

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein

**Band:** 163 (2012)

**Heft:** 4

**Artikel:** Seltenes und zerstreutes Vorkommen : Auswirkungen auf den Paarungserfolg des Speierlings

**Autor:** Kamm, Urs / Gugerli, Felix / Rotach, Peter

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1097658>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 08.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Seltenes und zerstreutes Vorkommen: Auswirkungen auf den Paarungserfolg des Speierlings

Urs Kamm

Felix Gugerli

Peter Rotach

Peter Edwards

Rolf Holderegger

Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (CH)\*

Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (CH)

Institut für Terrestrische Ökosysteme, ETH Zürich (CH)

Geobotanisches Institut, ETH Zürich (CH)

Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (CH)

## Rare and scattered: consequences for the mating success of the service tree

Using a population genetic approach, we studied the effect of the highly scattered occurrence of the rare service tree (*Sorbus domestica*) in the canton of Schaffhausen (Switzerland) on the realised mating system. Therefore, we mapped all tree individuals in our extended study area and genotyped all 189 trees using microsatellites. Additionally, we genotyped 1183 seeds from 49 different mother trees and assigned the corresponding pollen-donor (father tree). We showed that effective pollinations occur over large spatial distances (>16 km). Because the amount of effectively dispersed pollen decreased with increasing distance from its source, the spatial position of a tree in relation to its conspecific neighbours has a significant impact on the genetic composition of its offspring (seeds) — the more isolated a tree was, the higher was the proportion of self-fertilised offspring. Based on these results, we discuss management strategies aimed at securing the survival and increasing the fecundity, in particular flowering, of adult trees in the study area. If priorities have to be set, trees belonging to denser local groups of service trees should be favoured as they have a higher potential to produce genetically diverse offspring. These progenies can be used to produce high-quality planting material for artificial regeneration, a conservation measure which we consider necessary since we observed no natural regeneration from seeds in the study area. Stands may be managed in a silvicultural practice similar to that of coppice-with-standards. Promoting the regeneration of light-demanding and rare forest tree species, like service tree, wild service tree, wild pear and wild apple, may allow them grow to mature trees of high value, both ecologically and economically.

**Keywords:** forest management, *Sorbus domestica*, breeding system, conservation, Switzerland, rare species  
**doi:** 10.3188/szf.2012/0130

\* Weinbergstrasse 15, CH-8090 Zürich, E-Mail urs.kamm@bd.zh.ch

Betrachtet man alte Fotografien aus dem Schweizer Mittelland, erscheinen die Wälder oft struktureicher und lichter, als sie es heute sind.<sup>1</sup> In der Tat hat der Holzvorrat im Schweizer Wald seit dem Zweiten Weltkrieg stark zugenommen, was zu einer allmählichen Verdunkelung der Wälder führte (Schiess & Schiess-Bühler 1997). Dies schränkte den Lebensraum von Licht und Wärme liebenden Arten im Wald immer stärker ein (Bertiller et al 2006). Folglich wird die kulturhistorisch begünstigte biologische Vielfalt unserer Wälder durch das weitgehende Verschwinden verschiedenster historischer Waldnutzungsformen wie Nieder- und Mittelwaldwirtschaft sowie agrarischer Waldnutzungen (Waldweide, Futter- und Streugewinnung) zunehmend gefährdet. Diese Beobachtung wird durch Vegetationsaufnahmen bestätigt, welche einen generellen Rückgang von Licht- wie auch von Magerkeitszeigern im Wald belegen (Määttänen & Holderegger 2008). Nicht nur Arten der Kraut- und

Strauchschicht sind von diesen Entwicklungen betroffen, sondern auch eine Vielzahl von Baumarten wie Speierling (*Sorbus domestica*), Elsbeere (*S. torminalis*), Wildbirne (*Pyrus pyrastrer*) und Wildapfel (*Malus sylvestris*), welche als konkurrenzschwache, Wärme liebende und lichtbedürftige und heute seltene Arten eingestuft werden (Barengo et al 2001). Da diese Arten oft in ehemaligen Nieder- und Mittelwäldern vorkommen (Wilhelm 1998), wird angenommen, dass ihre Verjüngung durch diese intensiven Waldnutzungsformen begünstigt wurde. Diese seltenen Waldbäume wachsen meist in kleinen Gruppen oder als weit verstreute Einzelbäume auf klimatisch begünstigten, meist mageren und flachgründigen Standorten (Määttänen & Holderegger 2008). Für die langfristige Erhaltung und die nachhaltige Bewirtschaftung dieser Arten ist es zentral,

<sup>1</sup> Siehe z.B. <http://ba.e-pics.ethz.ch>, Suchbegriff Mittelwald (3.10.2011)



Abb 1 Mächtiger Speierling im Kanton Schaffhausen.



Abb 2 Offene Blüten des Speierlings.

die Auswirkungen eines seltenen und zerstreuten Vorkommens auf den Paarungserfolg und damit letztlich auch auf den Fortpflanzungserfolg zu verstehen.

