

Auswirkungen von Flußbaumaßnahmen auf Flußdynamik und Auenvegetation am Lech

– eine Bilanz nach 100 Jahren Wasserbau an einer nordalpinen Wildflußlandschaft

Norbert Müller, Irene Dalhof, Beate Häcker und Gaby Vetter

Inhalt	Seite
1. Einleitung	181
2. Allgemeine Beschreibung des Lechtales	183
2.1 Geographie	
2.2 Flußdynamik	
2.3 Zur Flora und Auenvegetation vor dem Flußausbau	
3. Wasserbau am Lech	184
4. Auswirkungen von wasserbaulichen Eingriffen auf die Flußdynamik	185
4.1 Feststoffführung	
4.2 Abflußhaushalt	
5. Veränderungen von Flußmorphologie und Auenvegetation in drei ausgewählten Gebieten	187
5.1 Untersuchungsmethoden	
5.2 Untersuchungsgebiet 1 – Oberlauf bei Reutte	
5.3 Untersuchungsgebiet 2 – Mittellauf bei Schongau	
5.4 Untersuchungsgebiet 3 – Unterlauf bei Augsburg	
5.5 Bilanz	
6. Die Kiesbankvegetation und ihre Veränderungen im Flußverlauf	195
6.1 Allgemeine Charakterisierung	
6.2 Pioniervegetation der Rohbodenstandorte	
6.3 Überflutungsvegetation	
6.4 Auswertung und Diskussion	
7. Zusammenfassende Darstellung der Auswirkungen von Flußbaumaßnahmen auf Flußdynamik und Auenvegetation	206
7.1 Flußregulierungen	
7.2 Staustufenbau	
8. Konsequenzen für den Naturschutz	208
9. Zusammenfassung	209
10. Summary	210
11. Literatur	211

1. Einleitung

Der Lech zählt zusammen mit Iller, Isar, Inn, Salzach, Traun und Enns zu den großen nordalpinen Flüssen, die zur Donau hin entwässern. Vor der Einflußnahme durch den Wasserbau bildeten diese Flüsse weiträumige Wildflußlandschaften aus. Darunter versteht man einen speziellen Typ der Auenlandschaft, der durch eine besonders hohe Flußdynamik bedingt ist. Stark schwankende Abflußverhältnisse und eine hohe Feststofffracht führen dazu, daß die Ufer laufenden Veränderungen unterworfen sind. In Talaufweitungen kommt es so zu einem verzweigten Flußlauf mit dazwischen gelagerten Kiesbänken, die nur bei Hochwasser vollständig überströmt sind. Flußmorphologisch werden diese Flußabschnitte auch als Umlagerungsstrecken bezeichnet (MANGELSDORF & SCHEURMANN 1980).

Konsequente Flußbaumaßnahmen in den letzten 100 Jahren wie Regulierungen und Staustufenbau haben dazu geführt, daß dieser ehemals verbreitete Landschaftstyp der Alpentäler und des Alpenvorlandes auf weiten Strecken stark verändert oder zerstört wurde (EDER & MAYER 1990, LAZOWSKI & LÖFFLER 1991, MARTINET &

DUBOST 1992, MÜLLER 1991 a, SCHREINER 1991).

Die Auswirkungen des Wasserbaus auf Flußmorphologie und charakteristische Auenbiozönosen wurden bereits für verschiedene Abschnitte der Alpenflüsse näher untersucht wie z.B. den Oberrhein (HÜGIN 1981, DISTER 1991), die Mittlere und Untere Isar (JERZ & al. 1986, SEIBERT 1962), die Mittlere Salzach (FOECKLER & al. 1991). Besonders gut dokumentiert sind sie an der Oberen Rhône (BRAVARD & al. 1986, PAUTOU & al. 1979, PAUTOU & BRAVARD 1982, ROUX & al. 1989). Veränderungen der Auenvegetation am Unteren Lech stellten MÜLLER (1991 b) und SCHAUER (1984 a) dar.

Untersuchungen, die sich in einem größeren Kontext mit den Folgen wasserbaulicher Eingriffe für typische Auenbiozönosen und Organismen beschäftigen, sind dagegen relativ selten (z.B. GEPP 1986, MÜLLER 1991 a u. c, PLACHTER 1986, REICH 1990 u. 1991).

Da für das Verständnis der ökologischen Auswirkungen von Flußbaumaßnahmen die Auenlebensräume sowohl im Längs- als auch im Querprofil betrachtet werden müssen (FOECKLER & BOHLE 1991), wird in vorliegender Arbeit

der gesamte Lauf einer nordalpinen Wildflußlandschaft berücksichtigt. Zentrale Fragestellung ist dabei, wie sich verschiedene wasserbauliche Eingriffe auf die Flußdynamik und die Auenvegetation auswirken.

Als Untersuchungsobjekt bietet sich dabei der Lech als einer der größten nordalpinen Flüsse aus mehreren Gründen an:

- zahlreiche ältere Veröffentlichungen vermitteln einen guten Kenntnisstand über die Struktur der Auenvegetation vor dem Flußausbau (vgl. MÜLLER 1991 & al.)
- der Fluß weist neben natürlichen Fließstrecken im Oberlauf eine Reihe von unterschiedlich stark beeinflussten Abschnitten auf, die repräsentativ für den Wasserbau der letzten 100 Jahre sind.

Im einzelnen standen folgende Fragen im Vordergrund:

1. Welche Auswirkungen haben im Flußverlauf verschiedene wasserbauliche Eingriffe auf die flußdynamischen Prozesse wie Feststoffführung und Abflußhaushalt?
2. Wie verändern sich dadurch Flußmorphologie und Auenvegetation in Raum und Zeit?
3. Wie stellen sich die Veränderungen von charakteristischen Pflanzengesellschaften im Flußverlauf dar?

Die vorliegende Arbeit soll dabei dringend notwendige Daten für den Naturschutz in verschiedener Sicht liefern:

- Sie will klären, welche Auswirkungen Eingriffe in Flußökosysteme wie z.B. Staustufen auf Fließstrecken haben. Vor dem Hintergrund

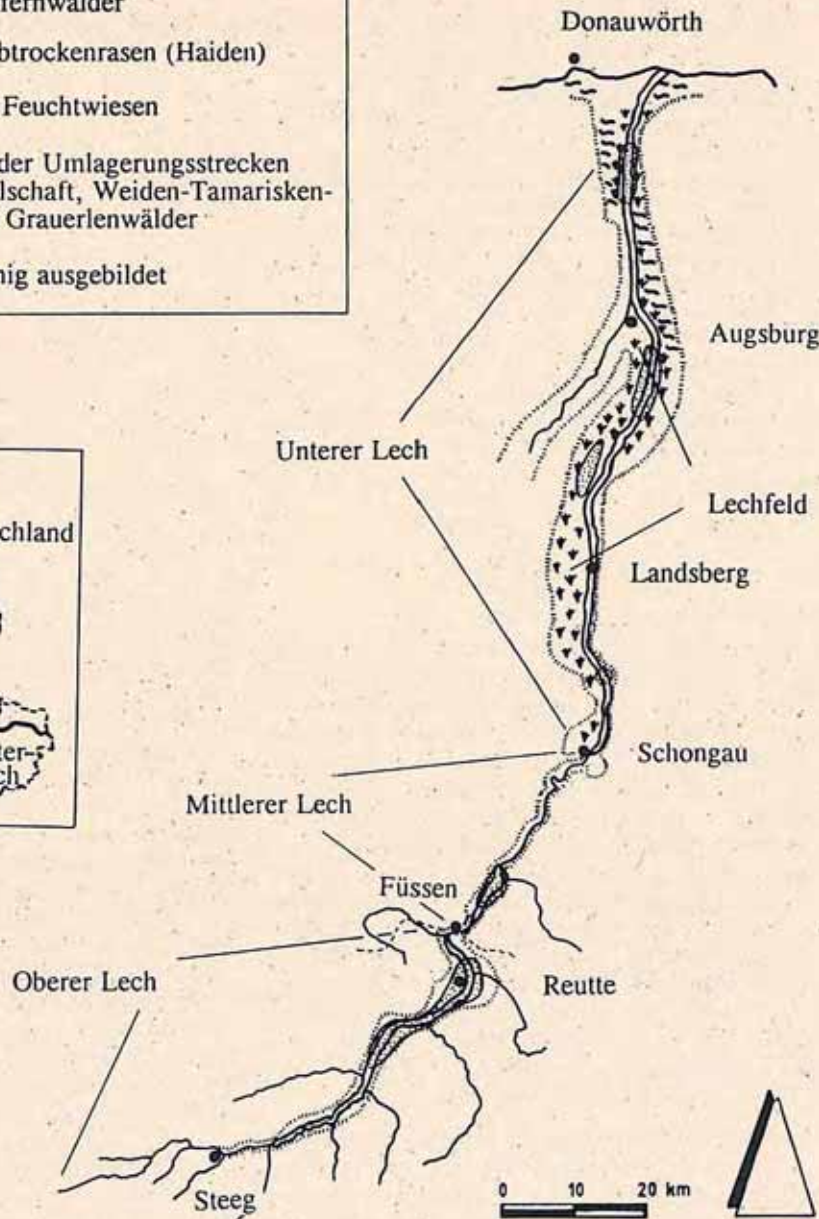
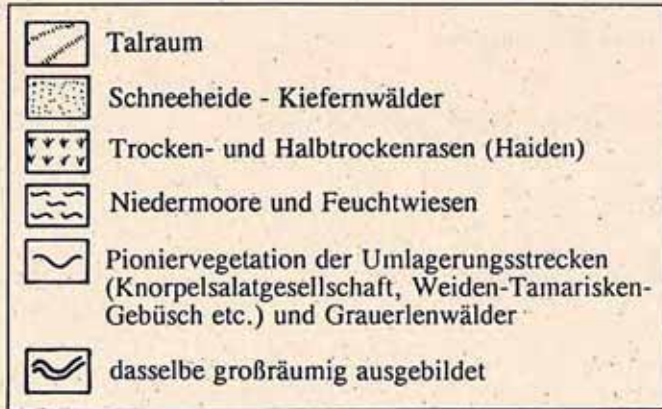


Abbildung 1

Geographie des Lechtales mit Zentren typischer Lebensräume der Wildflußlandschaft vor dem Flußbau (ca. 1850) (nach MÜLLER 1990 a erweitert).

weiterer Planungen zur Nutzung der Wasserkraft, insbesondere im Einzugsgebiet der Alpenflüsse, so z.B. auch am Lech, sind darum die Erkenntnisse der vorliegenden Untersuchung eine wichtige Entscheidungshilfe.

- Sie gibt erstmals für einen gesamten Alpenfluß einen Überblick über den charakteristischen Vegetationskomplex alpiner Wildflußlandschaften - der Vegetation auf Kiesbänken - und zeigt ihre Veränderungen durch den Wasserbau auf.
- Mit den Untersuchungen zur Bestandssituation flußtypischer Tiergruppen am Lech aus jüngerer Zeit z. B. Avifauna (BAUER 1990, 1991), Amphibien und Reptilien (KUHNER 1984), Schmetterlinge (HUEMER 1991, PFEUFFER 1991 a u. b), Laufkäfer, Heuschrecken und Libellen (WALDERT 1990, 1991), Benthos (MAUCH 1984) und Fische (SIEMENS 1989, SMIJA 1984) vervollständigt sie die Bilanz zu den Auswirkungen der Flußbaumaßnahmen an einer großen alpinen Wildflußlandschaft. Für dringend notwendige Renaturierungsmaßnahmen am Lech wie auch an anderen Alpenflüssen liegen damit wichtige Grundlagen vor.

2. Allgemeine Beschreibung des Lechtales

2.1 Geographie

Der Lech entspringt in den nördlichen Kalkalpen und mündet nach ca. 250 km in die Donau (vgl. Abb. 1).

Der Obere Lech verläuft in einem bereits während der Alpenhebung angelegten Talraum zwischen den Allgäuer- und Lechtaler Alpen. Kurz vor der Landesgrenze zwischen Österreich und Deutschland erreicht er den Alpenrand.

In seinem Mittellauf zwischen Füssen und Schongau durchschneidet der Fluß die aufgefaltete Molasse und hat sich tief in die Moränen-Hügellandschaft eingeschnitten. In seinem Unterlauf, nördlich der Endmoränengrenze bei Schongau bis zur Mündung in die Donau fließt er in einem eiszeitlich angelegten Talraum, der stark aufgeweitet ist (weiteres zur Geographie vgl. BÜRGER 1991).

2.2 Flußdynamik

Feststoffführung und Abflußhaushalt sind die wichtigsten Parameter der Flußdynamik von alpinen Wildflußlandschaften. Sie bestimmen die Flußmorphologie und Auenvegetation.

2.2.1 Feststoffführung

Der in den nördlichen Kalkalpen entspringende Lech ist durch einen beachtlichen Feststofftrieb gekennzeichnet. Feststoffe lassen sich in die meist organischen Schwimmstoffe, in Gerölle und in Schwebstoffe unterteilen. Als Geröll werden die Feststoffe bezeichnet, die rollend, gleitend oder springend auf der Flußsohle zu Tal wandern, während die Schwebstoffe im Wasser schwebend transportiert werden.

Als Feststoffherde für den Lech spielen die Zubringerbäche im alpinen Einzugsgebiet, insbesondere der Streiner Bach, der Alperschönbach und der Hornbach eine wesentliche Rolle (SCHEURMANN & KARL 1990).

Der Lech transportiert Verwitterungsschutt (v.a. Hauptdolomit, Wettersteinkalk und Fleckenmergel) und Moränenmaterial aus dem alpinen Einzugsgebiet ins Alpenvorland und führte sie vor dem Bau des Ferggensees bis zur Donau.

Durch diesen Transport kommt es zu einer Zerkleinerung und zum Abrieb des Lockermaterials, so daß sich das Korngrößenspektrum lechabwärts zugunsten der kleineren Korngrößen verschiebt.

2.2.2 Abflußhaushalt

Der Lech weist das typische Abflußverhalten eines alpinen Flußes auf, mit Abflußmaximum im Frühsommer und Niederwasserstand im Herbst und Winter (vgl. Abb. 3). Die Hochwässer fließen vor allem in den Monaten Mai bis Juli ab, da hier die Schneeschmelze in den Hochlagen der Alpen und das jährliche Niederschlagsmaximum aufeinander treffen.

Hochwässer sind die Voraussetzung für den Gerölltransport und die damit verbundenen flußbettgestaltenden Prozesse. Hochwässer mit einer ausreichenden Schlepplast nehmen Schotter auf, um sie flußabwärts wieder abzulagern. Selbst bewachsene Schotterbänke können mitgerissen werden. Dies führt zur ständigen Umgestaltung des Flußbettes. Unter natürlichen Verhältnissen bleibt auf lange Sicht ein Gleichgewicht zwischen Erosion und Akkumulation bestehen.

2.3 Zur Flora und Auenvegetation vor dem Flußausbau

Das Lechtal nimmt hinsichtlich der Verbreitung von Farn- und Blütenpflanzen unter allen großen Flüssen in Mitteleuropa eine einmalige Stellung ein. Eine Vielzahl dealpiner, submediterraner und kontinentaler Pflanzenarten konzentrieren sich hier oder sind in ihren Teilarealen in den Alpen und im Jura über den Lech verbunden (BRESINSKY 1965, 1991, MÜLLER 1990 a und b). Vergleichbare Beispiele gibt es für die Fauna (WALDERT 1990).

In der eiszeitlichen und nacheiszeitlichen Florentwicklung hat der Lech eine bedeutende Rolle gespielt: Über seine Schotterfluren konnten vorzugsweise Kalkbodenpflanzen von den Alpen in die Alb und umgekehrt wandern. Dabei fungierten die Kalkschotterterrassen des Unteren Lechtales in verschiedenen Epochen als Refugialgebiete und Wiederausbreitungszentren für alpine, mediterrane und kontinentale Florenelemente.

Der Hauptanteil der in diesem Zusammenhang bedeutsamen Arten der „Pflanzenbrücke Lechtal“ kommt in Lebensgemeinschaften vor, die ihre Entstehung der Flußdynamik verdanken. Neben der Pioniervegetation von Wildflußlandschaften sind dies deren Kontaktgesellschaften auf flußfernen Aufschotterungen, wie Halbtrockenrasen und Trockenwälder (fossile Au). Ihre höchste Konzentration erreichen die lechbedeutsamen Pflanzen in den Halbtrockenrasen des Unteren Lechtals – den Lechhaiden (MÜLLER 1990 a).

Vor dem Einfluß des Wasserbauers bildete der Lech eine der großräumigsten Wildflußlandschaften in den Nordalpen und dem Vorland aus.

Zahlreiche ältere floristische, vegetationskundliche und chorologische Arbeiten (BRESINSKY 1959, 1962, 1965, CAFLISCH 1848, 1850, 1869,

KARL 1954, SENDTNER 1854, USINGER & WIGGER 1961, VOLLMANN 1914) sowie Landschaftsbeschreibungen und photographische Dokumentationen (FISCHER 1966 u. 1991, MICHELER 1953) lassen zusammen mit der Artenkombination letzter intakter Wildflußlandschaften am Oberen Lech (MÜLLER 1988) sowie mit der der fossilen Auen, eine ziemlich genaue Rekonstruktion der Struktur und Verbreitung charakteristischer Pflanzengesellschaften am Lech vor dem Ausbau zu.

Die früheren Vegetationsverhältnisse stellen sich wie folgt dar:

Innerhalb der rezenten Aue waren neben vegetationsfreien Schotterflächen verschiedene Pioniergesellschaften auf frisch vom Fluß abgelagerten Kies- und Sandbänken charakteristisch: Knorpel-salat-, Uferreitgras-, Zwergrohrkolben- und Gebirgsbinsen-Gesellschaft, sowie Weiden-Tamarisken- und Weiden-Erlen-Gebüsche. Auf periodisch überschwemmten Standorten herrschten Grauerlenwälder vor.

Im Unterlauf, wo verstärkt feine Sedimente zur Ablagerung kamen, wurden periodisch und episodisch überflutete Flächen von Silberweiden- und Eschen-Ulmenwäldern eingenommen.

In der fossilen Aue waren auf ehemals vom Fluß angelegten Grobschotterablagerungen Schneeheidekiefernwälder und Halbtrockenrasen verbreitet.

Alte Flußrinnen und Gräben, die unter Grundwasseranschluß standen, verlandeten mit verschiedenen Kalkflachmoorgesellschaften.

Entsprechend der geomorphologischen Ausprägung des Talraumes hatten die flußtypischen Lebensräume vor dem Lechausbau unterschiedliche Flächenausdehnung (vgl. Abb. 1).

In Talaufweitungen am Oberen und Unteren Lech fanden sich großräumige Umlagerungsstrecken mit Pioniervegetation und deren Folgegesellschaften. Hier lagen die Zentren der Schneeheidekiefernwälder.

Im Unteren Lechtal kam es durch eine Flußbettverlagerung nach Osten in den letzten 2000 Jahren zu mächtigen Schotterterrassen. Durch Beweidung blieben sie weitgehend baumfrei und so konnten sich die bedeutendsten Flußschotterhaiden in Mitteleuropa entwickeln (vgl. BRESINSKY 1991, MÜLLER 1990 b). Hier hatten die Schneeheidekiefernwälder ihre nördlichsten Vorposten im Alpenvorland (BRESINSKY 1959, OBLINGER 1976).

Durch hohen Grundwasserstand in flußfernen Alluvionen entstanden im Unterlauf charakteristische Lebensraumkomplexe aus Halbtrockenrasen und Niedermooren.

Die Durchbruchstrecke im Mittleren Lechtal zeichnete sich durch relativ schmale Umlagerungsstrecken mit hangbegleitenden Trockenwäldern und Hangquellmooren auf wasserstauendem Flinz aus.

3. Wasserbau am Lech

Wasserbauliche Maßnahmen sind am Lech schon lange bekannt. So reichen erste Daten über Wasserausleitungen bei Augsburg bis ca. 1000 n. Chr. zurück (WEISS 1984).

Allerdings verfügte man erst ab Mitte des 19. Jahrhunderts über die technischen Voraussetzungen, den Wildfluß konsequent auszubauen.

3.1 In Bayern

Die ersten durchgehenden Regulierungen wurden am Unteren Lech nördlich von Augsburg, zwischen 1852 und 1900 ausgeführt. 1893 wurde hier zur Energiegewinnung ein Ausleitungskanal gebaut (Abb. 2). Ab 1863 erfolgten südlich von Augsburg erste Regulierungen. 1910 wurden bereits bei Füssen erste Flußkorrekturen durchgeführt.

Mit dem konsequenten Ausbau wurde nach dem Jahrhunderthochwasser 1910 begonnen. So wurde die ehemals größte außeralpine Umlagerungsstrecke im heutigen Naturschutzgebiet Stadtwald Augsburg zwischen 1925 und 1928 begradigt. Flußregulierungen oberhalb Schongau begannen ab 1920.

Die Regulierungen hatten eine rasch fortschreitende Sohlenerosion auf weite Strecken zur Folge. Beispielsweise führte die Füssener Korrektur im Jahre 1910 bei gleichzeitig katastrophalem Hochwasser zu ersten erheblichen Eintiefungen (BAUER 1979).

Die Sohlenerosion versuchte man zuerst durch den schrittweisen Einbau von Sohlschwellen zum Stillstand zu bringen. So entstanden 10 Jahre nach der Flußregulierung bei Augsburg die ersten Sohlschwellen in diesem Bereich.

Auf Grund des steigenden Strombedarfs ab 1940 entschloß man sich, den weiteren Ausbau des Lech mit der Energienutzung zu verbinden. Dazu wurde der Bayerische Lech auf weite Strecken in eine Stauseenkette umgewandelt. So entstanden von 1940 bis 1950 die Staustufen zwischen Schongau und Landsberg, von 1950 bis 1971 die Staukraftwerke zwischen Füssen und Schongau und 1973 bis 1984 die Kraftwerke zwischen Landsberg und Augsburg (vgl. Abb. 2).

Heute gibt es am bayerischen Lech nur noch eine längere unregulierte Fließstrecke südlich von Schongau, die Litzauer Schleife. Ein kurzer unregulierter Abschnitt liegt an der Staatsgrenze zu Österreich.

Längere, allerdings bereits regulierte Fließstrecken befinden sich nördlich von Landsberg und bei Augsburg (vgl. Abb. 2). Nördlich von Augsburg wird das Wasser ausgeleitet.

Die Staustufen 1 (Forggensee) bis 15 können seit 40 Jahren im Schwellbetrieb gefahren werden. Dabei fungiert der Forggensee als Kopfspeicher, der Wassermengen zurückhält, um sie zu den Schwellbetriebszeiten zusätzlich zum natürlichen Abfluß abzugeben. Im Endspeicher (Staustufe 15 bei Landsberg) werden die unterschiedlichen Zuflüsse abgefangen und gleichmäßig an das Unterwasser weitergegeben.

Der Schwellbetrieb konzentriert sich auf das Winterhalbjahr von Oktober bis März (KALUSA 1992). In Zeiten geringen Energiebedarfs – nachts oder am Wochenende – wird dann der Zufluß ganz oder teilweise zurückgehalten. Zu den Verbrauchsspitzen wird der Wasserabfluß erhöht.

3.2 In Österreich

Am Oberen Lech in Österreich wurde mit größeren Flußregulierungen um die Jahrhundertwende begonnen. Ab 1900 erfolgten eine Reihe von "Korrekturen" zwischen Steeg und Füssen. 1953 wurde am Kniepaß unterhalb von Reutte eine

Staustufe angelegt. Ab hier leitet man das Lechwasser seit 1968 durch einen Stollen bis zum Kraftwerk Weißhaus bei der Landesgrenze. Oberhalb von Reutte sind bis heute noch einige Umlagerungsstrecken erhalten geblieben. Insbesondere bei Forchach existiert noch eine weitgehend intakte Wildflußstrecke, die im mitteleuropäischen Kontext die bedeutendste ihrer Art ist (vgl. MÜLLER 1988, 1991 a, MÜLLER & BÜRGER 1990).

Durch Geröllsperrern im Einzugsgebiet und Kiesentnahmen aus dem Flußbett weist dieses Gebiet allerdings bereits ein Gerölldefizit auf (vgl. SCHEURMANN & KARL 1990).

4. Auswirkungen von wasserbaulichen Eingriffen auf die Flußdynamik

Durch die Flußregulierungen und den Bau der Staustufen am Lech haben sich die ökologischen Verhältnisse des Flußsystems stark verändert. Im Bereich der Staustufen wurde der Flußcharakter gänzlich zerstört. Doch auch in den vom Ausbau verschonten Fließstrecken blieb eine Veränderung der Flußdynamik nicht ohne Auswirkungen auf die Flußmorphologie und Auenvegetation. Flußmorphologische Veränderungen des bayerischen Lech infolge von Flußregulierung und Wasserkraftausbau sind eingehend von BAUER (1979) untersucht worden.

