

DER EINFLUSS VON ABWASSEREINLEITUNGEN AUF DIE GEWÄSSERGÜTE DES LECHS (UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE VON 1976 - 1980)

Hans-Joachim Hoffmann

Seit Menschengedenken werden Abwässer in Flüsse geleitet. Mit der expansiven Entwicklung der Bevölkerung und der Industrie ist in vielen Fällen die Kapazität des Selbstreinigungsvermögens der Gewässer ausgeschöpft worden. In einzelnen Gewässerabschnitten überwiegt bereits die Funktion des Abwassertransportes. Trotz fortschreitender Entwicklung in der Abwasserreinigungstechnologie, der zunehmenden Zahl an Kläranlagen und der vielen Maßnahmen zur Reduktion des Abwasservolumens werden wir auch in Zukunft auf die Nutzung von Flüssen als Vorfluter für die Abwasserreinigung nicht verzichten können. Es ist deshalb im Hinblick auf die Erhaltung von wenig belasteten Gewässern bzw. unter dem Gesichtspunkt von Sanierungsmaßnahmen für Fließgewässer mit kritischen Gewässerzuständen wichtig, die Kenntnisse über die natürlichen Regelmechanismen von Abbau und Elimination der verschiedenen Wasserinhaltsstoffe ständig zu vertiefen (Abb. 1).

Dies war auch einer der wesentlichen Teilaspekte eines Forschungsvorhabens, das im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 81 Teilprojekt B 3 von der Bayerischen Landesanstalt für Wasserforschung in Zusammenarbeit mit anderen Bayerischen Landesämtern und Instituten der TH München durchgeführt wurde. Das Projekt wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und dem Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen gefördert. Am Beispiel eines alpinen bzw. voralpinen Fließgewässers sollten u.a. folgende Prozesse untersucht werden:

- 1) Die Abbau- und Eliminationsvorgänge nach der Einleitung von kommunalen Abwässern,
- 2) das Selbstreinigungsvermögen und die Geschwindigkeit dieses Prozesses.

1. Beschreibung der Untersuchungsstrecke

1.1 Geographische Fakten

In Abb. 2 ist der ausgewählte Streckenabschnitt skizziert. Die Fließrichtung verläuft ziemlich exakt von Süden nach Norden. Am

nördlichen Stadtrand von Augsburg mündet die Wertach in den Lech (Fluß-km: 38,9). 400 m unterhalb der Mündung (Fluß-km: 38,5) leitet die Kläranlage Augsburg linksufrig die Abwässer (ca. 800.000 E + EGW) ein. Nach weiteren 1,1 km wird ebenfalls auf der linken Seite (Fluß-km: 7,4 = Kanal-km: 0) das Lechwasser bis zu einem $Q_{\max} = 125 \text{ m}^3/\text{s}$ vollständig in den Lechkanal abgeleitet. Größere Wassermengen werden über das Überlaufbauwerk Augsburg Nord in das alte Mutterbett des Lechs geführt. Die Kanallänge beträgt 17,75 km. Zwischen den Kraftwerken Meitingen und Ellgau (Fluß-km: 19,65) wird der Kanal wieder mit dem alten Flußbett vereinigt.

Am Lechkanal werden die Kraftwerke Gersthofen (Kanal-km: 3,0), Langweid (Kanal-km: 9,0) und Meitingen (Kanal-km: 14,5) betrieben. Am unteren Lech folgen die Staustufen Ellgau, Oberpeiching, Rain und Feldheim.

Neben der Kläranlage Augsburg sind in der Abb. 2 noch folgende weitere Abwassereinleitungen eingezeichnet:

KA Gersthofen Stadt
 KA Gersthofen Hoechst
 KA Langweid, Gemeinde
 KA Herbertshofen
 KA Meitingen
 KA Rain.

Die eigentliche Untersuchungsstrecke wurde im Süden durch die KA Augsburg und im Norden durch die Staustufe Rain (Fluß-km: 6,15) begrenzt. Damit besaß der untersuchte Gewässerabschnitt eine Länge von ca. 32 km. Wie die Untersuchung zeigte, ausreichend zur Beobachtung von Abbauprozessen.

