



LIFE13 ENV/SI/000148

SEPARATDRUCK

Leitfaden für das genetische Monitoring

Schwarz-Pappel (*Populus nigra* L.)



Separatdruck aus dem

Handbuch zum Forstgenetischen Monitoring



Studia Forestalia Slovenica, 172

ISSN 0353-6025

ISBN 978-961-6993-68-5 (PDF)

Herausgeber: Slowenisches Forstinstitut, Verlag Silva Slovenica, Ljubljana 2020

Titel: Handbuch zum forstgenetischen Monitoring

Editoren/Editorinnen: Marko Bajc, Filippas A. Aravanopoulos, Marjana Westergren, Barbara Fussi,
Darius Kavaliauskas, Paraskevi Alizoti, Fotios Kiourtsis, Hojka Kraigher

Technische Editoren: Peter Železnik, Katja Kavčič Sonnenschein

Übersetzung: Ulrike Hagemann, Johanna von Versen (WALDKONZEPTE PartG)

Gestaltung: Boris Jurca, NEBIA, Slowenien

Ausgabe: elektronische Ausgabe

Preis: Kostenlos

Elektronische Ausgabe: <http://dx.doi.org/10.20315/SFS.172>

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

ISBN 978-961-6993-68-5 (PDF)
COBISS.SI-ID 61212163

Leitfaden für das genetische Monitoring

9.2.5 Schwarz-Pappel (*Populus nigra* L.)

Gregor BOŽIČ¹, Sándor BORDÁCS², Berthold HEINZE³, Marko BAJC¹,
Filippos A. ARAVANOPOULOS⁴, Dalibor BALLIAN^{1,5}, Rok DAMJANIČ¹,
Barbara FUSSI⁶, Darius KAVALIAUSKAS⁶, Zvonimir VUJNOVIĆ⁷,
Marjana WESTERGREN¹, Hojka KRAIGHER¹

Botanische Illustrationen von Marina Gabor



Zitat: Božič *et al.* (2020) Leitfaden für das genetische Monitoring der Schwarz-Pappel (*Populus nigra* L.). In: Bajc *et al.* (Ed.) Handbuch zum Forstgenetischen Monitoring. Slowenisches Forstinstitut: Verlag Silva Slovenica, Ljubljana, S. 249-269. <http://dx.doi.org/10.20315/SFS.176>

Institut:

1. Slowenisches Forstinstitut (SFI), Slowenien
2. Szent-István-Universität, Budapest, Ungarn
3. Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW), Österreich
4. Aristoteles Universität von Thessaloniki (AUTH), Griechenland
5. Forstliche Fakultät, Universität von Sarajevo, Bosnien und Herzegowina
6. Bayerisches Amt für Waldgenetik (AWG), Deutschland
7. Kroatianisches Forstliches Forschungsinstitut (CFRI), Jastrebarsko, Kroatien

1 ZUSAMMENFASSUNG

Die Schwarz-Pappel (*Populus nigra* L.) ist eine ökologisch bedeutsame, schnell wachsende und kurzlebige Laubbaumart gemischter Auwälder. Sie ist physiologisch an die Besiedlung offener Flächen nach Störungsereignissen angepasst und kann drastische Veränderungen im Zusammenhang mit dynamischen Flusssystemen überleben. Als Schlüsselart für den dynamischen Schutz und die Renaturierung von Auenwäldern trägt die Baumart zu einer natürlichen Hochwasserregulierung bei und gilt als Indikatorart für den Gesundheitszustand und die Artenvielfalt von Auwald-Ökosystemen [1]. Die Schwarz-Pappel ist auch für ihre Fähigkeit bekannt, während ihres schnellen Wachstums große Mengen an Wasser und Nährstoffen aus dem Boden aufzunehmen. Diese Fähigkeit macht sie wichtig für die Phytosanierung, Renaturierung und Umweltschutzmaßnahmen in verschmutzten Industriegebieten, für die Regulierung des Mikroklimas und für die Erhöhung der Biodiversität in offenen Agrarlandschaften [2]. Sie wird als Elternpool für mehrere Pappelzuchtprogramme auf der ganzen Welt verwendet. Die Schwarz-Pappel lässt sich gut im Niederwaldbetrieb bewirtschaften, was die langfristige *Ex situ*-Erhaltung der besten Genotypen von reinem Schwarz-Pappel-Pflanzenmaterial ermöglicht. Im Rahmen von EUFORGEN wurde eine breite Palette von Empfehlungen für *In situ*-Erhaltungseinheiten und *Ex situ*-Erhaltungsmethoden vorgeschlagen [3] und später von mehreren regionalen Projekten aufgegriffen [4].

Die Schwarz-Pappel bildet von Natur aus eher Metapopulationen aus miteinander verbundenen lokalen Populationen anstelle kleiner, isolierter Populationen [6]. Um eine repräsentative Probenahme der gesamten Metapopulation zu gewährleisten, ist es daher wichtig, ein genetisches Monitoringsystem zu konzipieren, das aus einem vollständigen Netzwerk miteinander verbundener zufällig ausgewählter Monitoringflächen mit Altbäumen und Flächen mit natürlichen Verjüngungszentren entlang eines Flusssystems besteht. Die genetische Identifizierung der Schwarz-Pappel erfolgt durch den Einsatz artdiagnostischer DNA-Marker. Das größte Hindernis für das forstgenetische Monitoring (FGM) der Schwarz-Pappel ist das Auffinden von Habitaten, in denen sich die Art effektiv fortpflanzt und die Bedingungen das langfristige Überleben der Nachkommenschaft ermöglichen.

Dieser Leitfaden beschreibt die Schwarz-Pappel sowie ihre Reproduktion, Umwelt und Gefährdung. Er enthält außerdem eine Anleitung zur Einrichtung genetischer *In situ*-Monitoringflächen und zur Erfassung aller vor Ort im Bestand zu erhebenden Verifikatoren.

2 BESCHREIBUNG DER BAUMART

Die Schwarz-Pappel (Abbildung 1) ist eine heimische, heliophile und nährstoffbedürftige Laubbaumart der gemäßigten Klimazonen Eurasiens. Sie gehört zur Sektion *Aigeros* der Gattung *Populus*, Familie *Salicaceae* [5]. Die Art besiedelt durch Störungsereignisse entstandene offene Flächen, insbesondere in dynamischen Flusssystemen, und ist in den frühen Sukzessionsstadien von Auwald-Ökosystemen zu finden. Schwarz-Pappel-Populationen umfassen eine breite Spanne an Populationstypen, die von isolierten Einzelbäumen bis hin zu großen Rein- oder Mischbeständen reichen. Die Schwarz-Pappel bildet natürlicherweise Metapopulationen, die aus kleineren lokalen Populationen bestehen [6, 7].

Die Schwarz-Pappel ist ein mittelgroßer bis großer Baum, der meist eine Höhe von bis zu 40 m und einen Durchmesser von bis zu 3 m erreicht und 100–200 Jahre alt wird. In seltenen Fällen können Individuen ein Alter von 400 Jahren erreichen [8, 9]. Die Baumart bildet häufig eine unregelmäßige, stark verzweigte Krone aus. Der oft gekrümmte oder gebogene, spannrückige Stamm kann massiv sein und bringt häufig große Wasserreiser-Knollen hervor. In geschlossenen Beständen können Schwarz-Pappeln jedoch auch gerade und gut geformt sein [10]. Die Rinde ausgewachsener Bäume ist dunkelbraun oder schwarz (Abbildung 2a) und tief gefurcht [11]. Die Blätter sind rautenförmig bis dreieckig, 5–12 cm lang und 4–10 cm breit, mit einem 2–6 cm langen Blattstiel [12, 13], haben gezackte Ränder und sind beidseitig grün (Abbildung 2b). Schwarz-Pappeln erreichen die Geschlechtsreife innerhalb von 10 bis 15 Jahren [14].

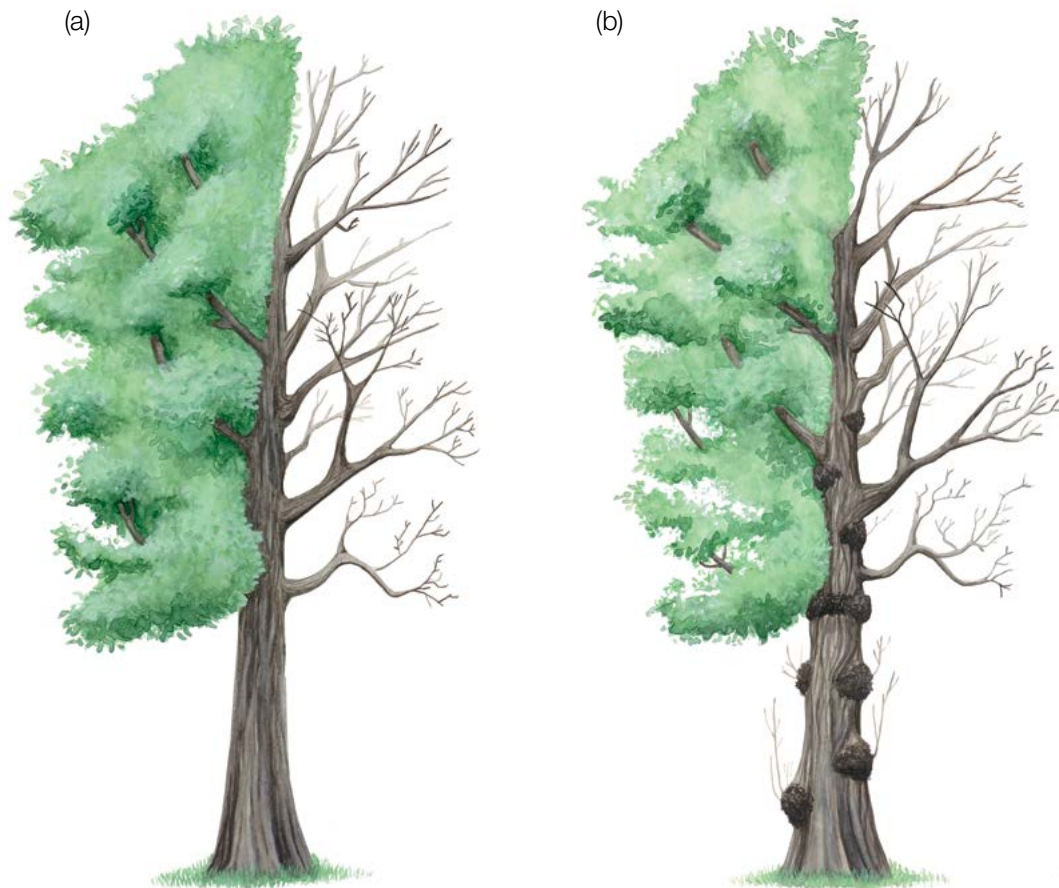


Abbildung 1: Habitus der Schwarz-Pappel (*Populus nigra*) ohne (a) und mit den häufig auftretenden Wasserreiser-Knollen (b).