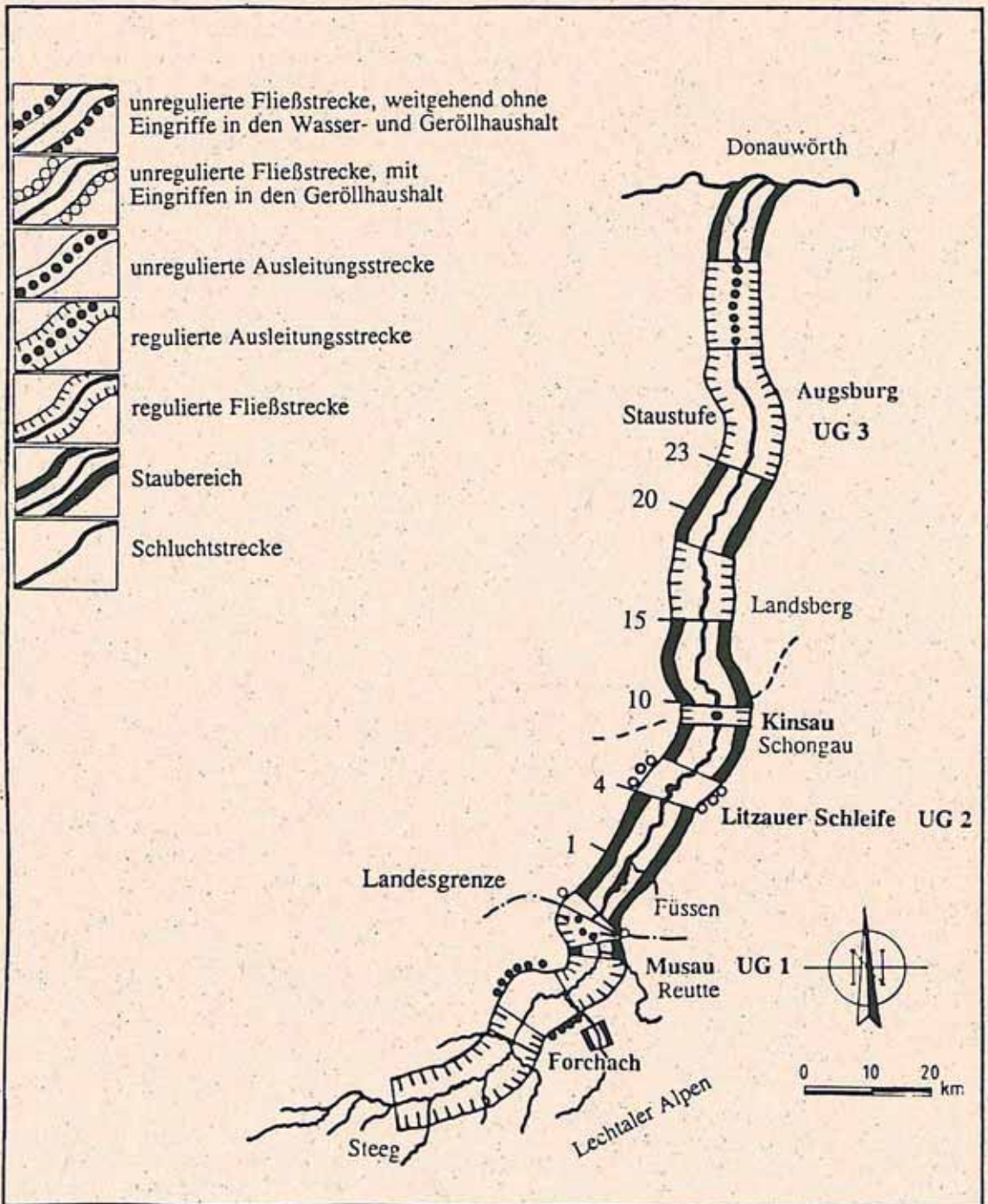


Abbildung 2
Flußausbau am Lech.

Die Verhältnisse im Tiroler Lechtal sind von SCHEURMANN u. KARL (1990) beschrieben worden.

Im folgenden soll darum nur ein zusammenfassender Überblick gegeben werden.

4.1 Feststoffführung

Bereits im Oberlauf des Lech führen Geröllsperrern im Einzugsgebiet wie z. B. am Horn- und Streinerbach zu einem Gerölldefizit. Am Rotlech wird das gesamte Geröll in einem Stausee zurückgehalten.

Gewerbliche Schotterentnahmen im Oberen Lechtal vor allem bei Weißenbach und an der Landesgrenze führen zu einem weiteren Gerölldefizit von 100000 cbm pro Jahr (SCHEURMANN & KARL 1990). So passieren nur noch 110000 cbm Geröll pro Jahr die Meßstelle bei Füssen (BAUER 1979).

Seit Fertigstellung der Staustufe 1 im Jahr 1954 wirkt der Forggensee als vollständige Geröllsperrre. Von den beim Pegel Füssen passierenden Schwebstoffen werden 95% dort abgelagert (ENGELSING 1988).

Mit dem Bau der Staustufe 4 im Jahre 1967 und dem Bau der Staustufe 23 im Jahre 1978 erhalten die hier näher untersuchten Fließstrecken bei Schongau und Augsburg kein von oberhalb mitgeführtes Geröll mehr. Das heißt, daß zur Sättigung des Transportvermögens des Lech nur die Fließstrecken unterhalb dieser Stufen zur Verfügung stehen. Je geringer dort die Schottervorräte werden, desto stärker wird die Tendenz des Lech, sich zur Auslastung der Transportenergie Feststoffe durch Tiefen- und Seitenerosion zu beschaffen.

4.2 Abflußhaushalt

Am Oberen Lech ist abschnittsweise der natürliche Abfluß gestört. Ein Speicher in der Rotlechlucht hält das Wasser aus dem Rotlechgebiet und dem Liegfeistbach zurück. Es wird in den Plansee übergeleitet und gelangt erst wieder unterhalb Reutte in den Lech. Das führt zwischen der Mündung des Rotlech und Reutte zu Abflußverlusten.

Das Elektrizitätswerk Reutte entnimmt dem Lech am Kniepaß 50-80 cbm/s Wasser, das ist eine Menge, die nahe an den Mittelwasserabfluß heranreicht. Sie wird an der Landesgrenze wieder in das Mutterbett geleitet (SCHEURMANN & KARL 1990). Dies führt zu veränderten Abflußverhältnissen zwischen Kniepaß und Kraftwerk Weißhaus. Aus technischen Gründen werden mit den Frühjahrshochwässern die Feststoffe durch das Flußbett gelassen, jedoch sind in der übrigen Zeit nur Restwassermengen im Lech vorhanden (DALHOF & HÄCKER 1992).

Durch die Anlage des Speichers bei Roßhaupten (Forggensee) weist der Bayerische Lech auf seiner gesamten Länge ein verändertes Abflußverhalten auf.

Während der abflußarmen Wintermonate wird durch Absenkung des Wasserspiegels im Forggensee die Niedrigwasserführung (und damit die Elektrizitätserzeugung) in der Kraftwerkstreppe erhöht. Der Speicher wird bis zu einem Minimum im April entleert. Während der Frühjahrsmonate füllt sich der Forggensee aufgrund der Schnee-

schmelze und der hohen Niederschläge im Einzugsgebiet wieder auf. Nur in den Sommermonaten muß der Seespiegel aufgrund wasserrechtlicher Bestimmungen auf dem Stauziel von 781 m ü. NN gehalten werden. Doch selbst in den Sommermonaten können Hochwasserspitzen durch den Hochwasserdamm gedämpft werden.

Um einen Vergleich der Abflußwerte vor und nach dem Bau der Staustufe 1 (Ausbau des Forggensees) zu erhalten, wurde auf entsprechende Jahresreihen am Pegel Landsberg zurückgegriffen.

Der Zeitraum 1901 bis 1938 wurde für Aussagen der Abflußsituation ohne Forggensee, die Zeitspanne 1954 bis 1988 für die Verhältnisse mit Forggensee gewählt.

In Abb. 3 wurden für beide Zeiträume der Mittelwert aller Abflüsse (MQ), der niedrigsten (MNQ) und der höchsten (MHQ) für die Monate November bis Oktober eingetragen.

Betrachtet man die Abflußmittelwerte (MQ) beider Zeiträume, so wird die oben schon beschriebene ausgleichende Wirkung des Forggensees deutlich. Vor allem in den Monaten April, Mai, Juni und September wurden die Abflußwerte gesenkt, in den Monaten November bis Februar deutlich erhöht. Die größte Differenz weist der Monat Mai auf. Vor der Existenz des Speichers Roßhaupten (1901-1938) betrug der MQ 148 cbm/s, nach der Schaffung des Forggensees (1954-88) 114 cbm/s. Auch bei dem arithmetischen Mittel der höchsten Abflußwerte ist der Unterschied der betrachteten Zeitreihen im Mai am höchsten.

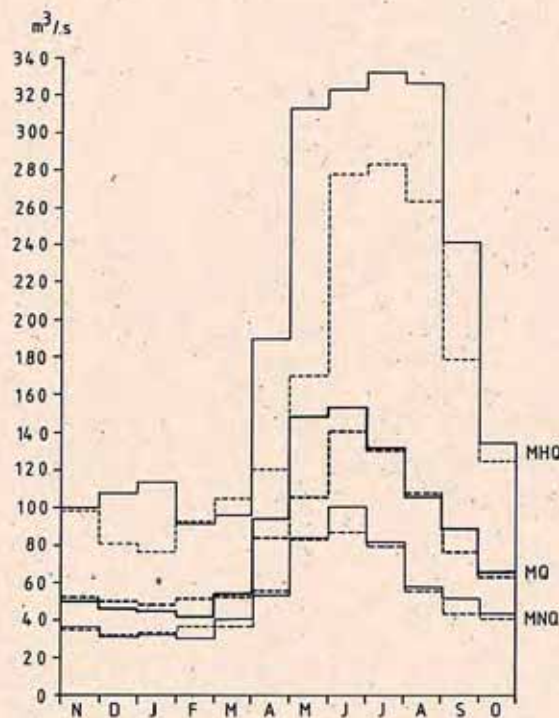


Abbildung 3

Mittelwert aller Abflüsse am Lech (MQ), der niedrigsten (MNQ) und höchsten Abflüsse (MHQ), am Pegel Landsberg

— vor dem Bau des Forggensees (1901-38)
 --- nach dem Bau des Forggensees (1954-88)
 (aus VETTER 1992).

Das bedeutet, daß die höchsten Abflüsse dieses Monats und ebenso die dazugehörigen Schleppspannungen heute erheblich reduziert sind.

Beim arithmetischen Mittel der niedrigsten Monatsabflüsse (MNQ) fällt eine erhebliche Reduzierung im Juli und September auf. Beim bisher abflußärmsten Monat Februar wird durch den Einfluß des Forggensees der MNQ von 29,5 cbm/s auf 36,3 cbm/s erhöht.

Mit dem Verlust größerer Gerölmengen und der Minderung der Hochwasserereignisse wird die für Umlagerungsstrecken typische Flußdynamik sehr stark eingeschränkt. Das ehemals veränderliche Flußbett wird fixiert, auf den nicht mehr verlagerten Schotterflächen findet eine Bodenentwicklung statt, die nicht mehr durch die Flußdynamik unterbrochen oder zurückversetzt wird. Damit ist ein wesentlicher Faktor für Pioniergesellschaften, nämlich die fortlaufende Unterbrechung der Sukzession und das Zurückversetzen in ein jüngeres Stadium, nicht mehr gegeben.

Dichtere und höhere Vegetation festigt den Untergrund in höherem Maß und setzt dem ohnehin gemäßigten Hochwasser einen größeren Widerstand entgegen.

5. Veränderungen von Flußmorphologie und Auenvegetation in drei ausgewählten Gebieten

5.1 Untersuchungsmethoden

Zur Darstellung der Auswirkungen der veränderten Flußdynamik am Lech auf Flußmorphologie und Auenvegetation wurden drei Fließstrecken näher untersucht.* Bei der Auswahl der Gebiete waren folgende Kriterien entscheidend:

- Das Untersuchungsgebiet muß typisch für eine Umlagerungsstrecke aus dem jeweiligen Flußabschnitt sein (z.B. Oberlauf).
- Das Untersuchungsgebiet muß für einen bestimmten wasserbaulichen Eingriff repräsentativ sein.
- Es müssen Daten vorliegen, die eine Rekonstruktion der Auenvegetation vor stärkeren wasserbaulichen Eingriffen ermöglichen.

Die Grundlage der Untersuchungen bilden aktuelle Bestandserhebungen zur Auenvegetation und Flußmorphologie im Maßstab 1:5000.

Die Abgrenzung der Vegetationsgesellschaften erfolgte auf der Basis von umfangreichen Vegetationsaufnahmen im Gelände, die in Tabellen zusammengefaßt wurden. Um den Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht zu sprengen, wird hier nur die Kiesbankvegetation durch eine repräsentative Auswahl von Aufnahmen an Hand einer Tabelle belegt (vgl. Tab. 1).

Zum Vergleich wurden den aktuellen Bestandskarten Vegetationserhebungen gegenübergestellt, die die Situation vor stärkeren wasserbaulichen Eingriffen wiedergeben. Dabei konnte im Untersuchungsgebiet 2 auf eine alte Vegetationskarte zurückgegriffen werden. Bei den beiden anderen Flußabschnitten erfolgte eine Interpretation der ältesten zur Verfügung stehenden Luftbildaufnahmen.

Im folgenden werden kurz die Untersuchungsgebiete beschrieben und die Auswirkungen der wasserbaulichen Eingriffe auf die Flußmorphologie diskutiert. Die quantitativen Veränderungen der

Pflanzengesellschaften werden an Hand einer Flächenbilanz vor und nach dem Ausbau dargestellt.

Die qualitativen Veränderungen insbesondere der Kiesbankvegetation werden zusammenfassend in Kapitel 6 diskutiert. Hier erfolgt auch eine nähere ökologische Charakterisierung der einzelnen Gesellschaften.

5.2 Untersuchungsgebiet 1 – Oberlauf bei Reutte

Das Untersuchungsgebiet zwischen Füssen und Reutte (Tirol) umfaßt einen Teil der Reuttener Beckenlandschaft, in dem die Auen des Lech eine Breite von bis zu drei Kilometern erreichen. Es ist begrenzt durch zwei Engstellen (am Kniepaß und an der Ulrichsbrücke), die aus Hauptdolomit bestehen. Das Lechtal selbst ist in diesem Bereich mit postglazialen Schotter verfüllt. Südwestlich des Untersuchungsgebietes liegt die Ortschaft Musau (821 m ü.NN).

In der Musauer Aue verläuft zwischen der obersten Flußterrassenkante und dem Lech-Hauptgerinne der Trassenkörper der sich im Bau befindlichen Schnellstraßenverbindung von Ulm nach Mailand.

Flußmorphologie und Auenvegetation wurden im Jahre 1991 detailliert bearbeitet (DALHOF & HÄCKER 1992, hier auch Vegetationstabellen zu allen Gesellschaften).

Zur Darstellung der früheren Situation standen leider nur Luftbilder aus dem Jahre 1950 zu Verfügung, als bereits die ersten Quertraversen eingebaut waren.

5.2.1 Wasserbauliche Eingriffe und Veränderungen der Flußmorphologie

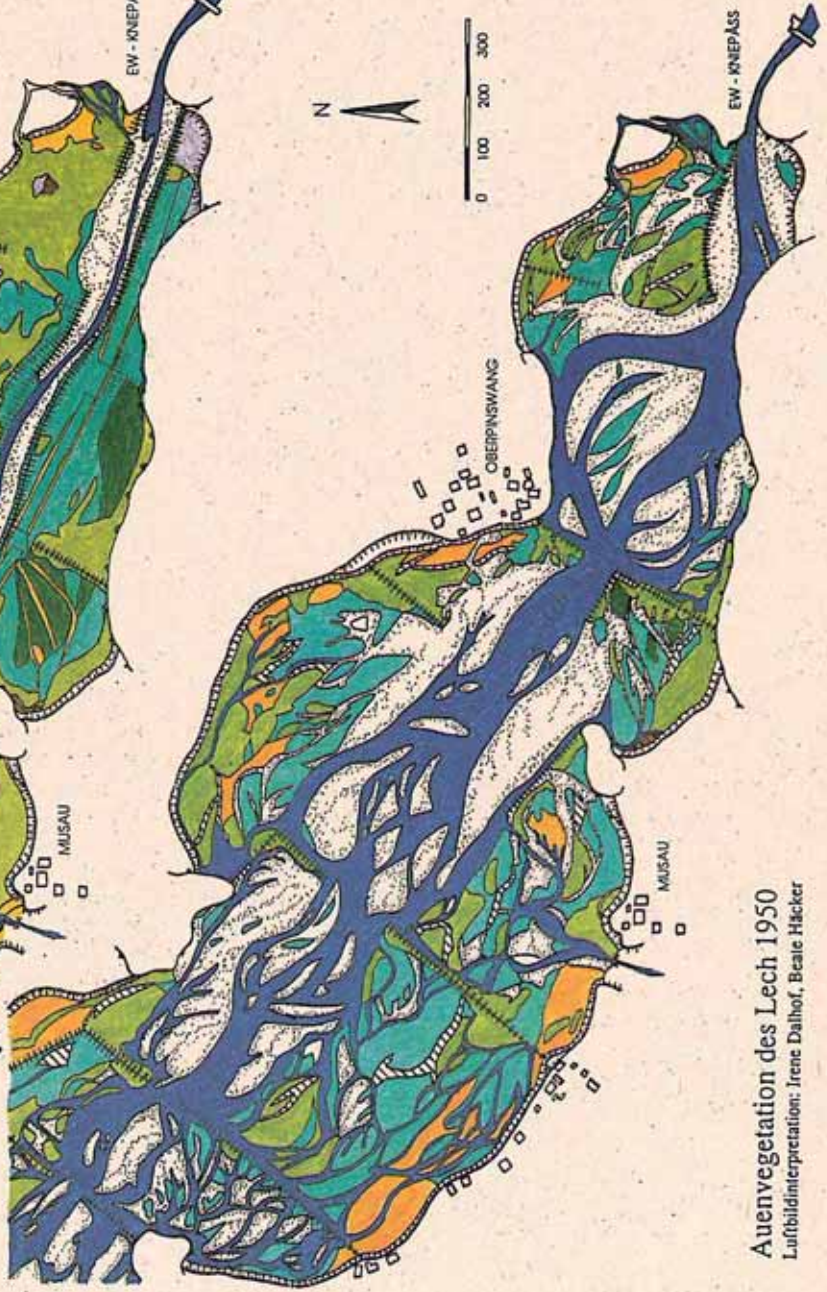
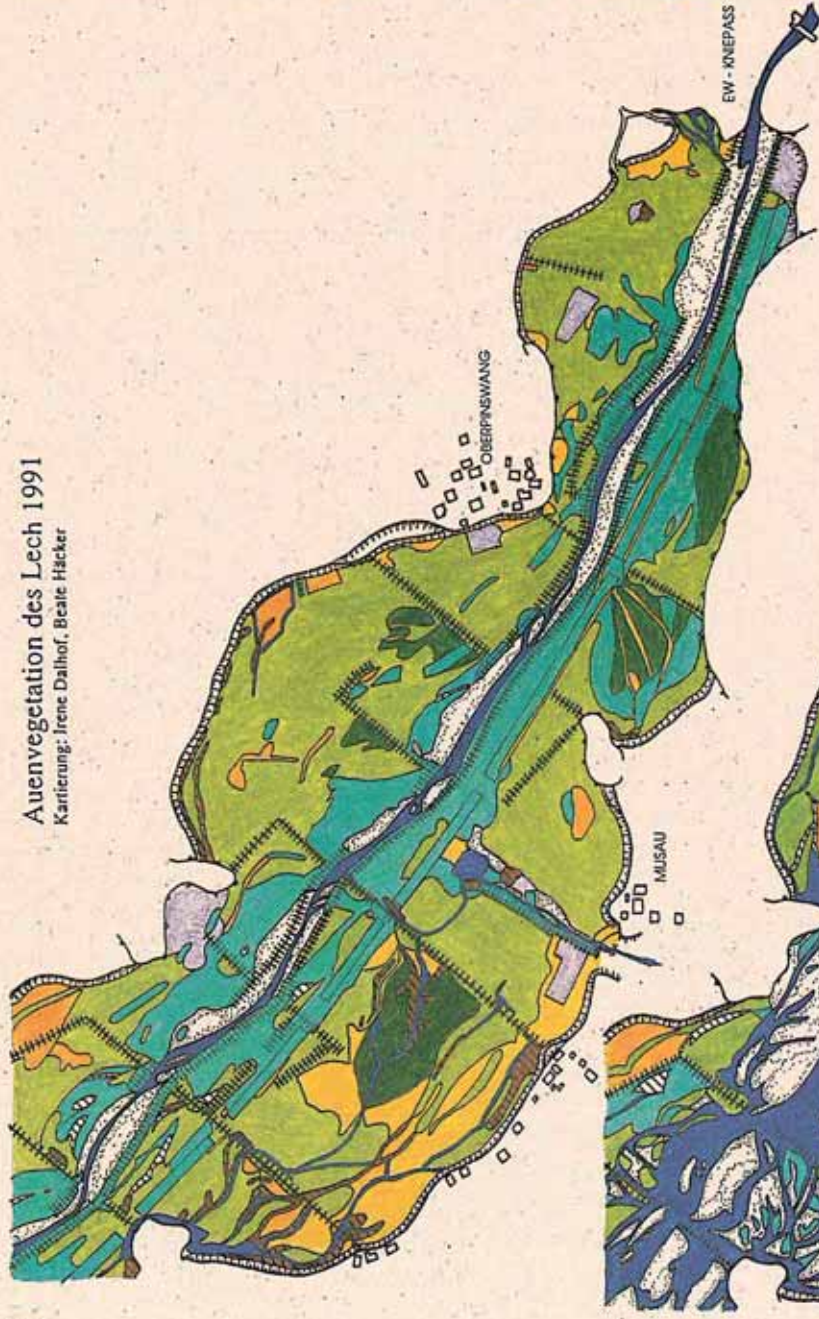
Beim Untersuchungsgebiet handelt es sich um eine ehemalige Umlagerungsstrecke, die durch Quer- und Längsverbauungen stark verändert wurde. Durch eine Wasserausleitung seit 1968 sind die Abflußverhältnisse gestört.

Massive Stein- und Betontraversen wurden im Zeitraum von 1928 bis 1962 errichtet. Die Leitdämme wurden erst in den 70er Jahren erstellt.

Die Querverbauungen haben sukzessive zu einer Laufstreckung geführt. Da sie als Barrieren wirken, lagern sich zwischen ihnen bei Hochwasser die Feststoffe ab. Mit zunehmender Auflandung beschränkt sich die Umlagerung von Geröllen auf das Hauptgerinne und das Flußbett wird fixiert. Durch die Laufverkürzung wurde eine Sohlenerosion von bis zu 4 Metern ausgelöst. Diese hat zur Folge, daß die Gerölle rasch im Hauptgerinne abgeführt werden. Zwischen den Querbauten werden nur noch bei Spitzenhochwässern feine Sedimente und Schwebstoffe akkumuliert. Da durch die Flußbetteintiefung und Fixierung der Ufer Umlagerungsvorgänge nur noch im gerinnenahen Bereich stattfinden, kann außerhalb davon die Auensukzession ungehindert ablaufen. Durch den Bau der Längsbauten wurde dieser Vorgang noch verstärkt.

* Die Bearbeitung der Untersuchungsgebiete 1 und 2 erfolgte im Rahmen von Diplomarbeiten. Wir danken Herrn Prof. Dr. K. Fischer (Uni Augsburg) und Herrn Prof. Dr. H. Künne (FH Weihenstephan-Freising) für die Betreuung.

Auenvegetation des Lech 1991
 Kartierung: Irene Dalhof, Beate Häcker



- Wasserflächen
- Vegetationsfreie Schotterflächen
Knorpelsalat- und Uferreitgras-
Gesellschaft
- Zwergrohrkolben- und Gebirgs-
binsen-Gesellschaft
- Weiden- und erlenreiche
Pioniergebüsche,
Weiden-Tamariskenbestände,
Lavendelweidengebüsche
- Weiden-Grauerlenwälder und
Weiden-Grauerlengebüsche
- Scheeide-Kieferbestände
- Wiesen, Mager- und Fettweiden,
wechselfeuchte Magerrasen
- Großseggenrieder und
Schilfbestände
- Sondernutzungen
- Wege
- Schnellstraßendamm
- Anthropogene Dämme und
Flußbauten
- Terrassenkante,
den Talraum begrenzend
- anstehender Fels



Abbildung 4

Untersuchungsgebiet 1 – Oberlauf bei Reutte Auenvegetation des
 Lech bei Musau im Jahre 1950 und 1991.