Die Erhebung der Grundwasserbelastung des Lechs vor der Einleitung des Augsburger Abwassers gestaltete sich außerordentlich schwierig. Abb. 3 vermittelt einen Eindruck von dem unübersichtlichen Fluß- und Bächesystem im Stadtgebiet von Augsburg. Nur mit Hilfe von einigen stichprobenartigen Meßaktionen gelang ein Überblick über den Gütestand.

Die Meßstrecke wurde im Norden durch die Einleitung der KA Rain limitiert, da hier der

STRUKTUR DES GEWÄSSERGÜTEMODELLS

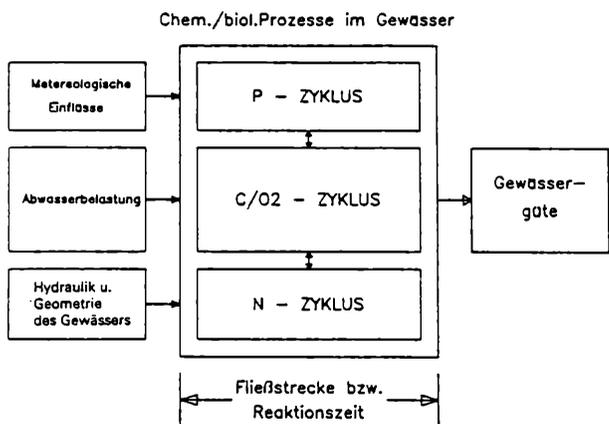


Abbildung 1

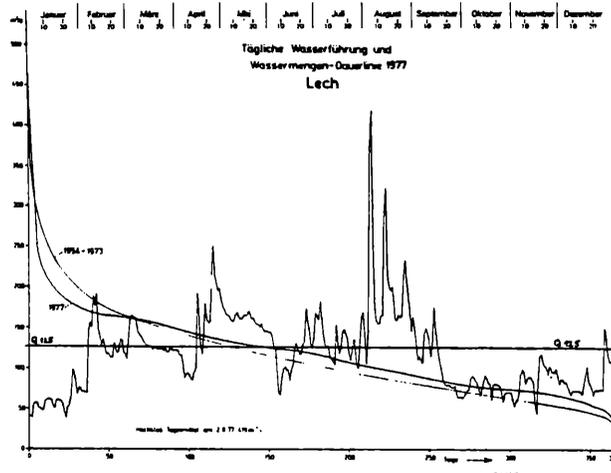


Abbildung 4

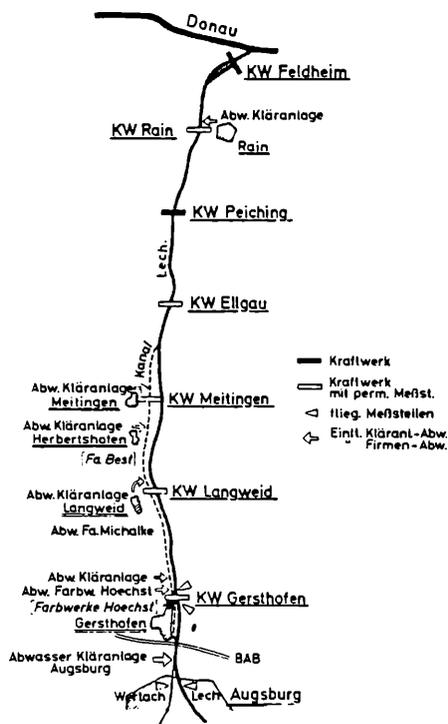


Abbildung 2

LECH und WERTACH im Stadtgebiet Augsburg

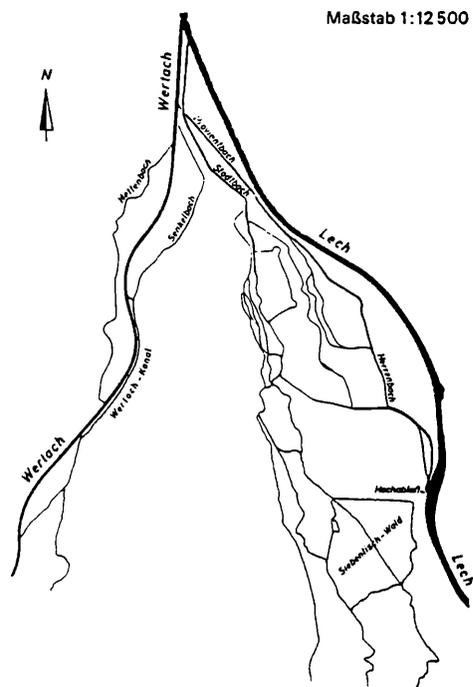


Abbildung 3

Lech erneut stark belastet wird durch Abwässer aus der Zuckerfabrikation.

