Alpenschwemmlinge am Tiroler Lech: Diversität und Verbreitung

Lena Nicklas & Brigitta Erschbamer

Zusammenfassung: Im Bereich des Oberen Lechs (Tiroler Lech, Österreich) sind noch natürliche Wildflussbereiche mit ausgeprägten Kiesbettfluren erhalten. Der Tiroler Lech bietet damit eine der letzten Möglichkeiten, Diversität und Verbreitung von Alpenschwemmlingen an einem überwiegend natürlich erhaltenen Flussökosystem zu untersuchen. In den letzten Jahren wurden an mehreren Stellen Renaturierungen durchgeführt. Kurzlebige Pflanzengesellschaften, wie jene der Alpenschwemmlinge, zeigen rasch Erfolge von Renaturierungen an. Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Verbreitungsmuster von Alpenschwemmlingen mittels Aufnahmen von Vegetation und flussmorphologischen Parametern an natürlichen, verbauten und renaturierten Lechabschnitten zu untersuchen. Durch Markierungs- und Keimungsexperimente ausgewählter Arten wurde die Etablierungsfähigkeit der Alpenschwemmlinge überprüft.

Am Tiroler Lech wurden 53 Arten mit (sub)alpiner Verbreitung gefunden. Natürlicher Ober- und Mittellauf wiesen eine höhere Diversität von Alpenschwemmlingen auf als verbaute Flächen. Ältere Renaturierungen (2005) ähnelten bereits den artenreichen natürlichen Abschnitten, während jüngere Flächen (2014) noch keinen Renaturierungserfolg zeigten. 2015 konnten 100 bis 85% der markierten Alpenschwemmlinge wiedergefunden werden. Sie konnten sich reproduzieren und keimfähige Samen produzieren.

Der Alpenschwemmlingsreichtum am Tiroler Lech ist einzigartig. Durch zukünftige Renaturierungen könnten noch mehr geeignete Flächen für Alpenschwemmlinge geschaffen werden.

Key Words: (Sub)alpine waterborne plants, gravel bar, vegetation, floodplain, regulation, restoration, establishment, Tyrolean Lech

Summary: Propagules of (sub)alpine plants can be dispersed by water or avalanches and travel along rivers to the foothills of the mountains. They colonize at highly dynamic alluvions, which are mostly free of competition. At the upper Lech (Tyrolean Lech, Austria) there are still natural floodplains with well-developed gravel bars and characteristic vegetation. The Tyrolean Lech offers one of the last chances to study diversity and distribution of these plants in a natural preserved river ecosystem. During the past years, several restorations were implemented. Through the occurrence of (sub)alpine waterborne plants it is possible to estimate the success of restorations. The objective of this study was to investigate distribution patterns of (sub)alpine waterborne plants by recording vegetation surveys and river morphological parameters at several natural, regulated and restored areas of the Tyrolean Lech. Via marking and germination experiments, we tested the possibility of establishment for selected species.

In total, 53 alpine and subalpine species were found along the Tyrolean Lech. The highest diversity occurred at the natural upper and middle course. At the regulated areas a lower number of

Anschriften der Autorinnen: Lena Nicklas und Prof. Brigitta Erschbamer, Institut für Botanik, Universität Innsbruck, Sternwartestraße 15, A-6020 Innsbruck, Österreich; Korrespondenz: Lena Nicklas, E-Mail: lena.nicklas@uibk.ac.at

© Bayerische Botanische Gesellschaft e.V. 2018

alpine pioneers was present. Earlier restored areas of the Tyrolean Lech (2005) already showed similarities to the species rich natural areas, whereas no restoration success was found in younger areas (2014). In 2015 still 100 to 85% of the marked individuals were retrieved. Alpine pioneers were able to reproduce at the floodplains and to develop viable seeds.

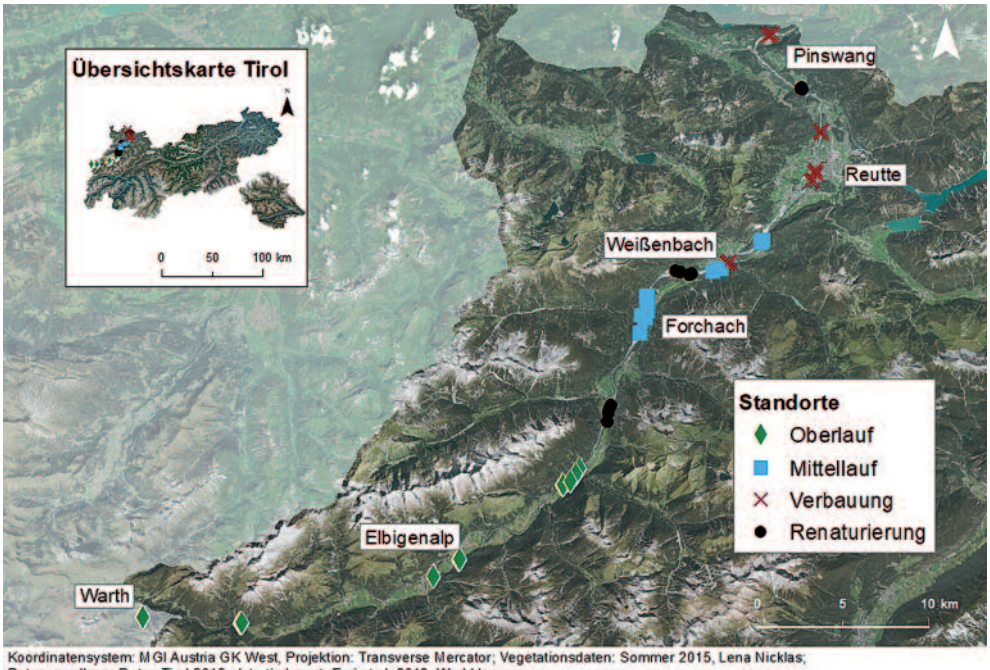
The Tyrolean Lech hosts a unique diversity of (sub)alpine waterborne plants. In the future, additional suitable areas could be created through restoration measures.

1 Einleitung

Flüsse bieten unter natürlichen Bedingungen Ausbreitungswege für Pflanzen und bilden damit Brücken zwischen unterschiedlichen Florengebieten (Walas 1938, Moor 1958, Bresinsky 1965, Müller 1990). Eines der eindrucksvollsten Beispiele stellen die Alpenschwemmlinge dar. Dies sind Arten aus der alpinen und subalpinen, selten auch subnivalen Höhenstufe der Alpen, deren Verbreitungsagenzien über das Wasser und durch Lawinen- oder Murenabgänge an Flussufer der Tieflagen gelangen (Brandes 1998, Ellenberg & Leuschner 2010). An den konkurrenzarmen Alluvionen der montanen bis planaren Flusstäler können angeschwemmte Samen oder Pflanzenteile von Arten wie *Linaria alpina* oder *Hornungia alpina* keimen und wieder anwachsen (Brandes 1998, Brandes & Evers 1999). Gemeinsam mit anderen Arten bilden sie die Pioniervegetation im engeren Auenbereich. Bevor Verbauungen die Flussökosysteme Mitteleuropas zerstörten, legten Alpenschwemmlinge entlang der schnellfließenden Alpenflüsse sehr weite Strecken zurück (Ellenberg & Leuschner 2010). So kamen viele Alpenschwemmlinge am Lech bis nach Augsburg vor (Müller 1991) und *Gypsophila repens* konnte beispielsweise entlang des Isonzos nahezu die Adria erreichen (Ellenberg & Leuschner 2010). Auch *Leontopodium alpinum* befand sich auf den Schotterbänken der Isar bei München, wie Herbarbelege der Botanischen Staatssammlung München bestätigen (1881: M-0247007 und 1820: M-0266906).

