

## Hoffnung für die Populationsentwicklung von Wildflussarten der Alpen? Rückgang und aktuelle Bestandssituation von Zwergrohrkolben (*Typha minima*), Deutscher Tamariske (*Myricaria germanica*) und Uferreitgras (*Calamagrostis pseudophragmites*) in Bayern

NORBERT MÜLLER, ROMY WOELLNER, THOMAS C. WAGNER,  
MICHAEL REICH, SABRINA BEHRENDT, LUKAS BURKEL,  
MANUEL NEUKIRCHEN & JOHANNES KOLLMANN

Herrn Dr. Wolfgang Lippert gewidmet in dankbarer Erinnerung  
an viele gemeinsame Exkursionen und für seine jahrzehntelange  
Unterstützung bei allen Fragen zu kritischen Sippen

**Zusammenfassung:** Innerhalb Deutschlands hat Bayern die Haupt- bis Alleinverantwortung für stark gefährdete Arten und Lebensräume der alpinen Wildflusslandschaften. Als Grundlage für Wiederansiedlungsprojekte wurde die Populationsentwicklung der Indikatorarten *Typha minima*, *Myricaria germanica* und *Calamagrostis pseudophragmites* untersucht. An Lech, Ammer, Loisach, Isar und deren Zuflüssen wurde die historische Verbreitung mit der aktuellen Bestandssituation 2017 verglichen. Trotz zahlreicher Revitalisierungsmaßnahmen in den letzten zwei Jahrzehnten ist die Populationsentwicklung der drei Wildflussarten weiterhin rückläufig. Gegenüber Eingriffen in die Flussdynamik reagiert *Typha minima* am schnellsten und ist bereits seit 1990 ausgestorben. *Myricaria germanica* besitzt noch eine große und weitgehend vernetzte Teilpopulation an der Isar zwischen Krün und Sylvensteinspeicher. Alle anderen Bestände sind klein, verinselt und zum Teil bereits ohne Verjüngung. Aktuell hat *Calamagrostis pseudophragmites* noch größere und besser vernetzte Populationen an Ammer, Loisach und Isar. An den länger unter Stau- und Schwellbetrieb beeinflussten Fließstrecken des Lechs ist die Art inzwischen ausgestorben.

**Key Words:** Alpine rivers, *Calamagrostis pseudophragmites*, fragmentation, *Myricaria germanica*, population dynamics, river engineering, *Typha minima*

**Summary:** For the endangered species and habitats of alpine braided rivers, the primary responsibility within Germany remains in Bavaria. As a basis for reintroduction projects, the population

**Anschriften der Autoren:** Prof. Dr. Norbert Müller und Lukas Burkel, Fachhochschule Erfurt, Institut Landschaftspflege & Biotopentwicklung, Leipziger Straße 77, 99085 Erfurt; Romy Wöllner, Dr. Thomas C. Wagner, Sabrina Behrendt, Manuel Neukirchen und Prof. Dr. Johannes Kollmann, Technische Universität München, Lehrstuhl für Renaturierungsökologie; Emil-Ramann-Straße 6, 85354 Freising; Prof. Dr. Michael Reich, Leibniz Universität Hannover, Institut für Umweltplanung, Herrenhäuser Straße 2, 30419 Hannover; Korrespondenz: Norbert Müller, E-mail: n.mueller@fh-erfurt.de

trends were examined of the indicator species *Typha minima*, *Myricaria germanica* and *Calamagrostis pseudophragmites*. Along the rivers Lech, Ammer, Loisach, Isar and their tributaries, the historical distribution of these wild river species was compared with the current situation in the year 2017. *Typha minima* – the most vulnerable species – has become extinct since 1990. One larger and good connected sub population was detected for *Myricaria germanica* along the Isar between Krün and Sylvensteinspeicher: all other subpopulations are small, isolated and partly without rejuvenation. Currently only for *Calamagrostis pseudophragmites* large and connected populations are remaining at Ammer, Loisach and Isar. Along all reaches of the Lech river, which are influenced by damming and hydro peaking for a longer time, the species has become extinct.

## 1 Hintergrund und Fragestellung

Innerhalb der Blütenpflanzen gelten Zwergrohrkolben (*Typha minima* Funck ex Hoppe), Deutsche Tamariske (*Myricaria germanica* (L.) Desv.) und Uferreitgras (*Calamagrostis pseudophragmites* (Haller f.) Koeler) als die wichtigsten Indikatorarten für natürliche alpine Wildflusslandschaften (BILL 2000, ENDRESS 1976, KUDRNOVSKY 2013, MÜLLER 1991, PRUNIER et al. 2010). Untersuchungen an den großen Nordalpenflüssen haben gezeigt, dass auf Eingriffe in die Flussdynamik der Zwergrohrkolben am schnellsten reagiert, gefolgt von der Deutschen Tamariske und schließlich dem Uferreitgras (MÜLLER 1995). Dies spiegelt sich auch in Bayern wider, das innerhalb Deutschlands die Haupt- bis Alleinverantwortung für stark gefährdete Arten und Lebensräume der Wildflusslandschaften hat. Hier ist der Zwergrohrkolben ausgestorben, die Deutsche Tamariske vom Aussterben bedroht und das Uferreitgras stark gefährdet (LIPPERT & MEIEROTT 2014, SCHEURER & AHLMER 2003).

Im Rahmen des Bundesprogramms „Hotspots der biologischen Vielfalt“ beschäftigt sich seit 2014 das Projekt „Alpenflusslandschaften – Vielfalt leben von Ammersee bis Zugspitze“ damit, wie die naturschutzfachlichen Qualitäten der bayerischen Alpenflüsse erhalten, verbessert und wiederhergestellt werden können (TRANTER 2015). Von Oktober 2016 bis Februar 2018 wurde für dieses Projekt eine Potentialstudie zu Schutz und Wiederansiedlung der Wildflussarten in den Hotspotregionen der biologischen Vielfalt „Ammergebirge, Niederwerdenfelder Land und Obere Isar“ und „Ammer-Loisach-Hügelland und Lech-Vorberge“ erarbeitet. Näher untersucht wurden dort die Zielarten Zwergrohrkolben, Deutsche Tamariske, Uferreitgras und Starkbeborstete Sklavenameise (*Formica selysi*). Für die drei Pflanzenarten trägt innerhalb Deutschlands die Hotspotregion die Hauptverantwortung. Folgende Fragen standen bei der Potentialstudie im Vordergrund:

1. Wie sieht die frühere und rezente Verbreitung der vier Arten im Projektgebiet aus?
2. Wie ist die aktuelle Bestandssituation der Arten, d. h. wie groß sind die rezenten Populationen und wie ist ihre Altersstruktur?
3. Wo sind bestandsstützende Maßnahmen für Reliktpopulationen notwendig und welche Maßnahmen können empfohlen werden?
4. Wo sind Neuansiedlungen sinnvoll und welche fachlichen Randbedingungen sind dabei zu beachten?
5. Welche Techniken der Vermehrung, Wiederansiedlung und des Monitorings haben sich bewährt?

Im Rahmen dieses Beitrags wird für *Typha minima*, *Myricaria germanica* und *Calamagrostis pseudophragmites* die frühere und rezente Verbreitung dargestellt (Frage 1) und geprüft, ob der bereits in den 1990er Jahren dokumentierte Trend des Rückgangs der drei Arten (MÜLLER 1995) aufgehalten werden konnte.