1.2 Wasserführung und Zuflüsse

Es wurde eingangs schon darauf hingewiesen, daß im Bereich der Untersuchungsstrecke die Wasserführung nicht durch die Mündung von weiteren größeren Fließgewässern verändert wird. Der Abfluß unterliegt nur den jahreszeitlichen Schwankungen, sie sind in *Abb. 4* für das Jahr 1977 graphisch dargestellt. Für dieses Jahr wurde das höchste Tagesmittel mit $Q = 419 \text{ m}^3/\text{s}$ am 2. August gemessen. Dieser Spitzenwert wird mit $1.350 \text{ m}^3/\text{s}$ aus dem Zeitraum zwischen 1960 - 1971 übertroffen. Im allgemeinen wird mit einem $NMQ = 43 \text{ m}^3/\text{s}$ gerechnet. Bedingt durch die Ableitung des Lechwassers in den Kanal konnten die Meßaktionen auch nur in Abhängigkeit von der Wasserführung bis zu einem $Q_{\max} = 125 \text{ m}^3/\text{s}$ durchgeführt werden. Aus der *Abb. 4* ergibt sich deutlich, daß geeignete niedrige Abflußmengen meist nur im Winterhalbjahr angetroffen werden. Von April bis August kann die Schneeschmelze zu z.T. erheblichen Hochwässern führen. Nur in wenigen Fällen wurden auch im Sommerhalbjahr Niedrigwasserführungen registriert. Hier kann als Beispiel der Sommer 1976 genannt werden. Bei Wassertemperaturen bis über 20°C herrschten damals günstige Randbedingungen für die Untersuchung von biochemischen Stoffumsätzen im Gewässer.

Im Gegensatz zu den anfänglichen Befürchtungen wirkten sich die intensive Stauhalte im Bereich des ausgewählten Gewässerabschnitts kaum auf die Meßergebnisse aus.

1.3 Meßstationen und Untersuchungskonzept

Die Abwassereinleitungen gehören zu den wichtigsten Einflußgrößen der Gewässergüte. Das Untersuchungskonzept wurde daher von Anfang an so gestaltet, das synchron zu den Meßaktionen im Vorfluter auch die relevanten Einleitungen qualitativ und quantitativ erfaßt wurden.

In geräumigen Bauwagen wurden in Gersthofen, Langweid und Meltingen, Ellgau und Rain feste Flußmeßstationen errichtet. Parallel dazu wurden stationäre Meßeinrichtungen bei den Kläranlagen

Augsburg
Gersthofen, Stadt
Gersthofen, Hoechst und
Langweid

installiert.

Das analytische Programm war sehr umfangreich und umfaßte u.a. folgende Parameter:

| | | | |
|------------------------|------------------|-----------------|----|
| Temperatur | BSB ₅ | SO ₄ | Hg |
| ph | CSB | Cl | Cd |
| O ₂ -Gehalt | TOC | CO ₃ | Pb |
| Trübung | NH ₄ | Härte | |
| Solarität | org. N | NO ₂ | |

Es wurde auch eine Reihe von biologischen und bakteriologischen Untersuchungen durchgeführt.