Unsere Arbeit zeigt anhand des insektenbestäubten Speierlings (Abbildungen 1 und 2) exemplarisch auf, wie sich das zerstreute räumliche Vorkommen von Einzelbäumen auf das tatsächlich realisierte Paarungssystem in einer konkreten Landschaft auswirkt. Wir untersuchten, ob und wie weit Pollen zwischen den weit verstreuten Einzelbäumen transportiert wird (Genfluss durch Pollen) und welchen Einfluss die Landschaftszusammensetzung und die Topografie auf diesen Genfluss haben. Anschliessend interessierte uns, ob bei Mutterbäumen ein Zusammenhang zwischen dem Anteil an Samen aus Selbstbefruchtung (Selbstungsrate) und der Anzahl der benachbarten Speierlinge in der näheren Umgebung (< 300 m) besteht. Zum Schluss diskutieren wir die Auswirkungen der gefundenen Paarungsmuster im Hinblick auf die Verjüngung des Speierlings und zeigen, auf welche Weise der Speierling und ökologisch ähnliche Arten wie etwa die Elsbeere langfristig in unseren Wäldern erhalten werden können.

## Material und Methoden

### Untersuchungsgebiet und Modellbaumart

Das Untersuchungsgebiet (103 km<sup>2</sup>; Abbildung 3) liegt im Kanton Schaffhausen in einer durch Wald (42%) und landwirtschaftliche Flächen charakterisierten Tafeljura-Landschaft in der Nordschweiz. Diese hügelige, auf 470 bis 730 m ü. M. gelegene Landschaft wird durch Täler mit bis über 30° steilen, bewaldeten Flanken und Hochflächen geprägt. In den meist breiten Talsohlen sowie auf den erhöhten Plateaus wird Ackerbau betrieben (Zehnder 1998). Nur ein geringer Anteil des Untersuchungsgebietes wird von Siedlungsfläche bedeckt. Die Jahresmitteltemperatur beträgt 7.2 °C, und die Niederschlagsmengen belaufen sich auf etwa 800 mm pro Jahr.

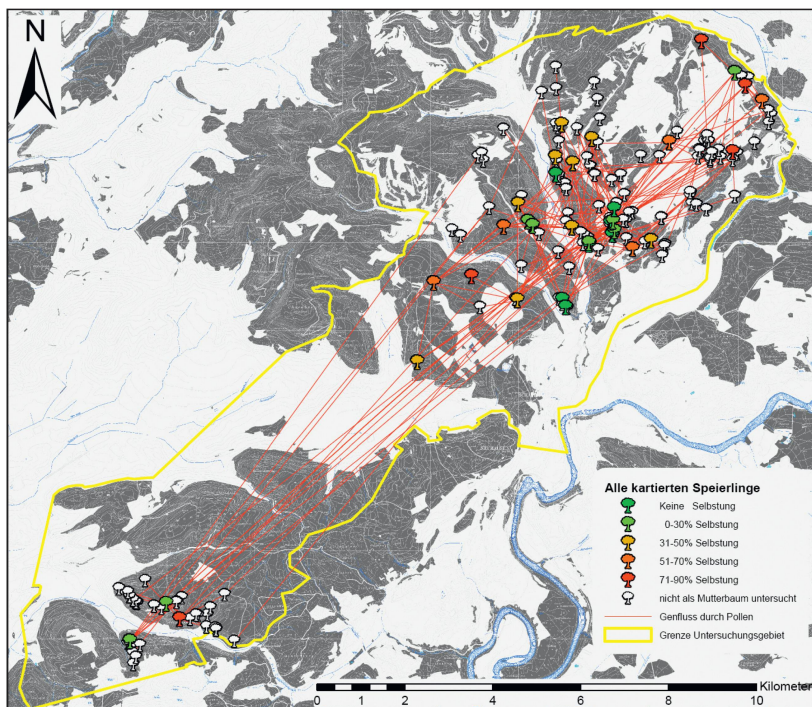
Trotz diesem milden Weinbauklima kommt der Speierling, welcher seinen Verbreitungsschwerpunkt auf dem Balkan und im Mittelmeerraum hat, im Wald praktisch nur auf den südexponierten Kretenlagen vor. Die insektenbestäubte Baumart aus der Gattung der Ebereschen (*Sorbus*) wird, wie ihre nah verwandten Arten, von einer Vielzahl verschiedener, nicht spezialisierter Insekten wie Schwebfliegen, Hummeln oder Honigbienen bestäubt. Wie andere Baumarten aus der Familie der Rosaceae hat der Speierling zwittrige Blüten und besitzt ein Selbstinkompatibilitätssystem. Dieses System bewirkt, dass in frisch geöffneten Blüten Selbstbestäubungen verhindert werden. Falls jedoch mit zunehmendem Blütenalter keine Fremdbestäubung stattfindet, verliert das System seine Wirksamkeit, und die bis dahin nicht bestäubten Blüten können trotzdem noch selbstbestäubt werden (De Nettancourt 2001). Nebst der Fortpflanzung durch Samen kann sich der Speierling durch Wurzelbrut auch vegetativ vermehren (Franke & Dagenbach 1995). Weitere Angaben zu Morphologie, Standortansprüchen, Wuchsleistung, historischer Nutzung und Verbreitung des Speierlings findet man in Brüttsch & Rotach (1993).

