

Die Obere Isar – Flusslandschaft im Wandel: Eine „Kulturgeschichte“ wasserbaulicher Maßnahmen und der Waldweide

Peter Poschlod

Einleitung

Die „Obere Isar“ liegt in den Landkreisen Garmisch-Partenkirchen und Bad Tölz-Wolfratshausen. Die Isar entspringt im Karwendelgebirge in Österreich. Ihr Oberlauf verläuft in Deutschland von Scharnitz bis Bad Tölz (Blätter 8533/8633 Mittenwald, 8433 Eschenlohe, 8434 Vorderriß, 8435 Fall, 8335 Lenggries und 8235 Bad Tölz der Topographischen Karte 1 : 25 000; MICHELER 1956, KARL et al. 1998).

Das Exkursionsgebiet (Abb. 1) zählt zu den Naturräumen „Niederwerdenfelser Land“ und „Kocheler Berge“ (GERNDT 1978). Es liegt im NSG „Karwendel und Karwendelvorgebirge“ (Ausweisung 1959; REGIERUNG VON OBERBAYERN 1983), mit 19.100 ha eines der größten Naturschutzgebiete Bayerns. Seit 2001 ist die Obere Isar auch als FFH-Gebiet (DE 8034–301) „Oberes Isartal“ ausgewiesen (BAYERISCHE STAATSREGIERUNG 2001). Unabhängig davon gilt die Obere Isar zwischen Mittenwald und Sylvenstein als eine der naturschutzfachlich wertvollsten Landschaften Bayerns bzw. des nördlichen Alpenrandes und sogar Deutschlands, da dieser Isar-Abschnitt das einzige größere Vorkommen der FFH-Lebensraumtypen „Alpine Flüsse mit krautiger Ufervegetation“ (Code 3220) und „Alpine Flüsse mit Ufergehölzen von *Myricaria germanica*“ (Code 3230) sowie mehr als 200 Rote Liste-Arten und zahlreiche vom Aussterben bedrohte Arten, die z. T. deutschlandweit nur dort vorkommen, beherbergt (SCHAIPP & ZEHR 2009).

Geologie

Das Quellgebiet der Isar liegt in den nördlichen Kalkalpen, die im Wesentlichen aus triassischen Ablagerungen bestehen. Im Karwendelgebirge ist dies der sog. Wettersteinkalk der Ladin-Stufe, die der Mittleren Trias zugerechnet wird. Im weiteren Isarverlauf bis Lenggries stehen dagegen Hauptdolomite und Plattenkalke der Nor-Stufe an. Sie gehören zur Oberen Trias.

Die heutigen Gewässerverläufe wurden bereits im jüngsten Tertiär bzw. Neogen angelegt und während der Eiszeiten im Quartär durch die Innentaler Gletscherzunge mehrfach überformt. Die Mächtigkeit der eiszeitlichen Schotter in den durch den Innentaler Gletscher und seine Seitenströme ausgehobelten Trogtälern kann bis zu 360 m betragen (KARL et al. 1998).

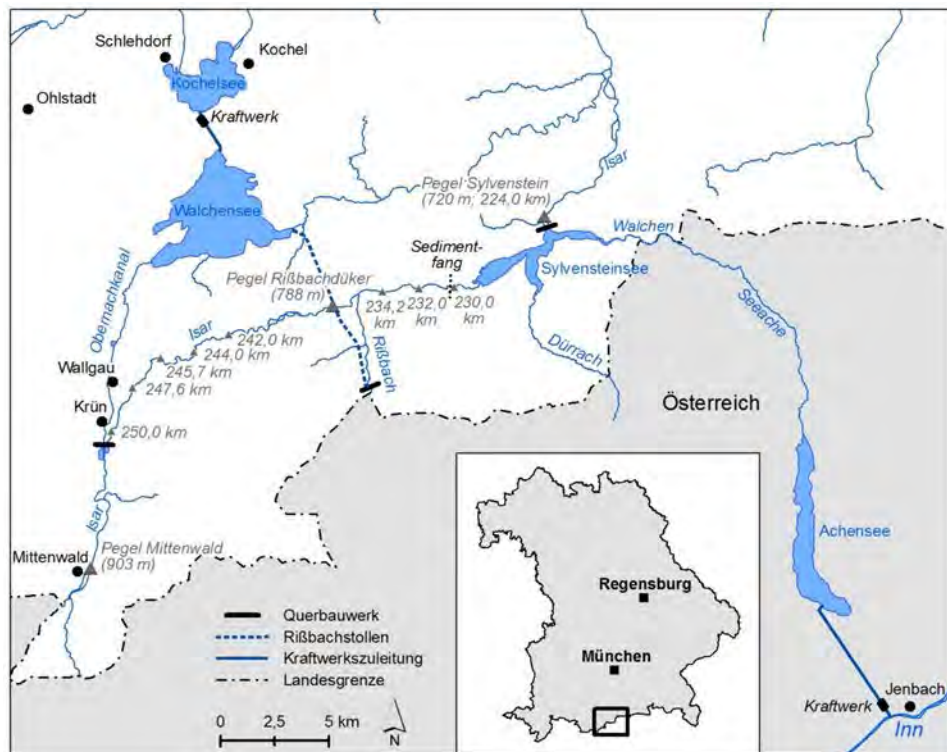


Abb. 1. Die Obere Isar in ihrem Verlauf bis Lenggries. Das Exkursionsgebiet erstreckt sich vom Krüner Wehr bis zum Sylvensteinspeicher (© Karte: Sabine Fischer; Kartengrundlage: Bayer. Vermessungsverwaltung 2015, Open Street Map 2016).

Klima

Das Exkursionsgebiet liegt zwischen 875 m ü. NN (Krün) und 750 m ü. NN (Stauhöhe des Sylvensteinspeichers) und ist durch ein alpines Talklima gekennzeichnet. Die langjährige Jahresmitteltemperatur beträgt zwischen 4 und 5 °C (BILL 2000). Die mittleren Jahresniederschläge liegen bei über 1.300 mm (BILL 2000).

Potentielle natürliche und heutige Vegetation

Grauerlen-Auenwälder im Komplex mit Tamariskengebüsch und Buntreitgras-Kiefernwäldern gelten als potentielle natürliche Vegetation (SUCK & BUSHART 2012).

Auch heute ist diese dort noch weitgehend vertreten, in Verzahnung mit kleinflächig vorkommenden Kalksümpfen in Senken mit hoch anstehendem Grundwasser oder Uferreitgrasfluren (Abb. 2, Tab. 1). Trotz der Überformung durch wasserbauliche Maßnahmen (siehe Kap. 5) finden sich im Exkursionsgebiet noch offene Kiesflächen mit größeren Beständen der Knorpelsalat-Tamarisken-Gesellschaft bzw. der Weiden-Tamarisken-Gesellschaft, die einer immer wiederkehrenden Umlagerung bedürfen, um sich nicht zu einer Weich-

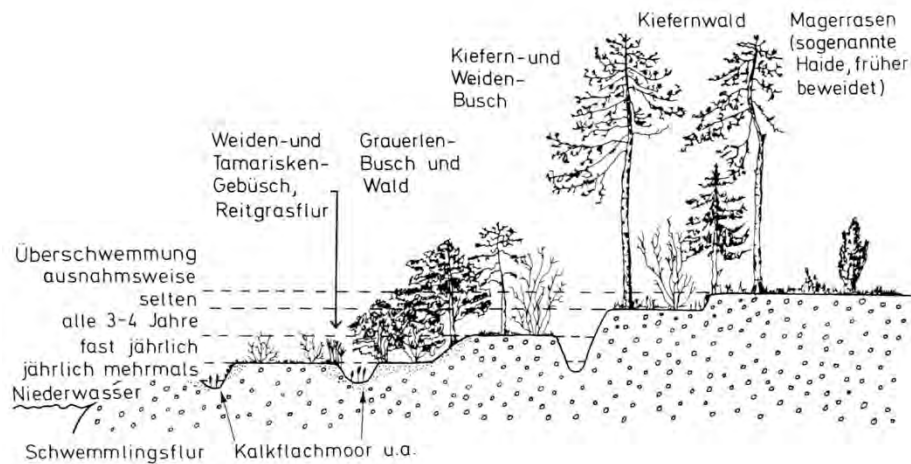


Abb. 2. Typische Zonierung der Aue im Ober- und Mittellauf eines alpinen Wildflusses vor Beginn der wasserbaulichen Maßnahmen (nach SEIBERT 1958 und MÜLLER 1991a aus ELLENBERG 1996).

holzaue (hier am Oberlauf Lavendelweiden-Gebüsch mit großer Standortamplitude oder Grauerlenaue) bzw. Hartholzaue, die hier durch Buntreitgras-Kiefernwäldern repräsentiert wird, zu entwickeln (KARL et al. 1998).

Außerhalb des Exkursionsgebiets sind die Tamarisken-Gesellschaften weitgehend ausgestorben (siehe Abb. 4) oder treten nur kleinflächig auf. So finden sich großflächige Bestände am Lech nur in Tirol (PFEUFFER 2010).

Das Lavendelweiden-Gebüsch hat im Gegensatz zur Grauerlenaue eine vergleichsweise hohe Standortamplitude. Sie wächst sowohl auf grobem und deshalb trockenem Geröllschutt als auch auf feinkörnigen, sandigen und feuchten Alluvionen (Schwemmböden; MÜLLER & BÜRGER 1990, KARL et al. 1998). Die Grauerlenaue gedeiht nur auf ton- und schluffreichen Böden, weshalb sie an der Oberen Isar nur kleinflächig verbreitet ist und erst im weiteren Verlauf unterhalb des Sylvensteinspeichers und im Mittellauf größere Bestände bildet (KARL et al. 1998). Beide Gesellschaften der Weichholzaue sind vergleichsweise artenarm.