1.4 Charakterisierung der Abwassereinleitungen

1.4.1 Die Einleitungen von Gersthofen bis Meltingen

Bereits in Voruntersuchungen hatte sich die Struktur der Abwassereinleitungen des Lechs und Lechkanals herauskristallisiert. Die kleinen Kläranlagen wie Gersthofen und Langweid und der anderen Gemeinden spleiten zusammen mit der KA der Fa. Hoechst im Hinblick auf die Abwasserbelastung des Lechs nur eine untergeordnete Rolle. Die Schmutzfracht führte für $Q = 60 \text{ m}^3/\text{s}$ bzw. $Q = 120 \text{ m}^3/\text{s}$ für die Summe der genannten Einleitungen nur zu folgenden Konzentrationserhöhungen der Summenparameter im Gewässer:

| | $Q = 60 \text{ m}^3/\text{s}$ mg/l | $Q = 120 \text{ m}^3/\text{s}$ mg/l |
|------------------|---------------------------------------|--|
| BSB ₅ | 0,3 | 0,15 |
| CSB | 0,9 | 0,45 |
| TOC | 0,3 | 0,15 |

Diese Gehalte errechnen sich unter der Voraussetzung der Volldurchmischung des Kanals. Eine Erfassung dieser Konzentrationsgrößenordnung ist mit den bekannten analytischen Methoden nicht möglich. Das trifft für die Abwassereinleitung Augsburg mit Sicherheit nicht zu.

1.4.2 Die Abwassereinleitung Augsburg

Das Augsburger Klärwerk verfügte im Untersuchungszeitraum von 1976 bis 1978 lediglich über eine mechanische Abwasserreinigungsstufe. Seit Beginn unserer Untersuchungen wurde der Ausbau der Schlammbehandlungsanlage und der biologischen Reinigungsstufe betrieben.

1.4.2.1 Organische Belastung

Ein wesentlicher Teil der Schmutzfracht besteht aus organischen Abwasserinhaltsstoffen, die durch ihre stoffliche Umwandlung den Sauerstoffgehalt des Lechs und des Lechkanals erheblich belasten. Am Beispiel des Parameters BSB₅ sind in Abb. 5 die Konzentrationserhöhungen errechnet worden, die sich für den jeweiligen Wasserstand des Lechs bei Volldurchmischung ergeben. In einigen Meßreihen wurden für den Beginn der Untersuchungstrecke (Gersthofen) BSB₅-Maxima von 9 mg/l und mehr gefunden. Die starken Schwankungen mit z.T. Amplituden von 6 – 7 mg BSB₅/l sind die Auswirkungen der typischen Frachtcharakteristika einer kommunalen Kläranlage. In Abb. 6 ist in Form eines Histogramms das korrespondierende BSB₅-Verteilungsschema einer 48-h-Untersuchung des Kläranlagenablaufs dargestellt worden. Die Intervalle der Mischproben betragen 4 Stunden. Die Belastungspitzen sind am Vormittag deutlich ausgeprägt. Während der Nachtzeit durchläuft die Frachtamplitude jeweils ein Minimum. Für den CSB und TOC werden analoge Charakteristika gefunden (Abb. 7, 8). Berechnungen der zusätzlichen CSB-Konzentration im Gewässer führen zu Maxima bis 38 mg/l (bei Q = 70 m³/s). Beim TOC errechnen sich Höchstwerte bis 9 mg/l (Q = 60 m³/s).

1.4.2.2. Stickstoffverbindungen

Die Stickstoffverbindungen können in Gewässern neben ihrem Düngungseffekt auch sauerstoffverbrauchende Eigenschaften entwickeln. Bei Gewässergüteuntersuchungen sind sie daher in jedem Fall zu berücksichtigen. Die KA Augsburg leitet bedeutende Frachten an Ammonium (NH₄⁺) und organisch gebundenem Stickstoff ein. Dadurch werden rechnerisch Konzentrationserhöhungen im Lech bis zu 0,8 mg/l beim NH₄⁺ und 1,2 mg/l beim org. N (bei Q = 60 m³/s möglich).

1.4.2.3 Schwermetalle

Als aktuelle Schadstoffgruppe wurden die Konzentrationen der Schwermetalle Hg, Cd und Pb im Augsburger Abwasser bestimmt. Ihre Auswahl erfolgte aufgrund ihrer führenden Plätze in der Toxizitätsskala. Die entsprechenden Verdünnungsberechnungen führten nur zu Aufstockkonzentrationen, die analytisch nicht erfaßt werden konnten. Für das Hg ergeben sich z.B. Konzentrationen von 0,08 µg/l. Bei Cd und Pb konnten im Lech nur Höchstwerte von 0,1 bzw.