## Inventar des Speierlings im Kanton Schaffhausen

Die vorliegenden räumlichen Daten zum Vorkommen des Speierlings basieren auf einem seit 1986 fortgeführten Inventar (Rotach, unveröffentlichte Daten), welches laufend ergänzt wird. Auf der Grundlage dieses Inventars und mithilfe alter Vollklupierungsdaten wurde im Jahr 2006 eine Bestandesaufnahme des Speierlingvorkommens im Kanton Schaffhausen gemacht. Insgesamt konnte die räumliche Position von 189 Einzelbäumen genau kartiert (GPS; Genauigkeit  $\pm 5$  m) und ihr Brusthöhdurchmesser (BHD) aufgenommen werden. Dabei wurden auch 30 bislang nicht bekannte Speierlinge erfasst. Das Speierlingvorkommen im Kanton Schaffhausen konzentriert sich auf zwei räumlich abgegrenzte Gruppen in den Gemeinden Osterfingen und Schaffhausen auf einer Fläche von 103 km<sup>2</sup> (Abbildung 3). Seine Dichte in diesem Gebiet ist mit 0.018 Bäumen/ha äusserst gering.

### Genfluss durch Pollen

Auf genetischer Ebene unterscheidet sich jedes Baumindividuum von den anderen durch Abweichungen in der Erbsubstanz. Somit können mithilfe hochvariabler, molekulargenetischer Marker (sogenannte Mikrosatelliten) alle Individuen voneinander unterschieden werden. Um den Genfluss durch Pollen zu untersuchen, werden alle Bäume in einem Untersuchungsgebiet identifiziert, und ihr genetischer Fingerabdruck wird mit diesen Mikrosatelliten bestimmt.



**Abb 3** Untersuchungsgebiet im Kanton Schaffhausen (103 km<sup>2</sup>; gelb umrandet) mit allen 189 bekannten Speierlingen. Genfluss durch Pollen ist durch rote Linien symbolisiert. Mutterbäume, von welchen in der genetischen Vaterschaftsanalyse Nachkommen untersucht wurden, sind als farbige Symbole dargestellt, wobei die Farbe mit zunehmender Selbstungsrate von Grün zu Rot wechselt.

Von einigen dieser Individuen (Mütter) werden anschliessend auch Früchte (Nachkommen) gesammelt, und mit denselben Markern wird der Genotyp der Samen bestimmt. Mit statistischen Analysen kann danach jedem Nachkommen per Ausschlussverfahren der wahrscheinlichste Samenvater im Untersuchungsgebiet zugewiesen werden (verwendetes Computerprogramm zur Vaterschaftsanalyse: Cervus; Marshall et al 1998). Aufgrund dieser Vaterschaftsanalyse, welche auch Selbstbestäubung erkennt, kann die genaue Pollenverbreitung im Untersuchungsgebiet aufgezeigt werden. Auf diese Weise haben wir für insgesamt 1183 Samen von 49 Mutterbäumen die wahrscheinlichsten Vaterbäume bestimmt. Bei den restlichen 140 Bäumen im Untersuchungsgebiet wurden trotz erheblichem Aufwand und mehrmaligem Aufsuchen keine beziehungsweise sehr wenige Früchte gefunden, womit sie als zu untersuchende Mutterbäume nicht berücksichtigt werden konnten.

Da vermutet wird, dass die Ausbreitung von Pollen auf der Landschaftsebene auch von der Art und Zusammensetzung der Landschaft (Vegetation, Topografie) beeinflusst wird, haben wir in einer qualitativen räumlichen Analyse mithilfe eines geografischen Informationssystems (GIS) untersucht, ob die gefundene Pollenausbreitung im Zusammenhang mit Landschaftsmerkmalen steht (sogenannte Landschaftsgenetik; Kamm et al 2010, Manel et al 2003).

Als Mutterbäume wurden Individuen mit unterschiedlicher räumlicher Stellung untersucht (Abbildung 3). Dies erlaubte es, den Einfluss der Vorkommensdichten auf den realisierten Genfluss zu beurteilen. Namentlich interessierte uns, ob es einen Zusammenhang zwischen der lokalen Dichte an Speierlingen und der Selbstungsrate, d.h. dem Anteil Nachkommen aus Selbstbefruchtung, gibt. Als Mass für die lokale Dichte wurde die Anzahl reproduktiver Speierlinge in einem Umkreis von 300 m um den jeweiligen Mutterbaum herum bestimmt.

## Resultate

Die hier präsentierten Resultate fassen, gestützt auf drei bereits publizierte Fachartikel (Kamm et al 2009, 2010, 2011), die wichtigsten Erkenntnisse aus einer im Jahr 2008 abgeschlossenen Dissertation des Erstautors zusammen.

### Altersaufbau

Das Speierlingvorkommen im Kanton Schaffhausen ist nicht nachhaltig aufgebaut (Abbildung 4). Mittlere und starke Durchmesser sind überproportional, schwache Durchmesser unterproportional vertreten. Bäume mit einem BHD von weniger als 10 cm wurden zudem hauptsächlich an einem Ort (im Flaumeichenreservat der ETH oberhalb von Osterfingen) gefunden.

