



Doctoral Thesis

Tree regeneration on the flood plain of an alpine river

Author(s):

Karrenberg, Sophie

Publication Date:

2002

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004339091> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH No. 14485

TREE REGENERATION
ON THE FLOOD PLAIN OF AN ALPINE RIVER

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH
for the degree of
DOCTOR OF NATURAL SCIENCES
presented by

Sophie Karrenberg van der Nat
Diplom-Biologin, Christian-Albrechts-Universität Kiel
born August 5, 1972
in Germany

accepted on the recommendation of

Prof. P.J. Edwards, examiner
Prof. J. Kollmann, co-examiner
PD Dr. T. Speck, co-examiner

2002

Summary

In many European rivers, regulation measures have led to the decline of braided channel systems and associated pioneer ecosystems. An understanding of their natural functioning is necessary to develop appropriate management and restoration strategies. This thesis provides information on patterns of woody pioneer vegetation and regeneration of the main pioneer trees of this habitat, i.e. the Grey Alder (*Alnus incana*, Betulaceae) and various species of the Salicaceae such as the Black Poplar (*Populus nigra*) and five species of willows (*Salix*).

Within the active flood plain of a near-natural river (River Tagliamento, NE-Italy), we examined how woody vegetation is impacted by environmental variables (Chapter 2). *Alnus incana* dominated the upper reaches of the river, whereas *Populus nigra* and *Salix* species were more abundant in the lower reaches. Woody vegetation was very young (mean <9 years) and mainly structured by the longitudinal gradient, which was strongly correlated with mean annual temperature. Small-scale variables, such as patch age, distance from the nearest channel and elevation above water level also had significant effects on species composition. However, only 38% of the variation in species composition could be explained by environmental variables. Thus, additional processes might be important, e.g. specifics of plant regeneration.

Life history traits, which allow Salicaceae to occur in active flood plains, include the production of abundant seeds that are dispersed by wind and water, and the ability to regenerate vegetatively also from fragments after disturbance. These life history traits, probably also lead to high genetic variability and predispose these species to hybridisation. Thus, we propose a feedback of adaptive life history characteristics on the evolutionary process. In Chapter 3 this hypothesis is further developed in terms of a literature study on life history characteristics of riparian Salicaceae. This chapter is a starting point for three case studies on specific aspect of tree regeneration in flood plains (Chapters 4–6) which provide data on species characteristics and interpret these in an evolutionary sense.

Most plants need pollen vectors to produce seeds. While *Populus* species are wind-pollinated, *Salix* species are assumed to be insect-pollinated. We studied pollen vectors and inflorescence morphology in the floodplain species *Salix alba*, *S. eleagnos*, *S. daphnoides* and *S. triandra* (Chapter 4). Between 10 and 60% of the ovules developed into seeds and seed set in all species was mainly due to

insect visitation. However, some seed set occurred (5–30% of natural seed set), when wind was the only pollen vector. Thus, these species employ a dual pollination system. Moreover, relative success of wind pollination differed between species and was positively related to ovule dispersion over the plant, i.e. low ovule number per catkin. This trait may enhance pollen-filtering capacity. Species with a flexible pollination system, i.e. *S. eleagnos*, may have advantages during times or at places with small insect populations of pollinators.

Community assembly mechanisms within flood plains may be mediated by differences in seed regeneration. We investigated seed production and seed longevity in six species of floodplain Salicaceae (*P. nigra*, *S. alba*, *S. daphnoides*, *S. eleagnos*, *S. purpurea* and *S. triandra*; Chapter 5). Seed mass ranged from 0.02–0.82 mg and was species specific; it was negatively related to seed number. The mean half-viability period, i.e. the time until 50% of the seeds are no longer viable, was very short in a laboratory experiment (6–23 days) and positively related to seed mass. A phenotypic trade-off between seed size and seed number is thus accentuated by a decrease of seed longevity with seed mass. The “window of opportunity” for seed regeneration is defined by seed release time and seed longevity.

