



Grundlagenforschung zur Neckarschwarzpappel

- die Ergebnisse der genetischen Untersuchung liegen vor

Inhalt und Zweck der Untersuchungen

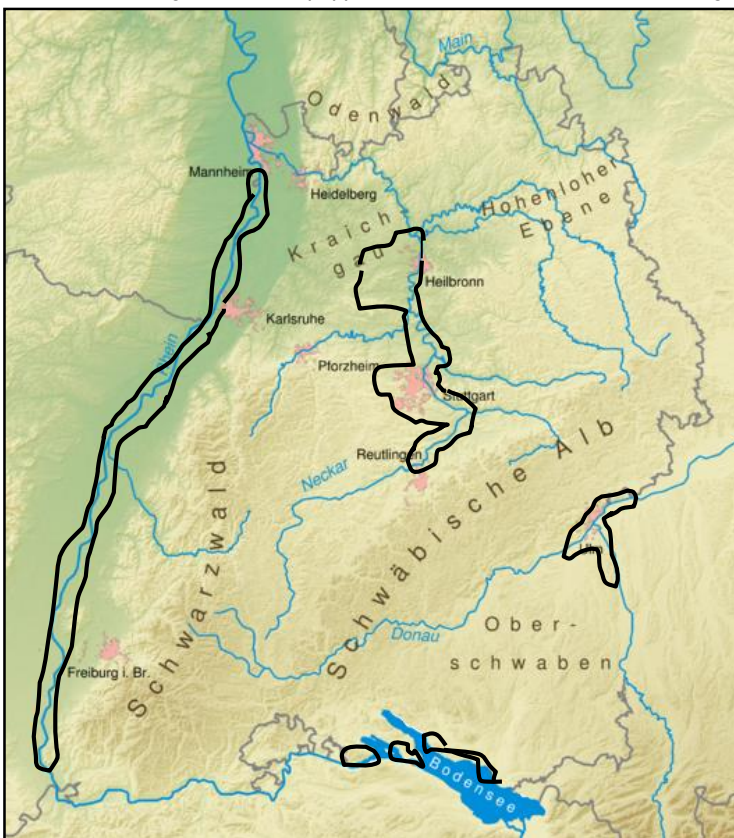
In Projekt-Info 1 wurde das Konzept zur Erforschung und Erhaltung der Neckar-Schwarzpappel vorgestellt. Unsere Fragen waren:

- Gibt es eine spezifische Schwarzpappel-Population im Flussgebiet Neckar?
- Wie grenzt sie sich von den Populationen in benachbarten Regionen ab?
- Ist die Neckarpopulation überlebensfähig?
- Welche Maßnahmen zur Erhaltung sind notwendig und wissenschaftlich vertretbar?

Hierzu wurden in den Jahren 2012-13 die Artreinheit und die Genotypen (d.h. individuellen Erbmuster) für rund 140 bekannte Schwarzpappeln im Neckareinzugsgebiet sowie für ca. 550 Vergleichsproben aus anderen Gebieten Baden-Württembergs bestimmt.

Die Daten ließen eine Bewertung des Neckarbestandes hinsichtlich seiner Vielfalt und Eigenständigkeit zu. Im Vergleich mit den Populationen am Oberrhein, Bodensee, an Donau und Iller sowie angrenzenden bayerischen Beständen wurde die genetische Ähnlichkeit bzw. Distanz zwischen den Populationen ermittelt.

Abb.2 Verbreitung der Schwarzpappel-Vorkommen in Baden-Württemberg



Molekulargenetische Untersuchungen der Artreinheit und des Genotyps ¹

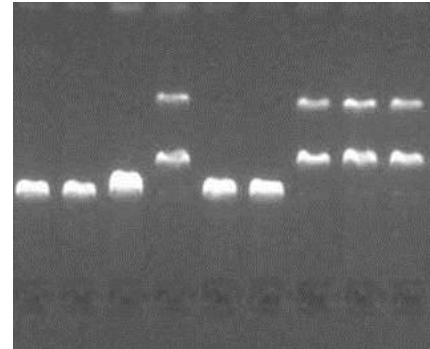


Abb.1 Nachweis der Artreinheit mittels Chloroplasten-DNA-Marker: Schwarzpappeln zeigen jeweils eine Bande, Hybridpappeln dagegen zwei Banden. (Quelle: ASP)

Die Bestimmung des **Genotyps der Proben** erfolgte mit Hilfe von 10 Kern-Mikrosatelliten-Orten.