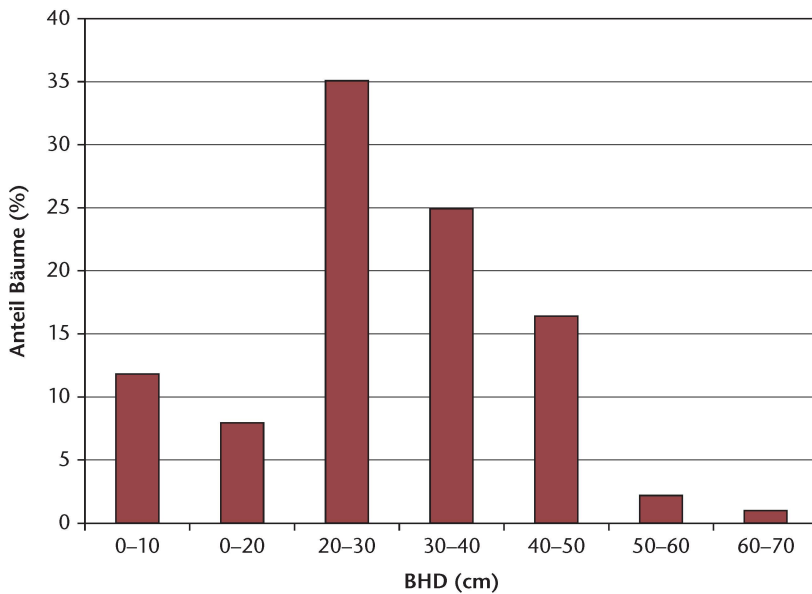


Abb 4 Verteilung der Brusthöhendurchmesser (BHD) aller 189 Speierlinge im Jahr 2006.

### Klone

Die 189 Einzelbäume zeigten 167 verschiedene genetische Fingerabdrücke, sogenannte Genotypen. Einzelbäume mit dem gleichen Genotyp lagen räumlich nahe beisammen (maximale Entfernung 35 m). Daraus kann geschlossen werden, dass sie aus vegetativer Vermehrung hervorgegangen sind und somit Klone bilden. Bis auf zwei grössere, hauptsächlich aus dünnen Einzelstämmen (BHD < 10 cm) zusammengesetzte klonale Gruppen im Reservat Osterfingen bestanden Klone aus nur zwei bis drei Stämmen, und sie waren allgemein selten.

### Genfluss

Von den 1183 untersuchten Samen konnten 744 Samen eindeutig einem Vaterbaum (Pollenspender) im Untersuchungsgebiet zugewiesen werden.

Für 324 Samen kamen aufgrund ähnlicher Genotypen mehrere Bäume als potenzielle Väter infrage (unbestimmter Genfluss innerhalb des Untersuchungsgebiets). Für die übrigen 115 Samen konnte kein Vater im Untersuchungsgebiet gefunden werden. Da alle Speierlinge im Untersuchungsgebiet genetisch untersucht wurden und vor allem Samen von Mutterbäumen am Rand des Untersuchungsgebiets nicht zugeordnet werden konnten, handelte es sich dabei um Genfluss über Pollen von ausserhalb in das Untersuchungsgebiet hinein (Kamm et al 2009).

Von den 744 eindeutig bestimmten Pollenübertragungen zwischen Mutter- und Vaterbäumen gingen 249 (33%) aus Selbstbestäubung hervor, die restlichen 495 (67%) gingen auf Fremdbestäubung zurück. Die Analyse der Pollenflugdistanzen zeigte, dass kurze Genflussdistanzen weitaus am häufigsten waren (Abbildung 5). Rund ein Drittel aller erfolgreichen Väter standen innerhalb von 250 m zum entsprechenden Mutterbaum. Ein hoher Anteil (> 33%) der befruchtenden Pollen stammte jedoch von Vätern, welche mehr als 1 km vom jeweiligen Mutterbaum entfernt waren. Immer noch 8% aller Väter lagen in einer Entfernung von mehr als 3 km. Für 1.8% der Samen wurde sogar ein Pollenvater in 12 bis 16 km Distanz zum Mutterbaum identifiziert, was einem Genfluss zwischen den beiden Subpopulationen entspricht (Abbildung 3). Die mittlere Pollenflugdistanz betrug beachtliche 1.2 km (nicht dargestellt, vgl. Kamm et al 2010).

Die Landschaftsanalyse zeigte, dass ebenes Gelände und ein hoher Offenlandanteil zwischen zwei potenziellen Paarungspartnern lange Pollenflugdistanzen fördern. Hingegen stellten weder Siedlungsflächen noch geschlossener Wald undurchdringbare Barrieren für erfolgreiche Bestäubungen zwischen zwei Bäumen dar (nicht dargestellt, vgl. Kamm et al 2010).

