

# **Vegetationsdynamik einer alpinen Wildflusslandschaft und Auswirkungen von Renaturierungsmaßnahmen auf das Störungsregime, dargestellt am Beispiel des Tiroler Lechs**

von **Gregory Egger, Susanne Aigner und Karoline Angermann**

*Keywords: Auenvegetation, Lech, Prozesse, Sukzession, Renaturierung*

Der Tiroler Lech ist durch seine Gewässerdynamik und seine Pflanzen- und Tierwelt für den gesamten Alpenraum ein herausragendes Beispiel für eine ökologisch hochwertige Wildflusslandschaft. Im 20. Jahrhundert wurden umfangreiche Regulierungen am Lech durchgeführt. Das führte zu einer Tiefenerosion der Flusssohle und zu einer Entkopplung großer Auenbereiche von der Flussdynamik.

Im Rahmen eines EU-LIFE-Natur-Projekts wurde versucht, diese negativen Entwicklungstendenzen zu stoppen. Das Projekt lief von 2001 bis 2006 und beinhaltete mehrere Renaturierungsmaßnahmen am Lech und an Seitzubringern.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Eingriffe durch die Flussregulierung und Maßnahmen zur Renaturierung in Bezug auf das Störungsregime des Lechs und die Wechselwirkungen mit den natürlichen Prozessen und der Auenvegetation darzustellen.

Am Tiroler Lech kommen nach wie vor alle ökologisch relevanten Habitattypen und Indikatorarten vor, durch die Flussbetteintiefung ist jedoch ein deutlicher Rückgang von jungen Pioniergesellschaften wie Weiden-Tamariskegebüsch und von Kiefern- und Grauerlen-Pionierauwaldtypen zu verzeichnen. Im Gegenzug hat sich der Anteil der älteren Endgesellschaften wie der Schneeheide-Kiefernwälder erhöht.

Die im Zuge des EU-LIFE-Natur-Projektes durchgeführten Flussaufweitungen und Rückbauten von Quer- und Längsbauwerken haben in Summe zu einer Erhöhung der Habitatvielfalt im Flussbett des Lechs geführt. Dieses entspricht allerdings nur bedingt und in Teilbereichen dem natürlichen Habitat- und Vegetationsmosaik. Zur langfristigen Erhaltung der für alpine Wildflusslandschaften spezifischen Tier- und Pflanzengemeinschaften erscheinen weitere Renaturierungsmaßnahmen zur Wiederanbindung und Aktivierung von Auen an die natürliche Flussdynamik notwendig.

## **I Einleitung**

Die Wildflusslandschaft des Tiroler Lechs stellt in Hinblick auf die Gewässerdynamik und die Pflanzen- und Tierwelt ein herausragendes Beispiel mit höchster Schutzwürdigkeit für Österreich und für den gesamten Alpenraum dar (siehe u.a. BADER 2002, BAUER 1990, HUEMER 1990, KOFLER 1979, LANDMANN & BÖHM 1990, MÜLLER 1988, MÜLLER 1990, MÜLLER et al. 1991, MÜLLER & BÜRGER 1990, PFEUFFER 2007, SCHATZ 1996, SCHEUERMANN & KARL 1990, SCHILLHAMMER 1995, SCHUH & JÄCH 1999, STEINBERGER 1996). Die Lechregulierung im 20. Jahrhundert, Schotterentnahmen und Geschiebesperren im Bereich von Zubringerbächen (SCHEUERMANN & KARL 1990, DREXLER 2006) führ-



**Abb. 1:** Der Tiroler Lech zählt zu den großartigsten Wildflusslandschaften der Alpen (Foto: A. Vorauer, 2003).



**Abb. 2:** Im Bereich Forchach nehmen die Tiroler Lechauen nahezu die gesamte Talbodenbreite ein (Foto: A. Vorauer, 2003).



**Abb. 3:** Aus der Vogelperspektive sind die langen Quertraversen der Lechauen zwischen Stanzach und Forchach als perlschnurartige Einschnürungen besonders gut ersichtlich. Allerdings wurde mit diesen Eingriffen eine Änderung der Flussdynamik eingeleitet, welche in der Folge negative ökologische Auswirkungen auf das gesamte Auenökosystem nach sich zogen (Foto: A. Vorauer, 2003).

ten zu einer teilweise beträchtlichen Tiefenerosion der Flusssohle und damit zu einer Entkoppelung großer Auenbereiche von der Flussdynamik. Um diese für das Auenökosystem in vielfacher Weise negative Entwicklungstendenz zu stoppen und die ökologische Funktionsfähigkeit zu verbessern, wurde im Jahr 2000 der Tiroler Lech einschließlich vieler Seitenbäche als Natura 2000-Gebiet "Lechtal" nach der Habitat- und Vogelschutzrichtlinie gemeldet. In der Folge wurde ein EU-LIFE-Natur-Projekt "Wildflusslandschaft Tiroler Lech" initiiert und von 2001 bis 2006 umgesetzt (AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG, ABTEILUNG UMWELTSCHUTZ 2007). Zentrales Anliegen des EU-LIFE-Natur-Projektes (Kurzbezeichnung: LIFE-Projekt) ist die Erhaltung und Wiedergewinnung naturnaher, dynamischer Flusslebensräume und die Sicherung und Förderung der typischen Tier- und Pflanzengemeinschaften der Wildflusslandschaft des Tiroler Lechs. Darüber hinaus soll mit dem Projekt der natürliche Hochwasserschutz verbessert werden. Um diese Ziele zu erreichen, sieht das gegenständliche LIFE-Projekt ein umfassendes Managementprogramm vor, in dem sich flussbauliche und naturschutzfachliche Maßnahmen ergänzen. Im Rahmen dieses Projektes wurden am Lech mehrere flussbauliche Maßnahmen umgesetzt.

In einem Monitoringprogramm wurde die Wirksamkeit dieser Maßnahmen anhand ausgewählter Abschnitte u. a. von den Fachbereichen Habitats (PREIS et al. 2003, PREIS et al. 2007), Fische (ZITEK et al. 2003) und Auenvegetation (EGGER et al. 2003, EGGER et al. 2007) untersucht. Mit den Ergebnissen dieser Arbeiten können kurz- bis mittelfristige Aussagen über den ökologischen Zustand des Lechs gemacht werden.

Im folgenden Artikel werden auf Basis umfangreicher Dokumentationen und Analysen des Zustands der Auenvegetation vor und nach der Maßnahmenumsetzung die Zusammenhänge von Störungsregime und kurz- bis mittelfristiger Vegetationsentwicklung am Tiroler Lech analysiert (EGGER et al. 2005). Ausgehend vom Konzept der Sukzessionsmosaik ("shifting habitat mosaics", STANFORD et al. 2005) und den Zusammenhängen von Störungsregime und Vegetationsdynamik wird die mittel- bis langfristige Vegetationsentwicklung der Wildflusslandschaft des Tiroler Lechs prozessorientiert abgeschätzt.

## 2 Untersuchungsgebiet

### 2.1 Untersuchungsgebiet "Wildflusslandschaft Tiroler Lech"

Das Untersuchungsgebiet umfasst die Lechauen beginnend bei Holzgau (Fluss-km 223, Seehöhe 1080 m) bis Lüss unmittelbar flussab von Reutte (Fluss-km 177) inklusive ausgewählter Zubringerbäche wie den Schwarzwasserbach, Hornbach und Namlosbach sowie die Auen an der unteren Vils (Seehöhe 850 m).

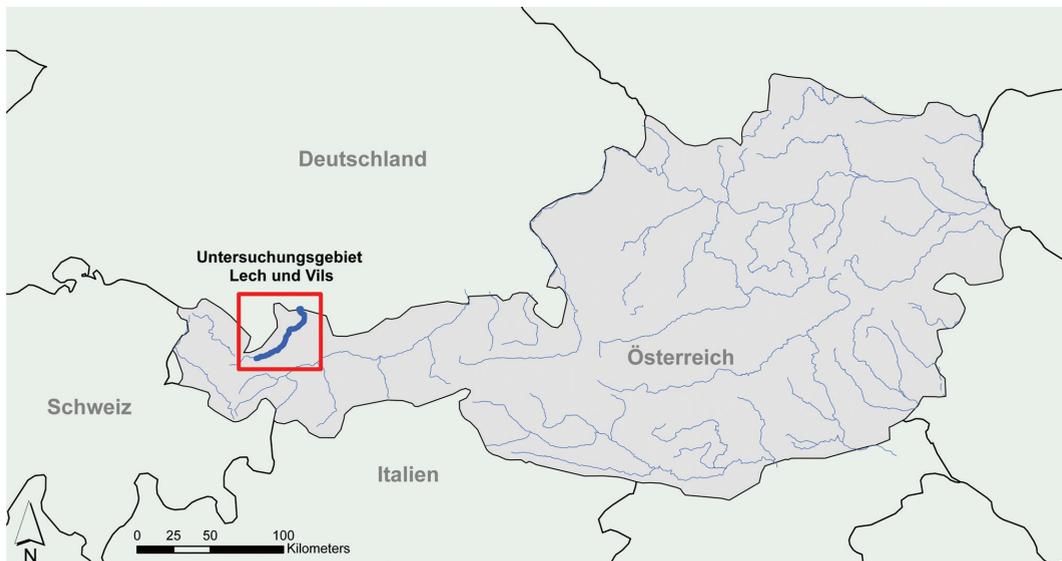


Abb. 4: Lage des Untersuchungsgebietes und der kartierten Abschnitte am Lech sowie an den Zubringerbächen.

### 2.2 Detailanalysen: Stuibenau und Weißenbacher Au

Die Detailanalysen werden in der Stuibenau flussauf und der Weißenbacher Au flussab der Johannesbrücke (Benennung der Lokalitäten siehe MÜLLER & BÜRGER 1990) durchgeführt. In diesem Flussabschnitt werden durch Renaturierungsmaßnahmen im Rahmen des LIFE-Projektes "Wildflusslandschaft Tiroler Lech" verursachte Veränderungen anhand von Vegetationstypen und Störungsregime im Detail untersucht.

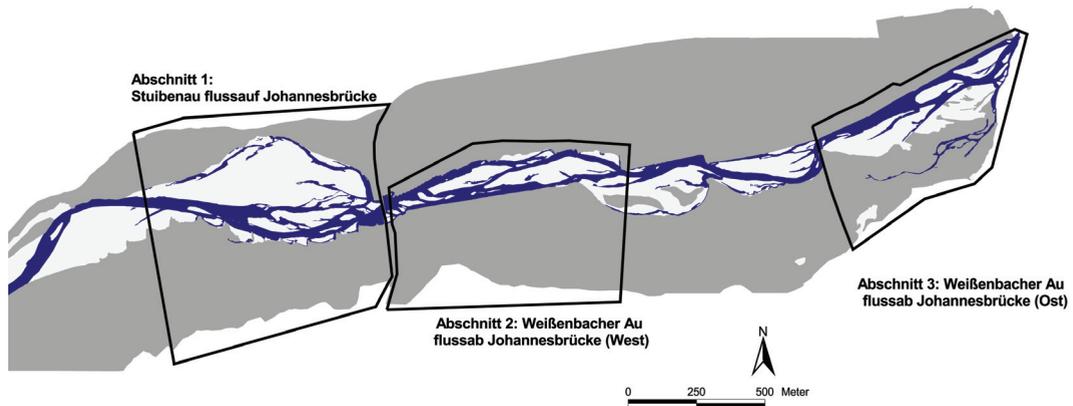


Abb. 5: Lage der Detailuntersuchungen Stuibenu flußauf Johannesbrücke (Abschnitt 1) und Weißenbacher Au flußab Johannesbrücke (West, Abschnitt 2 und Ost, Abschnitt 3) / Tiroler Lech.

## 2.3 Naturraum

Das Einzugsgebiet liegt fast zur Gänze in der oberostalpinen Zone der nördlichen Kalkalpen. Der Hauptdolomit, der Wettersteinkalk und der Fleckenmergel zählen dabei zu den bedeutendsten Gesteinen der den Lech umgebenden Lechtaler, Allgäuer und Ammergauer Alpen sowie der Tannheimer Berge (SCHEUERMANN & KARL 1990).

Der Lech entspringt beim Formarinsee in Vorarlberg (ca. 1880 m), überquert bei Warth die Grenze zu Tirol, durchfließt eine Schluchtstrecke und erreicht bei Steeg wieder besiedeltes Gebiet. Das rezente Flussbett wurde im Zuge der Eiszeiten mehrfach glazial überprägt. Im obersten Abschnitt des Lechs zwischen den Ortschaften Lech und Prenten ist ein Kerbtal bzw. eine Klammstrecke ausgebildet. Flussab herrscht ein Sohltental vor, welches von einzelnen natürlichen Hindernissen mehrfach unterbrochen wird, durch die sich der Lech Schluchten durchbrechen musste. Zwischen den Orten Spullerbach und Berg ist der Lech als pendelnder Flusstyp mit lokalen Aufzweigungen bzw. als gestreckter Flusstyp anzusprechen. Ab Vorderhornbach bis Staatsgrenze (ca. 800 m) dominiert der Furkationstyp<sup>1</sup> (MUHAR et al. 1996), das Gefälle beträgt ca. 6-4 ‰. Das Gebiet der Detailanalysen liegt im Bereich der Johannesbrücke auf ca. 900 m.

Das Klima ist mit einer mittleren Jahrestemperatur von ca. 7° C relativ kühl und aufgrund der Stau- lage mit 1457 mm mittlerer jährlicher Niederschlagsmenge relativ niederschlagsreich (Station Höfen, 869 m). Das Gebiet ist insgesamt dem humiden Klimatypus zuzuordnen.

Die Abflussverhältnisse des ca. 1.406 km<sup>2</sup> großen Einzugsgebietes auf österreichischem Boden sind als nival (Pegel Lech) und am flußab gelegenen Pegel Steeg als gemäßigt nival einzustufen (MADER et al. 1996). Beim nivalen Regime tritt der größte Abfluss im Juni auf. Beim gemäßigt nivalen Regime kommt es bedingt durch die Schneeschmelze in den Monaten Mai und Juni zum Abflussmaximum. Das Minimum ist aufgrund des Schneerückhaltes jeweils im Winter zu verzeichnen. Charakteristische Abflusswerte des Lechs sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

<sup>1</sup> Fließgewässer vom Furkationstyp sind durch ein zumeist breites, von zahlreichen Neben- und Seitenarmen durchzogenes Gewässerbett gekennzeichnet. Charakteristisch sind der hohe Geschiebetrieb in Verbindung mit sich ständig neu bildenden und wieder abgetragenen Inseln und Auwaldflächen.

**Tabelle 1:** Abflusswerte des Pegels Lechaschau (836 m) (Quelle: Hydrografisches Jahrbuch 2002).

	2002	1971- 2002
NQ	9,12 m <sup>3</sup> /s	1,96 m <sup>3</sup> /s
MQ	47,70 m <sup>3</sup> /s	44,9 m <sup>3</sup> /s
HQ	676 m <sup>3</sup> /s	855 m <sup>3</sup> /s

### 3 Datengrundlagen und Erhebungsmethode

Die fachliche Basis der vorliegenden Analysen sind flächendeckende Kartierungen der Auenvegetation (Erhebungsmaßstab 1: 2.000 bis 1: 3.000) am Lech, in Sperrenbereichen von Zubringerbächen sowie an der Vils. Die Gebiete wurden in den Jahren 2001 vor Umsetzung (EGGER et al. 2003a, EGGER et al. 2003b), 2003 (EGGER et al. 2003c) und 2006 nach Umsetzung der Renaturierungsmaßnahmen des LIFE-Projektes (EGGER et al. 2007) kartiert. Die Aufbereitung der Karten erfolgte im Programm ArcView 3.2.

**Tabelle 2:** Kartierte Abschnitte, Lage (Lech-Flusskilometer; Angaben flussaufwärts ab Einmündung in die Donau), Flächengröße und Kartierungszeitpunkt.

Kartierungsabschnitte	Lech- Flusskilometer	Fläche in ha	Erhebungs- jahr
<b>Lech:</b>			
Holzgau	km 222 - km 223	6	2001
Brunnwasser Grünau	km 214 - km 215	12	2001
Fuchsloch	km 209 - km 210	13	2001
Lechtalarm Häselgehr	km 208 - km 209	6	2001
Brunnwasser Martinau	km 199 - km 201	60	2001
Martinau	km 199 - km 201	60	2001
Brunnwasser Forchach	km 197	8	2001
Radsperrbodenau	km 192 - km 194	122	2001
Stuibenu und Weißenbacher Au	km 187 - km 192	277	2001/2006
Hornberg-Ehenbichl	km 181 - km 184	114	2001
Lüss	km 177 - km 178	43	2002
<b>Lech-Zubringer:</b>			
Schwarzwasserbach-Sperre		28	2001/2006
Schwarzwasserbach-Mündung	km 193,5	46	2001/2006
Hornbach-Sperre		30	2001/2006
Hornbach-Mündung	km 199	22	2001/2006
Namlosbach-Sperre		19	2001
Vils	km 169	43	2001/2006
<b>Kartierte Gesamtfläche</b>		<b>909</b>	

Zur Dokumentation der Vegetationstypen wurden 2002 in Summe 103 Vegetationsaufnahmen nach der Methode von BRAUN-BLANQUET (1964) erstellt (EGGER & AIGNER 2003). Neben der Aufnahme des schichtbezogenen Vorkommens und Deckungsgrads der Pflanzenarten wurden auch wesentliche Standortparameter wie Boden (Typ, Art, Mächtigkeit), Wasser- und Nährstoffhaushalt und Bestandesalter erfasst. Die Namen der Gefäßpflanzen richten sich nach ADLER et al. (1994). Die pflanzenso-

ziologische Auswertung erfolgte über das Datenbankprogramm Turboveg. Die Typisierung der Vegetation baut unter Einbeziehung einschlägiger österreichischspezifischer Literatur (MUCINA et al. 1993a, MUCINA et al. 1993b, WILLNER & GRABHERR 2007) auf MÜLLER & BÜRGER (1990) auf.

Zusätzlich wurden 2002 von ausgewählten Straucharten wie der Deutschen Tamariske (*Myricaria germanica*) und Baumarten wie der Grau-Erle (*Alnus incana*), Rot-Föhre (*Pinus sylvestris*) und Fichte (*Picea abies*) mittels Jahresringzählung von Stammquerschnitten bzw. Bohrkernen das Alter unterschiedlicher Standorte und Sukzessionsphasen ermittelt.

Die ältesten Datengrundlagen gehen auf Auswertungen des Franziszeischen Katasters aus dem Jahre 1856 (historische Karten zur Landnutzung) und auf den Lageplan "Allgemeine Lechbauten" von 1925 zurück. Diese wurden von DREXLER (2006) ausgehoben und aufbereitet. Des weiteren stehen S/W Luftbilder aus ca. 1950 (keine exakte Jahresangabe) und eine Reihe historischer Fotografien (teilweise ohne Jahresangaben) zur Verfügung (Quelle: Baubezirksamt Reutte).

## 4 Vegetationsdynamik der Tiroler Lechauen

### 4.1 Vegetationsökologische Charakterisierung der Auenökosystem-Zonen

In Anlehnung an WARD & TOCKNER (2001) und STANFORD et al. (1996) können Auen ("riparian corridors") aus vegetationsökologischer Sicht in drei unterschiedliche **Auenökosystem-Zonen** untergliedert werden (EGGER 1992):

1. Aquatische Bereiche der **Wasserzone**: Die Wasserzone reicht bis ca. Höhe Jahresmittelwasserstand (MQ). Das Abflussregime des Lechs ist durch ein Abflussmaximum zur Zeit der Schneeschmelze in den Monaten Mai und Juni gefolgt von Juli, April und August (MADER et al. 1996) geprägt. In der Zeit des Abflussminimums im Winter wird die Wasserzone auch von trockengefallenen, vegetationslosen Schotterbänken, in geringerem Umfang auch von Sandbänken, eingenommen. Die Wasserzone am Lech ist in der Regel aufgrund der extremen Flussdynamik für höhere Pflanzen nicht besiedelbar.



Abb. 6: Lechfluss flussauf der Johannesbrücke (Foto: G. Egger, 2001).

2. Amphibische Bereiche der **Uferzone**: Diese reicht von ca. Höhe Jahresmittelwasserstand bis ca. Höhe bordvoller Abfluss<sup>2</sup> ("bank full"). Sie entspricht in etwa dem "active channel"<sup>3</sup>. Typisch für die Uferzone ist der Wechsel von vegetationslosen (Initialphase) und mit ersten Pflanzenarten (Pionierphase) besiedelten Schotter- und Sandbänken. Zudem können sich hier unterschiedliche Gesellschaften des Flussröhrichts (Krautphase) und des Pioniergebüsches (Gebüschphase) etablieren.



Abb. 7: Foto der aktuellen Uferzone im unteren rechtsufrigen Bereich der Weißenbacher Au flussab Johannesbrücke (Ost) / Tiroler Lech. Dieser Bereich entspricht in etwa dem historischen Vegetationsmosaik (Foto: C. Gabriel, 2003).

3. Der semiterrestrische Bereich der **Auenzone** reicht von Höhe bordvoller Abfluss bis ca. zur historischen HQ-100 Anschlaglinie ("natürliche Auenzone"). Generell wird die Auenzone bei alpinen Fließgewässern überwiegend von Auwaldgesellschaften der Weichholzaue und der Hartholzaue, Laub-Nadel-Mischwäldern bzw. Nadelwäldern eingenommen (vgl. MUHAR et al. 2004). Die rezente Auenzone des Tiroler Lechs wird von unterschiedlichen Grauerlenwaldtypen und Übergangstypen zu Kiefernwaldgesellschaften geprägt. In flussfernen bzw. höher gelegenen Randbereichen der Auenterrasse können alle Übergänge zu Klimaxgesellschaften (zonale Waldgesellschaften, teilweise auch Fichtenaufforstungen) vorkommen.

In Abhängigkeit von den drei genannten Auenökosystem-Zonen sind generell für eine Au (NAIMAN et al. 2005) bzw. für den Tiroler Lech (vgl. MÜLLER & BÜRGER 1990) folgende **exogene Umweltfaktoren** mehr oder minder prägend:

- **Mechanischer Störungseinfluss** infolge Geschiebetransport, Morpho- und Hydrodynamik: Dabei kommt es zu einer Zerstörung der Standorte infolge von Tiefen- und Seitenerosion und durch Sedimentation von Geschiebe und Feinsedimenten (Überschüttung) sowie zu einer mechanischen Schädigung bis hin zur vollkommenen Zerstörung der Pflanzen. Dieser Faktor bestimmt das Alter der Standorte und damit auch jenes der Vegetation und ist speziell in der Uferzone alpiner Fließgewässer zumeist der selektivste Parameter. Bei furkierenden Flüssen wie dem Tiroler Lech stellt der mechanische Störungseinfluss den prägensten Standortfaktor für die Vegetation dar.
- **Überflutung**: Je nach Dauer, Höhe, Frequenz und Jahreszeit kann der pflanzenphysiologische Überflutungsstress als Faktor für die Artenzusammensetzung prägend sein – insbesondere in der Auenzone in den Mittel- und Unterläufen von Fließgewässern (vgl. GLENZ 2005). Mit der Überflutung

<sup>2</sup> Der bordvolle Abfluss ist jener Abfluss, der gerade noch ohne Ausuferungen im Gewässerbett abfließen kann. Als in der Regel bettbildender Abfluss ist er eine wichtige Kenngröße für die Charakterisierung von Fließgewässern (siehe ROSGEN 1996) und liegt zumeist in der Größenordnung eines ein- bis drei-jährlichen Ereignisses (im Mittel nach LEOPOLD et al. 1992 bei ca. HQ 1,5-1,7).