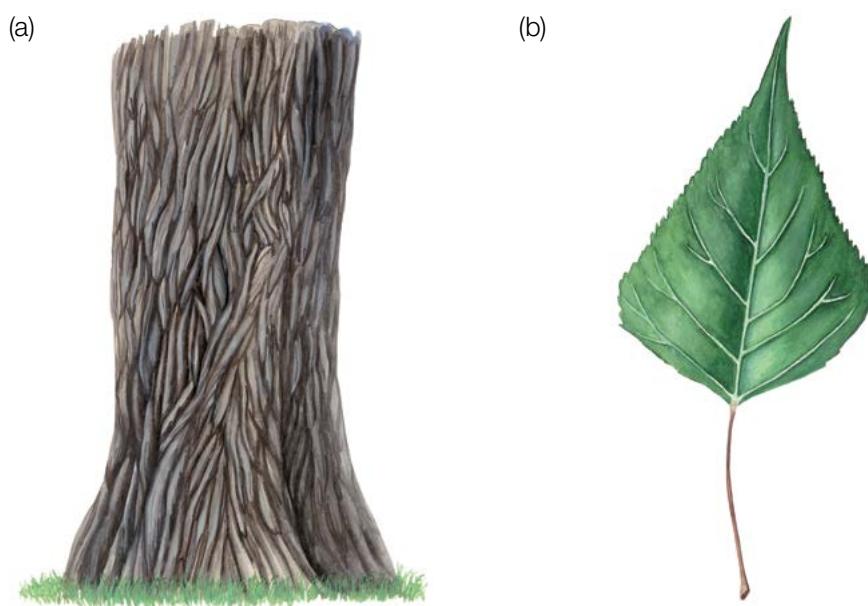


Abbildung 2: Die Rinde ausgewachsener Bäume ist dunkel-graubraun oder schwarz mit zahlreichen tiefen, sich kreuzenden Rissen (a). Charakteristisches rautenförmiges (rhomboides) bis dreieckiges Blatt der Schwarz-Pappel (b).

Die morphologischen und phänologischen Merkmale von *Populus nigra* können als erster Ansatz für die Charakterisierung reiner (d.h. nicht hybridisierter) Schwarz-Pappel-Bäume dienen, zumindest bei erwachsenen und mittelalten Individuen. Die stabilsten artspezifischen Merkmale und Charakteristika sind im EUFORGEN-Bestimmungsblatt von *Populus nigra* [24] detailliert aufgeführt:

- Wuchsform der Bäume,
- Wasserreiser und schlafende Knospen am Stamm
- sich kreuzende Rindenrisse am unteren Teil des Stammes,
- Blattformen (rautenförmig, rhomboid oder dreieckig),
- Fehlen der Europäischen Mistel (*Viscum album* L.) innerhalb der Krone,
- Auftreten von gallenverursachenden Blattlausarten der Gattung *Pemphigus* auf den Blattstielen.

Basierend auf den Erfahrungen europäischer Projekte (EUROPOP, DANUBEPARKS, etc.) wurden die Bäume, die anhand der oben aufgeführten morphologischen Merkmale charakterisiert und für die Generhaltung ausgewählt wurden, in den meisten Fällen auch durch diagnostische molekulare Marker als artreine *Populus nigra* bestätigt.

Die Schwarz-Pappel ist eine zweihäusige Art. Eingeschlechtliche männliche oder weibliche Blüten (Abbildung 3) entwickeln sich aus speziell dafür angelegten Knospen, die vorgeformte Blütenstände enthalten [11]. Die Blüten sind in hängenden Kätzchen auf unterschiedlichen Bäumen zu finden, was eine strenge Auskreuzung ermöglicht. Die männlichen Kätzchen haben rötlich-violette Staubgefäße, während die Narben der weiblichen Kätzchen gelb-grün sind.

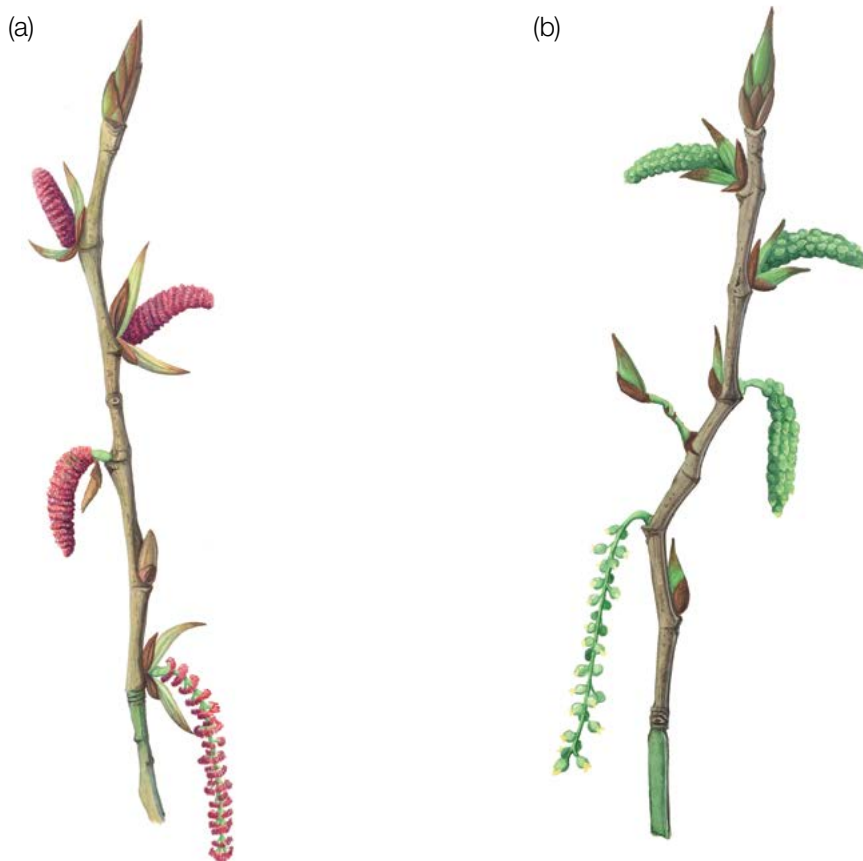


Abbildung 3: Geschlechtsbestimmung bei der Schwarz-Pappel – schematische Darstellung männlicher (a) und weiblicher Blüten (b) in verschiedenen Entwicklungsphasen.

3 REPRODUKTION

Männliche Bäume sind Bäume mit ausschließlich männlichen Blüten und produzieren Pollen; weibliche Bäume sind Bäume mit ausschließlich weiblichen Blüten und produzieren Samen. In niedrigeren Höhenlagen und Breitengraden erscheinen die Blüten im zeitigen Frühjahr (März-April) aus speziell dafür angelegten Knospen, etwa 1–2 Wochen vor dem Blattaustrieb. In höheren Breiten und Höhenlagen verzögert sich die Blüte bis in den Mai [15]. Der Zeitpunkt und die Dauer der Blüte sowie die Dauer des Samenreifungsprozesses hängen sowohl von der Tageslänge als auch von den lokalen Temperaturen ab und variieren daher je nach Standort, was sich auf den Zeitpunkt der Samenfreisetzung auswirkt [16]. Möglicherweise spielt dabei auch eine genetische Komponente eine Rolle, die zu „frühen“ und „späten“ Genotypen führt. Der Pollen wird durch den Wind verbreitet. Sobald die weiblichen Blüten befruchtet sind, reifen an jedem Kätzchen innerhalb von 4–6 Wochen etwa 20–50 kahle, runde, grün-braune Fruchtkapseln (Abbildung 4a), die bis zu 250 kleine hellbraune Samen pro Kätzchen produzieren [17]. Aus den weiblichen Kätzchen entwickeln sich flauschige, baumwollartige Flugsamen mit langen, weißen, seidigen Haaren (Abbildung 4b), die im Frühsommer abfallen [17].

Die Schwarz-Pappel produziert fast jedes Jahr Samen. Die Samen haben eine kurze (1–3 Tage) Lebensfähigkeit und benötigen für die Keimung über einen Zeitraum von 4 Wochen spezielle Feuchte- und Bodenbedingungen (kontinuierlich feuchtes Substrat) [18].

Die Schwarz-Pappel kann sich, wie oben beschrieben, generativ oder vegetativ (klonal) vermehren. Die natürliche klonale Vermehrung erfolgt durch Ablegerbildung via Wurzelbrut, aus Stockaustrieb, von umgestürzten Bäumen und im Jugendstadium von abgebrochenen Ästen [17]. Eine natürliche vegetative Vermehrung ist auch dann möglich, wenn sich keine Sämlinge etablieren und kann daher zur Fortpflanzung der Art beitragen. *Populus nigra* wächst häufig in Gruppen klonaler Pflanzen (sog. Polykormen) [2].

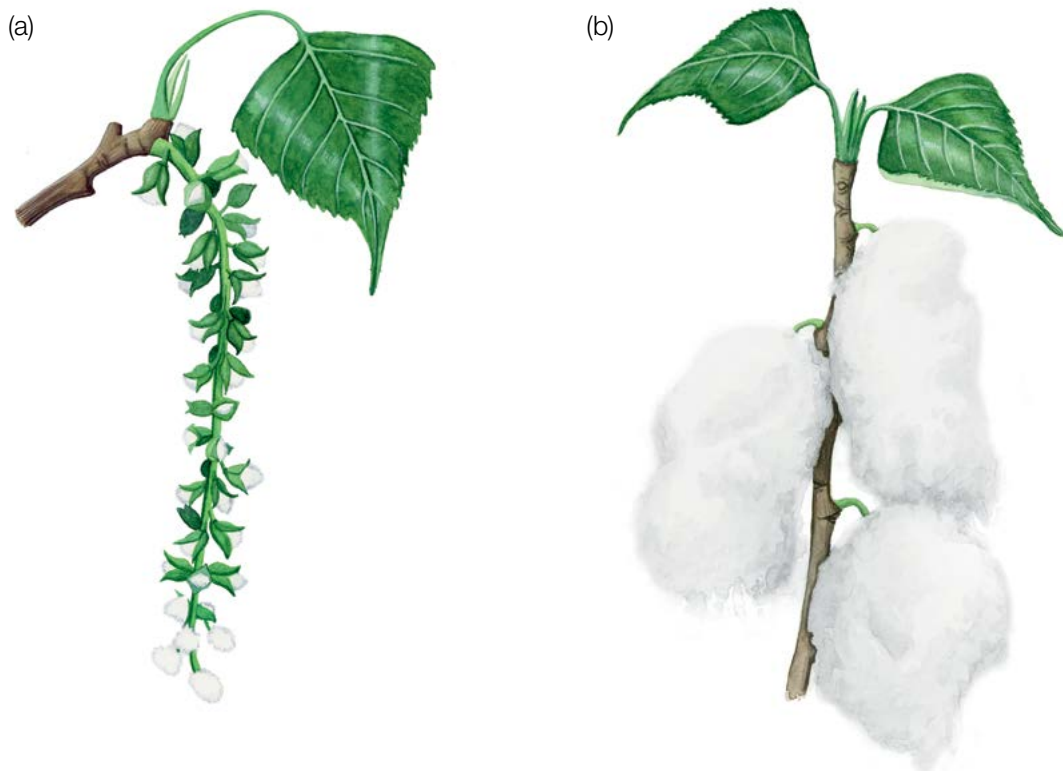


Abbildung 4: Weibliches Kätzchen mit reifenden Samenkapseln (a); die reifen Samen von *Populus nigra* haben lange, weiße, seidige Haare, die ihnen ein flauschiges, baumwollartiges Aussehen verleihen (b).