Im Gegensatz dazu sind die auf kies- und sandreichen Böden vorkommenden Buntreitgras-Kiefernwälder artenreich. Dazu tragen auch die oft kleinräumig standortkundlichen Unterschiede bei (HÖLZEL 1996, KARL et al. 1998). Die prägende Kiefer im Exkursionsgebiet ist allerdings nicht die Waldkiefer, sondern die Spirke (siehe unten; SCHAUER 1998).

Auch das Vorkommen von Kalksümpfen ist in dieser Form einzigartig. Geeignete Standortbedingungen, auf denen sich Kalksümpfe bilden können, bieten heute nur mehr die Wildflussbereiche, in denen eine gelegentliche Umlagerung stattfindet und dabei Abflussrinnen mit hoch anstehendem Grundwasser entstehen können.

Flora

Die Flora der Auen der Wildfluss-Oberläufe ist einzigartig. Gründe sind die immer wieder stattfindende Umlagerung und die damit verbundene Hydrologie sowie das spezifische Substrat, die es besonders konkurrenzschwachen und/oder regenerationsfreudigen Arten ermöglichen, zu überleben. Als ‚die‘ charakteristische Art und Leitart intakter Wildflussauen darf die Deutsche Tamariske (*Myricaria germanica*) bezeichnet werden (Abb. 3, 4).

Tabelle 1. Pflanzengesellschaften des Exkursionsgebietes (mit Ausnahme Schachtelhalm-Zwergrohrkolbengesellschaft; siehe Text) der Oberen Isar. Nomenklatur nach RENNWALD (2002).

Waldgesellschaften	
Europäische Falllaubwälder und -gebüsche	<i>Quercus-Fagetum</i> Br.-Bl. et Vlieger in Vlieger 1937
Grauerlen-Auwald	<i>Alnetum incanae</i> Lüdi 1921
Karbonat-Trocken-Kiefernwälder	<i>Erico-Pinetum</i> Horvat 1959
Buntreitgras-Kiefernwald	<i>Calamagrostio varia-Pinetum sylvestris</i> Oberd. (1950) 1957 em. Hölzel 1996 p.p. (<i>Erico-Pinetum</i>)
Gebüsche und Vorwälder, anthropogene Gehölzgesellschaften	
Auen-Weidegebüsche	<i>Salicetum purpureae</i> Moor 1958
Lavendelweiden-Gebüsch	<i>Salicetum eleagno-purpureae</i> Sillinger 1933 nom. mutat. propos.
Weiden-Tamarisken-Gebüsch	<i>Myricaricum</i> Jeník 1955
Quell- und Niedermoorgesellschaften, Hochmoorschlenken- und Bulten-Gesellschaften	
Nährstoffarme Sümpfe und Grundwasser- bzw. Zwischenmoore	<i>Scheuchzeria-Caricetum fuscae</i> Tx. 1937
Mehlprimel-Kopfbinsen-Gesellschaft	<i>Schoenetum ferruginei</i> Du Rietz 1925
Eutraphente Röhrichte und Großseggenriede	
Eutraphente Röhrichte und Großseggenriede	<i>Phragmito-Magnocaricetum</i> Klika in Klika et Novák 1941
Schachtelhalm-Zwergrohrkolben-Gesellschaft	<i>Equiseto-Typhetum minimae</i> Br.-Bl. in Volk 1940
Schutt-, Felsspalten- und Mauerfugengesellschaften	
Gesellschaften bewegter Schutthalden, Geröll-Alluvionen und Moränen	<i>Thlaspietum rotundifolii</i> Br.-Bl. et al. 1947
Präalpine Knorpelsalat-Tamarisken-Gesellschaft	<i>Myricario-Chondriletum chondrilloidis</i> Br.-Bl. in Volk 1940
Uferreitgras-Gesellschaft	<i>Calamagrostietum pseudophragmitis</i> Kopecký 1968

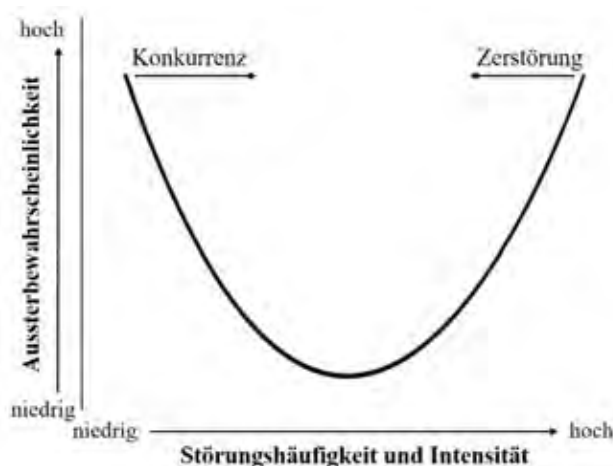


Abb. 3. Bedeutung der Häufigkeit und Intensität von Störungsereignissen für das Überleben von *Myricaria germanica* auf Kiesbänken in alpinen Wildflüssen (verändert nach POSCHLOD 1996).

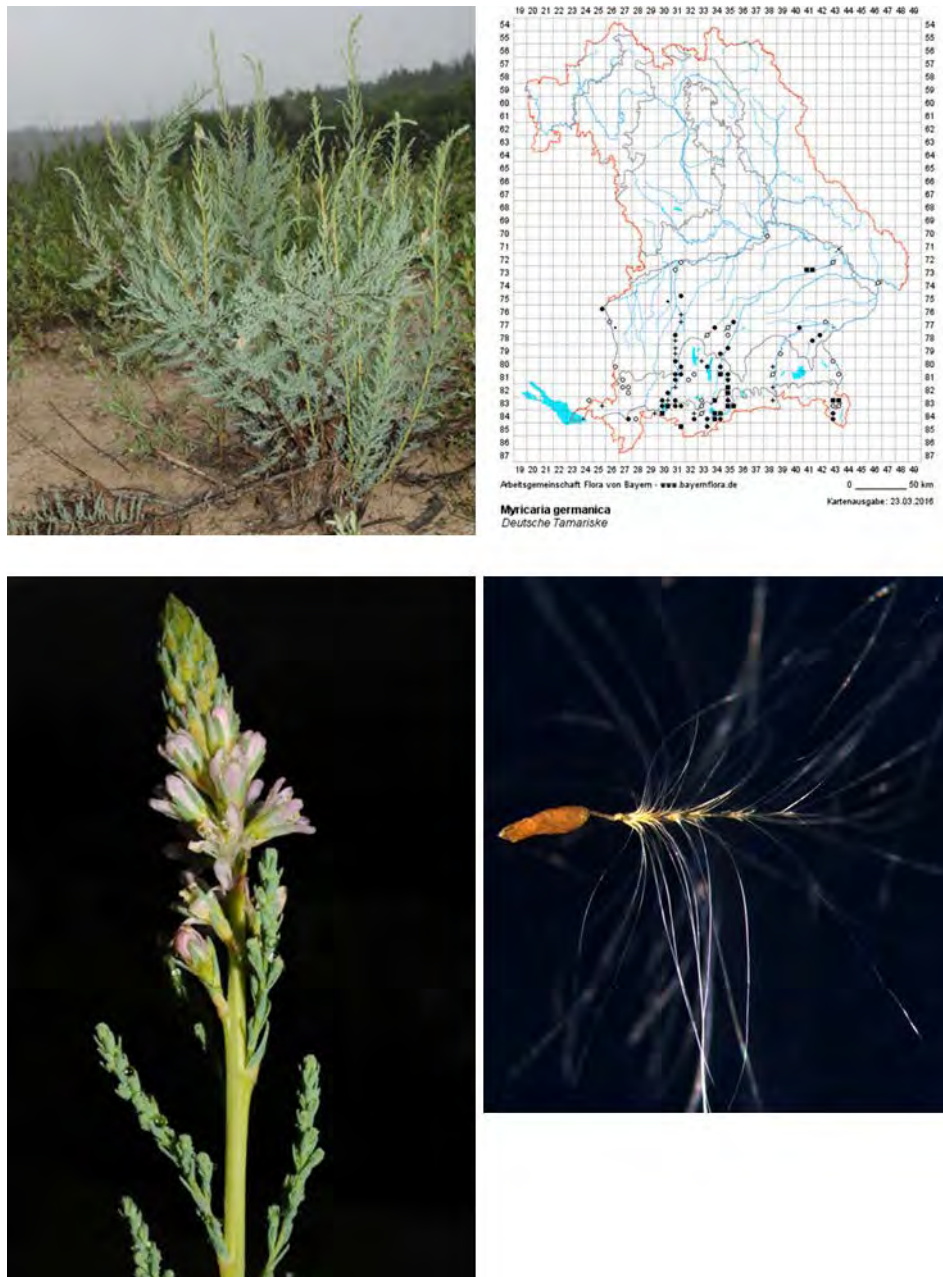


Abb. 4. Deutsche Tamariske (*Myricaria germanica*). Links oben: Typische Wuchsform, die hohe vegetative Regenerationsfähigkeit ist an dem abgebrochenen, nach links unten reichenden Ast deutlich erkennbar (© Foto P. Poschlod); rechts oben: Aktuelle und frühere Verbreitung in Bayern (© www.bayernflora.de); links unten: Blütenstand (© Foto P. Poschlod); rechts unten: Same mit typischem Haarschopf (© Foto I. Lauer).