Seit über 100 Jahren wurden Wildflüsse in Mitteleuropa hochgradig verbaut und die Flussökosysteme mit ihren vielseitigen je nach Überschwemmungshäufigkeit und Sukzessionsstadium ausgebildeten Pflanzengesellschaften wurden weitgehend zerstört (Petts et al. 1989, Müller et al. 1992, Müller 1995a). Nur bei einer intakten Hydro- und Morphodynamik sind Alluvionen mit ihren typischen extremen Standortsbedingungen vorhanden, sodass ein Vorkommen von Alpenschwemmlingen und Wildflussspezialisten möglich ist (Müller 1995a, b). Durch den fehlenden Boden herrschen häufig Wasser- und Nährstoffmangel (Seibert 1958, Müller 1988, Müller & Bürger 1990, Ellenberg & Leuschner 2010). Gleichzeitig können immer wieder Überschwemmungen mit Überschotterungen und Anrissen auftreten. Nach Tittizer & Krebs (1996) eignet sich das Auftreten von Alpenschwemmlingen dafür, die Wiederherstellung der Morpho- und Hydrodynamik anzuzeigen und somit den Renaturierungserfolg zu beurteilen. Nach Hochwässern können Alpenschwemmlinge sehr schnell auf neu entstandenen Alluvionen Fuß fassen (Walas 1938, Ellenberg & Leuschner 2010). Allerdings ist nur wenig über die Verbreitungsmuster von Alpenschwemmlingen im Detail bekannt. Wildflusslandschaften, wie der Tiroler Lech (Müller 1988, Müller & Bürger 1990), bieten noch eine der letzten Möglichkeiten, grundsätzlichen Fragestellungen zur Funktion des Flussökosystems nachzugehen, was für Renaturierungsmaßnahmen von großer Bedeutung ist (Ward et al. 1999). In der vorliegenden Arbeit werden die Verbreitungs- und Diversitäts-

© Bayerische Botanische Gesellschaft e.V. 2018



Koordinatensystem: MGI Austria GK West, Projektion: Transverse Mercator; Vegetationsdaten: Sommer 2015, Lena Nicklas; Datengrundlage: Daten Tirol 2018: data.tirol.gv.at; Esri et al. 2018: World Imagery.

Abb. 1: Aufnahmestandorte im Untersuchungsgebiet Tiroler Lech.

muster von Alpenschwemmlingen am Tiroler Lech dargestellt. Folgende Fragen stehen dabei im Mittelpunkt:

1) Welche Alpenschwemmlingsarten können in welcher Häufigkeit am Tiroler Lech beobachtet werden?
2) Gibt es Unterschiede in der Verbreitung und Diversität von Alpenschwemmlingen zwischen natürlichen, verbauten und rückgebauten Bereichen? Können Alpenschwemmlinge einen Renaturierungserfolg anzeigen?
3) Welche Umweltparameter haben einen Einfluss auf die Verteilung der Alpenschwemmlinge?
4) Können sich Alpenschwemmlinge am Tiroler Lech etablieren und reproduzieren?

2 Untersuchungsgebiet

In der vorliegenden Studie wurden Alluvionen des Lechs zwischen Warth (Vorarlberg, Flusskilometer 28) und Pinswang nahe der österreichisch-bayrischen Grenze (Tirol, Flusskilometer 88) untersucht (Abb. 1). Das gesamte Einzugsgebiet des Tiroler Lechs besteht aus karbonathaltigen Sedimentgesteinen der Nördlichen Kalkalpen und umfasst keine Gletscher. Sein Abfluss ist durch ein Maximum im Frühsommer zur Schneeschmelze charakterisiert (SCHEURMANN & KARL 1990, BÜRGER 1991). Die Fließstrecke bis Elmen weist ein stärkeres Gefälle und begrenztes Flussbett mit gestrecktem Lauf auf (SCHEURMANN & KARL 1990, MÜLLER 1995b) und wird daher in dieser Arbeit zum Abschnitt Oberlauf zusammengefasst. Unterhalb von Elmen wird der Talboden weiter, das Flussbett, soweit es die Verbauungen zulassen, ausladend, und der

© Bayerische Botanische Gesellschaft e.V. 2018

Flussverlauf furkierend (Scheurmann & Karl 1990, Müller 1995b). Hier sind noch große Umlagerungsstrecken zu finden, die das Herzstück des NATURA 2000 Gebiets und des Naturparks Tiroler Lech bilden. Dieser Abschnitt wird in Folge als Mittellauf bezeichnet, was unabhängig von der Bezeichnung des Mittleren Lechs (Bürger 1991), beginnend bei Füssen, zu betrachten ist. Auch wenn der Tiroler Lech über weite Strecken eine hohe Natürlichkeit aufweist (Tiris 2016) und keine großen Stauwerke seine Durchgängigkeit stören, finden sich insbesondere im Bereich von Siedlungen Verbauungen, wie Querbuhnen und Längsbauten (Spiegler 1995).

3 Methodik

3.1 Verbreitungs- und Diversitätsmuster

Von Juni bis September 2015 wurden insgesamt 88 Vegetationsaufnahmen im Ausmaß von 50 m² (5 m × 10 m, erweiterte Schätzskala nach Reichelt & Wilmanns (1973)) an subjektiv ausgewählten Standorten (Abb. 1) entlang des Tiroler Lechs durchgeführt. Dabei wurden möglichst alle am Tiroler Lech bis zu diesem Zeitpunkt renaturierten Bereiche mit einbezogen und zusätzlich für ein ausgewogenes Verhältnis von Standorten entlang des Flussverlaufs und in den jeweiligen Abschnitten Oberlauf, Mittellauf, Verbauung und Renaturierung geachtet. Je nach Größe und Heterogenität der Alluvionen wurden pro Standort und Alluvion drei bis sieben Aufnahmen gezielt an Stellen mit Alpenschwemmlingen gemacht. Die Nomenklatur folgte Fischer et al. (2008). Neben Deckung und Wuchshöhe der einzelnen Schichten, Meereshöhe, Neigung und Exposition, wurden in Anlehnung an Vacha (2002), Wimmer et al. (2012a) und Wimmer et al. (2012b) zudem folgende flussmorphologische Parameter erhoben: Vorkommen verschiedener Verbauungstypen (Buhnen, Ansatzsteine, Natursteinmauer, Steinschlichtung, Geschiebe, Fels, unverbaut oder rückgebaut), flussmorphologischer Typ (verzweigt, gestreckt), Linienführung (bogig, leicht bogig, gerade), Wasserstand (niedrig, mittel, hoch, sehr hoch), Prall- oder Gleitufer und Größe der Schotterbank (klein, mittel, groß). Zudem wurde für jede Aufnahmefläche der Anteil der verschiedenen Korngrößenklassen (VACHA 2002, ÖNORM M6232) geschätzt: große Blöcke, Fels (Ø >40 cm); Blöcke, große Steine (Ø <40-20 cm); handgroße Steine (Ø <20-6,3 cm); Grobkies (Ø <6,3-2 cm); Fein- Mittelkies (Ø <2-0,2 cm); Sand (Ø <2-0,063 mm) und Schluff (Ø < 0,063 mm). An jedem Standort wurde die Häufigkeit (0 = nicht vorhanden; 1 = spärlich, 2 = untergeordnet, 3 = häufig und 4 = vorherrschend) der jeweiligen Verbauungstypen und Renaturierungen bestimmt (Wimmer et al. 2012b). Der pH-Wert der Bodenproben wurde nach Schofield & Taylor (1955) analysiert.

