

# OPTIMIERUNG DER BETRIEBSWEISEN DER WASSERENTNAHMEN FÜR BESCHNEIUNGSANLAGEN AM LECH



INTERREG IIB  
Lebensraumvernetzung



This project has received  
European Regional  
Development Funding  
through the INTERREG IIB  
Community Initiative



Interreg III B



ARGE Innoökologie  
angewandte Geoökologische Beratung  
Innoökologie  
B-1020 Wien, Austria  
Tel: +43 (0)1 479 10 10



**INTERREG IIIB-Projekt Lebensraumvernetzung**

[www.livingspacenetwork.bayern.de](http://www.livingspacenetwork.bayern.de)

**Projektpartner**

Naturschutzbehörden der Länder Bayern, Baden-Württemberg, Tirol, Vorarlberg, Salzburg, der autonomen Provinzen Südtirol, Trento sowie der Kantone St. Gallen, Graubünden und Tessin

**Lead Partner**

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz,  
Abteilung Naturschutz und Landschaftspflege  
Rosenkavalierplatz 2, D-81925 München

Das Projekt wird aus Mitteln des INTERREG III B Alpine Space Programms der Europäischen Union, der Arge Alp und Schweizer Bundesmitteln gefördert.

**Verfasser**

Christian Moritz

Sabine Bühler

Christian Klenkhart

Andreas Travan

Im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	3
2	Methodik, Unterlagen .....	5
3	Bestandssituation .....	6
3.1	Beschneigung.....	6
3.1.1	Allgemeines .....	6
3.1.2	Beschneigung im Skigebiet Zürs .....	6
3.1.3	Beschneigung im Skigebiet Lech/ Oberlech / Madloch-Zug.....	10
3.1.4	Beschneigung im Skigebiet Warth – Schröcken.....	17
3.1.5	Zusammenfassung, Diskussion Entnahmemengen .....	20
3.2	Ökologie .....	25
3.2.1	Strukturgüte .....	25
3.2.2	Emission .....	29
3.2.3	Immission.....	31
3.2.4	Biologie, Gewässergüte.....	36
4	Optimierungskonzept .....	38
4.1	Ziele .....	38
4.2	Variantenüberlegungen .....	39
5	Zusammenfassung.....	44
6	Literatur .....	47
7	Anhang .....	48

# 1 Einleitung

Im Rahmen des EU-Programms INTERREG IIIB wird ein länderübergreifendes Projekt betreffend Vernetzung von Lebensräumen (*Living Space Network*) durchgeführt. Ein Schwerpunkt dieses Projekts betrifft „grenzüberschreitende alpine Fließgewässer am Beispiel des Lech in Vorarlberg, Tirol und Bayern“. Gegenstand vorliegenden Berichts ist die Erstellung eines Konzepts zur Optimierung der Wasserentnahmen für Beschneiungsanlagen am Lech.

Wasserentnahmen stellen grundsätzlich Eingriffe in die natürlichen Funktionsweisen eines Gewässers dar. Wasserentnahmen für Beschneiungszwecke unterscheiden sich jedoch in mehrfacher Weise von Ausleitungen zur Wasserkraftnutzung. Die wichtigsten, ökologisch relevanten Unterschiede werden in der folgenden Tabelle stichwortartig zusammengefasst.

Beschneigung	Wasserkraftnutzung
	
Gesamter Unterlauf betroffen	Je nach Kraftwerkstyp oft nur kurze Ausleitungsstrecke betroffen
Meist Entnahme verhältnismäßig geringer Wassermengen (aber oft auch sehr kleine Gewässer)	Entnahme große Wassermengen
Entnahmeort abhängig von Lage der Beschneiungsflächen	Standort abhängig vom Wasserdargebot und Gefälle
Kein unmittelbarer monetärer Nutzen, verursacht Kosten (Minimierung der Entnahme im Interesse des Betreibers)	Unmittelbarer Gewinn (maximale Wasserentnahme im Interesse des Betreibers)
Zeitlich begrenzte Entnahme: Herbst/Winter (ohne Speicherteich) bzw. Sommer (Speicherteich)	Meist ganzjährige Entnahme



In der vorliegenden Studie wird die Situation der Beschneiungsanlagen am Lech in Vorarlberg (Skigebiete Zürs, Lech, Warth) dargestellt und versucht, Möglichkeiten für eine ökologische Optimierung der Entnahmen aufzuzeigen. Die verschiedenen Varianten werden sowohl aus gewässerökologischer als auch betriebstechnischer Sicht bewertet.

Das Konzept beinhaltet drei Arbeitsschwerpunkte:

■ **Darstellung der Bestandssituation** auf Basis vorhandener Unterlagen

- derzeitige bewilligte Beschneiungen (Entnahmestandorte und –zeitpunkte, Beschneiungsflächen)
- Abfluss und Immissionssituation
- Gewässerökologie

■ **Auswirkungen der Wasserentnahmen**

■ **Variantenüberlegungen und Lösungsvorschläge**

zur Verbesserung der derzeitigen Situation unter Berücksichtigung der betriebstechnischen Machbarkeit

Die Bearbeitung erfolgte in Zusammenarbeit der **ARGE Limnologie**, Innsbruck (Bearbeitung Gewässerökologie) mit **Klenkhart & Partner Consulting**, Innsbruck (Beschneigungssituation, betriebstechnische Beurteilungen).

## 2 Methodik, Unterlagen

Für die Beurteilung der derzeitigen Bestandssituation wurde auf vorhandenes Datenmaterial zurückgegriffen. Projektspezifische ökologische Erhebungen waren nicht vorgesehen.

- Vom Umweltinstitut des Landes Vorarlberg wurden folgende Daten zur Verfügung gestellt:
  - **Strukturgüte** (VOGIS-Daten)
  - **Biologische Gewässergüte** (VOGIS-Daten)
  - **Chemisch-physikalische Daten** des Zeitraums 1989 bis 2004
- Die Daten der Abwasserreinigungsanlagen Lech und Warth stammen aus den Jahresberichten 2002 sowie 2004 „Abwasserreinigungsanlagen Vorarlberg“ (Internetpublikation).
- Die **Pegeldaten** sind dem Hydrographischen Jahrbuch 2000 entnommen.

Zur Erhebung der derzeitigen Beschneigungssituation im Untersuchungsgebiet fanden folgende Gespräche bzw. Begehungen statt:

- 26.01.2005: Gespräch mit GF DI Michael Manhart (Skilifte Lech) über die Beschneigungssituation im Skigebiet Zürs / Lech  
  
Besichtigung der Entnahmestellen in Zug und Lech
- 22.02.2005: Gespräch mit BL Markus Lorenz (Skilifte Warth) über die Beschneigungssituation im Skigebiet Warth  
  
Besichtigung der Entnahmestelle am Krumbach

## 3 Bestandssituation

### 3.1 Beschneigung

#### 3.1.1 Allgemeines

Selbst bei höher gelegenen Skigebieten wie im Lechgebiet kommt es zu Saisonstart immer öfter zu Problemen mit Naturschnee. Zur Sicherung der Skisaison ist es jedoch erforderlich, eine ausreichend schlagkräftige Schneeanlage zu besitzen. Dies ist allerdings nur gewährleistet, wenn in der Zeit, in der eine Beschneigung möglich ist (Temperaturen unter  $-4^{\circ}\text{C}$ ), die Grundbeschneigung aufgebracht werden kann, sodass der Saisonstart eines jeden Jahres Mitte November gesichert ist.

Das bedingt, dass

- einerseits entweder ausreichend große Vorfluter vorhanden sind oder ein entsprechendes Wasserspeichervolumen genutzt werden kann,
- andererseits entsprechende Pumpleistungen gegeben sind, um in den oft wenigen Stunden, in denen eine Beschneigung vor Saisonstart möglich ist, die Grundbeschneigung aufbringen zu können.

Für die Aufbringung der Grundbeschneigung sind rund **100 Schneistunden pro Jahr** notwendig.

Der allgemeine Richtwert für die benötigten Wassermengen zur Beschneigung beträgt ca. **3.000 m<sup>3</sup>/ha beschneite Pistenfläche pro Jahr gesamt (davon ca. 1.500 m<sup>3</sup> für Grundbeschneigung und ca. 1.500 m<sup>3</sup> für Nachbeschneigung)**.

#### 3.1.2 Beschneigung im Skigebiet Zürs

Die Ski-Zürs-AG betreibt in Zürs, einem Ortsteil der Gemeinde Lech mit nur ca. 70 Einwohnern das gesamte Skigebiet von Zürs am Arlberg mit allen Seil- und Sesselbahnanlagen, Liften, Skipisten und Beschneigungsanlagen.

Das Skigebiet wird im Osten durch den Trittkopf, den Hexenboden und die Trittalpe, im Norden durch den Pazüelbach, im Süden durch den Flexenpass sowie im Westen durch Muggengrat und Madlochjoch begrenzt. Zürs selbst liegt ca. auf 1720 m SH, die höchsten, mit Aufstiegshilfen erreichbaren Punkte im Skigebiet (Trittkopf, Madlochjoch, Muggengrat) liegen auf etwa 2500 m SH. Westlich von Zürs mitten im Skigebiet eingebettet liegt der Zürser See, ein natürlicher Bergsee, der allerdings durch die Kraftwerksanlagen der Österreichischen Bundesbahn (Speicher Beileitung zum Spuller See) genutzt wird.

Bislang bestanden im Skigebiet drei voneinander unabhängige, aus heutiger Sicht eher unterdimensionierte Schneeanlagen mit geringer Schlagkraft. Zwei dieser Schneeanlagen werden über Direktentnahmen aus dem Zürsbach gespeist, für die Anlage Trittkopf besteht im Bereich des Flexenpasses ein 15.000 m<sup>3</sup> großer Speicherteich. Im vergangenen Jahr wurde die Beschneigung im Zürser Skigebiet um einen Wasserspeicher erweitert bzw. umstrukturiert.

Die bestehenden Schneeanlagen sind gemäß folgenden Bescheiden bewilligt (es sind jeweils nur die letztgültigen Bescheide angeführt):

- **Entnahmestelle 1**

*BH Bludenz, Bescheid ZI II-3002/2003/0274 vom 28.8.2003: „Erweiterung Beschneigungsanlage „Hexenboden und Trittkopf“.*

Die Wasserentnahme erfolgt vorrangig aus dem Speicherteich Trittkopf. Dieser Speicher bezieht das Wasser aus dem Zürsbach (mengenmäßig unbeschränkt, Restwasser 3 l/sec) und Stubenbach (Konsenswassermenge 1 l/sec (keine Winterentnahme, fällt trocken). Die wasserrechtliche Bewilligung wurde bis zum 01.07.2007 befristet.

- **Entnahmestelle 2**

*BH Bludenz, Bescheid ZI II-3002-2003/0030 vom 08.09.2003: „Bewilligung und Erweiterung Beschneigungsanlage bei der „Hexenboden-Bahn“: Die max. Wasserentnahme (Konsenswassermenge) aus dem Zürsbach unterhalb der Talstation der Hexenboden-Bahn wurde in diesem Bescheid mit höchstens 13 l/s erteilt. Bewilligter Entnahmezeitraum 01.11. bis 31.03.*

- **Entnahmestelle 3**

*BH Bludenz, Bescheid ZI II-3002-2003/0029 vom 19.09.2003: „Bewilligung und Erweiterung Beschneigungsanlage „Seekopf“: Die Wasserentnahme erfolgt aus dem Zürsbach unterhalb der Einmündung des Pazüelbaches. Die max. Wasserentnahme im November und Dezember wurde darin mit höchstens 13 l/s und in den Monaten Jänner bis einschließlich März mit max. 6,5 l/s festgelegt. Die wasserrechtliche Bewilligung wurde bis zum 31.12.2008 befristet.*

- **Zukunft:**

An den Entnahmenstellen 2 und 3 (Direktentnahmen aus dem Zürsbach) erfolgen künftig keine Winterentnahmen mehr bzw. sind diese Entnahmen bereits stillgelegt. Stattdessen erfolgen die Entnahmen künftig in den Monaten April bis Juli und werden zum Zürsersee (Nutzung als Wasserspeicher) weitergeleitet. Geplant ist eine weitere Wasserentnahme aus dem Pazüelbach und Zuleitung zum Zürsersee, welche für den Zeitraum vom 1.5. – 31.7. bewilligt ist (Ausbaustufe 1) Die Konsenswassermenge aus dem Speichersee beträgt 220 l/s bzw. 128.000 m<sup>3</sup>/Jahr (*BH Bludenz, Bescheid ZI BHBL-II-3002-2003/0275 vom 28.06.2004 – „Erweiterung Beschneigungsanlage Zürs mit Nutzung des Zürsersees als Wasserspeicher sowie Entnahme von Wasser aus dem Pazüelbach“*).

Folglich entfallen künftig alle Direktentnahmen aus dem Zürserbach in den Monaten November bis März. Die Beschneigung des Zürser Skigebiets erfolgt dann ausschließlich über Wasserspeicher, welche außerhalb der beschneigungsrelevanten Monate befüllt werden. Für das gegenständliche Konzept bedeutet dies, dass im **Skigebiet Zürs kein Handlungsbedarf** mehr besteht.

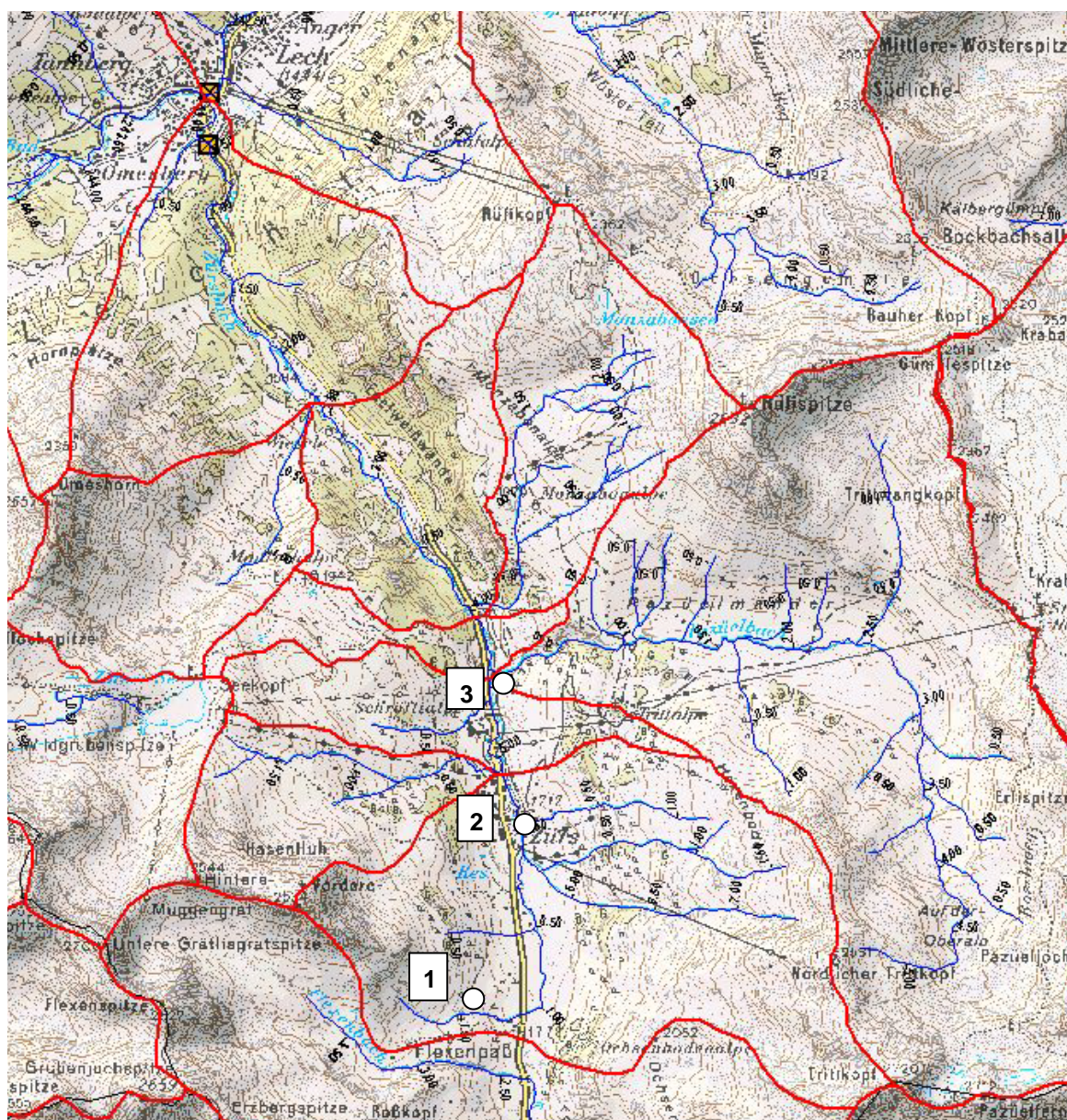


Abb. 1: Wasserentnahmen Skigebiet Zürs  
1 Stubenbach (Flexenbach)  
2 Zürsbach,  
3 Pazüelbach

KENNDATEN DER BESCHNEIUNGSANLAGEN IM SKIGEBIET ZÜRS
<p><b>Hexenboden</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Wasserfassung und Vorpumpstation im Zürsbach (ca. SH 1700)</li> <li>✓ Bewilligte Entnahme: 13 l/s</li> <li>✓ Hauptpumpstation (SH 1716): UV-Anlage, Filtervorpumpe, vollautomatischer Rückspülfilter, HD-Pumpe</li> <li>✓ Feldleitung: ca. 1800 m GGG, DN100 bzw. DN150</li> <li>✓ Bewilligte Schneifläche: <b>ca. 5,5 ha.</b></li> </ul>
<p><b>Seekopf</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Wasserfassung und Vorpumpstation im Zürsbach (ca. SH 1680)</li> <li>✓ Bewilligte Entnahme: 13 l/s</li> <li>✓ Hauptpumpstation (SH 1700 m): Halbautomatischer Rückspülfilter, UV-Anlage, HD-Pumpe</li> <li>✓ Feldleitung: ca. 1800 m GGG, DN100</li> <li>✓ Kombiniertes System: Propeller-Schneeerzeuger, Lanzen, Arlberg-Jet</li> <li>✓ Bewilligte Schneifläche: <b>ca. 5,5 ha</b></li> </ul>
<p><b>Trittkopf</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Wasserfassung am Zürsbach (ca. SH 1780 m)</li> <li>✓ Wasserfassung am Stubenbach (ca. SH 1794 m), bewilligte Entnahme: 1 l/s</li> <li>✓ Speicherteich Flexensee (15.000 m<sup>3</sup>)</li> <li>✓ Nachbefüllung Speicherteich Flexensee während Schneisaison ca. 15.000 m<sup>3</sup> Wasser aus Zürsbach und Stubenbach</li> <li>✓ Hauptpumpstation (SH 1727 m): Filterpumpe, vollautomatischer Rückspülfilter, HD-Pumpe</li> <li>✓ System mit Propeller-Schneeerzeugern</li> <li>✓ Feldleitung: Strang Trittkopf: ca. 1500 m GGG, DN150 bis DN 100                      Strang Täli: ca. 1300 m GGG, DN150 bis DN100</li> <li>✓ Bewilligte Schneifläche: <b>ca. 5,5 ha</b></li> </ul>

Tab1: Kenndaten der bestehenden Beschneigungsanlagen im Skigebiet Zürs

### 3.1.3 Beschneigung im Skigebiet Lech/ Oberlech / Madloch-Zug

#### 3.3.1.1 Wasserentnahmen

Im Skigebiet Lech/Oberlech/Madloch-Zug gibt es am Lech 2 Wasserentnahmen für Beschneigungszwecke:

- Wasserentnahme im Ortsgebiet von Zug
- Wasserentnahme im Ortsgebiet von Lech

##### (1) Wasserentnahme im Ortsgebiet von Zug (ca. 1490 müA)

Die Wasserentnahme aus der Entnahmestelle bei der Talstation der „Zugerbergbahn“ (Ortsgebiet von Zug) darf derzeit nur in den Monaten **November bis März** erfolgen. Die max. Wasserentnahmemenge bei der Talstation der „Zugerbergbahn“ ist derzeit mit **40 l/s** begrenzt. Ein **Mindestabfluss** des Lech von **230 l/s** muss sichergestellt werden (*Bescheid BH Bludenz ZI. II-3002-2003/0133 vom 26.01.2004*).