Abb. 5. Typische „Alpenschwemmlinge“ bzw. eiszeitliche Relikte der Schotterflächen. Links oben: *Aethionema saxatile*; rechts oben: *Hornungia alpina*; links unten: *Kerneria saxatilis* (in Frucht); rechts unten: *Dryas octopetala* (in Frucht) (© alle Fotos P. Poschlod).

Nur eine immer wiederkehrende, nicht zu seltene und nicht zu häufige Umlagerung erlaubt dieser Art eine Verjüngung und damit das Überleben (Abb. 3). So sind noch vorkommende Bestände unterhalb des Sylvensteinspeichers aufgrund der fehlenden Umlagerung überaltert (BILL et al. 1997). Im Mittel- und Unterlauf ist die ehemals weit verbreitete Deutsche Tamariske auf wenige Bestände geschrumpft, obwohl noch in der Flora des Isar-Gebietes von Wolfratshausen bis Deggendorf von HOFMANN (1883) steht: „Verbreitet auf den Kiesinseln der Isar und in Auen von Deggendorf aufwärts durch das Gebiet“. Am Lech ist sie in Deutschland ausgestorben (Abb. 4).

Auf den mehr oder weniger sandigen Schotterflächen, die von der Knorpelsalat-Tamarisken-Gesellschaft besiedelt sind, finden sich zahlreiche alpine Arten (Abb. 5, Tab. 2, 3). Diese können entweder als Alpenschwemmlinge (Samen vieler Arten können tatsächlich mit dem Wasser ausgebreitet werden; Tabelle 2; BILL et al. 1999, BILL 2000) oder als eiszeitliche Relikte bezeichnet werden (KÜSTER 2001).

Die Arten dieser Gesellschaft haben dabei unterschiedliche Strategien entwickelt, um mit der Umlagerung, aber auch der Überflutung zurechtzukommen. Als optimal angepasst kann *Hornungia alpina* (Abb. 5) bezeichnet werden. Sie fruchtet über eine lange Zeit, produziert relativ viele Samen mit hoher Vitalitäts-/Keimrate, hat ein hohes Wind- und Wasserausbreitungspotential und kann sich vegetativ regenerieren (Gruppe 1, Tab. 3).

Gruppe 2, zu der neben *Dryas octopetala* und *Myricaria germanica* (Abb. 4, 5) auch *Arabis alpina*, *Arabis pumila* und *Campanula cochlearifolia* gehören, zeichnet sich durch hohe Diasporenproduktion bzw. hohes Ausbreitungspotential und/oder hohe Keimgeschwindigkeit bzw. Etablierungsrate und/oder hohes „Beharrungsvermögen“ durch klonales Wachstum und vegetative Regeneration aus (Tab. 3).

Arten der Gruppe 3, zu der neben *Aethionema saxatile* und *Kernera saxatilis* (Abb. 5) auch *Gypsophila repens* und *Saxifraga caesia* zählen, sind trotz geringen Ausbreitungspotentials, niedriger Dichte und geringer Neubesiedlungsrate in der Lage, in diesem Lebensraum zu überdauern. Möglicherweise profitieren sie von einer alternativen Persistenzstrategie über das Vorkommen einer lang-persistenten Samenbank in den Sedimentablagerungen, die allerdings – wahrscheinlich aufgrund der geringen Dichte der Samen im Boden – nicht nachgewiesen werden konnte (BILL 2000).

Während mit Ausnahme von *Aethionema saxatile* (Bayern RL 1; in der RL D als nicht gefährdet betrachtet, obwohl alle Vorkommen ausschließlich auf Bayern beschränkt sind!) die oben genannten Arten zumindest in der alpinen Stufe nicht selten oder gefährdet betrachtet werden, sind die auf den Lebensraum Wildflussaue beschränkten Arten *Calamagrostis pseudophragmites* und *Chondrilla chondrilloides* extrem bedroht.

Calamagrostis pseudophragmites, ein typischer Erstbesiedler sandiger Alluvionen, gilt als stark gefährdet (Bayern und D RL 2) und weist außerhalb des Exkursionsgebietes nur mehr wenige Vorkommen auf. So sind die Vorkommen des Ufer-Reitgrases am Lech bei Schongau zurückgegangen. Die ehemals großen Bestände im Lechtal bei Augsburg (MÜLLER & MÜLLER 1998) sind durch das Jahrhunderthochwasser 1999 fast ausgelöscht worden. Im Inntal finden sich nur mehr kleine Restbestände (www.bayernflora.de).

Chondrilla chondrilloides, ebenfalls ein Erstbesiedler sickerfrischer, wechsellückiger, kalkreicher Kies- und Sandalluvionen, ist vom Aussterben bedroht (Bayern RL 1, D RL 2, obwohl nur noch in Bayern vorkommend!). Sie wurde im Exkursionsgebiet seit längerer Zeit nicht mehr nachgewiesen und scheint in Deutschland nur mehr auf ein einziges kleines

Tabelle 2. Typische, seltene und gefährdete Pflanzenarten (Nomenklatur nach BUTTLER & HAND 2008; in Klammern häufig noch gebräuchliche Namen) der durch die entsprechenden Pflanzengesellschaften charakterisierten Lebensräume im Exkursionsgebiet. RL BY – Rote Listen Bayerns: 1974 (KÜNNE 1974), 1986 (SCHÖNFELDER 1986), 2003 (SCHEUERER & AHLMER 2003). * im Exkursionsgebiet nicht (mehr) nachgewiesen; G – geschützte Art (nur Angabe, wenn nicht auf der RL); V – Vorwarnliste.

Deutscher Name	Lateinischer Name	RL BY 1974	RL BY 1986	RL BY 2003
Buntreitgras-Kiefernwälder (Schneeheide-Kiefernwälder)				
Buntes Reitgras	<i>Calamagrostis varia</i>	-	-	V
Amethyst-Schwingel	<i>Festuca amethystina</i>	-	-	3
Gewöhnliches Pfeifengras	<i>Molinia caerulea</i>	-	-	-
Heide-Segge	<i>Carex ericetorum</i>	-	-	3
Braunrote Ständelwurz	<i>Epipactis atrorubens</i>	3	G	V
Schwarzwiolette Akelei	<i>Aquilegia atrata</i>	3	G	G
Scheiden-Kronwicke	<i>Coronilla vaginalis</i>	-	-	3
Rosmarin-Seidelbast	<i>Daphne cneorum</i>	2	3	2
Schnee-Heide	<i>Erica carnea</i>	-	-	V
Nordisches Labkraut	<i>Galium boreale</i>	-	-	V
Herzblättrige Kugelblume	<i>Globularia cordifolia</i>	-	G	G
Grauer Löwenzahn	<i>Leontodon incanus</i>	-	-	V
Gelbe Spargelbse	<i>Lotus (Tetragonolobus) maritimus</i>	-	3	3
Buchsblättriges Kreuzblümchen	<i>Polygala chamaebuxus</i>	-	-	V
Geschnäbeltes Vermeinkraut	<i>Thesium rostratum</i>	-	3	3
Kalksümpfe				
Bunter Schachtelhalm	<i>Equisetum variegatum</i>	2	3	3
Dorniger Moosfarn	<i>Selaginella selaginoides</i>	-	3	-
Platthalm-Quellried	<i>Blysmus compressus</i>	-	3	3
Wenigblütige Sumpfsimse	<i>Eleocharis quinqueflora</i>	-	3	3
Rostrotes Kopfried	<i>Schoenus ferrugineus</i>	-	-	3
Sumpf-Ständelwurz	<i>Epipactis palustris</i>	3	3	3
Kelch-Simsenlilie	<i>Tofieldia calyculata</i>	-	-	V
Schlauch-Enzian	<i>Gentiana utriculosa</i>	2	3	2
Sumpf-Herzblatt	<i>Parnassia palustris</i>	-	G	3
Alpen-Fettkraut	<i>Pinguicula alpina</i>	-	3	3
Echtes Fettkraut	<i>Pinguicula vulgaris</i>	-	3	3
Mehl-Primel	<i>Primula farinosa</i>	-	3	3
Sumpf-Dreizack	<i>Triglochin palustre</i>	-	3	3
Schotterflächen – Knorpelsalat-Tamariskengesellschaft				
Deutsche Tamariske	<i>Myricaria germanica</i>	1	1	1
Lavendel-Weide	<i>Salix eleagnos</i>	-	-	V
Ufer-Reitgras	<i>Calamagrostis pseudophragmites</i>	2	2	2
*Knorpelsalat	<i>Chondrilla chondrilloides</i>	2	2	1
Schotterflächen – Alpenschwemmlinge/eiszeitliche Relikte				
Steintäschel	<i>Aethionema saxatile</i>	-	2	1
Alpen-Gänsekresse	<i>Arabis alpina</i>	-	-	-
Zwerg-Gänsekresse	<i>Arabis bellidifolia</i>	-	-	-
Glattes Brillenschötchen	<i>Biscutella laevigata</i>	-	G	3
Zwerg-Glockenblume	<i>Campanula cochlearifolia</i>	-	-	-
Grasnelken-Habichtskraut	<i>Chlorocrepis (Tolpis) staticifolia</i>	-	3	3
Silberwurz	<i>Dryas octopetala</i>	-	-	-
Kriechendes Gipskraut	<i>Gypsophila repens</i>	-	-	V
Alpen-Gämskresse	<i>Hornungia (Hutchinsia) alpina</i>	-	-	-
Felsen-Kugelschötchen	<i>Kernera saxatilis</i>	-	-	-
Fetthennen-Steinbrech	<i>Saxifraga aizoides</i>	-	-	G
Blaugrüner Steinbrech	<i>Saxifraga caesia</i>	-	G	G

Tabelle 3. Bewertung der Pionierarten nach ihren Ausbreitungs- und Besiedlungseigenschaften (ergänzt nach BILL 2000, Daten zu Alter, Klonalität und vegetativer Regeneration aus POSCHLOD et al. 2003 und SCHWEINGRUBER & POSCHLOD 2005).