Identifikation von Verjüngungsflächen

Von Natur aus verjüngt sich die Schwarz-Pappel nur auf ruderalen, feuchten Sand- und Lehmböden an Flussufern, die durch saisonale Überschwemmungen exponiert werden [14], nicht jedoch im Unterstand älterer Auenwaldbestände aus fortpflanzungsfähigen Bäumen. Die Rekrutierung von Sämlingen erfolgt entlang mäandrierender Flüsse in bogenförmigen Bändern aufeinanderfolgender Altersstufen, während sie in verzweigten Flusssystemen an spezifischen Mikrostandorten auftritt (z. B. auf Sandflecken hinter Vegetationsbüscheln oder in schlammgefüllten Vertiefungen der Aue inmitten von Totholzansammlungen) [17]. Erfolgreiche Naturverjüngung ist meist lückenhaft und sporadisch. Aufgrund sich verändernder Standortbedingungen kann die Populationsgröße der Art im Laufe der Zeit erheblich variieren (sich ausdehnen oder schrumpfen) [7].

4 UMWELT

Die Schwarz-Pappel hat ein großes natürliches Verbreitungsgebiet in Europa (mit Ausnahme der nordischen Länder) und von Nordafrika bis Zentralasien, einschließlich des Kaukasus und großer Teile des Nahen Ostens, bis nach Kasachstan und China [11]. Sie ist in allen Höhenlagen zu finden, vom Meeresspiegel bis in 4.000 m Höhe [19]. In ihrem gesamten Verbreitungsgebiet verdrängen oft Kulturformen oder Hybriden die natürlichen Bestände von *Populus nigra* [20]. Die Schwarz-Pappel ist vor allem auf Auenstandorte entlang großer Flüsse und ihrer Nebenflüsse angewiesen. Sie bildet von Natur aus eher Metapopulationen als kleine, isolierte Populationen (Abbildung 5) [6, 7]. In Beständen sind oft viele Einzelbäume (Solitäre) oder kleinere Gruppen überalterter Bäume zu finden. Die Schwarz-Pappel wächst zusammen mit Weißpappel (*Populus alba* L.), Weide (*Salix* sp.), Erle (*Alnus* pp.), Ahorn (*Acer* sp.), Ulme (*Ulmus* sp.) und manchmal Eiche (*Quercus* sp.) [21]. Das beste Wachstum zeigt die Schwarz-Pappel auf tiefgründigen Böden mittlerer Textur mit einem pH-Wert zwischen 5,5 und 7,5 und hohem Nährstoffgehalt. Aufgrund ihres sporadischen Vorkommens in gemischten Auwaldbeständen wird die Art in den regulären Waldinventuren meist nicht erfasst.

5 GEFÄHRDUNG

Trotz ihres großen Verbreitungsgebiets ist die Schwarz-Pappel eine gefährdete und seltene Baumart. Sie ist derzeit in mehreren Teilen ihres Verbreitungsgebiets aufgrund folgender menschlicher Einflüsse vom Aussterben bedroht: i) Übernutzung ihrer natürlichen Standorte; ii) Veränderung von Auwald-Ökosystemen durch menschliche Aktivitäten; iii) Anbau überlegener Hybriden von *P. × canadensis* Moench (Hybriden zwischen *Populus deltoides* W. Bartram ex Marshall und *Populus nigra*), der Kanadischen Schwarz-Pappel (*Populus deltoides*) sowie Balsam-Pappeln (*P. trichocarpa* Torr. & A. Gray ex. Hook, *P. maximowiczii* Henry) innerhalb ihres natürlichen Verbreitungsgebiets; und iv) Gen-Introgression von den eingeführten weiblichen Hybridklonen, wenn deren Blüte synchron zur Blüte der männlichen Schwarz-Pappel erfolgt [22, 14, 11].

Ein an der Schwarz-Pappel oft beobachteter Schädling ist der Pappelblattkäfer (*Chrysomela populi* L.), während die häufigsten Krankheiten der Pappelrost (*Melampsora larici-populina* Kleb.) und die Marssonien-Blattfleckenkrankheit der Pappel (*Drepanopeziza punctiformis* Gremmen, auch bekannt als *Marssonina brunnea* (Ellis & Everh.) Magnus) sind. Auch an ihren natürlichen Standorten wird häufig ein Absterben alter Schwarz-Pappeln aufgrund veränderter Standortbedingungen und Trockenheit (rascher Rückgang des Grundwasserspiegels) beobachtet. Alte Bäume werden schließlich durch die von *Plagiostoma populinum* (Fuckel) L. C. Mejía (früher *Cryptodiaporthe populea* (Saccardo) Butin, auch bekannt als *Dothichiza populea* Saccardo) verursachte Dothichiza-Rindennekrose sowie durch Windbruch zerstört, so dass im Zuge der natürlichen Sukzession des gemischten Auwaldes zunehmend Hartlaubhölzer dominieren.

6 EINRICHTUNG UND INSTANDHALTUNG VON MONITORINGFLÄCHEN

Die Schwarz-Pappel ist eine Pionierbaumart der Auenmischwälder. Sie zeichnet sich durch eine ganze Auensysteme umfassende Metapopulationsstruktur aus. Das FGM der Schwarz-Pappel darf deshalb nicht auf einem einzelnen, lokal isolierten Standort angewendet werden, sondern sollte auf der Skala einer Metapopulation durchgeführt werden, die ein ganzes Netzwerk miteinander verbundener lokaler Teilpopulationen repräsentiert, zwischen denen ein Pollen- und Samenaustausch stattfindet.

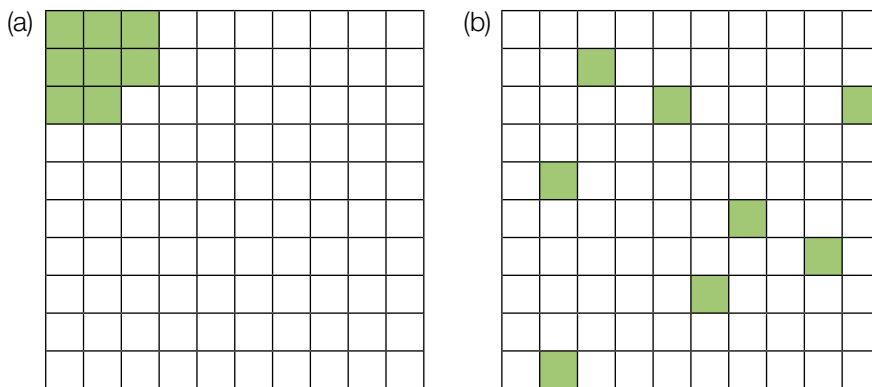


Abbildung 5: Schematische Darstellung miteinander verbundener lokaler Schwarz-Pappel-Populationen entlang eines Flusssystemes (a) im Vergleich zu einer isolierten lokalen Schwarz-Pappel-Population (b).

Um eine repräsentative Beprobung der gesamten Metapopulation zu gewährleisten, sollte das genetische Monitoringsystem aus zufällig ausgewählten Monitoringflächen mit Altbäumen und Flächen mit natürlichen Verjüngungszentren entlang eines Flusssystemes bestehen. Eine Schwarz-Pappel-FGM-Fläche besteht aus so vielen Teilflächen, wie es lokale Populationen innerhalb der überwachten Metapopulation gibt. Die Anzahl der Bäume in jeder Teilfläche sollte proportional zur Größe der lokalen Population sein, mit einer Gesamtsumme von 50 fortpflanzungsfähigen, genetisch unterschiedlichen, artreinen *Populus nigra* - Altbäumen, vorzugsweise mit gleichen Anteilen männlicher und weiblicher Individuen (Geschlechterverhältnis 1:1). Die FGM-Teilfläche in jeder lokalen Population sollte mindestens 20 Altbäume umfassen, die über eine maximale Entfernung von 5 km verteilt sind.

Es ist empfehlenswert, die Bäume vor Ort anhand der in der Artbeschreibung detailliert aufgeführten morphologischen Merkmale vorauszuwählen. Basierend auf den Ergebnissen langfristiger Generhaltungsprojekte in Ungarn [23], bei denen ein Komplex stabiler morphologischer Merkmale verwendet wurde und die vorselektierten Bäume zusätzlich durch diagnostische DNA-Marker getestet wurden, konnte die Vorauswahl in den meisten Fällen hybride und introgressive Genotypen ausschließen. In jedem Fall sollten jedoch diagnostische molekulargenetische Marker verwendet werden, um die taxonomische Identität und die Nicht-Hybridität der getesteten Bäume als artreine *Populus nigra* -Individuen zu bestätigen [7, 23]. Der Einsatz genetischer Tests bezüglich molekulardiagnostischer Marker ist somit auf allen Monitoringniveaus ein wesentliches Element des forstgenetischen Monitorings von *Populus nigra*. Zusätzlich müssen die Bäume durch Genotypisierung auf Klonalität getestet werden (nur ein Individuum des gleichen Genotyps kann in das Monitoring aufgenommen werden). Ein Baum gilt als fortpflanzungsfähig, wenn er blüht. Um die Geschlechter zu differenzieren, sollte die Einrichtung der FGM-Fläche idealerweise während der Blütezeit erfolgen. Bei der Neueinrichtung einer Monitoringfläche sollten alle Bäume beschriftet und ihre Koordinaten erfasst werden. Gleichzeitig kann der BHD gemessen und Proben für die DNA-Extraktion gesammelt werden.

