätzen, den Verwandtschaftsgrad zu bestimmen und bei freien Abblüten die mögliche Elternschaft zu verifizieren.

Hinweis:

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz seit 1.10.08 unter dem FKZ: 22014208 und seit 1.5.09 unter dem FKZ: 22012409 finanziell unterstützt. Die Verantwortung für den Inhalt liegt beim Autor.

Danksagung:

Unser besonderer Dank gilt den im Projekt tätigen Mitarbeitern, Frau Dipl.-Ing. agar Ulla Frühwacht-Wilms und Herrn Dipl.-Biol. Steffen Fehrenz sowie der Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe e.V., die als Projektträger die o.g. Forschungsarbeiten begleitet.

Literatur:

- BISOFFI, S.; GULLBERG, U. (1996): Poplar Breeding and Selection Strategies. In: *Biology of Populus and its Implications for Management and Conservation*. Ed. Stettler, R.F.; Bradshaw, H.-D. Jr.; Heilman, P.E.; and Hinckley, T.M. NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canada. pp. 139-158.
- BÜCHLER, W. (1992) A preliminary account of chromosome numbers in the Salix- section Retusae. In: *Willow - Proceed. of the Royal Society of Edinburgh* ed. by R. Watling and J.A. Raven; p. 235
- BOELCKE, B. (2006): Ertragspotenzial und Ertragsaufbau von Weiden spec. in Kurzumtriebsplantagen. Vortrag zur 1. Fachtagung der BMBF-Projekte DENDROM, AGROWOOD und AGROFORST (2006) "Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen" 6.-7.11.06 in Tharandt, http://www.dendrom.de/daten/downloads/06_Boelcke_Weide%20in%20KUP2.pdf
- COMAI, L.; YOUNG, K.; TILL, B.J.; REYNOLDS, S.H.; GREENE, E.A.; CODOMO, C.A.; ENNS, .LC.; JOHNSON, J.E.; BURTNER, C.; ODDEN, A.R.; HENIKOFF, S. (2004): Efficient discovery of DNA polymorphisms in natural populations by Ecotilling. *Plant J.* Vol. 37(5):778-86.
- DICKMANN, D.I.; KUZOVKINA, J. (2008) Poplars and Willows of the World, with Emphasis on Silviculturally Important Species, <http://www.fao.org/forestry/16385-0-0.pdf> (6.4.10)
- FLADUNG, M. (2006): Entwicklung von SNP-Markern in putativ anpassungsrelevanten Genen. *Vorträge für Pflanzenzüchtung*, Band 70, Seiten 139-146
- FLADUNG, M.; GEBHARDT, K. (2010): Mit Smart-Breeding-Methoden neue Wege in der Forstpflanzenzüchtung gehen! *Forst und Holz* 65) (1), 37-40
- GEBHARDT, K. (1992): Grundlagen und Methoden der Züchtung pharmazeutisch wertvoller Weiden. *Die Holzzucht* 46(1-4):9 - 15
- HERIBERT-NILSSON, N. (1918): Experimentelle Studien über Variabilität, Spaltung, Artbildung und Evolution in der Gattung *Salix*. *Lunds Universitets Arsskrift N.F. Avd. 2 Bd. XIV* (28): 1-145. Lund
- HÖRANDL, E.; FLORINETH, F.; HADACEK, F. (2002): Weiden in Österreich und angrenzenden Gebieten. Eigenverlag des Arbeitsbereiches Ingenieurbiologie und Landschaftsbau, Institut für Landschaftsplanung und Ingenieurbiologie, Universität für Bodenkultur Wien,
- KUCKUCK, H., KOBABE, G., WENZEL, G. (1985) Grundzüge der Pflanzenzüchtung. Verlag Walter de Gruyter, Berlin, New York pp. 52