Bewertung und Vergleich der Neckarpopulation mit natürlichen Beständen in Süddeutschland

Zur Bewertung der Variation innerhalb einer Population werden mit den Mikrosatelliten-Daten folgende Parameter berechnet:

- Genetische Vielfalt
- Genetische Diversität
- Heterozygotie

Für die Differenzierung zwischen verschiedenen Populationen:

- paarweiser genetischer Abstand
- Analyse der molekularen Varianz
- Population Assignment

Anm.1: Zu Methodik, Untersuchungsergebnissen und Dokumentation der Daten siehe:

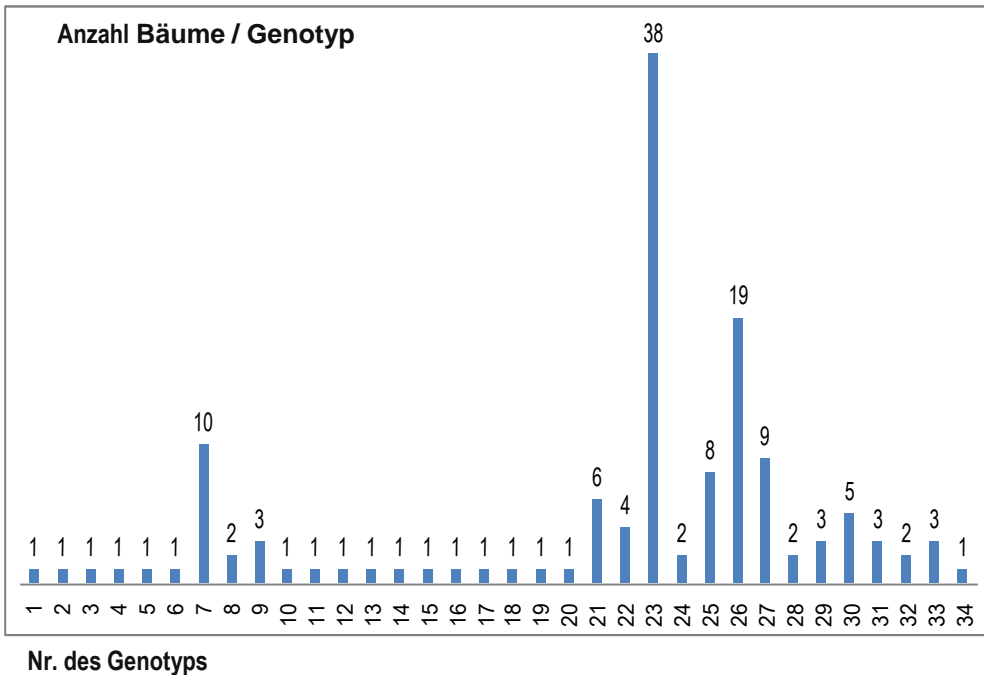
Dr. M. Konnert, Dr. E. Cremer (2013) Endbericht ASP: Genetische Untersuchungen an Schwarzpappeln in Baden-Württemberg und Bayern im Rahmen des Projektes „Erhaltung der Neckar-Schwarzpappel“.

Das genetische Spektrum im Neckargebiet ist klein. Es gibt mehrere individuenreiche Klone.

Die 137 Schwarzpappeln im Neckargebiet (Stand 2013) weisen 34 verschiedene Genotypen auf. Diese setzen sich aus 18 Individualtypen und 16 Klontypen zusammen.

18 Genotypen kommen nur einmal im Gebiet vor. Alle übrigen Bäume, also die große Mehrheit, kommen in Klongruppen vor und zeigen innerhalb einer Gruppe denselben Genotyp (Klone). Der hohe Klonanteil zeigt eine starke kulturelle Überprägung der Neckarpopulation.

Zum Vergleich: Unter den 88 an der Donau im Grenzgebiet Bayern/ BW aufgefundenen Pappeln wurden nur 4 Klone festgestellt. In den Schwarzpappelbeständen am Oberrhein und am Bodensee wurden unter allen Proben gar keine Klone beobachtet.



Künstliche und natürliche Klone

Klone sind meistens durch Absteckung vermehrt und gepflanzt worden, d.h. künstlich.

Sie können aber auch natürlich entstehen, z.B. durch Wurzel- ausläufer oder abgerissene Äste.