Die Entnahme erfolgt über eine Seitenentnahme am orografisch rechten Ufer des Lechflusses bei der Talstation der „Zugerbergbahn“. Im Gegensatz zur Entnahmestelle in Lech werden hier keine Staubretter temporär in die Gewässersohle eingebracht, die Entnahme erfolgt über eine Betonkonstruktion am orografisch rechten Ufer. Die maximale Entnahmemenge wird durch die Pumpleistung bei der angeschlossenen Beschneigungsanlage begrenzt.



## (2) Wasserentnahme im Ortsgebiet von Lech (ca. 1438 müA)

Die Wasserentnahmen sind für den Zeitraum von November bis März bewilligt. Die Entnahme darf in den Monaten **November, Dezember und Jänner max. 290 l/s**, im **Februar und März max. 190 l/s** betragen, wobei bei der Wasserentnahme jene Wassermenge abzuziehen ist, die bereits bei der Talstation der „Zugerbergbahn“ entnommen wird. Ein **Mindestabfluss von 400 l/s** muss sichergestellt sein (*Bescheid BH Bludenz ZI. II-3002-2003/0133 vom 26.01.2004*).

Die Wasserentnahme erfolgt über eine Seitenentnahme am orografisch linken Ufer des Lechflusses bei der Talstation der „Schlegelkopfbahn“ im Ortsgebiet von Lech. Der Pegel des Lech (Tannbergbrücke) im Ortsgebiet von Lech (ca. 1.440 müA) liegt in unmittelbarer Nähe der Entnahmestelle kurz oberhalb im Flusslauf. Über die gesamte Gewässersohlenbreite wurde ein Betonriegel betoniert und eine Vorrichtung zum temporären Einbringen von Staubrettern in den Gewässerquerschnitt geschaffen. Diese Staubretter sind gemäß wasserrechtlichem Bescheid außerhalb der bewilligten Entnahmezeiten (April bis Oktober) aus dem Gewässer zu entfernen. Die Entnahme erfolgt über eine spezielle Betonkonstruktion am orografisch linken Ufer. Die maximale Entnahmemenge wird durch die Pumpleistung bei der angeschlossenen Beschneigungsanlage begrenzt. Eine ehemalige Sohlnentnahme (Schacht in der Gewässersohle) wurde aufgelassen.



### Beschneigung Skigebiet Oberlech (Seillifte Oberlech GesmbH & Co)

Mit der Pumpanlage bei der Schlegelkopfbahn wird über die Beschneigungsleitungen auch Wasser bis in den **Speicher „Furka“** (im Skigebiet Oberlech, Seillifte Oberlech GesmbH & Co) gepumpt.

Der kleine Speicherteich, laut DI Manhart auf ca. 8.000 m<sup>3</sup> Speichervermögen genehmigt, wird auch als Löschwasserteich für die Ortschaft Oberlech verwendet.

Das Wasser zum Betrieb der Beschneigungsanlagen im Skigebiet Oberlech wird aus dem Speicherteich Furka bezogen, welcher über die Schneileitungen bzw. über die Entnahmestelle bei der Schlegelkopfbahn der Skilifte Lech Ing Bildstein GesmbH befüllt wird. Die Befüllung des Speichers Furka erfolgt innerhalb der genehmigten Wasserentnahmezeiten.

#### **3.3.1.2 Beschneigungsflächen**

Im Folgenden sind die Beschneigungsdaten (Pistenfläche, Schneemenge, Wasserbedarf, Schneistunden) im Skigebiet Lech / Oberlech / Madloch-Zug sowie Prognosen für die künftige Entwicklung angeführt.

*Pistenfläche gesamt: ca. 329 ha*

*Pistenfläche beschneit: ca. 94 ha (ca. 28,6 % der gesamten Pistenfläche)*

*Schneemenge aus Beschneigung / Jahr: ca. 642.000 m<sup>3</sup> Schnee*

*(Schneemenge = ca. Wassermenge gesamt / 0,4)*

*diesbezüglicher Wasserbedarf / Jahr: ca. 256.800 m<sup>3</sup> Wasser*

*bei 290 l/sec (0,29 m<sup>3</sup>/s) Entnahmeleistung = ca. 246 Schneistunden*

#### Zukunft:

Laut Aussage von DI Manhart ist für das Skigebiet Lech / Oberlech in den nächsten 10 Jahren mit einer Erweiterung der beschneiten Pistenflächen um ca. 20 % zu rechnen.

*Pistenfläche beschneit in 10 Jahren: ca. 113 ha (Zunahme um ca. 20 %)*

*Schneemenge aus Beschneigung / Jahr: ca. 847.500 m<sup>3</sup> Schnee*

*erwarteter Wasserbedarf / Jahr: ca. 339.000 m<sup>3</sup> Wasser*

*davon Grundbeschneigung: ca. 169.500 m<sup>3</sup> Wasser*



Pistenfläche beschneit [ha]	Wasserbedarf Grundbeschneigung [m³]	Wasserbedarf Nachbeschneigung [m³]	Wasserbedarf gesamt [m³]	Schneemenge [m³]
je ha	1.500	1.500	3.000	Wasser ges. / 0,4
ca. 94	ca. 141.000	ca. 141.000	ca. 282.000	ca. 705.000
ZUKUNFT:				
ca. 113	ca. 169.500	ca. 169.500	ca. 339.000	ca. 847.500

### 3.3.1.3 Ausblick

(Gespräch vom 26.01.2005 mit GF DI Michael Manhart, Skilifte Lech)

Laut DI Manhart ist die bisher genehmigte Wasserentnahmemenge zur Beschneigung der Skigebiete Lech-Oberlech bzw. Zug-Madloch in der derzeitigen Situation ausreichend.

#### Eventuell Verlängerung der Entnahme- bzw. Schneizeiten:

Aus Sicht der Bergbahnen wäre jedoch eine Ausweitung der bewilligten Schnei- bzw. Entnahmezeiten auch auf den Oktober wünschenswert (bislang genehmigter Entnahmezeitraum Nov. – März). Erfahrungswerte über Jahrzehnte zeigen, dass der Raum Lech in diesem Monat häufig durch Kälteperioden gekennzeichnet ist, dadurch könnte im Skigebiet bereits im Oktober eine effektive Beschneigung durchgeführt werden.

Als limnologisch positiver Nebeneffekt führt der Lech im Oktober noch ausreichend Wasser, sodass eine mögliche Gefährdung des zu gewährleistenden Mindestabflusses auch bei einer theoretischen Entnahme der maximal bewilligten Wassermenge kein Thema wäre.

#### In ferner Zukunft (ab ca. 10 Jahre) eventuell Umstellung auf Wassermanagement mit großem Speicherteich:

Laut DI Manhart ist ein zukünftiges Beschneigungssystem über einen großen Speicherteich im Skigebiet Lech/Oberlech/Zug durchaus vorstellbar. Die Topographie im Skigebiet lässt mehrere Varianten für die Anlage eines großen Speicherteiches (eventuell sogar mit bis zu 300.000 m³ Fassungsvermögen) zu. Diesbezüglich zu erwähnen wären mögliche Standorte für einen Speicherteich in den Bereichen Auenfeld, Schlossköpfe oder Oberlech.

#### Dimensionierung Speicherteich bei möglicher Speicherbewirtschaftung:

- Speicherteich Minimalvariante: 141.000 m³ Speichervolumen (auf derzeitige Situation)
- Speicherteich nachhaltig: mind. 170.000 m³ (nur für Grundbeschneigung)
- Speicherteich inkl. Nachbeschneigung: ca. 340.000 m³ Speichervolumen

### 3.3.1.4 Hydrologie und Wasserentnahmen am Lech im Bereich Zug / Lech / Oberlech

Im folgenden werden die Daten des Pegels Lech im Ortsgebiet von Lech (ca. 1.440 müA) bzw. Angaben über das Einzugsgebiet bei der Entnahmestelle im Ortsgebiet von Lech (ca. 1.440 müA) und der Entnahmestelle im Ortsgebiet von Zug (ca. 1.490 müA) angeführt. Die Daten wurden aus dem Hydrographischen Jahrbuch 2000 (mittlere Monatsmittel mit Extremwerten in  $\text{m}^3/\text{s}$ , Beobachtungszeitraum 1951-2000) entnommen bzw. in Bezug auf die Wasserentnahmestellen berechnet. Die Wasserentnahmestelle „Schlegelkopfbahn“ Lech, liegt in unmittelbarer Nähe des Pegels Lech (Tannbergbrücke).



Abb. 2: Einzugsgebiet für die Entnahmestelle im Ortsgebiet von Zug (Talstation „Zugerbergbahn“), ermittelt aus ÖK 50000

Die folgende Tabelle und Abbildung beinhaltet die Monatsmittel- und Niederwasserwerte des Pegels Lech bzw. der Entnahmestelle in Zug. Das Einzugsgebiet für die Entnahmestelle im Ortsgebiet von Lech (bei der Talstation der „Schlegelkopfbahn“) für die Beschneidung des Bereichs „Lech-Oberlech“ ist aufgrund der Nähe zum Pegel Lech (Tannbergbrücke) praktisch identisch mit den Kennzahlen zum

Pegel. Die Werte für die Entnahmestelle in Lech wurden daher dem Hydrographischen Jahrbuch (Jahr 2000) entnommen.

Pegel Lech (Ortsgebiet Lech):      Wirksames Einzugsgebiet:      78,10 km<sup>2</sup>  
 Lech (Entnahme in Lech)      Einzugsgebiet:      78,10 km<sup>2</sup>  
 Lech (Entnahme in Zug)      Einzugsgebiet:      62,27 km<sup>2</sup>

Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Pegel Lech (Tannbergbrücke), Lech</b>												
<b>Entnahmestelle Ortsgebiet Lech</b>												
MQ [m <sup>3</sup> /s]	1,02	0,95	1,37	3,76	11,50	13,90	11,00	6,97	4,74	3,08	2,02	1,42
Mq [l/s,km <sup>2</sup> ]	13,1	12,2	17,5	48,1	147,2	178,0	140,8	89,2	60,7	39,4	25,9	18,2
NQ [m <sup>3</sup> /s]	0,40	0,35	0,37	0,57	0,89	2,68	2,74	1,60	1,17	0,95	0,77	0,46
<b>Entnahmestelle Ortsgebiet Zug (umgerechnete mittlere Abflüsse):</b>												
MQ [m <sup>3</sup> /s]	0,81	0,76	1,09	3,00	9,17	11,08	8,77	5,56	3,78	2,46	1,61	1,13
NQ [m <sup>3</sup> /s]	0,32	0,28	0,30	0,45	0,71	2,14	2,18	1,28	0,93	0,76	0,61	0,37

Tab 2: Hydrografische Kenndaten (Monatswerte) der Entnahmestellen Lech und Zug.

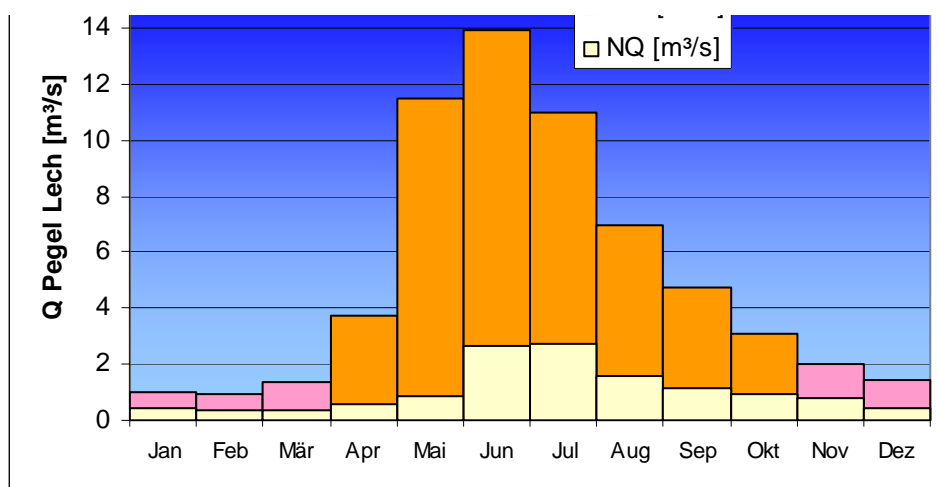


Abb. 3: Jahresganglinie des Pegel Lech. Monatsmittel- und Niederwasserwerte. Die aktuelle Beschneigungsperiode Nov.-März ist durch eine andere Farbgebung hervorgehoben.

Der Lech weist im Entnahmegebiet ein einfaches, gemäßigt nivales Abflussregime mit dem typischen Monatsmaximum im Juni und dem zweithöchsten Abfluss im Mai auf. Die Beschneigungsperiode im November-März ist gekennzeichnet durch die saisonalen Minima im Februar mit einem MQ von 950 l/s und einem NQ von 350 l/s.

In der nachfolgenden Tabelle und Abb. 4 und Abb. 5 sind die mittleren und Niederwasserabflüsse, die max. bewilligten Entnahmemengen sowie die Mindestrestwassermengen an den Entnahmestellen Zug und Lech in der Beschneigungsperiode Nov.-März zusammenfassend dargestellt.

Tab. 1: Zuflüsse und Entnahmemengen an den Stellen Zug und Lech.

	Entnahmestelle Zug				Entnahmestelle Lech			
	MQ	NQ	max. Entnahme	Mindestrestwasser	MQ	NQ	max. Entnahme	Mindestrestwasser
Nov	1,61	0,61	0,04	0,23	2,02	0,77	0,29	0,4
Dez	1,13	0,37	0,04	0,23	1,42	0,46	0,29	0,4
Jan	0,81	0,32	0,04	0,23	1,05	0,40	0,29	0,4
Feb	0,76	0,28	0,04	0,23	0,95	0,35	0,19	0,4
März	1,09	0,30	0,04	0,23	1,37	0,37	0,19	0,4

Angaben in m<sup>3</sup>/sec

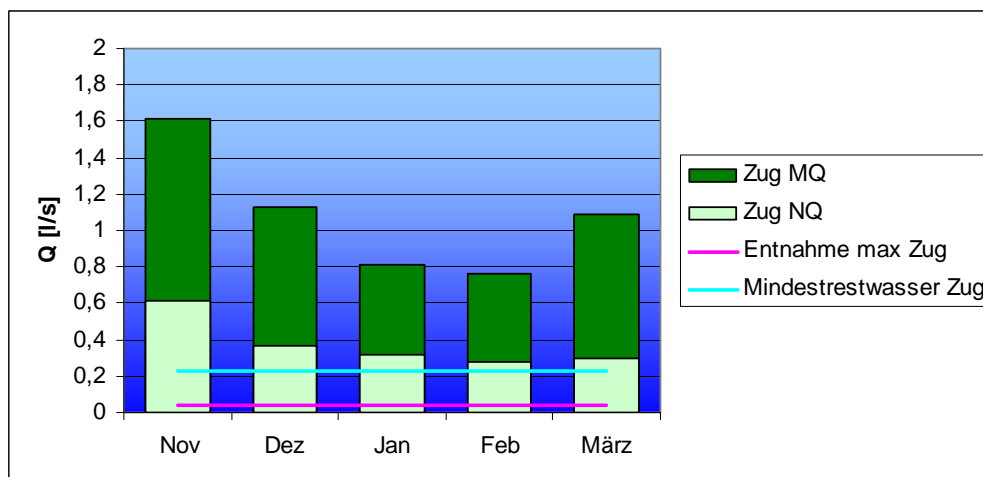


Abb. 4: Pegeldaten, maximale Entnahmemengen und Mindestabflüsse an der Entnahmestelle Zug

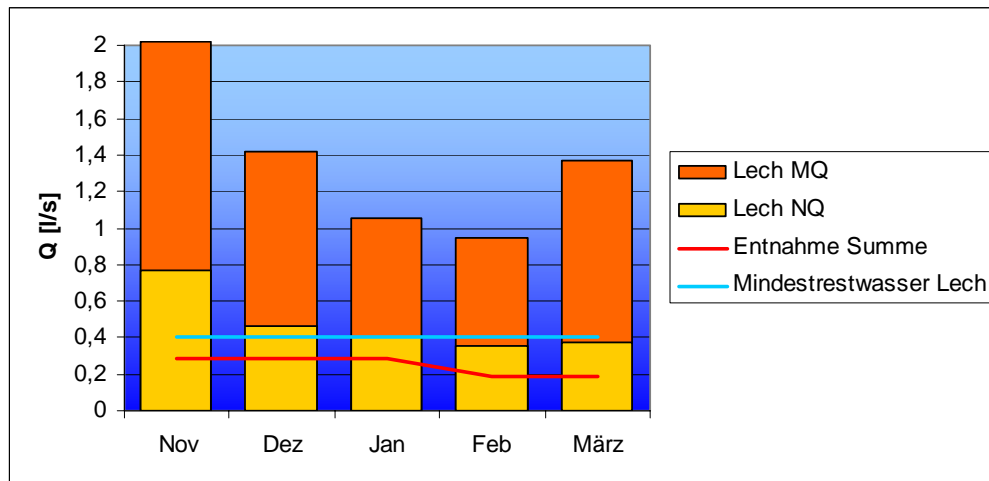


Abb. 5: Pegeldata, maximale Entnahmemengen und Mindestabflüsse an der Entnahmestelle Lech (Pegeldata gemäß Hydrographischem Jahrbuch 1999)

Eine zusammenfassende Darstellung und Diskussion der Entnahmemengen erfolgt in Kapitel 3.1.5.

### 3.1.4 Beschneigung im Skigebiet Warth – Schröcken

#### 4.3.1.5 Wasserentnahmen

##### ▪ SCHRÖCKEN

Das Skigebiet „Schröcken“ verfügt derzeit über keine Beschneigungsanlage. Aufgrund der Wasserknappheit innerhalb des Skigebietes wurden bisher noch keine konkreten Planungen hinsichtlich künstlicher Beschneigung angestellt, dies gilt auch für die nähere Zukunft.

Im Falle eines möglichen Zusammenschlusses mit den Skigebieten Lech / Oberlech/ Zürs könnte künftig die Beschneigungsthematik auch im Skigebiet Schröcken eine Rolle spielen.

##### ▪ WARTH

Im Skigebiet Warth wurde die Errichtung einer Beschneigungsanlage mit *Bescheid vom 26.08.1991, BH Bregenz (Zl. II-3090/1990)* wasserrechtlich und gemäß Landschaftsschutzgesetz genehmigt.

##### ▪ Wasserefassung Huberbach

Entnahme max. 6 l/sec

Restwassermenge mind. 6 l/sec

Beschneigungsfläche: 1,6 ha

Entnahmezeiten: 1.Feb. – 31. März des Folgejahres

Seitenentnahme

- Überwasser der Hemmenmahdquellen  
(bereits seit Gemeinderatsbeschluss Warth vom 1.3.1990)

Mit *Bescheid vom 30.06.1992, BH Bregenz (Zl. II-3090/1990)* wurde die Erweiterung der Beschneiungsanlage mit Errichtung eines Speicherteiches zusätzlich wasserrechtlich und gemäß Landschaftsschutzgesetz genehmigt.

- Speicherteich mit ca. 12.000 m<sup>3</sup> Fassungsvermögen im Bereich „Steinmandl“ (Gst.Nr. 205/1, KG Warth). Der Speicherteich darf mit max. 8 l/sec befüllt werden
- Erweiterung der bewilligten Beschneiungsflächen: von 1,6 ha auf insgesamt ca. 3,8 ha; die Entnahme von max. 6 l/sec aus dem Huberbach sowie die vorgeschriebene Restwassermenge von mind. 6 l/sec bleiben aufrecht; Entnahmezeiten: 1.Feb. – 31. März des Folgejahres

Mit *Bescheid vom 29.01.2003* wurde die **Erweiterung der Beschneiungsanlage (derzeitiger Stand)** genehmigt. Der Bescheid der BH Bregenz (*Zl. BHBR-II-3101-2000/0012*) enthält folgende wesentliche Fakten:

- Errichtung einer Wasserfassung im Einmündungsbereich Krumbach - Kuchlbach (bei der Talstation des Jägeralp-Express), Ortschaft Krumbach, Pumpstation bei der Talstation:  
**Entnahme max. 30 l/sec** (durch Pumpenleistung begrenzt)  
Restwassermenge für den Unterlauf **mind. 40 l/sec**  
Beschneiungsfläche: insgesamt nunmehr ca. **20 ha**  
Entnahmezeiten: 1. November – 31. März des Folgejahres  
Seitenentnahme



*Wasserfassung Krumbach / Kuchlbach bei Talstation Jägeralp-Express, Pumpstation im Talstationsgebäude*

Über diese Wasserfassung/Pumpstation wird nunmehr im Wesentlichen das gesamte Beschneigungssystem betrieben (Befüllung des Speicherteiches und/ oder direkte Beschneigung über die Schneileitungen).