During establishment of saplings and regenerating fragments, root-anchoring ability is crucial for survival on exposed riverine sediments. With an especially constructed device, we examined uprooting resistance of saplings of *A. incana*, *P. nigra*, and *S. eleagnos* and of cuttings of *S. eleagnos* and *P. nigra*, planted at a field site and in a common garden (Chapter 6). Uprooting resistance of saplings was lowest in *A. incana*, intermediate in *P. nigra* and highest in *S. eleagnos*. For cuttings, differences in uprooting resistance between species were only evident under field conditions, where *P. nigra* performed superior as a result of its better growth performance. Because its inferior root anchorage, *A. incana* may be prevented from regenerating in the most frequently disturbed parts of rivers. The fact that the shrub *S. eleagnos* occurs at the more disturbed margins of vegetated island whereas tree *P. nigra* dominates only the higher parts of the islands may be related to its lower root anchorage as a sapling.

The research of this thesis has highlighted differences in floodplain pioneer woody species in terms of position on the longitudinal gradient, as well as sexual and vegetative regeneration. In rivers with annual flow patterns, further spatial differentiation could follow from phenological spread and short seed longevity. In a near-natural river, such as the Tagliamento, however, co-existence of

different willow species may be result of irregular high flows that may favour seed regeneration of different species each year.

Zusammenfassung

Die Regulierung von Flüssen hat zu einem starken Rückgang von aktiven Auen geführt. Für die Entwicklung und Betreuung von Renaturierungsvorhaben in Auen ist ein gutes Verständnis der natürlichen Funktionsweise dieses Ökosystems unabdingbar. Die vorliegende Doktorarbeit liefert Daten über die Gehölzvegetation in diesem Habitat und über die Regeneration der wichtigsten Pionierarten: Dies sind die Grauerle (*Alnus incana*, Betulaceae), sowie Arten der Salicaceae wie die Schwarzpappel (*Populus nigra*) und fünf Weidenarten (*Salix*).

In der aktiven Aue eines wenig beeinträchtigten Flusses (Tagliamento, Nordost-Italien) untersuchten wir den Einfluss von Umweltvariablen auf die Gehölzvegetation. *A. incana* dominierte die quellnahen Bereiche des Flusses, während *P. nigra* und verschiedene *Salix*-Arten in den unteren Abschnitten häufiger waren. Die generell sehr junge Gehölzvegetation (im Mittel < 9 Jahre) wurde hauptsächlich durch den longitudinalen Gradienten strukturiert, der mit der insbesondere mit der Jahresmitteltemperatur in Verbindung gebracht werden konnte. Auch kleinräumigere Faktoren beeinflussten die Artenzusammensetzung, so zum Beispiel das Alter der Vegetation, die Entfernung von einem Gerinne und die Höhe über dem Wasserspiegel. Insgesamt konnten allerdings nur 38% der Variation in der Artenzusammensetzung durch Umweltvariablen erklärt werden, und wir vermuten, dass die Vegetation auch durch andere Prozesse strukturiert wird, wie zum Beispiel Unterschiede in der Regeneration der beteiligten Arten.

Zu den Eigenschaften, die den Salicaceen das Leben in der aktiven Aue ermöglichen, gehören die Produktion einer grossen Menge kleiner Samen, die vom Wind und durch Wasser ausgebreitet werden, sowie eine hohe vegetative Regenerationsfähigkeit. Diese Eigenschaften haben wahrscheinlich auch eine hohe genetische Variabilität und eine Neigung zur Hybridisierung in dieser Gruppe zur Folge. Damit ergäbe sich eine Rückwirkung von adaptiven Eigenschaften auf den Evolutionsprozess. Kapitel 3 entwickelt diese Hypothese anhand einer Literaturstudie über die Regeneration von Salicaceen in Auen.

Um Samen zu bilden, ist bei den meisten Pflanzen eine Pollenübertragung durch externe Agentien notwendig. In einem Feldexperiment haben wir die Pollenübertragung und die Blütenstandsmorphologie bei den vier Arten *S. alba*, *S. eleagnos*, *S. daphnoides* und *S. triandra* untersucht (Kapitel 4). Zwischen 10 und 60% der Samenanlagen entwickelten sich bei natürlicher Bestäubung zu Samen und der Samenansatz war bei allen Arten in hohem Masse von Insekten

abhängig. Durch Windbestäubung konnte 5–30 % des natürlichen Samenansatzes erreicht werden. Damit herrscht ein duales Bestäubungssystem vor. Der relative Erfolg der Windbestäubung unterscheidet sich zwischen den Arten und hatte einen positiven Zusammenhang mit der Verteilung der Samenanlagen über die Pflanze. Diese Eigenschaft könnte die Filterung von Pollen aus der Luft begünstigen. Wir nehmen an, dass Arten mit einem flexiblen Bestäubungssystem wie z.B. *S. eleagnos* eher in der Lage sind, in Zeiten oder an Orten mit kleinen Insektenpopulationen zu überdauern.