Strategieguppen: 1 – sehr gute Anpassung an den Lebensraum Wildflußlandschaft; 2 – Arten mit hoher Diasporenproduktion/hohem Ausbreitungspotential und/oder hoher Keimgeschwindigkeit/Etablierungsrate bzw. hohem „Beharrungsvermögen“ (Persistenz); 3- Arten mit geringer Besiedlungsrate. Arten: Hut alp - *Horningia alpina*, Dry oct - *Dryas octopetala*, Myr ger - *Myricaria germanica*, Aet sax - *Aethionema saxatile*, Ker sax - *Kernera saxatilis*. M. – Monate; W. – Wochen; hwe – hochwasserempfindlich, Absterberate > 50%.

Strategie-Gruppen		1		2		3	
Arten		Hor alp	Dry oct	Myr ger	Aet sax	Ker sax	
Phänologie							
Beginn der Fruchtzeit		sehr früh (ab Mai)	früh (ab Juni)	spät (ab Juli)	früh (ab Juni)	früh (ab Juni)	
Fruchtsandsdauer		sehr lang (>4 M.)	sehr lang (>4 M.)	kurz (1–2 M.)	sehr lang (>4 M.)	lang (2–4 M.)	
Diasporenproduktion/Ind.		200–700 (1.000)	200–600 (1.200)	12.000–150.000 (200.000)	200–300 (500)	600–1.000 (2.500)	
Ausbreitung							
Windausbreitungspotential		hoch	niedrig	hoch	niedrig	?sehr niedrig	
Wasserausbreitungspotential		sehr hoch	niedrig	niedrig	hoch	sehr hoch	
Keimung							
Keimrate		sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch	
Keimgeschwindigkeit (t50)		10–21 Tage	4–10 Tage	< 4 Tage	10–21 Tage	10–21 Tage	
Keimfähigkeitsdauer		(sehr) lang	(sehr) lang	sehr kurz (8–12 [24] W.)	sehr lang	sehr lang	
Besiedlung/Etablierung							
Vorkommensdichte		relativ hoch	relativ hoch	relativ niedrig	sehr niedrig	relativ niedrig	
Neubesiedlung		sehr gut	relativ gut	schlecht	schlecht	schlecht	
Überlebensrate		50–70%	<20%	<20% (hwe)	20–50% (hwe)	<20%	
Persistenz							
Maximales Alter		ca 8 Jahre	ca 70–80 Jahre	? ca. 70 Jahre	?	ca. 5 Jahre	
Klonales Wachstum/ vegetative Regeneration		nein/ja	ja/ja	ja/ja	(ja)/nein	(ja)/nein	

Vorkommen westlich von Garmisch-Partenkirchen (MTB 8531, Abb. 6) beschränkt zu sein (ZEHM 2013). Auch die nicht wenigen Vorkommen, die von HOFMANN (1883) für den Mittellauf im Stadtgebiet München angegeben wurden, existieren heute nicht mehr.

Eine weitere, als Indikator für intakte Wildflussauen (selten in angrenzenden Kiesgruben als „Ersatzstandorte“) geltende Art, *Typha minima* (MÜLLER 1991b), soll kurze Erwähnung finden. Sie ist seit etwa 15 bis 20 Jahren in Bayern (und damit auch in D) ausgestorben (MÜLLER 2007). Der Zwergrohrkolben war ursprünglich mit zahlreichen Vorkommen am Lech, aber auch mit einigen an der Mittleren Isar und am Inn vertreten (Abb. 6). Er besiedelt vor allem frisch entstandene Altwasser mit sandig-schluffigen Ablagerungen (MÜLLER 2007).

Bemerkenswert ist das relativ häufige Vorkommen artenreicher Kalksümpfe in (ehemaligen) Gerinnen bzw. Altarmen mit hoch anstehendem Grundwasser. Sie sind durch *Schoenus ferrugineus* geprägt. Ihnen fehlen nur selten die charakteristischen Arten wie *Epipactis palustris*, *Tofieldia calyculata*, *Pinguicula vulgaris* und *Primula farinosa*, die häufig auch an kleinen Quellaustritten/Sickerstellen am Rande der Buntreitgras-Kiefernwälder zu finden sind. Für die oben genannten Naturräume und das Exkursionsgebiet typische Arten (Verbreitungsschwerpunkt Alpen und alpennahe Voralpen) sind *Equisetum variegatum*, *Selaginella selaginoides*, *Blysmus compressus*, *Gentiana utriculosa* und *Pinguicula alpina*. Viele dieser Arten besiedeln das nördliche Alpenvorland bis zur Donau entlang der alpinen Wildflusssadern (Abb. 7).

Besonders artenreich sind die Buntreitgras-Kiefernwälder. Im Exkursionsgebiet ist die Spirke die dominante Kiefernart, die erst im weiteren Verlauf der Isar durch die Waldkiefer (*Pinus sylvestris*) ersetzt wird. Die taxonomische Zuordnung der Spirke ist allerdings (noch immer) unklar. Die Taxonomie des Formenkreises *Pinus mugo* Turra sensu lato hat mehrfach gewechselt und erfolgt je nach Autor unterschiedlich (WAGNER 2000, RINGLER 2015).

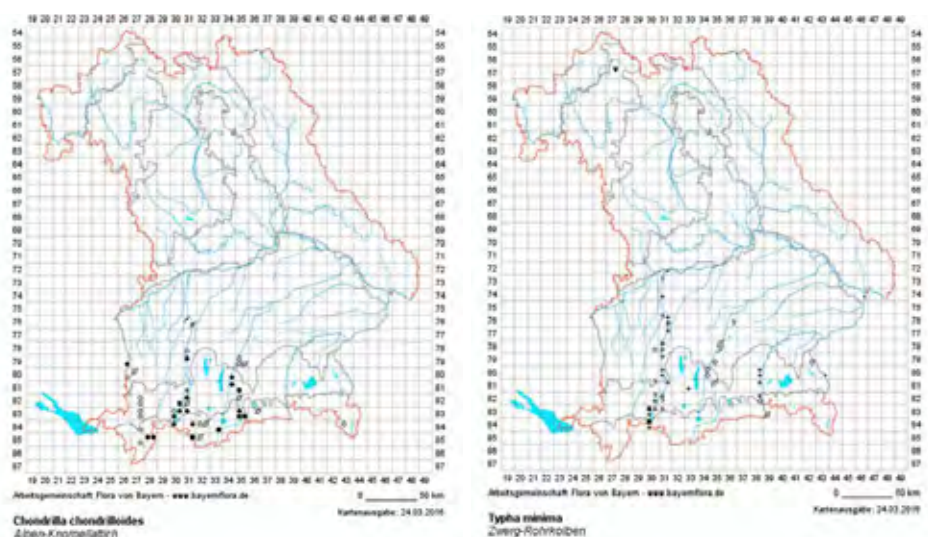


Abb. 6. Ehemalige Verbreitung von *Chondrilla chondrilloides* (links) und *Typha minima* (rechts) in Bayern (© Karten www.bayernflora.de). „Aktuelle“ Vorkommen (■) in den Karten sind bis auf ein Vorkommen von *C. chondrilloides* (siehe Text) nicht mehr existent.

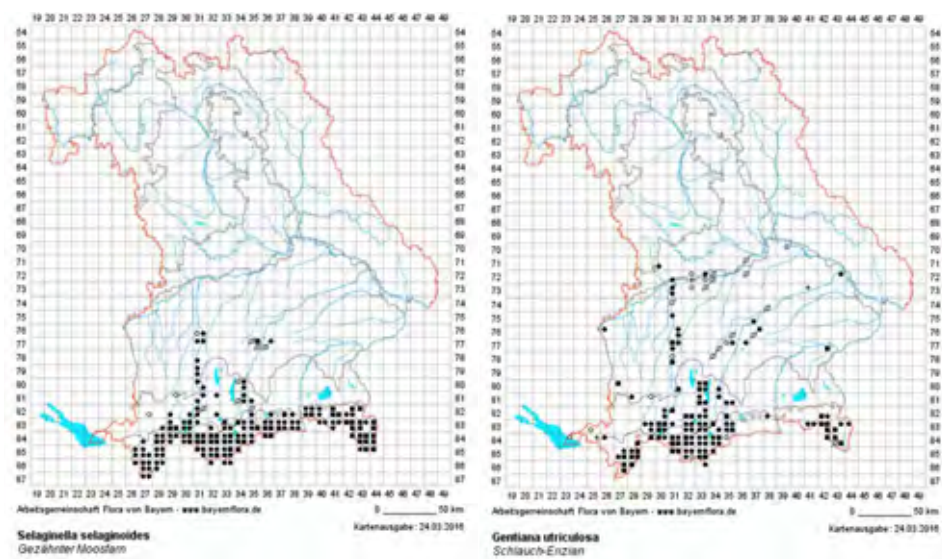


Abb. 7. *Selaginella selaginoides* und *Gentiana utriculosa*, zwei typische Arten der Kalksümpfe und sickerfeuchter Stellen der Wildflussaue an der Oberen Isar und ihre Verbreitung in Bayern (© Fotos P. Poschlod; Karten www.bayernflora.de).