- LATTKE, H. (1967) Ergebnisse und Probleme züchterischer Arbeiten an Baumweiden. TAG Vol. 37:352-358
- LAUTENSCHLAGER-FLEURY, D. (1994): Die Weiden von Mittel- und Nordeuropa: Bestimmungsschlüssel und Artbeschreibung für die Gattung *Salix* L.. Birkhäuser Verlag Basel
- LINDEGAARD K. N. and BARKER J. H.A. (1997) Breeding Willows for Biomass. In: Aspects of Applied Biology 49, *Biomass and Energy Crops*. Ed. Bullard M. J.; Ellis, R.G.; Heath, M.C.; Knight, J.D.; Lainsbury, M.A. and Parker S.R.. The Association of Applied Biologists. pp. 155-162.
- NAUJOKS, G. und LIESEBACH, M. (2005): Vegetative propagation of difficult-to-root *Salix caprea* L. clones for pathogenicity tests. Poster at the Workshop: ALTERNATIVE PLANTS FOR SUSTAINABLE AGRICULTURE. 7 - 9 September 2005, Poznań, Poland
- NEUMANN, A. (1981): Die Mitteleuropäischen *Salix*-Arten. Mitt. der forstl. Bundes-Versuchsanstalt Wien, 134. Österreichischer Agrarverlag Wien, 152 S.
- RECHINGER, K.H. (1958): *Salix*. In: HEGI, G. (1958): Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Bd. 3 (1). München: 44-135
- SCHWARZE, H.; RÖHRICHT C. (2006): [Untersuchungen zum Pappel- und Weidenanbau im Kurzumtrieb auf landwirtschaftlichen Flächen](#). Vortrag zur 1. Fachtagung der BMBF-Projekte DENDROM, AGROWOOD und AGROFORST (2006) "Anbau und Nutzung von Bäumen auf landwirtschaftlichen Flächen" 6.-7.11.06 in Tharandt, http://www.dendrom.de/daten/downloads/19_Roehricht_Untersuchungen_zu_KUP.pdf
- SMART, L.B.; VOLK, T.A.; LIN, J.; KOPP, R.F.; PHILLIPS, I.S.; CAMERON, K.D.; WHITE, E.H.; ABRAHAMSON, L.P. (2005): Genetic improvement of shrub willow (*Salix* spp.) crops for bioenergy and environmental applications in the United States. *Unasylva* 221, Vol. 56:51-55
- SPRINGER, S. (2007): Kreuzungsexperimente mit *Salix caprea* und *Salix cinerea*
Zulassungsarbeit im Fach Biologie an der Univ. Bayreuth. http://www.obg.uni-bayreuth.de/de/Forschung/Stud_Abschlussarbeiten/Abschlussarbeiten/ZA_2007_Springer_Salix_Kreuzung.pdf#pdf
- STETTLER, R. F.; ZSUFFA, L.; WU, R. (1996): The Role of Hybridisation in the Genetic Manipulation of *Populus*. In: *Biology of Populus and its Implications for Management and Conservation* Ed. Stettler, R. F.; Bradshaw, H.-D. Jr.; Heilman, P. E. and Hinckley, T. M. NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canada. pp. 139-158.
- STEVENS, P.F. (2008): Angiosperm Phylogeny Webseite Vers. 9. <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/> (01.03.2009)
- TAYLOR, G.; ROBINSON, K.; KARP, A. (2003): Identifying physiological traits for yield in biomass willow. Research Report FES B/W6/00599/REP/2 DTI/Pub URN 03/1301 Univ. Southampton , 25 pages
- THARAKAN, P.J., VOLK, T.A., LINDSEY, C.A., ABRAHAMSON, L.P.; WHITE, E.H. (2005): Evaluating the impact of three incentive programs on cofiring willow biomass with coal in New York State. *Energy Policy*, 33: 337-347.
- WEIH, M. ; NORDH, N-E. (2005) Determinants of biomass production in hybrid willows and prediction of field performance from pot studies. *Tree Physiology* 25, 1197-1206
- WEGER, J.; VLASÁK, P.; ZÁNOVÁ, I.; HAVLÍČKOVÁ, K. (2005): The results of the evaluation of selected willow and poplar clones for short rotation coppice (SRC) in second harvesting period in conditions of the Czech Republic - pp. 465-468, 14th European Conference & Exhibition Biomass

for Energy, Industry and Climate Protection, Paris, ETA Florence and WIP-Munich.