Auenvegetation des Lech 1950
 Luftbildinterpretation: Irene Dalhof, Beate Häcker

Bei Nieder- und Mittelwasserstand sind die Abflußverhältnisse durch die fast vollständige Ausleitung des Wassers am Kraftwerk Kniepaß stark verändert. Die Restwassermenge beträgt im Sommer 5cbm/s. Im Winter wird das gesamte Lechwasser dem Ausleitungsstollen zugeführt. Während der Hochwässer im Frühsommer bleibt aus technischen Gründen der Stollen verschlossen, so daß die gesamte Wassermenge und Feststofffracht in das Untersuchungsgebiet gelangen. Die Wasserausleitung verstärkt die durch die Sohlenerosion verursachte Grundwasserabsenkung.

5.2.2 Veränderungen der Auenvegetation

Wie anhand von Abb. 4 und 6 deutlich zu erkennen ist, haben die Wasserflächen und vegetationsfreien Schotterflächen erheblich abgenommen, bei einer gleichzeitigen Zunahme von Wäldern, Gebüsch, Wiesen und Weiden. Der Rückgang der Wasser- und Schotterflächen um ca. 70% gegenüber 1950 ist hauptsächlich auf den Bau der Traversen und Längsleitwerke zurückzuführen. Sie schränken die Umlagerungsdynamik stark ein. Durch die einseitige Sedimentation von Sand und Schluff wird die Auensukzession rasch eingeleitet und die Entstehung von Auwald begünstigt. Darum haben die Pioniergesellschaften wie Knorpelsalat-, Gebirgsbinsen-, Zwergrohrkolben-Gesellschaft und Weiden-Tamarisken-Gebüsch allgemein abgenommen. Durch die Grundwasserabsenkung wurden Gesellschaften, die zumindest zeitweise Wasseranschluß benötigen wie die Gebirgsbinsen- und Zwergrohrkolben-Gesellschaft und das Weiden-Tamarisken-Gebüsch zusätzlich gestört.

Als einzige Pioniergesellschaft ist derzeit die Uferreitgras-Gesellschaft durch die Sedimentation von Sand und Schluff im ufernahen Bereich weniger gefährdet.

Das Lavendelweiden-Gebüsch ist im Untersuchungsgebiet noch häufig anzutreffen, da durch die Schüttung des Schnellstraßendamms Sekundärstandorte geschaffen wurden. Darauf ist auch die positive Bilanz in der Abb. 6 zurückzuführen.

Auf Primärstandorten ist das Lavendelweiden-Gebüsch ebenfalls im Rückgang begriffen, da eine Überschotterung weitgehend fehlt und die Sedimentation von Sand und Schluff die Grauerle begünstigt.

Durch die vermehrte Ablagerung von Feinmaterial haben Initialgesellschaften der grauerlen- und silberweidenreichen Auwälder einen Flächenzuwachs zu verzeichnen. Vermutlich konnte sich die Silberweide, die natürlicherweise v.a. in den Unterläufen der Alpenflüsse vorkommt, erst durch die veränderten Rahmenbedingungen im Untersuchungsgebiet etablieren und ausbreiten.

Weiden-Grauerlen-Gebüsche und Grauerlenwälder konnten sich infolge der Flußbaumaßnahmen flächenmäßig stark ausbreiten.

Kiefernbestände sind natürlicherweise im Untersuchungsgebiet nur kleinflächig vorhanden, da sie auf grobschottrige Standorte außerhalb des Überschwemmungsbereiches angewiesen sind. Die Bestände sind sehr jung und konnten im Untersuchungsgebiet erst durch die Flußbaumaßnahmen entstehen, da vor den Verbauungen die gesamte Aue regelmäßig umgelagert wurde.

Seggenrieder und Schilfbestände wurden ebenfalls durch die Flußbaumaßnahmen begünstigt. Sie befinden sich v.a. in hangwassergespeisten Rinnen nahe der obersten Terrassenkante und in unmittelbarer Nähe von Verbauungen.

Wiesen und Weiden haben v.a. in Ortsnähe zugenommen. Sondernutzungen wie Fußballplätze und Eisstockplatz wurden durch die Flußbaumaßnahmen erst möglich.

5.3 Untersuchungsgebiet 2 – Mittellauf bei Schongau

Die Litzauer Schleife liegt 7km südwestlich von Schongau und ist naturräumlich den Lech-Vorbergen zuzuordnen.

Das Untersuchungsgebiet liegt im Bereich des nordalpinen Molassetroges. Über der Molasse wurden während der Riß- und Würmeiszeit Moränen abgelagert. Der Lech hat sich nach dem Rückzug des Eises durch die Würm- und Rißmo-

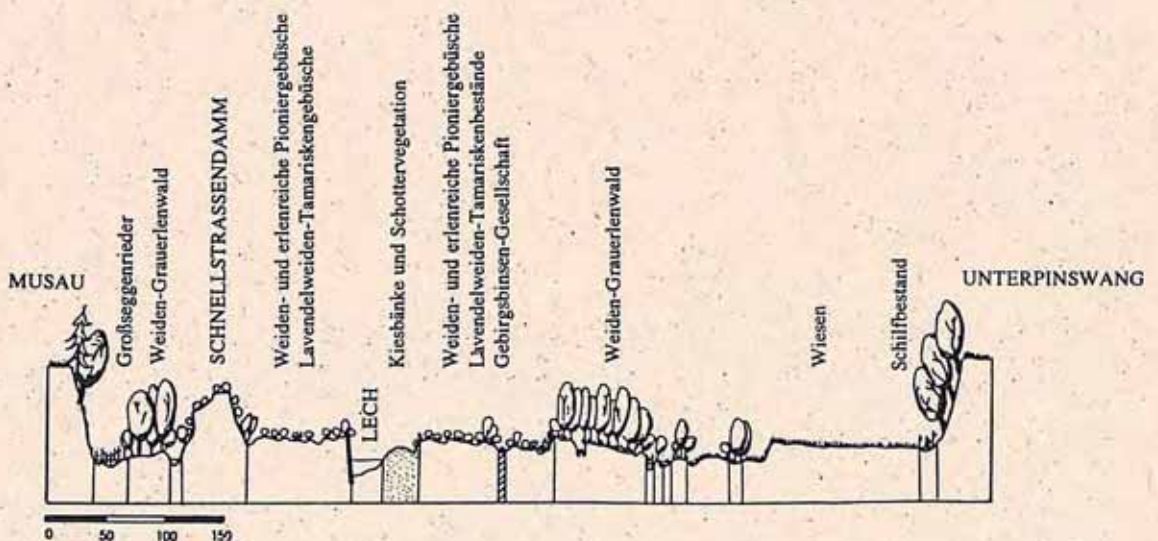


Abbildung 5

Profil durch die Lechauen bei Musau 1991 (10-fach überhöht) (Schnitt liegt ca. 300m flußabwärts des Kartenausschnittes).

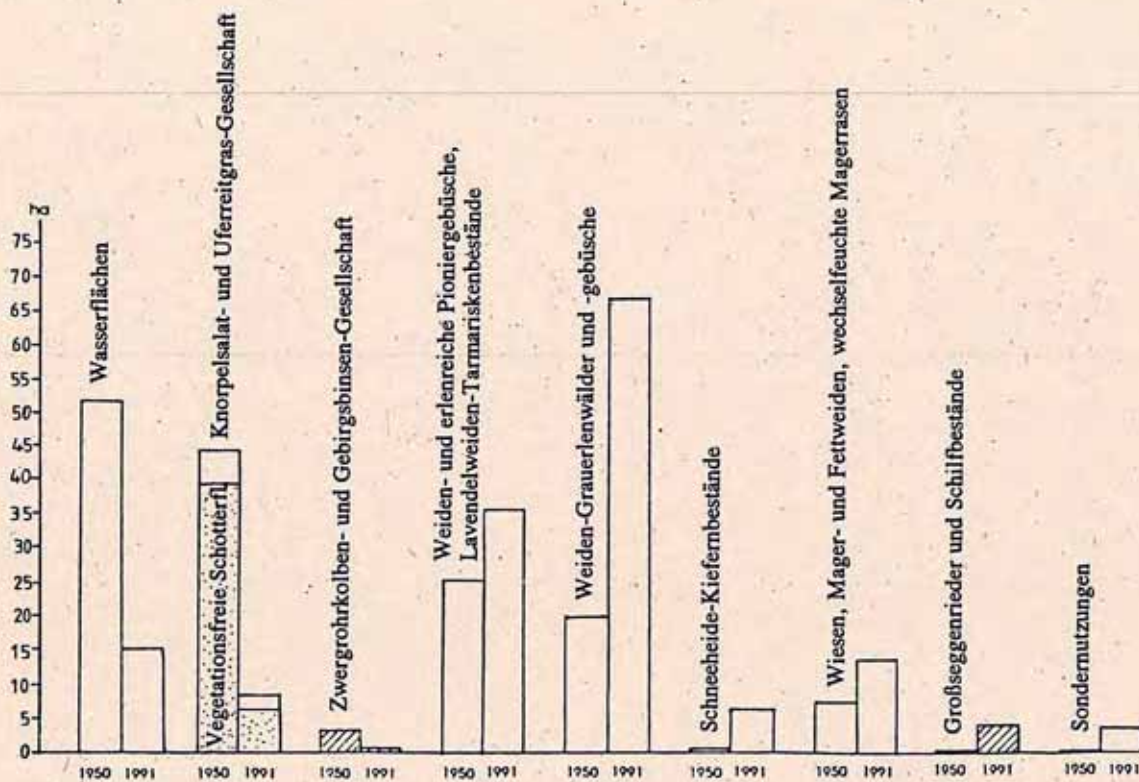


Abbildung 6

Flächenbilanz der Auenvegetation am Lech bei Musau (analog der Vegetationskarten von 1950 und 1991).

räne in den Tertiär-Untergrund (Flinz) eingegraben und fließt heute auf postglazialen Flußschottern.

Die Auenvegetation des Untersuchungsgebietes wurde 5 Jahre nach dem Bau des Forggensees eingehend vegetationskundlich erfaßt (BRESINSKY 1965, USINGER & WIGGER 1961). Zwischen dem Forggensee und der Litzauer Schleife gab es damals noch keine weiteren Staustufen. Das bedeutet, daß unterhalb der Stufe 1 noch Feststoffe aus dem Flußbett entnommen und in die Litzauer Schleife transportiert werden konnten. Aus diesem Grund repräsentieren diese Aufzeichnungen noch weitgehend die Vegetationsverhältnisse, wie sie in der Flußau vor dem Staustufenbau vorzufinden waren.

Zur Darstellung der Auswirkungen des Lechausbau wurde 1991 die Vegetationskartierung wiederholt, sowie die Veränderungen in der Flußmorphologie untersucht (VETTER 1992, hier auch Vegetationstabellen zu allen genannten Gesellschaften).

5.3.1 Wasserbauliche Eingriffe und Veränderungen der Flußmorphologie

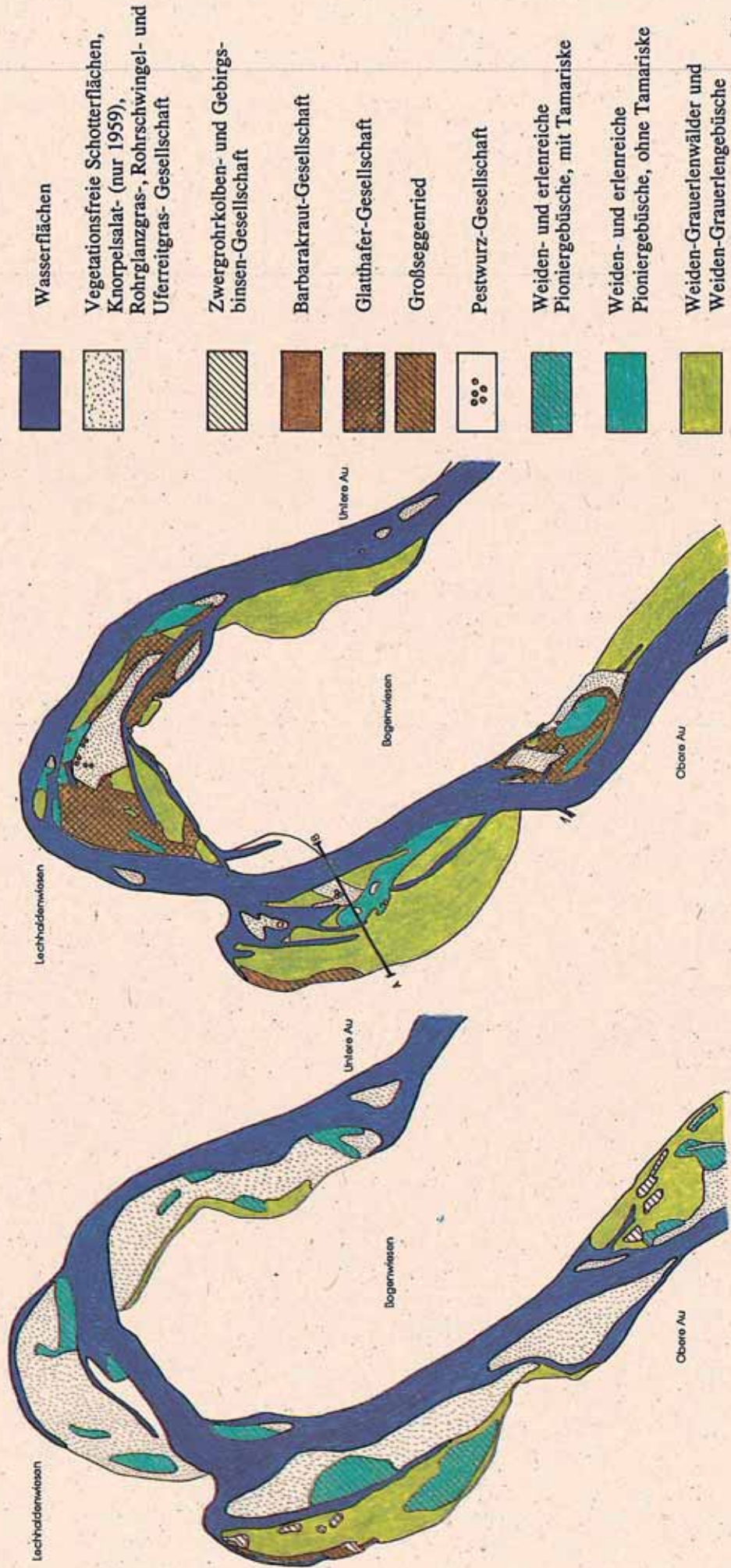
Flußregulierungen erfolgten im Untersuchungsgebiet nicht. Allerdings bewirkt der 1950 gebaute Forggensee eine vollständige Veränderung der Flußdynamik durch Geröllrückhalt, eine Aufbesserung des Niederwasserstandes und eine Dämpfung der Hochwasserspitzen. Seit dem Bau des Forggensees liegt die Litzauer Schleife innerhalb einer Staueenkette, die im Schwellbetrieb gefahren wird (vgl. Pkt. 3 und 4.2).

Heute gelangt nur noch wenig Geröll aus den flußeigenen Alluvionen und den angeschnittenen

Moränenhängen (Hirschauer Steilhalde) oberhalb des Untersuchungsgebietes in die Litzauer Schleife und nur selten werden bereits besiedelte Flächen überschottert. Außerdem wirkt die Reduzierung der Hochwasserspitzen und der Rückstau der unterhalb gelegenen Staustufe 6 bei Hochwasser reduzierend auf die Aufnahme und den Transport von Geröll aus dem Flußbett (VETTER 1992). Je geringer die Schottervorräte oberhalb werden, desto stärker wird die Tendenz des Lech, zur Auslastung der Transportenergie Feststoffe durch Tiefenerosion zu beschaffen. So hat sich der Lech im Untersuchungsgebiet im Zeitraum von 1956 bis 1978 (22 Jahre) durchschnittlich um 21 cm, im Zeitraum von 1978-89 (11 Jahre) schon um 27 cm eingetieft (VETTER 1992). Das bedeutet, daß die anfänglich noch größeren vom Lech aufnehmbaren Schottervorräte immer weiter abnehmen.

Die zunehmende Verbuschung infolge immer seltener werdenden Umlagerungen führt zur Fixierung des Bodens. Abgeschwächte Hochwässer bringen zudem nicht mehr die Kraft auf, das durch die Vegetation festgehaltene Material aufzunehmen. Es wird zunehmend weniger Geröll mitgeführt und die Tiefenerosion steigt. Auch die durch Schwellbetrieb bedingten Schwellstöße, die z. T. täglich während des Winterhalbjahres auftreten, verstärken vermutlich die Sohlenerosion.

Die veränderten Rahmenbedingungen blieben nicht ohne Auswirkungen auf die Gerinnegeometrie. Die Füssener Korrektur (1910) war wahrscheinlich der Auslöser für die Reduzierung des vorher verzweigten Lech auf nun mehr einen breiten Hauptarm. Bis zum Bau des Forggensee war



Auenvegetation des Lech bei Schongau, 1991
 Kartierung: Gaby Vetter

Auenvegetation des Lech bei Schongau, 1959
 Kartierung: Andreas Bresinsky

Abbildung 7

Untersuchungsgebiet 2 - Mittellauf bei Schongau
 Auenvegetation des Lech an der Litzauer Schleife im Jahre 1959 (nach BRESINSKY 1965 vereinfacht) und 1991.

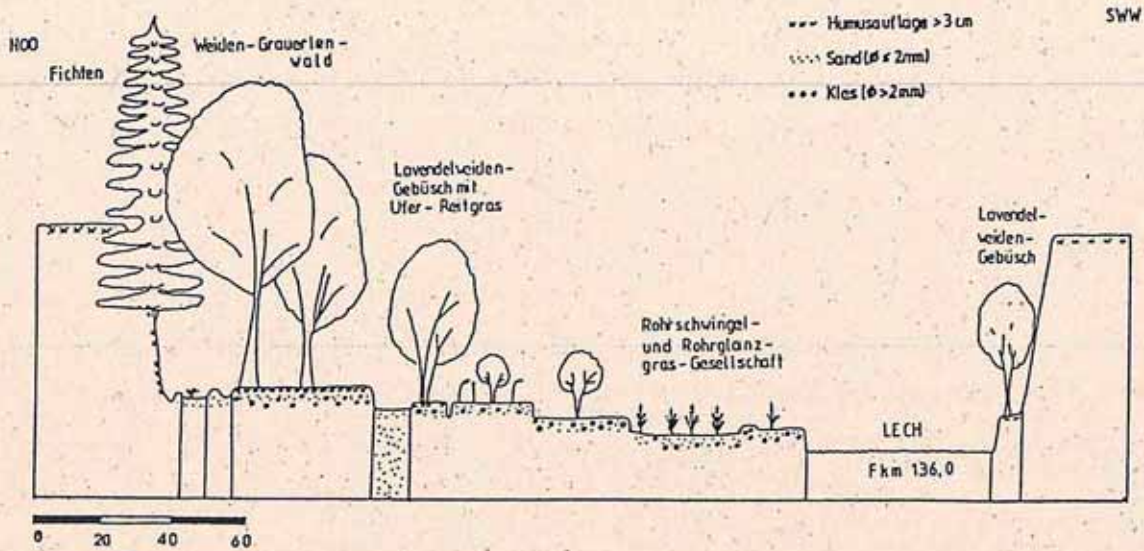


Abbildung 8

Profil durch die Lechauen an der Litzauer Schleife im Jahre 1991 bei Fkm 136 (10-fach überhöht).

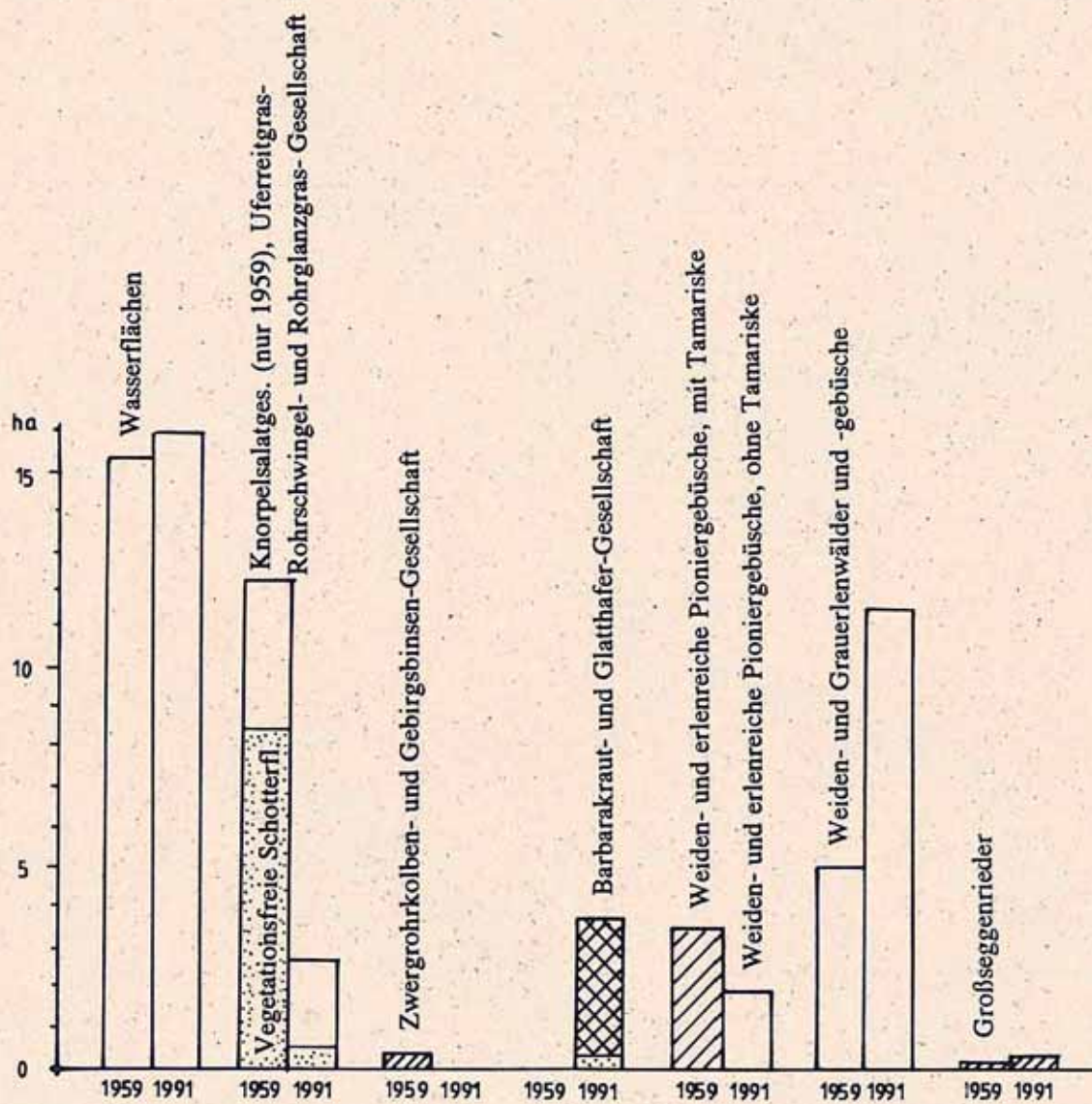


Abbildung 9

Flächenbilanz der Auenvegetation an der Litzauer Schleife (analog der Vegetationskarten von 1959 und 1991).

dieser Hauptarm allerdings noch starken räumlichen Veränderungen im Flußquerschnitt unterliegen. Seit Ende der 50er Jahre konnte anhand von Luftbildaufnahmen ein deutlicher Rückgang von Umlagerungsereignissen nachgewiesen werden (VETTER 1992).

5.3.2 Veränderungen der Auenvegetation

Ein Vergleich der heutigen Situation mit der Kartierung von 1959 (BRESINSKY 1965) ergibt eine erhebliche Veränderung der Auenvegetation in quantitativer und qualitativer Hinsicht.

Offene vegetationsfreie Schotterflächen haben stark abgenommen (s. Abb. 9). Typische Pioniergesellschaften namentlich Knorpelsalat-, Zwergrohrkolben- und Gebirgsbinsen-Gesellschaft sowie das Weiden-Tamarisken-Gebüsch sind ausgestorben.