6.1 Einrichtung der Monitoringfläche

6.1.1 Definition der Grundgesamtheit für die Stichproben

Vor der Einrichtung einer FGM-Fläche sollte mithilfe einer GIS-Software eine Karte der Schwarz-Pappel-Metapopulation erstellt werden. Zu diesem Zweck sollten die lokalen Populationen, an denen die Art in ausreichender Dichte für eine Monitoring-Teilfläche auftritt, vor Ort genauer untersucht werden. Es wird empfohlen, bei dieser ersten Begehung mit einer Handy-App (z. B. Locus map) oder einem GPS-Gerät einen Track aufzuzeichnen, um die weitere Planung zu erleichtern.

Die Standorte der lokalen Populationen werden auf der Karte in Form von Polygonen eingezeichnet, die insgesamt die Grundgesamtheit für die Stichprobennahme darstellen. Die Bäume innerhalb jeder lokalen Population sollten nach dem Zufallsprinzip ausgewählt werden. Eine zufällige Auswahl kann beispielsweise durch die Erstellung einer angemessenen Anzahl (proportional zur Größe der lokalen Population) zufälliger GPS-Koordinaten mit einem Mindestabstand von je 35 m erfolgen. Der etwas größere Mindestabstand zwischen den Zufallspunkten beinhaltet eine Sicherheitsmarge für die geringere Genauigkeit von GPS-Geräten in Wäldern und die Entfernung des nächstgelegenen Baums vom jeweiligen GPS-Zufallspunkt. Die Koordinaten der Zufallspunkte werden in einem geländetauglichen GPS-Gerät gespeichert.

Ist die beschriebene Vorgehensweise aufgrund der Komplexität der Flussläufe in Auenwäldern nicht durchführbar, kann ein vereinfachter „Suche-und-Finde-Ansatz“ innerhalb der lokalen Populationen verwendet werden: Dabei wird vorzugsweise mit Hilfe lokaler FörsterInnen das entsprechende Gebiet mit einem GPS-Gerät oder einer Handy-App mit Track-Aufzeichnung systematisch durchkämmt, wodurch sichergestellt ist, dass dasselbe Gebiet nicht wiederholt untersucht oder ein Teil dessen übersehen wird. Die Koordinaten aller fortpflanzungsfähigen Altbäume werden aufgezeichnet und ihr Geschlecht bestimmt. Für jede lokale Population wird aus dem Pool geeigneter Bäume eine angemessene Anzahl von Bäumen zufällig ausgewählt.

Alle Altbäume müssen auf allen Monitoringniveaus genotypisiert werden, um Hybriden und Klone auszuschließen.

6.1.2 Einrichtung der Monitoringfläche

Da die Koordinaten der ungefähren Baumstandorte bekannt sind, ist das Verfahren für die Einrichtung der FGM-Fläche in ausgewählten lokalen Beständen wie folgt:

- Auffinden der gespeicherten GPS-Koordinaten vor Ort,
- Auswahl und Kennzeichnung des fortpflanzungsfähigen Altbaums, der der gespeicherten GPS-Koordinate am nächsten steht.

6.1.3 Kennzeichnung der Bäume

Jeder ausgewählte Beobachtungsbaum muss mit einer entsprechenden Nummer und idealerweise mit einem um den Stamm herum laufenden Streifen gekennzeichnet werden, um die Sichtbarkeit der Bäume aus allen Richtungen zu erhöhen.

6.1.4 Beprobung für genetische Analysen

Zur Beurteilung der Hybridisierung und des Vorhandenseins von Klonen müssen von allen ausgewählten Beobachtungsbäumen Proben für die DNA-Extraktion gesammelt werden. Hybriden und Klone müssen ausgeschlossen und durch artreine Individuen mit einzigartigen Genotypen (keine Klone) ersetzt werden. Es kann somit notwendig sein, eine größere Anzahl von Bäumen auszuwählen und zu beproben, um 50 artreine Schwarz-Pappel-Bäume zu finden, die keine Klone sind.

6.2 Einrichtung von Naturverjüngungs-Plots

Das Stichprobendesign für die Naturverjüngung (NV) folgt dem Metapopulationskonzept mit mehreren NV-Clustern, um die gesamte genetische Vielfalt der Schwarz-Pappel abzubilden und das Risiko der Gen-Introgression und Hybridisierung durch exotische Pappelarten und Lombardei-Pappeln im entsprechenden Gebiet zu bewerten. Bei der Auswahl der NV-Cluster müssen Überschwemmungen und die sich dadurch ständig ändernden Umweltbedingungen, Mikrostandorte oder möglicherweise sogar deren Verschwinden berücksichtigt werden.

Die Mikrostandorte möglicher NV sollten am Ende der Fruktifikationsphase im Frühsommer (hauptsächlich von April bis Juni) häufig kontrolliert werden (mindestens einmal pro Woche). Dort wo neu gekeimte NV-Cluster entdeckt werden, sollten die Schwarz-Pappel-Nachkommen, sobald sie Keimblätter oder erste Laubblätter zeigen, sofort beprobt werden. Die GPS-Koordinaten der beprobten NV-Cluster sollten erfasst werden. Idealerweise sollten 20 NV-Cluster mit einer Größe von je 1 m² über die gesamte FGM-Fläche verteilt werden, mit bis zu 0,5 km Entfernung in beiden Richtungen entlang des Flusssystemes.

Die Schwarz-Pappel in den NV-Clustern muss beprobt werden, da die Nachkommenschaft an jedem Standort sehr divers sein kann. Idealerweise sollten aus jedem der 20 NV-Cluster Proben von 5 zufällig ausgewählten Pflanzen gesammelt werden, so dass insgesamt 100 Proben vorliegen. Werden weniger als 20 NV-Cluster gefunden, ist eine proportional höhere Anzahl von Proben je NV-Cluster zu erfassen. Alle Proben werden auf Hybridisierung getestet, und unter ihnen werden nach dem Zufallsprinzip 50 artreine Schwarz-Pappeln für weitere FGM-Analysen ausgewählt. Ist es nicht möglich, innerhalb der beprobten 100 Pflanzen 50 artreine Pflanzen zu identifizieren, muss eine weitere Charge von 100 Proben beprobt und getestet werden; solange bis die für die FGM-Analyse erforderliche Mindestanzahl von 50 Genotypen artreiner *Populus nigra* -Individuen in den NV-Cluster erreicht ist.

6.3 Instandhaltung der Monitoringfläche

6.3.1 Allgemeine Instandhaltung

Die Kennzeichnung der Bäume muss periodisch (alle 2 Jahre) überprüft und bei Bedarf erneuert werden.

6.3.2 Ersatz von Bäumen

Wenn ein ausgewählter Beobachtungsbaum stirbt oder im Zuge der forstlichen Bewirtschaftung gefällt wird, muss er ersetzt werden. Dabei sollte der dem abgestorbenen/gefallten Baum nächstgelegene geeignete Baum ausgewählt werden, wobei der Mindestabstand von 30 m zum nächsten Beobachtungsbaum eingehalten werden muss. Andernfalls ist ein Baum aus der Peripherie der Monitoringfläche (Metapopulation) zu wählen.

Wenn die Baumkrone z.B. durch Wind-, Eis- oder Schneebruch geschädigt ist, der Baum aber weiterhin fruktifiziert, wird der Baum im Monitoringprogramm belassen. Ist der Schaden zu schwerwiegend und eine Fruktifikation nicht mehr zu erwarten, muss der Baum ersetzt werden. Die Schadensursache ist zu erfassen, da der Schaden Auswirkungen auf die erfassten Werte der Verifikatoren und Hintergrundinformationen haben kann.

7 ERFASSUNG VON VERIFIKATOREN UND HINTERGRUNDINFORMATIONEN

Die molekulargenetische Identifizierung von Schwarz-Pappeln sollte mithilfe artdiagnostischer genetischer Marker erfolgen. Auch die Prüfung auf Klonalität sowohl in der Metapopulation der Altbäume als auch in den NV-Clustern sollte als Teil der molekulargenetischen Analysen mit genetischen Markern erfolgen. Ein Satz verifizierter Referenzproben der beiden (oder sogar mehrerer) hybridisierenden Arten ist erforderlich, um zwischen artreinen Individuen und Hybriden zu unterscheiden.

Generell sollte Folgendes beachtet werden:

- Die Population der Schwarz-Pappel hat eine Metapopulationsstruktur.
- Die FGM-Teilflächen bilden „lokale Populationen“ der Metapopulation.
- Die in einer Metapopulation ausgewählten FGM-Teilflächen entlang des Flusssystem bilden eine FGM-Fläche mit insgesamt 50 Schwarz-Pappel-Alt bäumen.
- Alle ausgewählten FGM-Alt bäume werden für Beobachtungen und Messungen berücksichtigt.
- Die molekulargenetischen Analysen müssen auf allen Monitoringniveaus durchgeführt werden, um ausschließlich „artreine“ Individuen in das Monitoring einzubeziehen. Daher ist das FGM dieser Art im Vergleich zu dem FGM bestandsbildender Baumarten zu Beginn deutlich teurer.

Auf der Monitoringfläche werden periodisch Verifikatoren und Hintergrundinformationen erfasst. Verifikatoren werden genutzt, um die genetischen Eigenschaften der Population und ihre Anpassung an Umweltveränderungen und/oder Bewirtschaftung zu verfolgen, während Hintergrundinformationen aufgezeichnet werden, um die Interpretation der Verifikatoren zu unterstützen. Verifikatoren können auf drei verschiedenen Intensitätsniveaus erfasst werden: Basis, Standard und Intensiv.

Höher rangigere Niveaus (Standard, Intensiv) müssen stets auch die Erfassung der Verifikatoren auf allen niedrigeren Niveaus (Basis, Standard) einschließen. Dies ist für die Aufzeichnung von Hintergrundinformationen nicht erforderlich.

Tabelle 1: Liste der Verifikatoren und Hintergrundinformationen, die während der Außenaufnahmen auf den FGM-Monitoringflächen zu erfassen sind; jeweils mit Kurzbeschreibung und Beobachtungshäufigkeit.