Die aktuelle Bestandssituation der vier Wildflussarten und Empfehlungen zu ihrem Schutz sind ausführlicher in WOELLNER et al. (2019) aufbereitet (Fragen 2 und 3).

Alle Ergebnisse der Potentialstudie sind in einem umfangreichen Bericht dokumentiert (HARZER et al. 2018).

## 2 Methodik

### 2.1 Projektgebiet und untersuchte Arten

Das Projektgebiet umfasst die bayerischen Alpenflüsse Lech, Ammer, Loisach, Isar und ihre Zuflüsse (Abb. 1).



**Abb. 1:** Projektgebiet und für die aktuelle Bestands-schätzung 2017 aus-gewählte Flussab-schnitte an Lech, Ammer, Loisach, Isar und deren Zuflüssen, näheres vgl. Text (nach HARZER et al. 2018 vereinfacht).

Die hier näher untersuchten Pflanzen kommen alle in der engeren und daher am stärksten von Morpho- und Hydrodynamik geprägten Auenzone vor.

Der Zwergrohrkolben ist ein 0,5–1,0 m hoher Rhizomhemikryptophyt. Er ist Kennart der Zwergrohrkolben Gesellschaft (*Equiseto variegati-Typhetum minimae* Br.-Bl. in Volk 1940), einer konkurrenzarmen Gesellschaft frisch vom Fluss angelegter Altwasser und Schotterbänke. Diese reichte ehemals von der hochmontanen Stufe vieler Alpenflüsse bis weit ins Alpenvorland hinaus. Im Zuge der Auensukzession wird sie rasch von Weidengebüschen und Schilfbeständen abgebaut, sofern nicht Hochwasser zu einer Verjüngung führt oder neue Lebensräume

für die Besiedlung bereitstellt (MÜLLER 1991). Genetische Untersuchungen im Alpenraum haben gezeigt, dass sich die Populationen einzelner Flusssysteme deutlich unterscheiden (CSENCICS & HOLDEREGGER 2014).

Die Deutsche Tamariske ist ein 0,5–3,0 m hoher sommergrüner, ausdauernder Strauch mit starker basitoner Verzweigung und rutenförmigen Ästen. Sie ist Kennart des Weiden-Tamariskengebüsches (*Salici-Myricarietum* Moor 1958), das ehemals die Alpenflüsse von der alpinen Zone bis ins Alpenvorland begleitete (KUDRNOVSKY 2013). Phylogeographische Untersuchungen aus dem Alpenraum zeigen, dass die Deutsche Tamariske eine relativ hohe genetische Differenzierung innerhalb einzelner Flusssysteme zeigt (WERTH et al. 2014).

Das Uferreitgras ist ein 0,5–1,5 m hohes ausdauerndes blaugrünes Gras, das mit seinen Rhizomen rasch frisch entstandene sandige Kiesbänke besiedelt. Es bildet dort artenarme Dominanzbestände der Uferreitgras-Gesellschaft (*Calamagrostietum pseudophragmitis* Kopecký 1968) aus, in der nur wenige Begleitarten vorkommen. Das Uferreitgras keimt ebenso wie die Tamariske (LENER et al. 2013) und der Zwergrohrkolben (MÜLLER 2007) sofort auf feuchtem Substrat und baut wie diese keine dauerhafte Diasporenbank auf (BILL 2000).

## 2.2 Recherche zur historischen Verbreitung der Zielarten

Um den Zeitraum des Rückgangs der Arten genauer einzugrenzen, wurden analog und in Fortschreibung der Floristischen Kartierung Bayerns die Nachweise der Arten in den folgenden Zeitabschnitten ausgewertet:

- 1750–1944 entspricht Bayernkartierung „Normalstatus, vor 1945“
- 1945–1983 entspricht Bayernkartierung „Normalstatus, 1945–1983“
- 1984–1999 entspricht Bayernkartierung „Normalstatus, ab 1983“
- 2000–2016 neue Kategorie

Dabei wurden alle Nachweise der „Diversity Workbench“ (DWB 2016) der Botanischen Staatssammlung, die Daten der Floristischen Kartierung Bayerns und die der Artenschutzkartierung Bayern zusammenfasst. Zusätzlich wurde eine Auswertung weiterer Fundortnachweise, die bislang nicht in der DWB (2016) enthalten waren, durchgeführt und in einer Datenbank zusammengestellt. Diese umfasst aus dem Auenarchiv des Erstverfassers Lokalfloren, vegetationskundliche Publikationen und Herbarbelege sowie Diplomarbeiten und Dissertationen (1953–2000); außerdem unveröffentlichte Geländeaufzeichnungen, vor allem Florenlisten und Vegetationsaufnahmen vom Lech von Andreas Bresinsky (1951–1960) sowie Florenlisten, Fotos und Vegetationsaufnahmen von Ammer, Linder, Lech und Isar des Erstverfassers (1986–2016).

Für das Uferreitgras und für die Deutsche Tamariske wurden diese erweiterten Datenbanken im Rahmen von Bachelorarbeiten an der FH Erfurt (BURKEL 2017) und an der TU München (BEHRENDT 2017) vorbereitet und ausgewertet. Da die Monographie zum Zwergrohrkolben von MÜLLER (1991) bereits in die DWB (2016) Datenbank eingearbeitet war, war für diese Sippe die graue und vegetationskundliche Literatur bereits aufbereitet. Hier wurden von Andreas Fleischmann freundlicherweise Daten sämtlicher Herbarbelege in der Botanischen Staatssammlung zur Verfügung gestellt (FLEISCHMANN in lit. 2016), die im Rahmen des Projektes "Flora von Bayern" als Rote-Liste-Arten mit Finanzierung des LfU erfasst wurden. Daher liegt für diese Art nun ein umfassender Überblick zur ehemaligen Verbreitung vor.

Die einzelnen Fundortnachweise der Arten wurden in Excel-Tabellen aufgelistet und für die Darstellung der historischen Verbreitung der drei Pflanzenarten verwendet. Für jeden Nachweis wurden soweit vorhanden folgende Daten vermerkt:

- Fundort: genaue Fundortbeschreibung, mind. auf Viertelquadranten-Genauigkeit
- Jahr: des Nachweises
- Messtischblatt: Topographische Karte 1:25.000 mit Viertelquadrant oder genauer, z.B. Rechts/Hoch-Wert, selten genaue GPS-Koordinaten
- Presence = 1 oder Absence = 0; da im Rahmen von Floristischen Kartierungen i. d. R. nur vorhandene Arten vermerkt sind, bezieht sich die Kategorie 0 auf Nullnachweise, d.h. gesicherte Nachsuchen an Orten, wo die Art früher gefunden wurde
- Habitat: also Lebensraum oder Pflanzengesellschaft
- Kartierer: Vor- und Nachname
- Ansprechpartner v.a. der grauen Literatur
- Quelle: z.B. aus der DWB, Literatur, private Sammlungen
- Bemerkungen: weitere Informationen zum Nachweis.