Charakteristische Arten wie die Tamariske konnten sich aufgrund der fehlenden Flußdynamik und der Grundwasserabsenkung (Lecheintiefung) nicht mehr verjüngen.

Schwach bewachsene Flächen werden heute von Barbarakraut- und Glatthafer-Gesellschaft eingenommen. Letztere hat große Flächen der ehemaligen Knorpelsalat-Gesellschaft erobert.

Anstelle der Weiden-Tamarisken-Gesellschaft ist heute das gegen Trockenheit resistenterere Lavendelweiden-Gebüsch getreten.

Die Zusammensetzung des Lavendelweiden-Gebüsches zeichnet sich jedoch gegenüber 1959 durch eine Abnahme der typischen Arten aus den alpinen Schuttfluren und Blaugrashalden aus. Dagegen ist eine deutliche Zunahme der Arten der ausdauernden Ruderalvegetation zu beobachten (vgl. Tab. 1).

Gegenüber 1959 hat heute flächenmäßig der Weiden-Grauerlenwald stark zugenommen. Auf den festgelegten Kiesbänken findet eine zunehmende Bodenentwicklung statt, die nicht mehr durch die Flußdynamik unterbrochen und in ein jüngeres Stadium zurückversetzt wird. Damit kann die Sukzession von Pioniergesellschaften zum Weiden-Grauerlenwald ungehindert fortschreiten.

5.4 Untersuchungsgebiet 3 – Unterlauf bei Augsburg

Das Untersuchungsgebiet südlich von Augsburg umfaßt die Lechauen im Naturschutzgebiet Stadtwald Augsburg (ca. 500 m ü. NN).

Das Naturschutzgebiet liegt in dem Bereich, wo der größte und jüngste Schotterkegel des Lechgletschers zur Ablagerung kam. In dem breitangelegten Talraum wies der Fluß vor der Regulierung die größte Verzweigungsfreudigkeit im gesamten Lechverlauf auf.

Innerhalb der letzten 2000 Jahre verlagerte der Fluß sein Hauptgerinne um ca. 2 km von Westen nach Osten. Dadurch entstand eine weitläufige Auenlandschaft mit vielfältigen Auengesellschaften.

Flora und Auenvegetation dieses Gebietes sind zu verschiedenen Zeiten untersucht worden. Nachdem jedoch der Lechausbau schon sehr lange zurück liegt, kann die ursprüngliche Auenvegetation nur an Hand alter floristischer Arbeiten (CAFLISCH 1848, 1850) sowie photographischer Dokumentationen (FISCHER 1966) und alter Luftbilder rekonstruiert werden. Einen wesentlichen

Anhalt für die ursprüngliche Vegetation geben auch fossile, flußfernere Auenstandorte, die auf Grund der Lage in einem alten Naturschutzgebiet bis heute erhalten geblieben sind. Detaillierte vegetationskundliche (BRESINSKY 1959, 1965) und floristische Arbeiten (HIEMEYER 1980) liegen über verschiedene Zeiten vor, so daß auch der zeitliche Ablauf der Veränderungen genau darstellbar ist.

Die Auenvegetation dieses Gebietes wurde in jüngster Zeit unter dem Aspekt der Auswirkungen der Flußregulierung erneut erfaßt. Dazu wurde die Vegetation vor dem Flußausbau mit der heutigen Situation verglichen (vgl. Abb. 10 und 12). Die Vegetationskarte von 1924 entstand auf der Basis eines historischen Luftbildes, die Karte von 1987 auf Grundlage einer aktuellen Kartierung (vgl. MÜLLER 1991 b – hier auch Vegetationstabellen zu allen genannten Auengesellschaften).

5.4.1 Wasserbauliche Eingriffe und Veränderungen der Flußmorphologie

Die zwischen 1925 und 1928 durchgeführte Regulierung zwängte den Fluß in ein gestrecktes Gerinne. Dadurch wurde eine Sohlenerosion ausgelöst, die eine Eintiefung der Flußsohle bis zu 3 Meter unter dem ursprünglichen Niveau verursachte. 10 Jahre nach der Regulierung wurde die Sohlenerosion durch den Einbau von Sohlschwellen weitgehend zum Stillstand gebracht.

Durch den Bau des Forggensees im Oberlauf bei Füssen im Jahre 1950 wurde der Gerölltrieb am gesamten bayerischen Lech und damit auch im Untersuchungsgebiet gänzlich unterbunden und der Abflußhaushalt verändert.

Eine Umlagerung von Kiesbänken findet darum heute nur noch begrenzt durch die Aufnahme alter Ablagerungen aus dem Flußbett statt. Das Gerölldefizit zeigt sich an einer zunehmenden Schrumpfung und Fixierung der Kiesbänke. Regelmäßig überschwemmte Standorte beschränken sich heute auf das regulierte Flußbett.

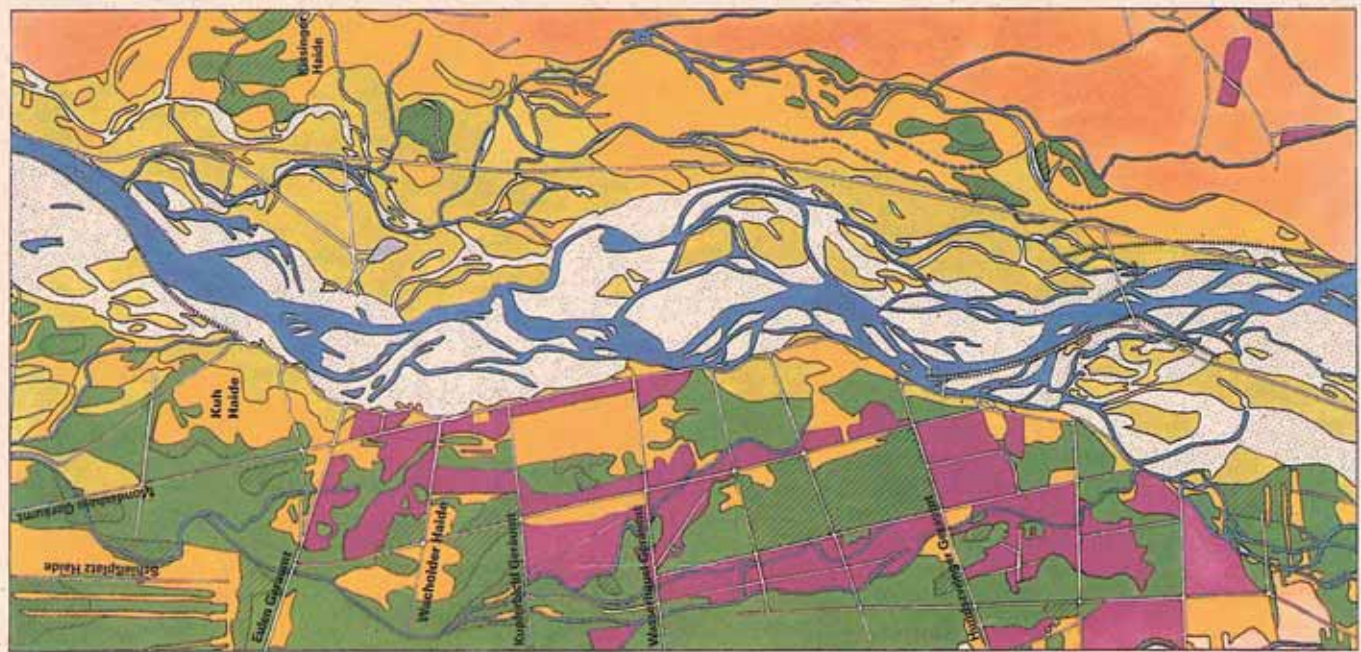
Durch den zusätzlichen Bau eines Hochwasserdammes im Jahre 1965 (vgl. Abb. 10) wurden die episodisch überschwemmten Flächen nochmals drastisch reduziert.

Durch die Sohlenerosion ist heute der Grundwasserstand im flußnahen Bereich um bis zu 2 Meter abgesunken (vgl. Querprofil Abb. 11 sowie Längsprofil in AMMER & SAUTER 1981). Dadurch sind viele Altwasser in ehemaligen Flußrinnen trocken gefallen oder führen nur noch im Frühsommer zur Zeit des höchsten Abflusses Wasser.

5.4.2 Veränderungen der Auenvegetation

Durch die wasserbaulichen Eingriffe hat der Anteil der Fließgewässer stark abgenommen.

Flächenmäßig haben die Kiesbänke und ihre Pioniervegetation infolge der Flußbaumaßnahmen den stärksten Verlust zu verzeichnen. Charakteristische Vegetationskomplexe wie Knorpelsalat-Gesellschaft und Weiden-Tamarisken-Gebüsch, die ehemals verbreitet waren, sind heute erloschen. Lavendelweiden-Gebüsch und Uferreitgras-Gesellschaft kommen nur noch fragmentarisch und in stark veränderter Ausbildung vor (vgl. Tab. 1). Typische Gesellschaften frisch an-



Auenvegetation des Lech bei Augsburg vor der Flußregulierung im Jahre 1924

Luftbildinterpretation:
Norbert Müller

- Wasserflächen
- temporäre Wasserflächen
- Kiebitz- und Schottervegetation
- Kalkmagerrasen-Heiden (Halbtrockenrasen, Pfeifengrassen)
- Kalkschmoo
- Grünzweideln und Weiden, Tamarisken-Gebüsche Weiden vor allem im Flußnahbereich
- Kiefernwälder
 - vorwiegend Pfeifengras-Kiefernwälder
 - vorwiegend Schwaheide-Kiefernwälder
- Forsta
- Fettwiesen und Äcker
- Sondernutzungen
- Wege
- Hochwasserdämme

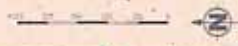
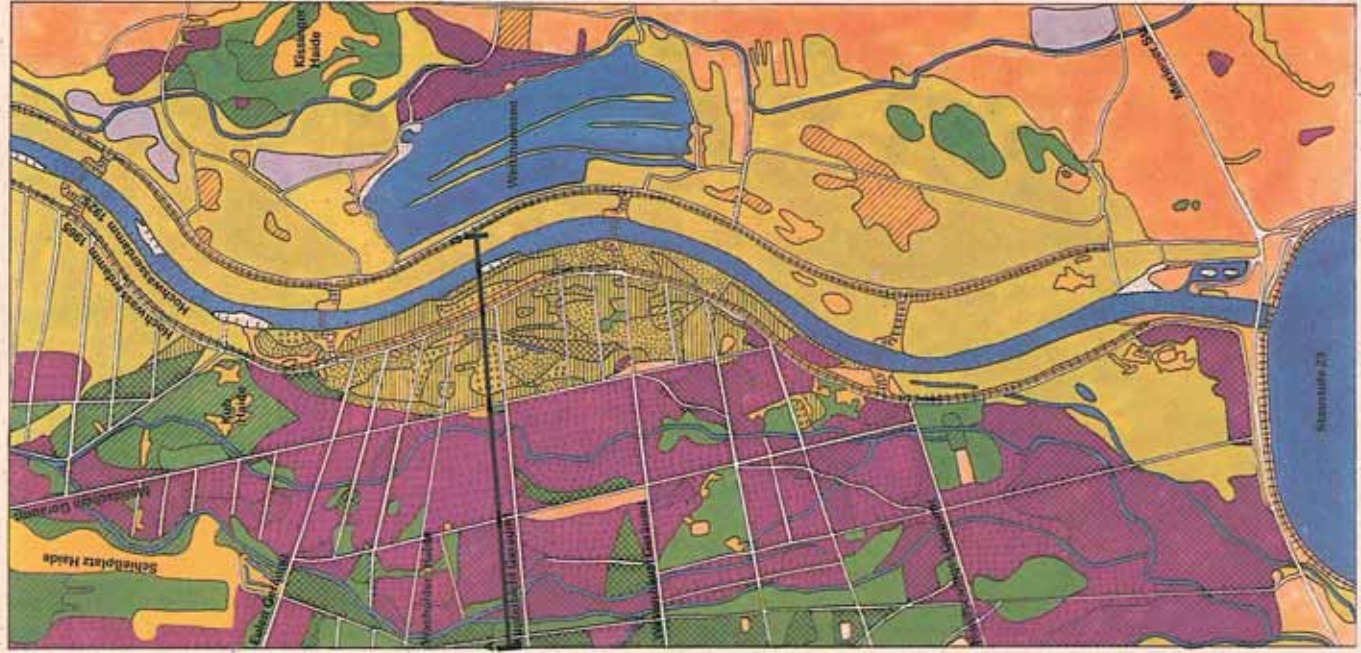


Abbildung 10
Untersuchungsgebiet 3 – Unterlauf bei Augsburg. Auenvegetation des Lech bei Augsburg vor der Flußregulierung im Jahre 1924 und im Jahre 1987 (aus MÜLLER 1991 b)



Auenvegetation des Lech bei Augsburg im Jahre 1987

Kartierung: Norbert Müller
Für Naturschutzgebiet Hausleiter Wald zwischen Eulien- und Hundswinger Geräunte; Feinkartierung Vegetation 1987

Für übrigen Bereich: Übersichtskartierung 1990

- Wasserflächen
- temporäre Wasserflächen
- Kiebitz- und Schottervegetation
- Kalkmagerrasen-Heiden
 - Halbtrockenrasen, Pfeifengrassen
 - verbuschte Kalkmagerrasen
- Kalkschmoo
- Grünzweideln
- verarmte Auebildung
- Weidenauebildung
- Kiefernauabildung
- mit Aufbruchstellen (vorwiegend Fichte)
- Kiefernwälder
 - Schwaheide-Kiefernwälder mit eingestreuten Heiden
 - Pfeifengras-Kiefernwälder
 - Kiefernwälder mit Aufforstungen (vorwiegend Fichte)
- Forsta
 - vorwiegend Kiefer
 - vorwiegend Fichte
- Fettwiesen und Äcker
- Sondernutzungen
- Wege
- Hochwasserdämme
- Schwellen



gelegter Altwässer wie die Zwergrohrkolben-Gesellschaft sind heute ausgestorben. Verlandete Altwässer mit Kalkflachmoorgesellschaften sind durch die mit der Sohlenerosion verbundenen Grundwasserabsenkung stark zurückgegangen und stehen vor dem Aussterben.

Statt dessen herrschen auf den Kiesbänken Rohrglanz-, Rohrschwengel- und Barbarakraut-Gesellschaft vor (vgl. Tab. 1).

Eine flächenmäßig starke Zunahme zeigen die Grauerlenwälder. Sie haben sich allerdings auf Grund fehlender Überschwemmung oder höchstens episodischer Überflutung (innerhalb des Hochwasserdammes von 1965) gegenüber den vielfältigen Ausbildungen von 1924 qualitativ stark verändert (einheitliche Alterstruktur und in Sukzession zur Eschen-Ulmenaue, näheres vgl. MÜLLER 1991 b).

Einen starken Rückgang weisen auch die Vegetationskomplexe der fossilen Aue auf – die Halbtrockenrasen und Schneeheidekiefernwälder. Gründe sind zunehmende forstwirtschaftliche Nutzung, sowie Aufgabe traditioneller Landnutzungsformen wie die Schafbeweidung. Das ist umso schwerwiegender zu beurteilen, als ihre Entstehungsvoraussetzungen, nämlich die Aufschüttung von Kiesbänken, durch den Verlust der Flußdynamik heute nicht mehr gegeben sind.

5.5 Bilanz

Die unterschiedlichen wasserbaulichen Eingriffe am Lech haben eine starke Veränderung der Abflußverhältnisse und der Feststoffführung bewirkt. Generell haben sie eine Sohlenerosion und Fixierung des ehemals veränderlichen Flußbettes zur Folge.

Flächenmäßig haben dadurch Wasserflächen, vegetationsfreie und schwach bewachsene Kiesbänke mit Pioniervegetation den stärksten Verlust zu verzeichnen. Pflanzengesellschaften in alten Flußrinnen, die der Grundwasserdynamik unterliegen wie verschiedene Kalkflachmoore sind stark zurückgegangen oder bereits ausgestorben. Demgegenüber haben episodisch überschwemmte und nicht mehr von der Flußdynamik erfaßte Standorte zugenommen. Die Sukzession läuft auch im flußnahen Bereich ungehindert zu reiferen Auwaldgesellschaften ab. Abhängig vom Ausbaugealter haben dadurch reifere Auwaldge-

sellschaften wie z. B. Erlen-Weiden-Gebüsche und Grauerlenwälder stark zugenommen.

Wie die vorliegenden Untersuchungen darüber hinaus zeigen, sind durch den Staustufenbau in den Untersuchungsgebieten 2 und 3 erhebliche qualitative Veränderungen in der Vegetation verbunden. Erst nach dem Bau des Forggensees konnte sich beispielsweise auf Kiesbänken im Untersuchungsgebiet 2 die Barbarakraut- und Glatthafer-Gesellschaft ausbreiten.

Die Veränderungen in der Kiesbankvegetation sind aus Sicht des Naturschutzes in zweierlei Sicht von besonderer Tragweite:

1. Die Pioniervegetation auf Kiesbänken hat eine zentrale Schlüsselrolle in alpinen Wildflußlandschaften, da sie im Zuge der Auensukzession die Struktur und Entwicklung der Folgegesellschaften bestimmt (BRESINSKY 1959, SEIBERT 1958).
2. Ebenso wie in den Zoozönosen (vgl. PLACHTER 1986, REICH 1990, WALDERT 1991) weist die Kiesbankvegetation intakter Umlagerungsstrecken eine Reihe von hoch spezialisierten Pflanzen auf, die nur hier auftreten und die bei Biotopverlust keine Ersatzlebensräume annehmen (MÜLLER 1991 a u. c, 1993).

Darum wird im folgenden die Kiesbankvegetation am Lech und deren Veränderungen im Flußverlauf näher untersucht.

6. Die Kiesbankvegetation und ihre Veränderungen im Flußverlauf

Zur Darstellung der Kiesbankvegetation und ihre Veränderungen im Flußverlauf wurden vom gesamten Lech Vegetationsaufnahmen in einer Sammeltablelle zusammengefaßt.

Die Aufnahmen stammen überwiegend aus den oben näher beschriebenen Untersuchungsgebieten sowie von intakten Umlagerungsstrecken im Oberlauf des Lech (aus früheren Untersuchungen: MÜLLER 1988, MÜLLER & BÜRGER 1990). Die genauen Standorte der einzelnen Aufnahmen und ihre Herkunft sind in Tabelle 1 und Abbildung 14 vermerkt.

Die wasserbaulichen Eingriffe auf die einzelnen Standorte stellen sich wie folgt dar:

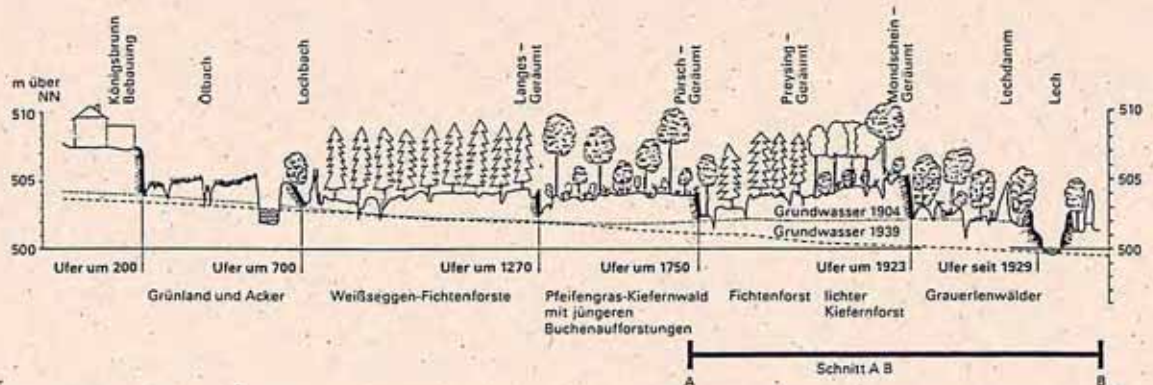


Abbildung 11

Profil durch die Lechauen bei Augsburg 1987 (5-fach überhöht) (Lage vgl. Abb. 10 - Schnitt AB) (aus MÜLLER 1991 b).

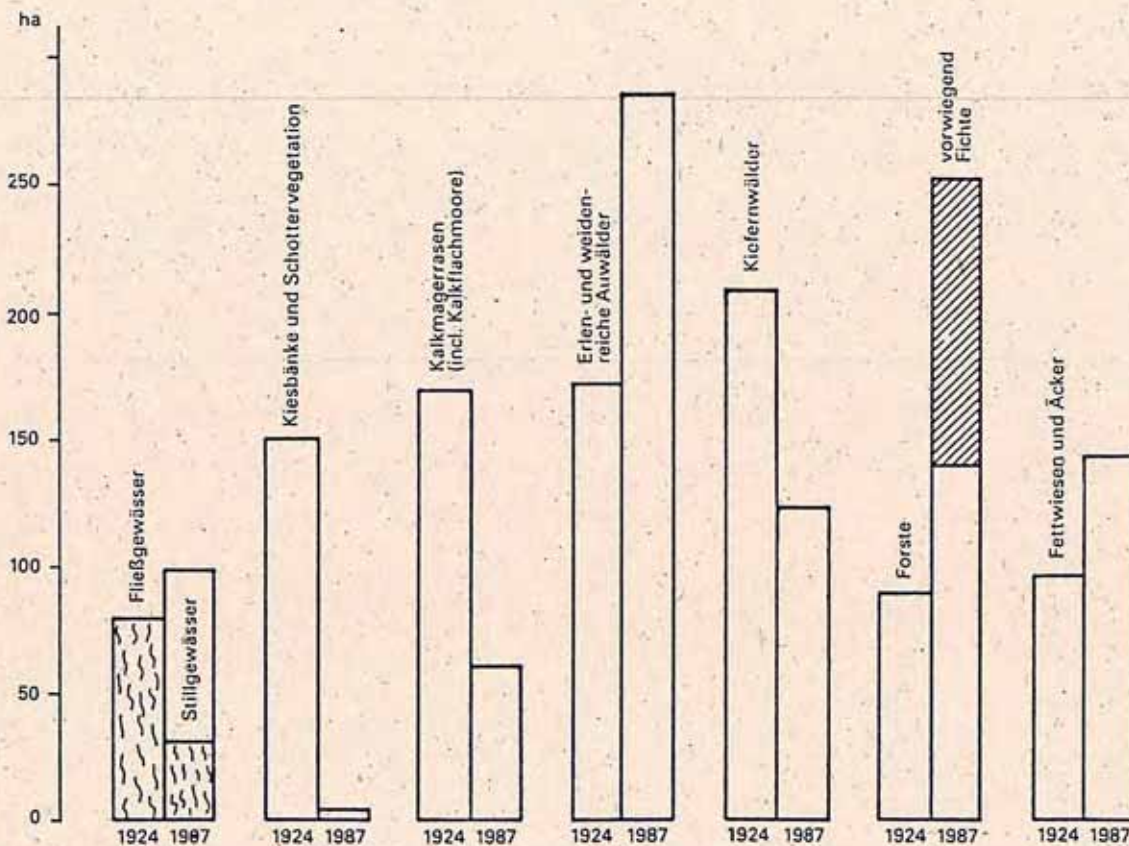


Abbildung 12

Flächenbilanz der Auenvegetation am Lech bei Augsburg vor und nach der Regulierung (analog der Vegetationskarten von 1924 und 1987) (aus MÜLLER 1991 b).

Oberlauf:

Standort OF – Forchach: weitgehend natürlicher Abfluß- und Feststoffhaushalt

Standort OW – Weißenbach: Flußregulierungen seit 1987

Standort OM – Musau (Untersuchungsgebiet 1): Ausleitungsstrecke seit 1968, mit Feststoffdurchlaß bei Hochwasser

Mittellauf:

Standort ML – Litzauer Schleife (Untersuchungsgebiet 2): unregulierte Fließstrecke mit gestörtem Abfluß- und Feststoffhaushalt durch vorgelagerte Staustufen (seit 1950)

Standort MK – Kinsau: Regulierte Ausleitungsstrecke (seit 1910) mit gestörtem Abfluß- und Feststoffhaushalt durch vorgelagerte Staustufen (seit 1940)

Unterlauf:

Standort UA – Augsburg (Untersuchungsgebiet 3): regulierte Fließstrecke (seit 1924) mit vorgelagerten Staustufen (seit 1940)

Neben den Vegetationsaufnahmen aus jüngster Zeit (ab 1987) wurden für den Mittellauf (Litzauer Schleife) auch einige historische Aufnahmen von BRESINSKY (n. p.)* in die Tabelle mit aufgenommen (gesondert markiert). Diese im Jahre 1959 erhobenen Vegetationsaufnahmen entstan-

den im Rahmen der vegetationskundlichen Erfassung der Litzauer Schleife (BRESINSKY 1965) und sind wesentliche Dokumente für die qualitativen Veränderungen der Auenvegetation des Lech durch den Ausbau.