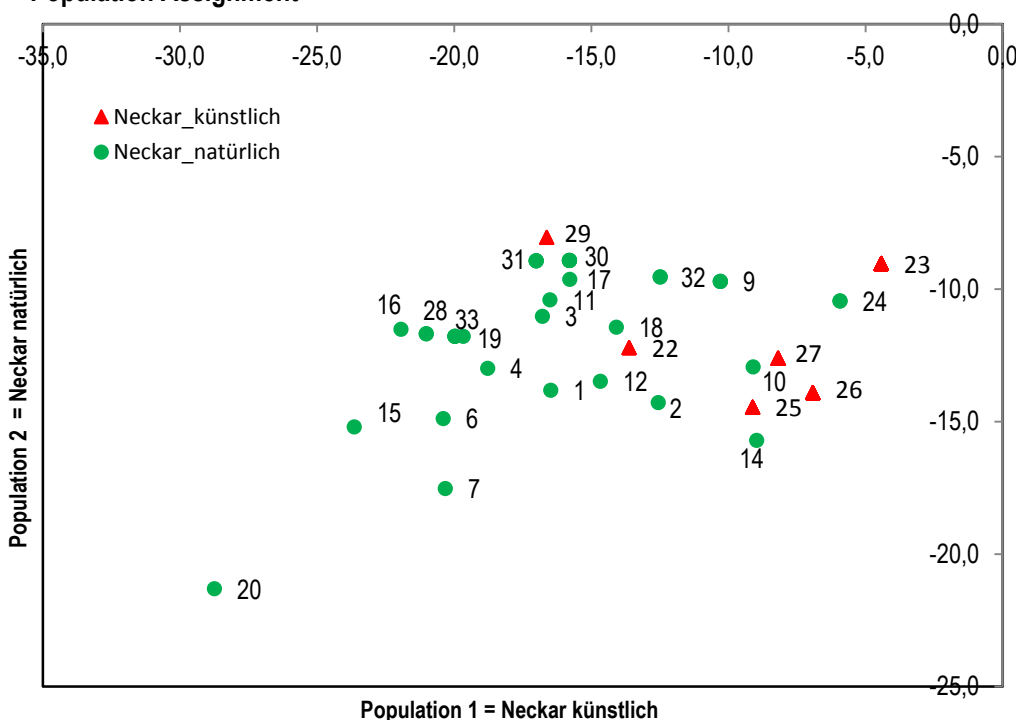
Klone, die nur in wenigen benachbarten Exemplaren vorkommen, sind in der Regel natürlich entstanden.

Solche ‚natürlichen‘ Klone sowie alle Individualtypen werden bei den Analysen zu einer Neckar-Restpopulation „Neckar_natürlich“ zusammengefasst.

Abb.3 Anzahl Bäume / Genotyp
Einige Klone sind individuenreich. Genotyp 23 ist mit 38 Bäumen am häufigsten vertreten.

Ähnlichkeiten und Distanzen innerhalb der Neckarpopulation

Population Assignment



In der Graphik sind Ähnlichkeiten innerhalb der Population ablesbar. Jeder Punkt entspricht einem Genotyp (vgl. Tab.1).

Dabei gilt:

Je ähnlicher, desto dichter liegen die Punkte beieinander. Je weiter die Distanz, desto unähnlicher sind die Genotypen und desto größer ist die genetische Eigenart.

Abb.4 Graphische Darstellung der genetischen Distanzwerte. Koordinatenachsen = Wahrscheinlichkeitswerte bzgl. der Zuweisung eines Genotyps zu einer Population (Quelle ASP).

Beispiel: Der Baum mit Genotyp Nr. 20 besitzt die größte Eigenart. Er wächst auf einer Neckarinsel bei Neckartenzlingen im Lkr. Esslingen.

Genotypenspektrum der Neckarschwarzpappeln: Restpopulation und Klone

Tab. 1
Gesamtliste aller Neckar-Schwarzpappeln mit Nr. des Genotyps, Zuordnung zu Neckar_natürlich (Restpopulation) bzw. Neckar_künstlich (Klon), Geschlecht und Baum-Nr.

Anm.: R/K
Die Zuordnung des Genotyps Nr. 7 zur Restpopulation hat sich seit der Auswertung 2012 aufgrund von Neufunden im Jahr 2013 geändert.

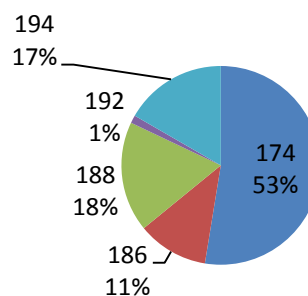
Genotyp	Restpopulation R, künstlicher Klon K	Geschlecht	Baum Nr. (NR.TK – Gemeindegenschaft – lfnr.)
1	R	w	7121-111-11
2	R	m	7422-116-01
3	R	w	7121-111-12
4	R	?	6920-118-01
5	R	m	6720-125-05
6	R	m	7122-119-01
7	R/K	m	6720-125-01, 02, 03, 04, 6820-125-01, 03, 3a, 6920-125-02, 03, 7020-118-08
8	R	m	6920-125-01, 6920-125-1a
9	R	m	7021-118-07, 7021-118-28, 7021-118-29
10	R	m	7121-111-01
11	R	w	7121-111-10
12	R	w	7121-111-14
13	R	w	6819-125-05
14	R	w	7221-116-01
15	R	w	7021-118-06
16	R	m	7021-118-01
17	R	w	7021-118-05
18	R	m	7421-116-08
19	R	w	7421-116-06
20	R	w	7421-116-07
21	K	w	6819-125-01, 02, 03, 04, 6820-125-02, 04
22	K	w	7321-116-04, 7421-116-01, 02, 09
23	K	w	7019-118-04, 7020-118-03, 09, 7120-118-01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 7120-111-01, 7121-111-03, 7219-115-01, 7220-111-03, 7322-116-11, 12, 13, 14, 15, 23
24	R	m	7321-116-02, 03
25	K	m	7019-118-01, 02, 7020-118-01, 02, 04, 05, 06, 07
26	K	w	7021-118-19, 20, 22, 23, 24, 25, 7121-111-02, 04, 06, 07, 08, 09, 13, 15, 16, 17, 7221-111-01, 7321-116-01, 7321-111-01
27	K	w	7322-116-01, 02, 03, 04, 05, 07, 08, 09, 10
28	R	m	7021-118-02, 03
29	K	m	7021-118-17, 18, 21
30	R	m	7021-118-04, 7021-118-13, 14, 15, 16
31	R	m	7021-118-08, 09, 10
32	R	m	7021-118-11, 12
33	R	w	7421-116-03, 04, 05
34	R	?	6721-125-01