Die älteren Wasserfassungen spielen nur mehr eine untergeordnete Rolle.

#### 4.3.1.6 Beschneigungsflächen

Im folgenden ist eine Bilanz der Pistenflächen Warth / Schröcken angeführt:

<i>Pistenfläche derzeit:</i>	<i>ca. 192 ha (Warth 129 ha, Schröcken 63 ha)</i>
<i>Pistenfläche derzeit beschneit:</i>	<i>ca. 20 ha (Warth ca. 20 ha, Schröcken 0 ha)</i>
<i>Schneemenge aus Beschneigung / Jahr:</i>	<i>150.000 m<sup>3</sup> Schnee</i>
<i>diesbezüglicher Wasserbedarf / Jahr:</i>	<i>60.000 m<sup>3</sup> Wasser</i>
<i>Zukunft Pistenfläche</i>	<i>ca. 206 ha (Warth 129 ha, Schröcken 77 ha)</i>
<i>Zukunft Pistenfläche beschneit:</i>	<i>ca. 22 ha (ev. geringer Ausbau in Warth)</i>

#### 4.3.1.7 Ausblick

Die derzeit bewilligte Wasserentnahme ist laut Aussage von BL Markus Lorenz im derzeitigen Ausbau der Beschneigungsanlage ausreichend. Da in näherer Zukunft kein großflächiger, weiterer Ausbau der Pistenflächen bzw. beschneiten Pistenflächen angedacht ist und erst in den letzten beiden Jahren eine Modernisierung im Skigebiet stattgefunden hat (3 neue Seilbahnen, neue Wasserfassung/ Pumpstation Krumbach/ Kuchlbach), wird derzeit kein Handlungsbedarf hinsichtlich künstlicher Beschneigung gesehen.

Dies könnte sich jedoch ändern, falls ein Zusammenschluss mit dem Skigebiet Lech konkret werden würde. Diesbezüglich bestehen derzeit jedoch noch keine konkreten Projekte.

### 3.1.5 Zusammenfassung, Diskussion Entnahmemengen

In der nachfolgenden

Tab. 2 sind die behördlich bewilligten Wasserentnahmen und Speicherteiche im gesamten Projektgebiet zusammenfassend aufgelistet.

Tab. 2. Zusammenfassung Wasserentnahmen für Beschneigung im Einzugsgebiet des Lech

Entnahmestelle/ Speicherteich	max. Entnahme- menge [l/sec]	Restwasser- Unterlauf mind. [l/sec]	bewilligter Entnahme- zeitraum	Wasserrechtl. Bescheid	sonstiges
<b>ZÜRS</b>					
Stubenbach (Flexenbach) Speicher Trittkopf	1 Quellabflüsse unbegrenzt	3	keine Winterentnahm e (fällt trocken)	15.07.1997 BH Bludenz II-4717/97	Für Speicherteich Trittkopf befristet 1.7.2007
Zürsbach- Hexenbodenbah n	13		01.11. – 31.03.	28.06.2004 BHBL-II-3002- 2003/0275	künftig keine Winterentnahme mehr, Entnahme 01.04. – 31.07.
Zürsbach- Seekopfbahn	13 6,5		01.11.-30.12. 01.01. – 31.03.	28.06.2004 BHBL-II-3002- 2003/0275	künftig keine Winterentnahme mehr, Entnahme 01.05. – 31.07
Pazüel-Bach Speichersee Zürsersee	50 l/s (100.000 m <sup>3</sup> / Jahr) Pazüelbach		01.05. – 31.07. (keine Winterentnahm emehr)	28.06.2004 BHBL-II-3002- 2003/0275	Konsenswasser- menge aus Speichersee 220 l/s bzw. 128.000 m <sup>3</sup> /Jahr
<b>LECH</b>					
Zugerbergbahn (Ortsgebiet Zug)	40 40	230 230	01.11. – 31.01. 01.02. - 31.03.	BHBL-II-3002- 2003/0133 vom 26.01.2004, BH Bludenz	
Schlegelkopfbah n (Ortsgebiet Lech)	290 190	400 400	01.11. – 31.01. 01.02. - 31.03.	BHBL-II-3002- 2003/0133 vom 26.01.2004, BH Bludenz	max. 290 l/sec inklusive der 40 l/sec bei der Zugerbergbahn
Speicherteich „Furka“			Beschneigungs- zeitraum 01.11. – 31.03.	BHBL-II-3002- 2003/0133 vom 26.01.2004, BH Bludenz	Volumen ca. 8000 m <sup>3</sup> Befüllung über Entnahmestelle Schlegelkopfbahn
<b>WARTH</b>					
Huberbach	6	6	01.11. – 31.03.	BH Bregenz, 30.6.1992, II-3090/1990	nur mehr untergeordnet
Hemmenbach	Überwasser Hemmenmahd- quellen	-	-	Gemeinderats- beschluss 1.3.1990	nur mehr untergeordnet
Krumbach/ Kuchlbach	30	40	01.11. – 31.03.	BH Bregenz, 29.01.2003, BHBR-II-3101- 2000/0012	inkl. Befüllung Speicherteich Warth
Speicherteich Warth			Beschneigungs- zeitraum 01.11. – 31.03.	II-3090/1990	Volumen ca. 12.000 m <sup>3</sup> , Befüllen mit max. 8 l/sec

Die Entnahmen im Bereich Zürs spielen im Winterhalbjahr keine Rolle mehr bzw. sind die Sommerentnahmen im Vergleich zur natürlichen Wasserführung problemlos. Die Entnahmen Lech und

Warth werden im folgenden vor dem Hintergrund hydraulisch-morphologischer Parameter, wie sie auch im Zusammenhang mit Restwasserbemessungen für Wasserkraftnutzungen herangezogen werden, kurz diskutiert, bevor im Anschluss daran weitere ökologische Grundlagen (Ökomorphologie, Immissionssituation) dargestellt werden.

Generelles Ziel im Sinn der Erreichung/Erhaltung des „guten ökologischen Zustandes“ bzw. des „guten ökologischen Potentials“ (EU-Wasserrahmenrichtlinie) ist, dass die charakteristischen Strömungsmuster, Breiten, Wassertiefen etc. als wesentliche abiotische Randbedingungen auch bei Restwassersituation in ihrer charakteristischen Ausprägung weitgehend gegeben sind. Im Rahmen dieser Studie werden hierfür Erfahrungen an anderen Gebirgsbächen herangezogen, das Ergebnis ist als plausible Größenordnung zu sehen.

Grundlage für die Festlegung der Mindestdotations sind zum einen Ausgangswerte, wie sie von MADER (1992, 1993) in mehreren Fallbeispielen auf Grundlage von Dotationsversuchen erarbeitet wurden. Die als sinnvoll erachtete Dotationsmenge lag in diesen Fällen je nach Gewässer zwischen 40 und 70 % einer natürlichen Niederwasserführung. Als Bezugspunkt wurde dabei der Durchschnitt der jeweils niedersten Tagesmittel einer Jahresreihe ( $MJNQ_7$ ) verwendet. Zahlreiche ähnlich gelagerte Fallbeispiele bestätigen in der Zwischenzeit ebenfalls diese Größenordnung.

Zum anderen ist ein zweiter wesentlicher Aspekt zu berücksichtigen, der sich ebenfalls aus den neueren Erfahrungen ergibt: zahlreiche Untersuchungen zeigen das übereinstimmende Bild, dass sich die morphometrisch-hydraulischen Parameter mit sinkendem Abfluss nichtlinear verändern: je geringer die Abflüsse sind, umso stärker fallen die Veränderungen aus.

Beispielhaft zeigt die nebenstehende Abbildung dieses Muster hinsichtlich benetzter Breite und mittlerer Fließgeschwindigkeit an verschiedenen Gebirgsbächen (Strecken mit einem Gefälle > 6 % dargestellt).

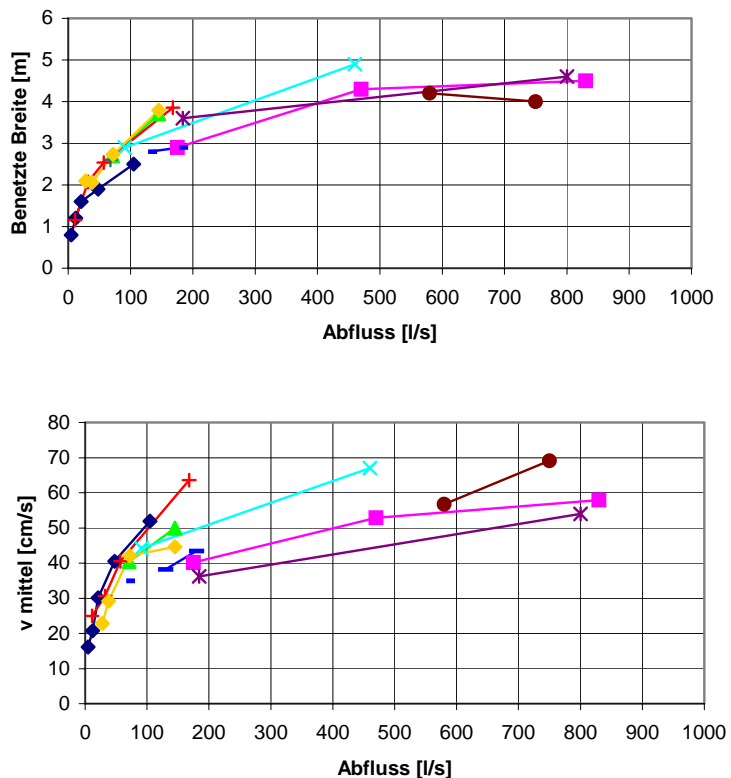


Abb. 6: : Veränderung benetzter Breiten und mittlerer Fließgeschwindigkeiten in mehreren Gebirgsbächen (Gefälle > 6 %). Ergänzte Abb. aus MORITZ 1998.

Sehr vereinfachend kann für Gebirgsbäche gezeigt werden, dass im allgemeinen die stärksten Veränderungen bei Abflüssen < 50 l/s erfolgen. Nach einem Übergangsbereich zwischen rund 50 und 100 l/s verändern sich diese Parameter bei noch höheren Abflüssen nur noch relativ wenig. Die Mindestrestwassermenge sollte daher nicht unter dem „Knickpunkt“ bzw. dem Übergangsbereich der ermittelten Kurven (gegen den Abfluss aufgetragene Mittelwerte verschiedener Parameter) liegen.

### Entnahme Lech

Durch die Kombination der begrenzten Entnahmemenge (290 bzw. 190 l/s) mit der Mindestrestwassermenge von 400 l/s ist bescheidmäßig gewährleistet, dass der natürliche Niederwasserabfluss  $NQ_{\text{Februar}}$  nicht unterschritten wird. Diese Mindestrestwassermenge liegt auch im Bereich geringer Veränderungen der hydraulischen Parameter, sodass diesbezüglich eine zusätzliche Sicherheit gegeben ist. Bei „Normalbetrieb“ bzw. unter Einhaltung der Bescheidaufgaben sollten sich daher die hydraulisch-morphometrischen Parameter durch die Entnahme nicht wesentlich verändern.

Ein Nachteil der Situierung der Entnahmestelle unterhalb des Pegels Lech ist allerdings, dass der Abfluss in der Entnahmestrecke damit nicht direkt dokumentiert wird bzw. nur indirekt aus den Pegelraten in Verbindung mit den Aufzeichnungen des Betriebsbuches ermittelt werden kann. Es würde sich daher auch empfehlen, in Ergänzung zu den bescheidmäßig vorgeschriebenen Vorrichtungen an der Wehranlage zur Einhaltung der Mindestrestwassermenge auch eine unmittelbare Kontrollmöglichkeit vorzusehen.

Problematisch im Zusammenhang mit der Wasserentnahme ist hingegen die Immissionssituation zu betrachten (vgl. Abschnitt 3.2.2 - 3.2.3)

### Entnahme Warth

Ungünstiger als an der Entnahmestelle Lech sind die Abflussverhältnisse bei den Entnahmen Warth. Die Entnahme aus dem Huberbach mit 6l/s bei gleichzeitiger Restwassermenge von 6 l/s liegt grundsätzlich in einem sehr niedrigen Abflussbereich, bei dem jede kleine Veränderung der Wasserführung ein relativ starke Veränderung abiotischer Rahmenbedingungen zur Folge hat (dies ist z.B. auch ein Grund, weshalb laut einer Tiroler „Checklist für Beschneigungsanlagen“ (Internetpublikation des Amtes der Tiroler Landesregierung <sup>1</sup>) *„keine Entnahme aus kleinen Gewässern (etwa unter einem ausgeprägten Niederwasserabfluss von weniger als 20 l/s) erfolgen soll“*.

Die Entnahme aus dem Huberbach spielt heute allerdings nur noch eine untergeordnete Rolle. Zudem ist die Bewilligung entsprechend dem oben genannten Bescheid bis 31.3.2001 befristet, sodass diese Entnahme einfach entfallen bzw. eine Regelung im Zuge eines allfälligen Verlängerungsverfahrens gefunden werden kann.

Die größere Entnahme liegt mit 30 l/s am Krumbach, wobei 40 l/s Mindestrestwasser im Bach verbleiben müssen. Allein auf Basis der hydraulisch-morphologischen Parameter erscheint dies auch vertretbar bzw. dürften entsprechende Überlegungen auch dem Bescheid zugrunde liegen. Jedoch ist auch hier die Abwassersituation (vgl. Abschnitt 3.2.2 - 3.2.3) das kritischere Thema.

---

<sup>1</sup> <http://www.tirol.gv.at/themen/umwelt/wasser/wasserrecht/downloads/beschnei.doc>

## 3.2 Ökologie

### 3.2.1 Strukturgüte

Abb. 7 und Abb. 8 zeigen einen Überblick über den **ökomorphologischen Zustand** der kartierten Gewässerabschnitte im Lechgebiet. Die Bewertung erfolgt getrennt nach linker und rechter Uferseite. Bezüglich der Methodenbeschreibung wird auf das Fließgewässerbewertungskonzept Vorarlberg (BUHMANN & HUTTER 1996) verwiesen.

Zum überwiegenden Teil weisen die kartierten Gewässerabschnitte im Untersuchungsgebiet einen natürlichen (28 %) bzw. naturnahen (51 %) morphologischen Gewässerzustand auf. 12 % der erfassten Gewässerabschnitte sind mäßig beeinträchtigt, weitere 5 % wesentlich beeinträchtigt. Die restlichen rund 3 % sind aus strukturökologischer Sicht als stark beeinträchtigt bis naturfremd eingestuft und weisen eine entsprechend große Abweichung vom unberührten natürlichen Zustand auf.

Für gegenständliches Konzept sind insbesondere die Gewässerabschnitte am Lech, von der obersten Wasserentnahme für Beschneigungszwecke in Zug bis hin zu Landesgrenze (Restwasserstrecke aufgrund Beschneigung), relevant. Die insgesamt rund 13 km lange Gewässerstrecke ist in 63 Gewässerabschnitte gegliedert. Knapp die Hälfte der Fließstrecke (46 %) ist als natürlich eingestuft. Dabei handelt es sich um die tief eingeschnittene Schluchtstrecke unterhalb des Ortsteils Stubenbach, die durchwegs durch eine hohe Strukturvielfalt und natürliche Schluchtvegetation gekennzeichnet ist. Die Gewässerabschnitte oberhalb und unterhalb des Ortsgebiets von Lech sind großteils als naturnah (27 %), streckenweise auch als mäßig bis wesentlich beeinträchtigt (je rund 8 %) ausgewiesen. Massive Eingriffe in die Ökomorphologie treten im Ortsbereich von Lech, zum Teil auch in Stubenbach, auf. Die als stark beeinträchtigt bzw. naturfern eingestuften Gewässerabschnitte betragen insgesamt rund 10 % der Strecke zwischen dem Ortsteil Zug und der Landesgrenze.

Zusammenfassend weist **die durch die Wasserentnahme beeinflusste Strecke** unterhalb der Entnahme Zug **einen hohen Natürlichkeitsgrad (73 % natürlich oder naturnah)** auf.

Tab. 3: Die Strukturgüte der bewerteten Gewässerabschnitte im Lechgebiet und am Lech unterhalb der Entnahme in Zug

Güteklasse		Lechgebiet		Lech uh. Entnahme Zug	
		Länge [km]	Prozent	Länge [km]	Prozent
Güteklasse I	natürlich	57,80	28,42	12,16	45,71
Güteklasse I-II	naturnah	104,05	51,16	7,25	27,26
Güteklasse II	mäßig beeinträchtigt	25,19	12,38	2,14	8,05
Güteklasse II-III	wesentlich beeinträchtigt	11,02	5,42	2,30	8,65
Güteklasse III	stark beeinträchtigt	2,82	1,39	1,13	4,25
Güteklasse III-IV	naturfern	2,22	1,09	1,62	6,09
Güteklasse IV	naturfremd	0,30	0,15	--	--
<b>GESAMT</b>		<b>203,40</b>	<b>100</b>	<b>12,160</b>	<b>45,71</b>

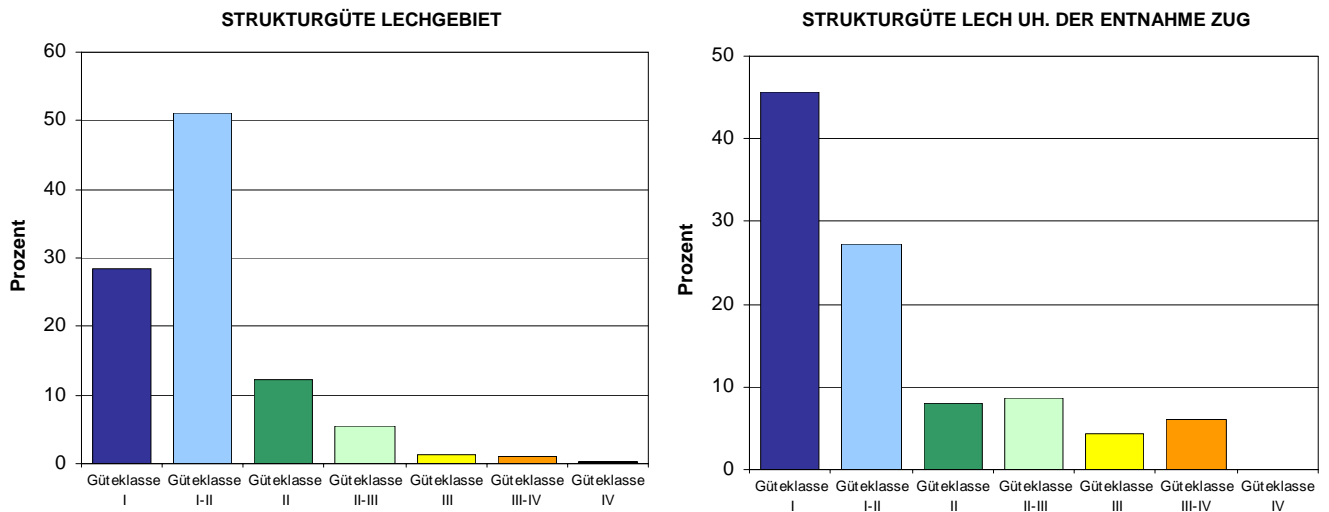


Abb. 7: Die Strukturgüte der bewerteten Fließgewässerabschnitte im Lechgebiet (links) und entlang des Lech unterhalb der Entnahme Zug (rechts)

Für das vorliegende Konzept spielt das **Abflussgeschehen** im Projektgebiet eine entscheidende Rolle. Einerseits stellen die Pegelraten (siehe Kapitel 3.3.1.4) eine wichtige Grundlage dar, andererseits müssen bestehende Beeinträchtigungen des natürlichen Abflussregimes berücksichtigt werden. Im Gewässerinventar Vorarlberg sind die Eingriffe durch Wassernutzungen dargestellt (siehe Abb. 9). Im Lechgebiet sind nur wenige Wassernutzungen (Restwasserstrecken) ausgewiesen. Die Nutzung des Spullerbaches für das Kraftwerk Spullersee sowie der Betrieb eines Kleinkraftwerkes am Walkerbach stellen die wesentlichen Beeinträchtigungen des Abflussgeschehens durch Wasserkraftnutzung dar.