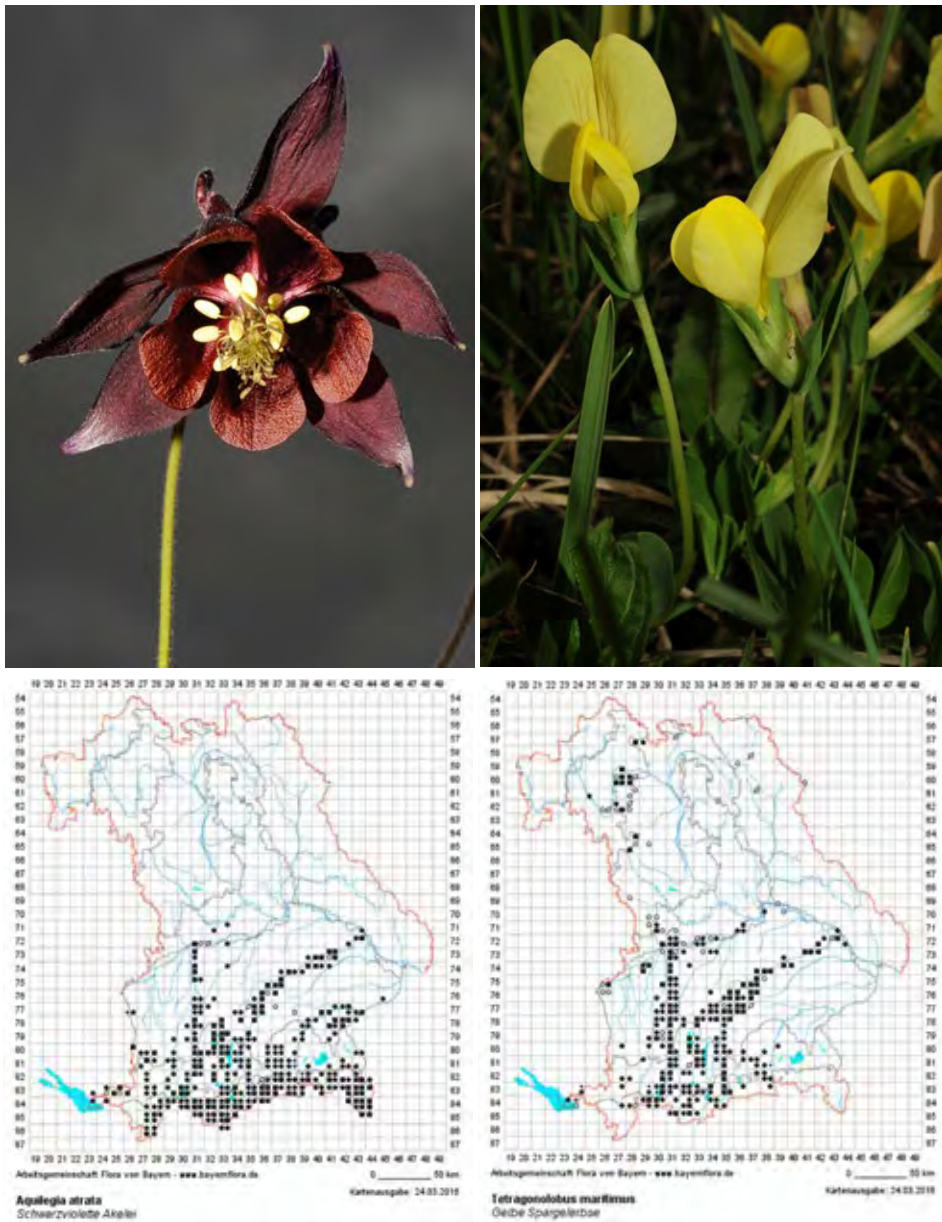


Abb. 8. *Aquilegia atrata* und *Lotus (Tetragonolobus) maritimus*, zwei typische Arten der Buntreitgras-Kiefernwälder und ihre Verbreitung in Bayern (© Fotos P. Poschlo; Karten www.bayernflora.de).

Auch wenn in der Standardliste zur Gefäßpflanzenflora die Spirke als eigene Art, *Pinus rotundata* Link, ausgewiesen ist, richten wir uns nach CHRISTENSEN (1987). Er unterscheidet *Pinus mugo* Turra ssp. *mugo*, *P. mugo* Turra ssp. *uncinata* (Ram.) Domin und als Spirke das Hybridtaxon *P. mugo* Turra nothosp. *rotundata* (Link) (= *P. mugo* x *uncinata*). Diese Einteilung wurde auch für die kommentierte Artenliste der Farn- und Blütenpflanzen Bayerns übernommen (LIPPERT & MEIEROTT 2014).

Aus der Artenvielfalt, die sich aus alpinen Rasenarten, subalpinen Stauden, Kalkmager-
rasenarten u.a. zusammensetzt – eine Auswahl findet sich in Tabelle 2 – sollen zwei Arten
besondere Erwähnung finden, da sie in den Buntreitgras-Kiefernwäldern entlang des Lechs
und der Isar ihren Verbreitungsschwerpunkt haben, *Aquilegia atrata* und *Lotus (Tetragono-*
lobus) maritimus (Abb. 8).

Bemerkenswert ist schließlich auch die hohe Vielfalt der Orchideen (*Cephalanthera lon-*
gifolia, *Cypripedium calceolus*, *Dactylorhiza maculata*, *Epipactis palustris*, *Gymnadenia*
conopsea, *G. odoratissima*, *Listera ovata*, *Ophrys insectifera*, *Orchis mascula*, *O. militaris*,
Platanthera bifolia, *Spiranthes aestivalis*) und Enziangewächse (*Gentiana asclepiadea*,
G. clusii, *G. utriculosa*, *G. verna*, *Gentianella germanica*, *Gentianopsis ciliata*).

Wasserbauliche Eingriffe

Die ersten wasserbaulichen Eingriffe an der Oberen Isar wurden bereits Mitte des
19. Jahrhunderts durchgeführt. So erfolgte die sog. Mittenwalder Korrektur zum Schutz von
Siedlungen und Verkehrswegen bereits 1859 (KARL et al. 1998).

Um die wasserbaulichen Eingriffe bewerten zu können, sind in Tabelle 4 die Abfluss-
kennwerte der Isar am Pegel Mittenwald aufgeführt.

Einschneidende Veränderungen der Hydrologie begannen aber erst mit dem Bau des
Walchenseekraftwerkes in Kochel am See, das im Jahre 1924 in Betrieb genommen wurde.
Das Kraftwerk dient zur Stromerzeugung und nutzt den Höhenunterschied zwischen Wal-
chensee (801 m ü. NN) und Kochensee (600 m ü. NN). Der Bau fällt in den Zeitraum (An-
fang 20. Jahrhundert bis in die 1980er Jahre), in dem die alpinen Wildflüsse mehr oder we-
niger vollständig ausgebaut wurden (POSCHLOD 2015).

Tabelle 4. Abflusskennwerte der Isar am Pegel Mittenwald 1926–1986 (aus KARL et al. 1998).

Abflusskennwerte	Abk.	m³/s
Niedrigster Abfluss (1926–1986)	NQ	2,3
Mittlerer jährlicher Niedrigwasserabfluss	MNQ _{Jahr}	4,2
Mittlerer jährlicher Abfluss	MQ _{Jahr}	12,2
Mittlerer jährlicher Hochwasserabfluss	MHQ _{Jahr}	56,1
Höchster bekannter Abfluss	HHQ	163,0

Krüner Wehr

Seit 1923 besteht das Krüner Wehr (MQ ca. 15 m³/s, MHQ ca. 58 m³/s), an dem über den
Obernachkanal eine Wassermenge bis zu 25 m³/s in den Walchensee abgeleitet wurde
(Abb. 1, 9). Eine Wassermenge von über 25 m³/s wurde nur an etwa 50 Tagen überschritten.
Ab einer Wassermenge von über 40 m³/s wurde der Ausleitungskanal geschlossen, um
Schäden durch Geschiebe zu vermeiden, so dass in diesen Momenten die gesamte Wasser-
menge und das Geschiebe in das Isarbett gelangten.

Das am Krüner Wehr verbleibende Geschiebe wurde bis 1955 ausgebaggert. Im Jahre
1955 wurde schließlich ein Geschiebeleitwerk in Betrieb genommen, dass bei Hochwasser
die Verfrachtung eines Teils des verbliebenen Geschiebes in das Flussbett unterhalb des
Wehrs erlaubte. Trotzdem muss bis heute die Hälfte des etwa 30.000 m³ umfassenden Ge-
schiebes ausgebaggert und abtransportiert werden (KARL et al. 1998, BILL 2000).



Abb. 9. Krüner Wehr, das zur Ausleitung einer Wassermenge von bis zu $25 \text{ m}^3/\text{s}$ über einen Kanal in den Walchensee gebaut wurde (7. Juni 2013; Foto P. Poschlod).