6.1 Allgemeine Charakterisierung

Unter der Kiesbankvegetation werden in diesem Zusammenhang die mehr oder weniger lückigen und niedrigen Pflanzengesellschaften zusammengefaßt, die im flußnahen Bereich den flußdynamischen Prozessen wie Überschüttung oder Überschwemmung besonders stark unterliegen und noch nicht zu den Auwäldern zählen.

Nach ökologischen Gesichtspunkten lassen sich die nachgewiesenen Gesellschaften auf Kiesbänken am Lech in 2 Gruppen unterteilen:

- die Pioniervegetation der Rohbodenstandorte
- die Überflutungsvegetation

Die Pioniervegetation der Rohbodenstandorte verdankt ihre Existenz der Abfluß- und Morphodynamik. Diese bedingt, daß die pflanzliche Sukzession und die Bodenentwicklung laufend unterbrochen werden und von neuem beginnen. Desweiteren ist der Wechsel von starker Überflutung und zeitweisem Trockenfallen bezeichnend für ihre Standorte.

Dabei handelt es sich im einzelnen um die Knorpelsalat-, die Uferreitgras-, und die Zwergrohrkolben-Gesellschaft sowie das Weiden-Tamarisken- und Lavendelweiden-Gebüsch. Zu dieser Gruppe können noch die Gebirgsbinsen-Gesellschaft (*Juncetum alpini*) und das Sanddorn-Ge-

* Herrn Prof. Dr. A. Bresinsky (Regensburg) danken wir recht herzlich für die Überlassung von unveröffentlichten Vegetationsaufnahmen von der Litzauer Schleife.

büsch (*Salici-Hippophaetum rhamnoides*) (nur im Unterlauf) gerechnet werden. Auf Grund von nur wenigen Vegetationsaufnahmen von letzteren Pflanzengesellschaften sowie des nur begrenzten Vorkommens, werden sie in der Tabelle und der folgenden Auswertung nicht berücksichtigt.

Ein wesentlicher ökologischer Faktor für die Überflutungsvegetation sind periodische Überschwemmungen. Im Gegensatz zur Pioniervegetation findet keine Überschüttung der Standorte statt – allenfalls kommt es durch die Überschwemmung zur Ablagerung von Schwebstoffen.

Typische Gesellschaften der Überflutungsvegetation sind das Flußröhricht, die Rohrschwengel-, Barbarakraut- und Pestwurz-Gesellschaft sowie das Purpurweiden-Gebüsch.

An den Alpenflüssen fanden diese für Tieflandauen typischen Pflanzengesellschaften vor dem stärkeren Einfluß des Menschen nur an den Unterläufen und hier außerhalb der eigentlichen Umlagerungsstrecken geeignete Lebensbedingungen. Durch das abnehmende Gefälle und die breit angelegten Talräume gab es im flußferneren Bereich im Kontakt zu den periodisch überschwemmten Auwäldern langsam durchflutete Rinnen und periodisch überschwemmte Alluvionen, die nicht mehr der Morphodynamik unterlagen und so die Voraussetzungen für die Überflutungsvegetation schufen (MÜLLER 1993).

Auf den Kiesbänken kommen daneben zwei typische Ruderalgesellschaften der Siedlungen vor, die insgesamt entwicklungsgeschichtlich in Mitteleuropa recht jung sind:

die Goldruten-Gesellschaft und die ruderale Glatthaferwiese.

Im folgenden werden die Gesellschaften der Pioniervegetation und der Überflutungsvegetation kurz beschrieben und ihre frühere und heutige Verbreitung (vgl. Abb. 13) am Lech skizziert. Die ökologische Charakterisierung folgt dabei im wesentlichen einer sich in Vorbereitung befindlichen Vegetationsmonographie über die nordalpinen Flüsse (MÜLLER 1993), sowie verschiedenen speziellen (HELLER 1969, MOOR 1958, SEIBERT 1958, ZOLLER 1974) und allgemeinen Arbeiten zur Auenvegetation (MÜLLER 1983, OBERDORFER 1989, SEIBERT 1977, 1992), eigenen Untersuchungen vom Lech (MÜLLER 1988, 1991 b, MÜLLER & BÜRGER 1990) und anderen Alpenflüssen (MÜLLER 1993).

6.2 Pioniervegetation der Rohbodenstandorte

Die Gesellschaften der Pioniervegetation treten heute am Lech vorwiegend nur im Oberlauf an den letzten intakten oder schwach gestörten Flußabschnitten auf.

Wie zahlreiche floristische und vegetationskundliche Arbeiten jedoch belegen, waren sie für den gesamten unregulierten Lech vor dem Flußausbau typisch (BRESINSKY 1959, 1962, 1965, CAFLISCH 1848, 1850, 1869, KARL 1954, SENDTNER 1854, USINGER & WIGGER 1961, VOLLMANN 1914).

Neben den stenöken Charakterarten sind für diese Gesellschaften Pflanzen aus der alpinen Schuttvegetation (*Thlaspietea*) und den Blaugrashalden (*Elyno-Seslerietea*) bezeichnend (vgl. Tab. 1).

Ein Großteil dieser Arten kommt heute noch in den Kalkmagerrasen, Schneeheidekiefernwäldern und auf Rohbodenstandorten in den fossilen Auen des Unterlaufes vor (vgl. z. B. BRESINSKY 1959, HIEMEYER 1985, 1990, MÜLLER 1991 b). Das ist ein weiterer Beweis für die ehemals weite Verbreitung der Pioniergesellschaften am Lech.

Ökologie sowie frühere und heutige Verbreitung der Gesellschaften stellen sich wie folgt dar:

– **Knorpelsalat-Gesellschaft (*Chondrilla chondrilloides*)** (Tab. 1, Block 1) – auf frisch angelegten Ablagerungen mit hohem Grobschotteranteil, die bei Niederwasserstand oberflächlich stark austrocknen.

Sie kam ehemals am Lech wohl bis Augsburg vor (CAFLISCH 1850, 1869). Heute tritt sie in typischer Ausbildung nur noch im Oberlauf bei Forchach und Weißenbach auf. Kleinere Bestände gibt es noch an den regulierten Abschnitten oberhalb von Forchach und zwischen Reutte und Füssen (z. B. bei Musau vgl. Tab. 1). Unterhalb des Foggensees ist sie ausgestorben.

– **Zwergrohrkolben-Gesellschaft (*Equisetum typhetum minima*)** (Tab. 1 Block 2) an frisch angelegten Altwässern mit hohem Schluffanteil im Substrat.

Sie war früher am Lech vom Alpennordrand bis zur Mündung in die Donau eine häufige Pioniergesellschaft in Flußrinnen, die im Kontakt zur Alpenbinsen-Gesellschaft stand. Im alpinen Oberlauf, wo vorwiegend Gerölle die Alluvionen prägen, fehlt die Gesellschaft.

Historische Vegetationsaufnahmen der Zwergrohrkolben-Gesellschaft gibt es vom gesamten Lech (vgl. MÜLLER 1991 c). Die Gesellschaft wurde in der pflanzensoziologischen Literatur zum ersten Mal von OBERDORFER (1957) aus den Lechauen bei Augsburg beschrieben.

Von den charakteristischen Blütenpflanzen der Wildflußlandschaften reagiert der Zwergrohrkolben besonders rasch auf Veränderungen im Flußsystem. Die wasserbaulichen Eingriffe am Lech haben zur Folge, daß er heute vor dem Aussterben steht. Kleine Bestände gibt es nur noch am Oberlauf (Untersuchungsgebiet 1). Der hohe Anteil an Phragmitetea-Arten deutet jedoch darauf hin, daß auch diese bereits gestört sind (vgl. Tab. 1) und in Zukunft erlöschen werden.

Das ist umso schwerwiegender zu beurteilen, da es sich um die letzten Vorkommen an den nordalpinen Flüssen handelt (MÜLLER 1991 c).

– **Weiden-Tamarisken-Gebüsch (*Salici-Myricarrietum*)** (Tab. 1 Block 3) auf frisch angelegten Kiesbänken mit höherem Sandanteil und dauernder Durchfeuchtung des Wurzelbereiches.

Früher kam diese typische Pioniergesellschaft der Alpenflüsse am gesamten Lech vor. Am Unterlauf, so z. B. bei Augsburg, ist sie bereits seit den 50er Jahren ausgestorben (BRESINSKY 1959). Die großen Bestände am Mittleren Lech, die in den 50er Jahren noch nachgewiesen wurden (vgl. BRESINSKY 1965, USINGER u. WIGGER 1961, sowie Tab. 1) sind heute erloschen.

Größere Weiden-Tamarisken-Gebüsche (in typischer Ausprägung mit hohem Anteil der Deutschen Tamariske) existieren heute am Lech nur noch an den intakten Umlagerungsstrecken bei

Forchach (vgl. Tab. 1). Reste dieser Gesellschaft finden sich auf den verbliebenen Kiesbänken im regulierten Oberlauf zwischen Steeg und Forchach.

Kleinere Bestände, die bereits deutliche Degenerationserscheinungen zeigen (Absterben der Deutschen Tamariske) gibt es noch zwischen Reutte und Füssen im Untersuchungsgebiet 1.

– **Lavendelweiden-Gebüsch (*Salicetum eleagni*)** (Tab. 1 Block 4) auf Grobschotterablagerungen, die zumindest nach ihrer Anlage noch einige Wochen gut durchfeuchtet sind (Voraussetzung für die Keimung der Weiden), ansonsten zeitweise oberflächlich stark austrocknen.

Vor dem Flußausbau war diese Gesellschaft am gesamten Lech verbreitet. Heute findet man Bestände in typischer Ausbildung vor allem noch am Oberlauf bei Forchach und im Untersuchungsgebiet 1 bei Reutte.

Größere Bestände in Bayern weisen heute noch die Kiesbänke der Litzauer Schleife auf – allerdings ist hier ähnlich wie am Unteren Lech ein deutlicher Rückgang der *Thlaspietea*- und *Elyno-Seslerietea*-Arten zu verzeichnen.

Die letzten kleinen Vorkommen auf den Kiesbänken bei Augsburg zeigen bereits deutliche Entwicklungstendenzen zum Purpur-Weiden-Gebüsch (hoher Anteil von *Salix purpurea* in der Strauchschicht), das bei ausbleibender Überschotterung das Lavendelweiden-Gebüsch ersetzt.

– **Uferreitgras-Gesellschaft (*Calamagrostietum pseudophragmitis*)** (Tab. 1 Block 6) auf sandigen Ablagerungen.

Sie war früher am gesamten Lech vorhanden, wobei anzunehmen ist, daß die größten Vorkommen im Unteren Lechtal lagen, da hier, bedingt durch die Sedimentation von feinen Substraten, große Sandbänke entstanden.

Die Uferreitgras-Gesellschaft ist die einzige Gesellschaft der Rohbodenstandorte, die heute noch durchgängig im Lechtal anzutreffen ist.

Größere Bestände existieren zwischen Reutte und Füssen (Untersuchungsgebiet 1) sowie an der Litzauer Schleife (Untersuchungsgebiet 2). Reste der ehemals großen Bestände am Unteren Lech wachsen auf den Kiesbänken bei Augsburg (Untersuchungsgebiet 3, vgl. Tab. 1).

Im Flußverlauf ist vom Ober- zum Unterlauf deutlich eine Abnahme der *Thlaspietea*-Arten unter zunehmendem Verlust der Flußdynamik zu beobachten.

Ab dem Mittellauf tritt das Rohrglanzgras mit auf und zeigt an, daß die Uferreitgras-Gesellschaft bei ausbleibender Überschüttung vom Flußröhricht verdrängt wird.

6.3 Überflutungsvegetation

Während die Konzentration der Pioniervegetation der Rohbodenstandorte deutlich im Oberlauf liegt, herrschen heute im Mittellauf und Unterlauf die Überflutungsgesellschaften vor. Bezeichnend für sie sind Arten der Flutrasen (*Agrostietea*) und ausdauernden Ruderalvegetation (*Artemisietea*).

Dabei handelt es sich um folgende Gesellschaften:

– **Barbarakraut-Gesellschaft (*Barbarea vulgaris*-Gesellschaft)**

(Tab. 1, Block 9) auf mehrmals jährlich überfluteten Kiesbänken – in der Kontaktzone Niederwasser- und Mittelwasserstand, oft saumartig ausgebildet.

Abhängig vom Nährstoffgehalt des Substrates kann man zwischen 2 Gruppen unterscheiden. Die *Silene vulgaris* – Ausbildung (im Mittellauf mit der alpinen Subspezies *glareosa*) kennzeichnet die nährstoffarmen Standorte an der Litzauer Schleife, die noch als Relikte der Knorpelsalat-Gesellschaft vereinzelt *Hutchinsia alpina* und *Arabis alpina* aufweisen. Die bessere Nährstoffversorgung im Unterlauf wird durch die typische, die *Rumex obtusifolius*- und die *Bromus*-Ausbildung, angezeigt. Während die *Bromus*-Ausbildung mit *Bromus tectorum*, *Bromus arvensis* und *Bromus sterilis* die zeitweise oberflächlich stark austrocknenden Standorte auf Grobschotter besiedelt, bevorzugt die *Rumex obtusifolius*-Ausbildung die besser durchfeuchteten Flächen mit höherem Sand- und Schluffanteil. Die gute Nährstoffversorgung manifestiert sich am gehäuftem Auftreten von *Artemisietea*-Arten, worunter namentlich *Urtica dioica* und *Myosoton aquaticum* stete Begleiter sind.

Die Barbarakraut-Gesellschaft hat sich erst durch die veränderten Abfluß- und Feststoffverhältnisse auf den Kiesbänken am Lech großflächig ausbreiten können. Das wird besonders deutlich auf den Kiesbänken der Litzauer Schleife, wo sie heute an die Stelle der Knorpelsalat-Gesellschaft getreten ist.

– **Flußröhricht (*Phalaridetum arundinaceae*)** (Tab. 1, Block 7) –

auf regelmäßig überfluteten Kiesbänken im Bereich des Mittelwasserstandes.

Das Flußröhricht fehlt auf den von der Umlagerung geprägten Alluvionen des Oberen Lechtals. Als typische Überflutungsgesellschaft konnte es sich erst durch die wasserbaulichen Eingriffe im Mittellauf wie an der Litzauer Schleife im größeren Umfang etablieren.

Neben einer typischen Ausbildung tritt auf etwas höher gelegenen Kiesbänken, die nicht so häufig überflutet werden, eine Ausbildung mit dem Rohrschwengel auf, die zum *Dactylo-Festucetum arundinaceae* überleitet.

– **Rohrschwengel-Gesellschaft (*Dactylo-Festucetum arundinaceae*)** (Tab. 1, Block 8) auf nicht mehr jährlich überfluteten Kiesbänken mit hohem Sandanteil.

Die Rohrschwengel-Gesellschaft tritt nur im Unter- und Mittellauf des Lech auf. Im Bereich der Litzauer Schleife konnte sie sich erst infolge der Eintiefungsvorgänge des Lech auf den Sandablagerungen in den letzten 30 Jahren ausbreiten.

– **Pestwurz-Gesellschaft (*Phalarido-Petasitetum hybridum*)** (Tab. 1, Block 10) auf regelmäßig überfluteten Kiesbänken im Bereich des Mittelwasserstandes mit hohem Sand- und Schluffanteil. Die Pestwurz – Gesellschaft ist charakteristisch für langsam überströmte Kies- und Sandbänke mit guter Nährstoffversorgung.

Tabelle 1

Rezente Kiesbankvegetation am Lech mit 6 historischen Aufnahmen (markiert) von der Litzauer Schleife (aufgenommen vor dem Lechausbau)

Pioniervegetation der Rohbodenstandorte

- [1] **Knorpelsalat-Gesellschaft** – *Chondriletum chondrilloides* Br.-Bl. in Volk 1939 em. Moor 1958 (Kl. Thlaspietea rotundifolii)
 [1a] Typische Ausbildung
 [1b] *Pinus sylvestris*-Phase
- [2] **Zwergrohrkolben-Gesellschaft** – *Equiseto-Typhetum minimae* Br. Bl. in Volk 1939 (Kl. Scheuchzerio fuscae)
 [2a] Typische Ausbildung
 [2b] *Equisetum palustre*-Ausbildung
- [3] **Weiden-Tamarisken-Gebüsch** – *Salici-Myricarietum* Moor 1958 (Kl. Salicetea purpureae)
 [3a] Typische Ausbildung
 [3b] *Pinus sylvestris*-Phase
 [3c] *Alnus incana*-Phase
- [4] **Lavendelweiden-Gebüsch** – *Salicetum eleagni* Hag. 1916 ex Jenik 1955 (Kl. Salicetea purpureae)
 [4a] Typische Ausbildung
 [4b] *Pinus sylvestris*-Phase
- [6] **Uferreitgras-Gesellschaft** – *Calamagrostietum pseudophragmitis* Kop. 1968 (Kl. Thlaspietea rotundifol.)
 [6a] Typische Ausbildung
 [6b] *Phalaris arundinacea*-Ausbildung

Überflutungsvegetation

- [5] **Purpurweiden-Gebüsch** – *Salix purpurea*- Gesellschaft (Kl. Salicetea purpureae)
- [7] **Flußröhricht** – *Phalaridetum arundinaceae* Libb. 1931 (Kl. Phragmitetea)
 [7a] Typische Ausbildung
 [7b] *Festuca arundinacea*-Ausbildung
- [8] **Rohrschwengel-Gesellschaft** – *Dactylo-Festucetum arundinaceae* Tx, 1950 (Kl. Agrostietea stoloniferae)
- [9] **Barbarakraut-Gesellschaft** – *Barbarea vulgaris*- Gesellschaft (Kl. Artemisietea vulgaris)
 [9a] *Silene vulgaris*-Ausbildung
 [9b] *Rumex obtusifolius*-Ausbildung
 [9c] Typische Ausbildung
 [9d] *Bromus*-Ausbildung
- [10] **Pestwurz-Gesellschaft** – *Phalarido-Petasitetum hybridi* Schwick. 1933 (Kl. Artemisietea vulgaris)
- [11] **Goldruten-Gesellschaft** – *Solidago gigantea*-Gesellschaft (Kl. Artemisietea vulgaris)
- [12] **Ruderales Glatthafer-Gesellschaft** – *Tanaceto-Arrhenatheretum* Fischer 1985 (Kl. Molinio-Arrhenatheretea)

Flußbaumaßnahmen:

<u>Oberlauf:</u>	OF	weitgehend natürlicher Abfluß- und Feststoffhaushalt
	OW	Flußregulierungen seit 1987
	OM	Ausleitungsstrecke seit 1968, mit Feststoffdurchlaß bei Hochwasser
<u>Mittellauf:</u>	ML	Unregulierte Fließstrecke mit gestörtem Abfluß- und Feststoffhaushalt durch vorgelagerte Staustufen (seit 1950)
	MK	Regulierte Ausleitungsstrecke (seit 1910) mit gestörtem Abfluß- und Feststoffhaushalt durch vorgelagerte Staustufen (seit 1940)
<u>Unterlauf:</u>	UA	regulierte Fließstrecke (seit 1924) mit vorgelagerten Staustufen (seit 1940)

Nomenklatur der Pflanzennamen und Assoziationen in der Regel nach OBERDORFER 1983

Standorte der Aufnahmen geordnet im Längsprofil (vgl. Abb.14):

<u>Oberlauf:</u>	OF	Lechauen bei Forchach (25 Aufn. aus MÜLLER & BÜRGER 1990, MTB 8529/4)
	OW	Lechauen bei Weißenbach (18 Aufn. aus MÜLLER 1988, MTB 8529/4)
	OM	Untersuchungsgebiet 1 – Lechauen bei Musau (17 Aufn. von MÜLLER 1988/89 n.p., 8430/1 u. 2)
<u>Mittellauf:</u>	ML	Untersuchungsgebiet 2 – Litzauer Schleife bei Schongau (22 Aufn. von MÜLLER 1987-89 n.p., 6 Aufn. von MÜLLER & VETTER 1990 n.p., 7 Aufn. – markierte Spalten 16, 19, 20, 34, 57, 80, 106* von BRESINSKY 1959 n. p., MTB 8231/1)
	MK	Lechauen bei Kinsau (2 Aufnahmen von MÜLLER 1988 n.p., MTB 8131/1)
<u>Unterlauf:</u>	UA	Untersuchungsgebiet 3 – Lechauen bei Augsburg (46 Aufn. aus MÜLLER 1991b, 8 Aufn. aus WOLF 1988, 2 Aufn. von MÜLLER 1992 n.p., MTB 7631/1, 2, 4 u. 7731/1)

Anhang zu Tabelle 1

Außerdem je 2-mal in Spalte

2, 41: *Coronilla vaginalis* r, +; 19, 20: *Mentha aquatica* +, +; 19, 20: *Caltha palustris* +, +; 20, 34: *Potentilla erecta* +, +; 20, 57: *Euphrasia stricta* 1, +; 29, 46: *Primula auricula* +, +; 42, 63: *Carex montana* 1, +; 45, 47: *Picea abies* +, 1; 58, 92: *Lysimachia nummularia* +, r; 65, 104: *Stachys sylvatica* +, +; 65, 149: *Silene dioica* r, +; 66, 68: *Brachypodium sylvaticum* r, 1; 66, 129: *Glechoma hederacea* r, 1; 67, 101: *Poa nemoralis* +, r; 68, 122: *Veronica catenata* +, r; 92, 100: *Calamagrostis epigeios* 1, +; 141, 152: *Cardamine flexuosa* +, +.

Außerdem je 1-mal in Spalte

5: *Kernera saxatilis* r; 10: *Ranunculus nemorosus* +; 14: *Carex alba* +; 15: *Poa supina* +; 16: *Leontodon incanus* +; 18: *Scirpus lacustris* +, *Triglochin palustre* +, *Typha latifolia* 1; 19: *Juncus inflexus* 1, *Carex elata* +, *Dactylorhiza incarnata* +; 20: *Eleocharis quinqueflora* 1, *Pinguicula vulgaris* +, *Ranunculus repens* 1, *Symphytum officinale* +; 22: *Juncus effusus* 1, *Lotus uliginosus* +; 24: *Plantago alpina* 1; 28: *Danthonia decumbens* r, *Adenostyles glabra* +, *Tofieldia calyculata* +; 30: *Gentiana utriculosa* r; 34: *Aster bellidiflorus* +, *Galium boreale* +, *Gymnadenia conopsea* +, *Anthoxanthum odoratum* +, *Trifolium medium* +; 43: *Carex umbrosa* +, 44: *Carex mucronata* +; 46: *Laserpitium latifolium* r, *Centaurea scabiosa* +; 49: *Koeleria pyramidata* +, *Polygala cordifolia* r; 50: *Galium pumilum* +; 54: *Thesium rostratum* +; 55: *Verbascum thapsus* r; 56: *Sedum album* +; 57:

Solanum dulcamara +; 58: *Epilobium tetragonum* +, *Populus canadensis* (juv.) +, *Sambucus nigra* +, *Lapsana communis* 1, *Linaria vulgaris* +, *Acinos arvensis* r, *Sonchus oleraceus* 1, *Potentilla heptaphylla* +, *Carex digitata* 1; 65: *Anthriscus silvestris* r, *Chaerophyllum hirsutum* r, *Phyteuma spicatum* r; 66: *Triplurospermum inodorum* +, *Melilotus alba* r, *Salix caprea* 1; 67: *Lithospermum officinale* +; 68: *Ribes uva-crispum* 1, *Alyssum alyssoides* +, *Bromus mollis* 1, *Viola collina* +; 70: *Carex caryophyllea* +; 72: *Lathyrus pratensis* +; 73: *Senecio jacobaea* r, *Equisetum ramosissimum* r; 78: *Medicago varia* r; 79: *Isatis tinctoria* 1, *Astragalus glycyphyllos* +; 80: *Succisa pratensis* +; 81: *Polygonum hydropiper* +; 82: *Senecio alpinus* r; 92: *Impatiens glandulifera* +, *Fraxinus excelsior* (juv.) r; 94: *Rhinanthus alectorolophus* r; 100: *Tetragonolobus maritimus* r, *Salix viminalis* (S) r; 106: *Petasites hybridus* +; 108: *Euphorbia verrucosa* r; 110: *Geranium dissectum* +; 113: *Sedum boloniense* 1, *Lamium purpureum* r; 114: *Heracleum sphondylium* r; 116: *Sinapis arvensis* +; 119: *Viola tricolor* +, *Crepis capillaris* r, *Geum urbanum* 1; 120: *Alopecurus aequalis* r; 123: *Galium palustre* r, *Chaenorhinum minus* r; 124: *Atriplex patula* +; 126: *Cardamine amara* r; 127: *Alopecurus geniculatus* r; 128: *Epilobium adeno-caulon* +; 131: *Viola hirta* r; 143: *Lepidium campestre* +, *Crepis biennis* +, *Carlina vulgaris* +; 145: *Sonchus asper* +, *Hordeum secalinum* +, *Arctium lappa* +, *Hordeum murinum* +; 147: *Viola tricolor* r; 149: *Lycopus europaeus* +, *Hesperis matronalis* r, *Myosotis laxifolia* +; 150: *Polygonum aviculare* agg. r.