Mit Ausnahme der Entnahme in Zürs (welche mittlerweile stillgelegt ist) sind die Wasserausleitungen für Beschneigungen bei der Restwasserstrecken-Ausweisung in der kartografischen Darstellung in WALSER et al. (2002) noch nicht enthalten. In der folgenden Abb. 9 ist die temporäre Restwasserstrecke am Lech unterhalb von Zug gekennzeichnet, die Restwasserstrecke beim Krumbach unterhalb der Einmündung des Kuchlbaches ist hingegen noch nicht berücksichtigt (jüngerer Bescheid 2003). Diese winterlichen Wasserentnahmen sind hier vor allem im Zusammenhang mit der im folgenden besprochenen Emissions- und Immissionssituation von ökologischer Relevanz.

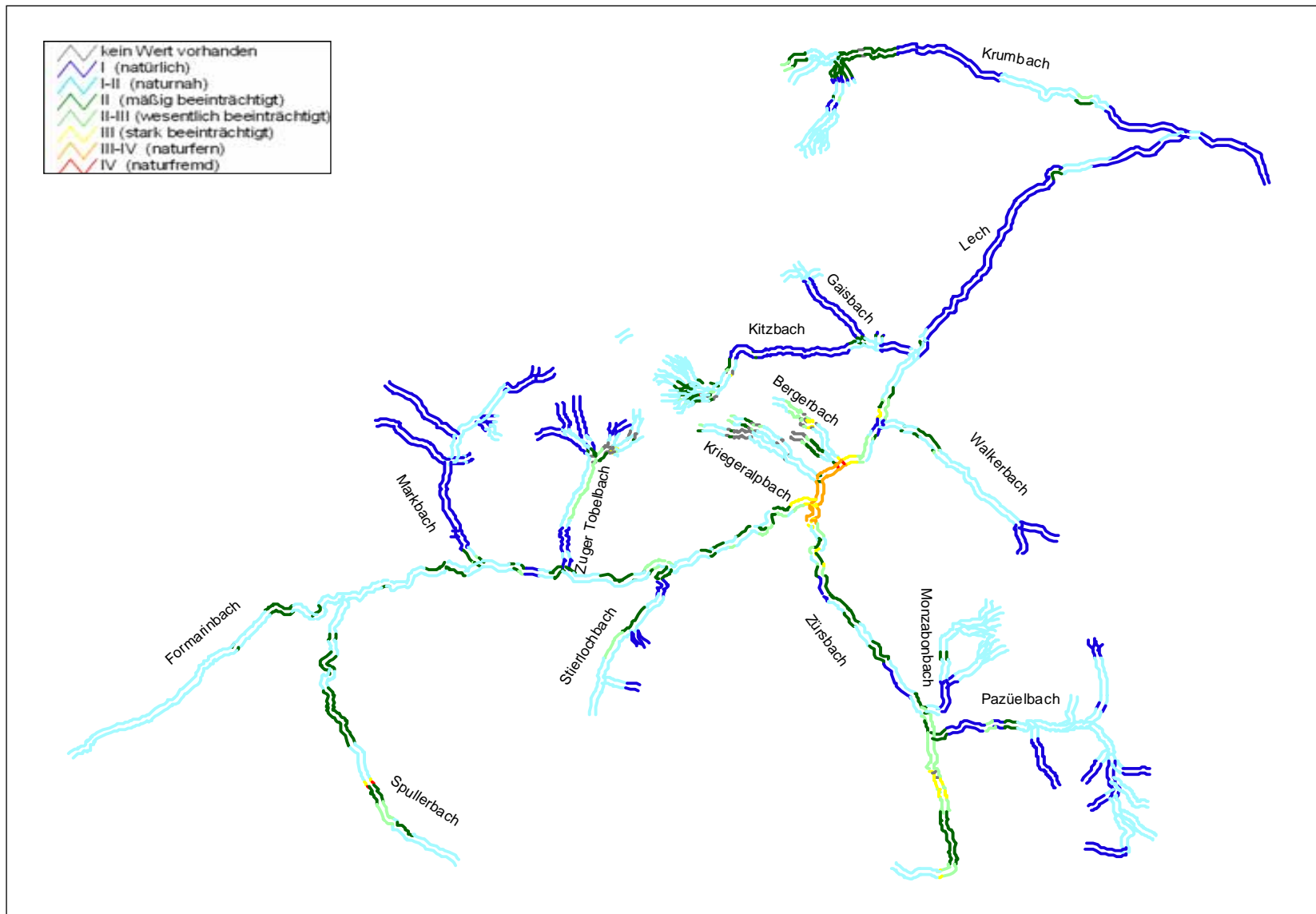


Abb. 8:  
Darstellung der  
ökomorphologic  
hen Strukturgüte  
mit Einstufung  
der  
Natürlichkeitsgra  
de der erfassten  
Gewässer,  
getrennt nach  
linker und  
rechter Uferseite  
(Quelle: VoGIS -  
Umweltinstitut  
des Landes  
Vorarlberg)

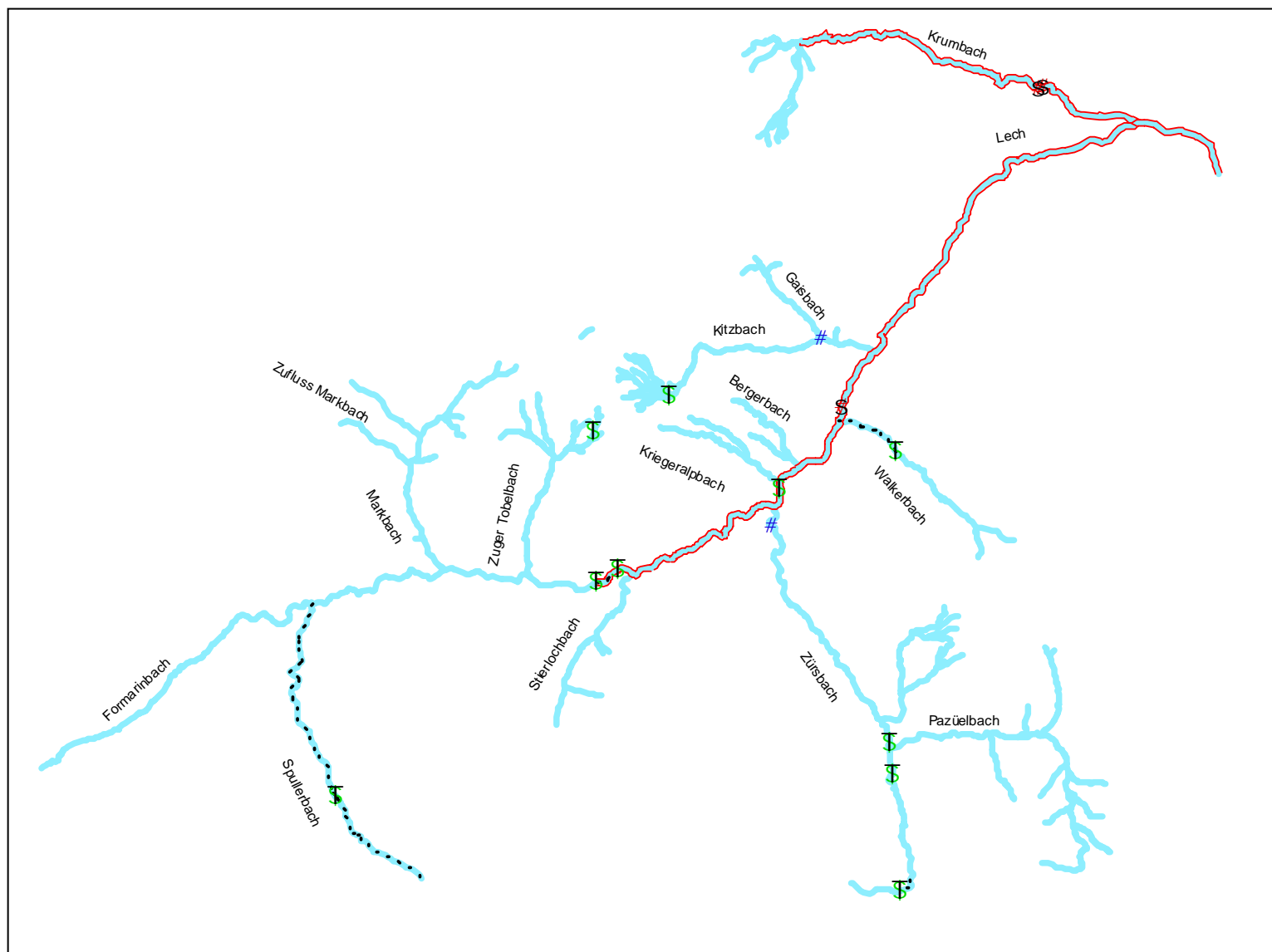


Abb. 9: Beeinträchtigungen des Abflussregimes sowie weitere relevante Strukturen im Projektgebiet (Quelle: VoGIS, Umweltinstitut des Landes Vorarlberg)

### 3.2.2 Emission

#### 2.3.2.8 ARA Lech

Der überwiegend im Winterhalbjahr konzentrierte Tourismus bedingt starke saisonale Schwankungen bei der Kläranlagen-Auslastung. Vor allem in der winterlichen Skisaison übersteigt die Anzahl der Gästenüchtigungen die Einwohnerzahl um ein Vielfaches, auch die Abwasserfracht aus dem Gastronomiebereich („Tagesgäste“) ist in der Saison beträchtlich (Abb. 10). Bezüglich der Anlagenkapazität und auch der Verfahrenstechnik steht durch die Erneuerung/Wiederinbetriebnahme der zweiten biologischen Stufe im Jahr 2001 eine grundsätzlich entsprechende Verfahrenstechnik zur Verfügung, Teilbereiche entsprechen jedoch nicht dem Stand der Technik. Insbesondere bei der Denitrifizierung und der Schlammlinie besteht noch weiterer Optimierungsbedarf (Jahresbericht 2004 "Abwasserreinigungsanlagen in Vorarlberg"). Lt. Jahresberichten 2002 und 2003 treten beim Parameter Ammonium jedes Jahr Grenzwertüberschreitungen auf, die jedoch 2004 nicht festzustellen waren. Bei den übrigen Parametern (BSB5, CSB, Phosphor) wurden die Grenzwerte in den letzten Jahren eingehalten.

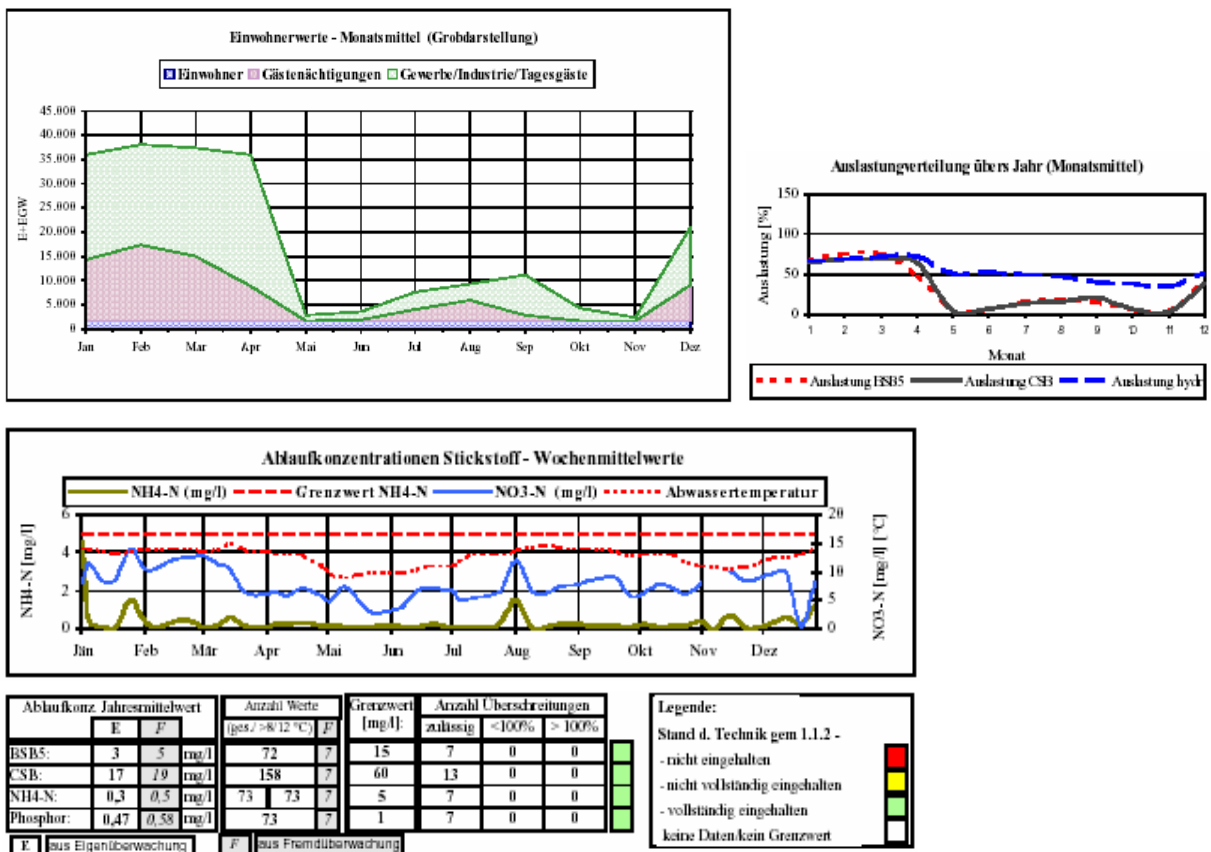


Abb. 10: Einwohnerwerte, Auslastungsverteilung, Ablaufkonzentration Stickstoff und anlagenspezifische Grenzwerte der ARA Lech (aus: Abwasserreinigungsanlagen Vorarlberg, Jahresbericht 2004)

### 2.3.2.9 ARA Warth

Die ARA Warth ist ebenso maßgeblich vom Tourismus geprägt. Auch hier gibt es ein Maximum der Einwohnerwerte im Winterhalbjahr, jedoch ist auch in den Sommermonaten ein nicht unwesentlicher Abwassereinfluss v.a. aus dem Gastronomiebereich („Tagesgäste“) gegeben (Abb. 11). Während der Tourismussaison wird zusätzlich zur ganzjährig bestehenden Anlage eine zweite Reinigungsanlage betrieben. Laut Jahresbericht 2003 „Abwasserreinigungsanlagen Vorarlberg“ wurden im Jahresmittel lediglich der CSB-Konzentrationsgrenzwert eingehalten, die Grenzwerte für die Parameter BSB5, Ammonium und Gesamt-Phosphor wurden überschritten. Allerdings lagen für den Ammonium-Stickstoff (als wesentlicher Indikator für eine organische Belastung) keine ausreichenden Messwerte vor.

Die veraltete ARA Warth wurde 2005 an den Stand der Technik angepasst. Entsprechend dem Jahresbericht 2004 kam es zu deutlich weniger Grenzwertüberschreitungen (noch beim BSB<sub>5</sub>; vgl. Abb. unten) als in den vorangegangenen Jahren, allerdings waren auch hier die Stickstoffdaten lückenhaft bzw. fehlten.

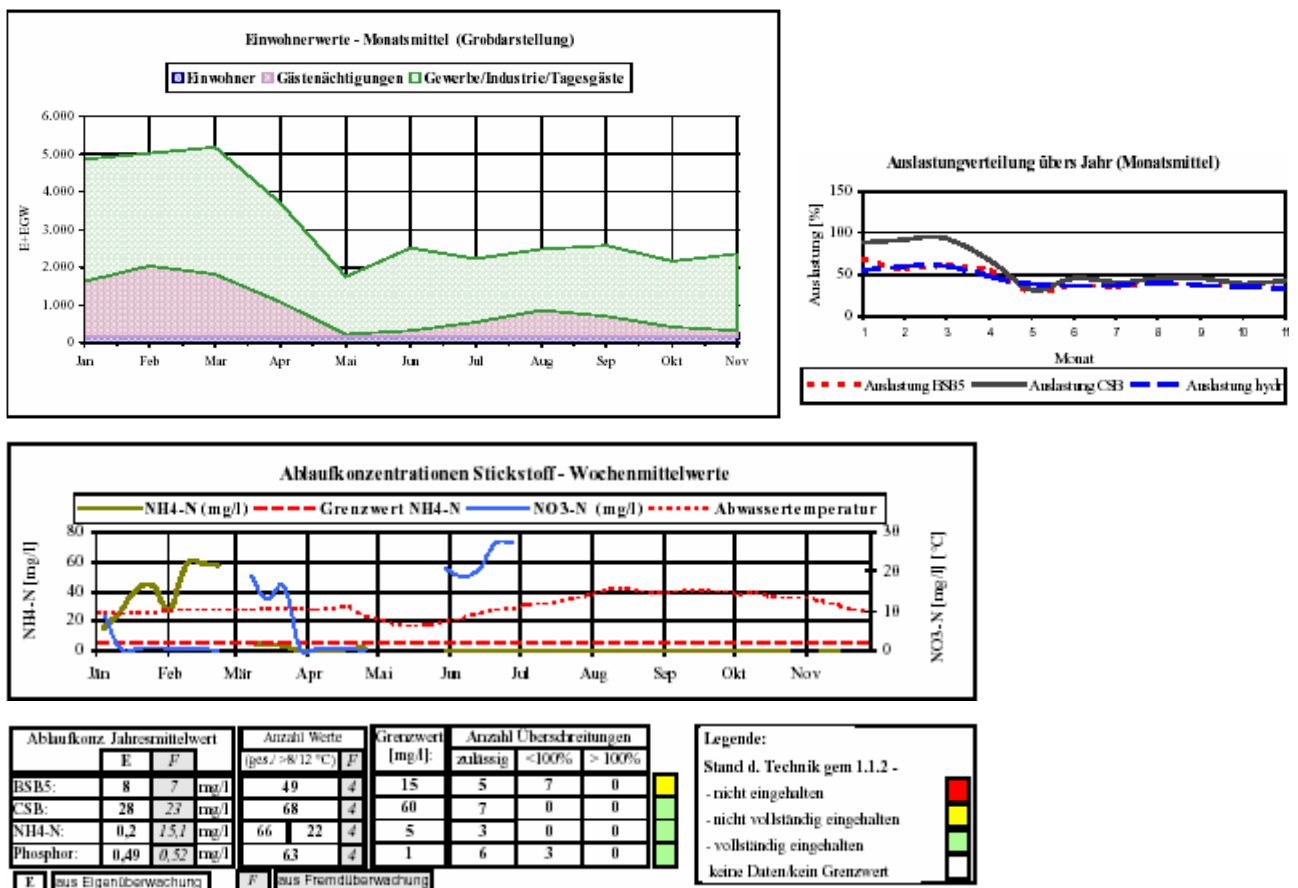


Abb. 11: Einwohnerwerte, Auslastungsverteilung, Ablaufkonzentration Stickstoff und anlagenspezifische Grenzwerte der ARA Warth (aus: Abwasserreinigungsanlagen Vorarlberg, Jahresbericht 2004)

### 3.2.3 Immission

Die chemisch-physikalischen Daten (Tab. A1 im Anhang) stammen aus dem Erhebungszeitraum 1989 bis 2004 und wurden vom Umweltinstitut des Landes Vorarlberg zur Verfügung gestellt. Die aktuelle Situation unter Berücksichtigung zwischenzeitlicher Verbesserungen bei der ARA Warth ist daher noch nicht erfasst.