Bezeichnung	Basisniveau	Standardniveau	Intensivniveau	
Verifikatoren	Mortalität / Überlebensrate	Altbäume: Zählung der verbleibenden markierten Bäume alle 10 Jahre und nach jedem extremen Witterungsereignis/ jeder Störung	wie Basisniveau	
		Naturverjüngung: Mortalität / Überlebensrate wird für diese Art nicht erfasst	/	
	Blüte	Expertenbasierte Schätzung für die FGM-Teilfläche; jährlich	Erfassung auf Einzelbaumebene, während zwei bedeutenden Blühereignissen pro Jahrzehnt, idealerweise in gleichen Abständen *	wie Standardniveau, aber zusätzlich Erfassung des Blühstadiums. *
	Fruktifikation	Erfassung auf Einzelbaumebene im selben Jahr, in dem die Erfassung der Blüte auf Basisniveau erfolgt (unabhängig von der Fruktifikationsintensität) *	Erfassung auf Einzelbaumebene im selben Jahr, in dem die Erfassung der Blüte auf Basisniveau erfolgt (unabhängig von der Fruktifikationsintensität) *	Zählung der Früchte (baumwoll-ähnliche Kätzchen mit reifen Samenkapseln) in den gleichen Jahren, in denen die Bewertung der Blüte auf Intensivniveau erfolgt, unabhängig von der Fruktifikationsintensität* Bei jedem erfassten Fruktifikationsereignis wird auch Saatgut für Laboranalysen gesammelt
Abundanz der Naturverjüngung	Expertenbasierte Schätzung für die FGM-Teilfläche. **	Zählung neuer (!) Sämlinge in bis zu 20 NV-Clustern nach jedem erfassten Fruktifikationsereignis. Zeitgleich werden Proben für genetische Analysen gesammelt. **	wie Standardniveau **	
Hintergrundinformationen	Durchmesser-klassen-vertei-lung	/	Messung alle 10 Jahre	wie Standardniveau
	Höhenklassen-vertei-lung	/	Messung alle 10 Jahre	wie Standardniveau
	Austrieb	/	Erfassung auf Einzelbaumebene; alle 5 Jahre	Erfassung auf Einzelbaumebene; jährlich
	Seneszenz	/	Erfassung auf Einzelbaumebene; alle 5 Jahre	Erfassung auf Einzelbaumebene; jährlich
	Blühsynchroni-sation	/	/	Erfassung auf Einzelbaum-ebene, während jedes erfassten bedeutenden Blühereignisses

* Idealerweise sollte mindestens ein größeres Fruktifikationsereignis pro Jahrzehnt bewertet werden. Ein bedeutendes Blühereignis führt jedoch nicht unbedingt zu einem bedeutenden Fruktifikationsereignis. Wenn auf das bewertete Blühereignis kein wesentliches Fruktifikationsereignis folgt, muss die Bewertung sowohl der Blüte als auch der Fruchtbildung beim nächsten bedeutenden Blühereignis wiederholt werden, unabhängig von der Zeit, die zwischen aufeinanderfolgenden bedeutenden Blühereignissen liegt. Erhebungen auf Basisniveau werden zur Identifizierung bedeutender Blüh- und Fruktifikationsereignisse verwendet.

** Sind nach einem erfassten bedeutenden Blüh- und Fruktifikationsereignis keine neuen NV-Cluster zu finden (da z.B. Sämlinge durch Hochwasser weggeschwemmt wurden), muss die Bewertung der drei Verifikatoren (Blüte, Fruktifikation und NV-Abundanz) beim nächsten bedeutenden Blühereignis wiederholt werden, unabhängig von der Zeit, die zwischen aufeinanderfolgenden bedeutenden Blühereignissen liegt. Erhebungen auf Basisniveau werden zur Identifizierung bedeutender Blüh- und Fruktifikationsereignisse verwendet.

7.1 VERFAHREN ZUR ERFASSUNG DER VERIFIKATOREN

7.1.1 Mortalität / Überlebensrate

Die Mortalität beschreibt die Sterblichkeit von Altbäumen und Naturverjüngung. Ihr Pendant – die Überlebensrate – steht für Bäume, die seit der letzten Datenerhebung noch am Leben sind. Die Überlebensrate wird berechnet als $1 - \text{Mortalität}$.

7.1.1.1 Altbäume: Basis-, Standard- und Intensivniveau

Verifikator für die Mortalität von Altbäumen. Die Mortalität wird geschätzt, indem die verbleibenden lebenden Beobachtungsbäume alle 10 Jahre sowie nach jedem extremen Witterungsereignis bzw. jeder Störung gezählt werden. Die Mortalität ist die Differenz zwischen der ursprünglichen Anzahl markierter Beobachtungsbäume und den davon verbleibenden lebenden Bäumen der ursprünglichen 50 Beobachtungsbäume.

7.1.2 Blüte

Dieser Verifikator beschreibt das Auftreten der Blüte (Anteil der Bäume) und die Blühintensität. Er kann in Mitteleuropa im April erfasst werden. Nach warmen Wintern erfolgt die Blüte früher.

7.1.2.1 Basisniveau

Der Verifikator wird jährlich auf Bestandesebene erfasst. Die Erfassung erfolgt zum Zeitpunkt der Hauptblüte. Die Schätzung des durchschnittlichen Zustands erfolgt nach einer Begehung der gesamten Monitoringfläche. Es werden zwei Werte erfasst: einer für die Blühintensität, ausgedrückt als mittlerer Kronenanteil in Blüte; und einer für den Anteil der blühenden Bäume im Bestand.

Code	Blühintensität auf Bestandesebene	Mittlerer Anteil der Kronen in Blüte (%)
1	Keine Blüte: Keine oder nur gelegentlich auftretende Blüten	0 – 10
2	Schwache Blüte: Einige Blüten erscheinen an den Bäumen	> 10 – 30
3	Mäßige Blüte: Mäßig viele Blüten an den Bäumen	> 30 – 60
4	Starke Blüte: Reichlich Blüten an den Bäumen	> 60 – 90
5	Extreme Blüte: Enorme Anzahl von Blüten an den Bäumen	> 90

Code	Anteil der Bäume im Bestand mit dem entsprechenden Stadium der Blühintensität (%)
1	0 – 10
2	> 10 – 30
3	> 30 – 60
4	> 60 – 90
5	> 90

7.1.2.2 Standardniveau

Der Verifikator wird während zweier bedeutender Blühereignisse pro Jahrzehnt aufgezeichnet, idealerweise mit einem ähnlichen zeitlichen Abstand. Er wird für alle 50 Beobachtungsbäume auf Einzelbaumebene erfasst. Ein bedeutendes Blühereignis liegt vor, wenn die Blühintensität auf Basisniveau als stark oder extrem eingeschätzt wird (Code 4 oder 5) und der Anteil der Bäume mit der angegebenen Blühintensität über 60% liegt (Code 4 oder 5). Die Erfassung erfolgt zum Zeitpunkt der Hauptblüte. Für jeden Beobachtungsbaum wird ein Wert erfasst.

Code Blühintensität auf Bestandesebene		Mittlerer Anteil der Kronen in Blüte (%)
1	Keine Blüte: Keine oder nur gelegentlich auftretende Blüten	0 – 10
2	Schwache Blüte: Einige Blüten erscheinen an den Bäumen	> 10 – 30
3	Mäßige Blüte: Mäßig viele Blüten an den Bäumen	> 30 – 60
4	Starke Blüte: Reichlich Blüten an den Bäumen	> 60 – 90
5	Extreme Blüte: Enorme Anzahl von Blüten an den Bäumen	> 90

7.1.2.3 Intensivniveau

Der Verifikator wird während zweier bedeutender Blühereignisse pro Jahrzehnt aufgezeichnet, idealerweise mit einem ähnlichen zeitlichen Abstand. Er wird für alle 50 Beobachtungsbäume auf Einzelbaumebene erfasst. Ein bedeutendes Blühereignis liegt vor, wenn die Blühintensität auf Basisniveau als stark oder extrem eingeschätzt wird (Code 4 oder 5) und der Anteil der Bäume mit der angegebenen Blühintensität über 60% liegt (Code 4 oder 5).

Für jeden Baum werden zwei Werte angegeben: das Blühstadium männlicher und weiblicher Bäume sowie der blühende Kronenanteil. Im Durchschnitt sind zwei Begehungen auf der Monitoringfläche erforderlich: die erste früh genug, um das Frühstadium der Blüte zu beobachten, die zweite zum Zeitpunkt der Hauptblüte. Hintergrundinformationen zur Blühsynchronisation können anhand der für diesen Verifikator erfassten Werte abgeschätzt werden. Die männlichen und weiblichen Blühstadien sind in Abbildung 6 und 7 dargestellt.

Code Weibliches Blühstadium	
1	Inaktive weibliche Blühknospen (braune Färbung)
2	Vergrößerte weibliche Blühknospen mit beginnender Knospenöffnung (hellgrüne Färbung)
3	Längenwachstum der Blüte (kurze, hellgrüne Blüten)
4	Offene Blüten (grün-gefärbte Kätzchen)
5	Offene Blüten (Kätzchen mit voll entwickelten gelb-grünen Blüten)

Code Männliches Blühstadium	
1	Inaktive männliche Blühknospen (braune Färbung)
2	Vergrößerte männliche Blühknospen mit beginnender Knospenöffnung (hellgrüne Färbung mit ersten rötlich-violetten Blüten)
3	Längenwachstum der Blüte (kurze, rötlich-violetten Blüten)
4	Offene Blüten (Kätzchen mit voll entwickelten rötlich-violetten Blüten mit Pollen)
5	Blüten vertrocknen und fallen ab

Code Blühintensität des Einzelbaums (beide Geschlechter)		Mittlerer Anteil der Kronen in Blüte (%)
1	Keine Blüte: Keine oder nur gelegentlich auftretende Blüten	0-10
2	Schwache Blüte: Einige Blüten erscheinen an den Bäumen	>10-30
3	Mäßige Blüte: Mäßig viele Blüten an den Bäumen	>30-60
4	Starke Blüte: Reichlich Blüten an den Bäumen	>60-90
5	Extreme Blüte: Enorme Anzahl von Blüten an den Bäumen	>90



Abbildung 6: Illustration zur Beschreibung der männlichen Blühstadien (rötliche Kätzchen) für den Verifikator „Blüte“ auf Intensivniveau.