WEGER, J.; HAVLÍČKOVÁ, K. (2009): The evaluation of selected willow and poplar clones for short rotation coppice (SRC) after three harvests. Proceed. 17th European Biomass Conference & Exhibition , CCH-Congress Center Hamburg, 29.06-03.07.09 (pers. communication from weger@vukoz.cz)

WICHURA, M. (1865): Bastardbefruchtung im Pflanzenreich erläutert an den Bastarden der Weiden. Breslau

ZANDER, M., ENDTMANN, K. J., SCHRÖTER, B. (1995): Salix: Untersuchungen an ausgewählten Sippen des NO-deutschen Tieflandes - Taxonomie, Soziologie, Verbreitung und Isoenzymanalysen. Tagungsband zum Symposium "Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen in der Land- und Forstwirtschaft", Band 1 Waldbäume und Sträucher, Herausgeber: J. Kleinschmit, F. Begemann, K. Hammer, Witzenhausen, 9.-11.11.1994, S.168-183

ZHENFU, F., Z. SHIDONG, AND A.K. SKVORTSOV (1999): Saliceae. In W. Zhengyi and P.H. Raven (editors), Flora of China. St. Louis, USA: Missouri Botanical Garden Press. p. 139-274.

Tabellen

Tabelle 1: Erfolgreich durchgeführte, gelenkte Kreuzungen des Reifejahres 2009

Nr.	Mutter_Klon	Mutter_Art	Pollenspender	Pollen_Art	Anz_getopft
09-39	83/55	viminalis	21/91	triandra	35
09-44	722/51	viminalis	5/76	alba	4
09-48	83/55	viminalis	5/76	alba	27
09-63	83/55	viminalis	21/91	triandra	7
09-21	722/51	viminalis	6/87	viminalis	72
09-22	722/51	viminalis	85/55	viminalis	44
09-23	722/51	viminalis	NW 9-1009 B	viminalis	152
09-24	722/51	viminalis	80/55	viminalis	141
09-26	83/55	viminalis	NW 9-994 H	viminalis	151
09-28	722/51	viminalis	NW 9-1003 U	viminalis	22
09-38	83/55	viminalis	NW 9-1009 B	viminalis	32
09-40	83/55	viminalis	85/55	viminalis	100
09-42	83/55	viminalis	80/55	viminalis	12
09-54	722/51	viminalis	85/55	viminalis	45
09-62	81/55	x helix	NW 9-957 N	x smithiana	9
09-49	38/69	x iorrata	NW 9-957 N	x smithiana	222

Tabelle 2: Ausbeute freier Abblüten des Reifejahres 2009

Nr.	Mutter_Klon	Mutter_Art	Standort	Anz_getopft
09-52	68/63	alba	Salicetum	17
09-53	36/63	alba	Salicetum	10
09-59	02/65	alba	Salicetum	10
09-61	73/63	alba	Salicetum	39
09-66	63/63	alba	Merbachfeld	9
09-68	107/63	alba	Merbachfeld	91
09-51	04/76	alba	Weserkamp	211
09-56	153/68	alba	Weserkamp	20
09-08	16/75	caprea	Bundesstr. 80	61
09-16	MF16	caprea	Merbachfeld	86
09-46	MF100	caprea	Merbachfeld	87
09-15	HF105	cinerea	Haferfeld	34
09-12	MF21	cinerea	Merbachfeld	15
09-20	MF104	daphnoides	Merbachfeld	104
09-34	MF104	daphnoides	Merbachfeld	26
09-64	MF104	daphnoides	Merbachfeld	4
09-09	39/69	japonica	Bundesstr. 80	81
09-11	39/69	japonica	Salicetum	116
09-07	39/69	japonica	Weserkamp	215
09-65	304/64	pentandra	Merbachfeld	17
09-69	304/64	pentandra	Merbachfeld	101
09-03	84/55	viminalis	Salicetum	17
09-04	82/55	viminalis	Salicetum	123
09-05	42/69	viminalis	Salicetum	125
09-18	722/51	viminalis	Salicetum	98
09-36	83/55	viminalis	Salicetum	12