Die genetische Vielfalt der Neckar-Restpopulation ist deutlich höher als die der Klone

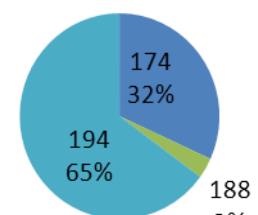
Auf Basis der zehn nSSR-Orte wurden 67 verschiedene Allele (= genetische Varianten) gefunden, von denen 36 Allele in beiden Kollektiven, drei Allele nur in dem künstlichen Kollektiv (Klonpopulation) und 28 Allele nur im Kollektiv „natürliche Restpopulation“ vorkamen.

Abb.5 verdeutlicht dies am Beispiel des DNA-Ortes Orpm023 für die beiden Neckarpappelkollektive „Neckar_natürlich“ und „Neckar_künstlich“. Die unterschiedlichen Farben stellen die verschiedenen Allele an diesem DNA-Ort dar (Allel-Nr. sowie der %-Anteil jedes Allels sind jeweils angegeben).

Allelhäufigkeiten für DNA-Ort Orpm023
Neckar natürlich (n=39)



Neckar künstlich (n=76)

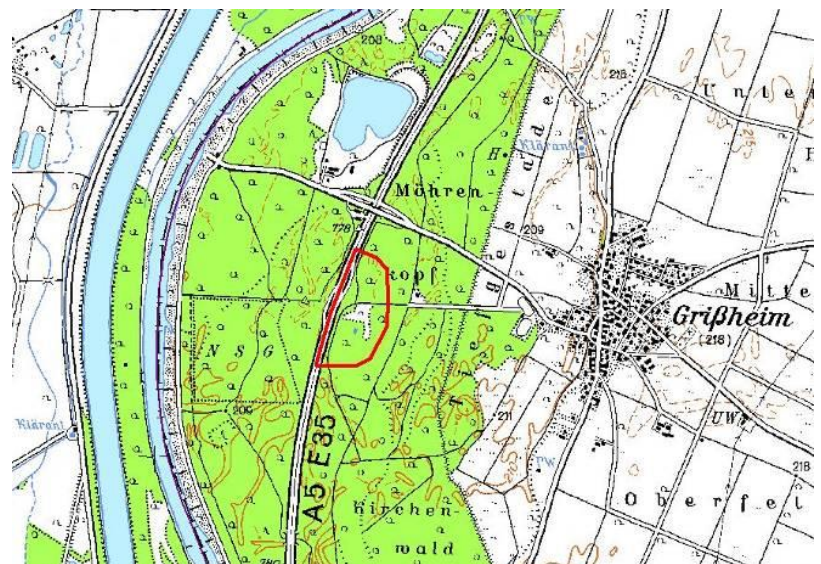
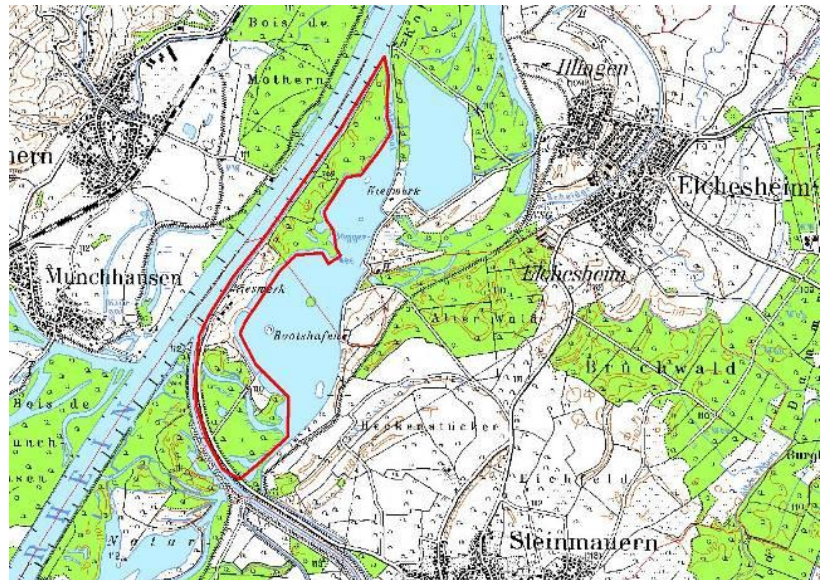