0,7 µg/l gefunden werden. Die Gewässeranalyse hat die Theorie voll bestätigt.

1.4.2.4 Zusammenfassung der Einleiter

In Abb. 9 sind die Abwassereinleitungen in den Lech bzw. Lechkanal hinsichtlich ihrer BSB₅-, CSB- und TOC-Fracht zusammengestellt.

Im Pauschalwert wurden die Orte Stettenhofen, Langweid-Forst, Herbertshofen, Meitingen, Waltershofen, Ostendorf und Ellgau unter dem Aspekt der organischen Belastung (auf der Grundlage der Einwohnergleichwerte) berechnet. Die Aufstellung zeigt deutlich die Dominanz der Abwassereinleitung Augsburg in Relation zum gesamten Frachtvolumen. Für alle drei Parameter wird die 90 %-Marke deutlich überschritten.

2. Auswirkung der Abwassereinleitungen

Im folgenden werden anhand der Untersuchungsergebnisse die Auswirkungen der verschiedenen Abwassereinleitungen im Vorfluter dargestellt. Auf nachfolgende Teilaspekte soll besonders eingegangen werden:

- Sauerstoffhaushalt (O₂/C)
- Stickstoffverbindungen
- organisch-chemische Schadstoffe und
- Schwermetalle.

2.1 Sauerstoffhaushalt

Die Lebensqualität des Ökosystems Wasser wird im wesentlichen durch die biochemische Wechselwirkung des Sauerstoffs mit den organischen Kohlenstoffverbindungen bestimmt. Zu den wichtigsten Randbedingungen des Sauerstoffhaushalts eines Vorfluters, wie er in Abb. 10 vereinfacht dargestellt wird, zählen:

- 1) die Intensität der Abwasserbelastung (Gehalt an abbaubaren organischen Verbindungen)
- 2) die Wasserführung
- 3) die Wassertemperatur
- 4) der biogene Sauerstoffeintrag (des Phytoplanktons, der Algen und Wasserpflanzen)
- 5) der physikalische Sauerstoffeintrag.

Wie bei der Charakterisierung der Abwassereinleitung bereits ausgeführt wurde, stammt die Abwasserbelastung des Lechs bzw. des Lechkanals zu über 90 % (bezogen auf die Summenparameter BSB₅, CSB und TOC) von der Kläranlage Augsburg. Am besten läßt sich die Situation anhand des BSB₅ darstellen, der sich als sehr sensible Kenngröße zur Beschreibung der Wechselwirkung des

| Untersuchungszeitraum | Q (m ³ /S) | mittl. Abflußmenge m ³ /24 ^h | BSB | | |
|-----------------------|-----------------------|--|-------------------|---------------|-----------------------|
| | | | Mittelwert (mg/l) | Maxima (mg/l) | Minima (mg/l) |
| 1976 | | | | | |
| 23. 3.76 | 63 | | 7,6 | 10,5 | |
| 27. 4.76 | 109 | | 4,2 | 6,2 | |
| 5. 7.76 | 64 | | 5,3 | 9,3 | 1,9 |
| 14. -16. 9.76 | 85 | | | 9,3 | 5,1 |
| 26. -28.10.76 | 60 | | 5,9 | 8,9 | 2,3 |
| 30.11.- 2.12.76 | 67 | | 5,1 | | 2,8 |
| | | | | | x=34 085kg s= 15 % |
| 1977 | | | | | |
| 25. -28. 1.77 | 72 | | 5,5 | 9,4 | |
| 28. 2.- 2. 3.77 | 117 | | 3,4 | 5,0 | |
| 29. 3.- 1. 4.77 | 122 | | | 4,8 | |
| 6. 6.77 | 83 | | 4,2 | 7,5 | |
| 13. 9.77 | 104 | | 2,1 | 4,2 | |
| 25. -28.10.77 | 70 | | 6,4 | 9,1 | |
| 29. -30.11.77 | 83 | | 5,1 | 7,3 | 2,5 |
| | | | | | x=34 561kg s= 8 % |