Foto 1

Wildflußlandschaft im Oberen Lechtal bei Forchach.

Die intakte Abfluß- und Feststoffdynamik führt zur laufenden Umgestaltung des Flußbettes. Große Kiesbänke und ein verzweigtes Rinnensystem prägen die Auenlandschaft (Aufn. N. Müller 1988).

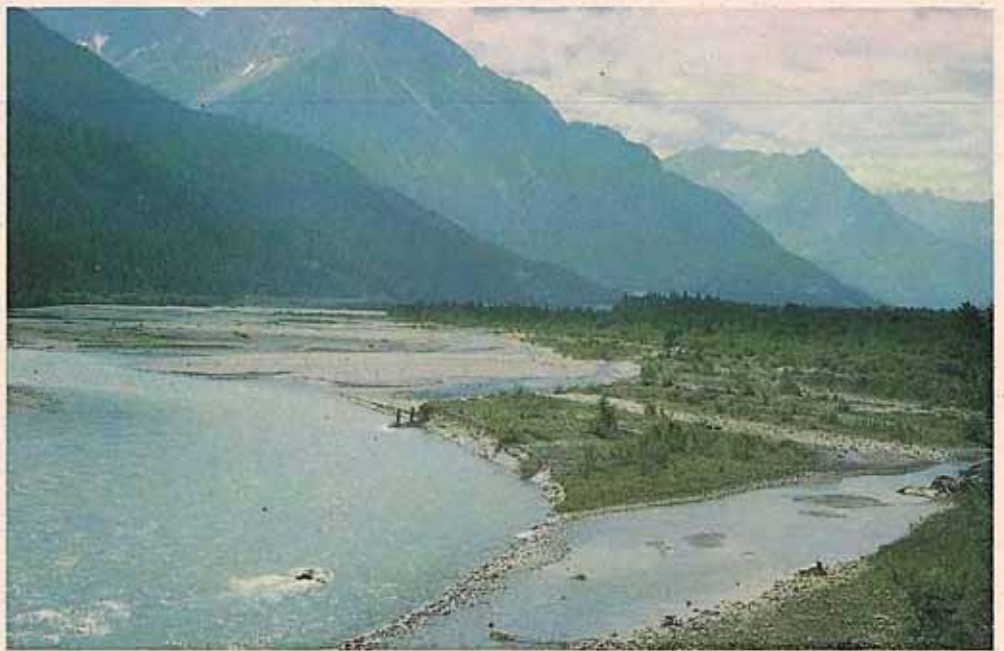


Foto 2

Charakteristisch für die vom Fluß immer wieder neu geschaffenen Rohbodenstandorte sind verschiedene Pioniergesellschaften.

Die lückige Knorpelsalat-Gesellschaft (vorne im Bild) und das Weiden-Tamarisken-Gebüsch (links) besiedeln die Flächen, die am stärksten der Flußdynamik unterliegen (Aufn. N. Müller 1989).



Foto 3

Durch den Einbau von Querbauten (1987) gestörte Umlagerungsstrecke im Oberlauf bei Weißenbach.

5 Jahre nach dem Eingriff ist bereits eine deutliche Sohlenerosion zu beobachten. Hinter den Querbauten werden verstärkt feinere Feststoffe abgelagert, die eine rasche Besiedlung und Sukzession zum Auwald ermöglichen (Aufn. N. Müller 1992).

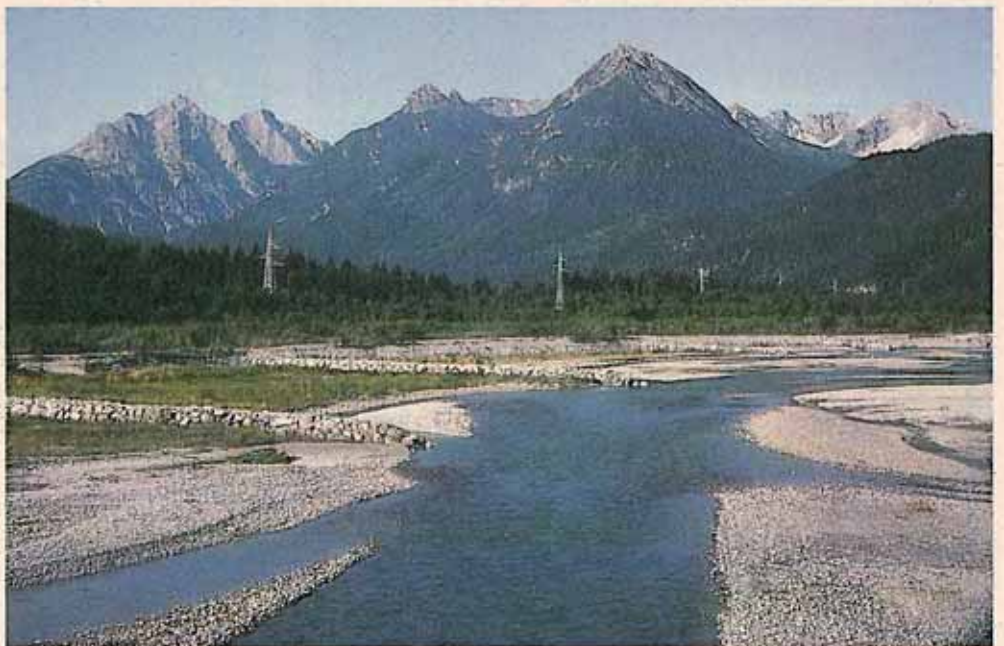




Foto 4

Litzauer Schleife im Mittellauf (Untersuchungsgebiet 2) kurz nach dem Bau des Forggensees.

Offene Kiesflächen mit Pionervegetation prägen noch die Auenlandschaft (Aufn. A. Bresinsky 1958).



Foto 5

Litzauer Schleife (vom gleichen Standort wie Foto 4) 40 Jahre nach dem Bau des Forggensees.

Durch Rückhalt der Gerölle findet keine Umlagerung mehr statt. Auf flußferneren Flächen haben weiden- und grauerlenreiche Auwälder stark zugenommen. Im flußnahen Bereich herrschen Überflutungsgesellschaften vor (vgl. Foto 6) (Aufn. G. Vetter 1991).



Foto 6

Regulierte Fließstrecke im Unterlauf bei Augsburg (Untersuchungsgebiet 3). Durch die veränderte Flußdynamik wachsen heute auf den wenigen Kiesbänken typische Überflutungsgesellschaften wie Barbarakraut-Gesellschaft und Flußröhricht (Aufn. N. Müller 1992).



Foto 7

Seit einigen Jahren ist auf den Kiesbänken im Unterlauf die Große Goldrute (*Solidago gigantea*) in Ausbreitung (Aufn. N. Müller 1991).

Sie tritt im Mittellauf im Bereich der Litzauer Schleife auf und konnte sich erst im Zuge der veränderten Abflußverhältnisse etablieren.

– **Ruderaler Glatthafer-Gesellschaft (*Tanacetum Arrhenatheretum*)** (Tab. 1 Block 12) auf festgelegten Kiesbänken mit beginnender Bodenentwicklung, die nur noch bei Hochwasser überströmt werden.

Diese Ruderalgesellschaft die im Siedlungsgebiet heute an Bahnanlagen und auf Brachflächen verbreitet ist, konnte sich erst im Zuge der Flußbaumaßnahmen am Lech etablieren. Besonders eindrucksvoll ist die rasche Einnahme der nicht mehr überschwemmten Kiesbänke an der Litzauer Schleife, die ehemals vegetationsfrei waren oder auf denen die Knorpelsalat-Gesellschaft wuchs.

– **Goldruten-Gesellschaft (*Solidago-gigantea* Gesellschaft)** (Tab. 1 Block 11) auf festgelegten Kiesbänken, die nur bei Hochwasser überflutet werden.

Die Große Goldrute hat als Neubürger zahlreiche Standorte in Europa erobert. Außer auf Ruderalstandorten wird sie seit den 50-er Jahren vermehrt in Auen beobachtet (MOOR 1958) und gilt zusammen mit *Impatiens glandulifera* als typischer Stromtalwanderer, der auch zunehmend die Alpenflüsse besiedelt (MÜLLER 1993).

Im Unteren Lechtal nördlich von Augsburg herrscht die Goldrute teilweise vollständig die Krautschicht in den trockenengefallenen Grauerlen- und Eschenwäldern.

Derzeit ist sie südlich von Augsburg lechaufwärts in Ausbreitung und baut auf den Kiesbänken die Glatthafergesellschaft ab. Sie bildet Dominanzbestände, in denen nur noch wenige andere Arten existieren können.

– **Purpurweiden-Gebüsch (*Salix purpurea*-Gesellschaft)** (Tab. 1, Block 5) auf nur noch selten überschwemmten Kiesbänken.

Das Purpurweidengebüsch entwickelt sich aus dem Lavendelweidengebüsch, sobald die Standorte nicht mehr regelmäßig vom Hochwasser erreicht werden (SEIBERT 1992). Es ist eine charakteristische Erscheinung von Umlagerungstrecken, in denen durch wasserbauliche Eingriffe der Geschiebetransport unterbunden ist (MÜLLER 1993). Lavendelweide und Purpurweide treten zwar in beiden Weidengesellschaften auf, wesentliche Unterschiede ergeben sich jedoch in der Wuchshöhe und den Begleitarten: Während das Lavendelweidengebüsch nur bis zu 1,50 Meter hoch wird und noch einen hohen Anteil an *Thlaspietea*- und *Elyno-Seslerietea* Arten aufweist, wird das Purpurweidengebüsch bis zu 5 Meter hoch. Die Purpurweide verdrängt dabei die Lavendelweide und in dem dichten Gehölzbestand verschwinden mit fortschreitender Bodenentwicklung die lichtliebenden Arten der Schuttfuren und Blaugrashalden.

Diese Entwicklung ist heute am Mittleren Lech wie z.B. an der Litzauer Schleife zu beobachten. Am Unterlauf bei Augsburg, wo die wasserbaulichen Eingriffe schon länger zurückliegen, ist das Purpurweiden-Gebüsch typisch für festgelegte Kiesbänke innerhalb des regulierten Gerinnes.

6.4 Auswertung und Diskussion

Die heutige Verbreitung der zwei Hauptgruppen der Kiesbankvegetation am Lech ist in Abbildung 14 dargestellt. Grundlage dafür bilden die Ergebnisse aus den vorgelegten Untersuchungen sowie eine Begehung der übrigen Fließstrecken. Zusammen mit den wasserbaulichen Eingriffen veranschaulicht diese Abbildung den Zusammenhang zwischen Flußausbau und den Wandel der Kiesbankvegetation.

Die wasserbaulichen Eingriffe haben einen Rückzug der Pioniervegetation auf die Fließstrecken im Oberlauf zur Folge (Abb. 13 u. 14). Großflächig und in typischer Ausbildung treten sie nur noch an den ungestörten und schwach beeinflussten Abschnitten bei Forchach und Weißenbach auf. In der Ausleitungsstrecke bei Musau sind sie infolge der Eingriffe im Rückgang. Restbestände gibt es noch an den regulierten Fließstrecken.

Unterhalb des Forggensees finden sich noch nennenswerte Reste der Pioniervegetation an der Litzauer Schleife und bei Kinsau (Anmerkung: die Bestandsaufnahme bei Kinsau erfolgte vor der Erweiterung der Staustufe 8).

Parallel zum Rückgang der Pioniervegetation am Mittleren und Unteren Lech haben sich verschiedene Gesellschaften der Überflutungsvegetation ausgebreitet.

Der Wandel der Pioniervegetation zur Überflutungsvegetation vollzieht sich dabei schrittweise unter dem zunehmenden Einfluß des Flußausbaus. Deutlicher als bei der Betrachtung der Verbreitung einzelner Gesellschaften wird die zeitliche Dimension dieses Vorgangs anhand der näheren Untersuchung charakteristischer Artengruppen (Klassen-, Ordnungs- und Verbandskennarten) der Kiesbänke (vgl. Abb 15).

Zeichnen sich die Kiesbänke im Oberlauf durch einen hohen Anteil von stenöken Arten vor allem aus der Klasse der Schuttfuren (*Thlaspietea*) und Blaugrashalden (*Elyno-Seslerietea*) aus, so nehmen diese im Mittel- und Unterlauf rasch ab. Bis auf einige wenige alpine Arten (so z. B. *Saxifraga caesia*, *Carex firma* und *Anthyllis vulneraria* subsp. *alpestris*), die für den Gesellschaftsaufbau von geringer Bedeutung sind (sog. Schwemmlinge vgl. hierzu auch BRESINSKY 1965) ist dies nicht chorologisch bedingt, sondern auf die starken Veränderungen in der Flußdynamik zurückzuführen (vgl. als Nachweis z.B. die historischen Aufnahmen von BRESINSKY in Tab. 1).

Rückläufig sind in diesem Zusammenhang auch die Arten der Halbtrockenrasen (*Festuco-Brometea*). Sie fehlen heute weitgehend in der Kiesbankvegetation im Mittel- und Unterlauf. Ein deutliches Zeichen dafür, daß unter den veränderten Rahmenbedingungen hier die Entstehungsvoraussetzungen für Kalkmagerrasen und Schneeheidekiefernwälder nicht mehr gegeben sind.

Auf den Kiesbänken mit Überflutungsvegetation sind hingegen euryöke Arten, namentlich der ausdauernden Ruderalvegetation (*Artemisietea*) und der Flutrasen (*Agrostietea*), häufig. Anhand der Tabelle 1 und Abb. 15 ist bei ihnen eine deutliche Zunahme unter zunehmender Flußverbauung vom Mittel- zum Unterlauf zu beobachten. Weisen die Gesellschaften der Litzauer Schleife noch einen relativ geringen Anteil von Ruderalar-

ten auf, so beherrschen diese im Untersuchungsgebiet bei Augsburg die Kiesbänke vollständig. Dies ist mit dem unterschiedlichen Ausbaugebiet der Gewässerabschnitte zu erklären. Erste Stau-stufen, die das Untersuchungsgebiet 3 beeinflus-sen, sind bereits 1940 entstanden.

Zur Beurteilung der Intensität anthropogener Einflüsse kann auch allgemein der Rückgang von indigenen Pflanzen und die Ausbreitung neuer Arten (Archäophyten und Neophyten) in natürli-chen Pflanzengesellschaften herangezogen wer-den (SUKOPP 1972). In der Kiesbankvegetation am Lech stellen sich die Veränderungen in der Flora wie folgt dar:

- Typische stenöke Arten der Pioniervegetation kommen nur noch im Oberlauf vor (z. B. Deutsche Tamariske und Zwergrohrkolben), im Mittel- und Unterlauf sind sie ausgestorben.
- Demgegenüber treten in den gestörten Fluß-abschnitten zunehmend Arten auf, die vor dem stärkeren Einfluß des Menschen in Mitteleuropa nicht heimisch waren. Auf den Kiesbänken im Mittellauf haben sich Archäophyten wie *Arrhenatherum elatius* und *Capsella bursa-pastoris* eingebürgert. Im Unterlauf kommen daneben auch eine Reihe von Neo-phyten wie z. B. *Impatiens parviflora*, *Impa-*

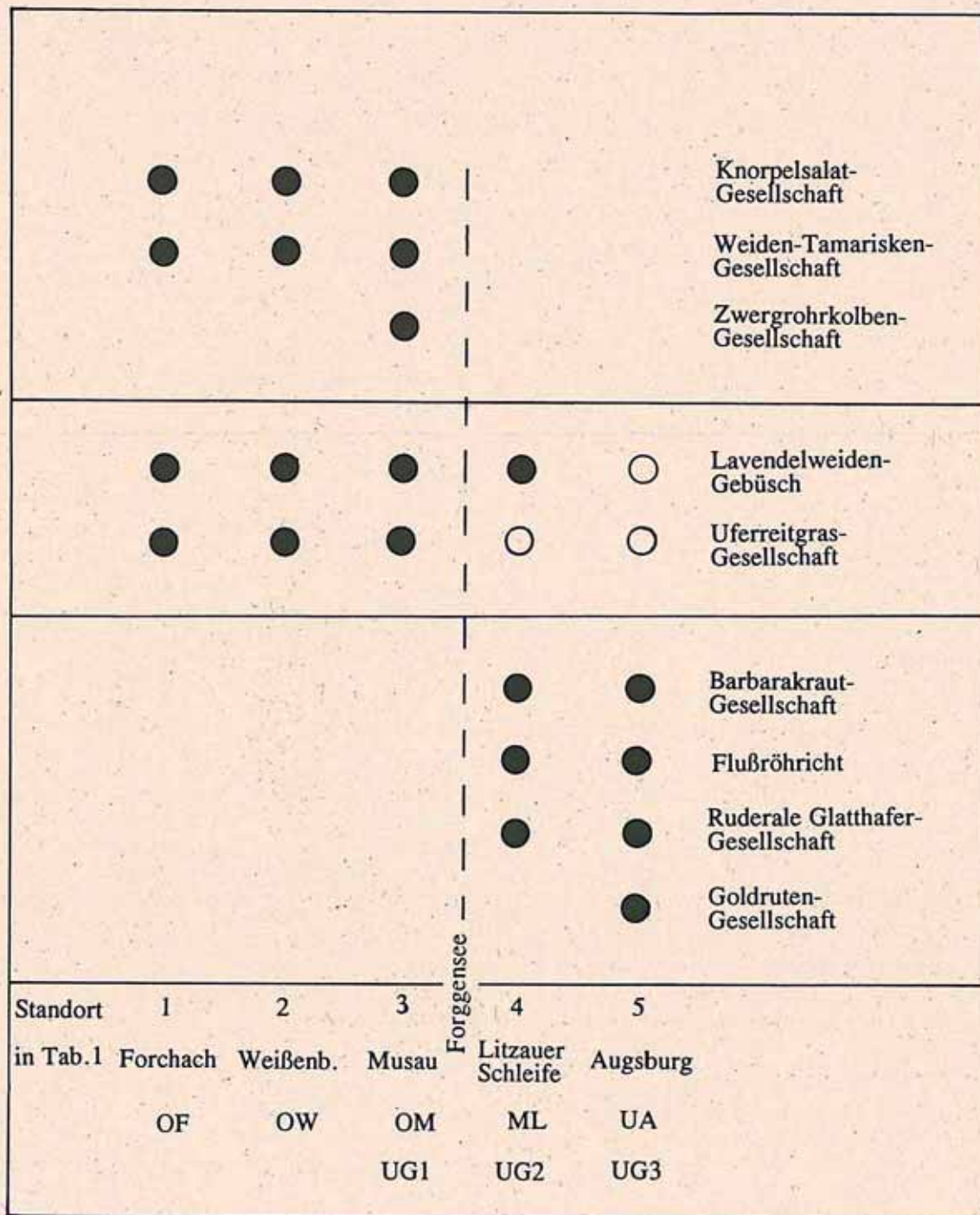


Abbildung 13

Verbreitung typischer Pflanzengesellschaften der Kiesbänke im Flußverlauf (Standorte vgl. Tab. 1 und Abb. 14)

○ = vorwiegend in gestörter Ausbildung.

tiens glandulifera, *Galinsoga parviflora* und *Solidago canadensis* vor, bzw. bilden wie im Fall von *Solidago gigantea* eigene Gesellschaften.

Ursachen für den starken qualitativen Wandel der Kiesbankflora und -vegetation im Flußverlauf sind v.a. die anthropogenen Eingriffe in den Abfluß- und Feststoffhaushalt. Geröllrückhalt, Dämpfung der Hochwasserspitzen und Aufbesserung des Niederwasserstandes (vgl. Pkt. 4.2) haben die Flußdynamik stark eingeschränkt. Da-

durch können Erosions- und Akkumulationsprozesse, die zentrale Voraussetzung für die Pioniergesellschaften und alle ihrer Folgegesellschaften bis hin zum Schneeheidekiefernwald sind, nicht mehr ablaufen. Die Anlage fortlaufend neuer nährstoffarmer Rohbodenstandorte, die die Wildflußlandschaften von den Tieflandauen unterscheidet (HELLER 1969, MÜLLER 1993), findet nicht mehr statt. Hingegen werden auf den festgelegten Kiesbänken nur noch Schwimm- und Schwebstoffe abgelagert, die eine Veränderung der Substratverhältnisse und ein verbessertes Angebot der pflanzenverfügbaren Nährstoffe bewir-

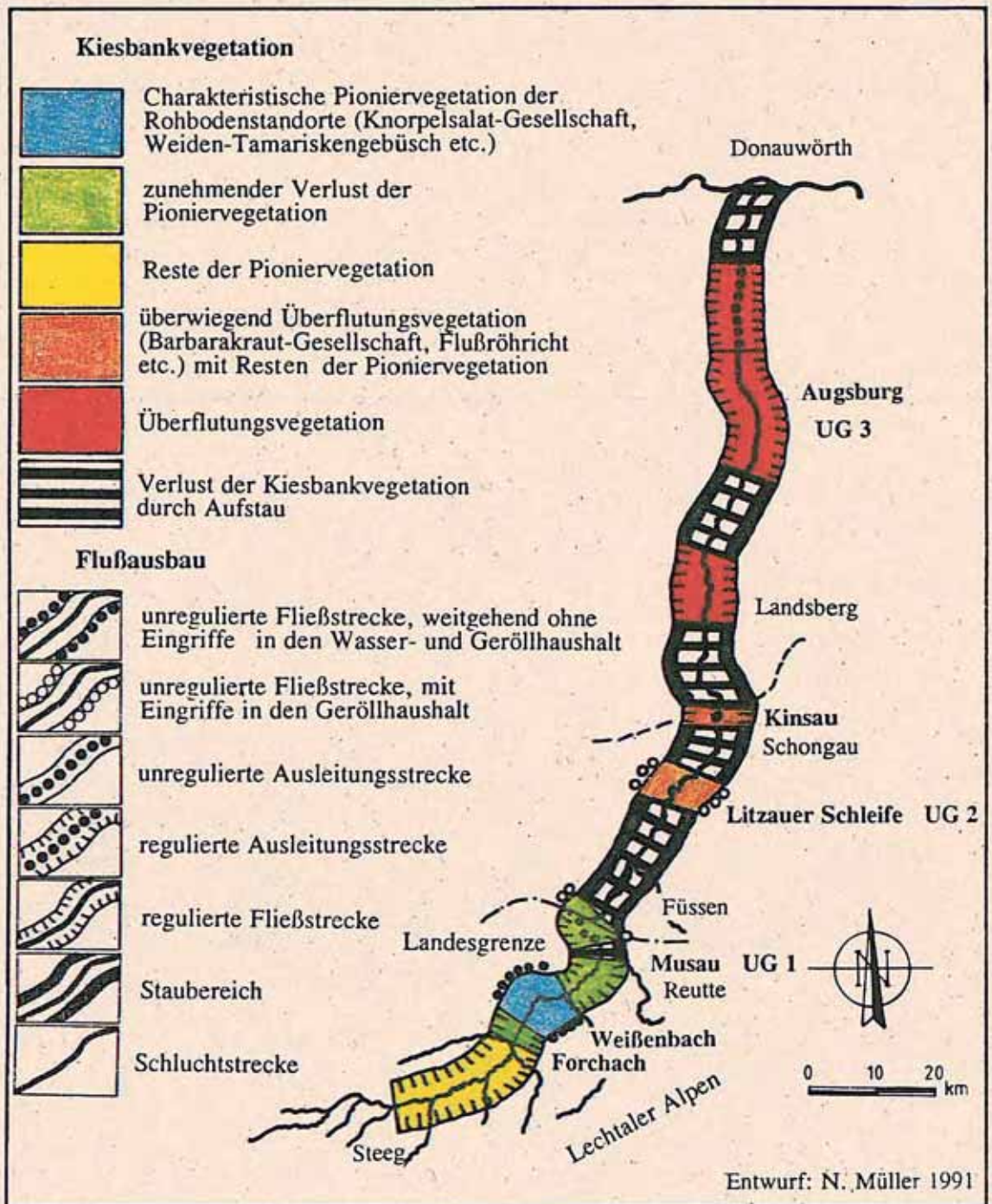


Abbildung 14

Kiesbankvegetation am Lech und ihre Veränderungen infolge des Flußausbaus.

ken. Als weitere Faktoren für ein besseres Nährstoffangebot müssen gesehen werden:

- ein erhöhter Nährstoffeintrag in den Fluß durch Landwirtschaft und Siedlungen bezogen auf die Situation vor dem Lechausbau
- eine gesteigerte Primärproduktion (Algenwachstum) verursacht durch die Reduzierung der Fließgeschwindigkeit in den Stauseen (MAUCH 1984).