Auswahlgebiete für Proben zum Populationsvergleich

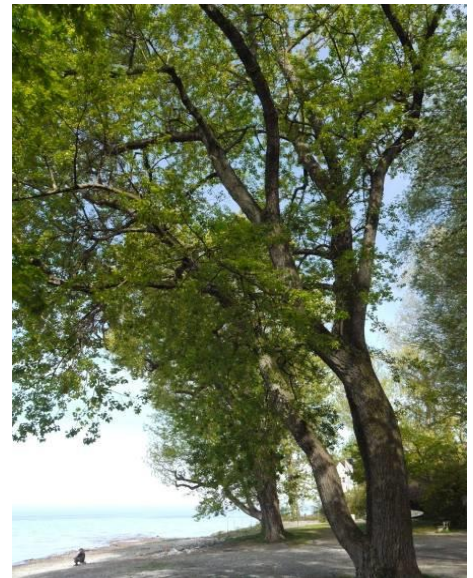
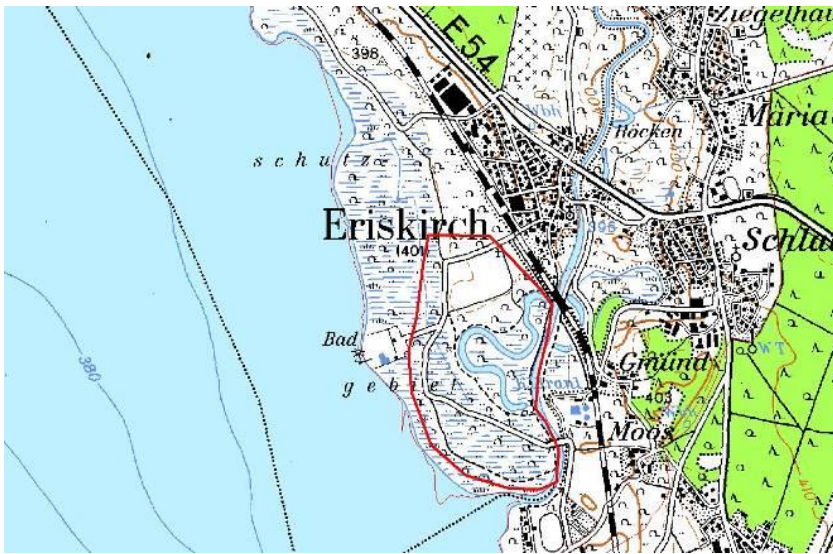
Rd. 600 Proben aus 6 Gebieten mit Schwarzpappelvorkommen wurden in den Vergleich einbezogen.

Vorkommen	Landkreis, Gemeinden	Anzahl Proben	
Bodensee BW	Langenargen und Eriskircher Ried	111	Stichprobe
Oberrhein Süd	Grißheim	104	Stichprobe
Oberrhein Nord	Elchesheim - Illingen	121	Stichprobe
Donau und Iller Grenzgebiet BW / Bay = Donau Frey	Ulm – Wiblingen, Neuulm und Thalfingen	88	Vollprobe
Donau Günzburg Bay	Günzburg	81	Stichprobe/ ASP
Neckargebiet	Esslingen, Stuttgart, Ludwigsburg	113 (Stand 2012)	Vollprobe
Gesamt		618	