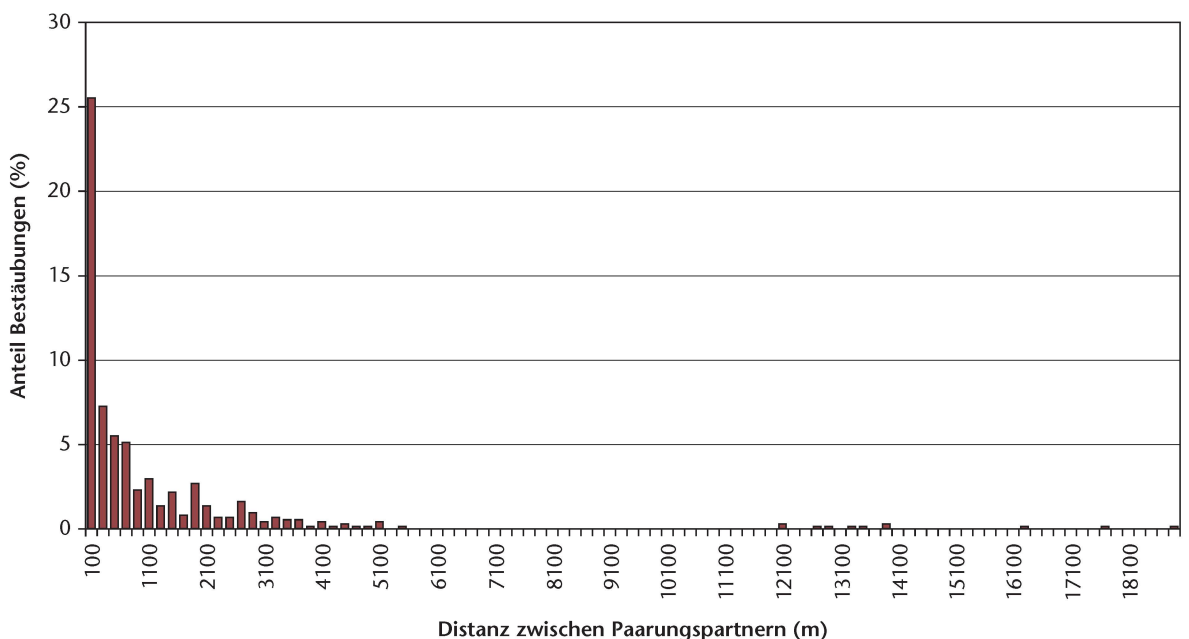


Abb 5 Ermittelte Genflussdistanzen über Pollen.

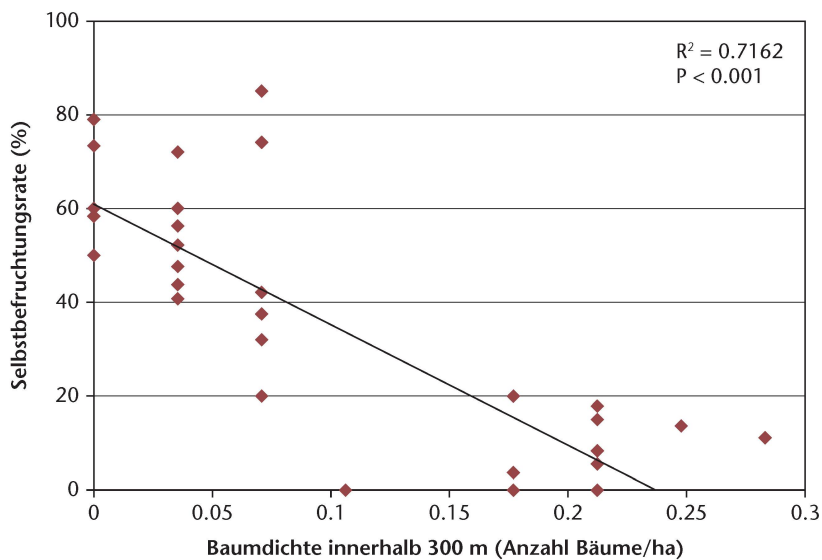


Abb 6 Selbstungsrate in Abhängigkeit von der lokalen Dichte des Speierlings.

### Selbstung und lokale Dichte

Die Vaterschaftsanalysen zeigten, dass rund ein Drittel aller Samen in Schaffhausen aus Selbstbestäubung hervorging. Die Unterschiede in den Selbstungsraten zwischen einzelnen Mutterbäumen waren jedoch beachtlich (Abbildungen 3 und 6). Sie reichten von kompletter Fremdbestäubung der Nachkommen bei acht Mutterbäumen bis zu hauptsächlich Selbstbefruchtung bei fünf Mutterbäumen mit Selbstungsraten von über 70%. Die Selbstungsraten waren von der Anzahl potenzieller Paarungspartner in der Umgebung abhängig (lineare Regression,  $R^2 = 0.72$ ,  $P < 0.001$ , Abbildung 6). Mutterbäume, welche von mindestens sechs reproduktiven Speierlingen innerhalb von 300 m umgeben waren (d.h.  $> 0.21$  Bäume/ha), zeigten Selbstungsraten von  $< 20\%$ . Im Gegensatz dazu hatten Mütter mit nur einem oder gar keinem Nachbarn innerhalb von 300 m (d.h.  $< 0.04$  Bäume/ha) Selbstungsraten von über 40% (Kamm et al 2011).