Die unten angeführten Probestellen sind (mit Ausnahme der Probenstelle „oberhalb ARA Lech“) ident mit den Landesmessstellen zur Güteerhebung Vorarlberg (Abb. 17).

- (1) Zürsbach – oberhalb Zürs
- (2) Zürsbach – unterhalb Zürs
- (3) Lech – oberhalb Lech
- (4) Lech – oberhalb ARA Lech
- (5) Lech – unterhalb ARA Lech
- (6) Krumbach – oberhalb ARA Warth
- (7) Krumbach – unterhalb ARA Warth

Nachfolgend werden vor allem jene Parameter, welche als Indikatoren für eine Abwasserbelastung von Bedeutung sind, näher erläutert.

Hinsichtlich der Angaben von Grenzwerten existieren derzeit mehrere mögliche Beurteilungsgrundlagen. Die aktuell gültige Immissionsrichtlinie stammt aus dem Jahr 1987 (BMLFUW 1987). Die darin enthaltenen Grenzwerte wurden in weiteren Entwürfen adaptiert, jedoch nicht neu verordnet.

Zwischenzeitlich wurden auf europäischer Ebene weitere relevante Richtlinien verabschiedet, insbesondere die Fischgewässerrichtlinie (EU-78/659/EWG) und die Wasserrahmenrichtlinie (EU 2000/60/EG). Da das generelle Schutzziel der Wasserrahmenrichtlinie über das der Fischgewässerrichtlinie hinausgeht, ist vorgesehen, dass die Fischgewässerrichtlinie 2013 aufgehoben und durch die Wasserrahmenrichtlinie ersetzt wird. Der Schwerpunkt bei der Bewertung des ökologischen Zustandes wird dann nach derzeitigem Diskussionsstand auf der Erfassung der biologischen Komponenten liegen, die chemisch-physikalischen Parameter werden nur noch unterstützend verwendet (BMLFUW 2002).

In den folgenden Abbildungen werden „Grenzwerte“ eines Entwurfs der Immissionsverordnung (Stand 1995) mit abgebildet. Im Sinn der oben stehenden Anmerkungen sind diese aber nicht als verbindliche Grenzwerte, sondern als grobe Orientierung zur anschaulicheren Beurteilung der vorgefundenen Werte zu verstehen.

### ❖ Wassertemperatur

Die gemessenen Temperaturen schwanken zwischen den unteren und oberen Messstellen sowohl am Lech als auch am Zürsbach mitunter stark. Die Differenzen reichen von wenigen Zehntel K bis zu 2,1 K (Lech 12.02.2001). Der gemäß Immissionsverordnung höchste zulässige Temperaturanstieg infolge Wärmeeinbringung von 1,5 K wird zwar an mehreren Terminen überschritten (Tab. A1). Allerdings kann unter anderem auf Grund der fehlenden Uhrzeit-Angabe keine Aussage über die Ursachen der Schwankungen getroffen werden. Tageszeitlich bedingte Schwankungen (beispielsweise ist an einigen Terminen auch die Temperatur oberhalb der Kläranlage höher als unterhalb), die Einmündung von Zubringern und nicht zuletzt die Einleitung von Klärwässern sind als mögliche Ursachen zu nennen.

### ❖ elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert

Die elektrische Leitfähigkeit zeigt durchwegs für Kalkbäche typische Werte und lässt keine Auffälligkeiten erkennen. Auch die pH-Werte liegen im natürlichen Schwankungsbereiche für Kalkbäche. Allerdings muss beachtet werden, dass die Toxizität von Ammonium in erster Linie vom pH- Wert abhängig ist. Vor allem über pH 8 steigt der für Fische toxisch wirkende NH<sub>3</sub>-Anteil (Ammoniak), pH-Werte über 8,5 sind eine kritische Grenze (HOFER et. al 1993) – vgl. auch Kap. Stickstoffkomponenten.

Wie Abb. 12 zeigt, liegen die pH-Werte fast an allen Terminen über der Grenze von 8,0, ab welcher der Ammoniak-Anteil zunimmt. Die Grenze von pH 8,5 wird an einem Termin erreicht, an einem weiteren überschritten.

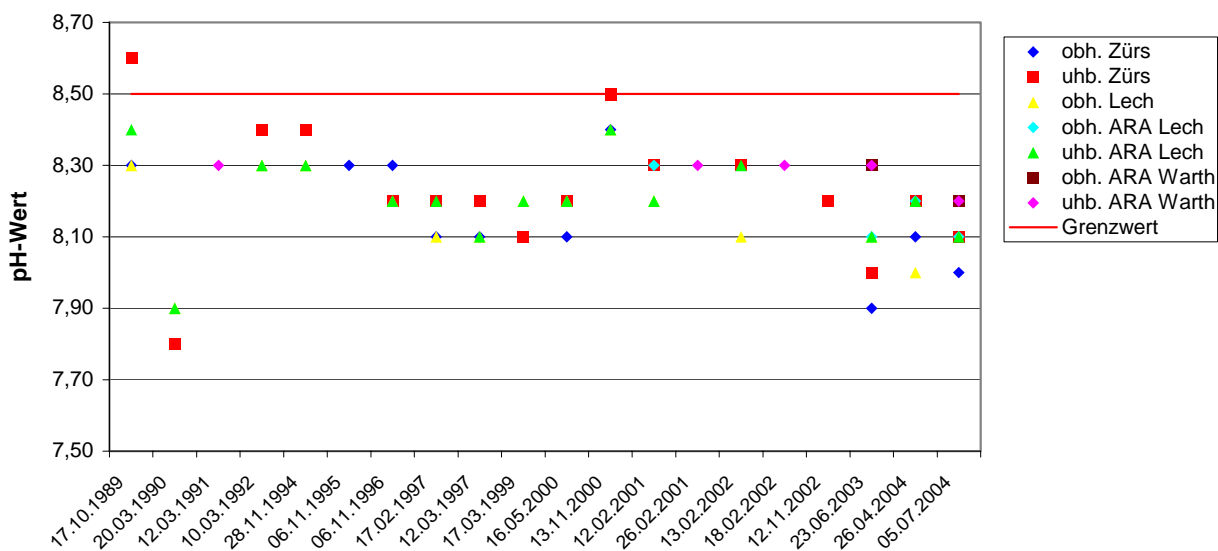


Abb. 12: pH-Werte an den verschiedenen Terminen im Lech-Gebiet. „Grenzwert“ = kritische Größe von pH 8,5 hinsichtlich des Verhältnisses Ammonium/Ammoniak.

### ❖ Stickstoff-Komponenten

Die unterschiedlichen Anteile verschiedener Stickstoff-Komponenten (Ammonium/Ammoniak-, Nitrit- und Nitrat-Stickstoff) lassen gute Rückschlüsse auf das Ausmaß einer organischen Belastung bzw. auf den Abbaugrad organischer Substanz zu. Im Verlauf aerob ablaufender Selbstreinigungsprozesse wird Ammonium als primäres Abbauprodukt eiweißhaltiger Substanzen über die kurzlebige Zwischenstufe Nitrit zu Nitrat aufoxidiert. Der Ammonium-Stickstoff ist daher ein auffälliger Anzeiger einer organischen Belastung bzw. unvollständig funktionierender Reinigungsprozesse.

Die Ammonium-Konzentrationen zeigen am deutlichsten die Abwasserbelastung der Kläranlagen an. Während an den Probenstellen am Zürsbach und oberhalb der ARA Lech durchwegs niedere Ammonium-Werte (fast immer unter 0,1 mg/l, d.h. geringe Belastung) festgestellt wurden, sind diese unterhalb der Kläranlagen Lech und Warth deutlich erhöht. Fast bei allen Proben wird der Grenzwert der Immissionsverordnung von 0,3 mg/l deutlich (zum Teil um ein Vielfaches) überschritten. An zwei Terminen wurden auch Werte über 1 mg/l (Grenzwert der Fischgewässerrichtlinie) ermittelt (Krumbach 26.02.2001, Lech 17.02.1997). Diese hohen Ammonium-Stickstoff-Konzentrationen sind deutliche Indikatoren für kommunale Abwassereinleitungen. Besonders in der Zeit der winterlichen Niederwasserführung, wo nur eine geringe Verdünnung der Abwässer erfolgt, verschärft die Wasserentnahme für Beschneigungs-zwecke die Belastungssituation zusätzlich. Wie oben bereits erwähnt, stellt eine hohe Ammonium-Konzentration vor allem in Verbindung mit einem hohen pH-Wert und tiefen Temperaturen ein Gefährdungspotenzial vor allem für die Fischfauna dar. Ammonium wird mit steigendem pH (v.a. ab 8) zunehmend in das für Fische toxische Ammoniak umgewandelt. Die toxische Wirkung des vorhandenen Ammoniaks nimmt zudem bei tiefen Temperaturen zu (HOFER et al. 1993).

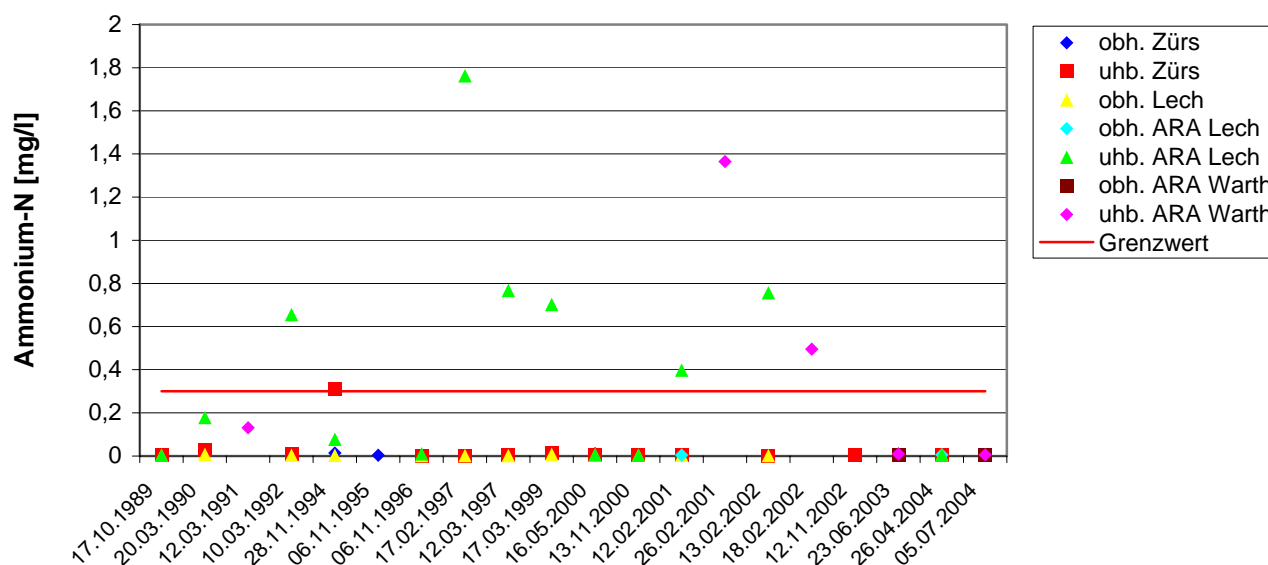


Abb. 13: Ammonium-Konzentrationen an den verschiedenen Terminen im Lech-Gebiet. „Grenzwert“ entsprechend Entwurf der Immissionsrichtlinie.

Während sich die Ammonium-Belastung unterhalb der Kläranlagen meist im kritischen Bereich bewegt, sind die Nitrat- und Nitritwerte als Folge der unzureichenden Nitrifikation durchwegs unauffällig (immer deutlich unter den jeweiligen Grenzwerten; Ausnahme Nitritkonzentration Krumbach 26.02.2001).

### ❖ Phosphor-Komponenten

Weitere Belastungsanzeiger sind die einzelnen **Phosphor-Komponenten**. Während an den Probenstellen am Zürsbach sowie an der Probenstelle „oberhalb Lech“ der Gesamt-Phosphor zum überwiegenden Teil gering belastete Verhältnisse indiziert, liegen an den Probestellen unterhalb der Kläranlagen die Phosphor-Konzentrationen meist deutlich höher. Am Lech unterhalb der ARA zeigt der Gesamtphosphor mehrheitlich mäßig belastete Verhältnisse, an zwei Terminen stark belastete Verhältnisse an (über dem Grenzwert des Immissionsrichtlinienentwurfs). Am Krumbach unterhalb der ARA wurde am 26.02.01 ein maximaler Phosphor-Gehalt von 162 µg/l ermittelt (siehe Abb. 14).

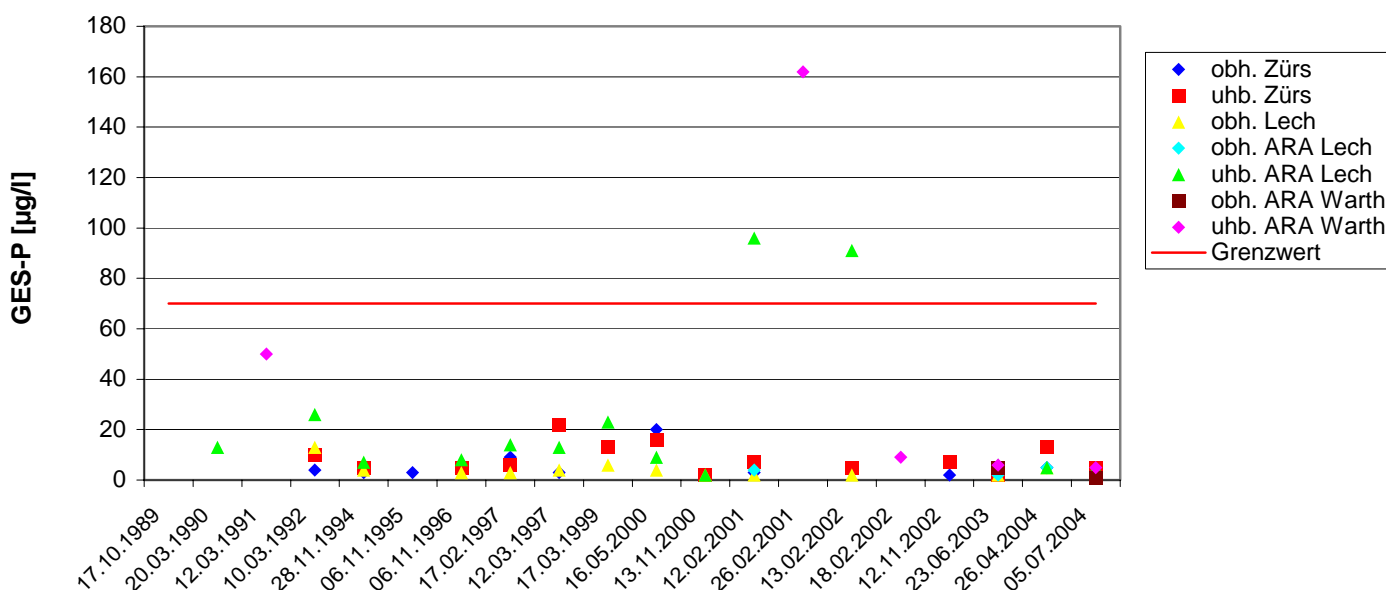


Abb. 14: Phosphor-Konzentrationen an den verschiedenen Terminen im Lech-Gebiet. „Grenzwert“ entsprechend Entwurf der Immissionsrichtlinie.

### ❖ Sauerstoffparameter

Die Parameter Sauerstoffgehalt und -sättigung deuten auf keine Auffälligkeiten hin und lassen auch im Längsverlauf keine nennenswerten Veränderungen erkennen. Sowohl der **aktuelle Sauerstoffgehalt** als auch die **Sauerstoffsättigung** liegen mit Werten zwischen 9,50 und 14,40 mg/l bzw. 96 und 125 % durchwegs im unauffälligen Bereich.

Der **Biochemische Sauerstoffbedarf (BSB5)** hingegen zeigt an den verschiedenen Messstellen örtlich und saisonal sehr unterschiedliche Belastungsverhältnisse (von unbelastet bis stark belastet) an. An mehreren Terminen wurde der Grenzwert gemäß Immissionsverordnungsentwurf von 3,5 mg/l überschritten, in einigen Fällen beträchtlich.

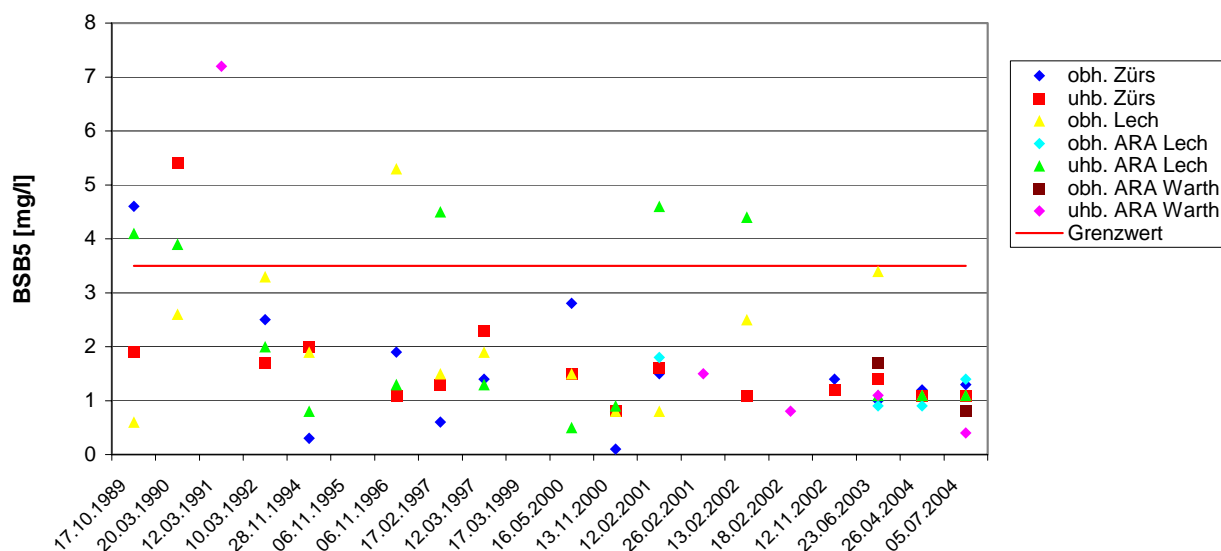


Abb. 15: BSB5-Werte an den verschiedenen Terminen im Lech-Gebiet

❖ **Bakteriologische Belastung**

Wie auch die Abb. 16 zeigt, ist die bakteriologische Belastung unterhalb der Kläranlagen naturgemäß deutlich höher als oberhalb. Während oberhalb der ARAs überwiegend keine Keimbelastung auftritt, ist sie unterhalb der ARAs (und z.T. auch unterhalb von Zürs) häufig sogar stark (1000-2000 FC KBE / 100ml) bis sehr stark (> 2000 FC KBE / 100ml).