### 2.3 Untersuchungen zum aktuellen Zustand der Zielarten

Das Ziel der aktuellen Felderhebungen im Jahr 2017 war es, ein möglichst vollständiges Bild von Anzahl, Größe und Vitalität der Populationen der Zielarten im Projektgebiet zu erhalten. In Vorbereitung auf die Kartierung wurden kanalisierte und verbaute Flussabschnitte sowie mäandrierende Abschnitte im Unterlauf von Ammer und Loisach mit angrenzenden Feuchtwiesen und Mooren ausgeschlossen (Abb. 1), da dort keine Vorkommen der Zielarten erwartet wurden. Die Auen der ausgewählten Flussabschnitte wurden von Mai bis Oktober 2017 systematisch begangen und die Arten nach der Arterfassungsmethode des Bayerischen Landesamts für Umwelt (ZEHM et al. 2010) punktgenau erfasst. Tamarisken-Pflanzen wurden mit einem GPS-Punkt aufgenommen und deren Wuchshöhe, Entwicklungsstadium (jung, adult blühend, adult nicht-blühend) und der jeweilige Anteil abgestorbener Äste erfasst. Jungpflanzen und Schösslinge unter 30 cm Wuchshöhe wurden zusätzlich als sog. ‚Jungwuchs‘ notiert, da dies ein Hinweis auf die Vitalität der Bestände ist. Beim Uferreitgras wurde zwischen einzelnen Horsten und geschlossenen Beständen unterschieden, die als Punkte bzw. Polygone erfasst wurden. Ihre Fläche und die durchschnittliche Anzahl der Triebe pro Quadratmeter wurden durch Schätzung bestimmt. Für eine vereinfachte Darstellung der Bestandssituation wurde zwischen niederen bis mittleren Bestandsdichten (bis 10.000 Triebe) und hohen Bestandsdichten (mehr als 10.000 bis max. 63.000 Triebe) unterschieden (vgl. HARZER et al. 2018).

Für die Deutsche Tamariske und das Uferreitgras lagen ausführliche Geländedaten zu den Populationen in den untersuchten Flussabschnitten vor (T. C. WAGNER & R. WOELLNER 2017 unveröffentlicht, BURKEL 2017, NEUKIRCHEN 2018) sowie stichpunktartige Erhebungen repräsentativer Flussabschnitte und eine flächendeckende Erfassung der Ammerschlucht mit dem Kajak (N. MÜLLER 2017 unveröffentlicht).

### 2.4 Methodendiskussion und Dokumentation

Da die historischen Erhebungen zum Vorkommen der Zielarten auf unterschiedlichen Kartiermethoden basieren (Punkt-Nachweise, Quadranten-Nachweise, Vegetationskartierungen) und teilweise nur das Vorkommen, nicht aber das Fehlen der Art dokumentiert wurde, sind sie

nicht als Zeitreihe mit dem aktuellen Datensatz vergleichbar. Nur für die Obere Isar liegen flächendeckend Daten zur Populationsgröße durch die umfangreiche Studie von REICH et al. (2008) vor. Für ausgewählte Flussabschnitte am Lech z.B. (Litzauer Schleife) und an der Isar (Wallgau bis Pupplinger Au) liegen allerdings zahlreiche Vegetationskartierungen vor (vgl. z.B. Auswertung bis 1990 in MÜLLER 1995, SCHAUER 1998, SEIFERT 2006), so dass aufgrund der Dichte und Dauer der Beobachtung trotz unterschiedlicher Erfassungsmethoden sichere Aussagen über die Bestandsentwicklung der Arten im Gebiet möglich sind.

Nach Projektabschluss 2018 wurden dem Auftraggeber (WWF Deutschland) und dem Bayerischen Landesamt für Umwelt folgende Daten digital überlassen:

- alle aktuellen Fundortnachweise aus dem Kartierungsjahr 2017 (s.o.) sowie die im Rahmen des Projekts gefertigten Bachelor-, Master- und Seminar-Arbeiten;
- alle neuen in der DWB (2016) nicht aufgeführten Fundortnachweise der drei Pflanzenarten aus der historischen Auswertung und alle dafür verwendeten Diplomarbeiten und Dissertationen (1953–2000) sowie unveröffentlichte Geländeaufzeichnungen (1951–2016 s.o.) aus dem Auenarchiv des Erstautors.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Zwergrohrkolben (*Typha minima* Funck ex Hoppe)

Der Zwergrohrkolben ist Ende des letzten Jahrhunderts in Bayern ausgestorben. Ehemals war hier die Hauptverbreitung der Art im Lech- und Inn-Gebiet, sie reichte über die Donau bis über Wien hinaus (MÜLLER 1991). Nach VOLLMANN (1914) war der Kleine Rohrkolben weiterhin im gesamten Inn-, Alz- und Salzach-Gebiet verbreitet. Bezogen auf ganz Bayern liegen die meisten Nachweise vor 1944 und vom Lech vor (Abb. 2 und 3). Allerdings ist bekannt, dass es sehr große Populationen auch am Inn gab, da durch den hohen Sandanteil der Alluvionen die Art hier vor dem Bau der Staustufen besonders gute Wuchsbedingungen hatte.

Auch die Auswertung der Herbarbelege aus Bayern (FLEISCHMANN in lit. 2016) belegt den raschen Rückgang der Art ab 1944. Von 53 Belegen wurden 45 vor 1944 und sieben zwischen 1945 und 1983 gesammelt. Ab 1988 gibt es nur noch einen Beleg von der bayerisch-österreichischen Grenze. Allerdings wurde dieser Beleg nahe der Grenze im Schotterwerk Unter-Pinswang gesammelt (leg. N. Müller 1988), das bereits in Österreich liegt. Über 50 % der Herbarbelege stammen vom Unterlauf des Lechs, das heißt zwischen Landsberg und der Mündung in die Donau. Hier ist beispielsweise auf dem Beleg von Holler (1873) vermerkt: „sandige Lech-ufer bei Mering in ungeheurer Menge“. Von der Isar liegen nur zwei Herbarbelege bei Schäftlarn (leg. Wohlrab 1885, Wankel 1913) und zwei Herbarbelege von einer Kiesgrube bei Freimann (leg. Arnold 1918, Schmidt 1919) vor, sodass anzunehmen ist, dass hier nie größere Bestände vorkamen.

Ein vergleichbarer Verbreitungsrückgang lässt sich bei der Auswertung der Biodiversity Datenbank (DWB 2016) beobachten, wo insgesamt 169 Nachweise vorliegen.

Der Zwergrohrkolben konnte auch im Rahmen dieser Studie nicht mehr nachgewiesen werden. Das am Lech südlich von Füssen direkt an der Grenze im Jahr 2010 auf bayerischem Gebiet beobachtete kleine Vorkommen (N. MÜLLER, pers. Aufzeichnungen), konnte 2017 nicht mehr bestätigt werden. Sehr wahrscheinlich war dieses vorübergehende Vorkommen





**Abb. 2:** Der Zwergrohrkolben war am bayerischen Lech bis in die 1950er Jahre eine charakteristische Art frisch angelegter Altwasser und Kiesbänke. Das historische Foto von der Litzauer Schleife bei Burg zeigt eine Zwergrohrkolben-Gesellschaft, die von Weiden abgebaut wird. Seit 1990 ist die Art in Bayern ausgestorben. Foto: ANDREAS BRESINSKY, 1958.

**Abb. 3:** Nachweise des Zwergrohrkolbens (*Typha minima*) im Projektgebiet im Zeitraum 1750–1990 (nach HARZER et al. 2018 vereinfacht, Datengrundlage DWB 2016, FLEISCHMANN in lit. 2016). Nach 1990 existieren keine Nachweise mehr im Gebiet und in Bayern. Anmerkung: Die Karte gibt nur unvollständig die tatsächliche Verbreitung wieder, weil hier nur Fundortnachweise übertragen wurden und allgemeine Hinweise aus der Literatur wie z.B. VOLLMANN (1914) „am Lech vom Alpenrand bis zur Donau“ nicht dargestellt sind (vgl. Methodendiskussion).



auf die direkt angrenzende Erhaltungskultur im Kieswerk Unter-Pinswang zurück zu führen, die 2008 eine sehr große Population mit über 6.000 blühenden Trieben beherbergte (CSENS-CICS & MÜLLER 2015).