### Diskussion

Unsere Untersuchung der Pollenflugdistanzen in einem grossen Untersuchungsgebiet (103 km<sup>2</sup>) zeigt, dass auch Pollen seltener und zerstreuter Baumarten von Insekten über erstaunlich grosse Distanzen ausgebreitet wird. Sogar räumlich isolierte Bäume erhalten Fremdpollen oder tragen als Väter ihrerseits zur Samenbildung anderer Speierlinge bei. Sie sind aus genetischer Sicht also nicht wirklich isoliert, sondern Teil einer weit verstreuten Population, die durch ein Bestäubungsnetzwerk untereinander in Beziehung steht. Vergleichbar grosse erfolgreiche Bestäubungsdistanzen wurden bisher nur für tropische Baumarten mit spezialisierten Bestäubungssystemen beobachtet (z.B. Feigenarten, *Ficus* ssp.; Nason et al

1998). Von spezialisierten Bestäubern wird angenommen, dass sie ihre Nahrungsquellen über weite Distanz aufspüren. Unsere Resultate belegen, dass auch weit verstreute Baumarten der gemässigten Zone trotz unspezialisierten Bestäubern über grosse Distanzen fremdbestäubt werden können. Die zusätzliche Berücksichtigung von Landschaftsmerkmalen zeigte, dass weder kupiertes Gelände noch geschlossene Waldbestände Genfluss durch Pollen gänzlich verhindern. Würde man nur die Pollenausbreitung betrachten, könnte man aus diesen Resultaten schliessen, dass die einzelnen Speierlinge ausreichend miteinander vernetzt sind und somit einer auch qualitativ erfolgreichen Samenproduktion nichts im Weg steht. Unsere Untersuchungen zeigen jedoch eine starke Erhöhung der Selbstungsrate mit abnehmender lokaler Speierlingsdichte (Abbildung 6). Aufgrund des vorhandenen Selbstinkompatibilitätssystems finden Selbstbefruchtungen erst statt, wenn nicht genügend Fremdpollen verfügbar sind. Es ist also anzunehmen, dass die Selbstungsrate bei den räumlich isolierten Bäumen deshalb so hoch ist, weil nicht ausreichend Fremdpollen verfügbar ist.

Verschiedene Untersuchungsergebnisse lassen zudem vermuten, dass Samen aus Selbstbestäubung weniger vital sind als solche aus Fremdbestäubung. So zeigte die Population der adulten Speierlinge im Kanton Schaffhausen beim Vergleich des sogenannten Heterozygotenanteils (Slate et al 2004) keinerlei Anzeichen für genetische Inzucht (Kamm et al 2011). Hingegen beobachteten wir in Keimungsversuchen (unveröffentlichte Daten) letale Inzuchterscheinungen wie zum Beispiel Albinismus (Abbildung 7), wel-



Abb 7 Die geselbsteten Samen eines untersuchten Mutterbaums zeigen Albinismus (kein Chlorophyll).

che durch geselbstete Samen verursacht wurden. Das bedeutet, dass die heutigen Adultbäume hauptsächlich aus fremdbestäubten Samen hervorgingen, weil Bäume aus geselbsten Samen kaum die Fortpflanzungsfähigkeit erreichten (Kamm et al 2011).

Zusammengefasst zeigen unsere populationsgenetischen Untersuchungen eine starke Beziehung zwischen der räumlichen Stellung (z.B. lokale Baumdichte) und dem Paarungserfolg beim Speierling. Pollenflug ist zwar über grosse Distanzen möglich, seine Häufigkeit nimmt jedoch mit zunehmender Distanz stark ab (Abbildung 5). Folglich nehmen erfolgreiche Fremdbestäubungen mit zunehmender Distanz zu Artgenossen ab, oder einfach gesagt: Je höher die lokale Speierlingsdichte, desto besser ist die genetische Qualität der Samen.

### Schlussfolgerungen und Empfehlungen für die Praxis

Abgesehen von der räumlichen Stellung eines Einzelbaums haben seine soziale Stellung sowie seine Kronenentwicklung einen grossen Einfluss auf die Anzahl produzierter Blüten. Wie von Brüttsch & Rotach (1993) für den Speierling erwähnt und ebenso für die Elsbeere aufgezeigt (Wirth et al 2005), haben frei stehende Bäume mit grosser Krone wesentlich mehr Blüten als Bäume, die im Bestand unterdrückt sind. Kurzfristig sollte deshalb durch gezielte Eingriffe das Überleben der vorhandenen adulten Speierlinge gesichert und durch Kronenfreistellungen ihre Blüten- und Fruchtbildung gefördert werden. Obwohl die Förderung aller Individuen wünschenswert ist, da auch isolierte Bäume genetisch in die Population eingebunden sind, sollten dabei Altbäume aus Speierlingsgruppen mit lokal hoher Dichte Priorität haben, damit die Fremdbestäubung der Samen gefördert und so Saatgut aus genetisch vielfältigen Nachkommenschaften gesichert wird.

Saatgut sollte in lokal dichten Speierlingsgruppen gesammelt werden, da dieses genetisch vielfältiger und damit besser ist. Genetisch gutes Pflanzgut ist deshalb wichtig, weil Pflanzungen für die langfristige Erhaltung des Speierlings in der Region Schaffhausen unumgänglich scheinen. Die BHD-Verteilung aller bekannten Individuen im Untersuchungsgebiet zeigt, dass jüngere Speierlinge mit geringem Durchmesser untervertreten sind (Abbildung 4; Brüttsch & Rotach 1993). Die populationsgenetischen Untersuchungen belegen zudem, dass die Mehrzahl der jungen Individuen (BHD < 10cm) vegetativ verjüngte Bäume im Flaumeichenreservat Osterfingen sind. Es ist somit ersichtlich, dass sich der Speierling im Kanton Schaffhausen durch Samen kaum mehr natürlich verjüngt, was dadurch bestätigt wird, dass wir während unserer wiederholten Feldbegehungen keine Keimlinge fanden.