<sup>3</sup> Als "active channel" wird jener Bereich des Gewässerbettes definiert, welcher nahezu vegetationsfrei ist und zumindest einmal im Jahr überschwemmt bzw. umgelagert wird (MONTGOMERY & MACDONALD 2002).

geht auch der Eintrag von Nährstoffen einher. Am Tiroler Lech treten Hochwasserereignisse in der Regel als Überflutungen von relativ kurzer Dauer auf, die einige Stunden bis hin zu wenigen Tagen beträgt. Zudem sind die Böden stark wasserdurchlässig, wodurch Staueffekte in weiter vom Fluss entfernten und tiefer gelegener Auenbereichen – mit Ausnahme einiger weniger Flutmulden – ausbleiben.

- **Grundwasser:** Grundwassereinfluss und Grundwasserdynamik bestimmen in Kombination mit den Bodenverhältnissen den Bodenwasserhaushalt. Das Zuschusswasser aus dem Grundwasser und eine mehr oder minder gute Bodendurchlüftung infolge der hohen Grundwasserdynamik sind für die Vegetation der Auenzone zumeist von entscheidender Bedeutung (EGGER 1992). Bei ökologisch intakten Auen wird das kleinräumige Mosaik aus unterschiedlichen Pflanzengesellschaften aquatischer, amphibischer und semiterrestrischer Lebensräume durch den unterschiedlichen Grundwassereinfluss entscheidend geprägt. In den Tiroler Lechauen ist das Grundwasser infolge des Bodenaufbaus mit überwiegend groben Kalkschottern und einer zumeist nur gering mächtigen Feinbodenauflage im wesentlichen nur für die Pflanzen der tiefer liegenden Uferzone erreichbar. Hier haben Arten wie die Lavendel-Weide (*Salix eleagnos*) und die Deutsche Tamariske (*Myricaria germanica*), welche auch tiefer in den Schotterkörper zu wurzeln vermögen, einen entscheidenden Konkurrenzvorteil.
- **Bodenart:** Wesentlich für die Ausprägung der Pflanzengesellschaften ist das Zusammenspiel von Störungs-, Überflutungs- und Grundwassereinfluss und den lokalen Bodenverhältnissen (insbesondere der Korngrößenverteilung, Bodenart und Bodenaufbau). Trotz der hohen Niederschläge im Gebiet bedingen die geringe Wasserspeicherkapazität und die starke Wasserdurchlässigkeit der Tiroler Lechauen (insbesondere flussauf von Reutte) eine hohe Bodentrockenheit, welche einen bestimmenden ökologischen Faktor für die Auenvegetation darstellt. So werden die Vegetationsbestände in der Auenzone im wesentlichen von trockenheitsertragenden Arten wie der Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris*) und Arten der Kalk-Halbtrockenrasen gebildet. Zudem kommt, dass der Grundwasserspiegel in der Auenzone bis zu mehreren Metern unter Flur liegt bzw. die Schwankungsamplitude innerhalb des Schotterkörpers zu liegen kommt und daher kein kapillarer Aufstieg in den Oberboden stattfindet. Das Grundwasser ist damit für die Mehrzahl der Pflanzen nicht bzw. kaum verfügbar. Für den Bodenwasserhaushalt nicht unwesentlich sind daher die hohen Sommerniederschläge. Typische Arten alpiner Auen wie z. B. die Grau-Erle (*Alnus incana*), welche eine ausgeglichene und gute Wasserversorgung benötigt, sind an Standorte mit einer zumindest 10 cm mächtigen Feinbodenauflage gebunden. Diese Standorte kommen in der Forchacher Au kleinflächig z.B. im Rückstaubereich von Buhnen vor. Großflächiger sind sie in den Auwäldern flussab von Ehenbichl bei Reutte ausgebildet.

Diese Umweltfaktoren stehen im unmittelbaren funktionalem Zusammenhang mit dem Fluss und dessen Dynamik. Sie bestimmen im wesentlichen die Keimungs-, Etablierungs- und Wuchsbedingungen (Vitalität, Wuchsgeschwindigkeit, Alter) der einzelnen Pflanzenindividuen sowie die inter- und intraspezifische Konkurrenz der Vegetation. In Summe führen diese Bedingungen zur Ausprägung der einzelnen Pflanzengesellschaften und geben Richtung und Geschwindigkeit der Sukzession vor. Die prägenden Umweltfaktoren der Tiroler Lechauen sind im "active channel" – dem aktiven Flussanteil – der extrem hohe Störungseinfluss und in der Auenzone die zeitweilige Trockenheit der Standorte.

## 4.2 Sukzession

Eine langfristige Abfolge von Vegetationstypen an demselben Ort wird als Sukzessionsserie (oder Entwicklungsreihe) bezeichnet (CLEMENS 1916). Sukzessionsserien können nach unterschiedlich-

ten Gesichtspunkten untergliedert werden. In Anlehnung an WENDELBERGER-ZELINKA (1952), DRESCHER et al. (1995) und EGGER et al. (1996) wird das Auen-Ökosystem der Tiroler Lechauen in drei **Sukzessionsserien** mit jeweils charakteristischen Vegetationstypen untergliedert (vgl. MÜLLER & BÜRGER 1990). Die Sukzessionsserien stehen in Abhängigkeit von Ausgangssubstrat und Lage sowie den damit in enger Wechselwirkung stehenden Parametern wie Morphodynamik und Bodenwasserhaushalt. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Sukzessionsserien, die anschließend erläutert werden.

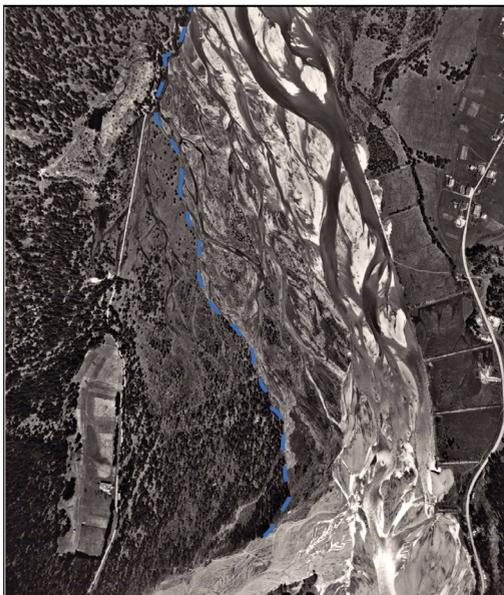
Tabelle 3: Sukzessionsserien und bestimmende Standortsfaktoren für Auenökosysteme alpiner Fließgewässer.

<b>Standortsparameter</b>	<b>Auflandungsreihe</b>	<b>Anlandungsreihe</b>	<b>Verlandungsreihe</b>
<b>Lage</b>	(ehemalige) Inseln und Schotterbänke in der Uferzone des "active channels", Prallufer	Gleiteruferabschnitte der Uferzone; plane, höher gelegene Auenzone	Mulden, Alt- und Totarme der Auenzone
<b>Vorherrschende Bodenart</b>	Kies, Grobsand	Mittelsand bis schluffiger Feinsand	Schluff und Ton
<b>Morphodynamik</b>	Hoch; in relativ kurzen Intervallen umfangreiche Sedimentations-, Umlagerungs- und Erosionsprozesse	Mittel bis gering; mehr oder minder jährliche Sedimentation in den Gleituferebereichen und Erosion in den Pralluferabschnitten (insbesondere bei bordvollem Abfluss), geringe Sedimentation bei größeren Hochwasserereignissen (mehr oder minder langjährige Intervalle)	Gering; allmähliche Sedimentation von bei Hochwässern langsam durchströmten Flutmulden und Totarmen. Neben der mineralogenen Verlandung spielt auch die biogene Verlandung eine mehr oder minder große Rolle
<b>Bodenwasserhaushalt</b>	Zeitweilig extrem trocken	Frisch, zumeist ausgeglichen (insbesondere bei Grundwasseranschluss)	Nass, teilweise längere Überstauung
<b>Bestimmende ökologische Faktoren</b>	Mechanischer Störungseinfluss durch Zerstörung der Vegetation (und unter Umständen des Standortes) sowie zeitweilige Austrocknung des Oberbodens	Physiologischer Überflutungsstress sowie Konkurrenz (speziell Lichtkonkurrenz)	Bodenvernässung-Sauerstoffversorgung im Wurzelraum

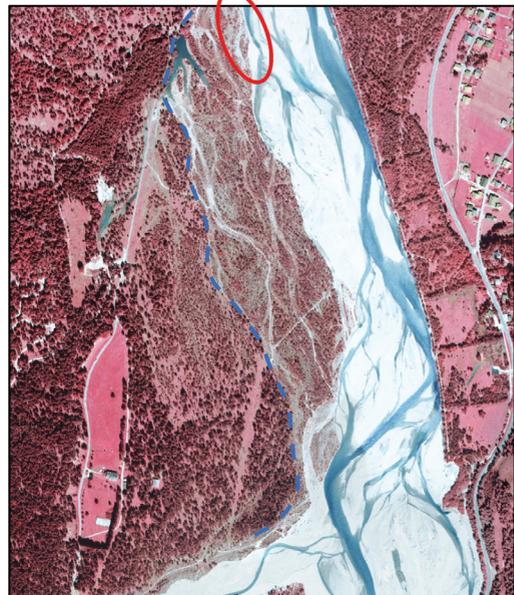
- **Auflandungsreihe**, beginnend über schottrig-kiesigem Material im Bereich von Schotterbänken und -inseln der Uferzone. Aufgrund der hohen Geschiebezufuhr und der hohen Morphodynamik des Lechflusses sind die Vegetationsgesellschaften der Auflandungsreihe die flächenmäßig und ökologisch bedeutsamsten Standorte. Für das Verständnis des Auen-Ökosystems von großer Bedeutung

ist der Umstand, dass die tiefer gelegenen Standorte ("Überflutungsaus") der Auflandungsreihe einer rezente hohen Morphodynamik unterliegen und durch einen entsprechend höheren Anteil jüngerer Sukzessionsstadien geprägt sind<sup>4</sup>. Im Gegensatz dazu unterliegen die höher gelegenen Standorte im Bereich der historisch umgelagerten Flächen, welche infolge der Flusseintiefung nicht mehr überflutet werden ("fossile Au"), rezente Umlagerungsdynamik. Diese Standorte sind extrem flachgründig bzw. fehlt die Feinbodenaufgabe völlig. Die Sukzession schreitet auf diesen zeitweilig extrem trockenen Standorten sehr stark verzögert, jedoch ohne störungsbedingte Unterbrechungen, in Richtung Klimaxgesellschaft voran. Da sich die Standortbedingungen der tiefer liegenden, rezenten Überflutungsaus von jenen der höher liegenden fossilen Au stark unterscheiden, weichen auch deren Vegetationstypen während der Sukzessionsphasen voneinander ab. Typische Beispiele am Tiroler Lech für Auen mit überwiegender Anteil an Vegetationstypen der Auflandungsreihe sind die Auen im oberen Abschnitt des Untersuchungsgebietes wie die Radsperrbodenau (vgl. Vegetationskarte in MÜLLER & BÜRGER 1990; Abb. 9) sowie die Stuibenau und Weißenbacher Au (siehe Kartenausschnitte Abb. 22).

1950



2001



**Abb. 8:** Historische Luftbildaufnahme des Tiroler Lechs aus dem Jahre 1950 (linkes Foto; Quelle: Baubezirksamt Reutte) und Infrarot-Luftbildaufnahme aus dem Jahre 2001 (rechtes Foto; Quelle: Amt der Tiroler Landesregierung) der Radsperrbodenau flussab der Einmündung des Schwarzwasserbaches. Die Luftbildaufnahme von 1950 zeigt, dass zu diesem Zeitpunkt die flussnähere Hälfte der Auenzone noch an die Flussdynamik angebunden war (rechts von der blauen Linie). Bereits 2001 liegt nahezu die gesamte Radsperrbodenau außerhalb des HQ 100. Der im Foto rot umkreiste Bereich unterlag 1988 (vgl. Vegetationskarte von MÜLLER & BÜRGER 1990) noch einer gewissen Flussdynamik, 2001 lag der Bereich bereits außerhalb vom HQ 30. Die Altersbestimmung der Kiefern hat hier 2002 ein Standortsalter von ca. 20 bis 25 Jahre ergeben. Die relativ jungen Sukzessionsstadien des Tamariskengebüsches in den ehemaligen Lechseitenarmen weisen noch auf die ehemalige Flussdynamik dieser Au hin. Auf den höher gelegenen und damit auch älteren Bereichen der Radsperrbodenau (links der blauen Linie) erreichen die Kiefern ein Alter von ca. 60 Jahren (Einzelexemplare bis 90 Jahre) und in den ca. 0,5 bis 1 m tiefen Flutmulden bzw. den ehemaligen Nebenarmen ca. 25 Jahre (Altersbestimmung 2002).

<sup>4</sup> Entspricht weitestgehend den von MÜLLER (1995) als "Überschüttung" ausgewiesenen Bereich.

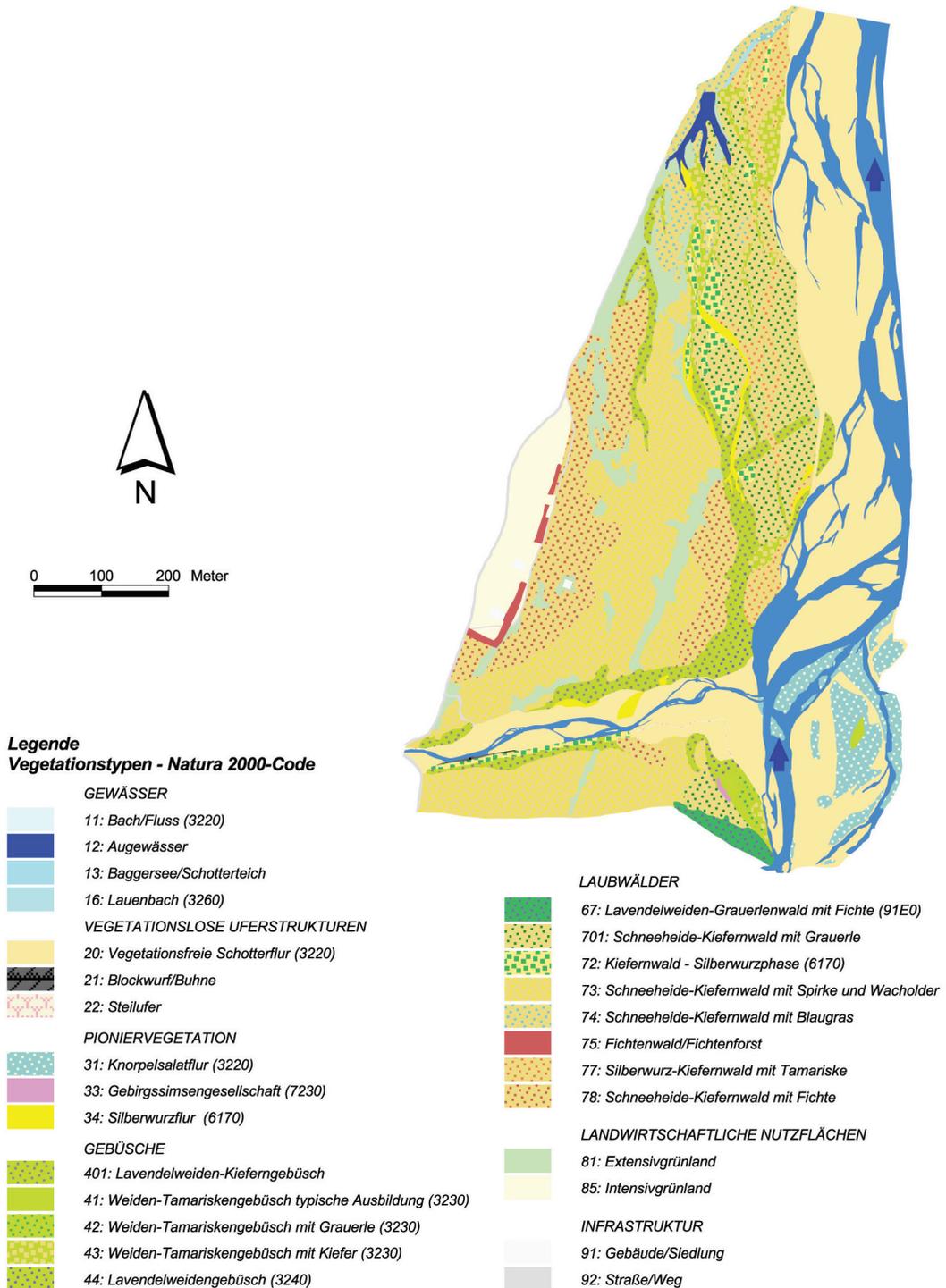


Abb. 9: Vegetationskarte der Radsperrenbodenau / Tiroler Lechtal (Kartierung 2001).

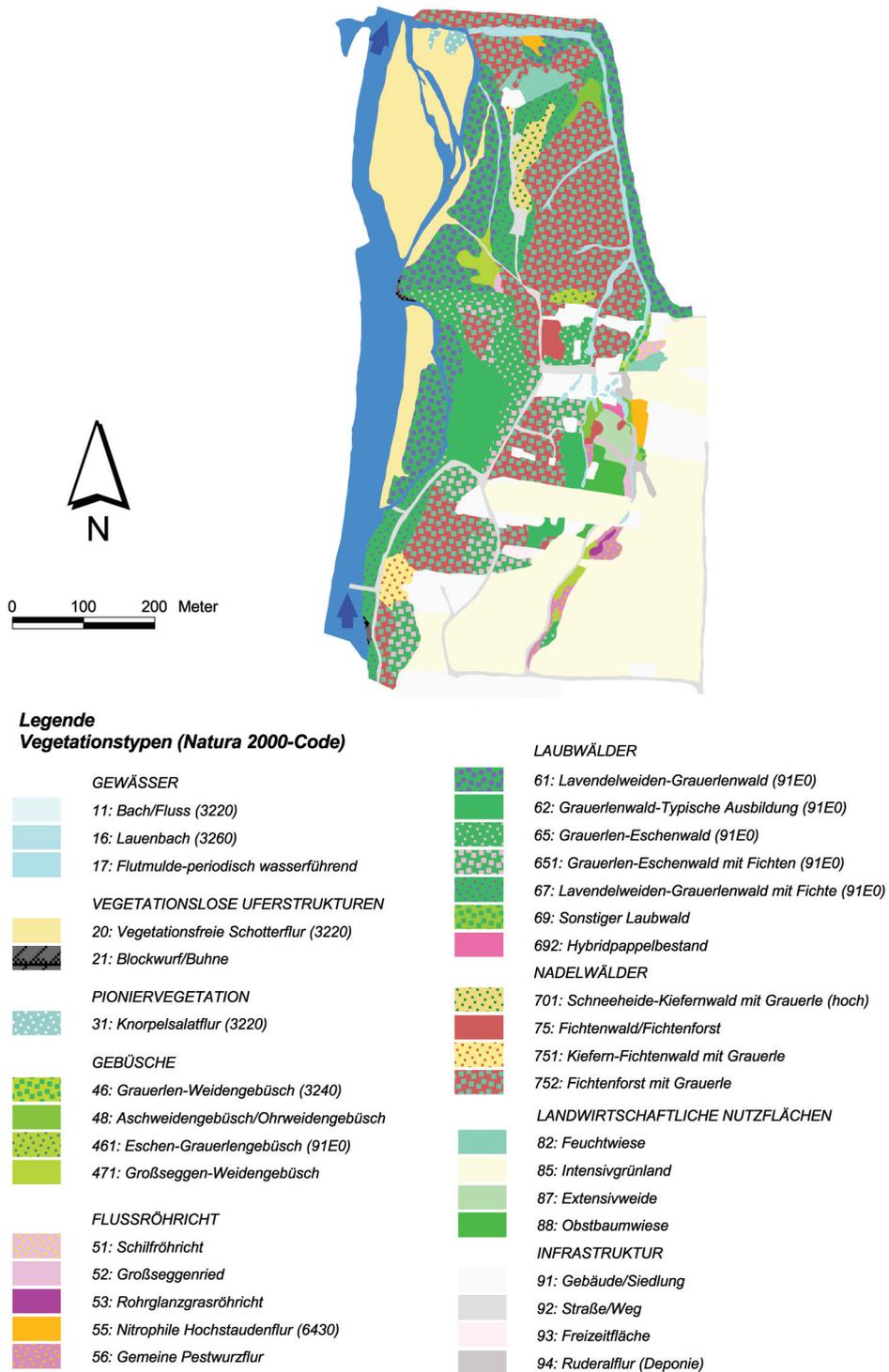


Abb. 10: Vegetationskarte der Auwälder bei Lüss flussab Reutte (Kartierung 2002). In diesem Abschnitt dominieren die Vegetationstypen der Anlandungsserie.

- **Anlandungsreihe** über sandigem Material im Bereich der Gleituferbereiche der Uferzone sowie der planen Flächen der Auenzone<sup>5</sup>. Die Anlandungsreihe ist gekennzeichnet durch eine Feinbodenauflage aus Ausanden mit einem mehr oder minder hohen Schluffanteil. Die Anlandung mit Sand steht in enger Wechselwirkung mit der aufkommenden Vegetation. Diese führt zu einer Erhöhung der Rauigkeit bzw. Verringerung der Fließgeschwindigkeit und Schleppspannung, wodurch es zu einer verstärkten flächigen Anlandung mit Ausanden kommt. Diese Prozesse können auch über durch Auflandung entstandene Schotterbänke und -inseln stattfinden und damit einen Wechsel von der Auf- zur Anlandungsreihe bewirken. Umlagerungsprozesse und flächige Erosionsprozesse sind für die höher gelegene Auenzone zumeist nur lokal und relativ kleinflächig von Bedeutung. Hier wird die Morphodynamik im wesentlichen durch eine (zumeist geringe) Sedimentation im Falle von Überflutungen bei großen Hochwasserereignissen und vor allem durch die Seitenerosion, insbesondere in den Prallhangabschnitten, geprägt. Am Tiroler Lech sind Auen mit größeren Anteilen der Anlandungsreihe vor allem im unteren Teil des Untersuchungsgebietes ca. ab Höhe Ehenbichl wie z. B. die Auen flussab von Reutte bei Lüss (Abb. 10) zu finden.
- **Verlandungsreihe** über tonig-schluffigem Material im Bereich der (in Verlandung begriffenen) Totarme und Mulden in der Auenzone. Diese Reihe spielt für den Lech mit Ausnahme einiger weniger kleinflächiger, flussferner (teils ehemaliger) Flutmulden und punktueller Verlandungen auf strömungsgeschützten Standorten eine untergeordnete Rolle, denn der Schluff- und Tonanteil am Feststoffhaushalt ist relativ gering und die Fließgeschwindigkeiten im Falle von Hochwässern relativ hoch. Zudem ist aufgrund der hohen Wasserdurchlässigkeit kaum eine Ausbildung von Totarmen zu beobachten.