Abbildung 5

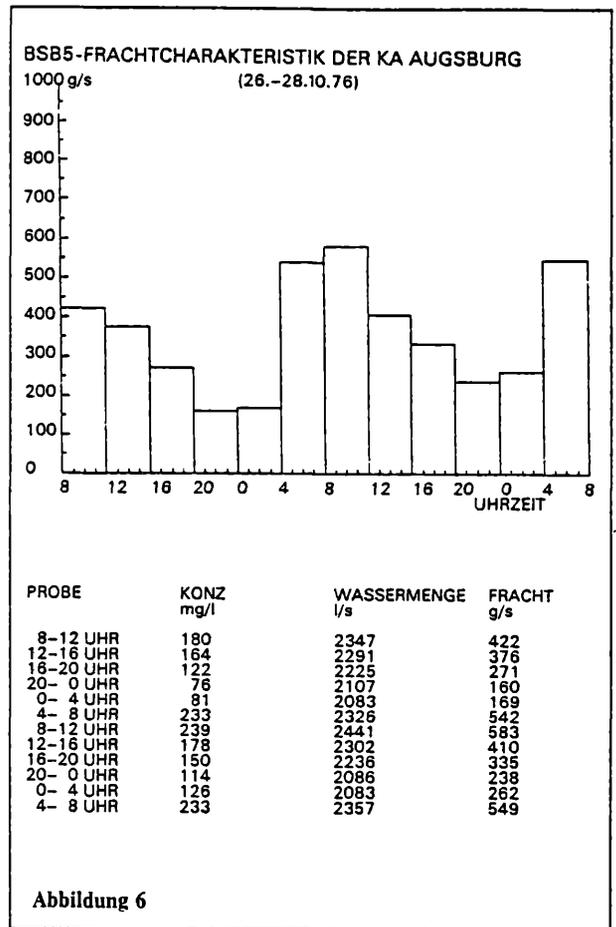


Abbildung 6

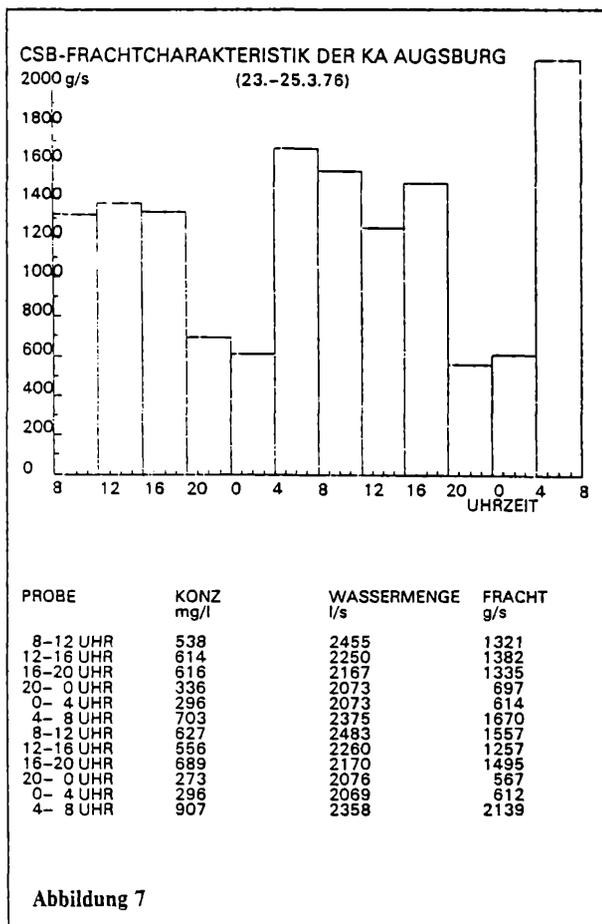


Abbildung 7

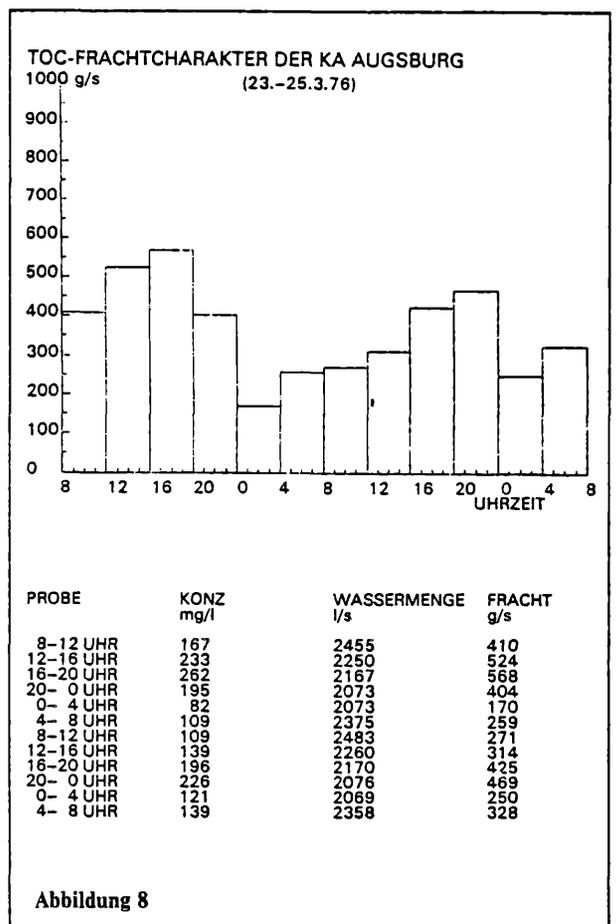


Abbildung 8

| Eirleitungen | Fluß-km | Art der Abw.- Reinigung | BSB ₅ -Fracht | | CSE-Fracht | | TOC-Fracht | |
|---------------|----------|------------------------------|--------------------------|-------|------------|-------|------------|-------|
| | Kanal-km | | kg/d | % | kg/d | % | kg/d | % |
| KA Augsburg | 32,4 | mechanisch | 34000 | 93,4 | 78000 | 92,0 | 22000 | 91,5 |