Neben der Wahl von genetisch geeignetem Saatgut ist bei der Pflanzung junger Speierlinge eine günstige Standortwahl von zentraler Bedeutung, um Jungpflanzen mit vertretbarem Pflegeaufwand erhalten zu können. Nur auf mageren, flachgründigen und längerfristig lichten Standorten wie Wegrändern, Waldrändern, Kretenlagen oder steilen, süd-exponierten Hängen ist der lichtbedürftige und trockenheitstolerante Speierling konkurrenzfähig. Es wäre wünschenswert, im Kanton Schaffhausen dichtere Gruppen von Speierlingen zu bilden, die sich in Zukunft natürlich verjüngen können.

Neben Pflanzungen und gezielter Freistellung von Altbäumen können auch alternative Waldbauformen zur Förderung von lichtbedürftigen, konkurrenzschwachen und seltenen Baumarten wie Speierling, Elsbeere, Wildbirne und Wildapfel beitragen. Schon heute werden im Kanton Schaffhausen in ehemaligen Mittelwäldern seltene Baumarten wie die Elsbeere bewusst gefördert (Beispiel: Legelle, Gemeinde Lohn).

Eine intensivere Holznutzung, unter anderem zur Energiegewinnung, muss nicht zwingend zu Zielkonflikten mit ökologischen Anliegen führen. Wie eingangs erwähnt, förderten die Nieder- und die Mittelwaldwirtschaft lichtbedürftige Baumarten. Neue Bewirtschaftungskonzepte, die sich an diese traditionellen Bewirtschaftungsformen anlehnen, könnten im Rahmen der Energieholzbewirtschaftung neue Bedeutung erlangen (Bally 1999). Speierlinge und andere baumartige Rosengewächse mit ihren lichtdurchlässigen Kronen könnten dabei als Kernwüchse in die Oberschicht einwachsen und zu lukrativen Wertholzträgern werden. ■

*Eingereicht: 9. März 2011, akzeptiert (mit Review): 3. Oktober 2011*

### Dank

Wir danken den Mitarbeitern des ehemaligen Seba-Teams, zahlreichen Forst- und Naturschutzfachleuten aus dem Kanton Schaffhausen sowie Ernst Fürst, ohne welche die grossräumige Inventarisierung des Speierlingsvorkommens nicht möglich gewesen wäre. Die finanzielle Unterstützung durch die ETH Zürich (ETH Research Grant TH -33/04-2) ermöglichte die Durchführung dieses Forschungsvorhabens.

### Literatur

- BALLY B (1999) Energieholzproduktion in Mittel- und Niederwäldern der Schweiz. Schweiz Z Forstwes 150: 142–147. doi: 10.3188/szf.1999.0142
- BARONGO N, RUDOW A, SCHWAB P (2001) Förderung seltener Baumarten auf der Schweizer Alpennordseite. Zürich: ETH Zürich.

- BERTILLER R, KEEL A, STUTZ HP (2006) Bewertung lichter Wälder im Kanton Zürich und der Nutzen für das Projektmanagement. *Schweiz Z Forstwes* 157: 303–309. doi: 10.3188/szf.2006.0303
- BRÜTSCH U, ROTACH P (1993) Der Speierling (*Sorbus domestica* L.) in der Schweiz: Verbreitung, Ökologie, Standortsansprüche, Konkurrenzkräft und waldbauliche Eignung. *Schweiz Z Forstwes* 144: 967–991.
- DE NETTANCOURT D (2001) Incompatibility and incongruity in wild and cultivated plants. Berlin: Springer. 322 p.
- FRANKE A, DAGENBACH H (1995) Der Speierling – ein seltener Baum in Wald und Flur. Stuttgart: LG-Stiftung Natur Umwelt.
- KAMM U ET AL (2009) Frequent long-distance gene flow in a rare temperate forest tree (*Sorbus domestica*) at a landscape scale. *Heredity* 103: 476–482.
- KAMM U, GUGERLI F, ROTACH P, EDWARDS PJ, HOLDEREGGER R (2010) Open areas in a landscape enhance pollen-mediated gene flow of a tree species: evidence from northern Switzerland. *Lands Ecol* 25: 903–911.
- KAMM U, GUGERLI F, ROTACH P, EDWARDS PJ, HOLDEREGGER R (2011) Genetic consequences of low local tree densities – Implications for the management of naturally rare, insect pollinated species in temperate forests. *For Ecol Manage* 262: 1047–1053.
- MÄÄTTÄNEN K, HOLDEREGGER R (2008) Populationsgeschichte und Managementprinzipien in Schweizer Wildbirnenvorkommen. *Schweiz Z Forstwes* 159: 8–16. doi: 10.3188/szf.2008.0008
- MANEL S, SCHWARTZ MK, LUIKART G, TABERLET P (2003) Landscape genetics: combining landscape ecology and population genetics. *Trends Ecol Evol* 18: 189–197.
- MARSHALL TC, SLATE J, KRUIK LEB, PEMBERTON JM (1998) Statistical confidence for likelihood-based paternity inference in natural populations. *Mol Ecol* 7: 639–655.
- NASON JD, HERRE EA, HAMRICK JL (1998) The breeding structure of a tropical keystone plant resource. *Nature* 391: 685–687.
- SCHIESS H, SCHIESS-BÜHLER C (1997) Dominanzminderung als ökologisches Prinzip: eine Neubewertung der ursprünglichen Waldnutzungen für Arten und Biotopschutz am Beispiel der Tagfalterfauna eines Auenwaldes in der Nordschweiz. *Mitt Eidgenöss Forsch.anst Wald Schnee Landsch* 72: 3–127.
- SLATE J ET AL (2004) Understanding the relationship between the inbreeding coefficient and multilocus heterozygosity: theoretical expectations and empirical data. *Heredity* 93: 255–265.
- WILHELM GJ (1998) Im Vergleich mit Elsbeere und Speierling: Beobachtungen zur Wildbirne. *Allg Forst Z Waldwirtsch Umweltvorsorge* 16: 856–859.
- WIRTH LR ET AL (2005) Fruchtbar trotz Einsamkeit. *Wald Holz* 86 (2): 33–35.
- ZEHNDER A (1998) Die Schaffhauser Landwirtschaft im Wandel. 50 Jahre Landschaftswandel und Naturschutz in der Region Schaffhausen. *Neujahrsbl Nat.forsch Ges. Schaffhausen* 50: 74–84.