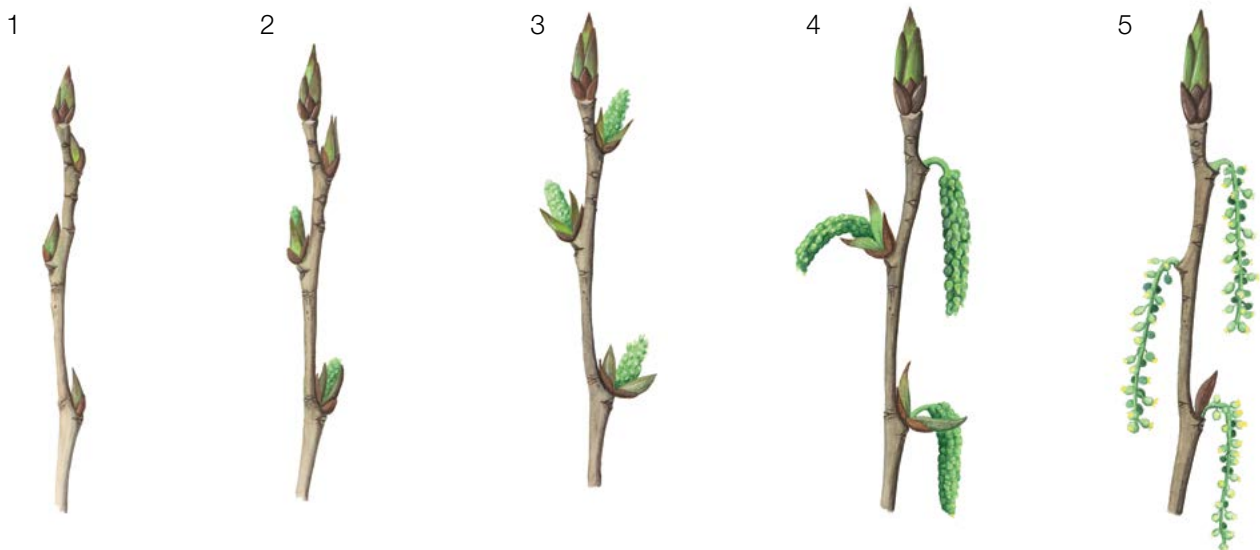


Abbildung 7: Illustration zur Beschreibung der weiblichen Blühstadien (gelb-grüne Kätzchen) für den Verifikator „Blüte“ auf Intensivniveau.

7.1.3 Fruktifikation

Dieser Verifikator beschreibt das Auftreten und die Häufigkeit der Fruchtbildung. Die Daten für diesen Verifikator sollten während der Fruktifikationszeit erhoben werden, d.h. in Mitteleuropa von Ende April bis Juni.

7.1.3.1 Basis- und Standardniveau

Die Erfassung des Verifikators erfolgt in denselben Jahren wie die Bewertung der Blüte auf Standard- und Intensivniveau (unabhängig von der Fruktifikationsintensität). Sie wird für alle weiblichen Beobachtungsbäume (idealerweise 25) auf Einzelbaumebene durchgeführt – und zwar bevor die Früchte beginnen zu fallen. Für jeden Beobachtungsbaum wird ein Wert erfasst.

Im Idealfall sollte pro Jahrzehnt ein auf ein bedeutendes Blühereignis folgendes größeres Fruktifikationsereignis erfasst werden. Ein bedeutendes Blühereignis führt jedoch nicht unbedingt zu einem bedeutenden

Fruktifikationsereignis. Wenn auf das bewertete Blühereignis kein wesentliches Fruktifikationsereignis folgt, muss die Bewertung sowohl der Blüte als auch der Fruchtbildung beim nächsten bedeutenden Blühereignis wiederholt werden, unabhängig von der Zeit, die zwischen aufeinanderfolgenden bedeutenden Blühereignissen liegt. Erhebungen auf Basisniveau werden genutzt, um bedeutende Fruktifikationsereignisse zu identifizieren. Ein bedeutendes Fruktifikationsereignis liegt vor, wenn die Fruktifikationsintensität auf Basisniveau als stark oder extrem eingeschätzt wird (Code 4 oder 5) und der Anteil der Bäume mit der angegebenen Fruktifikationsintensität über 60% liegt (Code 4 oder 5).

Code	Intensität der Fruktifikation auf Bestandesebene	Mittlerer Anteil der Krone mit Fruchtbehang (%)
1	Keine Fruchtbildung: Keine oder nur gelegentlich auftretende Früchte an den Bäumen	0 – 10
2	Schwache Fruchtbildung: Einige Früchte an den Bäumen	> 10 – 30
3	Mäßige Fruchtbildung: Mäßig viele Früchte an den Bäumen	> 30 – 60
4	Starke Fruchtbildung: Reichlich Früchte an den Bäumen	> 60 – 90
5	Extreme Fruchtbildung: Enorme Anzahl von Früchten an den Bäumen	> 90

7.1.3.2 Intensivniveau

Die Erfassung des Verifikators erfolgt in denselben Jahren wie die Bewertung der Blüte auf Basis-, Standard- und Intensivniveau (unabhängig von der Fruktifikationsintensität). Sie wird für alle weiblichen Beobachtungsbäume (idealerweise 25) auf Einzelbaumebene durchgeführt – und zwar bevor die Früchte beginnen zu fallen. Für jeden Beobachtungsbaum wird ein Wert erfasst. Zeitgleich wird von 20 weiblichen Bäumen Saatgut für die Saatgut- und Genanalysen gesammelt (für die Verifikatoren und Hintergrundinformationen auf Intensivniveau).

Im Idealfall sollte pro Jahrzehnt ein auf ein bedeutendes Blühereignis folgendes größeres Fruktifikationsereignis erfasst werden. Ein bedeutendes Blühereignis führt jedoch nicht unbedingt zu einem bedeutenden Fruktifikationsereignis. Wenn auf das bewertete Blühereignis kein wesentliches Fruktifikationsereignis folgt, muss die Bewertung sowohl der Blüte als auch der Fruchtbildung beim nächsten bedeutenden Blühereignis wiederholt werden, unabhängig von der Zeit, die zwischen aufeinanderfolgenden bedeutenden Blühereignissen liegt. Erhebungen auf Basisniveau werden genutzt, um bedeutende Fruktifikationsereignisse zu identifizieren. Ein bedeutendes Fruktifikationsereignis liegt vor, wenn die Fruktifikationsintensität auf Basisniveau als stark oder extrem eingeschätzt wird (Code 4 oder 5) und der Anteil der Bäume mit der angegebenen Fruktifikationsintensität über 60% liegt (Code 4 oder 5).

Der Verifikator wird durch das Zählen von Früchten (baumwollähnliche Kätzchen mit reifen Samenkapseln) unter Nutzung eines Fernglases erfasst (als Durchschnitt von drei Zählrunden). Jede Zählrunde besteht aus der Anzahl der Früchte, die der Beobachter in 30 Sekunden zählt. Bei allen Bäumen sollte das gleiche Kronendrittel untersucht werden. Sobald ein Kronendrittel für die Beobachtung ausgewählt wurde, sollte dieses für jede weitere Erhebung dieses Verifikators ausgewählt werden. Für die Zählung wird das obere Kronendrittel dem unteren und mittleren Drittel vorgezogen.

Es werden zwei Werte erfasst: die Anzahl der Früchte und das untersuchte Kronendrittel.

Anzahl der in 30 Sekunden gezählten Früchte (Mittelwert aus 3 Zählrunden)

X

Code Untersuchtetes Kronendrittel

- | | |
|---|-------------------------|
| 1 | unteres Kronendrittel |
| 2 | mittleres Kronendrittel |
| 3 | oberes Kronendrittel |

7.1.4 Auftreten und Abundanz der Naturverjüngung

Dieser Verifikator beschreibt das Vorhandensein und die Häufigkeit von Naturverjüngung auf der Monitoringfläche.

7.1.4.1 Basisniveau

Der Verifikator wird jährlich im späten Frühjahr/Frühsummer auf Ebene der FGM-Teilflächen erfasst. Für die Schätzung der Situation auf der gesamten Monitoringfläche werden Expertenmeinungen herangezogen.

Code Beschreibung: neue aufgelaufene Naturverjüngung (diesjährige Keimlinge)

1a Auf der Monitoringfläche gibt es keine oder nur sehr wenig neue Naturverjüngung

2a Auf der Monitoringfläche ist in ausreichender Anzahl neue Naturverjüngung vorhanden

Code Beschreibung: etablierte Naturverjüngung (Sämlinge)

1b Auf der Monitoringfläche gibt es keine oder nur sehr wenig etablierte Naturverjüngung

2b Auf der Monitoringfläche ist in ausreichender Anzahl etablierte Naturverjüngung vorhanden



Abbildung 8: Neu gekeimter Keimling der Schwarz-Pappel mit charakteristischen Keimblättern und den ersten entwickelten Blättern.

7.1.4.2 Standard- und Intensivniveau

Der Verifikator wird durch Zählung der neu gekeimten Sämlinge (Abbildung 8) in bis zu 20 NV-Clustern nach jedem bewerteten Fruktifikationsereignis erfasst (das Jahr des Fruktifikationsereignisses wird als Jahr 0 betrachtet). Für die Schwarz-Pappel werden keine regulären NV-Plots angelegt, da aufgrund regelmäßiger Überschwemmungsereignisse ein hoher Verlust von NV zu erwarten ist. Folglich wird die Zählung nur einmal durchgeführt – unmittelbar nach der Keimung – und das Überleben bzw. die Mortalität der NV wird für diese Art nicht bewertet. Gleichzeitig werden NV-Proben für genetische Analysen gesammelt.

Zählung der Naturverjüngung:

In den 20 NV-Clustern werden alle neu gekeimten Schwarz-Pappel-Sämlinge gezählt. Ältere Schwarz-Pappel-Jungpflanzen, die in den NV-Clustern vorhanden sind, dürfen nicht mitgezählt werden.

Sind nach einem erfassten bedeutenden Blüh- und Fruktifikationsereignis keine neuen NV-Cluster zu finden (da z.B. Sämlinge durch Hochwasser weggeschwemmt wurden), muss die Bewertung der drei Verifikatoren (Blüte, Fruktifikation und NV-Abundanz) beim nächsten bedeutenden Blühereignis wiederholt werden, unabhängig von der Zeit, die zwischen aufeinanderfolgenden bedeutenden Blühereignissen liegt. Erhebungen auf Basisniveau werden zur Identifizierung bedeutender Blüh- und Fruktifikationsereignisse verwendet.

Sind in 5 aufeinanderfolgenden Monitoringjahren (nach zwei großen Fruktifikationsereignissen in einer Dekade) keine neuen NV-Cluster zu finden, sollte die NV an bereits erfolgreich etablierten NV-Standorten einmal pro Dekade geschätzt werden. In solchen Fällen ist das ungefähre Alter der NV zu schätzen und zu erfassen.

Anzahl der Sämlinge in einem NV-Cluster

X

7.2 Verfahren zur Erfassung von Hintergrundinformationen

7.2.1 Durchmesserklassenverteilung

7.2.1.1 Standard- und Intensivniveau

Der BHD wird alle 10 Jahre für alle 50 Beobachtungsbäume auf Einzelbaumebene erfasst. Der BHD ist der Stammdurchmesser in 1,30 m Höhe, d.h. ungefähr auf Brusthöhe eines Erwachsenen. Hat der Baum mehr als einen Stamm, messen Sie bitte alle Stämme und erfassen Sie den Durchschnitt (versuchen Sie jedoch, Bäume mit vielen kleinen Stämmen zu vermeiden). Notieren Sie in den Anmerkungen, dass der Baum mehrstämmig ist, und geben Sie die Anzahl der gemessenen Stämme an. Ist der Baum geneigt, messen Sie den BHD senkrecht zum Baumstamm. Der BHD kann auf zwei Arten gemessen werden:

- 1) mit einer Kluppe; in diesem Fall messen Sie senkrecht zueinander zwei Durchmesser und berechnen den Mittelwert
- 2) Messen Sie den Umfang des Baumes und berechnen Sie daraus den Durchmesser (d.h. dividieren Sie durch π ; $\sim 3,14$)

Der BHD wird in cm angegeben. Für nachfolgende Messungen ist stets dieselbe Methode anzuwenden.