Die Sukzession von Auenstandorten zeigt in Hinblick auf die vertikale und horizontale Vegetationsstruktur, die vorherrschenden Lebensformen und die floristische Zusammensetzung deutliche Entwicklungssprünge und kann in drei hierarchischen Ebenen betrachtet werden. Die oberste Ebene ist die Abfolge von **Sukzessionsstadien** ("succession stages"), welche sich weiter in **Sukzessionsphasen** ("succession phases") untergliedern. Die Sukzessionsphasen sind auf einer dritten und untersten Ebene durch eine charakteristische zeitliche Abfolge von **Vegetationstypen**<sup>6</sup> auf dem Assoziations- oder Subassoziations- bzw. Variantenniveau gekennzeichnet.

Entsprechend dem Entwicklungsverlauf können für die Tiroler Lechauen drei **Sukzessionsstadien** mit mehreren **Sukzessionsphasen** und **Vegetationstypen** unterschieden werden. Eine detaillierte pflanzensoziologische und standörtliche Beschreibung der Vegetationstypen inklusive Vegetationstabellen ist in MÜLLER & BÜRGER 1990 sowie in MÜLLER 1995 publiziert bzw. in den Projektberichten des EU-LIFE-Natur-Monitoringprojektes (siehe Kapitel 3 Datengrundlagen und Erhebungsmethode) dokumentiert:

- I. **Kolonisationsstadium** ("colonization stage"): Ausgehend von den (zumeist nahezu) vegetationslosen Standorten der **Initialphase** (Ia; "initial phase") erfolgt im Kolonisationsstadium die Erstbesiedlung der Standorte und die Ausbildung einer **Pionierphase** (Ib; "pioneer phase"). Die Ökologie der Standorte wird primär durch exogene Parameter wie z. B. Nährstoffe, Wasser, Licht, Wärme vorgegeben. Konkurrenzphänomene spielen auf Grund der geringen Deckung eine untergeordnete

<sup>5</sup> Entspricht weitestgehend den von MÜLLER (1995) als "Überflutung" ausgewiesenen Auenbereich.

<sup>6</sup> Die Ebene der Sukzessionsstadien und der Sukzessionsphasen gelten (mehr oder minder) generell für die Ufer- und Auenzone eines Auen-Ökosystems. Die Ebene der Vegetationseinheiten ist hingegen fließgewässerabschnittsspezifisch.

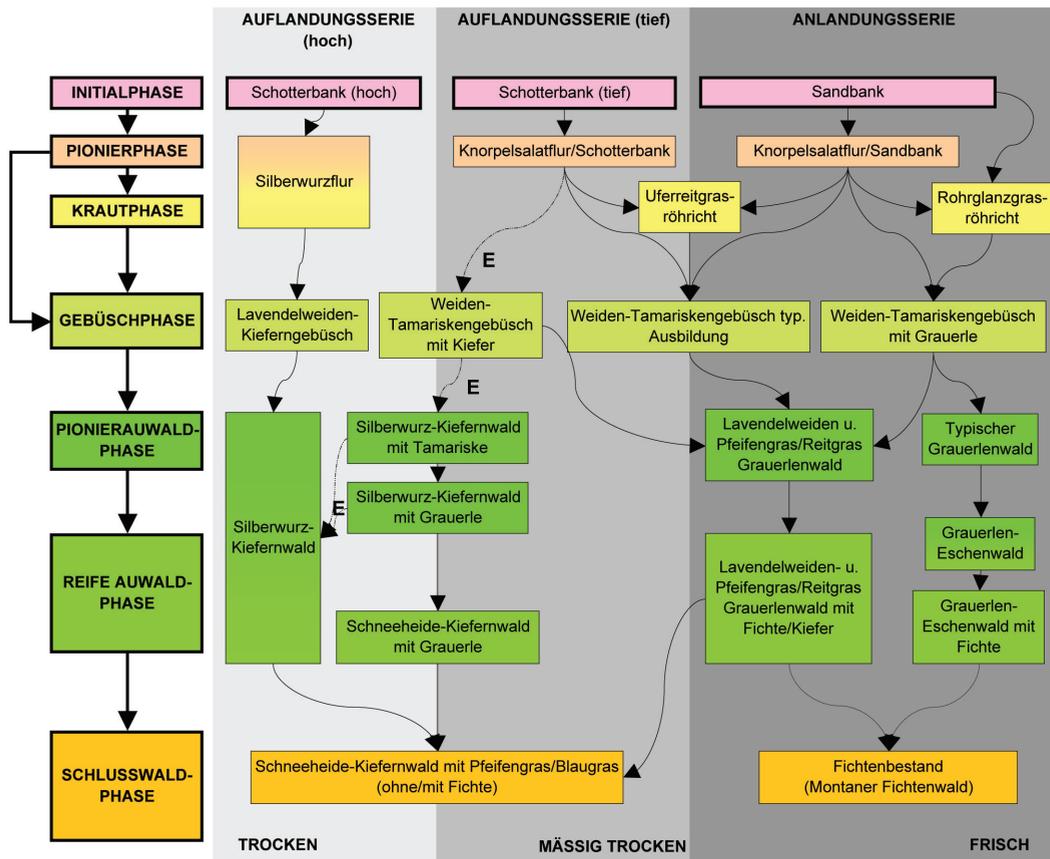


Abb. 11: Vereinfachtes Schema der primären Sukzession einer hoch liegenden Auflandungsserie (Entwicklung in Richtung fossile Au; Entwicklung von tiefer zu hoher Auflandungsserie durch Sohleintiefung = "E"), einer tief liegenden Auflandungsserie und einer Anlandungsserie mit den jeweils flächenmäßig bedeutsamsten Vegetationstypen, deren Zuordnung zu den jeweiligen Sukzessionsphasen und deren wesentlichsten Entwicklungszusammenhänge für die Tiroler Lechauen des Untersuchungsgebietes (Anmerkung: die Verlandungsserie ist aufgrund der untergeordneten Bedeutung in den Tiroler Lechauen nicht dargestellt).

Rolle. Das Kolonisationsstadium ist insbesondere für neu geschaffene und junge Standorte der Uferzone typisch und ist am Tiroler Lech aufgrund der hohen Morphodynamik der Standorte überwiegend der Auflandungsserie zuzuordnen. In der **Uferzone** liegende Standorte der Initialphase, die circa auf Höhe des Jahresmittelwassers bzw. knapp darüber liegen, werden bei jedem höheren Abfluss erfasst. Infolge des extrem hohen und häufigen Störungseinflusses kann kaum Vegetation aufkommen beziehungsweise wird sie noch im Keimlingsstadium zerstört. Eine Vegetationsentwicklung, die über eine Vegetationsperiode hinausgeht, ist nur in Teilbereichen und nur in einzelnen Jahren mit unterdurchschnittlichen Abflüssen bzw. reduzierten Abflussspitzen möglich (Wechsel von Initial- und Pionierphase). Eng verzahnt mit den mehr oder weniger vegetationslosen Initialphasen können sich von Höhe Jahresmittelwasser bis auf Höhe des sommerlichen Mittelwassers bereits erste speziell angepasste Pflanzenarten zumindest zeitweise ansiedeln. Die Pflanzenarten der Pionierphase zeichnen sich durch eine geringe Biomasse, eine hohe Regenerationsrate und eine sehr hohe Widerstandskraft gegenüber mechanischer Belastung (Geschiebetrieb, Schubspannung) aus und haben eine hohe pflanzenphysiologische Resistenz gegenüber längeren Überflutun-

gen. Darüber hinaus besitzen viele einen relativ kurzen Lebenszyklus. Die Umlagerungsintervalle in der Uferzone liegen so weit auseinander, dass sich eine Vegetation aus krautigen Pflanzen bzw. jungen Gehölzpflanzen etablieren kann. Zumindest alle zwei bis drei Jahre wird die Pflanzendecke großteils zerstört. Neben dem hohen Störungsregime sind die Standorte am Tiroler Lech durch grobes Bodensubstrat geprägt. Dadurch ergeben sich extreme Bedingungen hinsichtlich Wasser- und Nährstoffhaushalt. Folglich können nur entsprechend adaptierte Pflanzenarten aufkommen. Die typische Pflanzengesellschaft für periodisch umgelagerte Kies- und Grobsandflächen des Lechs ist die Knorpelsalatflur (*Myricario-Chondriletum* Br.-Bl. in Volk 1939). Sie zeichnet sich durch hohen Artenreichtum aus. Neben der Kennart der Pflanzengesellschaft, dem Knorpelsalat (*Chondrilla chondrilloides*), dominieren Arten der umliegenden Auwälder, Schutthaldenarten und Alpenschwemme. Eine Strauchschicht fehlt, keimende Weiden und Tamarisken festigen den Boden und leiten nach 3 bis 5 Jahren bei reduzierter Morphodynamik die Weiterentwicklung zu Weiden-Tamariskengebüschen ein. Kleinstflächig kann sich in strömungsberuhigten und tief gelegenen Mulden eine Schlickpioniervegetation mit der Alpen-Simse (*Juncus alpinoarticulatus*) ausbilden (*Juncetum alpini* Philippi 1960).



Abb. 12: Charakteristisch für die Wildflusslandschaft des Tiroler Lechs sind die ausgedehnten vegetationslosen Schotterfluren mit einem hohen Treibholzanteil im Umlagerungsbereich der Uferzone ("active channel") (Foto: G. Egger, 2001).



Abb. 13: Die Pionierfluren am Oberen Lech zählen mit teilweise über 70 Arten zu den artenreichsten Vegetationstypen (Foto: G. Egger, 2001).

In der **Auenzone** werden lediglich von extremen Hochwasserereignissen stark gestörte Standorte (mehr oder minder) kurzzeitig von einem Kolonisationsstadium eingenommen. Diese Schotterflächen werden aktuell nicht mehr umgelagert. Die Standorte liegen hoch über dem Grundwasserspiegel und werden aufgrund der Trockenheit und der Nährstoffarmut von einer niedrigen, meist lückigen Vegetationsdecke, welche von der Silberwurz (*Dryas octopetala*) dominiert wird, geprägt. Diese bildet dichte Teppiche, in denen zahlreiche Arten der Kalk-Magerrasen und der Kalkfelsspalten zu finden sind. Eine Strauchschicht fehlt, lediglich einige, schlecht wüchsige Kiefern und Lavelweiden kommen vor (*Dryadetum octopetalae* Rübel 1911).

Tabelle 4: Ökologische Parameter der prägenden Vegetationstypen innerhalb der Gruppe der Pioniervegetation.

Vegetationstyp	Wasserhaushalt	Nährstoffhaushalt	Überschwemmungsdynamik	Morphodynamik	Grundwasser-einfluss
Knorpelsalatflur	wechsel trocken	mäßig arm	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch - gering
Schlickpioniervegetation	feucht bis nass	mäßig arm	sehr hoch	hoch	sehr hoch
Silberwurzflur	trocken	arm	gering	sehr gering	gering

II. **Folgestadium** (II; "transition stage"): Hier werden neben den autökologischen Faktoren durch zunehmende Durchdringung von Spross- und/oder Wurzelsystemen verstärkt synökologische Faktoren wie inter- und intraspezifische Konkurrenz wirksam. Die Phytozönosen des Folgestadiums stehen nicht im Gleichgewicht mit dem endogen-exogenen Faktorenkomplex und sind anfangs durch eine zumeist rasche Sukzession und eine, entsprechend den Wuchsbedingungen, mehr oder minder hohe Biomasseproduktion gekennzeichnet. Im Zuge der fortschreitenden Sukzession in Richtung Terminalstadium nimmt die Sukzessionsgeschwindigkeit und die Biomasseproduktion im allgemeinen ab, die stehende Biomasse jedoch nimmt in der Regel zu (NAIMAN et al. 2005).

Für das Folgestadium ist im Bereich der höheren und älteren Standorte der Uferzone die **Krautphase** typisch, welche anschließend an die Pionierphase des Kolonisationsstadiums (IIa; "herb phase") vorkommt. Die Vegetationstypen der Krautphase sind in den Tiroler Lechauen aufgrund der schlechten Wuchsbedingungen in dieser frühen Sukzessionsphase zumeist nur sehr kleinflächig bzw. nur lokal-punktuell (fragmentarisch) ausgebildet. So sind im Bereich der Auflandungsserie vereinzelt das Uferreitgrasröhricht (*Calamagrostietum pseudophragmites* Kop. 1968; eher über trockeneren Standorten), im Bereich der Anlandungsserie das Rohrglanzgrasröhricht (frischere Standorte) und im Bereich der Verlandungsserie u.a. das Schilfröhricht (fragmentarisch) und Großseggenrieder (*Caricetum rostratae* Osvold 1923. Dierßen 1982) ausgebildet. Darüber hinaus kommen noch naturnahe Waldersatzgesellschaften wie z. B. Pfeifengrasbestände, Kopfbinsen-Pfeifengrasbestände, Hochstaudenfluren und Kalkmagerrasen (Schneeheide-Blaugrasheiden) sowie verschiedene landwirtschaftlich genutzte Grünlandtypen in der Auenzone vor.

Die Krautphase kann sich in eine **Gebüschphase** (IIb; "shrub phase") weiterentwickeln, beziehungsweise – wie zumeist im Falle der Tiroler Lechauen – kann sich die Gebüschphase je nach Dominanzverhältnissen und Wuchsbedingungen auch unmittelbar aus der Pionierphase entwickeln. Die Gebüschphase des Folgestadiums kann am Tiroler Lech überwiegend der Auflandungsserie zugeordnet werden. Mit der Etablierung von Weiden- und Tamariskengebüschen kommt es zu einer Stabilisierung der Standorte und zu einer verstärkten Sedimentation von Sand, zur Ausbildung eines Oberbodens und damit zur Überleitung bzw. zum Wechsel hin zur Anlandungsserie. Typisch für die Gebüschphase der Auf- und Anlandungsserie der Tiroler Lechauen ist das Vorkommen

Tabelle 5: Ökologische Parameter der prägenden Vegetationsstrukturtypen innerhalb der Krautphase.

Vegetationstyp	Wasserhaushalt	Nährstoffhaushalt	Überschwemmungsdynamik	Morphodynamik	Grundwasser-einfluss
Schneepestwurzgemeinschaft	trocken	arm	hoch	hoch	mittel
Uferreitgrasröhricht	mäßig trocken	arm	hoch	hoch	mittel- gering
Schilfröhricht	nass bis überstaut	mäßig reich bis reich	hoch	gering	hoch
Großseggenried	nass	mäßig arm bis reich	hoch	gering	hoch
Sumpfschachtelhalmbestand	feucht bis nass	mäßig reich bis reich	hoch	hoch bis mittel	hoch
Rohrglanzgrasröhricht	feucht bis nass	mäßig reich bis reich	mittel bis hoch	gering bis mittel	hoch
Pfeifengrasbestand	feucht bis wechselfeucht	mäßig reich	gering	sehr gering	mittel
Nitrophile Hochstaudenflur	frisch bis feucht	reich bis übermäßig reich	mittel	gering	mittel
Schneeheide-Blaugrasheide	mäßig trocken bis mäßig frisch	mäßig arm	gering	sehr gering	gering
Kopfbinsenried- Pfeifengrasbestand	feucht bis nass	mäßig arm	gering	sehr gering	hoch
Kleinseggenried	feucht bis nass	mäßig arm	gering bis mittel	sehr gering	hoch

der Weiden-Tamariskengebüsche (*Salici-Myricarietum Moor 1958*). Im Falle der Gebüschphase der Auflandungsserie über Schotter ist die Lavendel-Weide (*Salix eleagnos*) maßgeblich am Bestandaufbau beteiligt. Neben der typischen Ausbildung dringt auf grundwasserferneren und damit trockeneren Standorten verstärkt die Kiefer in die Bestände ein. Durch die Flusseintiefung des Lechs wurden die Standorte von der Morphodynamik des Flusses abgeschnitten ("fossile Au"). Weiters



Abb. 14: Das Weiden-Tamariskengebüsch mit Kiefer ist auf den eher trockenen und etwas höheren Standorten vorzufinden (Foto: G. Egger, 2001).

kommen in der Auflandungsserie der Gebüschphase auf sehr trockenen Standorten mit anstehendem Schotter und tiefem Grundwasserspiegel Lavendelweidengebüsche vor. Mit fortschreitender Sukzession kommen auf höher gelegenen Standorten mit fehlender flussmorphologischer Dynamik vermehrt Kiefern in den Beständen auf.

Tabelle 6: Ökologische Parameter der Vegetationstypen der Gebüschphase der Auflandungsserie der Tiroler Lechauen.

Vegetationstyp	Wasserhaushalt	Nährstoffhaushalt	Überschwemmungsdynamik	Morphodynamik	Grundwasser-einfluss
Weiden-Tamariskengebüsch typische Ausbildung	wechsel trocken	mäßig reich	häufig	hoch - mittel	hoch bis mittel
Lavendelweiden-Kieferngbüsch	trocken	arm	gering	sehr gering	gering
Weiden-Tamariskengebüsch mit Kiefer	trocken	arm	gering - (mittel)	sehr gering	gering
Lavendelweidengebüsch	trocken	arm	gering	gering - (mittel)	gering
Grauerlen-Weidengebüsch	trocken	mäßig arm	mittel	gering - (mittel)	gering

Neben dem typischen Weiden-Tamariskengebüsch kommen auf grundwassernahen und frischen bis wechselfeuchten Standorten in der Gebüschphase der Auflandungsserie die Weiden-Tamariskengebüsche mit der Grau-Erle sowie das Mandelweiden-Korbweidengebüsch (*Salicetum triandrae Malcuit 1929*) vor. Letzteres ist in den Tiroler Lechauen nur lokal vereinzelt und nur kleinstflächig ausgebildet.



Abb. 15: Das Weiden-Tamariskengebüsch mit Grau-Erle kommt auf eher wüchsigeren und dynamischen Standorten in der Uferzone vor (Foto: C. Gabriel, 2003).

Tabelle 7: Ökologische Parameter von Vegetationstypen der Gebüschphase in der Anlandungsserie der Tiroler Lechauen.

Vegetationstyp	Wasserhaushalt	Nährstoffhaushalt	Überschwemmungsdynamik	Morphodynamik	Grundwasser-einfluss
Weiden-Tamariskengebüsch typische Ausbildung	wechsel trocken	mäßig reich	häufig	hoch - mittel	hoch bis mittel
Weiden-Tamariskengebüsch mit Grau-Erle	frisch bis feucht	mäßig arm	hoch	mittel - (hoch)	hoch - mittel
Mandelweiden-Korbweidengebüsch	feucht bis nass	mäßig arm bis mäßig reich	hoch	hoch bis mittel	mittel bis hoch

Der an die Uferzone anschließende Bereich der Auenzone wird von der **Pionierauwaldphase** (IIc; "early successional woodland" bzw. "stem exclusion stage") mit in der Regel raschwüchsigen Pionierbaumarten der 1. Baumgeneration aufgebaut. Typisch für die Tiroler Lechauen sind dies Grau-Erle (*Alnus incana*), Lavendel-Weide (*Salix eleagnos*) und sehr selten auch die Silber-Weide (*Salix alba*) und vor allem die Rot-Föhre (*Pinus sylvestris*). Die für die trockenen Pionierauwaldphasen der Auflandungsserie typischen Silberwurz-Kiefernwälder (*Erico-Pinetum sylvestris salicetosum eleagni* EICHBERGER, HEISELMAYER & GRABNER 2004) treten in unterschiedlichen Ausbildungen auf. So ist die aus dem Tamarisken-Weidengebüsch hervorgegangene Ausbildung mit Tamariske selbst nach 20 bis 30 Jahren nach dem Verlust der Flussdynamik im Bereich der fossilen Lechauen zu finden. Die hier vorkommenden Grau-Erlen sterben nach 5 bis 10 Jahren ab, treiben jedoch häufig von der Stamm-basis wieder neu aus. Können sich in Silberwurz-Pionierstadien Kiefern etablieren, so entwickeln diese sich in einen Silberwurz-Kiefernwald mit Grau-Erle oder einen reinen Silberwurz-Kiefernwald (ohne Grau-Erle bzw. ohne Tamariske). Die stark aufgelockerten Bestände stocken auf den extremsten Standorten (sehr trocken, nährstoffarm, über anstehendem Schotter). Dementsprechend wachsen die Kiefern sehr langsam und erreichen kaum Höhen von über zwei Meter. Kiefern mit einem Alter von bis zu 55 Jahren erreichen maximal eine Höhe von fünf bis sieben Meter. Eine Weiterentwicklung zu geschlossenen Kiefernbeständen findet edaphisch bedingt nur langfristig statt.



Abb. 16: Auf flussnäheren, ca. 25 bis 30 Jahre alten Standorten der oberen Auenstufe (fossile Au) können sich nach wie vor einzelne Tamarisken halten (Vegetationstyp Silberwurz-Kiefernwald mit Tamariske). Die Mehrzahl der Individuen ist alt (über 15 Jahre) und teilweise bereits abgestorben (linkes Foto), doch finden sich vereinzelt auch jüngere, 3 - 5 jährige Exemplare (rechtes Foto). Dies deutet darauf hin, dass trotz fehlender Flussdynamik (außerhalb des HQ 100) in sehr feuchten Jahren eine (stark reduzierte) Tamariskenverjüngung möglich ist.

**Tabelle 8:** Ökologische Parameter der Vegetationstypen der Pionierauwaldphase der Auflandungsserie der Tiroler Lechauen.

Vegetationstyp	Wasserhaushalt	Nährstoffhaushalt	Überschwemmungsdynamik	Morphodynamik	Grundwasser-einfluss
Silberwurz-Kiefernwald mit Tamarisken	trocken	arm	gering	sehr gering	geringkeiner
Silberwurz-Kiefernwald mit Grau-Erle	trocken	arm - (mäßig arm)	gering	sehr gering	geringkeiner
Silberwurz-Kiefernwald	trocken	nährstoffarm	gering	sehr gering	keiner

Typisch für die Tiroler Lechauen sind für die Pionierauwaldphase der Anlandungsserie über sandigem Substrat die je nach Wasserhaushalt unterschiedlichen Ausprägungen des montanen Grauerlenwaldes (*Aceri-Alnetum incanae* Beger 1922). Die Standorte sind zumeist 25 bis 30 Jahre alt. Diese nehmen im Gegensatz zur Gebüschphase in den Tiroler Lechauen bereits größere Flächen ein. So besiedelt der Lavendelweiden-Grauerlenwald in den Tiroler Lechauen frische, mäßig nährstoffarme Standorte. Meist liegen die Standorte tiefer und sind besser mit Wasser versorgt als kiefernreiche Bestände der Auflandungsserie. Dringen bei geringerer flussmorphologischer Dynamik Nadelgehölze in die Bestände ein, werden die Bestände dem Typ Lavendelweiden-Grauerlenwald mit Fichten zugeordnet. Dieser Typ leitet zur Reifen Auwaldphase über (siehe unten). Die typischen Grauerlenauwälder besiedeln allerdings frische, nährstoffreiche und regelmäßig überschwemmte Auwaldstandorte. Auf nicht ganz so nährstoffreichen und flachgründigeren Standorten kommt es zur Ausbildung von Reitgras-Grauerlenwäldern.