Als Alpenschwemmlinge wurden alle Arten mit subnivalem bis subalpinem Hauptverbreitungsgebiet nach Aeschimann et al. (2004) und/oder mit einem außerhalb der Alpen auf Flusstäler beschränktem Vorkommen behandelt (Tab. 1). Arten mit einem auf Alluvionen beschränkten Vorkommen, wie *Chondrilla chondrilloides*, wurden ausgeschlossen. Für alle Alpenschwemmlinge des Tiroler Lechs wurden mittels ArcMap 10.3.1 Verbreitungskarten erstellt. Mittelwertsvergleiche der Anzahl von Alpenschwemmlingen pro Aufnahme zwischen Oberlauf, natürlichem Mittellauf, verbauten und renaturierten Bereichen sowie Korrelationen mit Umweltvariablen wurden unter Beachtung der jeweiligen Voraussetzungen an Normalverteilung und Homogenität in IBM SPSS Statistics 23 durchgeführt (ONEway ANOVA mit Posthoc-Tests nach Bonferroni/Tamhane, Kruskal Wallis, Pearson Korrelation (r), Spearmann

© Bayerische Botanische Gesellschaft e.V. 2018

Tab. 1: Alphabetische Auflistung aller am Tiroler Lech gefundenen Alpenschwemmlinge mit ihren Stetigkeiten. Die Stetigkeit ist der %-Anteil des Vorkommens in allen Aufnahmeflächen: I>0-20%; II>20-40%; III>40-60%; IV>60-80%; V>80%; a: außerhalb der Aufnahmefläche – Die Nomenklatur folgt Fischer et al. (2008).

Art	Stetigkeit	Art	Stetigkeit
Achillea atrata	I	*Kobresia myosuroides*	I
Agrostis alpina agg.	I	*Leontopodium alpinum*	a
Arabis alpina	II	*Leucanthemum halleri*	II
Arabis bellidifolia	I	*Linaria alpina*	III
Arabis soyeri	II	*Minuartia gerardii*	I
Arabis stellulata	I	*Moehringia ciliata*	I
Aster alpinus	I	*Noccaea rotundifolia*	I
Biscutella laevigata ssp. *laevigata*	I	*Oxytropis campestris*	I
Campanula cochleariifolia	IV	*Phleum commutatum*	I
Campanula scheuchzeri	I	*Plantago alpina*	I
Carex ferruginea	I	*Plantago atrata*	I
Carex firma	I	*Poa alpina*	III
Carex mucronata	I	*Poa cenisia*	III
Carex sempervirens	I	*Poa minor*	II
Crepis pyrenaica	I	*Primula auricula*	I
Dryas octopetala	II	*Ranunculus alpestris*	I
Festuca pulchella	I	*Sagina saginoides*	I
Festuca pumila	I	*Saxifraga caesia*	I
Galium cf *megalospermum*	I	*Saxifraga paniculata*	a
Globularia nudicaulis	a	*Selaginella selaginoides*	I
Gypsophila repens	IV	*Silene acaulis*	I
Helianthemum nummularium		*Soldanella alpina*	I
ssp. *grandiflorum*	II	*Thesium pyrenaicum* ssp. *alpestre*	I
Heliosperma pusillum	I	*Trifolium badium*	I
Hornungia alpina	III	*Trifolium pallescens*	I
Hypochaeris uniflora	I	*Trifolium thalii*	I
Kernera saxatilis	II	*Valeriana montana*	I

Rangkorrelation (r_S)). Die DCA (Detrended correspondence analysis) wurde in CANOCO 5 durchgeführt. Dabei wurde jeweils die Funktion „Downweight rare species“ gewählt.

3.2 Etablierungsfähigkeit von Alpenschwemmlingen am Tiroler Lech

Die Etablierungsfähigkeit wurde an ausgewählten Alpenschwemmlingen auf einem gut ausgeprägten Alluvion bei Forchach untersucht. Dafür wurden bereits im Spätsommer 2014 (19.-20.08.) mindestens zehn Individuen der sechs Arten *Campanula cochleariifolia*, *Dryas octopetala* (große und kleine Individuen getrennt), *Gypsophila repens*, *Hornungia alpina*, *Linaria alpina* und *Saxifraga caesia* markiert. Diese wurden im darauffolgenden Spätsommer (3. und 9.9.2015) wieder aufgesucht. Auf Grund der anzunehmend hohen Dynamik des Alluvions waren Mehrfachmarkierung mit Stäbchen und Drahtringelung nötig. Zudem wurden die Individuen mittels GPS und Entfernungsmessungen zu Fixpunkten am Ufer verortet.

Während der Feldaufnahmen 2015 am Tiroler Lech wurden Diasporen der Alpenschwemmlinge *Oxytropis campestris*, *Dryas octopetala*, *Gypsophila repens*, *Kernera saxatilis*, *Hornungia alpina*, *Linaria alpina* und *Saxifraga caesia* gesammelt, deren Keimfähigkeit im April 2016 getestet wurde (Danler et al. 2015).

© Bayerische Botanische Gesellschaft e.V. 2018

4 Ergebnisse

4.1 Artenspektrum der Alpenschwemmlinge

Bei den Feldaufnahmen 2015 wurden am Tiroler Lech insgesamt 53 Alpenschwemmlingsarten (Tab. 1) gefunden. Im Sommer 2016 konnten mit *Androsace chamaejasme, Sedum atratum* und *Epilobium alsinifolium* drei weitere (sub)alpine Arten am Tiroler Lech lokalisiert werden. Die häufigsten Alpenschwemmlinge waren *Campanula cochleariifolia* und *Gypsophila repens* (Abb. 2), die in 60-80% der Flächen vorkamen. In 40-60% der Aufnahmen waren *Poa cenisia*, *Hornungia alpina*, *Linaria alpina* (Abb. 3) und *Poa alpina* zu finden. Auch in den verbauten Bereichen des Tiroler Lechs kamen diese häufigen Alpenschwemmlinge vereinzelt vor. Die Arten *Dryas octopetala*, *Kernera saxatilis*, *Arabis alpina*, *Poa minor*, *Arabis soyeri*, *Helianthemum nummularium ssp. grandiflorum* und *Leucanthemum halleri* waren in 20-40% aller Flächen. Alle restlichen Alpenschwemmlinge kamen nur mehr in weniger als 20% aller Flächen des Lechs vor. Dabei waren Arten, wie *Silene acaulis* oder *Crepis pyrenaica* nur auf einzelne Flächen begrenzt. Insgesamt erreichten die Alpenschwemmlinge mit Ausnahme von *Gypsophila repens* am Oberlauf (Abb. 2) und *Dryas octopetala* nur geringe Artmächtigkeiten.