| KA Hoechst AG | 3,2 | biologische (Belebung) | 110 | 0,3 | 600 | 0,7 | 190 | 0,8 |
| | 4,5 | mechanisch | 800 | 2,2 | 1500 | 1,8 | 500 | |
| | 8,9 | | 750 | 2,0 | 3000 | 3,5 | 770 | 3,2 |
| | 8,9 | biologische (Tropfkörper) | 100 | 0,3 | 350 | 0,4 | 140 | 0,6 |
| Pauschalwerte | | unterschiedlich | 640 | 1,8 | 1300 | 1,6 | 450 | 1,9 |
| | | Summe | 36400 | 100,0 | 84750 | 100,0 | 24050 | 100,0 |

Abbildung 9

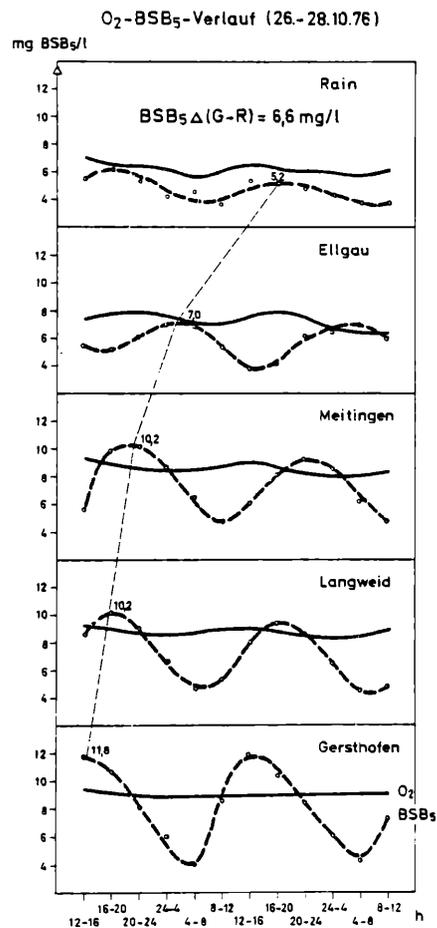


Abbildung 12

ANALYTISCHE PARAMETER DES O₂/C-SYSTEMS.