**Tabelle 9:** Ökologische Parameter der Vegetationstypen der Pionierauwaldphase der Anlandungsserie der Tiroler Lechauen.

Vegetationstyp	Wasserhaushalt	Nährstoffhaushalt	Überschwemmungsdynamik	Morphodynamik	Grundwasser-einfluss
Lavendelweiden-Grauerlenwald	frisch	mäßig arm bis mäßig reich	hoch	mittel	mittel bis gering
Grauerlenwald-typische Ausbildung	frisch	reich	hoch bis mittel (gering)	mittel bis sehr gering	mittel
Reitgras-Grauerlenwald	frisch	mäßig arm bis mäßig reich	hoch bis mittel	mittel	mittel

Die Pionierauwaldphase wird von schattentoleranten und zumeist auch langsam wüchsigen Baumarten unterwandert, wobei diese in der **Reifen Auwaldphase** (IId; "established forest" bzw. "understory initiation stage") maßgeblich die Baumschicht aufbauen. Diese letzte Phase des Folgestadiums setzt das Vorkommen langfristiger Zeitperioden ohne Störungen voraus. Die Hauptbaumarten zeichnen sich durch zunehmend längere Lebenszyklen aus und sind häufig auch bestandesbildend in den Schlussgesellschaften des Terminalstadiums.

Die auf die Pionierauwaldphase anschließende Sukzession der Auflandungsserie hin zur Reifen Auwaldphase bzw. in Richtung der unterschiedlichen Varianten der Schneeheide-Kieferbestände (*Erico-Pinetum sylvestris* Br.-Bl. 1939) des Terminalstadiums geht in den Tiroler Lechauen auf Grund der Trockenheit nur sehr langsam vor sich bzw. wird der geringe Überflutungseinfluss durch die Tro-

ckenheit so stark überprägt, dass keine klaren vegetationskundlichen Grenzen von den Sukzessionsgesellschaften der Auenstufe zu den Schlussgesellschaften des Umlandes festzustellen sind. Zudem ist insbesondere auf Extremstandorten ein erheblicher Teil der Bestände als edaphische Dauergesellschaften auf dem Niveau der Pionierauwaldphase einzustufen. Kommt es zur Ausbildung zumindest eines flachgründigen Oberbodens, so kann sich eine geschlossene, artenreiche Krautschicht mit Arten der Kalkmagerrasen und Zwergstrauchheiden über Kalk ausbilden. So ist z. B. für die Reife Auwaldphase der Auflandungsserie der Schneeheide-Kiefernwald in der Grauerlen-Ausbildung typisch.

In den fossilen Auen des Lechs geht auf Grund der extremen Trockenheit die Sukzession bereits von den Pionierstadien des Kolonisationsstadiums in mehr oder minder stark aufgelockerte Kiefernbestände des Folgestadiums über. Laubgehölze können hier in der Sukzessionsabfolge vollständig fehlen.



Abb. 17: Auf nährstoffreicheren und vor allem auf mittelgründigen Standorten mit ausgeglichenem Bodenwasserhaushalt kommt insbesondere flussab von Ehenbichl bei Reutte auch großflächiger der typische Grauerlenauwald vor (Foto: G. Egger, 2003).

Tabelle 10: Ökologische Parameter der Vegetationstypen der Reifen Auwaldphase der Auflandungsserie der Tiroler Lechauen

Vegetationstyp	Wasserhaushalt	Nährstoffhaushalt	Überschwemmungsdynamik	Morphodynamik	Grundwasser-einfluss
Schneeheide-Kiefernwald mit Grauerle	mäßig trocken	mäßig arm	gering	sehr gering	gering

Die Reifen Auwaldphasen der Anlandungsserie in den Lechauen sind durch das Einwandern der Kiefer auf trockenen Standorten und der Fichte auf mäßig frischen Standorten gekennzeichnet, wobei diese im Falle der Grauerlenaustandorte auf 40 bis 50 Jahre alten Standorten vorerst in der 2. Baumschicht zur Dominanz gelangen können. Auf frischen Standorten mit einem ausgeglichenen Wasserhaushalt entwickelt sich der Grauerlen-Eschenwald. Der Grauerlen-Eschenwald mit Fichte

kommt auf noch höher gelegenen Standorten mit stark reduzierter flussmorphologischer Dynamik vor. Durch die Fichtennadelstreu kommt es bereichsweise zu einer Versauerung des Oberbodens, dadurch sind in der Krautschicht typische Arten der bodensauren Fichtenwälder häufig.



Abb. 18: Schneeheide-Kiefernwald mit Grau-Erle (Foto: G. Egger, 2001).

Tabelle 11: Ökologische Parameter der Vegetationstypen der Reifen Auwaldphase der Anlandungsserie der Tiroler Lechauen.

Vegetationstyp	Wasserhaushalt	Nährstoffhaushalt	Überschwemmungsdynamik	Morphodynamik	Grundwasser-einfluss
Reitgras-Grauerlenwald mit Fichte/Kiefer	frisch	mäßig arm bis mäßig reich	hoch bis mittel	mittel	mittel
Grauerlen-Eschenwald	frisch	nährstoffreich	gering - (mittel)	sehr gering	gering - (mittel)
Grauerlen-Eschenwald mit Fichte	frisch	nährstoffreich	gering- (mittel)	sehr gering- (gering)	gering - (mittel)
Lavendelweiden-Grauerlenwald mit Fichte	frisch	mäßig arm bis mäßig reich	gering - (mittel)	gering - (sehr gering)	gering

III. **Terminalstadium** ("maturation stage"): Unter dem Terminalstadium werden die Schlussgesellschaften verstanden. Im Terminalstadium rücken die synökologischen Faktoren in den Vordergrund. Die Phytozönosen stehen zunehmend im relativ stabilen biologischen Gleichgewicht mit dem endogen-exogenen Faktorenkomplex. Im Terminalstadium wird die zonale Vegetation erreicht und findet ihren Abschluss in der Klimaxgesellschaft bzw. dem Klimaxschwarm oder Klimaxkomplex. Bei den Schneeheide-Kiefernwäldern (*Erico-Pinetum sylvestris* Br.-Bl. 1939) der Terminalphase auf den Niederterrassen und den fossilen Terrassen der Lechauen sind die Bodenentwicklung weiter fortgeschritten und die flachgründigen Rendzinen etwas besser mit Wasser und Nährstoffen versorgt als bei den über anstehendem Schotter ausgebildeten Vegetationstypen mit der Silberwurz. Der Schneeheide-Kiefernwald ist am Tiroler Lech die flächenmäßig bedeutendste Pflanzen-

gesellschaft des Terminalstadiums, wobei je nach Wasser- und Nährstoffbedingungen mehrere Varianten des Schneeheide-Kiefernwaldes unterschieden werden (Ausbildungen mit Spirken und Wacholder oder mit Fichte bzw. je nach den Dominanzverhältnissen in der Krautschicht mit Pfeifengras oder mit Blaugras). Auf Standorten der Anlandungsserie wird die Grau-Erle und auch die Esche von der Kiefer (auf eher trockeneren Standorten) bzw. von der Fichte (auf eher frischen Standorten) abgelöst. Die Schlussgesellschaft kann der Schneeheide-Kiefernwald oder ein Fichtenbestand<sup>7</sup> sein. Eine eindeutige Abgrenzung der Reifen Auwaldphasen und der Schlussgesellschaften ist aus mehreren Gründen nicht möglich. Zum einen ist die Artenzusammensetzung sehr ähnlich, zum anderen basieren die Aussagen speziell bei fortgeschritteneren Sukzessionsstadien im wesentlichen aus indirekten Beobachtungen vor Ort: aus einem räumlichen Nebeneinander wird auf ein zeitliches Nacheinander geschlossen (DIERSCHKE 1994). Die Terminalstadien sind am Lech mit 55 – 60 Jahren relativ rasch erreicht. Das Maximalalter von Fichten auf den höchsten und flussfernsten Standorten historisch noch aktiver Überflutungsausau wurde im Untersuchungsgebiet auf ca. 100 bis 110 Jahren geschätzt.

Nadelwald- und Mischwaldbestände der anschließenden Hangwälder sind neben ausgedehnten Schneeheide-Kiefernwäldern auch Fichten-Tannen-Buchen-Hangwälder. Auch die Spirkenwälder (*Erico-Pinetum uncinatae* Br.-Bl. 1939 corr. Wallnöfer 1993) dringen von den Bergwäldern bis an die Auenstufe des Lechs vor. Vor allem an den Zubringerbächen bildet in der Auenzone mitunter das Latschen-Lavendelweidengebüsch (*Hippophao-Salicetum eleagni* Br.-Bl. 1940) auf sehr trockenen und nährstoffarmen Standorten ein lückiges Gebüsch. Zudem dringen die Latschengebüsche der Kampfzone des Waldes mitunter bis in die Auenzone ein (*Erico-Pinetum prostratae* Zöttl 1951).

Tabelle 12: Ökologische Parameter der prägenden Strukturtypen innerhalb der Gruppe der Nadelwälder der Tiroler Lechauen.

Vegetationstyp	Wasserhaushalt	Nährstoffhaushalt	Überschwemmungsdynamik	Morphodynamik	Grundwasser-einfluss
Schneeheide-Kiefernwald mit Spirken und Wacholder	mäßig trocken	mäßig arm	gering	sehr gering	gering
Schneeheide- Kiefernwald mit Blaugras	mäßig trocken	mäßig arm	gering	sehr gering	gering
Fichtenwald/Fichtenforst	mäßig frisch bis frisch	mäßig reich bis reich	gering	gering bis sehr gering	gering
Schneeheide-Kiefernwald mit Pfeifengras	mäßig frisch	mäßig arm	gering	sehr gering	gering - mittel
Schneeheide-Kiefernwald mit Fichte	mäßig trocken	mäßig arm	gering	sehr gering	gering
Spirkenwald	mäßig frisch	mäßig arm	sehr gering	sehr gering	gering
Latschen-Lavendelweidengebüsch	trocken	arm	mittel	gering	gering
Latschengebüsch	trocken bis mäßig trocken	arm bis mäßig arm	gering	gering bis sehr gering	gering

<sup>7</sup> Eine pflanzensoziologische Zuordnung der großteils forstlich überprägten bzw. zum Teil mit Fichte aufgeforsteten Bestände wurde im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen.

## 5 Syndynamische Auswirkungen der Lechregulierung und der Renaturierungsmaßnahmen des EU-LIFE-Natur-Projekts "Wildflusslandschaft Tiroler Lech"

Das Störungsregime einer Landschaft bezieht sich auf die räumliche und zeitliche Veränderung über längere Zeiträume (TURNER et al. 2001). Auenökosysteme können über ihr spezifisches natürliches Störungsregime charakterisiert werden. Eingriffe in das Auenökosystem ziehen Auswirkungen auf das fließgewässerspezifische Störungsregime und die natürlichen Prozessabläufe nach sich. Diese führen kurz- bis mittelfristig zu einer Änderung des systemtypischen Mosaiks von Pflanzengesellschaften bzw. Sukzessionsstadien. Störungsdynamik und Sukzession einschließlich Regression beeinflussen sich gegenseitig und sind letztendlich für das Landschaftsmosaik und dessen Änderungen verantwortlich (TURNER et al. 2001). Umgekehrt lässt sich in Abhängigkeit von Prozesstyp, Sukzessionsphase und räumlicher Verteilung der Vegetationstypen das Ausmaß des Störungseinflusses inklusive dessen mittel- bis langfristige Folgewirkungen abschätzen. Dies gilt im speziellen für die getroffenen schutzwasserbaulichen Maßnahmen aber auch für die durchgeführten Renaturierungsmaßnahmen am Tiroler Lech.

Im folgenden Kapitel werden die wesentlichen Eingriffe, beginnend mit den ersten umfassenden Eingriffen um 1856 (siehe DREXLER 2006), und deren syndynamische Auswirkungen auf die Vegetation im Vergleich zur natürlichen Referenzsituation für die Wildflusslandschaft des Tiroler Lechs dargestellt. Am Beispiel von drei Abschnitten im Bereich der Johannesbrücke erfolgt eine Detailanalyse der Vegetation und des Störungsregimes für den Zustand vor und nach Umsetzung der Renaturierungsmaßnahmen des LIFE-Projektes.

### 5.1 Lechregulierung und deren Folgewirkungen auf die Wildflusslandschaft

Bis zu Beginn des 20. Jahrhunderts war das Tiroler Lechtal von der Wildflusslandschaft des Lechs beherrscht, der Talboden war besiedlungsfeindlich. Ausgedehnte Schotterflächen, ständige Verwerfungen, Laufverlegungen und Überflutungen prägten das Lechtal (SCHEUERMANN & KARL 1990, Drexler 2006). Erste Schutzmaßnahmen gehen nach DALHOF & HÄCKER (1992, in DREXLER 2006) bis in



Abb. 19: Infolge der Lechregulierung hat sich das Flussbett mehrere Meter eingetieft. Dadurch wurden große Bereiche der ehemaligen Überflutungsu von der Flussdynamik abgetrennt und sind nunmehr zur fossilen Au zu zählen (rechts im Bild); im Hintergrund Johannesbrücke (Foto: G. Egger, 2005).

das 16. Jahrhundert zurück. Allerdings beschränkten sich die Verbauungen aufgrund der fehlenden technischen Möglichkeiten auf lokale Bauten. Wohl wurde bereits am Ende des 19. Jahrhunderts ein Großprojekt zur durchgehenden Regulierung angedacht, aber erst mehrere große Hochwässer zu Beginn des 20. Jahrhunderts mit abschnittsweise verheerenden Schäden an Brücken und großflächigen Sedimentablagerungen in den landwirtschaftlichen Nutzflächen führten zur Umsetzung mehrerer Generalregulierungsprojekte (DREXLER 2006). Die ersten massiven Ufersicherungen sind Anfang des 20. Jahrhunderts rechtsufrig flussab der Johannesbrücke entstanden. Der älteste Teil stammt aus dem Jahre 1907, ebenso wie die am linken Ufer befindliche Traverse mit Längsbauwerk. Später wurde die Johannesbrücke gebaut und weitere Einschnürungsmaßnahmen mittels Traversen vorgenommen. Weiters wurden zahlreiche Querbuhnen gesetzt und der Fluss noch weiter eingengt. In den 1950iger und 1960iger Jahren wurde mittels Geschieberückhaltesperren verstärkt auch in den Geschiebehaushalt eingegriffen. Die Folge war eine abschnittsweise sehr starke Eintiefungstendenz der Flusssohle (DREXLER 2006). In den 1990iger Jahren wurde eine umfassende "Regionalstudie Lech-Außerfern" (SCHÖBERL 1994) erstellt, welche neben einer umfassenden Dokumentation des Fließgewässersystems auch wasserbautechnische Lösungen für die schutzwasserbaulichen Probleme ausarbeitete.

Trotz dieser umfangreichen Verbauungen und Regulierungen ist der Lech in diesem Abschnitt vor Umsetzung der Renaturierungs-Maßnahmen noch ein furkierender Fluss mit großflächigen Schotterbänken und -inseln. Erklärtes Ziel der Lechregulierung war eine begrenzte Eintiefung der Flusssohle, allerdings hat sich diese Flussbetteintiefung deutlich über das erwünschte Maß fortgesetzt (SCHEUERMANN & KARL 1990). Die Folge war eine Systemkoppelung der Auenzone von der Flussdynamik über weite Bereiche. Die Uferzone hat sich dadurch flächenmäßig stark verringert bzw. ist abschnitts-



Abb. 20: Historischer Zustand der Lechauen bei Mündung Gstreinbach (vor 1950; Quelle: Baubezirksamt Reutte). Kennzeichnend ist die ausgedehnte Uferzone, durchbrochen von vielen Seitenarmen und einem Mosaik aus vegetationslosen Schotterbänken, lückigen Pionierfluren, Weiden-Tamariskengebüschen und Kiefern-Grauerlengebüsch-Fragmenten. Auffallend ist für diesen Bereich auch der hohe Schwemmholzanteil. Im linken Bildteil geht bei nur geringem Niveauunterschied die Uferzone in die Auenzone über. Sie ist geprägt von nahezu geschlossenen Gebüsch- und Pionierauwaldbeständen.

weise nahezu verloren gegangen. Die für verzweigte alpine Wildflüsse charakteristischen Pionierfluren und Weiden-Tamariskengebüsche entwickelten sich weiter und wurden von älteren Kiefernwaldphasen in der Sukzession abgelöst bzw. gingen infolge der fehlenden Neubildung stark zurück. Auch ehemalige Seitenarme und Nebengewässer sind u. a. durch die Sohleintiefung ausgetrocknet. Die Eintiefungen führten auch zu schutzwasserbaulichen Problemen wie der Unterspülung der Brückenpfeiler und Ufersicherungen. Die bis zu 4 m eingetiefte Lechsohle nimmt eine zentrale Rolle für das Verständnis der geänderten Auendynamik und den Folgewirkungen auf die Ökologie ein. Diese Änderung der Auendynamik hat sich aus dem Zusammenspiel mehrerer Faktoren ergeben (vgl. MÜLLER & BÜRGER 1990, SCHEUERMANN & KARL 1990). Wesentlich ist dabei der verringerte Geschiebeinput in das Flusssystem. Das ist eine direkte Folge der kommerziellen Kiesentnahmen aus dem Flussbett wie z. B. durch das Kieswerk flussab der Forchacher Hängebrücke und der Geschieberückhaltesperren im Bereich der Zubringerbäche. Durch Längsbauwerke, Traversen, Buhnen und Leitdämme wurden die Ufer stabilisiert und die Seitenerosion gravierend reduziert. Damit wird nicht nur ein wesentliches Geschiebepotential im System selbst fixiert, sondern auch die Tiefenerosion der Flusssohle verstärkt. Darüber hinaus führen die Einengung und die Verkürzung des Flusslaufes zu einer Erhöhung der Fließgeschwindigkeit und der Schleppspannung, wodurch die Sohlerosion zusätzlich zunimmt.

Aus vegetationskundlicher Sicht lassen sich die Auswirkungen der Lechregulierung auf folgende Punkte zusammenfassen (vgl. MÜLLER & BÜRGER 1990):

- Reduktion der Uferzone über weite Bereiche des Tiroler Lechs und damit genereller Verlust von Auestandorten mit rezenter Auendynamik.
- Durch die Einengung und Sohleintiefung der Uferzone hat sich die Morphodynamik in den Umlagerungsbereichen deutlich erhöht. Dadurch werden diese Standorte überwiegend von vegetationslosen Schotterbänken eingenommen, junge Sukzessionsstadien der Pionier-, Kraut- und Gebüschphase sowie Pionierauwaldphasen gingen großflächig verloren. Lediglich in strömungsberuhigten Bereichen wie im Strömungsschatten von Querbuhnen konnten sich Standorte dieser historisch weit verbreiteten Vegetationstypen teilweise erhalten.
- Die weitgehende Entkoppelung der höher gelegenen und flussferneren Flächen hat hier zu einer Sukzession in Richtung der Klimaxgesellschaften (Kiefernwälder) bzw. edaphisch bedingter Dauergesellschaften (Kalk-Pionierrasen, Kalkmagerrasen) geführt ("fossile Au"). Diese sind aus natur-schutzfachlicher Sicht ebenfalls als sehr wertvoll einzustufen, nehmen jedoch rezent wesentlich größere Flächenanteile ein als im natürlichen Zustand.

## **5.2 Renaturierungsmaßnahmen des EU-LIFE-Natur-Projekts "Wildflusslandschaft Tiroler Lech"**

Um diesen sowohl schutzwasserbaulich als auch ökologisch negativen Entwicklungstendenzen gegenzu-steuern und die durch die Flussdynamik des Lechs geprägte Wildflusslandschaft hinsichtlich des verloren gegangenen Raumes und der Dynamik wieder zu verbessern, wurde das EU-LIFE-Natur-Projekt "Wildflusslandschaft Tiroler Lech" (Kurzbezeichnung: LIFE-Projekt) initiiert. Dabei war eine der zentralen Zielsetzungen die Verhinderung einer weiteren Sohleintiefung. Die Maßnahmen wurden zwischen 2001 und 2006 umgesetzt, wobei am Lech auf einer Länge von rund 2,9 km und an der Vils über eine Länge von 2,3 km zusätzliche Flusslebensräume geschaffen wurden. Dabei wurden im wesentlichen folgende Maßnahmen umgesetzt (AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG, ABTEILUNG UMWELTSCHUTZ (2007):

- Große Flussbettauflerung von bis zu 180 m rechtsufrig flussab der Johannesbrücke und an der Vils
- Entfernung der Längsverbauung über weite Bereiche wie z.B. linksufrig auf Höhe Martinau, links-

und rechtsufrig im Bereich der Johannesbrücke

- Rückbau (Kürzung) bzw. landeinwärtige Versetzung von Bühnen und Traversen im Bereich der Johannesbrücke
- Strukturierung des linearen Uferverbau
- Absenkung der Geschieberückhaltesperren am Schwarzwasserbach und Hornbach
- Biotoppflege- und Lebensraumschutzmaßnahmen für ausgewählte Tier- und Pflanzenarten
- Verlegung des Hochwasserschutzdammes und Reaktivierung von Flutmuldensystemen an der Vils
- Öffentlichkeitsarbeit.

### 5.3 Kurzfristige Auswirkungen der Renaturierungsmaßnahmen auf die Vegetation

Im Folgenden werden die vegetationsökologischen Auswirkungen der Maßnahmen im EU-LIFE-Natur-Projekt "Wildflusslandschaft Tiroler Lech" über drei Detailabschnitte in der Stuibenu und der Weißenbacher Au analysiert. Das auf Basis der Kartierung des Zustandes vor und unmittelbar nach der Maßnahmenumsetzung durchgeführte vegetationskundliche Monitoring zeigt die kurzfristigen Auswirkungen der umgesetzten Maßnahmen.