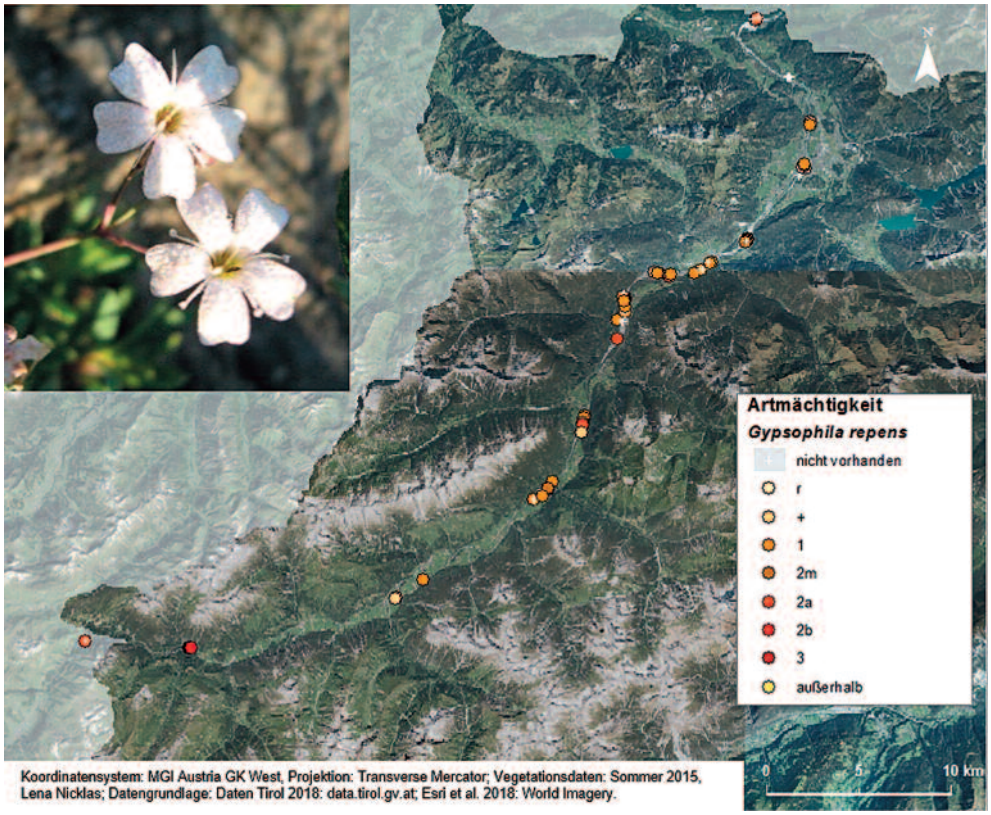


Abb. 2: Artmächtigkeit von *Gypsophila repens* in den Aufnahmeflächen am Tiroler Lech.

© Bayerische Botanische Gesellschaft e.V. 2018

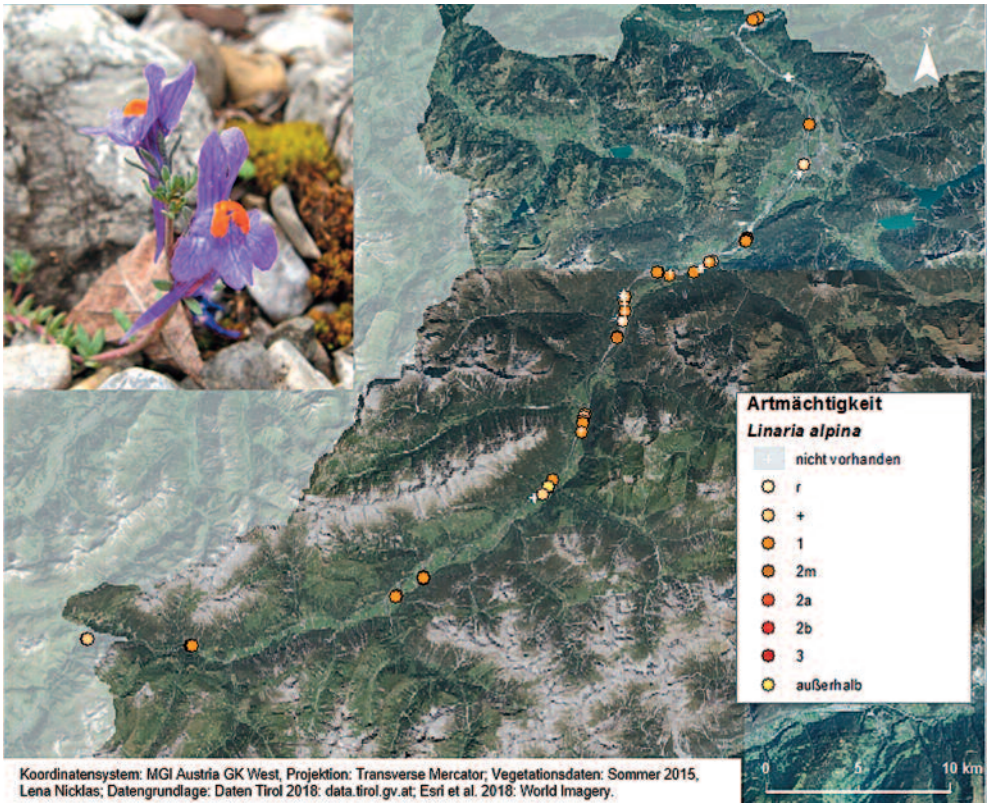


Abb. 3: Artmächtigkeit von *Linaria alpina* in den Aufnahmeflächen am Tiroler Lech.

4.2 Diversitätsmuster der Alpenschwemmlinge

Die höchste Diversität von Alpenschwemmlingen wurde an Ober- und natürlich erhaltenem Mittellauf erreicht (Abb. 4). Im Mittel waren die Alpenschwemmlingszahlen mit 9±1 (Mittelwert±Standardfehler) am Oberlauf und Mittellauf statistisch höchst signifikant höher ($p \leq 0{,}001$) als an den verbauten Stellen mit 4±1 (Abb. 4). Insbesondere am Mittellauf wies die Anzahl der Alpenschwemmlinge eine große Variation von maximal 18 bis minimal 2 Arten auf. Die Diversität der Alpenschwemmlinge an den natürlichen Flächen des Ober- und Mittellaufs ließ sich statistisch nicht unterscheiden. Betrachtet man allerdings ihre Veränderung mit der Meereshöhe, war ein höchstsignifikanter monotoner positiver Zusammenhang (QUINN & KEOUGH 2002) und somit eine Zunahme zum Oberlauf hin nachzuweisen ($r_S = 0{,}463$; $p \leq 0{,}001$). Die renaturierten Flächen lagen bezüglich ihrer Anzahl von Alpenschwemmlingen (Abb. 4) zwischen den verbauten artenarmen und den natürlichen artenreicheren Aufnahmen an Mittel- und Oberlauf und wiesen eine große Variation von maximal 14 und minimal 0 Alpenschwemmlingen auf. Dies lässt sich auf die unterschiedlichen Fertigstellungszeitpunkte der Renaturierungen zurückführen. Die jüngsten, im Jahr 2014 renaturierten Flächen im unteren Bereich bei Pinswang ähnelten noch sehr stark den verbauten Flächen. Die Alpenschwemmlingszahl mit im Mittel 1±1 Art war hier statistisch signifikant niedriger ($p \leq 0{,}05$), als auf den

© Bayerische Botanische Gesellschaft e.V. 2018

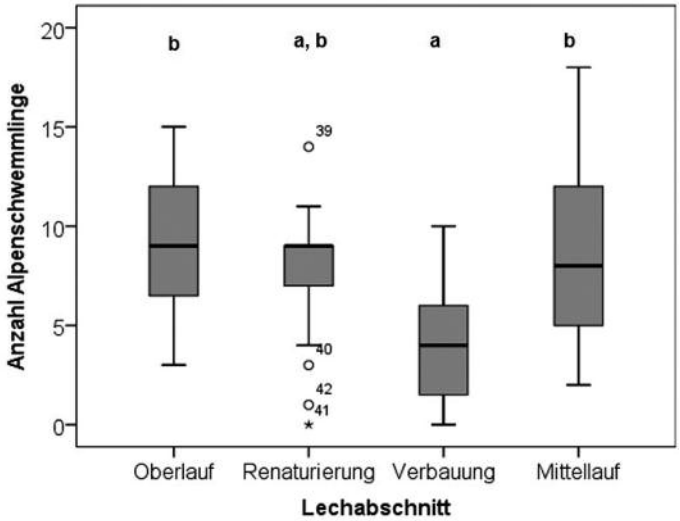


Abb. 4:
Anzahl von Alpenschwemmlingen an den untersuchten Lechabschnitten. Verschiedene Buchstaben symbolisieren signifikante Unterschiede ($p \leq 0{,}001$). ° Ausreißer * Extremwert.