Bis zum Jahre 1990 fiel das Flussbett aufgrund des fehlenden Abflusses unterhalb des Krüner Wehrs bis auf halber Strecke zur Reißbachmündung an über 300 Tagen im Jahr trocken. Dieser Zustand und die Bezeichnung dieses Flussabschnitts als „Flussleiche“ führten zur Gründung der Notgemeinschaft "Rettet die Isar jetzt" im Jahre 1974 (SPEER 1990, SCHAUER 1998). Die Forderung nach einem Mindestwasserabfluss führte erst 1990 zum Erfolg. Seit Mai 1990 wird unabhängig von der abgeleiteten Wassermenge ein Mindestwasserabfluss von $4,8 \text{ m}^3/\text{s}$ im Sommerhalbjahr bzw. $3 \text{ m}^3/\text{s}$ im Winterhalbjahr in das Isarbett geleitet. So findet seither etwa ein Drittel der Jahresabflussmenge seinen Weg in das Isarbett unterhalb des Wehrs (KARL et al. 1998).

Reißbachstollen

Im Jahre 1949 wurde der Reißbachstollen in Betrieb genommen, der das Wasser des Reißbachs bis zu einer Abflussmenge von $12 \text{ m}^3/\text{s}$ (MQ $8\text{--}9 \text{ m}^3/\text{s}$) über einen unterirdischen Stollen dem Walchensee zuführt (Abb. 1). Wegen der Unterschreitung dieser Abflussmenge an durchschnittlich nur 93 Tagen und den hohen Schwankungen der Abflussmengen findet an dieser Stelle häufiger mit Hochwässern eine Geschiebeüberleitung in das Reißbachbett statt. So weist deshalb der Isarabschnitt ab Vorderriß eine wesentlich naturnähere Wasserführung und Geschiebedynamik auf als der zwischen Krün und Vorderriß (KARL et al. 1998, BILL 2000).

Sylvensteinspeicher

Aufgrund der Ableitungen am Krüner Wehr und des Reißbaches, sowie zweier weiterer Zuflüsse der Isar (heute auf Höhe des Sylvensteinspeichers), der Dürnach und der Walchen zur Speisung des auf österreichischer Seite liegenden Achenseekraftwerks (siehe Abb. 1),

wurde zur Niedrigwasseraufbesserung, aber auch zur Entlastung des gesamten Isartals bis zur Donau von Hochwässern im Jahre 1954 vom Bayerischen Landtag der Bau des Sylvensteinspeichers beschlossen. Der Höhenunterschied von Stauspiegel (750/752 ü. NN, maximal 767m ü. NN) und Unterwasser (Höhe des Absperrbauwerks 44 m) wird zudem zur Stromerzeugung in einem Kraftwerk genutzt.

Die Fertigstellung erfolgte im Jahre 1959. Jährlich fallen etwa je 60.000 m³ Grobgeschiebe, das regelmäßig ausgeräumt wird, und Schwebstoffe an (KARL et al. 1998).

Auswirkungen der wasserbaulichen Eingriffe

Bis zum Krüner Wehr weist die Isar trotz lokaler Kiesentnahme und Wildbachverbauungen einen fast natürlichen Wildflusscharakter bezüglich seiner Geschiebe- und Hochwasserdynamik und seiner Vegetationszonierung auf.

Krüner Wehr bis Einmündung der Vorderriß

Vor der Teilrückleitung limitierten lange Trockenphasen die Vegetationsentwicklung unterhalb des Krüner Wehrs bis zur Einmündung der Vorderriß (Abschnitte 1 und 2; vgl. Abb. 1, Tab. 5). Zum einen nahmen wegen der fehlenden Umlagerung die offenen Schotterflächen ab. Aufgrund der trockenen Standortbedingungen, die zum limitierenden Faktor der Vegetation wurden, nahmen auch die Weidengebüsche ab. Dagegen nahmen die Trocken-Kiefernwälder und Kalkmagerrasen zu (Tab. 5).

Die Teilrückleitung hatte zur Folge, dass in diesem Abschnitt der Oberen Isar aufgrund der jetzt für einen Wildfluss ungewöhnlich konstanten Wasserführung und der anteilmäßig erhöhten Feinstofffracht insbesondere der Anteil der lückigen Weidengebüsche (in der Regel Weiden-Tamariskengebüsche) zugunsten der dichten Weidengebüsche (in der Regel Lavalweiden-Gebüsche) abgenommen hat (Tab. 5). Die Trocken-Kiefernwälder und Kalkmagerrasen nahmen ebenso ab. Die offenen Schotterflächen und Pionierfluren hatten nur leichte Flächeneinbußen zu verzeichnen. An dieser Situation änderten auch die (Jahrhundert-)Hochwässer in den Jahren 1999, 2005 und 2013 wenig. So wurden nur geringe Teile der etablierten, dichten Weidengebüsche zerstört. Diese Weidengebüsche haben bis heute eine deutliche Flächenausdehnung, aber auch einen starken Zuwachs erfahren (BILL 2001, REICH et al. 2008).

Die Etablierung der dichten Weidengebüsche hat zudem dazu beigetragen, dass die Isar heute in diesem Gebiet nur mehr in einer Hauptrinne abfließt und eine wesentliche Umlagerung der Kiesbänke nicht mehr stattfindet (REICH et al. 2008). REICH et al. (2008) empfehlen deshalb eine modifizierte Bewirtschaftung des Krüner Wehrs und die Anhebung der Hauptrinnensohle, um eine Laufverlagerung in angrenzende, verbuschte Bereiche zu erzwingen. Diese Empfehlungen wurde vom Bayerischen Landesamt für Umwelt aufgegriffen. Ziel ist neben einer Verbesserung der Geschiebeumlagerung die gleichzeitige Verringerung der Feinteilablagerung, wozu eine Optimierung von Spülungen am Krüner Wehr beitragen soll (SCHAIPP & ZEHR 2009).



Abb. 10. Veränderung der Auensukzession zwischen Krün und Vorderriß bei Flußkm 243,4 nach der Ableitung eines Mindestwasserabflusses am Krüner Wehr im Jahre 1990. Oben vor der Tei­lableitung im Juli 1989; unten nach der Tei­lableitung im September 1995. Deutlich wird die Besiedlung der ehe­maligen Schotterflächen mit Weidengebüschen (© Fotos T. Schauer).

Tabelle 5. Veränderungen der Flächenanteile von Lebensräumen bzw. Pflanzengemeinschaften (VF/Pf – vegetationsfreie Flächen und Pionierfluren; LW – lückige Weidengebüsche; DW – dichte Weidengebüsche; SKw/Kmr – Schneeheide-Kiefernwälder und Kalkmagerrasen) in Teilabschnitten der Oberen Isar zwischen Krüner Wehr und Sylvensteinspeicher zwischen 1858 und 2006 (nach REICH et al. 2008).

Jahr	VF/Pf (ha)	LW (ha)	DW (ha)	SKw/Kmr (ha)
Abschnitt 1: Fkm 247,6 (Finzbachmündung unterhalb Krüner Wehr) bis Fkm 245,7 (Fläche 78,2 ha)				
1858	46,7	18,0	0,0	12,6
1921	53,5	14,0	2,4	4,4
1973/1976	26,7	12,5	2,4	32,2
1990	25,3	12,6	0,9	36,3
1993/1994	21,7	15,1	3,6	33,8
2006	23,3	8,8	15,3	26,9
Abschnitt 2: Fkm 244,0 (Einmündung Markgraben) bis Fkm 242,0 (Fläche 56,3 ha)				
1858	34,0	13,4	0,0	6,5
1921	34,1	7,6	0,0	11,4
1973/1976	22,1	17,4	1,3	14,0
1990	20,9	19,5	0,8	14,3
1993/1994	14,2	22,7	5,5	13,2
2006	20,8	13,4	16,3	5,0
Abschnitt 3: Fkm 234,2 (Vorderriß unterhalb Rißbachmündung) bis Fkm 232,0 (Fläche 49,9 ha)				
1858	29,0	0,4	0,0	19,3
1921	32,8	10,3	0,7	4,6
1973/1976	32,3	7,2	1,5	6,6
1990	35,5	7,4	1,3	2,8
1993/1994	36,0	6,7	2,7	2,9
2006	41,9	3,5	2,8	1,1

Vorderriß bis Sylvensteinspeicher

Ganz im Gegensatz zu den Entwicklungen im Abschnitt zwischen Krün und Vorderriß haben sich hier die vegetationsfreien Flächen bzw. Pionierfluren ausgedehnt und erreichten nach dem Hochwasser von 2005 ihren Höchststand. Allerdings nahmen auch hier die allerdings insgesamt nur geringe Flächen einnehmenden lückigen Weidengebüsche ab, die dichten Weidengebüsche aber nur in geringem Umfang zu. Die Zunahme der vegetationsfreien Flächen und Pionierfluren erfolgte weitgehend auf Kosten der Trocken-Kiefernwälder und Kalkmagerrasen (Tab. 5).

Sylvensteinspeicher bis Bad Tölz bzw. München

Die Tatsache, dass die Isar den Speichersee vollkommen geschiebefrei verlässt, führte im Folgelauf aufgrund des ungesättigten Transportvermögens zu einer Eintiefung und weitgehenden Abkopplung der Aue von der hydrologischen Dynamik. So gingen im unteren Teil der Oberen Isar sowie im Mittellauf die vegetationsfreien Flächen und Pionierfluren sowie Tamarisken-Weidengebüsche zugunsten von Grauerlenwäldern und Trocken-Kiefernwäldern weitgehend verloren. Dies wird durch eine vergleichende Analyse von Flurkarten, Kartierungen (SEIBERT 1958) und Luftbilddauswertungen deutlich (Abb. 11; TAPPERT 2013). Dieses Schicksal teilt die Isar mit den anderen alpinen Wildflüssen. So finden sich bspw. am Lech auf einer Lauflänge in Deutschland von etwa 165 km mehr als 30 Staustufen (Abb. 12).