Der **Abschnitt 1** im Bereich der Stuibenu flussauf der Johannesbrücke ist vor Maßnahmenumsetzung durch ein bis zu 400 m breites, vegetationsloses Schotterbett gekennzeichnet. Die rechtsufrig gelegenen Bühnenfelder werden bei höheren Wasserständen (ca. HQ 1) überströmt, jedoch unterliegen die Standorte durch den Schutz der Querbühnen einer reduzierten Umlagerungsdynamik. Dadurch können sich hier junge Folgestadien der Gebüschphase wie Weiden-Tamariskengebüsche und Mandelweiden-Korbweidengebüsche entwickeln. Bei selteneren, jedoch stärkeren Hochwässern kommt es zur Umlagerung und Zerstörung der Vegetationsbestände (Regression, Recycling). Diese Querbühnen wurden im Zuge der LIFE-Maßnahmen teilweise rückgebaut. Die höher gelegenen Vegetationstypen im Bereich der fossilen Au sind durch die LIFE-Maßnahmen insofern betroffen, da es infolge von verstärkten Seitenerosionen zu einem Abtrag gekommen ist. Linksufrig wurden auf Höhe des Schotterwerkes kurze Querbühnen errichtet. Zum einen können sich hier im Bereich der neuen Bühnenfelder junge Folgestadien der Gebüschphase, in erster Linie Purpurweidengebüsche, entwickeln. Zum anderen wird durch diese Bühnen die Hauptrichtung des Lechs etwas in Richtung rechtes Ufer verlagert und es etablierten sich in der linken Hälfte der Uferzone großflächige, junge Sukzessionsstadien der Pionierphase (Knorpelsalatfluren) und Gebüschphase (Purpurweidengebüsche).

Der unmittelbar flussab der Johannesbrücke rechtsufrig gelegene **Abschnitt 2** im Bereich der Weißenbacher Au (West) zeichnet sich infolge der Lechregulierung durch ein 100 bis 150 m breites Flussbett mit vegetationslosen Schotterbänken und eine um mehrere Meter höher gelegene Auenterrasse mit ausgedehnten Kiefernbeständen aus. Letztere sind von der Flussdynamik vollständig abgeschnitten, die künstlich geschaffenen Steilufer sind massiv über eine durchgehende Längsverbauung gesichert, wodurch die Uferdynamik fehlt. Die Längsverbauung wurde im Zuge der Maßnahmenumsetzung entfernt und große Flächen der höheren Auenterrasse auf Flussniveau abgesenkt. Durch diese Maßnahmen wurde der Anteil der Uferzone deutlich vergrößert. Allerdings ist die Umlagerungsdynamik in der Uferzone so hoch, dass sich bislang nahezu keine Vegetation entwickeln konnte.

Der rechtsufrig im unteren Bereich der Weißenbacher Au flussab der Johannesbrücke (Ost) gelegene **Abschnitt 3** ist aus vegetationsökologischer Sicht von besonderem Interesse, da hier im rechtsufrigen Teilbereich am ehesten eine, dem historischen Zustand vergleichbare, Verteilung der Vegetationstypen vorliegt. Auch hier wurde der Lech infolge der Regulierung deutlich eingengt und die Ufer wurden linksufrig gesichert. Jedoch wird der Lech infolge einer langen Traverse (unmittelbar flussab des Bagerteichs) an das linke Ufer gelenkt, wodurch die Morphodynamik im rechten Uferbereich etwas re-

duziert wird. Dieser Abschnitt zeichnet sich durch ein naturnahes Mosaik aus vegetationslosen Schotterbänken, Pionier- und Gebüschphasen aus. Im Zuge des LIFE-Projektes wurde der vorderste Bereich der Querbühne entfernt. Infolge dessen hat sich die Morphodynamik rechtsufrig erhöht, was in erster Linie zu einem Verlust sämtlicher Pionierstandorte bzw. einer Regression zu vegetationslosen Schotterbänken geführt hat. Flächen in der Uferzone, welche in der Sukzession etwas weiter entwickelt waren, konnten sich aufgrund der höheren Überflutungsresistenz bislang halten.

**Tabelle 13:** Flächenbilanz der Vegetationstypen der Primärsukzession vor (2001) und nach (2006) Umsetzung der EU-LIFE-Natur-Projektes im Bereich der drei Abschnitte (Angaben in ha).

Vegetationstyp	Abschnitt 1		Abschnitt 2		Abschnitt 3	
	2001	2006	2001	2006	2001	2006
<b>Uferzone</b>						
<b>Initialphase (Kolonisationsstadium)</b>						
20: Vegetationsfreie Schotterflur	15,20	14,53	5,57	11,40	7,01	9,28
<b>Pionierphase (Kolonisationsstadium)</b>						
31: Knorpelsalatflur	0,01	0,95	0,33	0,16	2,29	0,02
<b>Krautphase (Folgestadium)</b>						
51: Schilfröhricht					0,06	0,07
52: Großseggenried	0,04	0,04				
54: Pfeifengrasbestand					0,23	0,23
<b>Gebüschphase (Folgestadium)</b>						
33: Schlickpioniergebüsch	0,17	0,31			0,23	0,18
402: Weidenpioniergebüsch		1,23				0,24
41: Weiden-Tamariskengebüsch – typische Ausbildung	1,33	0,65			2,33	2,92
42: Weiden-Tamariskengebüsch mit Grauerle	0,32				1,23	1,11
43: Weiden-Tamariskengebüsch mit Kiefer	2,38	2,24			1,22	1,11
45: Mandelweiden-Korbweidengebüsch	0,51	0,34				
46: Grauerlen-Weidengebüsch	0,02	0,03			0,03	0,03
47: Purpurweidengebüsch		0,32			0,27	0,31
<b>Untere Auenstufe (Überflutungssau)</b>						
<b>Pionierauwaldphase (Folgestadium)</b>						
61: Lavendelweiden-Grauerlenwald	0,04	0,10	0,93	0,91	0,92	0,41
71: Silberwurz-Kiefernwald mit Grauerle	1,17	1,17			2,06	1,40
77: Silberwurz-Kiefernwald mit Tamariske	4,38	3,82			1,60	1,80
<b>Reife Auwaldphase (Folgestadium)</b>						
67: Lavendelweiden-Grauerlenwald mit Fichte	1,55	1,58			0,48	0,39
622: Reitgras-Grauerlenwald mit Fichte/Kiefer					0,27	0,26
623: Pfeifengras-Grauerlenwald mit Kiefer					0,46	0,46
<b>Obere Auenstufe (Fossile Au)</b>						
<b>Pionierphase (Kolonisationsstadium)</b>						
34: Silberwurzflur	1,04	0,89	0,21	0,16	0,48	0,32
<b>Kraut-, Gebüsch- und Pionierauwaldphase (Folgestadium)</b>						
72: Kiefernwald – Silberwurzphase	2,31	2,31	0,79	0,56	0,05	0,05
<b>Reife Auwaldphase (Folgestadium)</b>						
701: Schneeheide-Kiefernwald mit Grauerle	5,26	5,26	6,66	2,33	0,79	0,74
<b>Schlusswaldphase (Terminalstadium)</b>						
74: Schneeheide-Kiefernwald mit Blaugras	5,35	5,35	6,77	5,60		
75: Fichtenwald/Fichtenforst	2,42	2,42	3,10	3,10		
78: Schneeheide-Kiefernwald mit Fichte			9,56	6,92	0,27	0,27

**Legende: Vegetationstypen (Natura 2000-Code)**

**GEWÄSSER**

- 11: Bach/Fluss (3220)
- 12: Augewässer
- 13: Baggersee/Schotterteich
- 14: Augewässer > 20 % Makrophyten (3150)

**VEGETATIONSLOSE UFERSTRUKTUREN**

- 20: Vegetationsfreie Schotterfläche (3220)
- 21: Blockwurf/Buhne
- 22: Steilufer
- 23: Schotterflur-Hang

**PIONIERVEGETATION**

- 31: Knorpelsalatflur (3220)
- 33: Schlickpioniergebüsch
- 34: Silberwurzflur (6170)
- 341: Silberwurzflur mit Purpurweide (Sekundärer Bestand)
- 35: Schneeheide-Blaugrasheide (6170)
- 36: Schneepestwurzgemeinschaft

**GEBÜSCHE**

- 41: Weiden-Tamariskengebüsch - typische Ausbildung (3230)
- 401: Lavendelweiden-Kieferngebüsch
- 402: Weidenpioniergebüsch
- 42: Weiden-Tamariskengebüsch mit Grauerle (3230)
- 43: Weiden-Tamariskengebüsch mit Kiefer (3230)
- 44: Lavendelweidengebüsch (3240)
- 45: Mandelweiden-Korbweidengebüsch (91E0)
- 46: Grauerlen-Weidengebüsch (3240)
- 47: Purpurweidengebüsch

**RÖHRLICHT UND NIEDERMOORE**

- 51: Schilfröhricht
- 52: Großseggenried
- 521: Sumpfschachtelhalmbestand
- 54: Pfeifengrasbestand (6410)

**GRAUERLEN-AUWÄLDER**

- 61: Lavendelweiden-Grauerlenwald (91E0)
- 622: Reitgras-Grauerlenwald mit Fichte/Kiefer (91E0)
- 623: Pfeifengras-Grauerlenwald mit Kiefer (91E0)
- 67: Lavendelweiden-Grauerlenwald mit Fichte (91E0)

**KIEFERNWÄLDER UND SONSTIGE NADELHOLZBESTÄNDE**

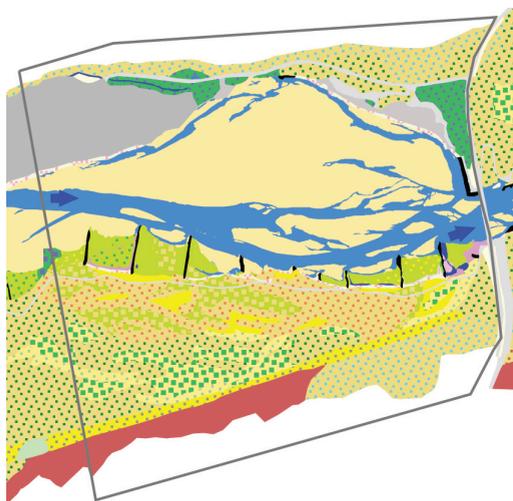
- 71: Silberwurz-Kieferwald mit Grauerle (tief)
- 701: Schneeheide-Kieferwald mit Grauerle (hoch)
- 72: Kieferwald - Silberwurzphase (6170)
- 74: Schneeheide-Kieferwald mit Blaugras
- 75: Fichtenwald/Fichtenforst
- 77: Silberwurz-Kieferwald mit Tamarisken
- 78: Schneeheide-Kieferwald mit Fichte
- 791: Spirkenwald (9430)

**LANDWIRTSCHAFTLICHE NUTZFLÄCHEN**

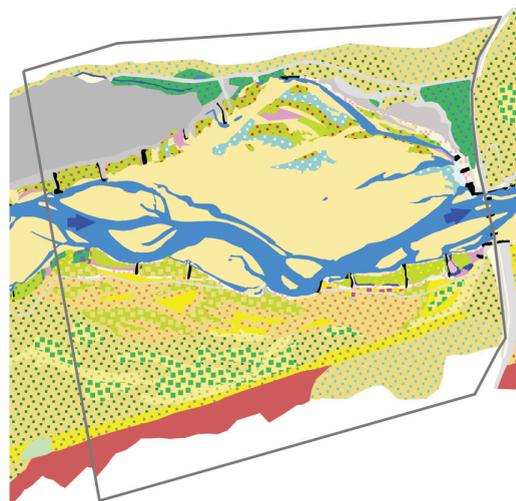
- 81: Extensivgrünland
- 85: Intensivgrünland

**INFRASTRUKTUR**

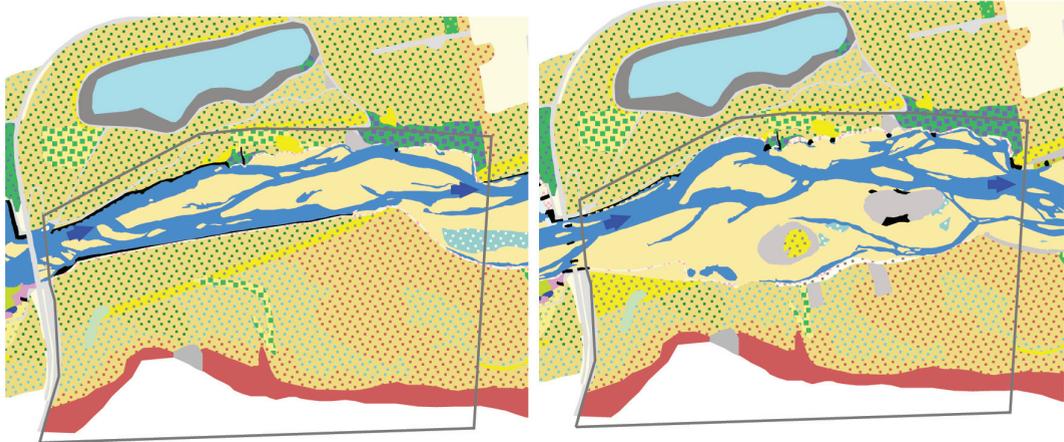
- 92: Straße/Weg
- 94: Ruderflur (Deponie)
- 95: Schotterdeponie/Betriebsgelände



Abschnitt 1: Stuibenu flussauf Johannesbrücke  
Zustand 2001 (vor Maßnahmen)

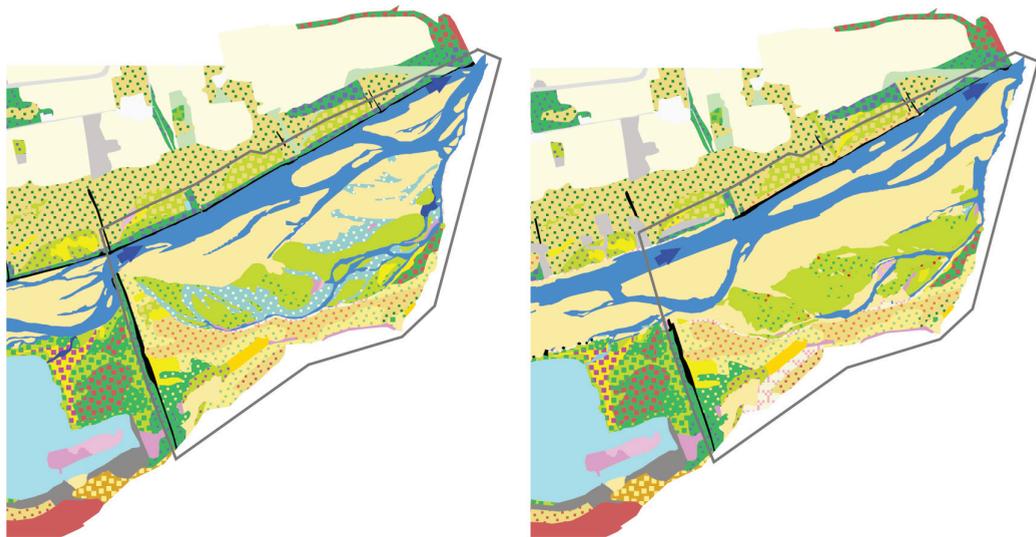


Abschnitt 1: Stuibenu flussauf Johannesbrücke  
Zustand 2006 (nach Maßnahmen)



Abschnitt 2: Weißenbacher Au  
flussab Johannesbrücke (West)  
Zustand 2001 (vor Maßnahmen)

Abschnitt 2: Weißenbacher Au  
flussab Johannesbrücke (West)  
Zustand 2006 (nach Maßnahmen)



Abschnitt 3: Weißenbacher Au  
flussab Johannesbrücke (Ost)  
Zustand 2001 (vor Maßnahmen)

Abschnitt 3: Weißenbacher Au  
flussab Johannesbrücke (Ost)  
Zustand 2006 (nach Maßnahmen)

Abb. 21: Aktuelle Vegetation für den Zeitpunkt vor (2001) und nach Maßnahmenumsetzung (2006) des EU-LIFE-Natur-Projektes. Die drei Detailabschnitte zeigen eine sehr unterschiedliche Ausgangssituation: Die Stuibenu flussauf der Johannesbrücke zeichnet sich durch eine sehr breite Uferzone aus (Abschnitt 1). Dieser Bereich wurde nach 1950 mittels Bühnen verbaut, wodurch die historische Flusslandschaft in der fossilen Au noch aktuell deutlich zu erkennen ist (siehe Abb. 21). Im Gegenzug dazu wurde die Weißenbachau flussab der Johannesbrücke (West; Abschnitt 2) bereits vor 1925 mittels Traversen und beidufrigen Längsbauwerken verbaut (DREXLER 2006). Der nunmehr über 80 Jahre von der Flussdynamik abgeschnittene Bereich ist 2001 durch einen ausgedehnten, relativ homogenen, ca. 65 - 70 Jahre alten Schneeheide-Kiefernwald gekennzeichnet. Die höchste Diversität an Vegetationsbeständen und vor allem den höchsten Anteil unterschiedlicher junger Sukzessionsphasen hat die Weißenbacher Au flussab der Johannesbrücke (Ost; Abschnitt 3).



Abb. 22: Luftbildaufnahme der Stuibenaue (flussauf Johannesbrücke) und des westlichen Bereichs der Weißenbacher Au (flussab Johannesbrücke) aus dem Jahre 1950 (Aufnahme oben; Quelle: Baubezirksamt Reutte), 2001 (Aufnahme Mitte; Quelle: Amt der Tiroler Landesregierung) und 2006 (Aufnahme unten; Quelle: Amt der Tiroler Landesregierung). Der Vergleich der Situation von 1950 und 2001 zeigt insbesondere für den rechtsufrig flussauf der Johannesbrücke gelegenen Bereich der Stuibenaue die Auswirkungen der Flussbetteintiefung (in der unteren Bildhälfte links der Johannesbrücke). Noch 1950 war dieser nicht regulierte Abschnitt durch ein Mosaik aus Schotterfluren, Gebüsch, (eher randlich gelegenen) Kiefernbeständen und einem reich verzweigten Nebenarmsystem gekennzeichnet. 50 Jahre später ist die historische Flusssedimentdynamik an dem trocken gefallenem Rinnensystem noch deutlich nachvollziehbar, allerdings wird der gesamte Bereich von einer mehr oder minder lückigen bis locker geschlossenen Kiefernau eingenommen (siehe Vegetationskarte Abb. 22). Auch die 2002 durchgeführten Altersbestimmungen haben ergeben, dass die Kiefern ca. 55 bis 60 Jahre alt sind, was in etwa bedeuten würde, dass diese zum Zeitpunkt der Luftbildaufnahme (1950) ein 5-10 Jahre altes Gebüsch (gemeinsam mit Grau-Erle und Tamariske) aufbauten. Das Katastrophenhochwasser 2005 (ein ca. 300-jähriges Ereignis) hat in Verbindung mit dem Rückbau der Buhnen zu einer sowohl links- als auch rechtsufrigen deutlichen Aufweitung der Uferzone geführt, welche allerdings noch immer deutlich unter der Ausdehnung des historischen Zustandes des 19. Jahrhunderts liegt.



Abb. 23: Im Zuge der LIFE-Natur-Umsetzungsmaßnahmen wurden im Bereich der Weißenbachau flussab der Johannesbrücke (Abschnitt 2) große Flächen der ehemaligen fossilen Au mit ca. 65 bis 70 Jahren alten Kiefernbeständen auf Flussniveau abgesenkt (Foto: T. Kucher, 2006).

#### 5.4 Prozesstypen als Indikatoren für Änderungen des Störungsregimes am Tiroler Lech

Zentrale Bedeutung und "treibende Kraft" für Auen-Ökosysteme ist der mehr oder minder hohe mechanische Störungseinfluss bzw. dessen Wirkung auf die Arten-, Populations- und Strukturvielfalt sowie die zeitliche und räumliche Varianz der Biozönosen (DENSLOW 1980, PLACHTER 1998, EDWARDS et al. 1998, TOCKNER et al. 2005). Dies gilt in besonderem Maß für die Tiroler Lechauen. Entscheidend für die Ausprägung des Auenökosystems ist die Verteilung der hochwasserbedingten natürlichen Störungen entlang der Zeitachse. Störungen sind definiert als diskrete Ereignisse in der Zeit, welche die Strukturen eines Ökosystems, deren Biozönosen und Populationen beseitigen bzw. mechanische Schädwirkungen auf Organismen (oder Teile) nach sich ziehen und damit Raum öffnen, die Verfügbarkeit von Ressourcen und generell die physikalische Umwelt zu ändern (vgl. BEGON et al. 1991; WHITE & PICKET 1985). Das Störungsregime zeichnet sich durch eine funktionale, zeitliche und räumliche Dimension aus, welche durch folgende **Störungsparameter** beschrieben werden (GLENN-LEVIN & VAN DER MAAREL 1992, WHITE & PICKET 1985, TURNER et al. 2001):

##### A. Funktionale Dimension – Störungsstärke:

- 1) Störungsintensität ("intensity", "magnitude"): Die Intensität wird über die einwirkende Energie pro Fläche und Zeit charakterisiert.
- 2) Störungswirkung ("severity"): Darunter wird der Grad der Störungswirkung bezogen auf Organismen, Tier- und Pflanzengemeinschaften oder Ökosysteme verstanden. Die Wirkung einer Stö-

rung steht im engen Zusammenhang mit der Störungsintensität und der Resistenz (Widerstandskraft bzw. Fähigkeit, in einem Zustand zu beharren) und der Resilienz (Elastizität bzw. Fähigkeit, nach einer Störung wieder zum Ausgangszustand zurückzukehren). Bezogen auf die betroffene Vegetationsstruktur können drei Wirkungsstufen ("degree of damage") unterschieden werden (vgl. CANHAM & MARKS 1985, PICKET & WHITE 1985): Störung bis Zerstörung der a) Baum- und Strauchschicht (z. B. Wind- und Schneebruch, Schlägerung), b) der Krautschicht (z. B. Beweidung, Mahd) und c) der Wurzelschicht (z. B. Bodenerosion). Letztere kommt der Schaffung primärer Initialstandorte gleich und ist mit der Ausbildung von offenen Schotter- und Sandbänken insbesondere für den Lech von großer Bedeutung.

3) Überlebensrate ("residuals"): Organismen, welche das Störungsereignis überleben.

## B. Zeitliche Dimension:

4) Störungsfrequenz: Anzahl der Störungen pro Zeiteinheit.

5) Störungsintervall, Periodendauer ("return interval", "cycle"): Zeitspanne zwischen den Störungen.

6) Störungsrhythmik, Periodik ("variance", "rhythm of disturbance"): Diese gibt über die Verteilung des Auftretens einer Störung entlang der Zeitachse Auskunft. Dabei kann im wesentlichen zwischen regelmäßig und unregelmäßig auftretenden Störungen unterschieden werden (GAMS 1918). Im Falle periodischer Störungen kann es zur Ausbildung entsprechend angepasster Ökosysteme wie störungsbedingten Dauergesellschaften kommen.

## C. Räumliche Dimension:

7) Flächengröße, Ausdehnung ("size", "extend"): Die von einer Störung betroffene Fläche; diese kann als im Mittel betroffene Fläche oder als betroffene Fläche pro Zeiteinheit oder als Prozentanteil eines betrachteten Gebietes in einer bestimmten Zeitperiode angegeben werden.