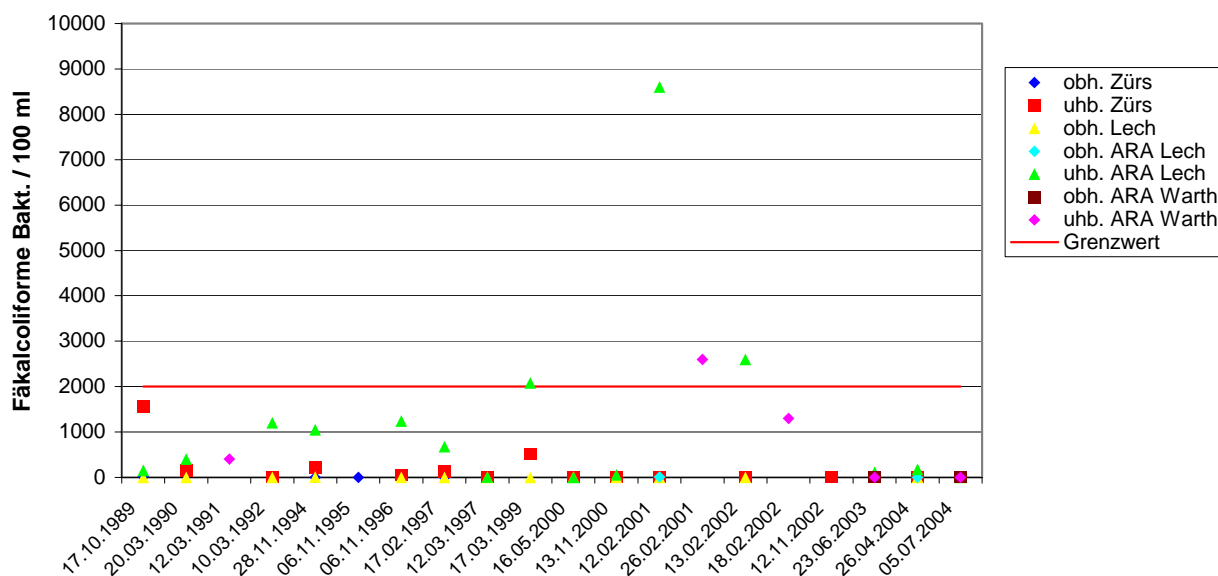


Abb. 16: Belastung der Fließgewässer im Untersuchungsgebiet mit fäkalcoliformen Bakterien (Grenzwert gemäß EU-Badequalitätsrichtlinie)

### 3.2.4 Biologie, Gewässergüte

Im Untersuchungsgebiet befinden sich 6 Landesmessstellen der Gewässergüteüberwachung Vorarlberg, je zwei am Zürsbach, Lech und Krumbach. Die routinemäßigen Güteuntersuchungen weisen die drei Gewässer überwiegend als gering belastet (Güteklasse I-II) aus. Zu Zeiten der winterlichen Skisaison treten jedoch erhebliche Schwankungen in der Wasserqualität mit Belastungsspitzen in den Vormittags- und Abendstunden auf. Durch den Ausbau der Kläranlagen konnte zwar die Belastungssituation wesentlich verbessert werden, jedoch traten unterhalb der Kläranlagen am Lech und am Krumbach zeitweise immer noch kritische Ammonium-Konzentrationen auf (BUHMANN & HUTTER 1998; siehe auch vorangegangenes Kapitel). In der **Gewässergütekarte 1998** bzw. der hinsichtlich der Gewässerbeurteilung im Sinn der EU-Wasserrahmenrichtlinie relevanten biologischen Gewässergüte schlägt sich dies in einer Verschlechterung der Abschnitte **unterhalb der Kläranlagen mit Güteklasse II** (mäßig belastet) nieder. Die zum Zeitpunkt der Berichtfertigstellung erschienene **Gütekarte 2005** zeigt hingegen bereits eine verbesserte Situation mit einer **durchgehenden Güteklasse I-II**.

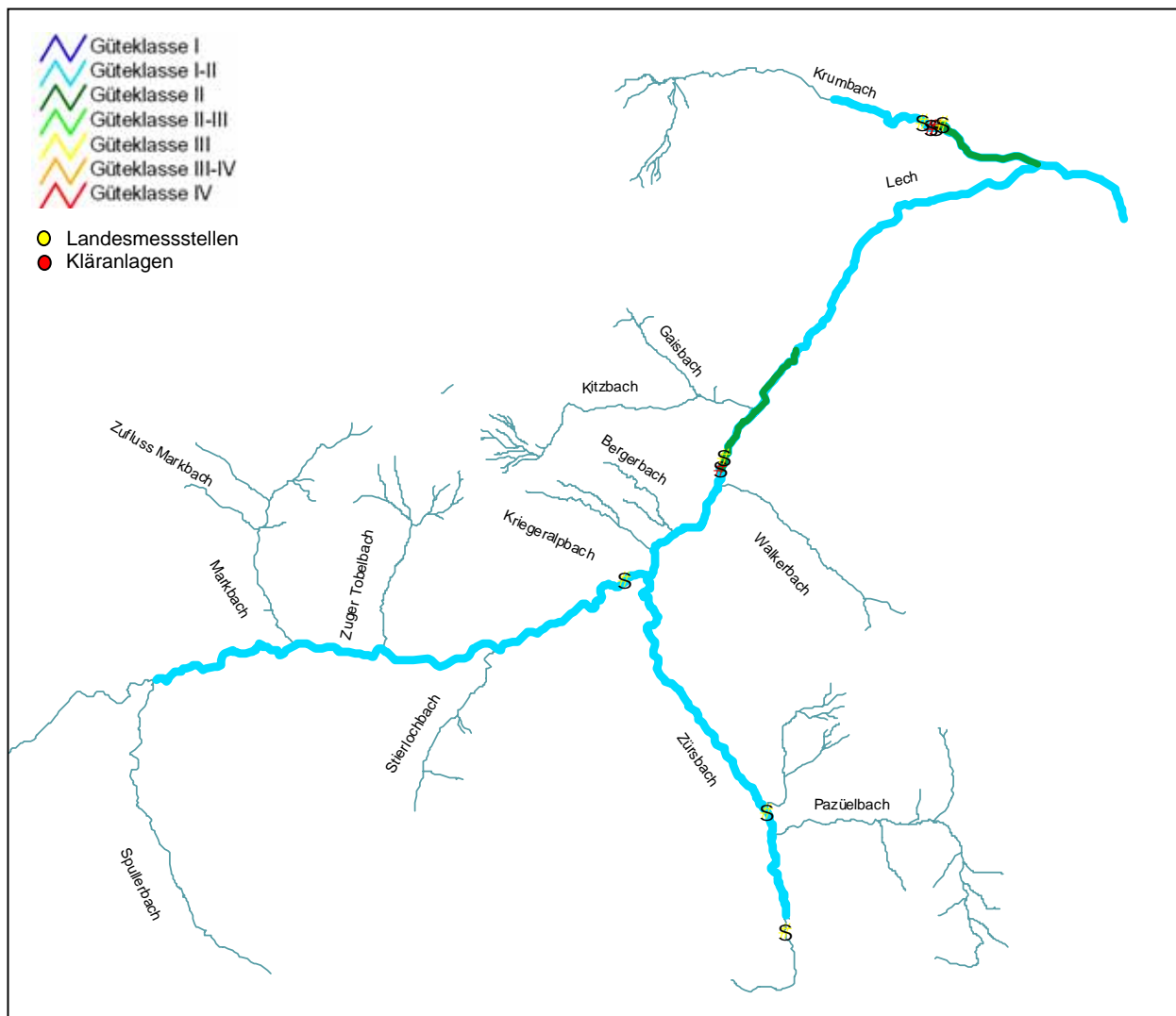


Abb. 17: Gewässergütekarte des Lechgebiets (Gewässergütebericht Vorarlberg, Stand 1998); in der aktuellen Gütekarte 2005 ist durchgehend Güteklasse I-II gegeben.

## 4 Optimierungskonzept

### 4.1 Ziele

Unter den aktuellen Rahmenbedingungen sind aus gewässerökologischer Sicht folgende Verbesserungsmöglichkeiten relevant bzw. lassen sich Verbesserungen erreichen.

#### ● **Ausgeglichene Wasserführung, Reduktion der Entnahmen in der Niederwasserperiode**

Vor allem in den Wintermonaten mit geringer Wasserführung führen die temporären Wasserentnahmen unter anderem zu verstärkten Schwankungen des Wasserspiegels. Generell sind Entnahmen zu Zeiten der winterlichen Niederwasserführung (v.a. Dezember – März) weitaus problematischer als in vorhergehenden Monaten mit deutlich höherer Wasserführung. Wie in den vorangegangenen Abschnitten aber bereits dargestellt, ist die derzeitige Restwasserregelung hinsichtlich der Aufrechterhaltung hydraulisch-morphologischer Rahmenbedingungen ausreichend (problematisch ist vor allem die schlechte Immissionssituation, s.u.). Dennoch stellt natürlich jede mögliche Reduktion der winterlichen Entnahme eine Verbesserung aus limnologischer Sicht dar.

Da die Entnahmen in Summe bzw. in Relation zur Jahresfracht relativ gering sind, ist eine saisonale Verlagerung der Entnahme daher grundsätzlich von Vorteil.

#### ● **Verbesserung der Immissionssituation**

Einen wesentlichen Einflussfaktor stellt die gegebene Abwasserbelastung in der winterlichen Skisaison dar. In den vergangenen Jahren (vor allem bis 2002) kam es immer wieder zu zum Teil erheblichen Abwasserbelastungen, wobei sich entsprechend dem jüngsten Jahresbericht 2004 „Abwasserreinigungsanlagen in Vorarlberg“ die Situation verbessert haben dürfte. Die Verdünnung im Vorfluter ist durch die gleichzeitige winterliche Niederwasserführung ohnehin relativ gering und wird durch die zusätzliche Wasserentnahme noch weiter verschlechtert.

Ein wesentliches Ziel besteht daher in der Verbesserung der Immissionssituation. Generell ist dies über 2 Ansätze zu erreichen:

1. Ausbau der Kläranlagen bzw. Anpassung an den Stand der Technik. Hier wurde gerade in jüngster Zeit bereits einiges umgesetzt, womit entsprechende

Verbesserungen zu erwarten sind. In Teilbereichen sind aber noch weitere Optimierungen erforderlich (vgl. Kapitel 3.2.2).

## 2. Erhöhung der Wasserführung bzw. Reduktion der Wasserentnahmen im Vorfluter

### ● **Verbesserte Kontrollmöglichkeiten**

Hinsichtlich der Höhe des verbleibenden Restwasserabflusses erscheint es zweckmäßig, unmittelbare Kontrollmöglichkeiten unterhalb der Entnahmestellen zur Verfügung zu haben (Pegelaufzeichnung).

## 4.2 Variantenüberlegungen

Neben dem weiteren Ausbau der Kläranlagen und verbesserten Kontrollmöglichkeiten, die hier im Detail nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit sind, kommen für Verbesserungen der winterlichen Niederwasserführung grundsätzlich folgende Möglichkeiten in Betracht:

### ■ **(Beschränkungen Entnahmemengen)**

Eine Beschränkung der derzeit bewilligten Entnahmemengen ist zwar aus limnologischer Sicht wünschenswert, aus betriebswirtschaftlicher Sicht (Skigebiet-Betreiber) jedoch kaum umsetzbar und stellt auch einen Eingriff in bestehende Rechte dar. Wie bereits erwähnt, besteht hinsichtlich der Erhaltung hydraulisch-morphologischer Rahmenbedingungen kein Zwang zu derartigen Änderungen bzw. liegen solche Überlegungen ja auch den vorgeschriebenen Restwassermengen zu Grunde. Hauptsächliche Blickrichtung ist die Verbesserung der unbefriedigenden Immissionsituation, dies ist jedoch vordringlich ein Problem der Emissionsseite bzw. der unzureichenden Reinigungsleistung der Kläranlagen.

### ■ **AUSWEITUNG BESCHNEIUNGSZEITRAUM**

Die Ausweitung des Beschneiungszeitraumes auf Oktober stellt eine weitere Überlegung dar. Dadurch könnte ein Teil der Grundbeschneiung in den Oktober mit deutlich höherer Vorflut verlegt werden. In den Folgemonaten würde dann weniger Wasser für die Beschneiung entnommen werden müssen (in diesem Zusammenhang ist der eingangs erwähnte Grundsatz von Vorteil, dass die Beschneiung mit Kosten verbunden ist und daher von Seiten der Betreiber ohnehin nicht mehr als nötig durchgeführt wird).

Eine so frühe Beschneiung ist allerdings von der jeweiligen Witterung abhängig. Wie langjährige Wetterbeobachtungen zeigen, sind die Voraussetzungen für eine Beschneiung (gefrorener Boden, Temperaturen unter - 4°C) Mitte Oktober in der Regel bereits gegeben.

Zu berücksichtigen ist dabei, ob sich eine frühere Beschneiung negativ auf die alpine Vegetation auswirken könnte. Nach ersten Vorgesprächen mit dem Amtssachverständigen für Naturkunde des Landes Vorarlberg dürfte dies jedoch kein größeres Problem darstellen, da dieser Zeitpunkt ohnehin bereits in die Ruhephase der Vegetation fällt. Betreffend des Landschaftsbildes ist durch das

Aufbringen einer Depotbeschneigung mit einer gewissen Beeinträchtigung zu rechnen („weiße Bänder im Gelände“).

### ■ Speicher

Eine Speicherung des benötigten Wasservolumens im Sommerhalbjahr bzw. zu Zeiten einer erhöhten Wasserführung ist aus gewässerökologischer Sicht grundsätzlich vorteilhaft, wenn dadurch die Entnahme im Winter reduziert werden kann. Kritischer Punkt dabei ist jedoch, ob für einen Speicherteich geeignete naturverträgliche Standorte gefunden werden können. Keinesfalls sollen dadurch andere Gewässer oder ökologisch wertvolle Standorte beeinträchtigt werden, was bei Geländesenken als vordergründig ins Auge gefasste Standorten oftmals der Fall sein wird !

Da im Skigebiet Zürs die gesamte Beschneigung bereits über Speicheranlagen erfolgt, ist hier nur in den Skigebieten Lech und Warth Handlungsbedarf gegeben.

Im Detail sind die folgenden Bewirtschaftungsmöglichkeiten (**Varianten**) für die Beschneigung im Gebiet Lech / Warth möglich bzw. wurden näher berücksichtigt. Dabei wird grundsätzlich zwischen Varianten mit und ohne Speichermöglichkeiten unterschieden.

Ohne zusätzliche Speicher werden die Erhöhung der Restwassermenge (Variante 1), eine **zeitliche Staffelung** der Entnahmen (Var. 2) und **Ausdehnung des Beschneigungszeitraumes** (mit/ohne Restwasseränderung; Var. 3 und 4) diskutiert.

**Speichervarianten** werden in mehreren Ausbaustufen bzw. –größen dargestellt (Minimal-, Maximal- und allfällige Ausblicksvariante; Var. 5a-5c).

### **VARIANTE 1: Erhöhung der Restwassermengen**

Die alleinige Erhöhung der Restwassermengen in den niederwasserführenden Monaten Dezember bis März dürfte kaum umsetzbar sein, wie weiter oben bereits erläutert wurde. Die Verbesserung der Immissionssituation ist auch vordringlich ein Problem der Emissionsseite bzw. der unzureichenden Reinigungsleistung der Kläranlagen.

### **VARIANTE 2: Zeitliche Staffelung**

Die zeitliche Staffelung der Beschneigungen im Untersuchungsgebiet stellt eine weitere Möglichkeit zur Optimierung dar. An sich könnte durch eine zeitliche Abstimmung der Wasserentnahmen an den verschiedenen Entnahmestellen eine Erhöhung der Wasserführung erzielt werden. Im gegenständlichen Fall jedoch entfällt der Großteil der entnommenen Wassermenge auf die Entnahmestelle in Lech (290 bzw. 190 l/s). In Zug und Warth beträgt die Entnahmemenge lediglich 40 bzw. 30 l/s, weshalb der Nutzen für das Gewässer durch eine zeitlich abgestimmte Beschneigung vergleichsweise gering ist. Die Umsetzbarkeit dieser Maßnahme ist zudem aus betriebswirtschaftlicher Sicht mit Schwierigkeiten verbunden, da zu jenen Zeiten, wo eine Beschneigung witterungsbedingt möglich ist, kein Betreiber vor allem auf das Aufbringen der Grundbeschneigung verzichten möchte.

Zusammenfassend ist diese Variante daher weder sonderlich zielführend noch leicht umzusetzen.

### **VARIANTE 3: Ausweiten Beschneigungszeitraum und Reduktion der Wasserentnahmen in den Wintermonaten**

Eine weitere Optimierungsvariante besteht darin, den bewilligten Beschneigungszeitraum auf den Oktober auszuweiten (siehe oben) und gleichzeitig die bewilligten Entnahmemengen in den sensiblen Monaten Dezember bis März zu reduzieren (bzw. als Alternative eine Jahresmenge festzulegen). Dadurch wäre eine Erhöhung der Wasserführung in der Niederwasserzeit sichergestellt.

Durch die Möglichkeit einer flexibleren Beschneigung ist diese Variante grundsätzlich auch für den Betreiber sinnvoll, allerdings nur in Jahren, in denen die Witterungsverhältnisse einen früheren Beschneigungsbeginn im Oktober erlauben. Sollte dies in wärmeren Jahren nicht möglich sein, kann die maximale Entnahme nicht ausgeschöpft werden und bedeutet eine gleiche Einschränkung für den Betreiber wie die alleinige Erhöhung der Restwassermenge der Variante 1.

### **VARIANTE 4: Ausweiten Beschneigungszeitraum ohne weitere Beschränkung**

Ähnlich der Variante 3 wird der Beschneigungszeitraum auf den Oktober ausgedehnt, jedoch ohne gleichzeitige Beschränkungen in den Wintermonaten Dez.-März. Auch bei dieser Variante wäre die Festlegung einer Jahresentnahmemenge bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung der Mindestrestwassermengen bzw. maximalen Entnahmemengen eine zweckmäßige Möglichkeit.

Durch die Möglichkeit einer flexibleren Beschneigung bringt diese Variante aus betriebswirtschaftlicher Sicht eine Verbesserung der derzeitigen Situation mit sich.

Grundsätzlich besteht mit der Verlängerung des bewilligten Beschneigungszeitraums die Gefahr, dass der Oktober nur als zusätzlicher Beschneigungsmonat verwendet wird und die Beschneigungen in den nachfolgenden Monaten in gleichem Ausmaß fortgeführt werden wie bisher. Unter diesen Voraussetzungen wäre aus gewässerökologischer Sicht keinerlei Verbesserung gegeben. Da Beschneigungen jedoch mit erheblichen Energiekosten verbunden sind, ist davon auszugehen, dass die Betreiber allein schon aus wirtschaftlichen Gründen Zeitpunkt und Menge der Beschneigung genau abwägen und in der Regel keine unnötigen Beschneigungen durchführen.

Vorausgesetzt, dass nicht mehr beschneit wird als erforderlich ist, ist diese Variante auch aus limnologischer Sicht sinnvoll. Auch wenn bei warmer Witterung der derzeitige Zustand unverändert bleibt, so ist tendenziell und langfristig von einer positiven Wirkung auszugehen.

### **VARIANTE 5: Speicherbewirtschaftung**

#### **5a: Minimalspeicher**

Diese Variante betrifft das Skigebiet von Lech und stellt eine Kombination aus Direktentnahmen aus dem Lech und Speicherbewirtschaftung dar.

In der Zeit, wo ein Teil der Grundbeschneigung aufgebracht wird (Mitte Oktober bis Mitte November) erfolgt die Beschneigung über Direktentnahmen aus dem Lech wie bisher. Aufgrund der vergleichsweise hohen Abflüsse in diesem Zeitraum ist der Eingriff gering.

Ab Mitte November erfolgt die Beschneigung über einen Wasserspeicher. Dazu müsste ein Speicher mit einem Fassungsvermögen von rund 140.000 m<sup>3</sup> angelegt werden. Die Befüllung des Speichers erfolgte aus dem Lech in den vorangegangenen abflussreichen Sommermonaten. Nach Abklären der topographischen und naturkundlichen Möglichkeiten im Einzugsgebiet ist noch im Detail zu prüfen, ob ein Speicherteich ausreichend ist oder ob eine Speicherbewirtschaftung über zwei Teichanlagen zu bevorzugen ist.

Aus gewässerökologischer Sicht stellt diese Variante eine sinnvolle Möglichkeit für eine Beschneigung dar, da die Wasserentnahmen durchwegs in Monaten mit hoher Wasserführung erfolgen (Voraussetzung: naturverträglicher Standort ohne Beeinträchtigung weiterer Gewässer, Feuchtgebiete oder anderweitig wertvoller Lebensräume; siehe Anmerkung oben). Für den Betreiber bedeutet eine Speicherbewirtschaftung insofern einen Vorteil, als auch zu Niederwasserzeiten genügend Reserven zur Verfügung stehen.

#### **5b: Maximalspeicher**

Eine weitere Variante stellt eine reine Speicherbewirtschaftung ohne zusätzliche Entnahmen in den Wintermonaten dar. Für das Aufbringen der Grund- und Nachbeschneigung im Skigebiet Lech müsste ein Speicherteich mit einem Fassungsvermögen von rund 340.000 m<sup>3</sup> angelegt werden. Die Befüllung erfolgt wie bei der Minimalspeichervariante außerhalb der winterlichen Niederwasserzeiten.