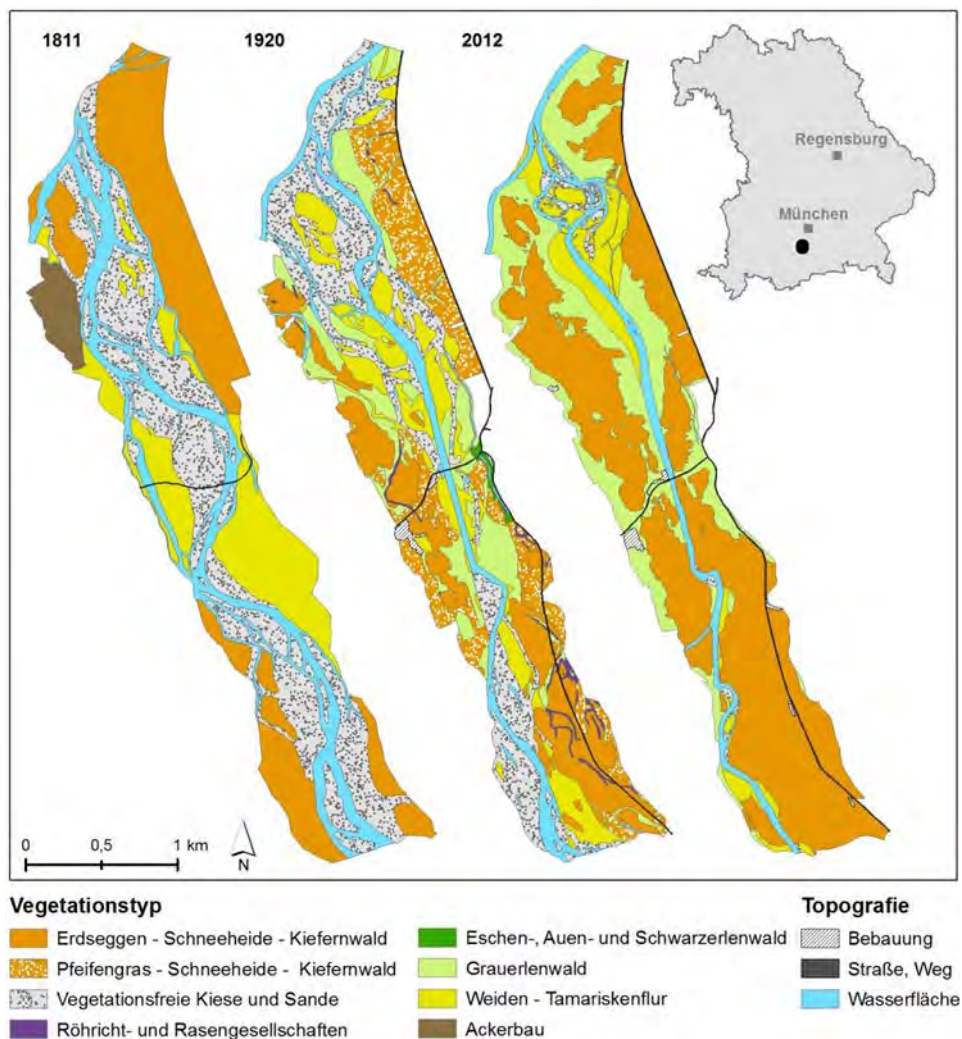


Abb. 11. Veränderungen des Verlaufs der Isar und der Vegetation in der Pupplinger Au seit dem Jahre 1811 (© Karten TAPPERT 2013, Karte 1920 verändert nach SEIBERT 1958).

Landnutzung in der Aue und ihre Bedeutung

Waldweide, Streu- und Gras- sowie in geringem Maße Holznutzung (SEIBERT 1958, HÖLZEL 1996) haben die Trocken-Kiefernwälder stark geprägt und zu der hohen Artenvielfalt beigetragen.

Seit wann die Waldweide an der Oberen Isar bzw. im Exkursionsgebiet existiert, kann nur vermutet werden. Die Region ist erst in der Bronzezeit besiedelt worden (GESELLSCHAFT FÜR ARCHÄOLOGIE IN BAYERN 2006). Da offene Wälder bevorzugt zur Beweidung aufgesucht wurden, dürfen wir davon ausgehen, dass eine Beweidung seit wenigstens etwas über 3.000 Jahren existiert. Beweidet wurden die Wälder nachweislich mit Rindern, Schafen und

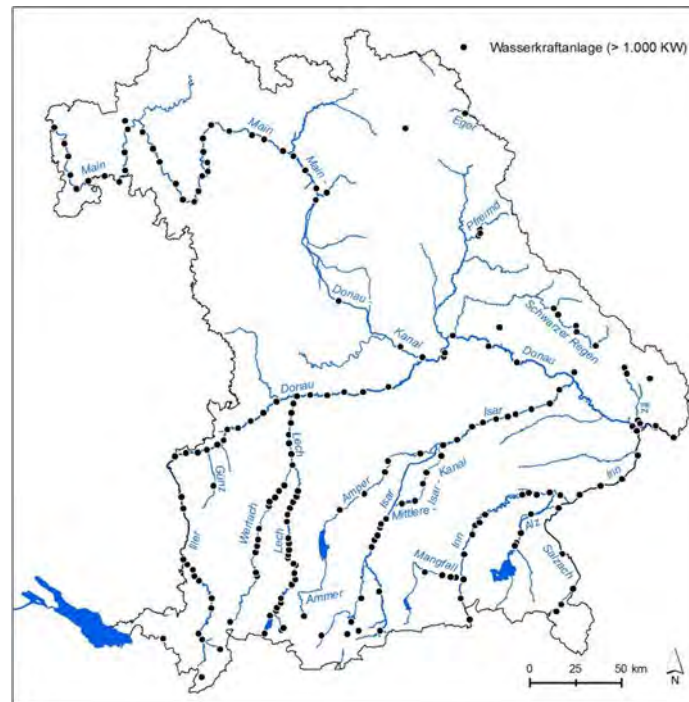


Abb. 12. Staustufen mit Wasserkraftanlagen zur Energiegewinnung (> 1000 kW) in Bayern (© Karte: Sabine Fischer Kartengrundlage Bayer. Vermessungsverwaltung und LfU).

Ziegen sowie Pferden (HÖLZEL 1996). Das Weiderecht war verbriefte und neben der Streugewinnung eine der sog. Forstrechtsgrunddienstbarkeiten. So konnten die Flächen als Allmende von der lokalen Bevölkerung genutzt werden (EHRIG 1977).

Dazu wurde auch eine umfangreiche Weidepflege betrieben. Es erfolgte eine regelmäßige Entbuschung, wurden die Flächen insbesondere von Weiden und Grauerlen befreit (SCHRETZENMAYER 1950). Als Indikator für die Beweidung ist heute noch allorts der Wacholder (*Juniperus communis*) im Unterwuchs zu finden. Seit Beginn des 20. Jahrhundert ist allerdings ein stetiger Rückgang der Beweidung zu beobachten (EHRIG 1977). Dies führte zu einer „Vergrasung“, die bereits von SEIBERT (1958) angedeutet wurden. Sie stellt u.a. ein Problem bei der Verjüngung der Kiefer dar, so dass vermehrt in diesen Wäldern wieder eine Beweidung zur Förderung der Verjüngung, aber auch zur Offenhaltung der Krautschicht eingeführt wird. Zudem führt sie zu einem zunehmenden Rückgang der Artenvielfalt. Seit 2010 wird am Mittellauf der Isar die Pupplinger Au bei Wolfratshausen deshalb (wieder) mit Rindern (Murnau-Werdenfelser) und Ziegen beweidet. Die beweideten Flächen sollen zudem in den nächsten Jahren (2016 bis 2020) im Rahmen des Teilvorhabens „Weideprojekt Isaraue“ innerhalb des vom BfN geförderten Bundesprojektes „Alpenflusslandschaften – Vielfalt leben von Ammersee bis Zugspitze“ bis zur Oberen Isar ausgedehnt werden. Dabei sollen auch Koppeln im Abschnitt zwischen Krün und Vorderriß eingerichtet werden. Aktuell mit der lokalen und genügsamen Rinderrasse Murnau-Werdenfelser (SAMBRAUS 2010) beweidete Flächen finden sich allerdings noch im Exkursionsgebiet bei und unterhalb Krün. Erste positive Ergebnisse zur Beweidung vergraster Buntreitgras-Kiefernwälder liegen vom Stadtwald Augsburg, der in den Lechauen südlich von Königsburg gelegen ist, vor. Die

ganzjährige Beweidung mit Przewalski-Pferden seit dem Jahre 2007 führte zur Reduktion der Grasschicht und zur Zunahme der lebensraumspezifischen Arten (HANAUER 2015).

Über die Streunutzung der alluvialen Kiefernwälder liegen keinerlei spezifische Aufzeichnungen vor. HÖLZEL (1996) beschreibt das Abplaggen von Schneeheide-Teppichen in *Erica carnea*-reichen Wäldern des Innertsals sowie die Mahd von *Molinia*-reichen Beständen im Saalachtal bei Bad Reichenhall. Diese Nutzungsform führte zur zunehmenden Ausmagerung der Flächen, die konkurrenzschwache Arten begünstigte.