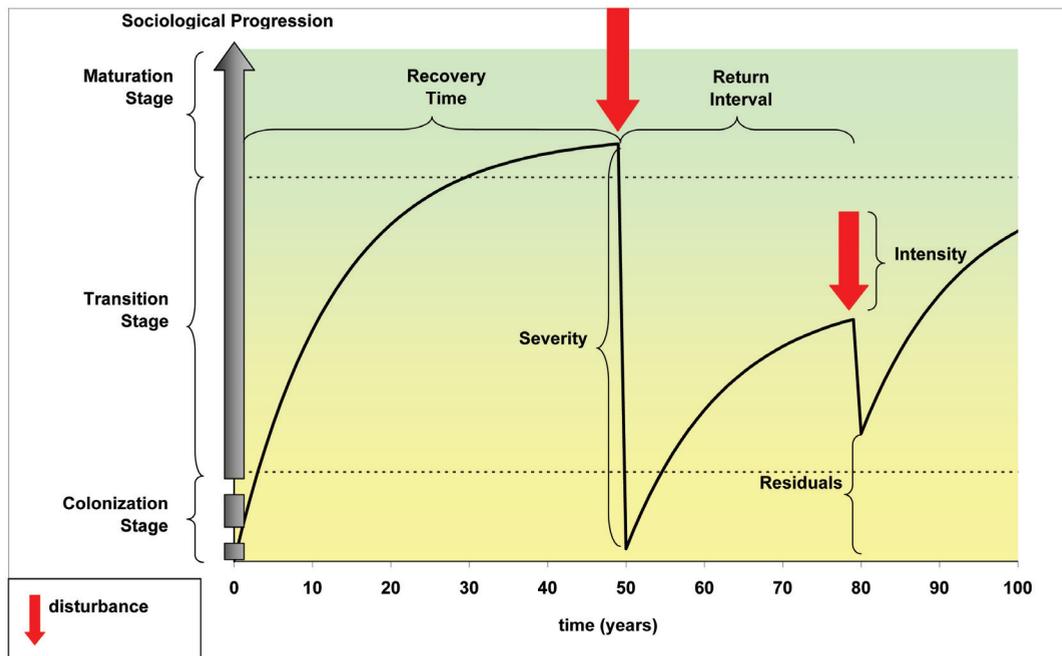


Abb. 24: Beschreibungsparameter von Störungen (Begriffsdefinitionen siehe Text oben).

HUSTON (1994) geht mit seiner Definition von Störung auf ein für das Verständnis von Prozessen wesentliches Charakteristikum ein. Es ist dies das Verhältnis der Regenerationszeit (Zeitspanne zur Wiedererlangung eines Endzustandes, "recovery time") zur Zeitspanne zwischen den Störungen (Periodendauer, "return interval"): *"Disturbance is any process or condition external to the natural physiology of living organisms that results in the sudden mortality of biomass in a community on a time scale significantly shorter (e.g. several orders of magnitude faster) than of the accumulation of biomass."*

Aus dem dimensionslosen Verhältnis von Regenerationszeit des Terminalstadiums ( $T_{\text{REC-MAT}}$ ) zur Periodendauer ( $T_{\text{DIS}}$ ) der einwirkenden Störungsintensität ( $I$ ) und der ökologischen Stabilität ( $S$ ) mittels Resistenz (Widerstandsfähigkeit, Beharrungsvermögen) und Resilienz (Elastizität, Regenerationsvermögen und -geschwindigkeit) können drei **vegetationsökologische Prozesstypen** unterschieden werden (EGGER 2001):

- A) **Metastabilprozess:** kurzfristig-zyklisches Störungsregime
- B) **Oszillationsprozess:** Mittel- bis langfristig-zyklisches Störungsregime
- C) **Azyklusprozess:** Langfristig-stochastisches Störungsregime.

#### A) Kurzfristig-zyklisches Störungsregime: Metastabilprozess

Kennzeichnend für den Metastabilprozess ist, dass der relativ hohe Störungseinfluss (hohe Störungsintensität, hohe Störungsfrequenz) mit der relativ kurzen Regenerationszeit bzw. mit der hohen Resilienz in einem dynamischen Gleichgewichtszustand steht und die Artenzusammensetzung über Jahre hinweg gesehen mehr oder minder keinen Veränderungen unterworfen ist ("metastabiler Zustand"; "inhärente Störung" nach BÖHMER 1999). Kurzfristig zeitliche Änderungen innerhalb eines Jahres sind als Fluktuationen und Phänophasen und im Falle kleinräumiger Änderungen (z. B. im Falle einer Waldgesellschaft ausgelöst durch den Tod eines einzelnen Baumes) als Gap-Dynamik einzustufen. Die klimatisch oder edaphisch bedingte Terminalgesellschaft wird nicht erreicht. Ständige Unterbrechungen der Sukzessionsabläufe führen zur Ausbildung entsprechend der Störung angepasster Vegetationstypen (störungsbedingte Dauergesellschaft). Diese nach FORMAN & GODRON (1986) "low-metastabile systems" sind durch folgende Parameter gekennzeichnet:

- $T_{\text{DIS}} \ll T_{\text{REC-MAT}}$ : Das Störungsintervall ( $T_{\text{DIS}}$ ) ist deutlich kürzer als die Regenerationszeit des Terminalstadiums ( $T_{\text{REC-MAT}}$ ). Das Terminalstadium ("maturation stage") wird nicht erreicht.
- $I \approx R$ : Störungsintensität ( $I$ ) und Resistenz ( $R$ ) stehen in einem metastabilen Gleichgewicht.
- Das System ist in einem metastabilen Zustand.

Eine Änderung des Störungsregimes hebt den metastabilen Zustand auf und zieht relativ rasch (in der Regel innerhalb weniger Vegetationsperioden) eine entsprechende Änderung der Biozönosen nach sich: verringert sich die Störungsintensität oder Störungsfrequenz z. B. aufgrund von Flussregulierungen bzw. einer Änderungen des Abflussregimes (z. B. durch Wasserausleitung) oder des Feststofftransportes (z. B. durch Geschieberückhaltebecken), so geht die Sukzession entsprechend der soziologischen Progression in Richtung reifer Gesellschaften weiter. Erhöht sich die Störungsintensität bzw. -frequenz, so wird eine Regression eingeleitet. In beiden Fällen kann sich auf einem anderen Niveau ein neuer Metastabilprozess einpendeln oder das System in einen Oszillations- oder (bei extremer Änderung) in einen Azyklusprozess übergehen. Der Metastabilprozess tritt in der Regel im Kolonisationsstadium auf, da das Folge- und das Terminalstadium zumeist von Baumarten dominiert werden, welche sich durch eine sehr hohe Regenerationszeit von mehreren Jahrzehnten bis Jahrhunderten auszeichnen (FORMAN & GODRON 1986).

Metastabile Zustände sind insbesondere für Wildflusslandschaften mit extremer Morphodynamik wie den Tiroler Lech sehr typisch. Metastabilprozesse können sich je nach Störungsintensität und Resistenz der Vegetation auf unterschiedlichen Sukzessionsstadien und -phasen einstellen:

- **Kolonisationsstadium-Initialphase:** Bei extrem hohen und häufigen (ein- bis mehrmals pro Jahr) hochwasserbedingten Störungen vermag sich mit Ausnahme des kurzfristigen Aufkommens einzelner Keimlinge und angeschwemmter Pflanzen mittel- bis langfristig keine Vegetation zu etablieren (Typ "vegetationsfreie Schotterbank"). Für den Lech ist der Großteil der rezenten Schotterflächen der Uferzone diesem Prozesstyp unterworfen.
- **Kolonisationsstadium-Pionierphase:** Uferstandorte mit Störungsintervallen von größeren Hochwässern, welche alle 2 bis 3 Jahre zu einer Umlagerung, Standorterosion bzw. -sedimentation führen, lassen ein Aufkommen von höherwüchsigen Pflanzen und die Ausbildung von mehr oder minder geschlossenen Vegetationsdecken nicht zu. Die Standorte unterliegen im Mikrobereich einer extremen Dynamik, können allerdings auf Ebene des Mesohabitats wie z. B. einer Schotterbank in der Gesamtbilanz über Jahre hin relativ "stabil" (metastabil) sein. Der charakteristische Vegetationstyp am Lech ist die Knorpelsalatflur.
- **Folgestadium-Krautphase:** Der Störungseinfluss ist hoch, allerdings kommt es zu keiner mächtigen Sedimentation bzw. aufgrund der mehr oder minder geschlossenen Pflanzendecke zu keiner wesentlichen Erosion bzw. Umlagerung (kritische Schleppspannung > hochwasserbedingte Schleppspannung). Die Pflanzen sind der mehr oder minder jährlichen Zerstörung der Krautschicht angepasst, indem die Überdauerungsknospe geschützt, knapp über der Bodenoberfläche liegen. Zudem zeichnen sie sich durch ein hohes Regenerationsvermögen aus und treiben nach Zerstörung innerhalb einer Vegetationsperiode wieder aus. Die typischen Beispiele an den Lechauen sind das

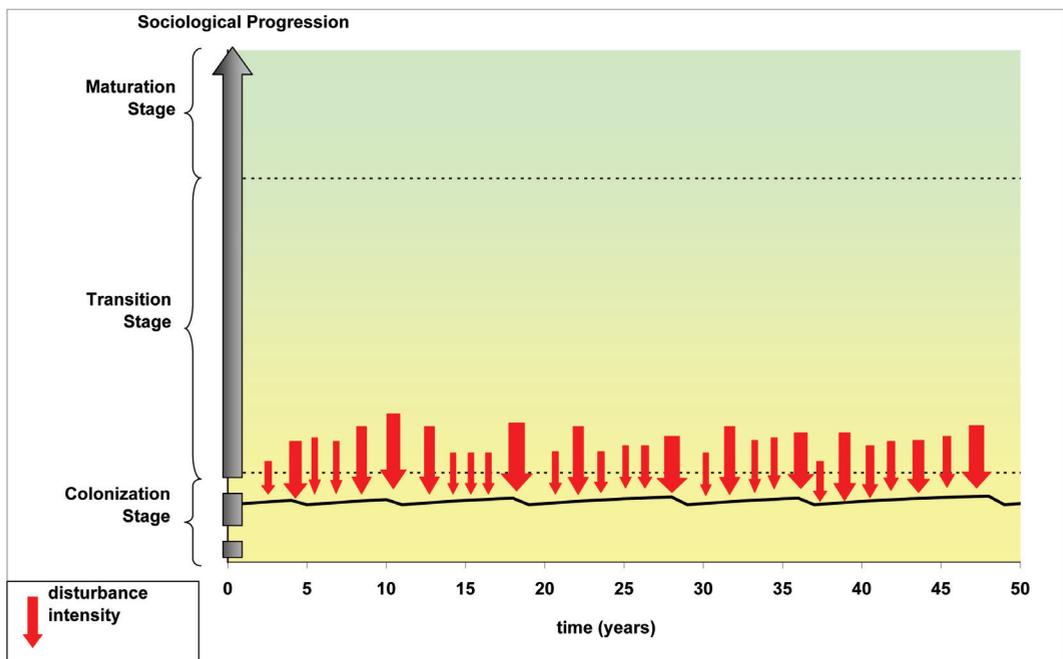


Abb. 25: Schema des Metastabilprozesses am Beispiel einer Pionierflur (z. B. Knorpelsalatflur am Tiroler Lech) in der Pionierphase des Kolonisationsstadiums.

Uferreitgras- und Rohrglanzgrasröhricht. Langlebige Pflanzen mit hoher Biomasse, langsamer Regeneration und geringerer Resilienz wie z. B. Phanerophyten (Bäume, viele Straucharten) können sich auf diesen Standorten nur sehr eingeschränkt etablieren.

- **Folgestadium-Gebüschphase:** Einige wenige Gebüscharten wie z. B. Purpur-Weide (*Salix purpurea*), Lavendel-Weide (*S. eleagnos*) und die Deutsche Tamariske (*Myricaria germanica*) sind an einen hohen Störungseinfluss speziell angepasst und können sich auch mittel- bis längerfristig im Bereich der Uferzone halten: Hohe Resistenz gegenüber hochwasserbedingter mechanischer Belastung durch extrem biegsame Äste, geringe Empfindlichkeit gegenüber Verletzungen des Stammes und eine gute Verankerung durch tiefgehende Wurzeln, gepaart mit hoher Resilienz infolge des hohen Ausschlagvermögens und raschem Wachstum (1 m und mehr pro Jahr), machen diese Arten zu "Überlebenskünstlern" speziell im Flussuferbereich (KARRENBERG et al. 2002). Charakteristisch für diesen Prozesstyp sind die unterschiedlichen Ausbildungen der Weiden-Tamariskengebüsche.

## **B) Mittel- bis langfristig-zyklisches Störungsregime: Oszillationsprozess**

Beim Oszillationsprozess ist die Periodendauer der Störungsintervalle kürzer als die Regenerationszeit, jedoch stehen im Gegensatz zum Metastabilprozess die Störungsintensität und die Resistenz nicht im Gleichgewicht. Infolge der Störungen wird die Sukzession immer wieder unterbrochen und auf ein tieferes Niveau zurückgeworfen (Regression, Recycling). Das Terminalstadium wird aufgrund der im Verhältnis zur Regenerationszeit kürzeren Störungsintervalle und einer bezogen auf die Resilienz und Resistenz der Pflanzenbestände relativ stärkeren Störungswirkung nicht erreicht. Die Bestände befinden sich daher in einem ständigen Wechsel von Sukzession und Regression. Diese kann im Falle von periodischen Störungen mit ähnlicher Störungswirkung zur Ausbildung von störungsbedingten Dauergesellschaften führen. Hier "endet" die Entwicklung stets bei der mehr oder minder gleichen Pflanzengesellschaft. Das System ist beim Oszillationsprozess ein instabiles und ist zusammenfassend durch folgende Parameter gekennzeichnet:

- $T_{DIS} < T_{REC-MAT}$ : Das Störungsintervall ( $T_{DIS}$ ) ist kürzer als die Regenerationszeit des Terminalstadiums ( $T_{REC-MAT}$ ). Das Terminalstadium ("maturation stage") wird nicht erreicht.
- $I > R$ : Störungsintensität (I) and Resistenz (R) stehen in einem permanenten Ungleichgewichtszustand
- Systemstabilität: Das System ist instabil und ständigen Änderungen unterworfen (Sukzession und Regression).

Für die Lechauen sind Oszillationsprozesse insbesondere für die Vegetationstypen des Folgestadiums der Gebüschphase wie den verschiedenen Weidengebüschen, der Pionierauwaldphase wie den Ausbildungen des Silberwurz-Kiefernwaldes und des Grauerlenwaldes sowie für die Vegetationstypen der Reife Auwaldphase mit der Etablierung der Baumarten der Schlusswaldgesellschaften wie der Fichte und Kiefer sowie der Esche typisch. Aber auch alle jüngeren Sukzessionsphasen wie Pionierphase, Krautphase und Gebüschphase können bei entsprechend unregelmäßigen bzw. bei sehr unterschiedlich starken Störungsereignissen neben dem Metastabilprozess auch einem Oszillationsprozess unterliegen (Typenaufzählung siehe oben). Ältere Sukzessionsphasen wie die Reife Auwaldphase werden hinsichtlich der Artenzusammensetzung und Sukzessionsgeschwindigkeit im allgemeinen stärker vom pflanzenphysiologischen Überflutungsstress und dem Grundwassereinfluss oder wie im Falle der Lechauen von der zeitweilig extremen Trockenheit geprägt. Schädigungen bzw. das Absterben von Pflanzen sind

dabei in erster Linie auf eine zu geringe Überflutungstoleranz (vgl. GLENZ 2005) oder, wie im Falle der extrem flachgründigen Schotterstandorten der Lechauen, auf die zu geringe Trockenresistenz zurückzuführen. Reife Auen sind auf Grund ihrer flussferneren und höheren Lage zumeist nur kleinflächig von hochwasserbedingten mechanischen Störeinflüssen betroffen. Ein spezieller Fall sind die Silberwurz-Kiefernwälder mit Tamariske und Grau-Erle. Diese stehen hinsichtlich der Genese im Zusammenhang mit der Flussdynamik und können dem Oszillationsprozess zugeordnet werden. Allerdings sind sie teilweise infolge der Flussbetteintiefung von der aktuellen Flussdynamik weitgehend abgeschnitten worden und werden in der oberen Auenstufe dem Azyklusprozess zugeordnet.

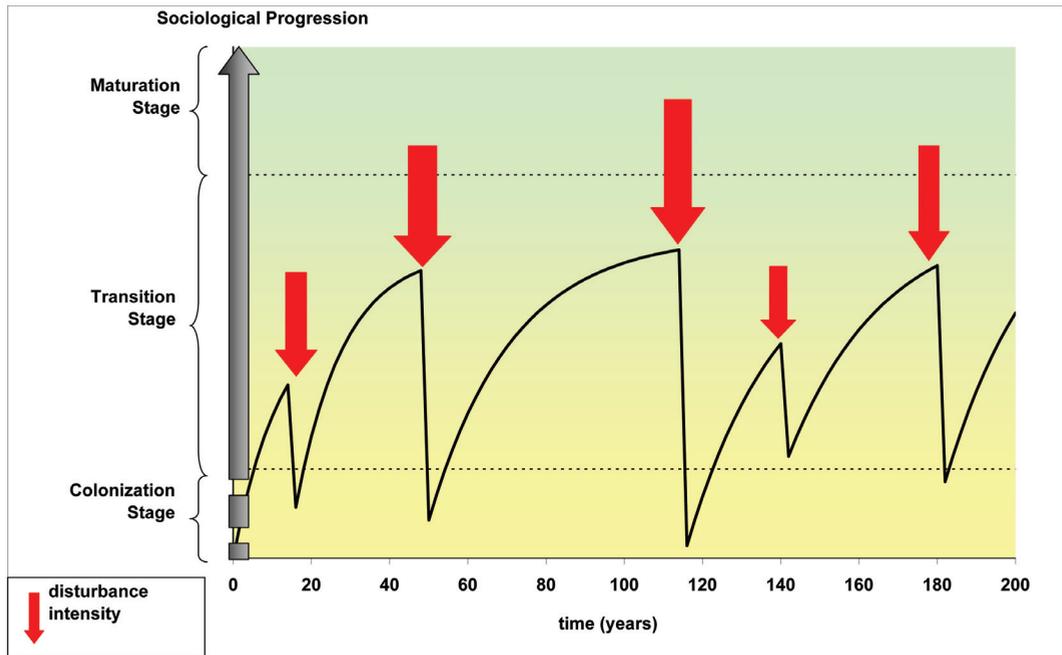


Abb. 26: Schema des Oszillationsprozesses am Beispiel von Gebüschphasen (tiefer liegend in der Sukzessionsprogression; z. B. Weiden-Tamariskengebüsch am Tiroler Lech) und von Reifen Auwaldphasen (höher liegend in der Sukzessionsprogression; z. B. Lavendelweiden-Grauerlenwald mit Fichte am Tiroler Lech) des Folgestadiums.

### C) Langfristig-stochastisches Störungsregime: Azyklusprozess

Die Störungsintervalle sind länger als die Regenerationszeit. Die Sukzession endet bei den Schlussgesellschaften des Terminalstadiums. Störungen sind im Vergleich zu Systemen, die von Metastabil- und Oszillationsprozessen geprägt sind, seltener bzw. Resilienz und Resistenz sind höher. In der Regel werden die Pflanzenbestände von Arten mit langen Lebenszyklen dominiert. Die Organismen betroffener Ökosysteme sind in der Regel größeren Störungen weniger angepasst. Folgende Parameter kennzeichnen den Azyklusprozess:

- $T_{DIS} > T_{REC-MAT}$ : Das Störungsintervall ( $T_{DIS}$ ) ist länger als die Regenerationszeit des Terminalstadiums ( $T_{REC-MAT}$ ).
- Systemstabilität: Das System ist durch mehr oder weniger lange stabile Phasen des Terminalstadiums gekennzeichnet, welche durch einzelne nicht stabile Phasen unterbrochen werden können.

Auen unterliegen in den höchsten und vom Fluss am weitesten entfernten Bereichen (obere Auenstufe) einer unter Umständen sehr geringen Flusssdynamik. Überflutungen sind im Falle von alpinen Auen wesentlich seltener (10 – 100 Jahre) und zumeist auch kürzer. Auch bei großen Hochwässern ist die Schleppspannung zu gering, um Standorte zu erodieren oder Bäume umzuknicken. Lediglich im Falle von Seitenerosionen kann es zu flächenmäßig bedeutenderen Zerstörungen der Vegetationsbestände der Auenstufe kommen. Infolge der stark eingeschränkten bzw. fehlenden Regression ist ausschließlich eine Sukzession in Richtung Klimaxgesellschaften gegeben. Diese auch historisch vorkommenden Typen der höchsten und flussferneren Standorte zeichnen sich am Lech durch ein Spektrum von Kiefernwaldgesellschaften mit einer Entwicklung in Richtung Schneeheide-Kieferwälder und montanen Fichtenwäldern aus. Aber auch edaphisch bedingte Dauergesellschaften bzw. infolge der Flussbetteintiefung von der Flusssdynamik abgetrennte Vegetationstypen des Lechs sind dem Azyklusprozess zuzuordnen. Es sind dies für die Pionierphase und die Krautphase (je nach Deckungsgrad) der höher gelegenen Schotterflächen die Silberwurzflur, für die Gebüschphase das Lavendelweiden-Kieferngebüsch und das Weiden-Tamariskengebüsch mit Kiefer, sowie für die Pionierauwaldphase und die Reife Auwaldphase der Silberwurz-Kiefernwald.