Flächen am Mittel- und Oberlauf und den 2004 fertiggestellten Renaturierungen. Die in den Jahren 2007 und 2009 renaturierten Bereiche fielen genau zwischen verbaute und natürliche Lechabschnitte und zeigten keine signifikanten Unterschiede. Hier ist zu beachten, dass das Ausmaß der Renaturierungen auf den Flächen von 2007 nur „spärlich" oder „untergeordnet" war. Auf den 2004 und 2006 renaturierten Flächen ähnelte die Alpenschwemmlingszahl mit 9±1 bereits deutlich den Flächen vom Mittel- und Oberlauf.

Insgesamt korrelierte die Anzahl von Alpenschwemmlingen signifikant mit der jeweiligen Gesamtartenzahl pro Aufnahmefläche ($r = 0{,}804$; $p \leq 0{,}001$).

4.3 Umweltfaktoren und Alpenschwemmlinge

Für einige der erhobenen Umweltvariablen konnten statistisch signifikante Einflüsse auf die Diversität der Alpenschwemmlinge nachgewiesen werden. Es zeigte sich eine positive Korrelation der Anzahl von Alpenschwemmlingen mit dem Anteil an Grobkies (Ø 6,3–2 cm; $r_S = 0{,}402$; $p \leq 0{,}001$) und weniger deutlich mit dem Anteil an faustgroßen Steinen (Ø 20 - 6,3 cm; $r_S = 0{,}211$; $p \leq 0{,}05$). Die negativen Korrelationen mit den Anteilen feinkörnigerer Fraktionen wie Sand und Schluff waren hingegen nicht signifikant. Das Ausmaß der Verbauungstypen Steinschlichtung und Buhnen zeigte einen schwachen aber signifikanten negativen Einfluss auf die Anzahl von Alpenschwemmlingen ($r_S = -0{,}379$; $p \leq 0{,}01$ und $r_S = -0{,}221$; $p \leq 0{,}05$). Zudem war die Anzahl der Alpenschwemmlinge auf kleinen Alluvionen im Mittel mit 4±2 Arten signifikant niedriger ($p \leq 0{,}05$) als auf großen und mittleren Alluvionen mit 8 bis 9±1 Arten. Die pH-Werte der Bodenproben aus den Aufnahmeflächen befanden sich im neutral bis leicht basischen Bereich mit einer geringen Variationsbreite von pH 7,4 bis pH 7,8. Es zeigte sich kein signifikanter Einfluss auf den Alpenschwemmlingsreichtum.

Aus der DCA in Abb. 5 ist ersichtlich, dass sich die Artenzusammensetzung der Aufnahmen in den untersuchten Lechabschnitten Mittellauf, Oberlauf, Verbauung und Renaturierung unterschied. Die Meereshöhe wies den längsten Gradienten auf und korrelierte mit der zweiten

© Bayerische Botanische Gesellschaft e.V. 2018

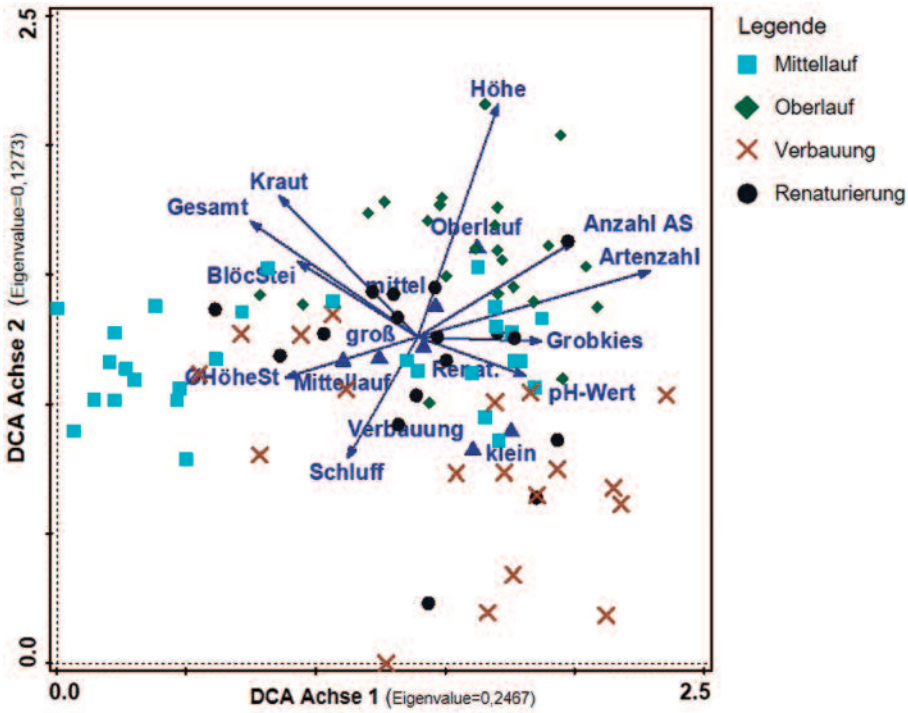


Abb. 5: DCA der Vegetationsaufnahmen. Die Symbole der Aufnahmen verdeutlichen die Flußabschnitte bzw. Verbauungs- und Renaturierungsabschnitte. Supplementär wurden als Pfeile metrische Umweltvariablen und als Dreiecke nominale Umweltvariablen eingezeichnet. (Abkürzungen: Anzahl AS = Anzahl der Alpenschwemmlinge, Höhe = Meereshöhe, Gesamt = Gesamtdeckung, Kraut = Deckung Krautschicht, ØHöheSt = durchschnittliche Höhe Strauchschicht, BlöcStei = Anteil von Blöcken und großen Steinen. Alluviongrößen angegeben als „groß“, „mittel“ und “klein“).

Achse. Der Gradient der Anzahl von Alpenschwemmlingen verlief in Richtung der Flächen am Oberlauf.