Literatur

- BAYERISCHE STAATSRGIERUNG (2001): Schutz des Europäischen Netzes „Natura 2000“. Bekanntmachung der der EU gemeldeten FFH-Gebiete und der Europäischen Vogelschutzgebiete Bayerns. Bekanntmachung des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen. Vom 15. Oktober 2001 Nr. 62a-8645.4–2001/2. – Allgemeines Ministerialblatt der Bayerischen Staatsregierung Nummer 14 (11): 541–614.
- BILL, H.-C. (2000): Besiedlungsdynamik und Populationsbiologie charakteristischer Pionierpflanzenarten nordalpiner Wildflüsse. – Wissenschaft in Dissertationen 557: 1–202. Görlich & Weiershäuser, Marburg.
- BILL, H. (2001): Die Obere Isar – letzte Reste einer bayerischen Wildflusslandschaft. – Laufener Seminarbeitr. 3/01: 35–45.
- BILL, H.-C., SPAHN, P., REICH, M. & PLACHTER, H. (1997): Bestandsveränderungen und Besiedlungsdynamik der Deutschen Tamariske (*Myricaria germanica*). – Z. Ökologie Naturschutz 6: 137–150.
- BILL, H.-C., POSCHLOD, P., REICH, M. & PLACHTER, H. (1999): Experiments and observations on seed dispersal by running water in an Alpine floodplain. – Bull. Geobot. Inst. ETH 65: 13–28.
- BUTTLER, K.P. & HAND, R. (2008): Liste der Gefäßpflanzen Deutschlands. – Kochia, Beiheft 1: 1–107.
- CHRISTENSEN, K.L. (1987): Taxonomic revision of the *Pinus mugo* complex and *P. rhaetica* (*P. mugo* x *sylvestris*) (*Pinaceae*). – Nord. J. Bot. 7: 383–408.
- EHRIG, F.R. (1977): Walddegradation und Waldsanierung im Raum von Garmisch-Partenkirchen. – Erdkunde 31: 33–44.
- ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. – 5. Aufl., Ulmer, Stuttgart.
- GERNDT, S. (1978): Unsere bayerische Landschaft. Ein Naturführer. – Prestel, München.
- GESELLSCHAFT FÜR ARCHÄOLOGIE IN BAYERN (Ed.) (2006): Archäologie. Fenster zur Vergangenheit in Bayern. – Friedrich Pustet, Regensburg.
- HANAUER, M. (2015): Comparative ecological and functional analysis of grazing systems. – Diss., Univ. Regensburg.
- HOFMANN, J. (1883): Flora des Isar-Gebietes von Wolfratshausen bis Deggendorf. – Selbstverlag des botanischen Vereins in Landshut, Landshut.
- HÖLZEL, N. (1996): Schneeheide-Kiefernwälder in den mittleren Nördlichen Kalkalpen. – Laufener Forschungsber. 3: 1–192.
- KARL, J., MANGELSDORF, J., SCHEUERMANN, K., LENHART, B., SEITZ, G., JÜRGING, P., SCHAUER, T., MISCHLER, T., HUBER, F., HEBAUER, F., HAUSMANN, A., BINDER, W. & GRÖBMAIER, W. (1998): Die Isar – ein Gebirgsfluß im Wandel der Zeiten. – Jahrb. Ver. z. Schutz d. Bergwelt 63: 1–130.
- KÜNNE, H. (1974): Rote Liste bedrohter Farn- und Blütenpflanzen in Bayern. – Schriftenr. Naturschutz Landschaftspfl. 4: 1–43.
- KÜSTER, H. (2001): Die Geschichte der Vegetation am Lech seit der letzten Eiszeit. – Laufener Seminarbeitr. 3/01: 9–11.
- LIPPERT, W. & MEIEROTT, L. (2014): Kommentierte Artenliste der Farn- und Blütenpflanzen Bayerns. – Selbstverlag der Bayerischen Botanischen Gesellschaft, München.
- MICHELER, A. (1956): Die Isar vom Karwendel-Ursprung bis zur Mündung in die Donau. Schicksal einer Naturlandschaft. – Jahrb. Ver. z. Schutz d. Alpenpfl. und -tiere 21: 15–46.
- MÜLLER, N. (1991a): Veränderungen alpiner Wildflußlandschaften unter dem Einfluß des Menschen. – Augsbg. Ökologische Schr. 2: 9–30.
- MÜLLER, N. (1991b): Verbreitung, Vergesellschaftung und Rückgang des Zwergrohrkolbens (*Typha minima* Hoppe). – Hoppea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges. 50: 323–341.

- MÜLLER, N. (2007): Zur Wiederansiedlung des Zwergrohrkolbens (*Typha minima* Hoppe) in den Alpen – eine Zielart alpiner Flusslandschaften. – Natur in Tirol 13: 180–193.
- MÜLLER, N. & BÜRGER, A. (1990): Flußmorphologie und Auenvegetation des Lech im Bereich der Forchacher Wildflußlandschaft. – Jahrb. Ver. z. Schutz d. Bergwelt 55: 123–154.
- MÜLLER, N. & MÜLLER, V. (1998): Veränderungen der Vegetation alpiner Flußauen in den letzten 100 Jahren. – In: MÜLLER, N. (Ed.): Zur Vegetation der Nordalpen und des Alpenvorlandes. Exkursionsführer zur 48. Jahrestagung der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft. – Wißner, Augsburg: 95–124 pp.
- PFEUFFER, E. (2010): Der Lech. – Wißner, Augsburg.
- POSCHLOD, P. (1996): Das Metapopulationskonzept – eine Betrachtung aus pflanzenökologischer Sicht. – Z. Ökologie Naturschutz 5: 161–185.
- POSCHLOD, P., KLEYER, M., JACKEL, A.-K., DANNEMANN, A. & TACKENBERG, O. (2003): BIOPOP – a database of plant traits and internet application for nature conservation. – Folia Geobot. Phytotaxon. 38: 263–271.
- REGIERUNG VON OBERBAYERN (1983): Verordnung über das Naturschutzgebiet „Karwendel und Karwendelvorgebirge“. – Amtsblatt 1/1983: 10–13.
- 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 Landesamtes für Umwelt und des Wasserwirtschaftsamtes Weilheim. Institut für Umweltplanung, Leibniz Universität Hannover, Hannover.
- RENNWALD, E. (Ed.) (2002): Verzeichnis und Rote Liste der Pflanzengesellschaften Deutschlands. – Schriftenr. Vegetationskd. 35: 1–820.
- RINGLER, A. (2015): *Erico-Pinion* braucht Natura 2000. Schneeheide-Kiefernwälder der Nordalpen, ihre Zukunft und aktuellen Probleme. – Jahrb. Ver. z. Schutz d. Bergwelt 80: 63–124.
- SAMBRAUS, H.H. (2010): Gefährdete Nutztierassen. Ihre Zuchtgeschichte, Nutzung und Bewahrung. – 3. Aufl., Ulmer, Stuttgart.
- SCHAIPP, B. & ZEHEM, A. (2009): Abschlussbericht des LfU zur Oberen Isar zum Gutachten von Prof. Dr. Reich und eigenen Untersuchungen zum Geschiebemanagement. – Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg.
- SCHAUER, T. (1998): Die Vegetationsverhältnisse an der Oberen Isar vor und nach der Teilrückleitung. – Jahrb. Ver. z. Schutz d. Bergwelt 63: 131–183.
- SCHEUERER, M. & AHLMER, W. (2003): Rote Liste gefährdeter Gefäßpflanzen Bayerns mit regionalisierter Florenliste. – Schriftenr. Bayer. Landesamt Umweltschutz 165: 1–372.
- SCHÖNFELDER, P. (1986): Rote Liste gefährdeter Farn- und Blütenpflanzen Bayerns. – Schriftenr. Bayer. Landesamt Umweltschutz 72: 1–77.
- SCHRETZENMAYER, M. (1950): Die Sukzessionsverhältnisse der Isarauen südlich Lenggries. – Ber. Bay. Bot. Ges. 28: 19–63.
- SCHWEINGRUBER, F. & POSCHLOD, P. (2005): Growth rings in herbs and shrubs: life span, age determination and stem anatomy. – Forest Snow Landsc. Res. 79: 195–415.
- SEIBERT, P. (1958): Die Pflanzengesellschaften im Naturschutzgebiet „Pupplinger Au“. – Landschaftspfl. Vegetationskd. 1: 1–79.
- SPEER, F. (1990): Isarflimmern. – DAV Panorama 51 (2): 26–34.
- SUCK, R. & BUSHART, M. (2012): Potentielle Natürliche Vegetation Bayerns. Erläuterungen zur Übersichtskarte 1 : 500 000. – Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg.
- TAPPERT, L. (2013): Veränderung der Vegetation und Populationsstruktur von *Myricaria germanica* entlang der Isar zwischen 1811 und 2012. – Bachelorarbeit, Universität Regensburg.
- WAGNER, A. (2000): Minerotrophe Bergkiefernmoore im Alpenvorland. – Diss. TUM-Weihenstephan.
- ZEHEM, A. (2013): Ergebnisse zur Umfrage *Chondrilla chondrilloides* (Alpen-Knorpellattich). – Newsl. Bot. Bayern Nr. 19/13: 1.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Tuexenia - Mitteilungen der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft](#)

Jahr/Year: 2016

Band/Volume: [BH_9_2016](#)

Autor(en)/Author(s): Poschlod Peter

Artikel/Article: [Die Obere Isar – Flusslandschaft im Wandel: Eine „Kulturgeschichte“ wasserbaulicher Maßnahmen und der Waldweide 85-105](#)