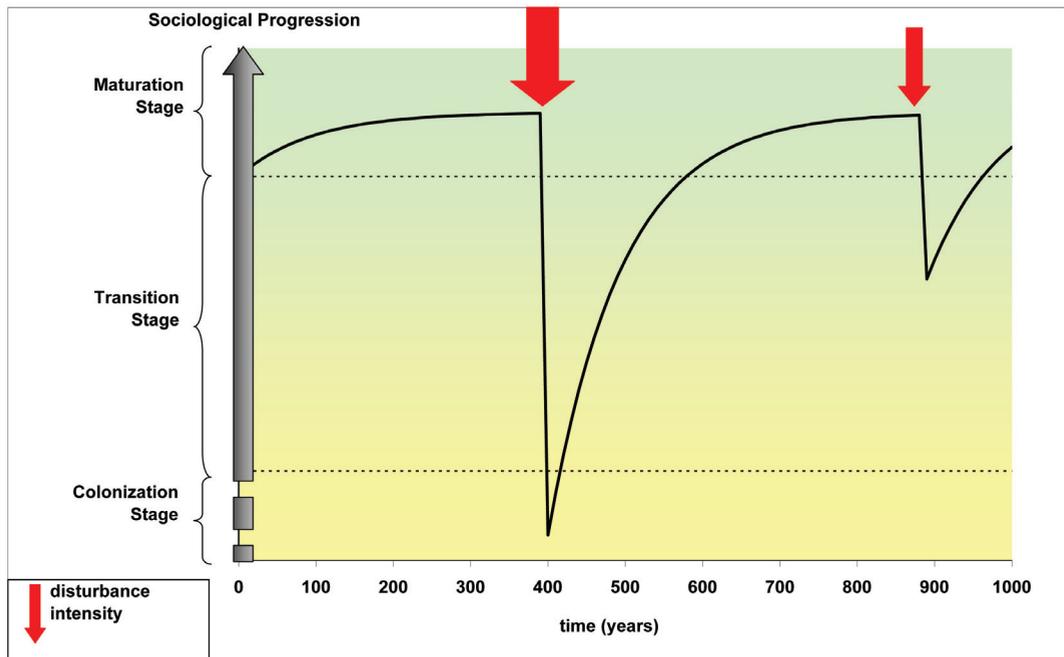
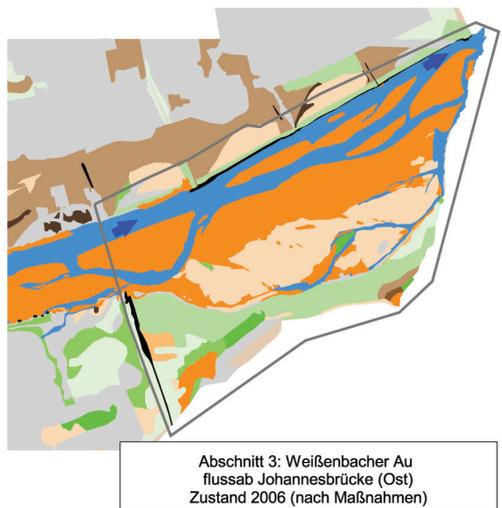
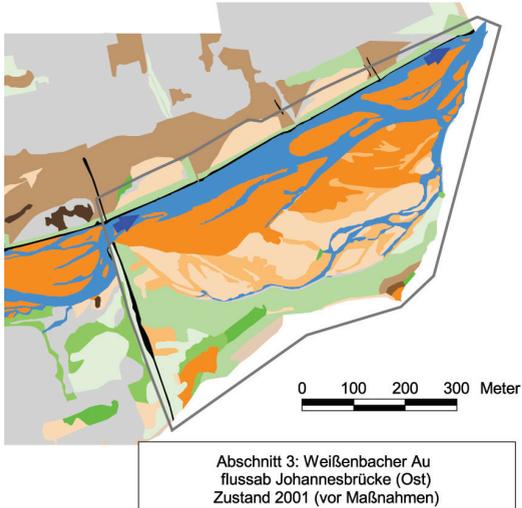
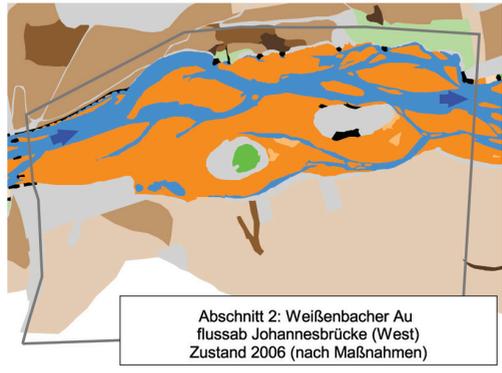
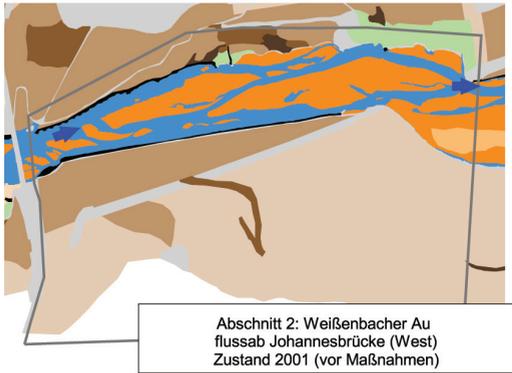
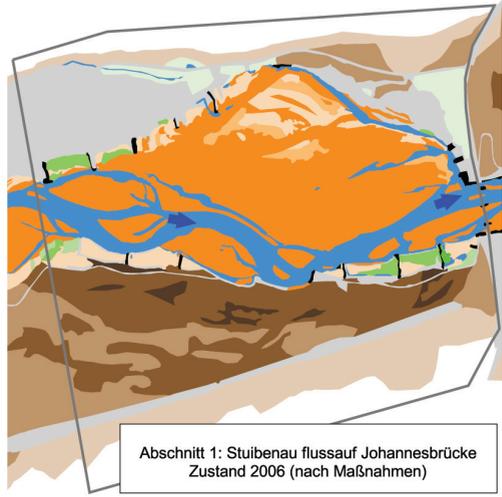
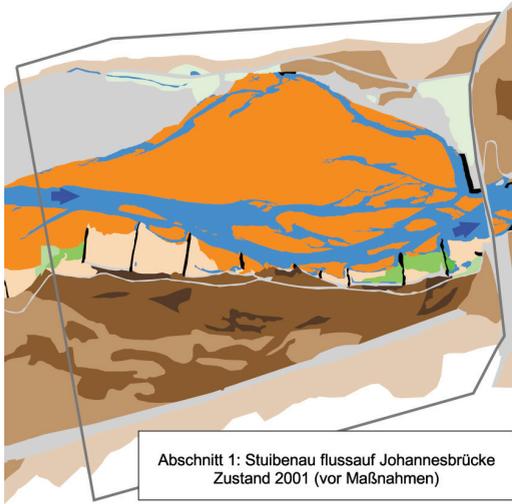


Abb. 27: Schema des Azyklusprozesses am Beispiel der Schlussgesellschaft (z. B. Schneeheide-Kiefernwald am Tiroler Lech) des Terminalstadiums.

### 5.5 Mittel- bis langfristige Auswirkungen der Renaturierungsmaßnahmen infolge der Änderung des Störungsregimes und der flusssdynamischen Prozesse

Aufbauend auf der Darstellung der wesentlichsten vegetationsökologischen Auswirkungen der Lechregulierung (siehe oben) wird im Folgenden analysiert, inwieweit die umgesetzten Renaturierungsmaßnahmen eine Entwicklung in Richtung der natürlichen Prozessabläufe initiiert haben. Im Gegensatz zum vegetationskundlichen Monitoring lassen sich aus den prozessorientierten Analysen mittel- bis langfristige Prognosen bezüglich der zukünftigen Entwicklung der Auenvegetation ableiten (s. Abb. 28 u. 29).



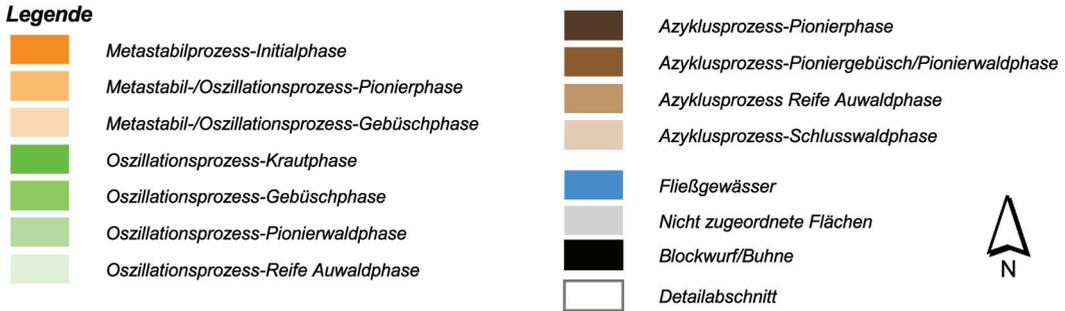


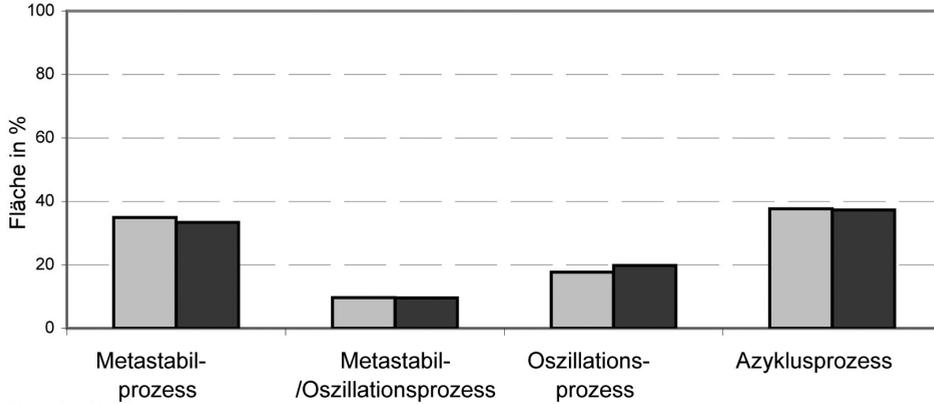
Abb. 28: Karte mit den Prozesstypen in den Abschnitten 1 (Grafik oben), 2 (Grafik Mitte) und 3 (Grafik unten) der Detailanalysegebiete vor (jeweils linke Karte) und nach Umsetzung (jeweils rechte Karte) der LIFE-Natur-Maßnahmen.

Der rechtsufrige Rückbau der Querbuhnen hat im Bereich der Stuibenu flussauf Johannesbrücke in **Abschnitt 1** zu einer Erhöhung des Störungsregimes geführt. Im Gegenzug dazu hat die Errichtung der Querbuhnen im linksufrigen Bereich eine Verringerung des Störungsregimes und damit zu einer Verschiebung der Prozesse von Metastabilprozessen in Richtung Oszillationsprozess geführt. Allerdings wird im Vergleich zur historischen Situation durch diese Maßnahme der Abflussquerschnitt nur geringfügig verbreitert. Eine weitere Entwicklung in Richtung Pionierauwaldphase ist mit Ausnahme lokal-punktueller Vorkommen im Bereich der Bühnenfelder aufgrund des zu starken Störungseinflusses nicht zu erwarten.

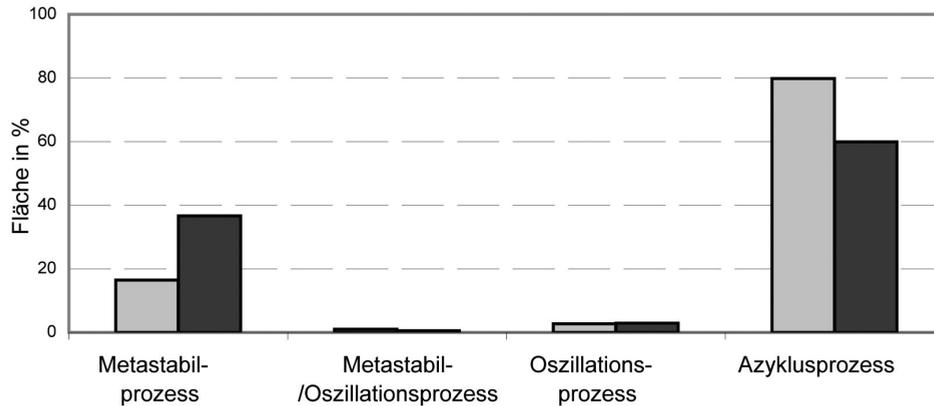
Im Bereich der Weißenbacher Au flussab der Johannesbrücke (West) in **Abschnitt 2** werden durch den Abtrag und die Absenkung der oberen Auenterrasse auf Flussniveau große Flächen wieder an die Flussdynamik angebunden. Auch nach der Maßnahmenumsetzung ist die Flussdynamik zu hoch, um Standorte mit einem etwas reduzierten Störungsregime auszubilden. Mit Ausnahme von Jahren mit unterdurchschnittlichen Abflussspitzen ist daher mit keinem größerflächigen Aufkommen von Vegetation zu rechnen. Allerdings ist durch die rechtsufrige Entfernung der Ufersicherungen in Zukunft mit einer verstärkten Seitenerosion zu rechnen. Die damit verbundene natürliche Aufweitung des Abflussquerschnittes kann langfristig zu einer Verringerung der Schleppspannung und damit des Störungsregimes führen<sup>8</sup>. Damit könnte zumindest längerfristig lokal ein Wechsel vom Metastabilprozess auf der Ebene der Initialphase (jährlich umgelagerte, vegetationslose Schotterbank) hin zur Ebene der Pionierphase bzw. zum Oszillationsprozess mit Kraut- bzw. eventuell Gebüschphase gegeben sein.

Die Rücknahme der langen Querbuhne zu Beginn von der Weißenbacher Au flussab der Johannesbrücke (Ost) in **Abschnitt 3** hat zu einer Erhöhung des Störungsregimes und damit zu einer geringfügigen Verschiebung von Oszillationsprozessen hin zu Metastabilprozessen auf der Ebene der Initialphase geführt bzw. hat sich das Störungsniveau der Metastabilprozesse erhöht. Allerdings ist der Störungseinfluss auch nach Maßnahmenumsetzung innerhalb der Bandbreite der von Oszillations- und Metastabilprozessen geprägten jungen Sukzessionsphasen. Eine Etablierung von fortgeschritteneren Sukzessionsphasen wie den Pionierauwaldphasen ist aufgrund der Erhöhung des Störungsregimes auszuschließen.

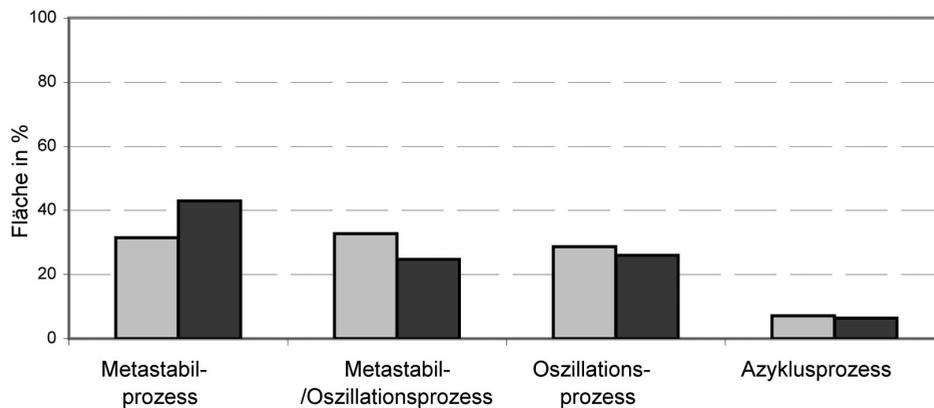
<sup>8</sup> Allerdings wird durch den rechtsufrigen Einbau von zwei Querbuhnen eine weitere Seitenerosion nur begrenzt möglich sein.



**Abschnitt 1**



**Abschnitt 2**



**Abschnitt 3**

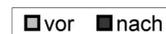


Abb. 29: Anteile der Prozesstypen (in Flächenprozent) in den Abschnitten 1, 2 und 3 des Detailanalyse-Gebiets vor Umsetzung der Maßnahmen (siehe Legende "vor") und nach Umsetzung der Maßnahmen (siehe Legende "nach").

## 6 Resümees

Infolge der im 20. Jahrhundert durchgeführten Maßnahmen zur Verbesserung der Hochwassersicherheit, der energiewirtschaftlichen Nutzung und der Schifffahrt sind mittlerweile nahezu alle größeren Flussläufe Europas reguliert und stabilisiert. Flussregulierungen, Ufersicherungen, Abdämmungen, Ausleitungen und Aufstau haben die natürliche Flusssdynamik minimiert, dies gilt im besonderen für die Wildflusslandschaften Mitteleuropas (MÜLLER 1991, MÜLLER 1995). Neue Standorte können nicht mehr entstehen, dadurch sind Pionierstandorte fast vollständig verloren gegangen, und in weiterer Folge ist die Sukzession ehemaliger Weichholzaunen in Hartholzaunen vorangeschritten. Das führt bei fehlender Überflutung zur Entwicklung in Richtung Klimaxgesellschaften ("terrestrialization" NAIMAN et al. 2005). Am Lech führten flussbauliche Maßnahmen zu einer Eintiefung des Flussbettes von bis zu mehreren Metern und damit zur Trennung großer ehemals "aktiver" Aubereiche von der Flusssdynamik (MÜLLER & BÜRGER 1990). Dieser Eintiefungseffekt ist eine direkte Folge der Flussbetteinengung und wird zusätzlich durch Ufersicherungen verstärkt, welche die Seitenerosion unterbinden. Der Fluss baut die Energie nun in Form verstärkter Tiefenerosion des Flussbettes ab. Dieser Effekt wurde bereits 1990 für die Forchacher Auen des Tiroler Lechs am Beispiel der Radsperrobodenau von MÜLLER & BÜRGER (1990) flussmorphologisch und vegetationskundlich detailliert dokumentiert. Große Bereiche der historischen Ufer- und Auenzone liegen damit rezent außerhalb des Einflussbereiches der Flusssdynamik. Infolge dieses über Jahrzehnte andauernden Abkoppelungsprozesses vom "active channel" – also dem eigentlichen Flussbett – sind diese Bereiche mittlerweile einer fossilen Au zuzuordnen. Mit dem Fehlen der Störereignisse und der damit verbundenen gerichteten Sukzession ist nicht nur eine langfristige gravierende Änderung der Habitat- und Vegetationstypen in Richtung Klimaxgesellschaften und ein Verlust jüngerer Sukzessionsstadien gegeben, sondern auch eine Verringerung der Biodiversität und Vereinheitlichung des Lebensraums (siehe u. a. RICHARDS 2001, TOCKNER et al. 2005). Die Altersbestimmungen vorzugsweise an Kiefern<sup>9</sup> in der Forchacher Au zeigen, dass auf den Standorten der ehemals aktiven Überflutungsauen 2002 ca. 55 bis 60 Jahre alte Bestände stocken. Das deutet darauf hin, dass mit den nach dem 2. Weltkrieg abgeschlossenen Regulierungsmaßnahmen des 3. Generalregulierungsprojektes die Standorte so weit gefestigt wurden, dass seit dieser Zeit keine wesentlichen Umlagerungen mehr stattfanden. Eine weitere Zäsur war offensichtlich um ca. 1975-1980. Seit diesem Zeitpunkt ist auf den tiefer gelegenen, flussnahen Bereichen der Stuibenu (unmittelbar rechtsufrig flussauf der Johannesbrücke) sowie auf dem untersten Abschnitt der Radsperrobodenau die Flusssdynamik weiter zurück gegangen und die Standorte zählen heute ebenfalls zur fossilen Au. Allerdings sind hier noch alte (teilweise abgestorbene) Tamarisken "Zeitzeugen" der ehemaligen Flusssdynamik.

Die Auswertungen des historischen Zustandes des Tiroler Lechs von DREXEL (2006) belegen, dass die Umlagerungsflächen historisch wesentlich ausgedehnter waren. Die Uferzone des Lechs ist – absolut betrachtet und im Verhältnis zu anderen Voralpenflüssen gleichen Flusstyps – heute noch immer großflächig, jedoch hat sich durch die Einengung auf ca. die Hälfte das Störungsregime in der Uferzone deutlich erhöht. Dieser Wechsel der Prozessstypen von Oszillations- und Metastabilprozessen auf der Ebene der Initial-, Pionier-, Kraut- und Gebüschphase hin zum Metastabilprozess auf dem extrem hohen dynamischen Niveau der Initialphase, hat zu einem drastischen Wechsel der Verteilung der Auenvegetationstypen und zum Rückgang von Weiden-Tamarisken Gebüsch und Knorpelsalatfluren

<sup>9</sup> Einzelne Kiefern vermögen sich bereits in einem sehr jungen Sukzessionsstadium (Pionierphase) zu etablieren; aus diesem Grund entspricht das Alter der ältesten Kieferindividuen weitestgehend jenem des Standorts.

sowie zur relativen Zunahme der Schotterflächen in der Uferzone geführt. Im Gegenzug ist auf der höher gelegenen Auenstufe infolge der nun fehlenden Flussdynamik eine Entwicklung in Richtung der Klimaxgesellschaft des Umlandes gegeben. Diese ist nach 55 bis 60 Jahren großflächig durch die mehr oder minder lichten Silberwurz-Kiefernwälder und Schneeheide-Kiefernwälder bei den edaphisch bedingten Dauergesellschaften und Schlussgesellschaften angelangt. Diese naturnahen Bestände sind aus naturschutzfachlicher Sicht auch als sehr wertvoll einzustufen und es ist letztendlich ein Abwägungsprozess, welcher Anteil und konkret welche Flächen vom Naturschutz zugunsten einer Ausweitung der von der Flussdynamik geprägten jüngeren Auensukzessionsstadien "geopfert" werden sollen.

Die im LIFE-Projekt umgesetzten und im Zuge des Vegetationsmonitorings analysierten Maßnahmen haben in Teilbereichen zu einer Ausdehnung der dynamischen Uferzone geführt, insbesondere in jenen Bereichen, wo die obere Auenstufe auf Flussniveau abgesenkt wurde. Zusätzlich wurde durch die Entfernung der Ufersicherungen die Seitenerosion wieder aktiviert. Abgesehen von relativ kleinflächigen Verschiebungen des Vegetationsmosaiks wurden mit den gesetzten Maßnahmen aus vegetationskundlicher Sicht bisher nur geringfügige Veränderungen des Status Quo erreicht. Die Aufweitungen erreichen bei weitem nicht die historische Situation und aufgrund der extrem hohen Flussdynamik des Lechs ist das Störungsregime nach wie vor zu hoch, als dass großflächigere Sukzessionen (Oszillationsprozesse) in der Uferzone stattfinden. Wie historische Luftbilder und Fotos belegen, war der Lechfluss durch ausgedehnte mehr oder minder vegetationslose Schotterflächen charakterisiert. Allerdings war der Umlagerungsbereich in Summe wesentlich großflächiger und neben den vegetationslosen Schotterflächen waren großflächig auch Sukzessionsstadien jungen und mittleren Alters zu finden.

Wie eine Reihe von Studien zeigt (siehe Hinweise im Kap. 1 Einleitung) kommen am Tiroler Lech nach wie vor noch sämtliche ökologisch relevante Habitattypen und Indikatorarten vor. Dies findet u.a. in der außergewöhnlich hohen ökologischen und naturschutzfachlichen Bedeutung des Gebietes seinen Ausdruck. Allerdings hat diese "Teilung des Ökosystems" zu einer wesentlichen Verschiebung der Dominanzverhältnisse der Habitattypen geführt, sodass das "Ökosystem Tiroler Lechauen" heute nur bedingt dem natürlichen Zustand entspricht. Nach der "Intermediate Disturbance Hypothesis" (CONNELL 1978) ist das Diversitätsmaximum bei einem mittleren Störungslevel erreicht. Dies wird auch durch die Kartierungsergebnisse am Tiroler Lech bestätigt. Durch den Rückgang der Habitate mit mittlerem Störungsregime und einer im Gegenzug gegebenen Erhöhung des Störungsregimes im (eingengten) "active channel" bzw. einer Flächenzunahme der nunmehr von der Flussdynamik abgekoppelten Bereiche ist in Summe ein Rückgang der Habitatvielfalt gegeben.