### Seltene und zerstreutes Vorkommen: Auswirkungen auf den Paarungserfolg des Speierlings

Im Rahmen einer populationsgenetischen Studie wurde untersucht, wie sich das seltene und zerstreute räumliche Vorkommen des Speierlings (*Sorbus domestica*) im Kanton Schaffhausen auf das tatsächlich realisierte Paarungssystem auswirkt. Dazu wurde das gesamte Speierlingvorkommen im Kanton erfasst, und der genetische Fingerabdruck aller 189 Bäume mithilfe von Mikrosatelliten bestimmt. Mit derselben Methode wurden zudem 1183 Samen von insgesamt 49 Mutterbäumen genotypisiert und in einem Ausschlussverfahren die wahrscheinlichsten Vaterbäume (Pollenspendender untersuchten Samen) bestimmt. Es zeigt sich, dass Bestäubungen über grosse Distanzen (> 16 km) stattfinden. Da die Anzahl erfolgreicher Bestäubungen mit zunehmender Distanz zur Pollenquelle jedoch abnimmt, hat die räumliche Stellung von einzelnen Bäumen einen grossen Einfluss auf die genetische Zusammensetzung der Nachkommen (Samen): Je isolierter ein Baum steht, desto höher ist seine Selbstbefruchtungsrates. Da Nachkommen aus fremdbefruchteten Samen vitaler sind als aus selbstbefruchteten, empfehlen die Autoren, mithilfe von gezielten Freistellungen die Fertilität derjenigen adulten Speierlinge zu fördern, in deren naher Umgebung sich andere Speierlinge befinden. Fremdbefruchtete Samen stellen auch wertvolles Saatgut für die künstliche Verjüngung dar, welche als nötig erachtet wird, da im Untersuchungsgebiet keinerlei generative natürliche Verjüngung beobachtet wurde. Auf geeigneten Standorten könnte eine dem Mittelwald ähnliche Bewirtschaftungsform mit gezielter Förderung des Speierlings und weiterer seltener, lichtbedürftiger Baumarten eine ökonomisch sowie ökologisch interessante Alternative zur Hochwaldbewirtschaftung darstellen.

### Rare et dispersé: conséquences sur la reproduction du cormier

Dans le cadre d'une étude sur la diversité génétique des populations, l'influence de la rareté et de la dispersion géographique du cormier (*Sorbus domestica*) dans le canton de Schaffhouse sur les types de reproduction effectivement réalisés a été étudiée. Toutes les occurrences de cormier du canton ont été considérées et l'empreinte génétique des 189 arbres a été déterminée à l'aide de microsatellites. Par cette même méthode, le génotype de 1183 semences de 49 arbres semenciers a été défini. Par élimination, les arbres pollinisateurs les plus probables ont été identifiés. On constate que la pollinisation se fait sur de grandes distances (> 16 km). Etant donné que le succès de la pollinisation diminue avec la distance, la localisation des arbres a une grande influence sur la composition génétique de la descendance (semences). Plus un arbre est isolé, plus le taux d'autofécondation est fort. Comme la descendance issue de fécondations croisées est plus vitale que celle issue d'autofécondation, les auteurs conseillent d'améliorer la fertilité des cormiers adultes qui sont proches d'autres cormiers en les dégagant. La fécondation croisée est également importante pour la production de semences de qualité en vue d'effectuer du rajeunissement par plantation. Ce dernier semble nécessaire, car aucun rajeunissement naturel n'a pu être observé. Sur des stations appropriées, une gestion en taillis sous futaie qui favoriserait les cormiers et d'autres essences de lumière pourrait être une alternative économiquement et écologiquement intéressante à la gestion en haute futaie.