4.4 Etablierungs- und Reproduktionsfähigkeit

Insgesamt wurden im Sommer 2014 nahe Forchach 83 Individuen der Arten *Campanula cochleariifolia*, *Gypsophila repens*, *Hornungia alpina*, *Linaria alpina*, *Saxifraga caesia* und *Dryas octopetala* markiert. Bei *Dryas octopetala* war es möglich, zwischen großen und kleinen Individuen zu unterscheiden, weswegen diese als getrennte Klassen markiert und ausgewertet wurden. 65% aller markierten Alpenschwemmlinge konnten mit ihrer Markierung wieder aufgefunden werden. Bei 25% war zwar die Markierung verschwunden, jedoch konnten die Individuen durch die genaue Lokalisierung im Jahr 2014 wieder identifiziert werden. Lediglich 10% der markierten Alpenschwemmlinge waren nicht mehr auffindbar. Die Ergebnisse der einzelnen Arten unterschieden sich geringfügig (Abb. 6). Bei *Saxifraga caesia* und den großen *Dryas octopetala*-Individuen waren noch alle markierten Individuen ein Jahr später vorhanden. Von den kleinen *Dryas*-Pflänzchen konnten sich 8% nicht halten. Auch bei *Linaria*

© Bayerische Botanische Gesellschaft e.V. 2018

alpina blieben mit 91% alle Individuen bis auf eines erhalten. Bei *Gypsophila repens* und *Hornungia alpina* war der Verlust mit 15 und 17% am höchsten (Abb. 6), jedoch konnten bei *Hornungia alpina* 2015 neu etablierte Individuen beobachtet werden.

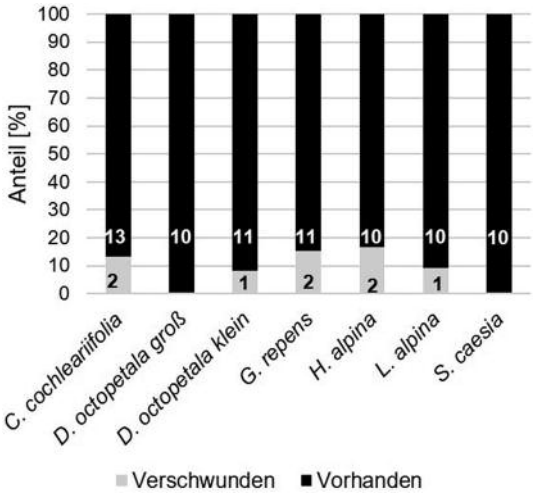


Abb. 6: Anteile der nach einem Jahr noch vorhandenen sowie verschwundenen Individuen der markierten Alpenschwemmlinge. Zahlen innerhalb der Balken geben die Anzahl von Individuen an.

In den Keimungsexperimenten zeigte sich, dass die am Tiroler Lech gesammelten Samen von *Oxytropis campestris, Dryas octopetala, Gypsophila repens, Kernera saxatilis, Hornungia alpina, Linaria alpina* und *Saxifraga caesia* alle mehr oder weniger gut keimfähig waren. Vorbehandlung (Stratifikation, Skarifikation mit Glaspapier und Einlegen in 0,001 molare Gibberellinsäure) steigerte die Keimrate. Zudem konnten Keimlinge und Jungpflanzen von *Dryas octopetala, Campanula cochleariifolia* und *Hornungia alpina* in Forchach beobachtet werden.

5 Diskussion

5.1 Artenspektrum

Unter den am Tiroler Lech beobachteten Alpenschwemmlingen waren einige Arten, die aus der Literatur noch nicht bekannt waren und nicht zu den häufig genannten Schwemmlingen der Alpen gehören (Caflisch 1867, Müller 1988, Müller & Bürger 1990, Brandes 1998). So erwähnten Müller (1988) und Müller & Bürger (1990) in ihren Vegetationsaufnahmen am Tiroler Lech nahe Forchach lediglich 11 der in der vorliegenden Studie gefundenen 53 Alpenschwemmlinge. Einige Arten, wie beispielsweise *Achillea atrata* oder *Carex firma* sind in ihrem Vorkommen auf die Alpen beschränkt (Bayernflora 2015) und wanderten auch entlang der Flüsse nie weit ins Alpenvorland (Caflisch 1867, Brandes 1998). Im Bereich des Tiroler Lechs stellen diese Arten auf den Alluvionen jedoch eine Besonderheit dar und zeigen durch ihren Transport aus dem Hochgebirge Natürlichkeit und Dynamik eines funktionstüchtigen Flussökosystems an (Müller & Bürger 1990). Im Gegensatz dazu mussten montane bis alpine Arten (Aeschimann et al. 2004), wie *Calamagrostis varia* oder *Petasites paradoxus* und dealpine Arten, wie *Sesleria caerulea* und *Hieracium staticifolium* als Alpenschwemmlinge am Tiroler Lech ausgeschlossen werden, da diese häufig in der ufernahen Vegetation vorkommen (Caflisch 1867, Walas 1938, Müller 1988, Müller & Bürger 1990, Brandes 1998, Fischer et al. 2008). Außerhalb der Alpen ist eine Bezeichnung solcher Arten als Alpenschwemmlinge durchaus verständlich, widerspricht jedoch der üblichen Definition, bei der die Alpenschwemmlinge als subalpine bis alpine Arten gelten (Brandes & Evers 1999, Ellenberg & Leuschner 2010).

© Bayerische Botanische Gesellschaft e.V. 2018

Im Vergleich zu Alluvionen zentralalpiner Flüsse, wie Isel und Inn (Nicklas 2017), zeichnet sich der Tiroler Lech durch einen besonders hohen Alpenschwemmlingsreichtum aus. Somit ist das Vorkommen von Alpenschwemmlingen sehr gebietsspezifisch, was bei ökologischen Beurteilungen unbedingt beachtet werden muss. Faktoren, wie ein für Kalkgebiete typisches heterogenes Relief, zahlreiche Felsen, geringe Verbauungen, ein großes Einzugsgebiet und zahlreiche große Alluvionen fördern die Diversität von Alpenschwemmlingen (Walas 1938, Bresinsky 1965). So waren die Schotterflächen des Lechs vor den Flussregulierungen bis weit ins Alpenvorland hinaus Hotspots für Alpenschwemmlinge (Caflisch 1867, Walas 1938, Bresinsky 1965, Müller 1991).

5.2 Diversitätsmuster

Die positive Korrelation der Diversität von Alpenschwemmlingen mit der Meereshöhe belegt eine graduelle Abnahme der Anzahl von Alpenschwemmlingen vom Oberlauf flussabwärts. Auch wenn die Alluvionen am Oberlauf kleiner und stellenweise starke Verbauungen vorhanden waren, scheint die relative Nähe zum Hochgebirge und die stärkere Morphodynamik (Müller 1995b) die Artenvielfalt der Alpenschwemmlinge am Oberlauf zu fördern. Die Abnahme der Alpenschwemmlinge mit fortschreitendem Flusslauf wird durch die Zunahme der Verbauungen (Dalhof & Häcker 1992, Spiegler 1995) verstärkt. Wie die Aufnahmen am Tiroler Lech zeigen, sind unter guten Voraussetzungen auch auf den großen Alluvionen der Umlagerungsstrecken am Mittellauf noch viele Alpenschwemmlinge zu finden. Da der gesamte untersuchte Flusslauf innerhalb des Gebirges liegt, können immer wieder Einträge von Alpenschwemmlingen aus dem Einzugsgebiet erfolgen.