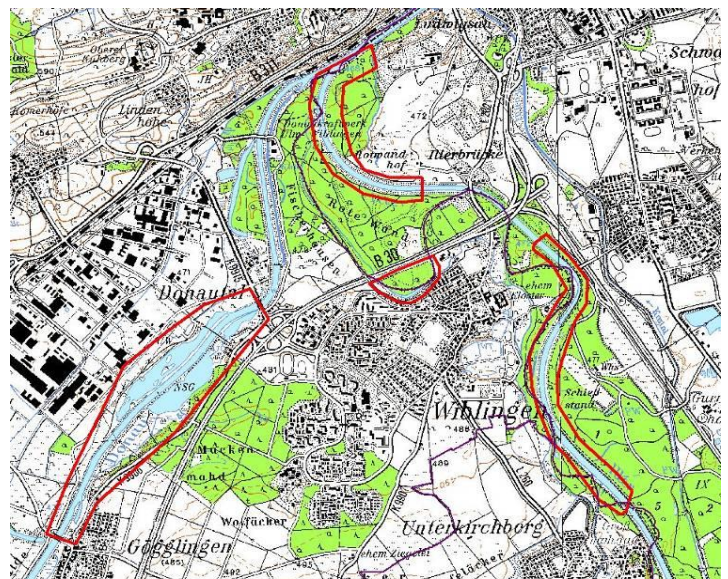
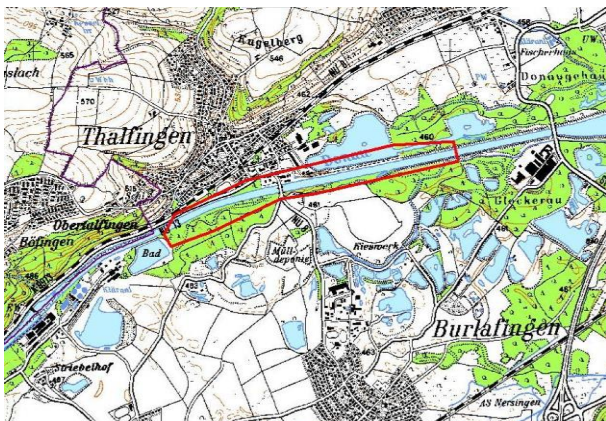
Vorkommen am nördlichen und südlichen Oberrhein



Vorkommen am Bodensee



Vorkommen an Donau und Iller



Populationsanalyse: Eigenständigkeit und Verwandtschaftsverhältnisse werden sichtbar

Die Eigenart der Neckarschwarzpappel ist sehr gering.

Mit der durchschnittlichen Anzahl privater, d.h. spezifischer Allele (Spalte P) wird die **Eigenart einer Population** angezeigt. Je höher die Zahl, desto mehr differenziert sich diese Population von den anderen.

Die Neckarpopulation verfügt über gar keine ‚privaten‘ Allele ($P = 0$), ebenso wenig die Restpopulation an der Donau im Grenzgebiet zu Bayern (=Donau BW/ Frey), im Gegensatz zu den Pappelvorkommen am Oberrhein Nord und Süd, am Bodensee und an der Donau bei Günzburg.

	Anzahl Proben	A	N _e	H _o	H _e	P
Bodensee (BaWü)	111	8,8	4,4	0,70	0,72	0,2
Donau (Günzburg, Bayern)	81	10	5,2	0,71	0,74	0,7
Oberrhein Nord	121	11,3	5,0	0,72	0,73	1,1
Oberrhein Süd	104	10,8	4,8	0,76	0,73	0,4
Donau BW (Frey)	88	8,6	4,6	0,73	0,72	0
Neckar (künstlich)	77	5,3	2,7	0,83	0,57	0
Neckar (natürlich)	36	7,8	4,3	0,77	0,69	0
Neckar (gesamt)	113	8,1	3,5	0,81	0,65	0

Tab.2 Genetische Populationsparameter für die Schwarzpappeln in Baden-Württemberg und das Schwarzpappel-Vorkommen an der Donau bei Günzburg (Bayern) (Quelle ASP).

A durchschnittliche Anzahl an Allelen pro Locus
N_e effektive Anzahl an Allelen (genetische Diversität)
H_o beobachtete Heterozygotie
H_e erwartete Heterozygotie
P durchschnittliche Anzahl privater Allele

Die größte genetische Ähnlichkeit besteht zwischen den Schwarzpappeln am Oberrhein und im Neckargebiet.

Aus den paarweisen genetischen Abständen (Tab. 3) lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

Die beiden Schwarzpappelvorkommen am Oberrhein sind sich genetisch sehr ähnlich (der genetische Abstand ist mit **0,047** sehr gering); auch die beiden benachbarten Vorkommen an der Donau sind sich genetisch weitgehend ähnlich (genetischer Abstand nur **0,064**). Die natürliche Restpopulation am Neckar zeigt die höchste genetische Übereinstimmung mit den Schwarzpappeln vom Oberrhein (genetische Abstände **0,148** bzw. **0,178**); die geringste Ähnlichkeit zeigt sie zu den Bodensee-Schwarzpappeln (genetischer Abstand = **0,408**). Eine Beziehung des natürlichen Neckarkollektiv zu den Pappeln am Oberrhein ist damit wahrscheinlicher als zu den anderen analysierten Pappelvorkommen.