7.2.2 Höhenklassenverteilung

7.2.2.1 Standard- und Intensivniveau

Die Baumhöhe wird alle 10 Jahre für alle 50 Beobachtungsbäume auf Einzelbaumebene erfasst. Die Höhe wird vom Boden bis zum höchsten Punkt der Krone gemessen, idealerweise mit einem Klinometer oder Hypsometer (z.B. Vertex). Die Höhe wird in Metern auf eine Dezimalstelle angegeben. Ist die Krone beschädigt, muss dies in den Anmerkungen zusammen mit dem mutmaßlichen Grund für den Schaden notiert werden.

7.2.3 Austrieb

Diese Hintergrundinformation beschreibt die Austriebsstadien. Die Aufzeichnung erfolgt nur auf Standard- und Intensivniveau. Bei der Schwarz-Pappel beginnt der Blattaustrieb später als die Blüte. Die Daten für diese Hintergrundinformation sollten in Mitteleuropa von März bis Mai erhoben werden, bis alle Beobachtungsbäume voll entwickelte Blätter haben. Nach warmen Wintern erfolgt der Austrieb früher.

7.2.3.1 Standardniveau

Auf Standardniveau wird der Austrieb alle 5 Jahre für alle 50 Beobachtungsbäume auf Einzelbaumebene beobachtet. Gesucht werden der Beginn der Knospenöffnung (Stadium 3) und das Ende der Blattentfaltung

(Stadium 6). Die Beobachtungen werden beendet, wenn alle Bäume das Stadium 5 erreicht haben. In der Regel sind dafür 2 Begehungen erforderlich. Für jeden Baum werden zwei Werte erfasst: das Austriebsstadium und der entsprechende Kronenanteil. Die Austriebsstadien sind in Abbildung 9 dargestellt.

Code Stadium	Beschreibung
1	Schlafende Winterknospe Knospen vollständig von Knospenschuppen umhüllt (vor dem ersten Anzeichen des Anschwellens)
2	Anschwellen Geschwollene Knospe mit leicht geöffneten Knospenschuppen
3	Knospenöffnung Beginnende Knospenöffnung
4	Blattentfaltung Vollständig geöffnete Knospen, aber die Blätter sind noch eng beieinander
5	Blattverlängerung Blätter entfalten sich
6	Vertikales Wachstum Blätter vollständig entfaltet und voll entwickelt

Code Anteil der Krone mit dem entsprechenden Austriebsstadium (%)	
1	> 0 – 33%
2	> 33 – 66%
3	> 66 – 99%
4	100%

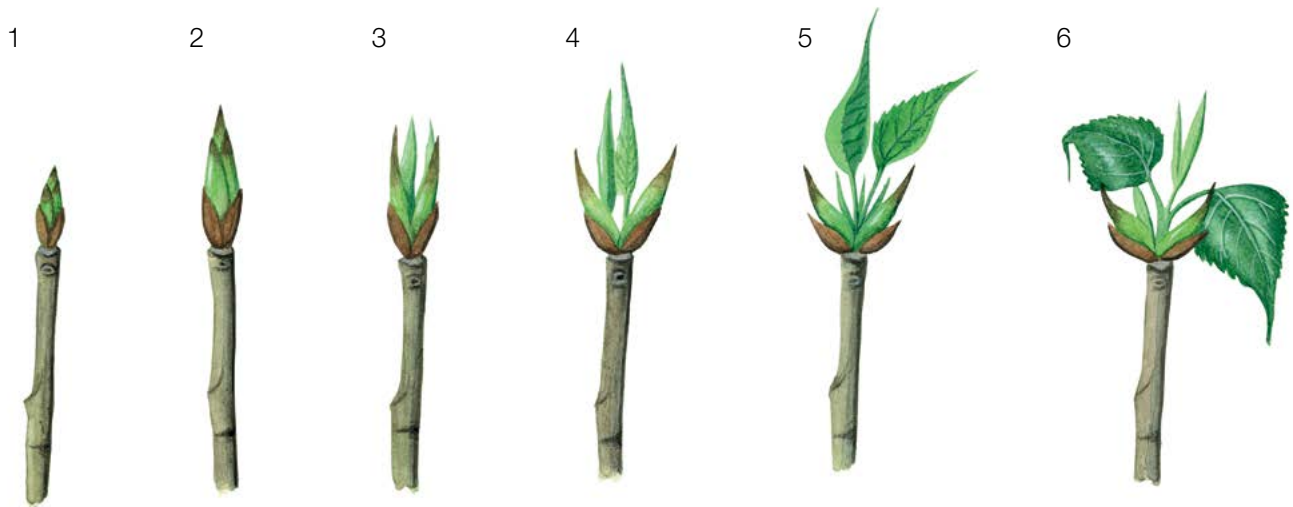


Abbildung 9: Illustration zur Beschreibung der Hintergrundinformation „Austrieb“ auf Standard- und Intensivniveau.

7.2.3.2 Intensivniveau

Auf Intensivniveau wird der Austrieb jährlich für alle 50 Beobachtungsbäume auf Einzelbaumebene erhoben, mit derselben Verfahrensweise wie auf Standardniveau. Gesucht werden der Beginn der Knospenöffnung (Stadium 3) und das Ende der Blattentfaltung (Stadium 5). Die Beobachtungen werden beendet, wenn alle Bäume das Stadium 6 erreicht haben. In der Regel sind dafür 2 Begehungen erforderlich. Details zu den Stadien sind im Kapitel 7.2.3.1 Standardniveau zu finden.

7.2.4 Seneszenz

Die Seneszenz beschreibt den Prozess der Blattalterung. Die Erfassung dieser Hintergrundinformation erfolgt nur auf dem Standard- und Intensivniveau.

7.2.4.1 Standardniveau

Auf Standardniveau wird die Seneszenz alle 5 Jahre für alle 50 Beobachtungsbäume auf Einzelbaumebene beobachtet. Gesucht wird das Stadium 3, wenn die Blätter gelb sind und keine Photosynthese mehr betreiben. Die Beobachtungen enden, wenn alle Bäume das Stadium 3 erreicht haben. Normalerweise sind dafür zwei Begehungen der Monitoringfläche erforderlich. Für jeden Baum werden zwei Werte erfasst: das Stadium der Seneszenz und der entsprechende Kronenanteil. Die Stadien der Seneszenz sind in Abbildung 10 dargestellt.

Code Stadium der Seneszenz	
1	Blätter sind grün
2	Blattfarbe wechselt von grün zu gelb (grünlich-gelb)
3	Blattfarbe wechselt von gelb zu braun (bräunlich)
4	Blätter sind braun / abgefallen

Code Anteil der Krone mit dem entsprechenden Seneszenzstadium (%)	
1	> 0 – 33%
2	> 33 – 66%
3	> 66 – 99%
4	100%

7.2.4.2 Intensivniveau

Auf Intensivniveau wird die Seneszenz jährlich für alle 50 Beobachtungsbäume auf Einzelbaumebene erfasst, mit derselben Verfahrensweise wie auf Standardniveau. Gesucht wird das Stadium 3, wenn die Blätter gelb sind und keine Photosynthese mehr betreiben. Die Beobachtungen enden, wenn alle Bäume das Stadium 3 erreicht haben. Normalerweise sind dafür zwei Begehungen der Monitoringfläche erforderlich. Details dazu sind im Kapitel 7.2.4.1 Standardniveau zu finden.

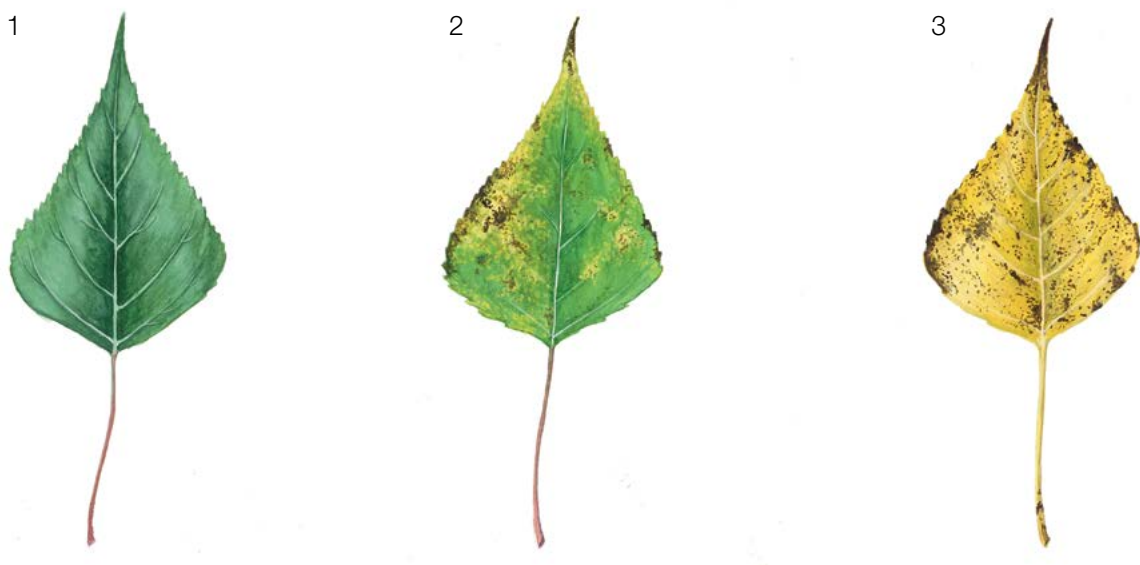


Abbildung 10: Illustration zur Beschreibung der Seneszenz für die Hintergrundinformation „Seneszenz“ auf Standard- und Intensivniveau (Phase 4 ist nicht dargestellt).

7.2.5 Blühsynchronisation

7.2.5.1 Intensivniveau

Die Hintergrundinformation „Blühsynchronisation“ wird nur auf Intensivniveau erfasst und basiert auf den für den Verifikator „Blüte“ erhobenen Daten (siehe Kapitel 7.1.2.3). Sie wird verwendet, um festzustellen, ob die männliche und weibliche Blüte innerhalb des untersuchten Bestandes gleichzeitig stattfindet.