Die reduzierte Morphodynamik und das bessere Nährstoffangebot der Alluvionen bewirken ökologische Verhältnisse, die für Tieflandauen typisch sind. Die Folge ist, daß auf Kiesbänken die Pionierv egetation der Rohbodenstandorte von typischen Gesellschaften der Tieflandauen - der Überflutungsvegetation verdrängt wird. Durch die gleichmäßigeren Abflußverhältnisse findet ei-

ne deutliche Zonierung der Auengesellschaften statt.

7. Zusammenfassende Darstellung der Auswirkungen von Flußbaumaßnahmen auf Flußdynamik und Auenv egetation

Stärkere menschliche Eingriffe im Einzugsgebiet des Lech haben wie an anderen Alpenflüssen bereits seit dem Mittelalter stattgefunden. Beispiele sind die Rodung und Umwandlung der Gebirgswälder in Mähwiesen, Intensivierung von landwirtschaftlichen Flächen etc. Diese Eingriffe hatten bereits in historischer Zeit Auswirkungen auf die Struktur der Auenv egetation. Sie können heute nur relativ grob rekonstruiert werden (ROUX & al. 1989, MÜLLER 1991 a).

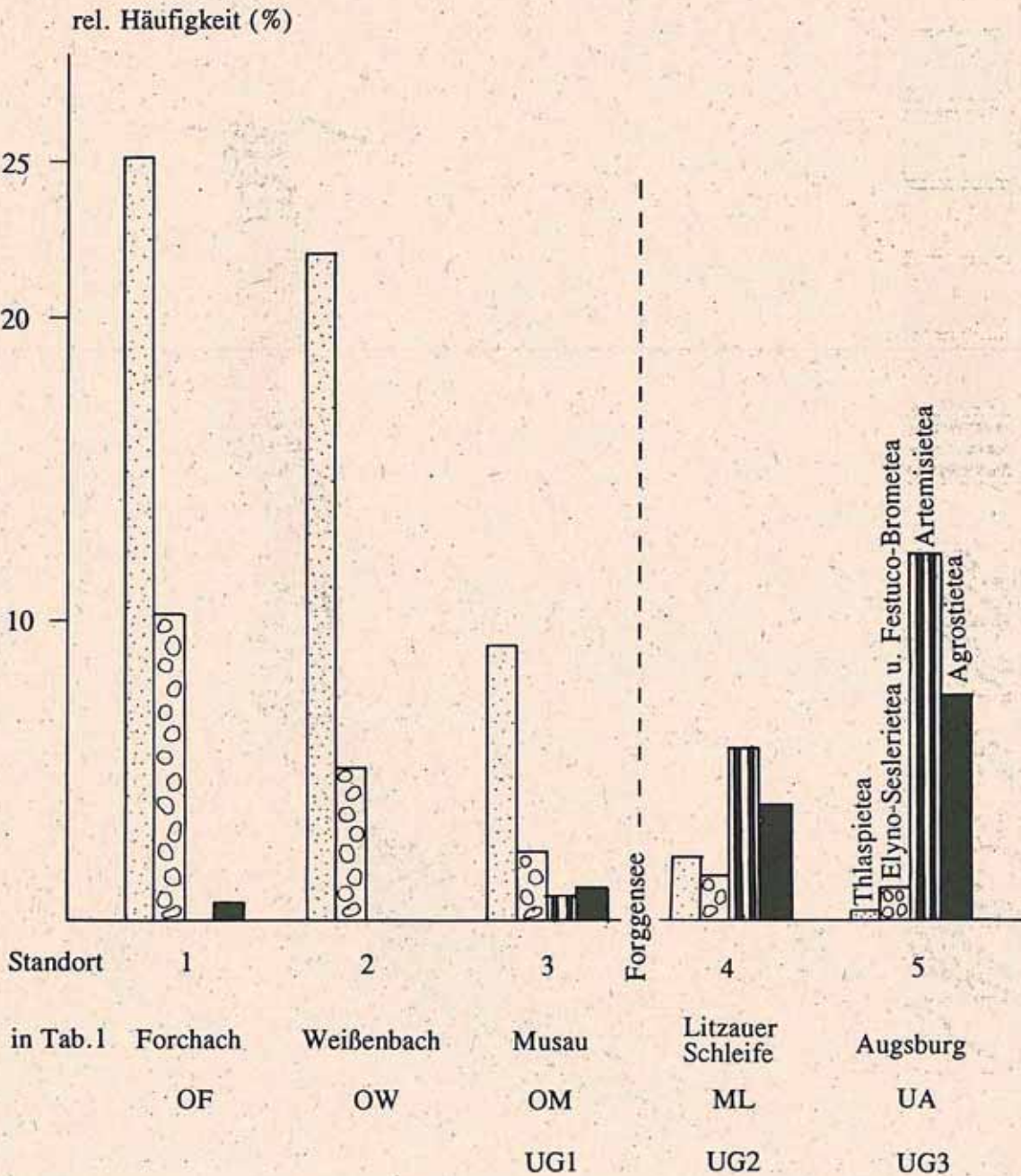


Abbildung 15

Wandel charakteristischer Artengruppen der Kiesbänke im Flußverlauf (relative Häufigkeit der Klassenkennarten aus Tab. 1 ohne historische Aufnahmen)

Vor allem seit Ende des letzten Jahrhunderts erfolgten massive direkte Eingriffe ins Flußsystem. Nach ihren verschiedenen ökologischen Auswirkungen auf die Auenvegetation kann man dabei zwei Gruppen unterscheiden:

- Flußregulierungen (einschließlich Ausleitungen ohne Feststoffrückhalt)
- Staustufenbau

7.1 Flußregulierungen

Die Auswirkungen der bereits vor 100 Jahren begonnenen Regulierungsmaßnahmen am Lech auf die Auenvegetation lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Die Flußbettstreckung bewirkt eine drastische Verringerung der rezenten Au, d. h. der Bereiche die vom Hochwasser direkt erfaßt werden. Dadurch laufen Umlagerungsvorgänge nur noch innerhalb oder nahe des regulierten Hauptgerinnes ab.

Damit verbunden sind erhebliche Flächenverluste bei den Wasserflächen, vegetationsfreien Schotterflächen und der Pioniervegetation der Rohbodenstandorte namentlich der Knorpelsalat-, Zwergrohrkolben- und Uferreitgras-Gesellschaft sowie dem Weiden-Tamariskengebüsch.

Zeitweise können durch die Besiedlung von nicht mehr überschwemmten Schotterflächen trockenheitsresistente Pioniergebüsche wie Lavendelweiden- und Sanddorn-Gebüsch zunehmen. Bei ungestörter Entwicklung werden sie im Zuge der Auensukzession vom Wald verdrängt.

Verloren gehen durch die Flußregulierung auch die vielfältigen Sukzessionsgesellschaften zu reiferen Auwaldformationen wie z. B. Weiden-Erlen- und Kiefern-Erlen-Gebüsch.

Durch die Sohlenerosion senkt sich der Grundwasserspiegel ab. Dadurch trocknen die Altwasser in ehemaligen Flußrinnen aus. Kalkflachmoorgesellschaften werden von Grauerlenwäldern verdrängt.

Die streckenweise nach den Regulierungsmaßnahmen erfolgten Wasserausleitungen verschärfen die Situation für die vom Grund- und Druckwasser abhängigen Pionier- und Folgegesellschaften (Zwergrohrkolben-Gesellschaft, Weiden-Tamarisken-Gebüsch, Grauerlenwälder).

Trotz katastrophaler Habitatverkleinerungen können viele typische Pioniergesellschaften in regulierten Fließstrecken über vergleichbar lange Zeiträume überleben. Dies verdeutlicht das Untersuchungsgebiet 1 bei Reutte, wo trotz einer bereits vor 60 Jahren durchgeführten Regulierung bis heute das Spektrum der Pioniergesellschaften erhalten blieb. Auch im Untersuchungsgebiet 3 bei Augsburg kommen 80 Jahre nach der Regulierung in der fossilen Au noch typische Gesellschaften der ehemaligen Umlagerungsstrecke vor. Zu nennen sind die Gebirgbinsen-Gesellschaft in druckwassergespeisten Rinnen, Sanddorn- und Lavendelweiden-Gebüsch auf ehemaligen Schotterbänken (MÜLLER 1990 b).

In der Gesamtbilanz verzeichnen durch die Regulierung Grauerlen-, Eschen-Ulmen- und Kiefernwälder einen Flächenzuwachs. Veränderte Landnutzungsformen reduzierten sie jedoch im Lauf der Zeit beträchtlich (vgl. Untersuchungsgebiet 3 u. SCHAUER 1984 a). Durch die Regulierung konnten ehemals überschwemmungsgefährdete oder grundwassernahe Standorte intensiver ge-

nutzt werden. Im Unteren Lechtal wurden so große Flächen der Schneeheide-Kiefernwälder in Forste umgebaut. Halbtrockenrasen und Streuwiesen wurden in Intensivgrünland und schließlich in Ackerflächen umgewandelt (MÜLLER 1990 b). Siedlungsflächen dehnten sich in ehemalige Auenstandorte aus.

Allgemein betrachtet wurde in Folge der Flußregulierung ein starker Rückgang aller Offenlandstandorte von vegetationsfreien Kiesbänken und Altwässer bis zu Kalkmagerrasen eingeleitet. Dagegen nahmen waldartige Bestände zu.

Die Biotopveränderungen drücken sich auch im drastischen Rückgang der Offenlandbewohner in der Tierwelt am Lech aus. Für eine Reihe von Tiergruppen wie z. B. Avifauna (BAUER 1991), Schmetterlinge (PFEUFFER 1991), Laufkäfer und Heuschrecken (WALDERT 1991) und Amphibien (KUHN 1982, 1984) ist dies nachgewiesen.

Zusammenfassend betrachtet führen Regulierungsmaßnahmen vor allem zu quantitativen Veränderungen bei flußtypischen Biotopen. Dabei sind im besonderen die Rohbodenbesiedler betroffen. Vergleichbare Untersuchungen von anderen Alpenflüssen belegen dies ebenfalls für Fauna, Flora und Vegetation (BRAVARD & al. 1986, PAUTOU & al. 1991, PLACHTER 1986, ROUX & al. 1989, SCHAUER 1984 b).

7.2 Staustufenbau

Mit den 40er Jahren begann eine zweite große Epoche des Wasserbaus – der Bau von Stauseen zur energiewirtschaftlichen Nutzung des Flußes. Dies hat tiefgreifende Veränderungen der Flußdynamik und Auenvegetation zur Folge.

Im Bereich der Staustufen hat der Lech seinen ursprünglichen Flußcharakter verloren. Doch auch auf die verbliebenen Fließstrecken hat die energiewirtschaftliche Nutzung des Flußes erhebliche Auswirkungen.

Vor allem seit dem Bau des Forggensees im Jahre 1954 wird die gesamte Geröllfracht am Bayerischen Lech zurückgehalten. An den unregulierten Fließstrecken wurde dadurch eine Sohlenerosion und Flußbettfixierung eingeleitet. Die regulierten Strecken tiefen sich unterhalb der Staustufen weiter ein. Durch Schwellbetrieb wird dieser Vorgang vermutlich verstärkt. Durch die Stauhaltung bedingte Eingriffe in die Abflußführung – vor allem die Kappung der Hochwasserspitzen – schränken die Flußdynamik zusätzlich ein. Erosions- und Akkumulationsprozesse, die zentrale Voraussetzung für die Pioniergesellschaften und viele ihrer Folgegesellschaften sind, laufen nicht mehr ab.

Die veränderte Flußdynamik bewirkt ökologische Verhältnisse, die vergleichbar mit denen von Tieflandauen sind.

Die Folge ist, daß charakteristische Pflanzengesellschaften der Pioniervegetation rasch zurückgehen. Knorpelsalat- und Zwergrohrkolben-Gesellschaft und Weiden-Tamarisken-Gebüsch sind darum am bayerischen Lech heute ausgestorben. Lavendelweiden-Gebüsch und Uferreitgras-Gesellschaft befinden sich stark im Rückgang.

Statt dessen beherrschen heute Überflutungs- und Verlandungsgesellschaften die flußnahen

Flächen, Ruderalgesellschaften und reifere Auwälder die episodisch überschwemmten Standorte.

Damit verbunden ist ein drastischer Rückgang der stenöken Arten von Wildflußlandschaften, während euryöke vor allem gute Nährstoffverhältnisse anzeigende Pflanzen bis hin zu Neophyten zur Vorherrschaft kommen.

Diese Entwicklung ist eindrucksvoll an der letzten großen unregulierten Fließstrecke am Bayerischen Lech – der Litzauer Schleife – festzustellen. Obwohl der Bau des Forggensees erst 40 Jahre zurückliegt, ist heute die typische Pioniervegetation fast gänzlich verschwunden und durch Überflutungsgesellschaften und reifere Auwälder ersetzt. In bereits vor dem Staustufenbau regulierten Strecken bewirken die Veränderungen der Flußdynamik ein rasches Aussterben der ohnehin reduzierten Pioniergesellschaften.

Die tiefgreifenden Veränderungen, die vorgelagerte Staustufen in der Kiesbankvegetation verursachen, können auch an anderen Alpenflüssen beobachtet werden. So sind in der unregulierten Fließstrecke an der Mittleren Isar (Pupplinger Au) 40 Jahre nach dem Bau des Sylvensteinspeichers die Pioniergesellschaften stark zurückgegangen und von Überflutungsgesellschaften wie z. B. der Barabarakraut-Gesellschaft ersetzt worden (JERZ & al. 1986). Neophyten wie Große Goldrute (*Solidago gigantea*) und Katzenschweif (*Coryza canadensis*) sind stete Begleiter der Kiesbankvegetation. Seit zwei Jahren ist das Drüsige Springkraut (*Impatiens glandulifera*) explosionsartig in Ausbreitung (MÜLLER 1993).

Auch Veränderungen der Fauna als Folge von Eingriffen in die Flußdynamik sind gut belegt. Der Wandel in der Kiesbankfauna an der Isar wurde ausführlich von PLACHTER (1986) untersucht. In relativ naturnahen Abschnitten wird die Kiesbankfauna von einer Reihe stenöker Arten aufgebaut. Nach Staustufen nehmen sie rasch ab und werden von euryöken Arten ersetzt. Für die Fischfauna konnte SIEMENS (1989) am Lech nachweisen, daß durch den Geröllrückhalt und damit verbundener Strukturveränderungen der Kiesbänke eine Reihe typischer Kiesläicher stark im Rückgang oder bereits ausgestorben ist.

Zusammenfassend betrachtet wird deutlich, daß der Staustufenbau erhebliche ökologische Auswirkungen auf verbliebene Fließstrecken hat. Die zentrale Eigenschaft des alpinen Flußökosystems die hohe Morpho- und Gewässerdynamik geht dadurch verloren. Neben den damit verbundenen quantitativen Verschiebungen der Auengesellschaften sind vor allem die qualitativen Veränderungen von besonderer Tragweite für wildflußtypische Organismen und Biozönosen.

Der Bau von Staustufen muß darum als stärkerer Eingriff in alpine Wildflußlandschaften gewertet werden als Flußregulierungen.

8. Konsequenzen für den Naturschutz

Alpine Wildflußlandschaften mit ausgedehnten Kiesbänken beherbergen eine Reihe sehr spezifischer, an die besonderen Bedingungen der Flußdynamik angepaßter Organismen und Biozönosen. Das ist für die Fauna ebenso (PLACHTER 1986, REICH 1991) wie für die Flora (MÜLLER 1991 a u. c.) nachgewiesen. Vorliegende Untersu-

chungen zeigen, daß ihre charakteristische Kiesbankvegetation besonders rasch auf Eingriffe in den Feststoff- und Abflußhaushalt reagiert.

Auf Grund der Flußbaumaßnahmen der letzten 100 Jahre sind heute naturnahe Fließstrecken an den Alpenflüssen nur noch in Restbeständen vorhanden. Viele ihrer typischen Arten und Gesellschaften sind darum akut vom Aussterben bedroht. Das belegen zahlreiche Rote Listen für die Fauna, die Flora, und die Vegetation.

Wie im Rahmen dieser Arbeit aufgezeigt, haben auch am Lech die Flußbaumaßnahmen auf weiten Strecken zu einem tiefgreifenden Wandel von Flußdynamik und Auenvegetation geführt. Neben der Flußregulierung kommt dabei vor allem dem Staustufenbau am Bayerischen Lech eine zentrale Rolle zu.

Besonders betroffen sind davon vegetationsfreie und mit Pioniervegetation bewachsene Kiesbänke. Durch den Bau des Forggensee bei Füssen sind ihre Entstehungsvoraussetzungen im bayerischen Lechtal heute nicht mehr gegeben. Damit wurden auch die Voraussetzungen für die Entwicklung ihrer typischen Folgegesellschaften in der Auensukzession, wie periodisch und episodisch überschwemmte Auwälder, sowie Trockenwälder und -rasen, in der fossilen Au zerstört.

Die Veränderungen am Lech sind unter allen nordalpinen Flüssen besonders schwerwiegend einzustufen, da dadurch eine einmalige Biotopbrücke im Mitteleuropa zwischen den Alpen und der Alb zu verfallen droht (MÜLLER 1990 a, WALDERT 1990).

Der Naturschutz ist deshalb dringend aufgerufen, Konzepte für den gesamten Lech von der Quelle bis zur Mündung zu entwickeln, die einem weiteren Rückgang und der Entwertung flußtypischer Lebensräume entgegenwirken. Schutzstrategien können dabei auf die Dauer nur erfolgreich sein, wenn sie die natürliche Flußdynamik erhalten bzw. wiederherstellen. Rein statische Schutzmaßnahmen, die sich nur auf einen Flächenerhalt konzentrieren, sind dagegen von vornherein zum Scheitern verurteilt, da sie unter den gegebenen Bedingungen zu einem weiteren Verlust der charakteristischen Pionier- und Folgegesellschaften führen.

Im einzelnen bedeutet das:

1. Für den Oberlauf

Am Oberen Lech in Tirol gibt es die letzten unregulierten Umlagerungsstrecken im Nordalpenraum mit weitgehend ursprünglichem Wasser- und Feststoffhaushalt (MÜLLER 1991 a). Im übrigen Bereich weist der Fluß bis zum Forggensee mehr oder weniger stark regulierte Abschnitte auf, die auf Grund der noch vorhandenen Abfluß- und Morphodynamik über beachtliche Biotopstrukturen verfügen.

Durch Geschiebeentnahme u. -rückhalt sowie weiter laufende Flußverbauungen erfolgt derzeit eine fortlaufende Entwertung dieses international bedeutsamen Gebietes.

Da sich am Oberen Lech eine der letzten Gelegenheiten in den Alpen bietet den repräsentativen Habitattyp alpinen Wildflußlandschaften zu erhalten, müssen auf internationaler Ebene Anstrengungen zum Erhalt und der Regeneration der Auenbiotope unternommen werden.

Auf keinen Fall dürfen weitere Staustufen im Einzugsgebiet gebaut werden, da sie, wie vorliegende Untersuchung zeigt, zu starken Veränderungen in der Flußdynamik und Auenvegetation führen. Hingegen sind umgehend Maßnahmen einzuleiten, die Flußdynamik wieder vollständig herzustellen. Das bedeutet Rückbau der Geschiebesperren, drastische Verringerung der Kiesentnahmen, Rückbau der Flußverbauungen die nicht dem direkten Schutz von Straßen und Siedlungen dienen etc. (vgl. SCHEURMANN & KARL 1990).

2. Für den Mittel- und Unterlauf

Am Bayerischen Lech erfolgten ab Füssen durch den Bau des Forggensees und der sich anschließenden Staustufen schwerwiegende Eingriffe in die Flußdynamik, die auch die verbliebenen Fließstrecken stark beeinträchtigen.

Es ist darum entscheidend, für sie Konzepte zu entwickeln, die darauf abzielen, die ursprünglichen Verhältnisse wieder herzustellen oder zu simulieren. Vor allem müssen das Flußbett aufgeweitet und die Gerölle wieder zugeführt werden. Nur dadurch kann der fortlaufenden Eintiefung des Flußes und der Entwertung der Auenstandorte Einhalt geboten werden. Dabei sind im Besonderen der noch unregulierten Litzauer Schleife sowie den bereits begradigten Fließstrecken bei Augsburg und Landsberg Aufmerksamkeit zu schenken.

Da durch den Verlust der natürlichen Flußdynamik ab dem Forggensee die Entstehungsvoraussetzungen für typische Folgegesellschaften der Kiesbänke wie Halbtrockenrasen und Kiefernwälder nicht mehr gegeben sind, müssen auch Konzepte für die fossilen Auen entwickelt werden. Zum Erhalt der Funktion der Biotopbrücke Lechtal kommt ihnen neben der Kiesbankvegetation zentrale Bedeutung zu (MÜLLER 1990 a, WALDERT 1990). Da sie durch land- und forstwirtschaftliche Nutzung und den Staustufenbau stark in ihrem ursprünglichen Flächenumfang reduziert wurden und häufig stark isoliert voneinander liegen, sind Biotopverbundmaßnahmen dringend erforderlich (vgl. MÜLLER 1990 b).

Die anthropogenen Eingriffe im Lechtal sind repräsentativ für den menschlichen Einfluß auf große Wildflußlandschaften. Auch an den anderen Alpenflüssen fällt die Bilanz nicht besser aus (vgl. MARTINET & DUBOST 1992, MÜLLER 1991 a). Da trotz aller Eingriffe am Lech noch repräsentative Gebiete mit dem gesamten Arten- und Gesellschaftsspektrum alpiner Wildflußlandschaften vorhanden sind und auf Grund der einmaligen Sonderstellung des Flußes als Wanderachse für Fauna und Flora, sollten am Lech vorrangig Renaturierungsmaßnahmen durchgeführt werden.

9. Zusammenfassung

Alpine Wildflußlandschaften mit stark verzweigtem Flußlauf und Kiesbänken waren ehemals ein verbreiteter Landschaftstyp der Alpen und dem Vorland.

Konsequente Flußbaumaßnahmen in den letzten 100 Jahren insbesondere Regulierungen und energiewirtschaftlicher Ausbau mit Staustufen haben diesen Landschaftsraum nachhaltig beeinflußt und auf weite Strecken zerstört.

Am Beispiel des Lech, einer der ehemals größten nordalpinen Wildflußlandschaften, wird untersucht welche Auswirkungen die verschiedenen Flußbaumaßnahmen auf Flußdynamik und Auenvegetation im Flußverlauf haben. Dies erfolgt:

1. durch den Vergleich der früheren und heutigen Flußmorphologie und Vegetation an drei repräsentativen Flußabschnitten:
 - einer regulierten Strecke mit verändertem Abflußhaushalt (Ausleitungsstrecke)
 - einer unregulierten und
 - einer regulierten Strecke

beide mit verändertem Feststoff- und Abflußhaushalt durch vorgelagerte Staustufen

2. an Hand der Erfassung und dem Vergleich der aktuellen Vegetation auf Kiesbänken von ungestörten Abschnitten im Oberlauf mit denen unterschiedlich stark beeinflusster Bereiche im Flußverlauf.

Zusammenfassend stellen sich die Auswirkungen des Flußbaus wie folgt dar:

Flußregulierungen:

Die Flußbettstreckung hat eine Erhöhung der Abflußgeschwindigkeit und eine Sohlenerosion zur Folge. Sie führt zu einer drastischen Verringerung der Auenstandorte, die der direkten Flußdynamik unterliegen.

Damit verbunden sind erhebliche Verluste bei den Wasserflächen, vegetationsfreien Schotterflächen und der Pionierv egetation auf Kiesbänken (z. B. *Chondriletum chondrilloides*, *Salici-Myricarietum*). Dagegen erhöht sich im Zuge der Auensukzession der Flächenanteil der Auwälder (*Alnetum incanae*, *Quercu-Ulmetum*, *Erico-Pinetum*).