## 3.2 Deutsche Tamariske (*Myricaria germanica* (L.) Desv.)

### 3.2.1 Historische Verbreitung

In der DWB 2016 liegen für die Zeitspanne 1750–1944 193 Nachweise, für 1945–1983 115 Nachweise und für 1984–1999 112 Nachweise vor, die in einer Karte zusammengefasst sind (vgl. Abb. 4a). Die Nachweise geben nur unvollständig die ehemalige Verbreitung der Art wieder. VOLLMANN (1914) berichtete, dass die Art in den Alpen und der oberen Hochebene (d.h. bis auf eine Höhe von München) verbreitet auf Kiesbänken der Flüsse und Auen vorkam sowie auch abseits der Flussläufe auf Kiesplätzen. Demnach ist anzunehmen, dass die Deutsche Tamariske ehemals im gesamten Hotspotgebiet an allen größeren Flüssen wie Lech, Halblech, Ammer, Loisach und Isar durchgehend anzutreffen war. Vor allem der Hinweis „auch abseits der Flüsse auf Kiesplätzen“ deutet darauf hin, dass die Art in großen Populationsgrößen vorgekommen sein muss, wenn der Samendruck so groß war, dass auch Kiesgruben besiedelt wurden. Für die Zuflüsse Linder, Neidernach und Halbammer ist denkbar, dass sie von der Deutschen Tamariske in der nahezeitlichen Wiederbesiedlung nicht erreicht wurden. Trotz günstiger Standortbedingungen wie natürlicher Abfluss- und Feststoffdynamik, gibt es für diese Gewässer jedenfalls keine Herbarbelege oder Nachweise in der Literatur.

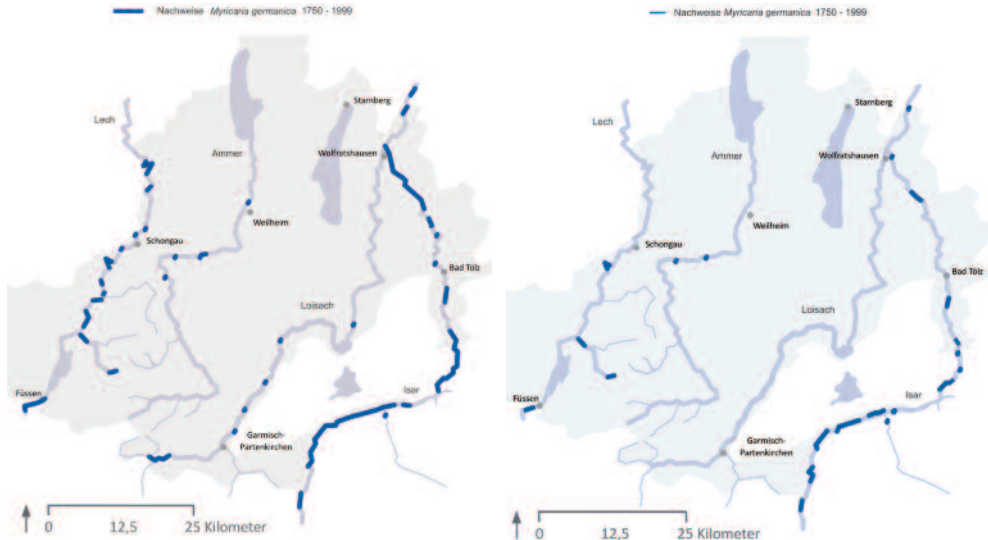
Eine Gegenüberstellung der Nachweise aus den Jahren 1750–1999 mit 2000–2016 (Abb. 4a und 4b) verdeutlicht, dass die Art einen starken Rückgang zu verzeichnen hat. Bei der Durchsicht der Einzelnachweise in der DWB (2016) fällt auf, dass am Lech ab Füssen bereits bis 1980 fast alle Vorkommen erloschen sind (vgl. auch MÜLLER 1995). Hier gibt es für die letzte Epoche nur noch Nachweise vom Mündungsbereich des Halblechs und oberhalb Füssen. Für letzteres Vorkommen ist dokumentiert, dass die im Jahre 2000 nachgewiesenen 150 Individuen 2004 auf ca. 60 Pflanzen geschrumpft waren (RIEGEL 2004).

An der Ammer gibt es bis 2000 nur wenige historische Nachweise, die in der letzten Zeit weiterhin abnehmen. Auffälligerweise werden immer wieder die gleichen Vorkommen wie das bei Peißenberg (SENDTNER 1854) genannt, und in der Botanischen Staatssammlung München konnten keine Herbarbelege von der Ammer gefunden werden (Christian BRÄUCHLER, Freising-Weihenstephan 2017, mdl.). An der Isar ist für die Zeit 2000–2016 ein deutlicher Rückgang der Nachweise zwischen Lenggries und Mühlthal zu beobachten.

### 3.2.2 Aktuelle Verbreitung

Im Untersuchungsjahr 2017 wurden in den untersuchten Flussabschnitten insgesamt über 30.000 Individuen der Deutschen Tamariske nachgewiesen, wobei sich die Verbreitung und Vitalität der Bestände, d. h. mit oder ohne Jungwuchs (Jungpflanzen und Schösslinge), sehr unterschiedlich darstellt (Abb. 5). Am Lech war die Deutsche Tamariske nur noch oberhalb der Füssener Lechschlucht rechtsufrig beim Zulauf des Kraftwerks Weißensee in wenigen überalterten Exemplaren in einem aufwachsenden Weiden-Erlengebüsch zu finden. Hingegen konnte im Mündungsbereich des Halblechs in den Premer Lechstausee eine große Tamarisken-Population mit starker Verjüngung nachgewiesen werden. An der Litzauer Schleife wurden zwischen 2015 und 2017 Wiederansiedlungsversuche von der Initiative Lebensraum Lechtal mit über 200 Stecklingen aus dem Botanischen Garten München durchgeführt (vgl. näheres HARZER et al. 2018), von denen jedoch bei der Geländeerhebung 2017 nur noch wenige Exemplare nachgewiesen werden konnten. Da erst beim Vorkommen von blühenden





**Abb. 4:** Frühere Nachweise der Deutschen Tamariske (*Myricaria germanica*) in der Zeit 1750–1999 (links) und 2000–2016 (rechts) im Projektgebiet (nach HARZER et al. 2018 vereinfacht, Datengrundlage BEHRENDT 2017). Anmerkung: Die Karten 4 a und 4 b zeigen den Rückgang der Art, geben allerdings nur unvollständig die tatsächliche Verbreitung wieder, weil hier nur Fundortnachweise übertragen wurden (vgl. Methodendiskussion).