Bodensee (BaWü)	Donau Günzburg (Bay)	Oberrhein Nord	Oberrhein Süd	Donau Hr. Frey	Neckar (künstlich)	
0,188						Donau Günzburg (Bay)
0,268	0,130					Oberrhein Nord
0,212	0,190	0,047				Oberrhein Süd
0,132	0,064	0,170	0,210			Donau BW (Frey)
0,433	0,333	0,380	0,408	0,277		Neckar (künstlich)
0,408	0,254	0,148	0,178	0,272	0,228	Neckar (natürlich)
0,380	0,263	0,259	0,288	0,231		Neckar (gesamt)

Tab.3 :Paarweiser genetischer Abstand (nach Nei) zwischen den analysierten Schwarzpappelvorkommen. Kleinster und größter Wert sind fett hervorgehoben; Werte für die Neckarpappel hellrot unterlegt.

Der Populationsvergleich zeigt Verwandtschaftsgrade an.

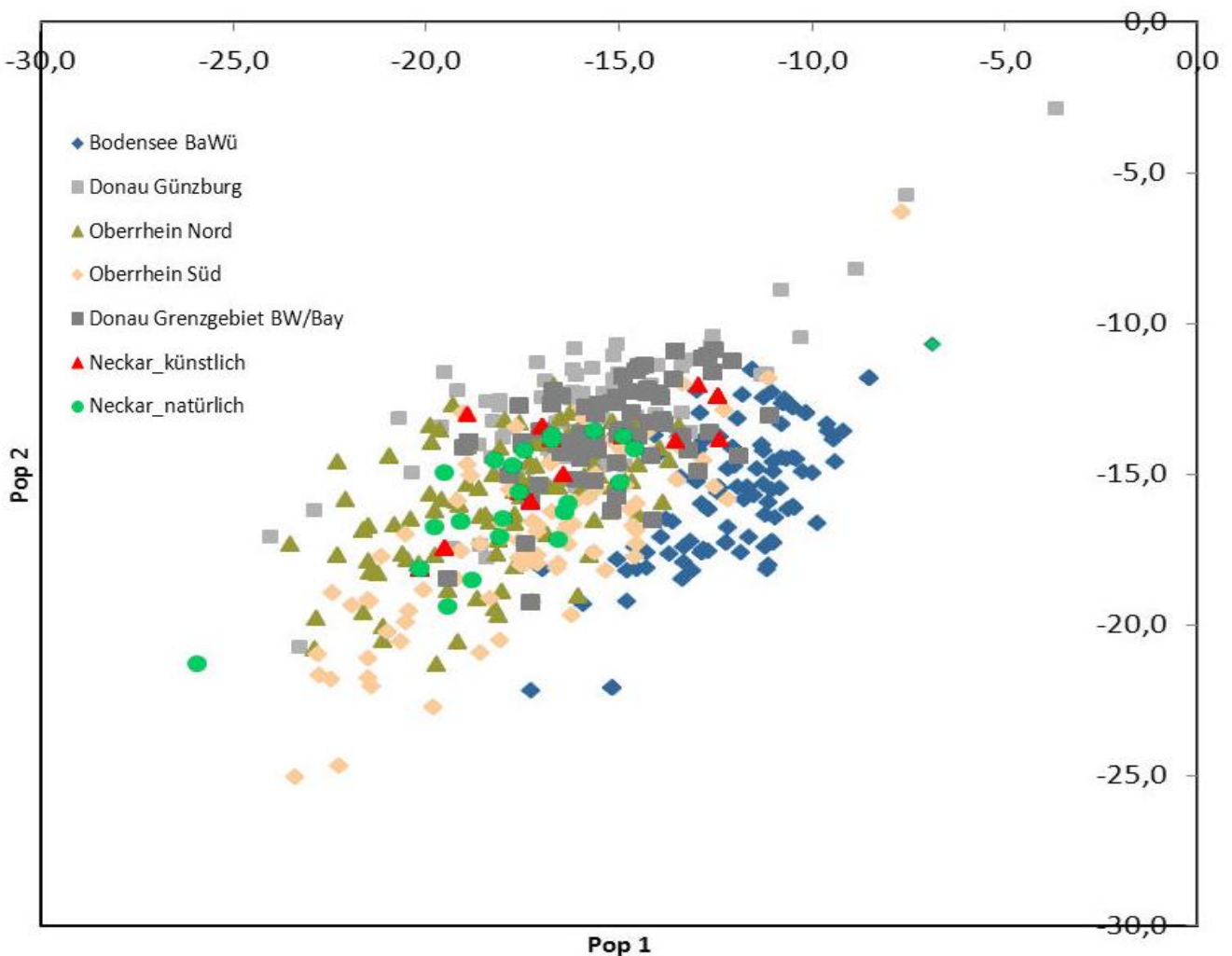


Abb.6 Graphische Darstellung der genetischen Distanzwerte.

Populationszuweisung aller Individuen von sieben süddeutschen Schwarzpappel - Vorkommen aufgrund der genetischen Struktur. Koordinatenachsen = Wahrscheinlichkeitswerte bzgl. der Zuweisung eines Individuums bzw. Genotyps zu einer Population (Quelle ASP).