In den verbauten Lechabschnitten bei Reutte scheinen die Verhältnisse auf den Alluvionen für die Etablierung einer hohen Artenvielfalt von Alpenschwemmlingen ungünstig zu sein. Diasporen oder Pflanzenteile einzelner Alpenschwemmlinge, wie *Gypsophila repens, Campanula cochleariifolia, Linaria alpina, Poa cenisia* oder *Arabis alpina* können aber immer wieder angeschwemmt werden und mehr oder weniger lange in diesen artenarmen Beständen überleben und sich reproduzieren. Auch Bernhardt (1999) beschreibt Vorkommen einiger dieser Arten aus verbauten Bereichen des Rheins und konnte große Mengen von *Gypsophila repens,* zudem *Hornungia alpina, Dryas octopetala, Saxifraga caesia, Campanula cochleariifolia* und *Arabis alpina* in der Diasporenbank nachweisen. Ein vereinzeltes Vorkommen dieser Arten kann demnach auf renaturierten Flächen noch nicht direkt als Erfolgsnachweis gezählt werden. Erst die Etablierung einer den natürlichen Alluvionen ähnlich hohen Alpenschwemmlingsdiversität scheint auf einen Erfolg hinzuweisen. Dies war bei den beiden vor dem letzten Hochwasser 2005 abgeschlossenen Renaturierungen (Global Surface Water Explorer 2015) der Fall. Zudem zeigt sich, dass neben der Rückbau-Fertigstellung und der damit verbundenen längeren oder kürzeren Zeit für eine pflanzliche Besiedlung auch das Ausmaß der Renaturierung (z.B. 2007) einen Einfluss auf den festzustellenden Erfolg der Renaturierung und die Alpenschwemmlingszahlen hat. Die starke Korrelation der Alpenschwemmlinge mit der Gesamtartenzahl lässt vermuten, dass Alpenschwemmlinge sowohl ein Maß für Natürlichkeit und Morphodynamik des Flusses, als auch für die Artenvielfalt der Alluvionen sind. Die Erhöhung der Artenvielfalt ist neben der Einstellung der natürlichen Pflanzengesellschaft und dem Vorkommen von Zielarten ein häufig verfolgtes Ziel von Renaturierungsprojekten (Strobl et al. 2015).

© Bayerische Botanische Gesellschaft e.V. 2018

5.3 Etablierungsfähigkeit und Reproduktion

Einige Autoren nennen als klassische Charakteristik von Alpenschwemmlingen die fehlende Etablierungsfähigkeit ihrer Populationen auf den Alluvionen und dadurch ihre Abhängigkeit vom Diasporennachschub aus dem Gebirge (Caflisch 1867, Schretzenmayer 1950, Brandes 1998). In dieser Arbeit konnte jedoch bestätigt werden, dass sich Arten wie *Gypsophila repens, Campanula cochleariifolia, Hornungia alpina, Linaria alpina, Saxifraga caesia* und *Dryas octopetala* eindeutig über mehrere Jahre auf den Alluvionen halten und keimfähige Diasporen produzieren können (Danler et al. 2015). Auch Bill (2000) zeigte in seinen weitreichenden Untersuchungen die Besiedlungsdynamik und Populationsbiologie dieser Arten mit Ausnahme von *Linaria alpina* an der Oberen Isar auf. Somit kann davon ausgegangen werden, dass sich Alpenschwemmlinge über geeignete Alluvionen etappenweise entlang der Flüsse ausbreiten können, wie dies auch von Walas (1938), Bernhardt (1999) und Ellenberg & Leuschner (2010) angenommen wurde. Die klassische Alpenschwemmlingstheorie sollte demnach dahingehend erweitert werden. Es ergibt sich daraus die Schlussfolgerung, dass auch die Ausbreitungs- und Etablierungsmöglichkeit mit der Anzahl an vorhandenen und sich reproduzierenden Populationen auf den Alluvionen steigt.

In den Untersuchungsreihen nach Bill (2000) fiel besonders *Hornungia alpina* durch eine effektive Ausbreitungs- und Etablierungsstrategie auf. Hingegen konnten bei *Gypsophila repens* kaum Neubesiedlungen beobachtet werden, was auf die Schwimmunfähigkeit der Diasporen und die damit verbundene schlechte Ausbreitungsfähigkeit zurückzuführen ist (Bill et al. 1999, Bill 2000). Die Verhältnisse auf den Alluvionen des Tiroler Lechs scheinen diesbezüglich divergierend zu sein, da *Gypsophila repens* in der vorliegenden Arbeit zu den häufigsten Alpenschwemmlingen zählte. Auch in Vergleichsstudien an Isel und oberen Inn war dies zu beobachten (Nicklas 2017). Eine Etablierung von angeschwemmten Pflanzenstücken bezweifelt Bill (2000), was jedoch an Lech, Isel und Inn zumindest im Untersuchungsjahr beobachtet werden konnte.

6 Fazit und Ausblick

Die Pioniervegetation des Tiroler Lechs mit seinen Alpenschwemmlingen war und ist einzigartig und weist einen sehr großen Artenreichtum auf. Am Tiroler Lech bestehen einige geeignete Alluvionen, auf denen Reproduktion für Alpenschwemmlinge möglich ist. Durch weitere Naturschutzmaßnahmen, die vor allem nun im Zuge des neuen LIFE-Projekts durchgeführt werden sollen, steht in Aussicht, dass noch mehr geeignete Flächen für Alpenschwemmlinge geschaffen werden. Dafür sind vor allem die Wiederherstellung des Geschiebehaushalts durch Öffnung der Geschiebesperren und die Entfernung von Verbauungen sehr wichtig, damit sich der Fluss nicht weiter eintieft und der Lauf begradigt wird. Da in der Vergangenheit durch Verbauungen besonders die Pioniervegetation mit ihren Alpenschwemmlingen stark vom Rückgang betroffen war, sind Wiederherstellung, Erhalt und Schutz dieser Flächen von großer Bedeutung.

In der vorliegenden Untersuchung konnten Unterschiede in der Verbreitung der verschiedenen Alpenschwemmlinge entlang der unterschiedlichen Abschnitte am Tiroler Lech aufgezeigt werden. Diese erste Übersicht wirkt vielversprechend: Alpenschwemmlinge können als ökologische Zeiger für Natürlichkeit, Morphologie und die Wiedereinstellung seltener Pioniergesellschaften fungieren. Bei einer Anwendung als Renaturierungskontrollen muss jedoch die Spezifität des jeweiligen Gebietes beachtet werden.

© Bayerische Botanische Gesellschaft e.V. 2018

7 Dank

Wir bedanken uns beim Team des Naturparks Tiroler Lech und bei OR DI Wolfgang Klien (Baubezirksamt Reutte, Abt. Wasserwirtschaft) für die finanzielle und organisatorische Unterstützung, bei Prof. Dr. Norbert Müller und Dr. Helmut Kudrnovsky für ihren wissenschaftlichen Beistand, bei Mag. Antje Witmann für die Unterstützung bei den Vegetationsaufnahmen, bei den LehramtsstudentInnen der LV „Forschendes Lernen“ SS 2016 für die Durchführung der Keimungsexperimente und beim Herbarium des Instituts für Botanik der Universität Innsbruck, sowie bei Ass. Prof. Dr. Konrad Pagitz für die Bereitstellung von Herbarexemplaren.

8 Literatur

Aeschimann, D., Lauber, K., Moser, M. & Theurillat, J.-P. 2004: Flora alpina. – Haupt, Bern.

Bayernflora 2015: Flora von Bayern. Verbreitungskarten. http://www.bayernflora.de/w/index.php?title=Verbreitungskarten&oldid=13702 [zuletzt abgerufen am 18.10.2016]

Bernhardt, K.-G. 1999: Die Bedeutung der Schotterbänke und -ufer des Alpenrheins als Ausbreitungsweg für Pflanzen und Tierpopulationen. – Berichte der Botanisch-Zoologischen Gesellschaft Liechtenstein-Sargans-Werdenberg **26:** 33-52.