Die Zusammensetzung von Pflanzengemeinschaften in Auen könnte auch durch Unterschiede der Arten in der Samenbildung beeinflusst werden. Wir untersuchten die Samenproduktion und die Lebensdauer der Samen bei sechs Arten der Salicaceen (*P. nigra*, *S. alba*, *S. daphnoides*, *S. eleagnos*, *S. purpurea* und *S. triandra*; Kapitel 5). Die Masse der Samen (0.02–0.80 mg) war artspezifisch. Je schwerer die Samen einer Art waren, desto weniger Samen bildete sie. Die mittlere Halblebenszeit, d.h. die Zeit nach der 50% der Samen nicht mehr lebensfähig sind, war im Laborexperiment sehr kurz (6–23 Tage). Die Halblebenszeit war bei Arten mit grossen Samen länger als bei solchen mit kleineren Samen. Ein phenotypischer *trade-off* zwischen Samenzahl und Samenmasse wird bei diesen Arten durch eine Abnahme der Samenlebensdauer mit der Samenmasse verstärkt. Die Regenerationsmöglichkeiten der einzelnen Arten über Samen definieren sich so über den Zeitpunkt der Samenausbreitung und die Samenlebensdauer.

Bei der Etablierung von Jungpflanzen und regenerierenden Fragmenten in Auen ist eine schnelle Verankerung im Sediment entscheidend. Mit einem speziell angefertigten Gerät untersuchten wir die Entwurzelungsresistenz von Jungpflanzen der Arten *A. incana*, *P. nigra* und *Salix eleagnos* sowie von Stecklingen der Arten *S. eleagnos* und *P. nigra*. Stecklinge wurden sowohl in einem Feldexperiment am Tagliamento als auch in einem Versuchsgarten angepflanzt. Entwurzelungsresistenz von Jungpflanzen war bei *A. incana* am geringsten und bei *S. eleagnos* am höchsten, während *P. nigra* einen mittleren Wert aufwies. Die Entwurzelungsresistenz von Stecklingen unterschied sich nur im Feldexperiment zwischen den Arten; dort hatte *P. nigra* eine höhere Entwurzelungsresistenz als *S. eleagnos*. Dies wurde durch das bessere Wachstum von *P. nigra* verursacht. Wegen ihrer geringen Verankerungsfähigkeit, hat *A. incana* weniger Möglichkeiten, in sehr stark gestörten Flussbereichen aufzukommen. Die Tatsache, dass der Strauch *S. eleagnos* vornehmlich an den Rändern von Vegetationsinseln vorkommt und der Baum *P. nigra* nur die höher

gelegenen Teile dieser Inseln zu dominieren vermag, könnte mit einer geringeren Verankerungsfähigkeit von *P. nigra*-Jungpflanzen zusammenhängen.

Diese Arbeit hat Unterschiede von holzigen Pionierarten in Bezug auf ihr Vorkommen entlang eines wenig beeinträchtigten Flusses, sowie ihrer sexuellen und vegetativen Regeneration aufgezeigt. Die Verankerungsfähigkeit von Jungpflanzen und vegetativen Verbreitungseinheiten könnte einen Einfluss auf die Zonierung der Arten entlang des Flusses und innerhalb der Aue haben. Aus der zeitlichen Abfolge der Samenfreisetzung und der kurzen Samenlebensdauer könnten sich ebenfalls räumliche Differenzierungen ergeben, sofern die Wasserstandänderungen ein starkes jährliches Muster aufweisen. In einem naturnahem Fluss, wie dem Tagliamento, hingegen, wird wahrscheinlich die Koexistenz so vieler Arten durch unregelmässige Hochwasser begünstigt, denn diese bieten in verschiedenen Jahren jeweils anderen Arten Regenerationsvorteile. In den Überschneidungszeiten der Samenverbreitung hat wahrscheinlich keine der Arten einen besonderen Vorteil aufgrund der Sameneigenschaften, denn Arten mit kurzlebigen kleinen Samen bilden mehr Samen und haben daher mehr Möglichkeiten geeignete Orte zu erreichen.