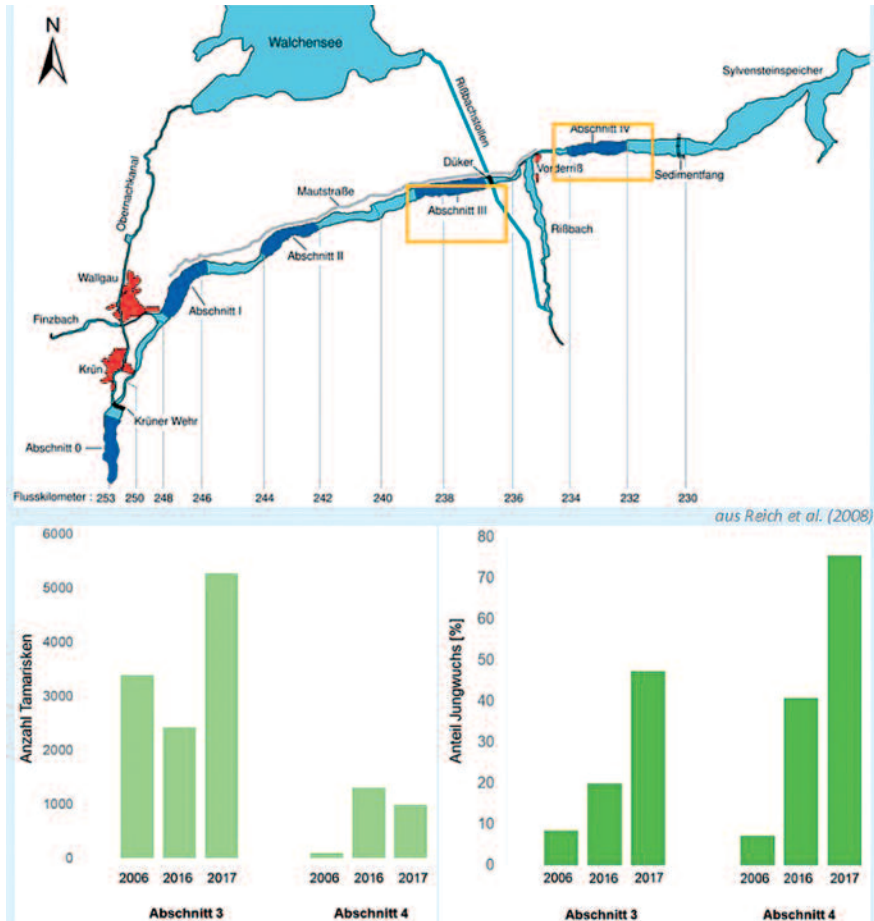
adulten Pflanzen oder von Jungpflanzen von einer Etablierung gesprochen werden kann, sind in der Karte 5 diese Wiederansiedlungen nicht dargestellt.

An der Ammer gab es vereinzelt Pflanzen- nachweise unterhalb des Schnalzwehres, und zwar in den Bereichen, wo die Art auch früher vorgekommen ist. Die aktuelle Bestandsgröße ist mit rund 35 Individuen verhältnismäßig klein und zeigt keine Verjüngung. Es ist unsicher, welche davon Reste einer früheren Population sind und welche auf die im Jahr 2011 durchgeführten Wiederansiedlungen (vgl. näheres HARZER et al. 2018) zurückzuführen sind. An der Loisach muss die Tamariske weiterhin als verschollen gelten.

Insgesamt 95% aller Nachweise und damit mit Abstand die größten Bestände befanden sich 2017 in den naturnahen Abschnitten der Oberen Isar zwischen Mittenwald und Krün sowie in der Restwasserstrecke zwischen Krüner Wehr und dem Sylvensteinspeicher. In der Restwasserstrecke



**Abb. 5:** Aktuelle Nachweise und Verjüngung der Deutschen Tamariske (*Myricaria germanica*) im Projektgebiet (nach HARZER et al. 2018 vereinfacht).



**Abb. 6:** Entwicklung der Population der Deutschen Tamariske an der Oberen Isar in den Abschnitten 3 und 4 in den Jahren 2006, 2016 und 2017 (Abb. oben aus REICH et al. 2008, unten aus HARZER et al. 2018).

cke ist allerdings die Frequenz und Verjüngung der Art recht unterschiedlich. Nach der Einteilung der Strecke in vier Abschnitte (Abb. 6) analog REICH et al. (2008) kommen im Abschnitt 1 (nach dem Krüner Wehr) nur vereinzelt Exemplare vor.

In den Abschnitten 2 und 3 (bis zum Zulauf des Rißbachs) treten durchgehend sehr große Bestände mit reichlich Naturverjüngung auf (Abb. 7). Adulte und Jungpflanzen haben hier von 2006 (Kartierung REICH et al. 2008) bis 2017 zugenommen. Eine Wiederholungskartierung dieser Strecke im Jahr 2018 zeigte allerdings, dass sich gegenüber 2017 kaum Jungpflanzen entwickeln konnten (T. C. WAGNER 2018 in lit.).

Ganz anders stellt sich die Situation im Abschnitt 4 nach dem Zufluss des geröllreichen Rißbachs dar (Abb. 8). Hier kamen in den Beobachtungsjahren 2006, 2016 und 2017 deutlich weniger adulte Pflanzen vor. Allerdings in einem Verhältnis, welches vergleichbar ist mit Referenzstrecken für alpine Umlagerungsstrecken wie Tiroler Lech und Tagliamento (KUDRNOV-



**Abb. 7:** Tamariskenbestand mit Verjüngung an der Oberen Isar kurz vor Zufluss des Rissbachs (Abschnitt 3). Auf den vom letzten Hochwasser 2013 angelegten sandigen Kiesbänken hatte die Deutsche Tamariske im flussnahen Bereich günstige Etablierungsbedingungen. Allerdings erreichen auf den Sandbänken auch rasch andere Auenarten wie Seggen, Binsen und Pfeifengras einen hohen Deckungsgrad. Dahinter schließt sich ein hohes Weidengebüsch an, das bereits dem Hochwasser 2013 widerstanden hat und zu einer weiteren Festigung der Umlagerungsstrecke beiträgt.

Foto: NORBERT MÜLLER, 08.06.2017.



**Abb. 8:** Obere Isar zwischen Zufluss Rißbach und Sylvensteinspeicher (Abschnitt 4). Diese kurze Fließstrecke kommt den Referenzstrecken für naturnahe Alpenflüsse mit überwiegend Kalkgestein im Einzugsgebiet (z.B. Tiroler Lech, Tagliamento) am nächsten. Sie zeigt seit Jahrzehnten eine hohe Konstanz im Deckungsgrad und in der Häufigkeit der Zielarten alpiner Flüsse.

Foto: NORBERT MÜLLER, 08.06.2017.



SKY 2013). Auch zeigt sich beim Vergleich von Vegetationsaufnahmen des Erstautors aus den 1990er Jahren mit denen von 2017, dass *Myricaria germanica* und andere Zielarten alpiner Flüsse eine hohe Konstanz im Deckungsgrad und in der Häufigkeit aufweisen.