Staufufenbau:

Der Bau von Staustufen wirkt auf Fließstrecken durch vollständigen Geröllrückhalt und Minderung der Abflußextreme. Ebenso wie bei Flußregulierungen wird eine Sohlenerosion verursacht. Im flußferneren Bereich führt sie – wie bereits dargestellt – zur ungestörten Weiterentwicklung von Auwäldern.

Im flußnahen Bereich wird durch den vollständigen Verlust der Morphodynamik eine Situation simuliert die für Tieflandauen typisch ist. Das ist mit erheblichen qualitativen Veränderungen in der Kiesbankvegetation verbunden. Typische Pioniergesellschaften der Rohbodenstandorte (*Chondriletum chondrilloides*, *Salici-Myricarietum*, *Salicetum eleagni*, *Equiseto-Typhetum minima*) werden von Überflutungs- und Verlandungsgesellschaften (*Barbarea vulgaris*-Gesellschaft, *Phaleridetum arundinacea*, *Dactylo-Festucetum arundinacea*) und Ruderalgesellschaften (*Tanaceto-Arrhenateretum*, *Solidago gigantea*-Gesellschaft) ersetzt. Dadurch sind in Zukunft auch die Voraussetzungen für die Entwicklung typischer Folgegesellschaften im Zuge der Auensukzession (wie z. B. dem *Erico-Pinetum*) nicht mehr gegeben.

Die Untersuchungen zeigen:

- Die charakteristische Vegetation von Wildflußlandschaften ist eng an die speziellen Lebensbedingungen dieses Ökosystems angepaßt. Der Feststoff- und Abflußdynamik kommt dabei eine zentrale Rolle zu.

- Auf Veränderungen der Flußdynamik reagieren die Gesellschaften der Kiesbänke besonders rasch.
- Während Flußregulierungen vor allem quantitative Verschiebungen der Auenvegetation zur Folge haben, wirken sich Staustufen zusätzlich stark auf die Artenzusammensetzung der Vegetation aus.

Für den Naturschutz am Lech lassen sich daraus folgende Konsequenzen ableiten:

- Zum Erhalt der intakten Fließstrecken am Oberlauf, die die letzten im gesamten Nordalpenraum sind, darf die natürliche Flußdynamik im Einzugsgebiet nicht verändert werden.
- Die regulierten Abschnitte, die noch einem natürlichen Abfluß- und Feststoffhaushalt unterliegen, können durch Flußbettaufweitungen wieder relativ rasch saniert werden.
- für die Fließstrecken am Mittel- und Unterlauf, die durch Staustufen stark in ihrer Flußdynamik gestört sind, müssen umgehend Renaturierungsmaßnahmen eingeleitet werden. Sie haben nur Aussicht auf Erfolg, wenn sie die wesentlichen Faktoren des Flußökosystems wieder herstellen bzw. simulieren. Das bedeutet, daß den Fließstrecken Geröll zugeführt wird und der Abflußhaushalt den ursprünglichen Verhältnissen angepaßt wird.

10. Summary

Impact of Civil Engineering Works on River Dynamics and Floodplain Vegetation at the Lech River

- A Balance after 100 Years of Hydraulic Engineering at a Northern Alpine River

Natural alpine river landscapes with a strongly braided course were once a characteristic element of alpine and prealpine areas.

Consequent civil engineering works over the last 100 years especially regulating rivers and using them for hydroelectric power production by means of barrage weirs have had a marked negative influence and have destroyed a large number of this type of landscape.

This paper examines the effects of several civil engineering measures on river dynamics and floodplain vegetation using the Lech River - formerly one of the largest northern alpine river landscapes - as an example. This procedure is as follows.

1. The former and the present morphology and vegetation of the river are compared for three representative stretches.
 - regulated stretch with changed water regime
 - an unregulated
 - a regulated one
 both of them having changed bedload as well as water regime characteristics caused by weirs further upstream.
2. The present vegetation on gravel bars of undisturbed parts in the upper reaches of the river is mapped and compared to that of river stretches having been influenced to different degrees.

Summing up the effects of river engineering can be presented as follows:

River Regulations:

Straightening of river courses results in accelerated run-off and river bed erosion. That again leads to drastic diminution of floodplain habitats directly subject to river dynamics.

Running along with that there are considerable losses of open bodies of water, of gravel bars free of vegetation and pioneer vegetation of gravel banks. (e.g. *Chondriletum chondrilloides*, *Salici-Myricarietum*). In contrast to that the extent of riparian forests is growing.

Construction of Barrage Weirs:

The effect of barrage weirs on river stretches are a complete retainment of gravel and a reduction of the run-off extremes. Like with river regulations this leads to river bed erosion.

In areas more distant from the river it leads - as already mentioned - to an undisturbed succession to riparian forests.

Immediately along the river the complete loss of morphodynamics simulates a situation for lowland floodplains. This goes along with considerable changes in the composition of gravel bar vegetation. Typical pioneer communities (*Chondriletum chondrilloides*, *Salici-Myricarietum*, *Salicetum eleagni*, *Equiseto-Typhetum minimae*) are replaced by inundation vegetation (*Barbarea vulgaris*-communities, *Phaleridetum arundinacea*, *Dactylo-Festucetum arundinacea*) and ruderal communities (*Tanaceto-Arrhenateretum*, *Solidago gigantea*-communities). This means in the future that the requirements for development of typical communities (e.g. *Erico-Pinetum*) are not met any more in the course of the floodplain succession.

The investigations show:

- Characteristic vegetation of wild river landscapes is closely adapted to the specific conditions of that ecosystem. The bedload and run-off dynamics play a central role.
- The gravel bar communities react especially fast to river dynamics.
- While river regulations result mainly in quantitative shifts within the floodplain vegetation, barrage weirs have an additional strong influence on the overall composition of the vegetation.

For the nature conservation along the Lech River following measures must be taken:

- If the intact stretches of the upper course which are the last in the whole area in the Northern Alps are to be preserved the natural river dynamics of the catchment area must not be changed.
- The regulated stretches which are still subject to a natural run-off and bedload regime can be redeveloped comparatively quickly by means of widening of river bed.
- For the stretches of the middle and lower course the river dynamics of which have been strongly disturbed by barrage weirs it is indispensable to resort to measures of renaturalisation. These can only be successful if they restore or at least simulate the elementary factors of a river ecosystem. This means that bedload is ad-

ded in the river stretches and that the run-off regime is adapted to the original conditions.

11. Literatur

- AMMER, U. & SAUTER, U. (1981): Überlegungen zur Erfassung der Schutzwürdigkeit von Auenbiotopen im Voralpenraum. - Ber. ANL 5: 99-137. Laufen.
- BAUER, F. (1979): Das flußmorphologische Verhalten des bayerischen Lechs. - Schriftenr. Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft 9: 40 S. München.
- BAUER, U. (1990): Die Bedeutung der Vogelwelt am oberen Lech südlich von Füssen bis Steeg.-Jb. Ver. Schutz Bergwelt 55: 156-158. München.
- (1991): Auswirkungen wasserbaulicher Maßnahmen auf die Avifauna des Lech. Augsburg. Ökologische Schriften 2: 121-128. Augsburg.
- BRAVARD, J.P., AMOROS, C. & PAUTOU, G. (1986): Impact of engineering works on the successions of communities in a fluvial system. - Oikos 47: 92-111.
- BRESINSKY, A. (1959): Die Vegetationsverhältnisse der weiteren Umgebung Augsburg. - Ber. Naturf. Ges. Augsburg 65: 1-8, 113-219. Augsburg.
- (1962): Wald und Heide vor den Toren Augsburgs - Zerfall berühmter Naturschutzgebiete. - Jb. Ver. Schutze Alpenpflanzen und -tiere 27: 125-141. München.
- (1965): Zur Kenntnis des circumalpinen Florenelementes im Vorland nördlich der Alpen. - Ber. Bayer. Bot. Ges. 38: 6-67. München.
- (1991): Die Trockenrasen des Lechfeldes: Arteninventar und Konsequenzen für den Schutz von Pflanzenarten. - Augsburg. Ökologische Schriften 2: 69-78. Augsburg.
- BÜRGER, A. (1991): Geographie und Flußbettmorphologie des Lech. - Augsburg. Ökologische Schriften 2: 31-36. Augsburg.
- CAFLISCH, F. (1848): Die Vegetationsgruppen in der Umgebung Augsburgs. - Naturhist. Ver. Augsburg 1: 9-16. Augsburg.
- (1850): Flora von Augsburg. - Von Jenisch und Stage'sche Buchhandlung, Augsburg: 104 S.
- (1869): Thalabwärts-Wandern der Alpenpflanzen im Lechgebiet. - Naturhist. Ver. Augsburg 20: 135-144. Augsburg.
- DALHOF, I. & HÄCKER, B. (1992): Einfluß von Flußbaumaßnahmen auf Morphologie und Vegetation an Oberen Lech. - Dipl. Arbeit FH Weihenstephan: 121 S., Anhang u. 5 Karten n. p. Freising.
- DISTER, E. (1991): Folgen des Oberrheinausbau und Möglichkeiten der Auen-Renaturierung. - Laufener Seminarbeiträge 4/91: 114-122. Laufen.
- EDER, R. & MAYER, A. (1990): Die Situation der Flußauen in Bayern und ihre Erfassung nach ökologischen Gesichtspunkten. - Schriftenr. Bayer. Landesamt f. Umweltschutz 99: 5-15. München.
- ENGELSING, M. (1988): Untersuchungen zur Schwebstoffbilanz des Forggensees. - Münchner Geographische Abhandlungen. Reihe B. München.
- FISCHER, H. (1966): Der alte Lech. - Ber. Naturforsch. Ges. 18: 73-104. Augsburg.
- FISCHER, M. (1991): Der alte Lech. - Augsburg. Ökologische Schriften 2: 37-58. Augsburg.
- FOECKLER, F. & BOHLE, W. (1991): Fließgewässer und ihre Auen - prädestinierte Standorte ökologischer und naturschutzfachlicher Grundlagenforschung. - Berichte aus der Ökologischen Forschung Bd. 4: 236-266. Jülich.
- FOECKLER, F., DIEPOLDER, U. & DEICHNER O. (1991): Water mollusc communities and bioindication of lower Salzach floodplain waters. - Regulated Rivers: Research & Management 6: 301-312. Chichester.
- GEPP, J. (1986): Die Auengewässer Österreichs Bestandsanalyse einer minimierten Vielfalt. In: GEPP, J. & al.: Auengewässer als Ökozellen. - Grüne Reihe BM Gesundheit Umweltschutz Bd. 4: 13-63. Wien.
- HELLER, H. (1969): Lebensbedingungen und Abfolge der Flußauenvegetation in der Schweiz. - Mitt. Schweiz. Anstalt forstl. Versuchswesen 45: 1-124. Basel.
- HIEMEYER, F. (1980): Das Naturschutzgebiet „Stadtwald Augsburg“. - Ber. Naturwiss. Ver. Schwaben 84: 4-13, 63-69, 85-92. Augsburg.
- (1985): Die Ausbreitung der Zwerg-Glockenblume in Augsburg. - Ber. Naturwiss. Ver. Schwaben 89: 93-98. Augsburg.
- (1990): Floristische Unterschiede auf den Halbtrockenrasen in der Lech-Wertach Ebene um Augsburg. - Ber. Naturwiss. Ver. Schwaben 94: 40-48. Augsburg.
- HUEMER, P. (1991): Bestandsaufnahme der Schmetterlinge (Lepidoptera) im Gebiet der Lech- Akkumulationsstrecke zwischen Stanzach und Forchach (Nordtirol, Österreich). - Veröffentlicht. Museum Ferdinandeum 71, Beil. 4: 57 S. Innsbruck.
- HÜGIN, G. (1981): Die Auenwälder des südlichen Oberrheintals - ihre Veränderungen und Gefährdung durch den Rheinausbau. - Landschaft und Stadt 13: 78-91.
- JERZ, H., SCHAUER, T. & SCHEURMANN, K. (1986): Zur Geologie, Morphologie und Vegetation der Isar im Gebiet der Ascholding und Pupplinger Au. - Jb. Ver. Schutz Bergwelt 51: 87-152. München.
- KALUSA, B. (1992): Energiewirtschaftliche Ziele und hydraulische Grundlagen des Schwellbetriebs bei Flußkraftwerken. - Vortrag zum 6. SVK Fischerseminar 9 S. n. p. München.
- KARL, J. (1954): Die Vegetation der Lechauen zwischen Füssen und Deutenhausen. - Ber. Bayer. Botan. Ges. 30: 65-71. München.
- KUHN, K. (1984): Amphibien und Reptilien. In: 100 Jahre Wasserbau am Lech zwischen Landsberg und Augsburg. - Schriftenr. Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft 19: 83-85. München.
- (1986): Die Amphibien im Raum Augsburg. - Ber. Naturwiss. Ver. Schwaben 86: 2-15. Augsburg.
- LAZOWSKI, W. & LÖFFLER, H. (1991): Zur Situation der Flußauen in Österreich. - Laufener Seminarbeiträge 4/91: 33-39. Laufen.

MANGELSDORF, J. & SCHEURMANN, K. (1980):
Flußmorphologie – Ein Leitfaden für Naturwissen-
schaftler und Ingenieure. Oldenbourg, München-Wien:
246 S.

MARTINET, F. & DUBOST, M. (1992):
Die letzten naturnahen Alpenflüsse. – CIPRA Kleine
Schriften 11/92: 6-60. Vaduz.

MAUCH, E. (1984):
Limnologie. In: 100 Jahre Wasserbau am Lech zwischen
Landsberg und Augsburg. – Schriftenr. Bayer. Landes-
amt für Wasserwirtschaft 19: 19-26, 26-34. München.

MICHELER, A. (1953):
Der Lech: Bild und Wandel einer voralpinen Flußland-
schaft. – Schr. Ver. Schutz Alpenpflanzen u. -tiere 18:
53-68. München.

MOOR, M. (1958):
Pflanzengesellschaften schweizerischer Flußauen. –
Mitt. Schweiz. Anstalt forstl. Versuchswesen 34: 221-
360. Basel.

MÜLLER, N. (1988):
Zur Flora und Vegetation des Lech bei Forchach (Reut-
te-Tirol) – letzte Reste nordalpiner Wildflußlandschaf-
ten. – Natur und Landschaft 63: 263 - 269. Bonn.

—— (1990a):
Die übernationale Bedeutung des Lechtales für den bo-
tanischen Arten- und Biotopschutz. – Schriftenr. Bay-
er. Landesamt f. Umweltschutz 99: 17-39. München.

—— (1990b):
Das Lechtal – Zerfall einer übernationalen Pflanzen-
brücke – dargestellt am Lebensraumverlust der Lech-
feldhaiden. – Ber. Naturwiss. Ver. Schwaben 94: 26-39.
Augsburg.

—— (1991a):
Veränderungen alpiner Wildflußlandschaften in Mittel-
europa unter dem Einfluß des Menschen. – Augsburger
Ökologische Schriften 2: 10-30. Augsburg.

—— (1991b):
Auenvvegetation des Lech bei Augsburg und ihre Verän-
derungen infolge von Flußbaumaßnahmen. – Augsbu-
rger Ökologische Schriften 2: 79-108. Augsburg.

—— (1991c):
Verbreitung, Vergesellschaftung und Rückgang des
Zwergrohrkolbens – (*Typha minima* Hoppe). – Hop-
pea, Denkschr. Regensb. Bot. Ges. 50: 323-341. Re-
gensburg.

—— (1993):
Wandel von Flora und Vegetation nordalpiner Wild-
flußlandschaften und Empfehlungen für den Natur-
schutz. – in Druckvorbereitung.

MÜLLER, N. & BÜRGER, A. (1990):
Flußbettmorphologie und Auenvvegetation des Lech im
Bereich der Forchacher Wildflußlandschaft (Oberes
Lechtal, Tirol). – Jb. Ver. Schutz Bergwelt 55: 123-154.
München.

MÜLLER, N., HUEMER, P., NEUNER, W. & WAL-
DERT, R. (1991):
Bibliographie zur Flora, Vegetation und Fauna des
Lechtales. – Augsburger Ökologische Schriften 2: 167-
172. Augsburg.

MÜLLER, T. (1983):
Klasse *Artemisietea vulgaris*. In: OBERDORFER, E.
(Edit.): Süddeutsche Pflanzengesellschaften, Teil 3,
135-277; Fischer, Jena – Stuttgart.

OBERDORFER, E. (1957):
Süddeutsche Pflanzengesellschaften. – Fischer, Jena:
564 S.

—— (1983):
Pflanzensoziologische Exkursionsflora. – Ulmer, Stutt-
gart: 1051 S.

—— (1989):
Klasse *Agrostietea stoloniferae*. In: OBERDORFER,
E. (Edit.): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Teil 3,
316-345. – Fischer, Jena.

OBLINGER, H. (1976):
Das „Forchet“ bei Epfach – ein Beispiel des präalpinen
Schneeheide-Föhrenwaldes. – Ber. Naturwiss. Verein
Schwaben 80: 34-50. Augsburg.

PAUTOU, G. & BRAVARD J.-P. (1982):
L'Incidence des Activités Humaines sur la Dynamique
de l'eau et l'Évolution de la Végétation dans la Vallée du
Haut-Rhône Français. – Revue de Géographie de
Lyon: 63-79. Lyon.

PAUTOU, G., GIREL, J., BOREL, J. L., MANNE-
VILLE, O. & CHALEMONT, J. (1991):
Changes in flood-plain vegetation caused by damming:
basis for a predictive diagnosis. In: Ravera: Terrestrial
and aquatic ecosystems: Perturbation and recovery:
126-134.

PAUTOU, G., GIREL, J., LACHET, B., & AIN, G.
(1979):
Recherches Ecologiques dans la Vallée du Haut Rhône
Français. – Documents de Cartographie Ecologique
Vol. XXII: 5-63. Grenoble.

PFEUFFER, E. (1991 a):
Die Bedeutung des Lechtales für die Schmetterlingsfau-
na und Auswirkungen von Flußbaumaßnahmen. Augs-
burger Ökologische Schriften 2: 129-136. Augsburg.

—— (1991 b):
Bestandsentwicklung der Tagfalterfauna im Natur-
schutzgebiet „Stadtwald Augsburg“ von 1946-1990. –
Ber. Naturwiss. Verein Schwaben 95: 66-77. Augsburg.

—— (1992):
Die Lechdämme zwischen Landsberg und Augsburg –
Refugium für bedrohte Magerrasen Falter. – Ber. Na-
turwiss. Verein Schwaben 96: 49-60. Augsburg.

PLACHTER, H. (1986):
Die Fauna der Kies- und Schotterbänke dealpiner Flüs-
se und Empfehlungen für ihren Schutz. – Ber. ANL 10:
119-147. Laufen.

REICH, M. (1990):
Verbreitung, Lebensweise und Gefährdungsursachen
von *Bryodema tuberculata* (F.) (Gefleckte Schnarr-
schrecke) als Grundlage eines Schutzkonzeptes. –
Schriftenreihe Bayer. Landesamt f. Umweltschutz 99:
49-54. München.

—— (1991):
Grasshoppers (Orthoptera, Saltatoria) on alpine and
dealpine Riverbanks and their Use as Indicators for na-
tural Floodplain Dynamics. – Regulated Rivers: Rese-
arch and Management 6: 333-339. Chichester.

ROUX, A. L., BRAVARD, J. P., AMOROS, C. &
PATO, G. (1989):
Ecological Changes of the French Upper Rhône River
since 1750. – In: PETTS, G. E., (Edit.): Historical
Change of Large Alluvial Rivers: Western Europe, 323-
350; John Wiley & Sons, Chichester.

SCHAUER, T. (1984a):
Vegetation in: 100 Jahre Wasserbau am Lech zwischen
Landsberg und Augsburg. – Schriftenr. Bayer Landes-
amt f. Wasserwirtschaft H. 19: 73-82. München.

—— (1984b):
Die Vegetationsentwicklung auf Umlagerungsstrecken
alpiner Flüsse und deren Veränderungen durch wasser-
bauliche Maßnahmen. – Interpraevent Tagungspub.
Bd. 1: 9-20.

SCHEURMANN, K. & KARL, J. (1990):
Der Obere Lech im Wandel der Zeiten. – Jb. Ver.
Schutz Bergwelt 55: 136-152. München.

SCHREINER, J. (1991):
Die Situation der Flußauen in Bayern. – Laufener Seminarbeiträge 4/91: 17-32. Laufen.

SEIBERT, P. & ZIELONKOWSKI, W. (1972):
Landschaftsplan „Pupplinger und Ascholdingener Au“. – Schriftenr. f. Naturschutz und Landschaftspflege H. 2: 40 S. u. Beil. München.

SEIBERT, P. (1958):
Die Pflanzengesellschaften im Naturschutzgebiet „Pupplinger Au“. – Landschaftspflege und Vegetationskunde Heft 1: 79 S. u. Beil. München.

— (1962):
Die Auenvvegetation an der Isar nördlich von München und ihre Beeinflussung durch den Menschen. – Landschaftspflege und Vegetationskunde Heft 3: 173 S. u. Beil. München.

— (1977):
Klasse Thlaspietea. In: OBERDORFER E. (Edit.): Süddeutsche Pflanzengesellschaften, Teil 1, 42-66; – Fischer, Jena – Stuttgart.

— (1992):
Klasse Salicetea purpurea. In: OBERDORFER, E. (Edit.): Süddeutsche Pflanzengesellschaften Teil IV, 2. Aufl., 15-23; – Fischer, Jena.

SENDTNER, O. (1854):
Die Vegetationsverhältnisse Südbayerns. – Literarisch-artistische Anstalt, München: 910 S.

SIEMENS v., M. (1989):
Die Situation der Äsche am Lech. In: Sportfischereiver- ein „Die Gesplißten“ e. V. (Edit.). – Festschrift 85 Jahre „Die Gesplißten“. Beiträge zur Sportfischerei in Bayern: 7-13. München.

SMIJA, D. (1984):
Fische und Fischerei im Lech seit dem 18. Jahrhundert. In: 100 Jahre Wasserbau am Lech zwischen Landsberg und Augsburg. – Schriftenr. Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft 19: 51-55. München.

SUKOPP, H. (1972):
Wandel von Flora und Vegetation in Mitteleuropa unter dem Einfluß des Menschen. – Ber. Landw. 50: 112-139.

USINGER, H. & WIGGER, A. (1961):
Vegetationskundliche Beobachtungen im Lech-Lager. – In: Jb. Deutsch. Jugendbund Naturbeobacht.: 58-78.

VETTER, G. (1992):
Landschaftsökologische Veränderungen der Lechauen im Bereich der Litzauer Schleife aufgrund des Lechausbau. – Dipl. Arbeit am Lehrstuhl f. Phys. Geographie Uni Augsburg: 104 S. u. 4 Karten n. p. Augsburg.

VOLLMANN, F. (1914):
Flora von Bayern. Ulmer, Stuttgart: 840 S.

WALDERT, R. (1990):
Die Fauna des Lechtales – Anmerkungen zur Bedeutung für den Artenschutz und zur Bestandssituation ausgewählter Tiergruppen. – Schriftenr. Bayer. Landesamt für Umweltschutz 99: 41-47. München.

— (1991):
Auswirkungen von wasserbaulichen Maßnahmen am Lech auf die Insektenfauna flußtypischer Biozönosen. Augsburger Ökologische Schriften 2: 109-120. Augsburg.

WEISS, F.-M. (1984):
Wasserbau und Feststofffracht. In: 100 Jahre Wasserbau am Lech zwischen Landsberg und Augsburg. – Schriftenr. Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft 19: 35-50. München.

WOLF, A. (1988):
Vegetationsökologische Untersuchung der anthropogen überprägten Aue im Mündungsbereich von Lech und Wertach. – Dipl. Arbeit am Geograph. Institut TU München: 96 S. n. p. München.

ZOLLER, H. (1974):
Flora und Vegetation der Innalluvionen zwischen Scoul und Martina (Unterengadin). – Ergebnisse wissenschaftl. Untersuchungen Schweiz. Nationalpark 12, 4. Lfg.: 209 S. Liestal.

Anschrift der Verfasser:

Dr. Norbert Müller
Amt für Grünordnung und Naturschutz
Dr. Ziegenspeckweg 10
D – 8900 Augsburg

Dipl. Ing. (FH) Irene Dalhof
Hans-Böcklerstr. 20 d
D – 8225 Traunreut

Dipl. Ing. (FH) Beate Häcker
Waldmannshofen 11
D – 7071 Eschach

Dipl. Geogr. Gaby Vetter
Wilhelm-Busch-Str. 8
D – 8905 Mering