Die Bodensee-Schwarzpappel unterscheidet sich deutlich von allen anderen Schwarzpappelvorkommen.
Der Bodensee-Bestand (= blauen Rauten) ist erkennbar von den anderen Schwarzpappelvorkommen abgerückt.

Die beiden geographisch nahe liegenden Vorkommen an der Donau sind sich sehr ähnlich.
(Donau/Günzburg = hellgraue Quadrate, Donau Grenzgebiet BW/Bay = dunkelgraue Quadrate)

Die beiden Schwarzpappelvorkommen am Oberrhein sind sich genetisch sehr ähnlich.
(Nördlicher Oberrhein = olivgrüne Dreiecke, südlicher Oberrhein = sandfarbene Rauten)

Die Neckar-Schwarzpappeln (= grüne Punkte, rote Dreiecke) zeigen die geringste Ähnlichkeit zu den Bodensee-Schwarzpappeln.

Die Übereinstimmung mit den Oberrhein-Pappeln ist am höchsten (vor allem rechnerisch - in der Abbildung wird dies nicht so deutlich). Eine Beziehung zwischen der natürlichen Restpopulation am Neckar zu den Pappeln am Oberrhein ist somit wahrscheinlicher als zu den anderen Pappelvorkommen.

Die Distanzwerte zur Donau liegen im mittleren Bereich.

Zusammenfassung

Geringe Genotypen-Vielfalt im Neckargebiet

Mit 34 verschiedenen Genotypen bei einem Gesamtbestand von 137 Altbäumen ist die genetische Vielfalt sehr gering.

Gemisch aus einer sehr kleinen Restpopulation und künstlichen Klonen

Die Neckarschwarzpappeln stellen eine Mischung aus einer - mit hoher Wahrscheinlichkeit - natürlichen Restpopulation und künstlich eingebrachten Schwarzpappel-Klonen dar.

Keine spezifische Eigenart

Die Neckar-Schwarzpappeln besitzen - im Gegensatz zu den anderen süddeutschen Populationen - keine „privaten“, regional-spezifischen Allele, d.h. genetische Merkmale, die ausschließlich bei den Neckarpappeln vorkommen. Es ist daher nicht abschließend zu beantworten, ob die Neckarpopulation eine spezifische Population darstellt.

Grenze der Erhaltbarkeit

Aus genetischer Sicht befindet sich das Neckar-Schwarzpappelvorkommen an der unteren Grenze der Erhaltbarkeit.

Nahe Verwandtschaft zum Oberrhein

Die größte Ähnlichkeit besteht zur Schwarzpappelpopulation am Oberrhein; die größte Distanz zur Schwarzpappelpopulation am Bodensee.

Akteure

Projektleitung, Mitarbeit und Probengewinnung

Arbeitskreis zur Erhaltung der Neckarschwarzpappel c/o Inge Maass (Projektleitung)

Oberrhein: T. Weich, I. Maass; Bodensee: T. Weich, K-H. Frey; Donau: K.-H. Frey; Neckar: K.-H. Frey, C. Fink, T. Weich, I. Maass

Genetische Analysen: Laborarbeiten und wissenschaftliche Auswertung

Bayerisches Amt für forstliche Saat- und Pflanzenzucht (ASP) Teisendorf, Dr. Monika Konnert (Projektleitung), Dr. Eva Cremer (Projektbearbeitung)

Finanzierung

Die umfangreichen wissenschaftlichen Untersuchungen wurden freundlicherweise vollständig von der Stiftung Energie & Klimaschutz Baden-Württemberg finanziert.
www.energieundklimaschutzBW.de

Empfehlungen zur Entwicklung einer überlebensfähigen Neckarpopulation durch

- Generhaltung und
- Förderung natürlicher Schwarzpappelvorkommen

Kontrollierte Nachzuchten - damit soll das gesamte Genotypenspektrum gesichert werden. Bei der Nachzucht ist die Überrepräsentanz bestimmter Genotypen zu vermeiden.

Erhaltungspflanzungen und die Anlage von schwarzpappelreichen gemischten Auenwäldchen dienen als Keimzellen für eine künftige natürliche Vermehrung im Neckargebiet.

Für alle Pflanzungen gilt:

- Auf ein ausgeglichenes Geschlechterverhältnis von männlichen und weiblichen Pappeln ist zu achten.
- Zur Vermeidung von Einkreuzungen sollten sich keine Hybridpappeln im Umkreis von 2-3 km befinden.
- Zur genetischen Anreicherung wird die Beimischung von Oberrhein-Schwarzpappeln empfohlen

Flächen für Naturverjüngung im Neckartal

Grundwassernahe Rohbodenflächen wie Sandbänke in Ufernähe bieten die Chance für eine natürliche Verjüngung.



**Stiftung Energie & Klimaschutz
Baden-Württemberg**

Eine Stiftung der
EnBW