Bill, H.-C. 2000: Besiedlungsdynamik und Populationsbiologie charakteristischer Pionierpflanzenarten nordalpiner Wildflüsse. – Dissertation Philipps-Universität Marburg.

Bill, H.-C., Poschlod, P. & Reich, M. (1999): Experiments and observations on seed dispersal by running water in an Alpine floodplain. – Bulletin of the Geobotanical Institute ETH **65:** 13-28.

Brandes, D. 1998: Biodiversität und Vegetationsdynamik von Flußufern. – Jahrbuch der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft 17-29.

Brandes, D. & Evers, C. 1999: Keimung unter Wasser - eine Strategie nur von Gebirgsschwemmlingen? – Braunschweiger Naturkundliche Schriften **5:** 947-953.

Bresinsky, A. 1965: Zur Kenntnis des circumalpinen Florenelementes im Vorland nördlich der Alpen. – Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft **38:** 5-67.

Bürger, A. 1991: Geographie und Flußbettmorphologie des Lechs. – Augsburger Ökologische Schriften **2:** 31-36.

Caflisch, J.-F. 1867: Ueber das Thalabwärts-Wandern der Alpenpflanzen im Lechgebiete. – Berichte des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schwaben **20:** 135-144.

Dalhof, I. & Häcker, B. 1992: Auswirkungen von Flussbaumaßnahmen auf Morphologie und Vegetation am oberen Lech. – Diplomarbeit Fachhochschule Weihenstephan.

Danler, J., Felderer, S., Gufler, C., Stegner, M., Steiner, S., Erschbamer, B. & Bär, A. 2015: Keimungsverhalten von Diasporen der Alpenschwemmlinge. – Seminararbeit im Rahmen der Lehrveranstaltung 627603 PJ Forschendes Lernen, Innsbruck.

Ellenberg, H. & Leuschner, C. 2010: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht: 203 Tabellen. – Ulmer, Stuttgart.

Fischer, M.A., Adler, W. & Oswald, K. 2008: Exkursionsflora für Österreich, Liechtenstein und Südtirol. – Oberösterreichisches Landesmuseum, Linz.

Global Surface Water Explorer 2015: Water Occurence Change Intensity (1984- 1999 to 2000-2015). https://global-surface-water.appspot.com/ [zuletzt abgerufen am 03.04.2017]

Moor, M. 1958: Pflanzengesellschaften schweizerischer Flussauen. – Eidgenössische Anstalt für das Forstliche Versuchswesen, Birmensdorf.

Müller, N. 1988: Zur Flora und Vegetation des Lech bei Forchach (Reutte-Tirol) – letzte Reste nordalpiner Wildflußlandschaften. – Natur und Landschaft **63:** 263-269.

Müller, N. 1990: Die übernationale Bedeutung des Lechtals für den botanischen Arten- Biotopschutz und Empfehlungen zu deren Erhaltung. – Schriftenreihe Bayerisches Landesamt für Umweltschutz **99:** 17-39.

© Bayerische Botanische Gesellschaft e.V. 2018

Müller, N.1991: Auenvegetation des Lech bei Augsburg und ihre Veränderungen infolge von Flußverbauungen. – Augsburger Ökologische Schriften **2:** 79-108.

Müller, N. 1995a: River dynamics and floodplain vegetation and their alterations due to human impact. – Archiv für Hydrobiologie **101:** 477-512.

Müller, N. 1995b: Wandel von Flora und Vegetation nordalpiner Wildflußlandschaften unter Einfluß des Menschen. – Berichte der ANL **19:** 125-187.

Müller, N. & Bürger, A. 1990: Flußbettmorphologie und Auenvegetation des Lech im Bereich der Forchacher Wildflußlandschaft (Oberes Lechtal, Tirol). – Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt **55:** 43-74.

Müller, N., Dalhof, I., Häcker, B. & Vetter, G. 1992: Auswirkungen von Flußbaumaßnahmen auf Flußdynamik und Auenvegetation am Lech - eine Bilanz nach 100 Jahren Wasserbau an einer nordalpinen Wildflußlandschaft. – Berichte der ANL **16:** 181-214.

Nicklas, L. 2017: Alpenschwemmlinge am Tiroler Lech: Diversität und Verbreitung. – Masterarbeit Universität Innsbruck.

Petts, G.E., Möller, H. & Roux, L. 1989: Historical change of large alluvial rivers: Western Europe. – Wiley, Chichester.

Quinn, G.P. & Keough, M.J. 2002: Experimental design and data analysis for biologists. – Cambridge University Press, Cambridge, New York.

Reichelt, G. & Wilmanns, O. 1973: Vegetationsgeographie. – G. Westermann, Braunschweig.

Scheurmann, K. & Karl, J. 1990: Der obere Lech im Wandel der Zeiten. – Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt **55:** 25-42.

Schofield, R.K. & Taylor, A.W. 1955: Measurements of the activities of bases in soils. – Journal of Soil Science **6:** 137-146.

Schretzenmayer, M. 1950: Sukzessionsverhältnisse der Isarauen südlich Lenggries. – Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft **28:** 19-63.

Seibert, P. 1958: Die Pflanzengesellschaften im Naturschutzgebiet “Pupplinger Au”: pflanzensoziologische und bodenkundliche Untersuchungen als Grundlage für Maßnahmen von Wasser- und Forstwirtschaft. – Bayerische Landesstelle für Gewässerkunde, München.

Spiegler, A. 1995: Lechbewertung: Erhebung der landschaftsökologischen Flusslaufqualität des Lech zwischen Steeg und Reutte. – Bundesministerium für Umwelt, Wien.

Strobl, K., Wurfer, A.-L. & Kollmann, J. 2015: Ecological assessment of different riverbank revitalisation measures to restore riparian vegetation in a highly modified river. – Tuxenia **35:** 177-194.

Tiris 2016: tirisMaps2.0. https://www.tirol.gv.at/statistik-budget/tiris/. [zuletzt abgerufen am 02.02.2017]

Tittizer, T. & Krebs, F. 1996: Ökosystemforschung: Der Rhein und seine Auen: Eine Bilanz. – Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.

Vacha, C. 2002: Fließgewässeratlas Tirol Handbuch. – Amt der Tiroler Landesregierung. Abteilung Wasserwirtschaft. Fachbereich Limnologie, Innsbruck.

Walas, J. 1938: Wanderungen der Gebirgspflanzen längs der Tatra-Flüsse. – Bulletin de l’Academie Polonaise des Sciences Série B **1:** 58-80.

Ward, J.V., Tockner, K., Edwards, P.J., Kollmann, J., Bretschko, G., Grunell, A.M., Petts, G.E. & Rossaro, B. 1999: The reference river system for the Alps: the “Fiume Tagliamento”. – Regulated Rivers: Research & Management **15:** 63-75.

Wimmer, R., Pranthl, G. & Wintersberger, H. 2012a: Hydromorphologische Leitbilder: Band 1: Einführung, Definitionen und Parameter. – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.

Wimmer, R., Pranthl, G. & Wintersberger, H. 2012b: Hydromorphologische Leitbilder: Band 2: Naturraumbeschreibungen, Bioregionen, Typologie. – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.

© Bayerische Botanische Gesellschaft e.V. 2018

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft zur Erforschung der Flora

Jahr/Year: 2018

Band/Volume: 88

Autor(en)/Author(s): Nicklas Lena, Erschbamer Brigitta

Artikel/Article: Alpenschwemmlinge am Tiroler Lech: Diversität und Verbreitung 27-40