Ein Größenvergleich der beiden Varianten Minimalspeicher (140.000 m<sup>3</sup>) und Maximalspeicher (340.000 m<sup>3</sup>) macht aber deutlich, dass für eine reine Speicherbewirtschaftung eine unverhältnismäßig größere Dimensionierung des Teichs erforderlich ist. Die Suche nach einem geeigneten Standort stellt sich dementsprechend schwieriger dar.

Sowohl aus gewässerökologischer als auch aus betriebswirtschaftlicher Seite ergeben sich durch eine reine Speicherbewirtschaftung keine Vorteile gegenüber der Minimalspeichervariante. Die Anlage eines Speicherteichs von dieser Größe wird daher als nicht notwendig erachtet.

#### **5c: Ausblick**

Diese Variante berücksichtigt die Pläne eines zukünftigen Zusammenschlusses der Skigebiete Lech und Warth. Da für diesen Fall die erforderliche Speichergröße bei reiner Speicherbewirtschaftung (wie bei Variante 5b) zu groß ausfallen würde, beschränken sich die Überlegungen auf eine Adaptierung der Minimalspeichervariante. Für die Beschneigung der Pisten in Lech und Warth erhöht sich das erforderliche Speichervolumen auf 170.000 m<sup>3</sup>, ansonsten erfolgt die Bewirtschaftung wie unter Punkt 5a - Minimalspeicher beschrieben.

Tab. 4: Zusammenfassende Darstellung der einzelnen Beschneigungsvarianten mit qualitativer Bewertung aus gewässerökologischer und betriebswirtschaftlicher Sicht

VARIANTE	Gewässerökologie	Betriebswirtschaft
<b>Variante 1:</b> Erhöhung der Restwassermengen in den Niederwasser-Monaten D/J/F/M (ohne Ausgleich für Betreiber)	Hinsichtlich Erhaltung hydraulisch-morphologischer Parameter nicht notwendig; graduelle Entschärfung Immissionssituation	Starke Einschränkungen, kaum umsetzbar
<b>Variante 2:</b> Zeitliche Staffelung der Beschneigungen in Zug, Lech und Warth	Nur geringer Nutzen (40 l/s in Zug bzw. 30 l/s in Warth)	Einschränkung
<b>Variante 3:</b> Ausweiten Beschneigungszeitraum auf Oktober bis März bei gleichzeitiger Beschränkung der Wasserentnahmen in den Niederwasser-Monaten D/J/F/M	Graduelle Verbesserung	Grundsätzlich sinnvoll (flexiblere Beschneigung); aber: Einschränkung, wenn in warmen Jahren keine Beschneigung im Oktober möglich (witterungsabhängig)
<b>Variante 4:</b> Ausweiten Beschneigungszeitraum auf Oktober bis März ohne weitere Beschränkung in Wintermonaten	Tendenziell / langfristig positiv, bei warmer Witterung (Oktober) keine Verbesserung gegenüber Ist-Zustand	Sinnvoll (flexiblere Beschneigung)
<b>Variante 5a:</b> „Minimalspeicher“: bis Mitte November auch Direktentnahme aus Bach, danach Beschneigung nur mehr über Speicher → 140.000 m <sup>3</sup>	Grundsätzlich sinnvoll; kritisch ist die Standortfrage (keine Beeinträchtigung anderer Gewässer, Feuchtgebiete oder naturschutzfachl. wertvoller Lebensräume)	Sinnvoll
<b>Variante 5b:</b> „Maximalspeicher“: gesamte Beschneigung der derzeitigen Flächen über Speicher, keine Direktentnahme aus Bach → 340.000 m <sup>3</sup>	Nicht notwendig; Standortfrage auf Grund der Größe noch problematischer	Sinnvoll
<b>Variante 5c:</b> Ausblick: Speicher analog zu Variante 5a im Falle eines zukünftigen Zusammenschluss der Skigebiete Lech und Warth → 170.000 m <sup>3</sup>	siehe Variante 5a	siehe Variante 5a

## 5 Zusammenfassung

Als Teilprojekt des INTERREGIII B Projekts „living space network“ befasst sich die vorliegende Studie mit einem Optimierungskonzept der Betriebsweise der Wasserentnahmen für Beschneiungsanlagen im Vorarlberger Lechtal.

Neben der Darstellung des Ist-Zustands (Beschneigung, Gewässerökologie) anhand von bestehendem Datenmaterial werden Lösungsvorschläge zur Verbesserung der derzeitigen Situation (unter Berücksichtigung der betriebstechnischen Machbarkeit) diskutiert.

Im Vorarlberger Lechtal befinden sich 3 Skigebiete im Einzugsgebiet des Lech:

- Schigebiet Zürs
- Schigebiet Lech / Oberlech / Madloch-Zug
- Schigebiet Warth / Schröcken

Im Schigebiet Zürs wurde die gesamte Beschneigung erst kürzlich auf Speicherbewirtschaftung (mit Wasserentnahmen außerhalb der Niederwassermonate) umgestellt. Hier besteht somit aus gewässerökologischer Sicht kein Handlungsbedarf.

Im Schigebiet Lech hingegen ist die gesamte Beschneigung über Direktentnahmen (je eine Entnahmestelle im Ortsgebiet von Zug sowie Lech) geregelt. Die bewilligten maximalen Entnahmemengen betragen insgesamt 290 l/s von November bis Jänner und 190 l/s von Februar bis März. Ein Mindestabfluss von 230 l/s in Zug bzw. 400 l/s in Lech muss sichergestellt sein. Für die Entnahme in Lech bedeutet dies, dass zu extremen Niederwasserzeiten vor allem in den Monaten Jänner und Februar keine bzw. nur eingeschränkte Wasserentnahmen für die Beschneigung erfolgen können. Allerdings gibt es hier keine direkte Kontrollmöglichkeit. Grundsätzlich ist durch die bescheidgemäße Restwasserregelung die Aufrechterhaltung hydraulisch-morphologischer Rahmenbedingungen (Fließgeschwindigkeiten, Wassertiefen, Breiten ...) als Voraussetzung für die Erhaltung der standortgerechten Biozönose gewährleistet.

Im Schigebiet Warth /Schröcken befinden sich insgesamt 3 Entnahmestellen für die Beschneigung (Huberbach, Hemmenmahdquellen, Krumbach/Kuchlbach), wobei nunmehr das gesamte Beschneigungssystem im Wesentlichen über die Wasserfassung Krumbach/Kuchlbach betrieben wird. Es dürfen max. 30 l/s von 1. November bis 31. März des Folgejahrs entnommen werden, die vorgeschriebene Restwassermenge für den Unterlauf beträgt mind. 40 l/s. Allein auf Basis hydraulisch-morphologischer Parameter erscheint dies auch vertretbar bzw. dürften entsprechende Überlegungen auch dem Bescheid zugrunde liegen. Sowohl bei der Entnahme in Lech als auch in Warth ist jedoch die Abwassersituation (s.u.) das kritischere Thema.

Die limnologischen Rahmenbedingungen des Zürsbaches, Lechs und Krumbachs (zum Teil auch weitere Seitenzubringer) wird in erster Linie anhand der vom Umweltinstitut des Landes Vorarlberg zur Verfügung gestellten Daten (VoGIS, chemisch-physikalische Analysen) bewertet.

Bezüglich der Strukturgüte stellen sich die Gewässer im Vorarlberger Lechgebiet in überwiegend in gutem Zustand dar. Die durch die Wasserentnahme der Beschneiungsanlagen beeinflusste Strecke

unterhalb der Entnahme Zug weist einen hohen Natürlichkeitsgrad auf (73 % des Vorarlberger Lech sind hier natürlich oder naturnah bewertet).

Hinsichtlich der biologischen Gewässergüte sind die Gewässer im Lechgebiet gering belastet (Güteklasse I-II). Nur die Abschnitte unterhalb der Kläranlagen Lech und Warth (Krumbach) zeigen insbesondere zur Wintersaison noch Schwankungen, wobei die aktuellste Gütebeurteilung auch hier die Güteklasse I-II ausweist. Ursache ist der starke, saisonale Abwasseranfall durch den Tourismus, der zu hohen Emissions- und Immissionswerten in der winterlichen Niederwasserperiode führt. In jüngster Zeit kam es zu weiteren Adaptierungen der Kläranlagen Lech und Warth an den Stand der Technik, wobei bei der ARA Lech in Teilbereichen noch weitere Anpassungen erforderlich sind. Inwieweit die aktuellen Anpassungen der Abwasserreinigungsanlagen zur Verbesserungen der Immission führen, werden die weiteren Messungen zeigen.

Verbesserungsmöglichkeiten aus gewässerökologischer Sicht liegen neben der weiteren Optimierung der Kläranlagen daher vor allem in einer ausgeglicheneren Wasserführung bzw. der Reduktion der Entnahmen in der Niederwasserperiode, sowie besseren Kontrollmöglichkeiten für den verbleibenden Restwasserabfluss.

Zur Verbesserung der Restwassersituation wurden mehrere Bewirtschaftungsmöglichkeiten bzw. Varianten für die Beschneigung im Gebiet Lech / Warth betrachtet und sowohl aus limnologischer als auch aus betrieblicher Sicht bewertet. Dabei wurde grundsätzlich zwischen Varianten mit und ohne Speichermöglichkeiten unterschieden.

Ohne zusätzliche Speicher werden die Erhöhung der Restwassermenge, eine zeitliche Staffelung der Entnahmen sowie Ausdehnung des Beschneigungszeitraumes (mit/ohne Restwasseränderung) diskutiert. Speichervarianten werden in mehreren Ausbaustufen bzw. –größen dargestellt (Minimal-, Maximal- und allfällige Ausblicksvariante).

Die Bewertung der verschiedenen Varianten zusammenfassend ist eine alleinige Erhöhung der Restwassermengen ohne weitere Kompensationen kaum durchführbar bzw. eine Änderung des Rechtsbestandes nicht umzusetzen. Eine zeitliche Staffelung der verschiedenen Entnahmestellen bringt ökologisch nur wenig Vorteile und ist ebenfalls kaum praktikabel.

Eine Ausdehnung des Beschneigungszeitraumes auf den Oktober ist grundsätzlich sinnvoll. Bei geeigneter kalter Witterung ist hier tendenziell eine Verbesserung in den kritischeren Niederwassermonaten Dezember-März zu erreichen. Bei ungünstiger warmer Witterung ergibt sich jedoch keine Änderung des Ist-Zustandes.

Die Anlage einer Speichermöglichkeit ist grundsätzlich zweckmäßig. Am sinnvollsten erscheint die Kombination einer Direktentnahme während der Grundbeschneigung (Mitte Oktober bis Mitte November; aufgrund der vergleichsweise hohen Abflüsse in diesem Zeitraum ist der Eingriff gering) und Beschneigung über einen Wasserspeicher ab Mitte November. Bei den derzeitigen Verhältnissen wäre dafür ein Fassungsvermögen von rund 140.000 m<sup>3</sup> erforderlich, unter Berücksichtigung künftiger Ausbaupläne und Entwicklungen (evtl. Zusammenschluss der Schigebiete Lech und Warth) ca. 170.000 m<sup>3</sup>. Die gesamte Beschneigung über einen Speicher durchzuführen würde ein deutlich höheres Speichervolumen erfordern und ist auch nicht notwendig.



Kritischer Punkt bei den Speichervarianten ist jedoch, ob für einen Speicherteich geeignete naturverträgliche Standorte gefunden werden können. Keinesfalls sollen dadurch andere Gewässer oder ökologisch wertvolle Standorte beeinträchtigt werden.

Zusammenfassend sind daher die Ausdehnung des Beschneiungszeitraumes auf Oktober und die weitere Prüfung der Möglichkeiten eines Speicherstandortes die zweckmäßigsten Lösungen. Parallel dazu sollte die noch möglichen Verbesserung der Immissionssituation bzw. der Reinigungsleistung der Kläranlagen Lech und Warth betrieben werden.

(Mag. Christian Moritz)



## 6 Literatur

- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (1987): Richtlinien für die Begrenzung von Immissionen in Fließgewässern, Wien.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (1995): Entwurf zur Immissionsverordnung, Stand 18.8.1995, Wien.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2002): Fischgewässerrichtlinie der EU – 78/659/EWG. Bericht 2002 der Republik Österreich, Wien.
- BUHMANN, D. & G. HUTTER (1996): Fließgewässer in Vorarlberg. Gewässerstrukturen Erfassen – Bewerten – Darstellen. Ein Konzept. Schriftenreihe Lebensraum Vorarlberg, Band 33, Bregenz.
- BUHMANN, D. & G. HUTTER (1998): Fließgewässer in Vorarlberg. Gewässergüte und Wasserbeschaffenheit 1998. Schriftenreihe Lebensraum Vorarlberg, Band 44, Bregenz.
- EUROPÄISCHE UNION (1976): Richtlinie über die Qualität der Badegewässer, Brüssel.
- HYDROGRAPHISCHES ZENTRALBÜRO (2002): Hydrographisches Jahrbuch von Österreich 1999.-107. Band, Wien.
- LANDESWASSERBAUAMT BREGENZ: Abwasserreinigungsanlagen in Vorarlberg – Jahresberichte 2003 und 2004.
- MORITZ, C. (1998): Determining a sufficient (limnological point of view) instream flow. Method and results in some alpine brooks and rivers. – Tagungsband EAEME (European Association for Environmental Management Education) . Tagung "Minimum River Flow: Solutions for complex problems. Universität Parma.
- UMWELTINSTITUT DES LANDES VORARLBERG (2005): Fließgewässer in Vorarlberg, Gewässergüte im Wandel – Hintergrundinformationen und Gütekarte; Bregenz.
- WALSER, L., LUTZ, S., HUTTER, G. & D. BUHMANN (2002): Fließgewässer in Vorarlberg. Gewässerinventar. Teil 2: Strukturgüte der Fließgewässer im südlichen Vorarlberg. Stand 2001. – Schriftenreihe Lebensraum Vorarlberg, Band 53.

## 7 Anhang

OPTIMIERUNG DER BETRIEBSWEISEN DER WASSERENTNAHMEN  
FÜR BESCHNEIUNGSANLAGEN AM LECH

ANHANG



Tab. A1: Chemisch-physikalische Parameter an den 6 Probestellen im Lechgebiet von 1989 – 2004 , Fortsetzung Tab. A1

Gewässer	Stelle	Fkm	Datum	Qakt [m³/s]	Temp.	pH	LF [µs/cm]	KMNO4 [mg/l]	GH [°dH]	KH [°dH]	Alk. [mmol/l]	SO4 [mg/l]	CL [mg/l]	NH4+-N [mg/l]	NO2-N [mg/l]	NO3-N [mg/l]	GES-P [µg/l]	P-FILT [µg/l]	PO4-P [µg/l]	O2 [mg/l]	BSB5 [mg/l]	O2-S [%]	TOC [mg/l]	DOC [mg/l]	TC (in 100 ml)	FC (in 100 ml)	FS (in 100 ml)	GKZ (in 100 ml)
Zürsbach	obh. Zürs	5,80	17.10.1989		5,0	8,3	278	3,90	9,00	7,30	2,60	7,00	1,00	0,00	0,00	0,18	-10	-10	-10	11,70	4,60	114			70	20	0	
Zürsbach	obh. Zürs	5,80	10.03.1992		2,5	8,4	316	3,20	9,00	9,00	3,20	6,20	4,20	0,00	0,00	0,37	4	2	1	12,90	2,50	118			10	0	0	168
Zürsbach	obh. Zürs	5,80	28.11.1994	0,05	3,7	8,4	300	2,20	9,20	8,70	3,10	7,40	0,90	0,01	0,00	0,14	3	3	3	11,90	0,30	112	1,42	0,5	0	0	0	200
Zürsbach	obh. Zürs	5,80	06.11.1995	0,04	2,8	8,3	256	1,60	7,80	6,80	2,50	16,30	0,90	0,00	0,00	0,30	3	3	3	10,50		96	2,63	0,49	0	0	10	340
Zürsbach	obh. Zürs	5,80	06.11.1996	0,06	5,0	8,3	290	3,50	9,00	8,40	3,00	6,20	1,00	0,00	0,00	0,16	3	3	3	11,10	1,90	108	2,7	0,64	10	0	0	440
Zürsbach	obh. Zürs	5,80	17.02.1997	0,01	2,7	8,1	295	2,60	8,80	8,10	2,90	10,60	0,80	0,00	0,00	0,25	9	4	3	12,20	0,60	111	2,5	0,5	0	0	0	200
Zürsbach	obh. Zürs	5,80	12.03.1997	0,03	3,4	8,1	304	7,40	9,00	8,40	3,00	5,80	2,10	0,00	0,00	0,32	3	3	3	11,20	1,40	104	2,7	0,5	0	0	0	870
Zürsbach	obh. Zürs	5,80	16.05.2000	0,50	3,6	8,1	171	7,70	5,40	4,90	1,80	3,00	0,70	0,01	0,00	0,23	20	3	2	11,40	2,80	107	3	0,25	10	0	0	500
Zürsbach	obh. Zürs	5,80	13.11.2000	0,02	4,4	8,4	280	1,60	8,70	8,00	2,80	10,00	0,90	0,00	0,00	0,16	2	2	2	11,00	0,10	105	2,1	0,25	0	0	0	90
Zürsbach	obh. Zürs	5,80	12.02.2001	0,02	2,7	8,3	302	1,50		8,20	2,90	11,00	1,90	0,00	0,00	0,23	3	2	2	11,80	1,50	108	3,5	0,25	0	0	0	30
Zürsbach	obh. Zürs	5,80	12.11.2002	0,12	3,9	8,2	297	3,50	7,90	8,40	3,10	4,00	2,40	0,00	0,00	0,12	2	2	2	11,00	1,40	104	1,3	0,64	10	0	0	300
Zürsbach	obh. Zürs	5,80	23.06.2003	0,16	5,1	7,9	166		4,80	4,00	1,40	10,00	0,50	0,00	0,00	0,12	2	2	2	10,80	1,00	105	0,25	0,25	20	0	0	10
Zürsbach	obh. Zürs	5,80	26.04.2004	0,07	3,9	8,1	317		10,50	8,70	3,20	4,00	4,80	0,01	0,00	0,32	5	1	1	10,80	1,20	102	0,25	0,25	0	0	0	300
Zürsbach	obh. Zürs	5,80	05.07.2004	0,35	3,6	8,0	151		4,60	4,00	1,40	6,00	0,50	0,01	0,00	0,28	1	1	1	11,40	1,30	107			20	0	0	40
Zürsbach	uhb. Zürs	4,10	17.10.1989		5,4	8,6	225	4,20	7,80	7,80	2,80		1,00	0,00	0,12	-10	-10	-10	11,40	1,90	109			3000	1560	20		
Zürsbach	uhb. Zürs	4,10	20.03.1990		3,0	7,8	261	3,80	8,40	8,40	3,00	6,00	2,10	0,03	0,00	0,37	-10	-10	-10	11,70	5,40	105			4600	150	20	2000
Zürsbach	uhb. Zürs	4,10	10.03.1992		4,0	8,4	287	6,10	8,70	7,80	2,80	13,20	2,50	0,01	0,00	0,37	10	6	3	12,00	1,70	110			0	0	0	400
Zürsbach	uhb. Zürs	4,10	28.11.1994	0,15	3,5	8,4	287	4,50	8,10	7,60	2,70	11,20	0,60	0,31	0,00	0,18	5	3	3	13,00	2,00	118	1,64	0,5	2500	210	120	2300
Zürsbach	uhb. Zürs	4,10	06.11.1996	0,20	3,0	8,2	256	2,60	8,20	7,20	2,60	9,50	0,60	0,00	0,00	0,25	5	4	3	11,10	1,10	100	2,8	0,5	300	60	0	260
Zürsbach	uhb. Zürs	4,10	17.02.1997	0,06	0,3	8,2	270	3,50	8,20	7,80	2,80	6,80	0,90	0,00	0,00	0,30	6	3	3	13,00	1,30	108	2,8	0,5	2800	140	0	800
Zürsbach	uhb. Zürs	4,10	12.03.1997	0,50	3,2	8,2	270	4,50	8,00	7,60	2,80	4,40	1,30	0,00	0,00	0,30	22	4	3	11,20	2,30	101	2,9	0,5	220	0	20	1190
Zürsbach	uhb. Zürs	4,10	17.03.1999	0,16	2,9	8,1	314	3,20	8,80	7,80	2,80	8,00	5,60	0,01	0,00	0,51	13	9	7				2,8	1	1200	520	110	2700
Zürsbach	uhb. Zürs	4,10	16.05.2000	6,66	4,8	8,2	181	3,90	5,70	5,20	1,90	3,00	0,60	0,01	0,00	0,21	16	2	2	11,70	1,50	110	3,2	0,25	40	0	10	180
Zürsbach	uhb. Zürs	4,10	13.11.2000	0,42	3,7	8,5	255	2,60	8,20	7,30	2,60	102,00	1,00	0,00	0,00	0,14	2	2	2	11,00	0,80	100	2,6	0,275	70	0	0	140
Zürsbach	uhb. Zürs	4,10	12.02.2001	0,11	1,0	8,3	285	1,90		8,10	2,90	7,00	1,70	0,01	0,00	0,23	7	6	5	12,30	1,60	104	2,7	0,25	230	0	10	260
Zürsbach	uhb. Zürs	4,10	13.02.2002	0,30	2,6	8,3	292	6,30	9,60	7,80	2,80	8,00	4,60	0,00	0,00	0,25	5	3	3	12,00	1,10	106	2,4	0,25	210	0	0	900
Zürsbach	uhb. Zürs	4,10	12.11.2002	1,32	2,6	8,2	269	6,00	8,90	7,40	2,70	5,00	2,40	0,00	0,00	0,12	7	2	2	11,40	1,20	101	1,4	0,26	0	0	0	370
Zürsbach	uhb. Zürs	4,10	23.06.2003	1,32	6,5	8,0	180		5,50	4,60	1,70	8,00	0,50	0,00	0,00	0,12	2	2	2	10,70	1,40	105	0,69	0,25	120	10	0	100
Zürsbach	uhb. Zürs	4,10	26.04.2004	0,60	4,9	8,2	287		9,60	8,00	2,90	5,00	2,40	0,01	0,00	0,32	13	5	1	10,80	1,10	102	0,6	0,51	30	0	10	600
Zürsbach	uhb. Zürs	4,10	05.07.2004	0,00	5,0	8,1	171		5,30	4,70	1,70	5,00	0,50	0,01	0,00	0,12	5	1	1	10,90	1,10	103			30	0	0	40
Lech	obh. Lech	10,40	17.10.1989		4,9	8,3	279	4,60	9,80	7,30	2,60	36,00	0,60	0,00	0,00	0,25	-10	-10	-10	11,10	0,60	104			20	0	0	
Lech	obh. Lech	10,40	20.03.1990		4,5	7,9	290	5,40	9,20	7,30	2,60	37,00	0,70	0,01	0,00	0,32	-10	-10	-10	11,10	2,60	103			0	0	0	0
Lech	obh. Lech	10,40	10.03.1992		3,1	8,3	363	3,80	10,90	7,80	2,80	58,00	0,50	0,00	0,00	0,35	13	2	1	12,40	3,30	110			0	0	0	123
Lech	obh. Lech	10,40	28.11.1994	0,80	3,6	8,3	343	2,90	10,40	7,00	2,50	54,30	0,20	0,00	0,00	0,23	4	3	3	13,10	1,90	119	1,93	0,5	0	10	0	80
Lech	obh. Lech	10,40	06.11.1996	2,00	3,5	8,2	324	3,20	10,10	7,00	2,60	46,00	0,30	0,00	0,00	0,28	3	3	3	11,50	5,30	104	2,9	1	100	0	0	90
Lech	obh. Lech	10,40	17.02.1997	0,30	3,1	8,1	377	2,20	11,10	6,90	2,50	71,30	0,60	0,00	0,00	0,30	3	3	3	12,80	1,50	114	3	0,5	0	0	0	280
Lech	obh. Lech	10,40	12.03.1997	2,50	3,5	8,1	324	5,20	9,50	6,90	2,50	38,70	0,45	0,00	0,00	0,32	4	3	4	11,80	1,90	106	3,4	0,5	10	0	0	330
Lech	obh. Lech	10,40	17.03.1999		4,2	8,2	357	1,90	10,40	7,00	2,50	52,00	0,50	0,01	0,00	0,34	6	3	2				3	0,8	0	0	0	270
Lech	obh. Lech	10,40	16.05.2000	3,00	4,8	8,2	226	5,50	7,10	5,50	2,00	16,00	0,40	0,00	0,00	0,23	4	2	2	11,70	1,50	109	3,9	0,25	40	10	30	400
Lech	obh. Lech	10,40	13.11.2000	0,70	4,8	8,4	343	1,90	10,60	6,90	2,40	57,00	0,50	0,00	0,00	0,23	2	2	2	10,70	0,80	100	2,3	0,25	20	0	0	100
Lech	obh. Lech	10,40	12.02.2001	0,80	2,5	8,2	382	1,90		7,00	2,50	75,00	0,50	0,00	0,00	0,25	2	2	2	11,40	0,80	100	2,8	0,275	10	0	0	30
Lech	obh. Lech	10,40	13.02.2002	0,60	3,2	8,1	365	6,00	12,20	6,80	2,50	65,00	0,40	0,00	0,00	0,28	2	2	2	12,40	2,50	111	2,7	0,25	0	0	0	60
Lech	obh. Lech	10,40	23.06.2003	0,90	9,8	8,1	272		8,10	5,60	2,00	38,00	0,50	0,00	0,00	0,12	2	2	2	12,20	3,40	129	0,61	0,56	20	0	0	30
Lech	obh. Lech	10,40	26.04.2004	0,00	5,3	8,0	322		10,50	7,20	2,60	37,00	0,50	0,01	0,00	0,34	5	5	1	11,00	1,10	104	0,87	0,82	0	0	0	20
Lech	obh. Lech	10,40	05.07.2004	0,00	6,1	6,1	228		6,80	4,90	1,80	29,00	0,50	0,01	0,00	0,12	1	1	1	10,80	1,10	104			10	0	30	40