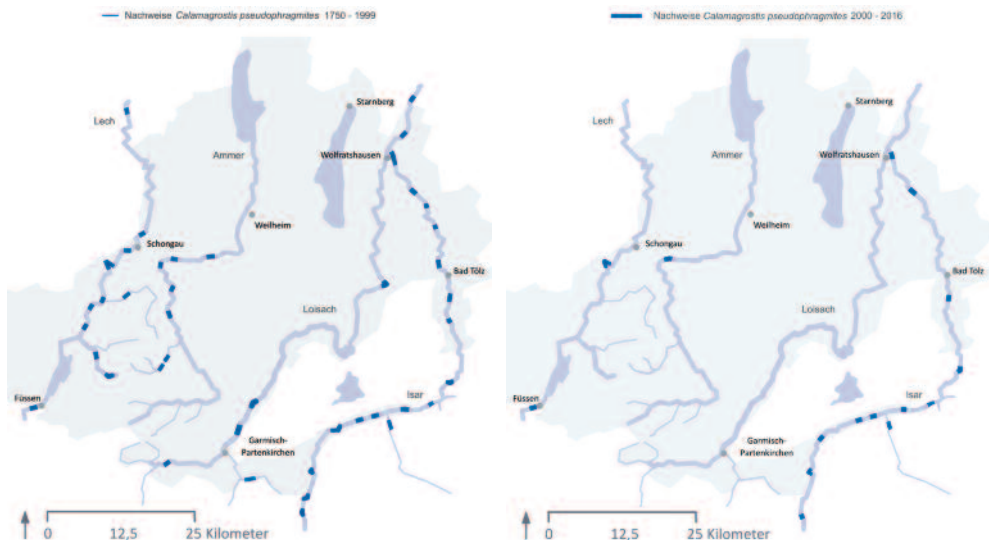
Unterhalb des Sylvensteinspeichers kommen 2017 nur noch verstreut kleinere Bestände mit vereinzelter Verjüngung vor. Hier ist das Flussbett trotz laufender Geschiebezugaben stark eingetieft und verfestigt, sodass schlechtere Etablierungs- und Wuchsbedingungen für die Tamariske bestehen.

Zahlreiche Pflanzen konnten noch in der Ascholdinginger Au bei Geretsried und wenige in der Pupplinger Au gefunden werden. Da aber infolge des Geschiebedefizits der Isar diese Bereiche stark verbuscht sind, kann man, ebenso wie für die oberhalb liegende Strecke bis zum Sylvensteinspeicher, von keiner vitalen Population mehr sprechen.

## 3.2 Uferreitgras (*Calamagrostis pseudophragmites* (Haller f.) Koeler)

### 3.2.1 Historische Verbreitung

Aufgrund der Angaben in alten Floren (z.B. VOLLMANN 1914, SENDTNER 1854) ist davon auszugehen, dass das Uferreitgras ebenso wie die Tamariske an den großen Flüssen Südbayerns durchgehend vorhanden war und auch in höheren Individuenzahlen aufgetreten ist. Allerdings lässt die Frequenz der Nachweise in den einzelnen Epochen einen deutlichen Rückgang der Art im Projektgebiet (vgl. Abb. 9) und in ganz Bayern (BURKEL 2017) erkennen. Besonders drastisch ist der Rückgang am Lech, wo die Art in der Zeit 2000–2016 nur noch oberhalb Füssen, an der Litzauer Schleife und im Mündungsgebiet des Halblechs, nachgewiesen wurde.



**Abb. 9:** Frühere Nachweise des Uferreitgrases (*Calamagrostis pseudophragmites*) im Projektgebiet in der Zeit 1750–1999 (links) und 2000–2016 (rechts) (nach HARZER et al. 2018 vereinfacht, Datengrundlage BURKEL 2017). Anmerkung: Die Karten zeigen den Rückgang der Art, geben allerdings nur unvollständig die tatsächliche historische Verbreitung wieder, weil hier nur Fundortnachweise übertragen wurden (vgl. Methodendiskussion).

### 3.2.2 Aktuelle Verbreitung

Aktuell wurden Bestände des Uferreitgrases an allen großen Flüssen im Hotspotgebiet gefunden, allerdings konzentrieren sich die Nachweise ebenso wie die der Tamariske auf ausgewählte Abschnitte (Abb. 10). Große Bestände konnten am Lech oberhalb Füssen, an der Ammer von der Schnalzaue bis Peißenberg und an der Isar von der Landesgrenze bis zum Sylvensteinspeicher sowie in der Ascholdinger Au aufgenommen werden (Abb. 11). Weniger dichte und vereinzelte Bestände wurden in der Ammerschlucht sowie an Linder, Neidernach und Loisach (bis Oberau) und Halblech kartiert (Abb. 12).



**Abb. 10:** Aktuelle Nachweise und Bestandsgrößen des Uferreitgrases (*Calamagrostis pseudophragmites*) im Projektgebiet (nach HARZER et al. 2018 vereinfacht).

## 4 Diskussion

Bereits in der ersten zusammenfassenden Monographie über Flora und Vegetation der Nordalpenflüsse in den 1990er Jahren (MÜLLER 1995) wurde festgestellt, dass für alle drei Indikatorarten der alpinen Flüsse ein starker Bestandsrückgang ab den 1950er Jahren einsetzte. Dieser wurde vor allem mit dem wasser- und energiewirtschaftlichen Ausbau der Fließgewässer erklärt, der im Untersuchungsgebiet vor allem seit Mitte des letzten Jahrhunderts durchgeführt wurde. Dadurch wurde der natürlichen Abfluss- und Geschiebehauhalt der Gewässer zum Teil irreversibel gestört und die Konnektivität der Auen unterbunden.

Betrachtet man die Entwicklung seit den 1990er Jahren bis heute, so ist festzustellen, dass der generelle Abwärtstrend für Wildflussarten weiter angehalten hat. Obwohl im Projektgebiet von 1998 bis 2017 insgesamt 28 punktuelle Revitalisierungsmaßnahmen wie Erhöhung der Restwassermenge, Entfernung der Uferverbauung, Kiesbankmobilisierung und Geschiebezufuhr durchgeführt wurden (HARZER et al. 2018), hat sich die Bestandssituation für die drei Arten nicht verbessert.

So ist der Zwergrohrkolben weiterhin in Bayern und Deutschland ausgestorben.

Die Teilpopulationen der Deutschen Tamariske und des Uferreitgrases sind heute größtenteils durch Längs- und Querverbauungen oder Stauanlagen isoliert. Neben den veränderten hydromorphologischen Bedingungen sind zunehmende Verinselung und Schrumpfung der Teilpopulationen als weitere Ursachen für den Rückgang zu sehen. So hat die Deutsche Tamariske in vielen Bereichen wie Füssener Lech, Ammer und Isar unterhalb des Sylvensteinspeichers kritische Populationsgrößen erreicht oder unterschritten. Genetische Untersuchungen an der Isar-Population haben gezeigt, dass der Sylvensteinspeicher eine unüberwindbare Barriere für die longitudinale Vernetzung ist und ein Verlust an genetischer Diversität in der Teilpopulation unterhalb des Speichers bereits jetzt zu beobachten ist (WERTH et al. 2014).





**Abb. 11:** In der Ausleitungsstrecke der Isar (hier oberhalb Zufluss des Rißbachs) tritt das Uferreitgras in hohen Bestandsdichten auf, da infolge der reduzierten Schleppkraft der Isar und der Entnahme von Kies die Akkumulation von Sanden überwiegt. Foto: NORBERT MÜLLER, 31.08.2017.



**Abb. 12:** An der Ammer kommt das Uferreitgras überwiegend in niederen bis mittleren Bestandsdichten von Morgenbach bis Peißenberg vor. Kleiner und lückiger Bestand mit Rohrschwengel in der Ammerschlucht kurz vor der Echelsbacher Brücke. Foto: SEBASTIAN MÜLLER, 30.08.2017.