MIDDLETON (1999) streicht im "flood pulse concept" die für die ökologische Funktionsfähigkeit herausragende Rolle der lateralen Vernetzung von Fluss und Auen hervor. Dieser muss bei der zukünftigen Gewässerentwicklung des Tiroler Lechs erhöhtes Augenmerk geschenkt werden. In diesem Zusammenhang ist es von besonderem Interesse, ab welcher Größenordnung einer weiteren Flussbettaufweitung bzw. des Zulassens von Seitenerosionen es zu einer zumindest abschnittswisen Hebung der Flusssohle kommen würde und damit zu einer Anbindung zumindest der flussnäheren Standorte der oberen Auenstufe an die Flussdynamik. Voraussetzung für die Beantwortung dieser Fragestellung ist der Einsatz von Hydraulik- und Feststofftransportmodellen. Aufbauend auf diese können mit dynamischen Auenvegetationsmodellen, wie sie z. B. für den Tiroler Lech von GABRIEL (2003) und KERLE et al. (2005) bereits konzeptionell entwickelt wurden, langfristige Entwicklungsszenarien simuliert werden.

In diesem Zusammenhang ist anzumerken, dass insbesondere der dynamische Lebensraum mit den vegetationslosen Schotterbänken bis hin zu den Pioniergebüschen ein Lebensraum von hoch spezialisierten Tier- und Pflanzenarten ist. Diese Arten einschließlich ihrer Lebensräume sind mittlerweile Alpenweit und darüber hinaus vom Aussterben bedroht (MÜLLER 2005, MÜLLER 2007). Zudem kommt,

dass für das langfristige Überleben dieser Habitate und Arten neben einem möglichst natürlichen Störungsregime eine Mindestflächengröße notwendig ist, wobei als "minimales dynamisches Areal" nach POIANI et al. (2000) in TOCKNER et al. (2005) ca. die 50-fache Ausdehnung der ersten Sukzessionsstadien angegeben wird. Damit soll gewährleistet werden, dass auch nach massiven natürlichen Störereignissen (Hochwasser) genügend Raum für eine Wiederbesiedlung verfügbar ist. Dies ist neben der hohen Anforderung an die Lebensraumqualität (in Bezug auf das natürliche Störungsregime) allein in quantitativer Hinsicht aufgrund der umfassenden Gewässer- und Umlandnutzungen heute in Europa kaum noch erfüllbar. Am Tiroler Lech sind diese Voraussetzungen gegeben. So zählt dieser Flussabschnitt neben dem Tagliamento zu den großen Modellbeispielen im Alpenbogen. Dadurch ergibt sich eine besondere Verantwortung für den Flussbau, die Raumordnung und den Naturschutz. Konkretisiert sehen die AutorInnen über die bisherigen Renaturierungsmaßnahmen des LIFE-Natur-Projektes "Wildflusslandschaft Tiroler Lech" hinaus die Erfordernis von weiteren Maßnahmen zur Verbesserung der natürlichen Flussdynamik und zum langfristigen Erhalt der für alpine Wildflusslandschaften spezifischen Tier- und Pflanzengemeinschaften.

Weitere in Angriff zu nehmende Renaturierungsmaßnahmen am Tiroler Lech auf der Grundlage von Modellen und raumordnerischer Planungen sollen als Hauptziel vor Augen haben, die fortschreitende Tiefenerosion des Lech-Flussbettes zu stoppen und annäherungsweise die historisch wesentlich ausgedehnteren Umlagerungsflächen des Lechs anzustreben. Damit könnte bei entsprechender Gestaltung und Größenordnung der Maßnahmen als "Nebeneffekt" auch eine Verbesserung des Hochwasserschutzes erreicht werden, der angesichts der prognostizierten Klimaentwicklung mit seinen zunehmenden Starkniederschlägen eine gute Zukunftsinvestition für die Bewohner des Tiroler Lechtales und seiner Unterlieger darstellt.

## 7 Literaturverzeichnis

- ADLER, W., OSWALD, K. & FISCHER, M. (1994): Exkursionsflora von Österreich. 1. Auflage, (E. Ulmer), Stuttgart, und Wien, 1180 S.
- AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG, ABTEILUNG UMWELTSCHUTZ (2007): LIFE00 NAT/A/7053 Wildflusslandschaft Tiroler Lech – Technical Final Report.
- BADER, T. (2002): Beobachtungen zum Vorkommen der Kreuzkröte, *Bufo calamita Laurenti*, 1768, in der Region Reutte (Österreich: Tirol). *Herpetozoa* 15 (1/2): 37-50.
- BAUER, U. (1990): Die Bedeutung der Vogelwelt am oberen Lech südlich von Füssen bis Steeg. *Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt*, 55. Jg.: 156-158.
- BEGON, M., HARPER, J. & TOWNSEND, C. (1991): Ökologie. Basel, Boston, Berlin (Birkhäuser Verlag), 1024 S.
- BÖHMER, H.-J. (1999): Vegetationsdynamik im Hochgebirge unter dem Einfluss natürlicher Störungen. In: *Dissertationes Botanicae* (Berlin/Stuttgart) Band 311, 180 S.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie – Grundzüge der Vegetationskunde. Wien (Springer), 865 S.
- CANHAM, C.D. & MARKS, P.L. (1985): The response of woody plants to disturbance: Patterns of establishment and growth. In: PICKET, S.T.A. & WHITE, P.S.: *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press Orlando, 198-216.
- CLEMENTS, F.E. (1916): *Plant succession: analysis of the development of vegetation*. Publ. Carnegie Inst. Wash. 242: 1-512.

- CONNELL, J. H. (1978). Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* 199: 1302-1310.
- DENSLOW, J.S. 1980. Patterns of plant species diversity during succession under different disturbance regimes. *Oecologia* 46: 18-21.
- DALHOF, I. & HÄCKER, B. (1992): Auswirkungen von Flussbaumaßnahmen auf Morphologie und Vegetation am oberen Lech. Diplomarbeit. Fachbereich Landespflege. Fachhochschule Weihenstephan.
- DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie. Grundlagen und Methoden. Stuttgart (Verlag Eugen Ulmer), 683 S.
- DIERSCHKE, M. (1981): Schutz der letzten Reste europäischer Auwälder. *Natur und Landschaft*. 56: 303-304.
- DRESCHER, A., EGGER, G., PETUTSCHNIG, W., PETUTSCHNIG, J. & WRBKA-FUCHSIG, I., (1995): Landschaftspflegeplan Baldramsdorfer Feld und Schutzgebietskonzept Obere Drau – Teil 1: Vegetationsökologische Bestandesaufnahme. *Naturschutz in Kärnten*. Klagenfurt (Amt der Kärntner Landesregierung), Band 14: 1-96.
- DREXLER, S. (2006): Entwicklung der Lech-Flusslandschaften von 1856 bis 2002. Diplomarbeit. Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement. Universität für Bodenkultur. Wien.
- EDWARDS, P., KOLLMANN, J., GURNELL, A., PETTS, G., TOCKNER, K. & WARD, J. (1998): A conceptual model of vegetation dynamics on gravel bars of a large Alpine river. *Netherlands (Wetlands Ecology and Management)*, 13 S.
- EGGER, G. (1992): Beurteilung der Auswirkungen von Flusskraftwerken auf die Auenvegetation am Beispiel der Drau zwischen Mauthbrücken und Sachsenburg (Kärnten). Dissertation, Wien (Universität für Bodenkultur Wien), 225 S.
- EGGER, G. (2001): Vegetationsdynamik und Struktur alpiner Ökosysteme – Diskussionsbeitrag einer prozessorientierten Ökosystemdarstellung am Beispiel eines lawinaren Urrasens im Nationalpark Hohe Tauern. In: *Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Nationalpark Hohe Tauern*. (Matrei in Osttirol), Band 6: 119-137.
- EGGER, G. & AIGNER, S. (2003): Monitoringprogramm Life-Natur Projekt "Wildflusslandschaft Tiroler Lech". Vegetationsmonitoring Lech-Maßnahmenabschnitte & Lech-Zubringer, Kleinmaßnahmen Lech-Lüss-System. Projektbericht. Klagenfurt (Institut für Ökologie und Umweltplanung), 100 S.
- EGGER, G., AIGNER, S., KRASSNITZER, S. & ANGERMANN, K. (2003a): Monitoringprogramm Life-Natur Projekt "Wildflusslandschaft Tiroler Lech". Vegetationsmonitoring Lech-Maßnahmenabschnitte & Lech-Zubringer. Projektbericht. Klagenfurt (Institut für Ökologie und Umweltplanung), 109 S.
- EGGER, G., AIGNER, S., KRASSNITZER, S. & ANGERMANN, K. (2003b): Monitoringprogramm Life-Natur Projekt "Wildflusslandschaft Tiroler Lech". Vegetationsmonitoring von Kleinmaßnahmen. Projektbericht. Klagenfurt (Institut für Ökologie und Umweltplanung), 73 S.
- EGGER, G., AIGNER, S., KRASSNITZER, S. & ANGERMANN, K. (2003c): Monitoringprogramm Life-Natur Projekt "Wildflusslandschaft Tiroler Lech". Vegetationsmonitoring Lech-Lüss-System. Projektbericht. Klagenfurt (Institut für Ökologie und Umweltplanung), 39 S.
- EGGER, G., AIGNER, S. & ANGERMANN, K. (2007): Monitoringprogramm Life-Natur Projekt "Wildflusslandschaft Tiroler Lech". Vegetationsmonitoring Lech-Maßnahmenabschnitte & Lech-Zubringer. Endbericht. Klagenfurt (Umweltbüro Klagenfurt GmbH).
- EGGER, G., AIGNER, S. & ANGERMANN, K. (2005): Monitoring of the Tyrolean river Lech / Austria: Assessing dynamic processes with regard to floodplain vegetation. *International LIFE-Symposium Riverine Landscapes Restoration, Flood Protection, Conservation*. Abstract, Reutte, Austria 26th - 29th September 2005.

- EGGER, G., AIGNER, S. & KUCHER, T. (2006): Ein Fluss kehrt zurück – Vegetationsentwicklung im Bereich der Restaurationsstrecke "Kleblach Ost" an der Oberen Drau in Kärnten. In: Amt der Kärntner Landesregierung – Abteilung 20 – Unterabteilung Naturschutz: Kärntner Naturschutzberichte 2006 (Klagenfurt), Band 11: 28-49.
- FORMAN, R. & GODRON, M. (1986): Landscape Ecology. Canada (John Wiley & Sons Inc.), 619 S.
- GABRIEL, C. (2003): Entwicklung eines Simulationswerkzeuges zur Modellierung von Auenvegetation. Diplomarbeit, Stuttgart (Universität Stuttgart), 128 S.
- GAMS, H. (1918): Prinzipienfragen der Vegetationsforschung. Ein Beitrag zur Begriffsklärung und Methodik der Biocoenologie. Diss. Univ. Zürich. Vierteljahresschr. Naturf. Ges. Zürich 63: 1-205.
- GLENN-LEWIN, D.C & VAN DER MAAREL, E. (1992): Patterns and processes of vegetation dynamics. In: GLENN-LEWIN, D.C, PEET, R.K. & VEBLEN, T.T: Plant succession. Chapman & Hall, London, 11-59.
- GLENZ, C. (2005). Process-based, Spatially-explicit Modeling of Riparian Forest Dynamics in Central Europe – Tool for Decision making in River Restoration. Institute of Science, Engineering and Environment. Lausanne, Switzerland, University of Lausanne: 220 S.
- HUEMER, P. (1990): Das Nordtiroler Lechtal, ein Refugialraum bemerkenswerter Schmetterlingsarten. Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt, 55. Jg.: 159-161.
- HUSTON, M.A. (1994): Biological Diversity – The coexistence of species on changing landscapes. Cambridge University Press, 681 S.
- JERZ, H., SCHAUER, T. & SCHEURMANN, K. (1986): Zur Geologie, Morphologie und Vegetation der Isar im Gebiet der Ascholdingen und Pupplinger Au. Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt, 51: 87-151.
- KARREBERG, S., EDWARDS, P.J. & KOLLMANN, J. (2002): The life history of Salicaceae living in the active zone of floodplains. Freshwater Biology 47: 733-748.
- KERLE, F., EGGER, G. & GABRIEL, C. (2005): A Hierarchical Approach for Riparian and Floodplain Vegetation Modelling – Case study "Johannesbrücke Lech". In: HARBY A, BAPTIST, M, DUEL, H., DUNBAR, M., GOETHALS, P., HUUSKO, A., IBBOTSON, A., MADER, H., PEDERSEN, M. L., SCHMUTZ, S. & SCHNEIDER, M. (ed.): Cost 626 European Aquatic Modelling Network. Proceedings from the final meeting in Silkeborg, Denmark, 19-20 May 2005 Denmark (National Environmental Research Institute): 167-169.
- KOFLER, A. (1979): Vierter Beitrag zur Käferfauna des Lechtales (Tirol: Österreich). Berichte des naturwissenschaftlich-medizinischen Vereins in Innsbruck 66: 61-71.
- LANDMANN, A. & BÖHM, C. (1990): Das Flußsystem des Tiroler Lech – Ornithologische Wertigkeit und Bedeutung für den Vogelschutz. Vogelschutz in Österreich 5: 21-30.
- LEOPOLD, L.B., WOLMAN, G.M. & MILLER, J.P. (1992): Fluvial Processes in Geomorphology. San Francisco (Dover Publications), 522 S.
- MADER, H., STEIDL, T. & WIMMER, R. (1996): Abflußregime österreichischer Fließgewässer – Beitrag zu einer bundesweiten Fließgewässertypologie. In: Monographien. (Wien), Bd. 82: 192.
- MIDDLETON, B. A. 1999b. Wetland Restoration, Flood Pulsing and Disturbance. Dynamics. John Wiley & Sons, New York.
- MONTGOMERY, D. & MACDONALD, L. 2002: Diagnostic approach to stream channel assessment and monitoring. In: Journal of the American water resources association. Vol. 38. No. 1.
- MUCINA, L., GRABHERR, G. & ELLMAUER, T. (1993a): Die Pflanzengesellschaften Österreichs – Anthropogene Vegetation. Teil 1, Stuttgart – New York (Gustav Fischer Verlag), 578 S.

- MUCINA, L., GRABHERR, G. & ELLMAUER, T. (1993b): Die Pflanzengesellschaften Österreichs – Natürliche waldfreie Vegetation. Teil 2, Stuttgart – New York (Gustav Fischer Verlag), 523 S.
- MUHAR, S., KAINZ, M., KAUFMANN, M. & SCHWARZ, M. (1996): Ausweisung flusstypspezifisch erhaltener Fließgewässerabschnitte in Österreich. Lech. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Wien.
- MUHAR, S., POPPE, M., EGGER, G., SCHMUTZ, S. & MELCHER, A. (2004): Flusslandschaften Österreichs. Ausweisung von Flusslandschaftstypen anhand des Naturraums, der Fischfauna und der Auenvegetation. Forschungsprogramm Kulturlandschaft. Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur (Wien), Band 16, 181 S.
- 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. Jg.: 123-154.
- 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 Lechtales für den botanischen Arten- und Biotopschutz und Empfehlungen zu deren Erhaltung. In: Schriftenreihe Bayer. Landesamt für Umweltschutz (München), Heft 99: 17-39.
- MÜLLER, N. (1991): Veränderungen alpiner Wildflußlandschaften in Mitteleuropa unter dem Einfluß des Menschen. Augsburgische Ökologische Schriften 2: 9-30.
- MÜLLER, N. (1995): Wandel von Flora und Vegetation nordalpiner Wildflußlandschaften unter dem Einfluß des Menschen. Ber. ANL 19:125-187.
- MÜLLER, N. (2005): Die herausragende Stellung des Tagliamento (Friaul, Italien) im Europäischen Schutzgebietssystem NATURA 2000. Verein zum Schutz der Bergwelt e.V., 70. Jg.: 19-35.
- MÜLLER, N. (2007): Zur Wiederansiedelung des Zwergrohrkolbens (*Typha minima* Hoppe) in den Alpen – eine Zielart alpiner Flusslandschaften. Natur in Tirol, Bd. 13: 180-193.
- MÜLLER, N., HUEMER, P., NEUNER, W. & WALDERT, R. (1991): Bibliographie zur Flora, Vegetation und Fauna des Lechtales. Augsburgische Ökologische Schriften 2: 167-172.
- NAIMAN, R.J., DÉCAMP, H. & McCLAIN, M. E. (2005): Riparia – Ecology, Conservation, and Management of Streamside Communities. San Diego, (Elsevier Academic Press), 430 S.
- PFEUFFER, E. (2007): Die Heuschreckenfauna des Lechs. Der Wandel einer alpinen und außeralpinen Wildflusslandschaft und seine Folgen. In diesem Jahrbuch S. 151-184.
- PICKET, S. & WHITE, P. (1985): The ecology of natural disturbance and patch dynamics. London (Academic press), 472 S.
- PLACHTER, H. (1998): Die Auen alpiner Wildflüsse als Modelle störungsgeprägter ökologischer Systeme. In: Finck, P., Klein, M., Riecken, U. & Schröder, E.: Schutz und Förderung dynamischer Prozesse in der Landschaft. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 56. Bundesamt für Naturschutz. Bonn-Bad Godesberg. Bonn: 21.
- POIANI, K.A., RICHTER, B.D., ANDERSON, M.G. & RICHTER, H.E. (2000): Biodiversity conservation at multiple scales: functional sites, landscapes, and networks. BioScience 50: 133-146.
- PREIS, S., HESSE, A., MUHAR, S. (2007): Evaluierung flussbaulich – ökologischer Maßnahmen an Lech und Vils im Rahmen des LIFE-Natur-Projektes "Wildflusslandschaften des Tiroler Lech". Zwischenbericht Vergleich vor und nach Umsetzung der flussbaulich-ökologischen Maßnahmen. Fachbereich Aquatisch-terrestrische Lebensräume. I. A. des Amtes der Tiroler Landesregierung, Abt. Wasserwirtschaft und des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien.

- PREIS, S., MUHAR, S., HINTERHOFER, M., FLEISCHHANDEL, D., PEINSITT, A., MÜHLBERG, A. (2003): Evaluierung flussbaulich-ökologischer Maßnahmen an Lech und Vils im Rahmen des LIFE-Natur-Projektes "Wildflusslandschaften des Tiroler Lech". Zwischenbericht Ist-Zustandsaufnahmen Lech und Lech-Zubringer. Fachbereich Aquatisch-terrestrische Lebensräume. I. A. des Amtes der Tiroler Landesregierung, Abt. Wasserwirtschaft und des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien.
- RICHARDS, K. (2001): Floods, Channel Dynamics, and Riparian Ecosystems. In: MOSLEY, M.P. (ed.): Gravel-Bed Rivers V. New Zealand Hydrological Society Inc., The Caxton Press, Christchurch. 465-478.
- ROSGEN, D. (1996): Applied River Morphology. Lakewood (Colorline).
- SCHATZ, I. (1996): Kurzflügelkäfer in Uferzönosen der Lechauen (Nordtirol, Österreich) (Coleoptera: Staphylinidae). – Ber. nat.-med. Ver. Innsbruck, 83: 253-277.
- SCHÖBERL, F. (1990): Regionalstudie Lech-Außerfern. Schlußbericht Teil 1. Übersicht – Zusammenfassung. Flussmorphologie, Fluss- und Wasserbauliche Situation, Feststoffhaushalt und Geschlebergeme. Institut für Wasserbau. Universität Innsbruck.
- SCHUEERMANN, K. & KARL, J. (1990): Der Obere Lech im Wandel der Zeiten. Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt. 55. Jg.: 25-42.
- SCHILLHAMMER, H. (1995): Bemerkenswerte Käferfunde aus Österreich (IV) (Coleoptera). Koleopterologische Rundschau 65: 229-232.
- SCHUH, R. & JÄCH, M. A. (1999): Bemerkenswerte Käferfunde aus Österreich (VIII). Koleopterologische Rundschau 69: 207-208.
- STANFORD J.A., LORANG, M.S & HAUER, F.R. (2005): The shifting habitat mosaic of river ecosystems. Verh. Internat. Verein. Limnol. 29: 1-14.
- STANFORD, J.A., WARD, J.V., LISS, W.J., FRISSELL, C.A., WILLIAMS, R.N., LICHTOWICH, J.A. & COUTANT, C.C. (1996). A General Protocol for Restoration of Regulated Rivers. Regulated Rivers-Research & Management, 12: 391-413.
- STEINBERGER, K.-H. (1996): Die Spinnenfauna der Uferlebensräume des Lech (Nordtirol, Österreich) (Arachnida: Araneae). – Ber. nat.-med. Verein Innsbruck, 83: 187-210.
- TOCKNER, K., SURIAN, N. & TONIUTTI, N. (2005): Geomorphologie, Ökologie und nachhaltiges Management einer Wildflusslandschaft am Beispiel des Fiume Tagliamento (Friaul, Italien) – ein Modellökosystem für den Alpenraum und ein Testfall für die EU-Wasserrahmenrichtlinie. Verein zum Schutz der Bergwelt e.V., 70 Jg.: 3-17.
- TURNER, M.G., GARDNER, R.H. & O'NEILL, R.V. (2001): Landscape Ecology in Theory and Practice – Pattern and Process. New York (Springer Science+Business Media, Inc.), 401 S.
- WENDELBERGER, G. (1980): Die Auenwälder der Donau in Österreich. In: Colloques Phytosociologiques. (Vaduz), Bd. 9: 19-54.
- WENDELBERGER-ZELINKA, E. (1952): Die Vegetation der Donauauen bei Wallsee. In: Schriftenreihe der Oberösterreichischen Landesbaudirektion (Wels), Band 11, 179 S.
- WILLNER, W. & GRABHERR, G. (2007): Die Wälder und Gebüsche Österreichs. 1. Auflage, München (Elsevier GmbH), 302 S.
- WHITE, P.S. & PICKET, S.T.A. (1985): Natural Disturbance and patch dynamics: An introduction. In: PICKET, S.T.A. & WHITE, P.S. The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press Orlando, 3-13.
- ZITEK A., MUHAR S., SCHMUTZ S., FLEISCHANDERL D., UNFER G., FRANGEZ C., HINTERHOFER M., WIESNER C., GUTMANN S., HAUER C. (2003): Evaluierung flussbaulich-ökologischer Maßnah-

men an Lech und Vils im Rahmen des LIFE-Natur-Projektes "Wildflusslandschaften des Tiroler Lech". Zwischenbericht Ist-Zustandsaufnahmen Lech und Lech-Zubringer. Fachbereich Fischökologie. I. A. des Amtes der Tiroler Landesregierung, Abt. Wasserwirtschaft und des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien.

### **Anschrift der Verfasser**

Dr. Gregory Egger  
Umweltbüro Klagenfurt  
Bahnhofstraße 39/2  
A – 9020 Klagenfurt  
Tel: +43 (0) 463-516614  
gregory.egger@umweltbuero-klagenfurt.at

Dr. Susanne Aigner  
Umweltbüro Klagenfurt  
Bahnhofstraße 39/2  
A – 9020 Klagenfurt  
Tel: +43 (0) 463-516614  
susanne.aigner@umweltbuero-klagenfurt.at

DI Karoline Angermann  
Umweltbüro Klagenfurt  
Bahnhofstraße 39/2  
A – 9020 Klagenfurt  
Tel: +43 (0) 463-516614  
karoline.angermann@umweltbuero-klagenfurt.at

Der Verein zum Schutz der Bergwelt bedankt sich beim Österreichischen Alpenverein, Abteilung Raumplanung und Naturschutz für die großzügige finanzielle Unterstützung zur Drucklegung dieses Artikels.