VERFASSER: ARGE LIMNOLOGIE

April 06

OPTIMIERUNG DER BETRIEBSWEISEN DER WASSERENTNAHMEN  
FÜR BESCHNEIUNGSANLAGEN AM LECH

ANHANG



Fortsetzung Tab. A1

Gewässer	Stelle	Fkm	Datum	Qakt [m³/s]	Temp.	pH	LF [µs/cm]	KMNO4 [mg/l]	GH [°dH]	KH [°dH]	Alk. [mmol/l]	SO4 [mg/l]	CL [mg/l]	NH4+N [mg/l]	NO2-N [mg/l]	NO3-N [mg/l]	GES-P [µg/l]	P-FILT [µg/l]	PO4-P [µg/l]	O2 [mg/l]	BSB5 [mg/l]	O2-S [%]	TOC [mg/l]	DOC [mg/l]	TC (in 100 ml)	FC (in 100 ml)	FS (in 100 ml)	GKZ (in 100 ml)
Lech	obh. ARA Lech	9,10	12.02.2001		2,5	8,3	392	2,20	11,50	7,30	2,60	69,00	1,00	0,00	0,00	0,25	4	2	2	11,90	1,80	104	2,7	0,5	27	6	13	340
Lech	obh. ARA Lech	9,10	23.06.2003	2,00	9,7	8,1	259		7,80	5,40	1,90	34,00	0,50	0,00	0,00	0,12	2	2	2	10,10	0,90	106	0,25	0,25	440	20	20	120
Lech	obh. ARA Lech	9,10	26.04.2004	0,00	5,7	8,2	322		10,70	7,50	2,70	33,00	1,20	0,01	0,00	0,37	5	5	1	10,70	0,90	102	0,73	0,81	400	0	50	260
Lech	obh. ARA Lech	9,10	05.07.2004	0,00	6,5	8,1	220		6,60	4,90	1,80	24,00	0,50	0,01	0,00	0,12	1	1	1	10,90	1,40	106			30	0	10	80
Lech	uhb. ARA Lech	8,00	17.10.1989		5,7	8,4	280	4,90	9,80	7,80	2,80	40,00	0,80	0,00	0,00	0,23	-10	-10	-10	12,80	4,10	122			260	150	10	
Lech	uhb. ARA Lech	8,00	20.03.1990		5,0	7,9	307	5,40	9,80	7,60	2,70	40,00	1,30	0,18	0,00	0,37	13	-10	-10	11,90	3,90	112			800	400	200	0
Lech	uhb. ARA Lech	8,00	10.03.1992		4,8	8,3	392	6,10	10,90	7,80	2,80	58,10	3,80	0,65	0,03	0,87	26	10	7	11,40	2,00	106			7500	1200	200	2600
Lech	uhb. ARA Lech	8,00	28.11.1994	1,20	3,7	8,3	337	4,20	9,80	7,30	2,60	42,10	0,40	0,08	0,00	0,25	7	3	3	11,90	0,80	108	1,54	0,5	1400	1050	300	520
Lech	uhb. ARA Lech	8,00	06.11.1996	2,60	3,9	8,2	324	3,50	9,90	7,30	2,70	39,30	0,30	0,01	0,00	0,28	8	6	4	11,10	1,30	101	3	0,6	2700	1240	720	960
Lech	uhb. ARA Lech	8,00	17.02.1997	0,50	2,9	8,2	382	8,00	10,70	7,30	2,70	60,30	3,10	1,76	0,00	0,23	14	6	3	14,40	4,50	127	3,6	0,5	10000	680	920	9300
Lech	uhb. ARA Lech	8,00	12.03.1997	3,00	3,2	8,1	347	6,80	9,70	7,30	2,70	42,20	1,90	0,77	0,00	0,34	13	9	4	11,60	1,30	103	3,9	0,5	880	10	60	840
Lech	uhb. ARA Lech	8,00	17.03.1999	1,50	3,2	8,2	367	5,80	10,50	7,20	2,60	49,00	3,20	0,70	0,00	0,44	23	10	8				4	1,3	4600	2080	880	2500
Lech	uhb. ARA Lech	8,00	16.05.2000	20,42	5,9	8,2	212	6,40	6,70	5,50	2,00	13,00	0,30	0,01	0,00	0,23	9	3	2	10,80	0,50	103	3,3	0,25	10	0	0	110
Lech	uhb. ARA Lech	8,00	13.11.2000	1,48	4,2	8,4	309	3,50	9,30	6,90	2,40	41,00	0,70	0,00	0,00	0,25	2	2	2	11,00	0,90	101	2,2	0,25	820	60	40	700
Lech	uhb. ARA Lech	8,00	12.02.2001	0,87	4,6	8,2	422	7,80		7,40	2,60	72,00	5,80	0,40	0,02	1,08	96	46	41	10,90	4,60	101	4,5	1,5	76000	8600	14600	18300
Lech	uhb. ARA Lech	8,00	13.02.2002	1,15	5,1	8,3	401	6,00	12,50	7,30	2,70	65,00	4,00	0,76	0,02	0,53	91	62	60	11,60	4,40	109	3,4	1,2	9000	2600	1800	6000
Lech	uhb. ARA Lech	8,00	23.06.2003	6,15	9,6	8,1	239		7,30	5,40	1,90	25,00	0,50	0,01	0,00	0,12	6	4	3	10,20	1,10	107	0,25	0,5	690	110	210	1100
Lech	uhb. ARA Lech	8,00	26.04.2004	0,00	5,7	8,2	327		10,70	7,60	2,80	33,00	1,20	0,01	0,00	0,39	5	5	5	10,80	1,10	103	0,93	0,78	800	180	50	550
Lech	uhb. ARA Lech	8,00	05.07.2004	0,00	6,5	8,1	205		6,30	4,90	1,80	18,00	0,50	0,01	0,00	0,12	5	1	1	11,10	1,10	108			100	0	30	100
Krumbach	obh. ARA Warth	1,80	23.06.2003	0,30	13,8	8,3	277		8,40	7,60	2,70	7,00	1,00	0,00	0,00	0,12	5	2	2	10,50	1,70	121	0,77	0,9	60	0	20	1000
Krumbach	obh. ARA Warth	1,80	05.07.2004	0,40	10,0	8,2	205		6,30	5,80	2,10	4,00	0,50	0,01	0,00	0,12	1	1	1	10,30	0,80	109			90	0	200	300
Krumbach	uhb. ARA Warth	1,60	12.03.1991		5,1	8,3	277	6,10	9,00	8,40	3,00	8,00	0,80	0,13	0,00	0,23	50	35	33	11,20	7,20	107			172000	400	500	90000
Krumbach	uhb. ARA Warth	1,60	26.02.2001	0,15	0,4	8,3	357	5,40		9,40	3,30	12,00	5,90	1,37	0,07	0,41	162	149	143	11,90	1,50	98	3	0,3	28000	2600	4900	9000
Krumbach	uhb. ARA Warth	1,60	18.02.2002	0,35	2,1	8,3	327	5,40	9,20	8,50	3,10	9,00	5,90	0,50	0,00	0,25	9	4	3	11,50	0,80	99	3,2	1,5	16000	1300	1500	3400
Krumbach	uhb. ARA Warth	1,60	23.06.2003	0,35	14,0	8,3	277		8,40	7,50	2,70	7,00	1,30	0,01	0,00	0,12	6	2	2	9,50	1,10	110	0,64	0,78	70	0	40	500
Krumbach	uhb. ARA Warth	1,60	05.07.2004	0,40	10,1	8,2	210		6,40	5,80	2,10	4,00	0,50	0,01	0,00	0,12	5	1	1	9,90	0,40	105			70	0	90	200

Qakt	Abfluss aktuell	NH4_N	Ammonium-Stickstoff	O2_S	Sauerstoffsättigung
LF	Leitfähigkeit	NO2_N	Nitrit	TOC	Gesamter organischer Kohlenstoff
		NO3_N	Nitrat	DOC	Gelöster organischer Kohlenstoff
KMNO4	Kaliumpermanganat	GES_P	Nitrat	TC	Totalcoliforme Bakterien
GH	Gesamthärte	P_FILT	Gesamtphosphor	FC	Fäkalcoliforme Bakterien
KH	Karbonathärte	PO4_P	Phosphor Filtrat	FS	Fäkalstreptokokken
ALK	Alkalität	O2	Ortho-Phosphat	GKZ	Gesamtkeimzahl
SO4	Sulfat	BSB5	Sauerstoffgehalt	E.Coli	E.Coli-Bakterien
CL	Chlorid		Biochemischer Sauerstoffbedarf		

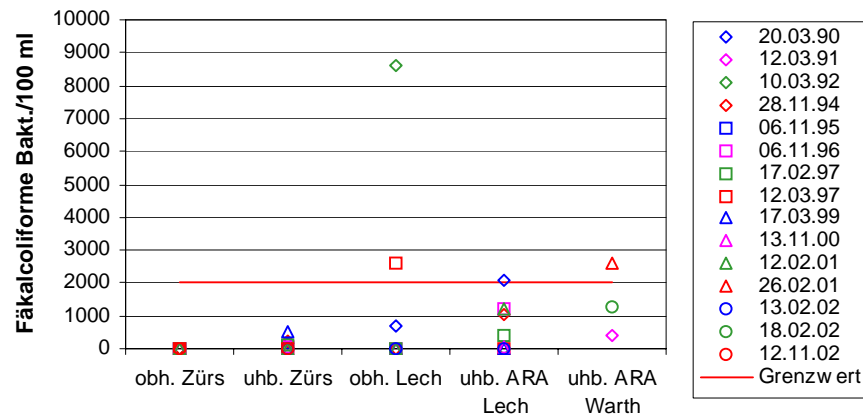
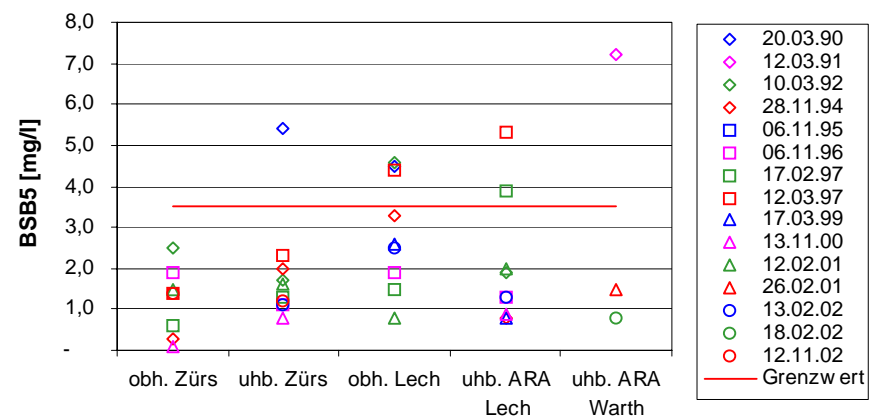
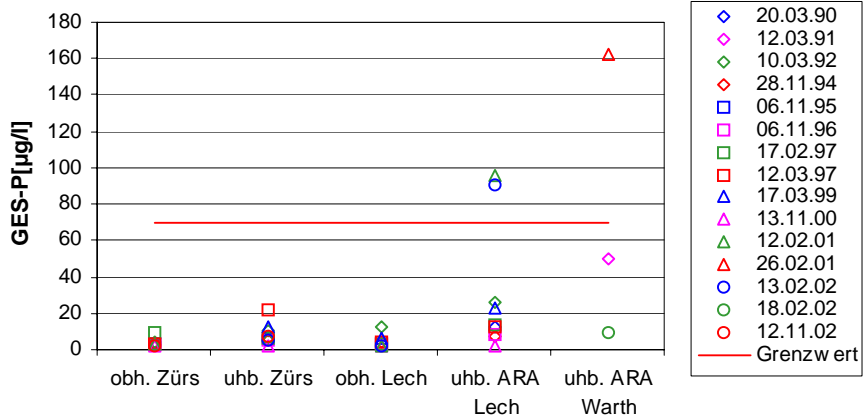
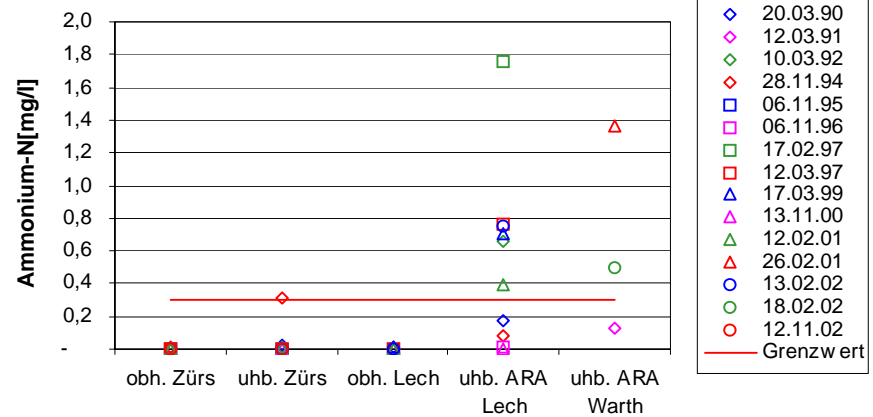
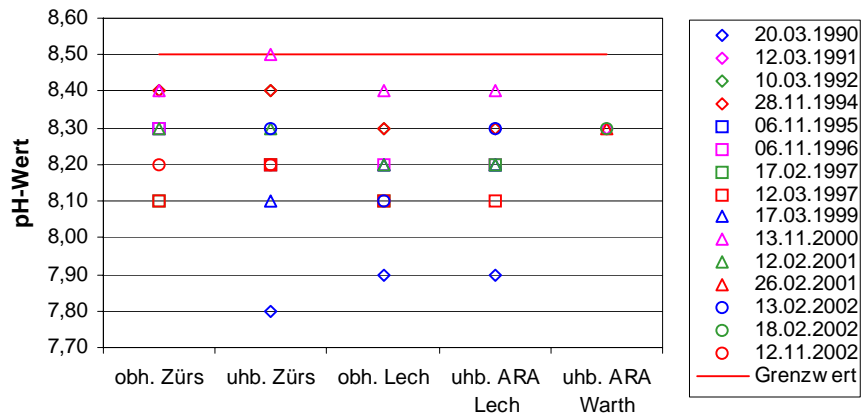


Abb. A 1: Chemisch-physikalische Parameter an den 6 Probestellen im Untersuchungsgebiet (ohne Sommermonate)