Besonderes Augenmerk ist darauf zu richten, die derzeit noch einzige große Population der Deutschen Tamariske an der Oberen Isar oberhalb des Sylvensteinspeichers zu erhalten. Das Problem in dieser Restwasserstrecke ist allerdings, wie mehrfach beschrieben (vgl. REICH et al. 2008), dass durch die Restwassererhöhung und Kiesentnahme zum Hochwasserschutz eine einseitige Sedimentation von Sanden, Feinsanden und Schluff stattfindet. Dadurch hat nicht nur die Tamariske vorübergehend günstige Keimungs- und Wuchsbedingungen, sondern auch die Entwicklung der Strauchweiden (vor allem *Salix eleagnos* und *S. purpurea*) wird begünstigt. Die Weidengebüsche wachsen rasch und dicht auf (SCHAIPP & ZEHEM 2009) und können selbst von Spitzenhochwassern, wie z.B. in den Jahren 1999, 2005 und 2013, nur noch partiell zerstört werden (REICH et al. 2008), sodass keinesfalls von einer stabilen Situation für die Tamariske gesprochen werden kann. Auch die in diesem Bereich zunehmend großen Bestände des Uferreitgrases sind (ebenso wie an der Füssener Lechstrecke) ein Indiz dafür, dass der Geschiebe- und Wasserhaushalt nicht mehr den natürlichen Bedingungen entspricht (vgl. auch SCHAUER 1998). Für die Obere Isar wurde auch festgestellt, dass die Art in den durch Ausleitung beeinträchtigten Abschnitten signifikant häufiger ist, als in den nicht beeinträchtigten (NEUKIRCHEN 2018).

REICH et al. (2008) haben darum für diese Strecke ein differenziertes Geschiebemanagement empfohlen, dessen Effektivität für die Arten und Lebensräume alpiner Flüsse durch ein Monitoring überwacht werden muss, um bei einer Verschlechterung der Situation das Management anzupassen.

Für alle anderen kleinen und verinselten Reliktpopulationen der Deutschen Tamariske im Projektgebiet wird es entscheidend sein, wie rasch eine Redynamisierung der Fließstrecken durch Flussaufweitung, Rückbau von Längs- und Querverbauungen und Wiederherstellung oder zumindest Verbesserung des Wasser- und Feststoffhaushaltes gelingt. Neben künstlichen Geschiebezugaben sollte auch der Geschiebezulieferung durch Seitenerosion und aus den Seitenbächen mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden, besonders wenn der Transport durch Stauhaltung unterbunden ist.

## 5 Ausblick

Als Zielarten für naturnahe alpine Fließgewässer ist der Rückgang der drei hier vorgestellten Pflanzen repräsentativ für das gesamte Arten- und Lebensraumspektrum und spiegelt den auf weiten Strecken schlechten Zustand alpiner Auen in Deutschland (EHLERT et al. 2018), in den Nordalpen (HETTRICH et al. 2011) und im gesamten Alpenraum wider (z.B. HABERSACK & PIEGAY 2007, JUNGWIRTH et al. 2002).

Wie eine Literaturstudie (MÜLLER 2014) über „Auswirkungen von Wasserkraftanlagen auf FFH-Lebensräume „Alpine Flüsse“ unter besonderer Berücksichtigung der Deutschen Tamariske“ zeigte, ist es bisher in keiner Ausleitungsstrecke im Alpenraum gelungen, Abfluss und Feststofftransport so zu steuern, dass für die sensiblen Wildflussarten dauerhaft geeignete Habitatbedingungen bestehen. Auch jüngste Untersuchungen zur Tamariske in Voll- und Restwasserstrecken verdeutlichen, dass hier noch erhebliche Wissenslücken bestehen (EGGER et al. 2016). Die Forschung ist derzeit noch weit davon entfernt, quantitative Modelle vorstellen zu können, in welchen Abflussparameter, Gerinnemorphologie und Biodiversität in Auen in direkter Beziehung zueinander gestellt werden (SCHEIDEGGER et al. 2012).

Es bleibt für die Zukunft zu hoffen, dass durch die Instrumente der EU-Wasserrahmenrichtlinie und Natura-2000-Richtlinien auch in Bayern und Deutschland rasch weiterführende Konzepte für die Alpenflüsse umgesetzt werden. Dazu kann man an Projekte im Tiroler Lechtal anknüpfen, wo bereits seit 20 Jahren ein integraler Verbauungsrückbau über zwei EU LIFE Projekte betrieben wird (vgl. LENTNER et al. 2007).

## 6 Dank

Wir danken allen herzlich, die durch Feldarbeit, Datensammlung und Datenbereitstellung zum Gelingen des Projektes beigetragen haben. Sie sind namentlich in HARZER et al. (2017) aufgeführt. Dank gilt weiterhin für die Projektbegleitung Frau Claire Tranter und Herrn Matthias Fischer (WWF Deutschland, Projektbüro „Alpenflusslandschaften“), sowie für konstruktive Beiträge zu diesem Manuskript Herrn Dr. Helmut Kudrnovsky (Kematen, Wien) und Herrn Dr. Andreas Zehm (Augsburg).

## 7 Literatur

- BEHRENDT, S. 2017: Veränderungen der Auenstruktur an den Oberläufen von Lech, Loisach und Isar und die Auswirkungen auf den historischen Rückgang der Deutschen Tamariske (*Myricaria germanica* (L.) DESV.). – Bachelorarbeit, TU München, 42 S.
- BILL, H.-C. 2000: Besiedlungsdynamik und Populationsbiologie charakteristischer Pionierpflanzen nordalpiner Wildflüsse. – Görlich & Weiershäuser GmbH, 178 S.
- BURKEL, L. 2017: Historische und aktuelle Verbreitung des Ufer-Reitgrases (*Calamagrostis pseudophragmites* (Haller f.) Koeler) als Grundlage für ein Artenhilfsprogramm im Hotspot-Gebiet „Alpenflusslandschaften“. – Bachelorarbeit, FH Erfurt, 54 S.
- CSENCICS, D. & HOLDEREGGER, R. 2014: Kleiner Rohrkolben - Genetische Grundlagen für erfolgreiche Wiederansiedlungen. – *NLinside* **4**: 21-25.
- CSENCICS, D. & MÜLLER, N. 2015: Die Bedeutung der genetischen Vielfalt bei Wiederansiedlungsprojekten - Untersuchungen am Zwerg-Rohrkolben (*Typha minima*) im Naturpark Tiroler Lech. – *ANLiegen Natur* **37**: 9-15.
- CSENCICS, D., GALEUCHET, D., KEEL, A., LAMBELET, C., MÜLLER, N., WERNER, P. & HOLDEREGGER, R. 2008: Der kleine Rohrkolben - bedrohter Bewohner eines seltenen Lebensraumes. – *WSL Merkblatt für die Praxis* **43**: 1-8.
- DWB 2016: AG Flora von Bayern-Verbreitungsdaten von Gefäßpflanzen der Flora von Bayern in der Diversity Workbench. - Datenexport *Calamagrostis pseudophragmites*, *Myricaria germanica*, *Typha minima* durch M. Ruff am 15-11-2016 und 17-11-2016. Daten veröffentlicht durch Staatliche Naturwissenschaftliche Sammlungen Bayerns.
- ENDRESS, P. 1975: Der Verbreitungsrückgang von *Myricaria germanica* Desv. und *Typha minima* Hoppe auf der Alpennordseite Graubündens. – *Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich* **120**: 1-14.
- EGGER, G., BAUR, P.A., LAUTSCHE, E., STÖHR, O., BRUNNER, E., SENFTER, S., LUMASEGGER, M., NIEDERMAYR, A. & SCHLETTERER, M. 2017: Habitate und Vorkommen der Deutschen Ufer-Tamariske (*Myricaria germanica* (L.) Desv.): Vergleich zwischen Voll- und Restwasserstrecken. – *Carinthia II* **207**: 401-430.
- FLEISCHMANN, A. 2016 (in lit.): Auflistung Herbarbelege von *Typha minima* Hoppe in der Botanischen Staatssammlung, Stand 03.12.2016.
- HARZER, R., MÜLLER, N., REICH, M. & KOLLMANN, J. 2018: Potentialstudie zur Wiederansiedlung von Wildflussarten. – WWF Deutschland, Berlin, 58 S., und Anhang online unter: [https://www.alpenflusslandschaften.de/files/downloads/aktuelles/Potentialstudie\\_Abschlussbericht\\_Harzer\\_et\\_al..pdf](https://www.alpenflusslandschaften.de/files/downloads/aktuelles/Potentialstudie_Abschlussbericht_Harzer_et_al..pdf)