Formular für die Beschreibung der Monitoringfläche: ‘FGM Plot description’

Formular für die Erfassung der Verifikatoren: ‘Form for recording field level verifiers within FGM’

Formular für die Aufzeichnung von Hintergrundinformationen: ‘Form for recording field level background information within FGM’

8. Quellen

- Smulders MJM, Cottrell JE, Lefèvre F, van der Schoot J, Arens P, Vosman B, Tabbener HE, Grassi F, Fossati T, Castiglione S, Krystufek V, Fluch S, Burg K, Vornam B, Pohl A, Gebhardt K, Alba N, Agúndez D, Maestro C, Notivol E, Volosyanchuk R, Pospíšková M, Bordács S, Bovenschen J, van Dam BC, Koelewijn HP, Halfmaerten D, Ivens B, van Slycken J, Vanden Broeck A, Storme V, Boerjan W (2008) Structure of the genetic diversity in black poplar (*Populus nigra* L.) populations across European river systems: Consequences for conservation and restoration. *Forest Ecol Manag* 255(5–6):1388–1399. DOI:10.1016/j.foreco.2007.10.063
- Lefèvre F, Barsoum N, Heinze B, Kajba D, Rotach P, de Vries S, Turok J (2001). EUFORGEN Technical Bulletin: *In situ* conservation of *Populus nigra*. International Plant Genetic Resources Institute, Rome
- Lefèvre F, Bordács S, Cottrell JE, Gebhardt K, Smulders MJM, Vanden Broeck A, Vornam B, van Dam BC (2002) Recommendation for riparian ecosystem management based on the general frame defined in EUFORGEN and results from EUROPOP. In: van Dam BC, Bordács S (eds) Genetic diversity in river populations of European Black Poplar. (Implications for riparian eco-system management), Csiszár Nyomda, Budapest, pp 157-161
- Jelić M, Patenković A, Skorić M, Mišić D, Kurbalija Novičić Z, Bordács S, Varhidi F, Vasić I, Benke A, Frank G, Šiler B (2015) Indigenous forests of European black poplar along the Danube River: genetic structure and reliable detection of introgression. *Tree Genet Genomes* 11:89 <https://doi.org/10.1007/s11295-015-0915-5>
- Eckenwalder JE (1996) Systematics and evolution of *Populus*. In: Stettler RF, Bradshaw HD. Jr, Heilman PE, Hinckley TM (eds) *Biology of Populus and Its Implications for Management and Conservation*. NRC Research Press, Ottawa, pp. 7–32. <https://doi.org/10.1139/9780660165066>
- Rotach P (2001) General consideration and basic strategies. In: Lefevre F, Barsoum N, Heinze B, Kajba D, Rotach P, de Vries SMG, Turok J (eds) EUFORGEN technical bulletin: in situ conservation of *Populus nigra*. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, pp 8-15
- Heinze B, Lefevre F (2001) Genetic considerations for the restoration of riparian populations. In: Lefevre F, Barsoum N, Heinze B, Kajba D, Rotach P, de Vries SMG, Turok J (eds) EUFORGEN technical bulletin: in situ conservation of *Populus nigra*. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, pp 25–35
- Allegri E (1971) Identification of species and varieties of poplar indigenous in Italy. *Annali dell Istituto Sperimentale per la Selvicoltura* 2:1-62
- Popivshchy II; Prokazin AE; Routkovsky LV (1997) Black poplar in the Russian Federation. In: Turok J, Lefèvre F, de Vries S, Toth B (eds) *Populus nigra* Network. Report of the third meeting, Sarvar, Hungary, 5-7 October 1996, IPGRI, Rome, pp 46-52.
- Dickmann D, Kuzovkina J (2014) Poplars and Willows in the World, With Emphasis on Silviculturally Important Species. In: Isebrands JG, Richardson J (eds) *Poplars and Willows: Trees for Society and the Environment*. FAO UN, CABI, Rome, pp 8-91. <http://dx.doi.org/10.1079/9781780641089.0008>
- de Rigo D, Enescu CM, Houston Durrant T, Caudullo G (2016) *Populus nigra* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayanz J, de Rigo D, Caudullo G, Houston Durrant T, Mauri A (eds) *European Atlas of Forest Tree Species*. Publ. Off. EU, Luxembourg, pp 136-137. DOI: 10.2788/4251
- Fitschen JB (2002) Gehölzflora. Quelle & Meyer Verlag, Wiebelsheim, pp 45-1; 45–7
- Roloff A, Bärtels A (2006) Flora der Gehölze. Eugen UlmerKG, Stuttgart, pp 457–464

14. Vanden Broeck A (2003) Technical guidelines for genetic conservation and use of European Black Poplar (*Populus nigra* L.). International Plant Genetic Resources Institute, Rome
15. Braatne JH, Rood SB, Heilman PE (1996) Life history, ecology, and conservation of riparian cottonwoods in North America. In: Stettler RF, Bradshaw HD, Heiman PE, Hinckley TM (eds.) *Biology of Populus and its Implications for Management and Conservation*. NRC Research Press, Ottawa, pp 57–80. <https://doi.org/10.1139/9780660165066>
16. Mahoney JM, Rood SB (1998) Streamflow requirements for cottonwood seedling recruitment—an integrative model. *Wetlands* 18:634–645. <https://doi.org/10.1007/BF03161678>
17. Barsoum N (2001) Regeneration requirements and promotion measures. In: Lefevre F, Barsoum N, Heinze B, Kajba D, Rotach P, de Vries SMG, Turok J (eds) *EUFORGEN technical bulletin: insitu conservation of Populus nigra*. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, pp 16–24
18. Guillois-Froget H, Muller E, Barsoum N, Hughes FMR (2002) Dispersal, germination, and survival of *Populus nigra* L. (*Salicaceae*) in changing hydrologic conditions. *Wetlands* 22:478–488. [https://doi.org/10.1672/0277-5212\(2002\)022\[0478:DGASOP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1672/0277-5212(2002)022[0478:DGASOP]2.0.CO;2)
19. Richardson J, Isebrands JG, Ball JB (2014) Ecology and Physiology of *Populus* and Willows. In: Isebrands JG, Richardson J (eds) *Poplars and Willows: Trees for Society and the Environment*. CAB International, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), pp 92–123. <http://dx.doi.org/10.1079/9781780641089.0008>
20. Zsuffa L (1974) The genetics of *Populus nigra* L. *Annales Forestales* 6:29–53
21. Ballian D (2017) Varijabilnost crne topole (*Populus nigra* L.) i njeno očuvanje u Bosni i Hercegovini. (Variability of Black poplar (*Populus nigra* L.) and its preservation in Bosnia and Herzegovina). Forestry Faculty of the University of Sarajevo/Silva Slovenica – Slovenian Forestry Institute Publishing Centre, Sarajevo/Ljubljana.
22. Lefèvre F, Légionnet A, de Vries S, Turok J (1998) Strategies for the conservation of a pioneer tree species, *Populus nigra* L., in Europe. *Genet Sel Evol* 30:S181 <https://doi.org/10.1186/1297-9686-30-S1-S181>
23. Bordács S, Bach I (2014) Restoration and afforestation with *Populus nigra* in Hungary. In: Bozzano M, Jalonen R, Thomas E, Boshier D, Gallo L, Cavers S, Bordács S, Smith P, Loo J (eds) *Genetic considerations in ecosystem restoration using native tree species: State of the World's Forest Genetic Resources. Thematic study*, Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), pp 233–235. <http://www.fao.org/3/a-i3938e.pdf>. Accessed 10 August 2020
24. EUFORGEN Identification Sheet of *Populus nigra* L. http://www.euforgen.org/fileadmin/templates/euforgen.org/upload/Publications/Other_PDFs/Pop_nigra_IdSheets/English.pdf. Accessed 10 August 2020

Die folgenden Ressourcen wurden für die derzeit akzeptierten (Dezember 2020) wissenschaftlichen Namen der in diesem Dokument erfassten oder erwähnten Arten konsultiert:

- a. CABI (2020) *Invasive Species Compendium*. CAB International, Wallingford, UK. www.cabi.org/isc. Accessed 15 December 2020
- b. EPPO (2020) EPPO Global Database (available online). <https://gd.eppo.int>. Accessed 15 December 2020
- c. GBIF (2020) Global Biodiversity Information Facility. <https://www.gbif.org> Accessed 15 December 2020
- d. IPNI (2020) International Plant Names Index. The Royal Botanic Gardens, Kew, Harvard University Herbaria & Libraries & Australian National Botanic Gardens. <http://www.ipni.org>, Accessed 10 December 2020
- e. National Center for Biotechnology Information (NCBI) (1998) National Library of Medicine (US), National Center for Biotechnology Information, Bethesda (MD). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>. Accessed 15 December 2020
- f. Stevens PF (2001) Angiosperm Phylogeny Website, Version 14. <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>. Accessed 15 December 2020
- g. The Plant List (2013) Version 1.1. <http://www.theplantlist.org/>. Accessed 12 December 2020
- h. Tropicos.org (2020) Missouri Botanical Garden. <http://www.tropicos.org>. Accessed 15 December 2020
- i. WFO (2020) World Flora Online. <http://www.worldfloraonline.org>. Accessed 15 December 2020

Projekttitel: **LIFE für ein forstgenetisches Monitoringsystem in Europa**
 Akronym: **LIFEGENMON**
 Programm: **LIFE**
 Förderkennzeichen: **LIFE13 SI / ENV / 000148**
 Dauer: **Juli 2014 - Dezember 2020**
 Koordination: **Slowenisches Forstinstitut**



Das Projekt wird vom EU-Programm LIFE+ kofinanziert.

Projektpartner

SLOWENIEN

Slowenisches Forstinstitut (Koordination)
www.gozdis.si
 Slowenische Forstverwaltung
www.zgs.si
 Zentrum für Informationsdienst,
 Zusammenarbeit und Entwicklung
 von NGOs
www.cnvos.si



DEUTSCHLAND

Bayerisches Amt für Waldgenetik
www.awg.bayern.de



Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten



GRIECHENLAND

Aristoteles-Universität Thessaloniki,
 Fakultät für Forst und Umwelt
www.for.auth.gr
 Generaldirektion für Forst und
 Landwirtschaft, Dezentrale
 Verwaltung von Mazedonien-
 Thrakien www.damt.gov.gr



HELLENIC REPUBLIC
 DECENTRALIZED ADMINISTRATION of MACEDONIA & THRACE
 GENERAL DIRECTORATE of FORESTS & RURAL AFFAIRS



Kofinanzierung



REPUBLIC OF SLOVENIA
 MINISTRY OF AGRICULTURE,
 FORESTRY AND FOOD



REPUBLIC OF SLOVENIA
 MINISTRY OF THE ENVIRONMENT
 AND SPATIAL PLANNING