- HETTRICH, R., RUFF, A., TRANTER, C., GEIGER, M. & KÖBERICH, T. 2011: Freiheit für das wilde Wasser, Status und Perspektiven nordalpiner Wildflusslandschaften aus naturschutzfachlicher Sicht - Die WWF-Alpenflussstudie. – WWF Deutschland (Hrsg.), Berlin, 139 S.
- JUSZCZYK, I. 2016: Auswirkungen von Ausleitungskraftwerken auf die Auenvegetation an der Oberen Isar. – Masterarbeit, Karlsruher Institut für Technologie, 230 S.
- KUDRNOVSKY, H. 2013: Alpine Flüsse mit Ufergehölzen von *Myricaria germanica* in den Ostalpen. – Dissertation Universität Wien, 529 S.
- KUDRNOVSKY, H. & STÖHR, O. 2013: *Myricaria germanica* (L.) Desv - historisch und aktuell in Österreich: Ein dramatischer Rückgang einer Indikatorart von europäischem Interesse. – *Stapfia* **99**: 13-34.
- LENER, F.-P., EGGER, G. & KARRER, G. 2013: Sprossaufbau und Entwicklung der Deutschen Tamariske (*Myricaria germanica*) an der Oberen Drau (Kärnten, Österreich). – *Carinthia II* **123**: 515-552.
- LENTNER, R., SCHLETTERER, R. & MORITZ, C. 2007: LIFE-Projekt: Wildflusslandschaft Tiroler Lech. – *Natur in Tirol* **13**: 12-22.
- LIPPERT, W. & MEIEROTT, L. 2014: Kommentierte Artenliste der Farn- und Blütenpflanzen Bayerns. – Selbstverlag der Bayerischen Botanischen Gesellschaft, 408 S.
- MÜLLER, N. 1991: Verbreitung, Vergesellschaftung und Rückgang des Zwergrohrkolbens (*Typha minima* Hoppe). – *Hoppea* **50**: 323-341.
- MÜLLER, N. 1995: Wandel von Flora und Vegetation nordalpiner Wildflußlandschaften unter dem Einfluß des Menschen. – *Berichte ANL* **19**: 125-187.
- MÜLLER, N. 2007: Zur Wiederansiedelung des Zwergrohrkolbens (*Typha minima* Hoppe) in den Alpen - eine Zielart alpiner Flusslandschaften. – *Natur in Tirol* **13**: 180-193.
- MÜLLER, N. 2014: Wasserkraftanlagen und FFH-Lebensräume „Alpine Flüsse“ unter besonderer Berücksichtigung der Deutschen Tamariske in Tirol. – *Tirol Naturschutz-Publikationen*, 46 S. publiziert online unter: [www.tirol.gv.at/umwelt/naturschutz/publikationen/](http://www.tirol.gv.at/umwelt/naturschutz/publikationen/)
- NEUKIRCHEN, M. 2018: Steuernde Faktoren für Schutz und Wiederansiedlung von *Calamagrostis pseudophragmites* an bayerischen Alpenflüssen. – Masterarbeit, TU München, 87 S.
- PRUNIER, P., GARRAUD, L., KÖHLER, C., LAMBELET-HAUETER, C., SELVAGGI, S. & WERNER, P. 2010: Distribution et regression de la petite massette (*Typha minima*) dans les Alpes. – *Botanica Helvetica* **120**: 43-52.
- REICH, M., BARGIEL, D. & RÜHMKORF, H. 2008: Die Obere Isar zwischen Fkm 253 und Fkm 232. Veränderungen der Vegetationsverhältnisse zwischen 1858 und 2006, Auswirkungen der Hochwasser 1999 und 2005 und Situation und Perspektive ausgewählter Zielarten. – Gutachten im Auftrag des Bayerischen Landesamts für Umwelt und Wasserwirtschaftsamts Weilheim, 136 S.
- RIEGEL, G. 2004: Wuchsortkartierung *Myricaria germanica* am Füssener Lech. Wiederholungskartierung 2004. – Planungsbüro Riegel, Nordendorf (unveröffentlicht).
- SCHAIPP, B. & ZEHRM, A. 2009: Abschlussbericht des LFU zur Oberen Isar zum Gutachten von Prof. Dr. Reich und eigenen Untersuchungen zum Geschiebemanagement. – Gutachten im Auftrag des Bayerischen Landesamts für Umwelt, 69 S. (unveröffentlicht).
- SCHAUER, T. 1998: Die Vegetationsverhältnisse an der Oberen Isar vor und nach der Teiltrückleitung. – *Verein zum Schutz der Bergwelt* **63**: 131-183.
- SCHWEIDEGGER, C., WERTH, S., GOSTNER, W., SCHLEISS, A. & PETER, A. 2012: Förderung der Dynamik bei Revitalisierungen. Merkblatt-Sammlung Wasserbau und Ökologie. – *BAFU Bern Merkblatt* **1**: 1-6.
- SCHUEURER, M. & AHLMER, W. 2003: Rote Liste gefährdeter Gefäßpflanzen Bayerns mit regionalisierter Florenliste. – *Schriftenreihe des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz* **165**: 1-372.
- SEIFERT, S. 2016: Redynamisierung der Lechäue im Bereich der Litzauer Schleife: Historische Habitatveränderungen, Vegetationszustand und Entwicklungspotential. – Masterarbeit TU München-Weihenstephan, 96 S.
- SENDTNER, O. 1854: Die Vegetationsverhältnisse Südbayerns. – München, 910 S.
- TRANTER, C. 2015: Hotspot-Projekt „Alpenflusslandschaften - Vielfalt leben von Ammersee bis Zugspitze“. – *ANLiegen Natur* **37**: 97-101.



- VOLLMANN, F. 1914: Flora von Bayern. – Ulmer, Stuttgart, 840 S.
- WERTH, S., SCHÖDL, M. & SCHEIDEGGER, C. 2014: Dams and canyons disrupt gene flow among populations of a threatened riparian plant. – *Freshwater Biology* **59**: 2502-2515.
- WOELNER, R., MÜLLER, N., REICH, M., WAGNER, T.C. & KOLLMANN, J. 2019: Artenhilfsmaßnahmen für gefährdete Wildflussarten - Eine Potentialstudie an den bayerischen Alpenflüssen. – *Natur und Landschaft* **94**: 509-516.
- ZEHM, A., NIEDERBICHLER, C., WAGNER, I., WAGNER, A., SCHEINDER, C., BISSINGER, M., HANSBAUER, M. 2010: Leitfaden für eine punktgenaue Arterfassung mit Rasterauswertung. – Unveröffentlichtes Methodenskript des Bayerischen Landesamts für Umwelt, Augsburg.