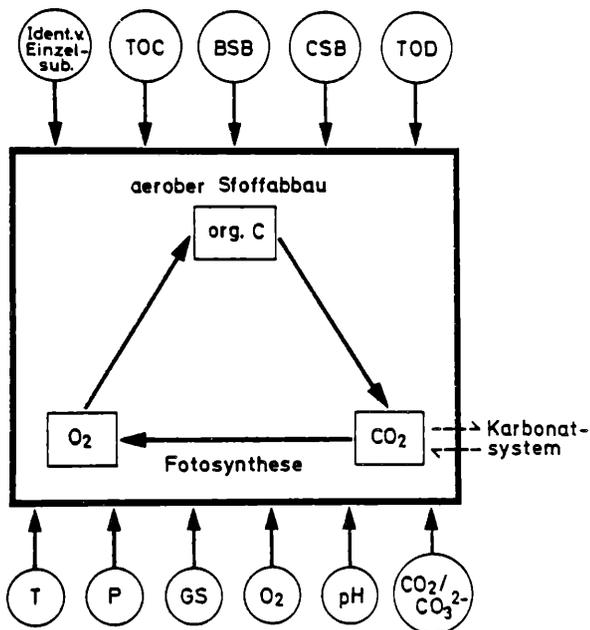


Abbildung 10

Lech 20.9.1978

| Parameter | Lech | Wertach |
|-----------------------|------|---------|
| Temperatur °C | 14° | 15° |
| BSB ₅ mg/l | 2,6 | 3,8 |
| BSB ₅ f | 2,8 | 2,9 |
| Org. C | 3,0 | 4,0 |
| anorg. C | 18,0 | 31,0 |
| NH ₄ -N | 0,15 | 0,16 |
| O ₂ sof. | 10,3 | 10,1 |
| CSB | 6,0 | 12,0 |
| N O ₃ -N | 0,6 | 3,3 |
| Härte °dH | 5,6 | 9,2 |
| Abdampf- rückstand | 198 | 374 |
| Glühverlust | 2 % | 5,9 % |
| HCO ₃ | 110 | 171 |

Abbildung 11

Sauerstoffs mit den abbaubaren organischen Stoffen bewährt hat.

Die Grundbelastung des Lechs bzw. der Wertach oberhalb der Abwassereinleitung Augsburg kann *Abb. 11* entnommen werden. Der BSB₅ liegt bei NMQ-Wasserführung in der Größenordnung um 3 mg/l. Unterhalb der Einleiter ändert sich die Konzentration drastisch, wie die *Abb. 12* zeigt. Bei der Meßstation Gersthofen wurde ein mittlerer BSB₅-Gehalt von ca. 8 mg/l gemessen. Die Abbildung spiegelt auch deutlich die Auswirkungen der BSB₅-Charakteristik der Abwassereinleitung wieder. Die Maxima und Minima sind noch gut zu erkennen, sie erfahren allerdings durch die zurückgelegte Fließstrecke bereits eine Zeitverschiebung. Mit zunehmender Entfernung von Augsburg werden die Extreme nivelliert. Die zusammengehörenden Punkte eines Kurvenmaximums, die nur eine zeitliche Verschiebung erfahren haben, sind mit einer gestrichelten Linie verbunden. Die Zeitdifferenz, die sich durch die Fließgeschwindigkeit ergibt, läßt sich für den Abschnitt Gersthofen-Rain mit 24 Stunden gut ermitteln. Die Abnahme des BSB₅ ist eindeutig auf den Abbau der Abwasserbelastung zurückzuführen. Auf einer Fließstrecke von ca. 32 km werden in Abhängigkeit von der Anfangskonzentration 40–70 % der organischen Inhaltsstoffe abgebaut. In *Abb. 13* (BSB-Abbaukurven) sind einige der gefundenen Abbaukurven zusammengestellt. Korrespondierend zur BSB₅-Reduktion sinkt der Sauerstoffgehalt des Gewässers auf der Untersuchungsstrecke von etwa 9 mg/l auf 7 mg/l ab. Damit kann der natürliche Zusammenhang zwischen der Abbauleistung und dem Sauerstoffgehalt eines Gewässers beispielhaft nachgewiesen werden. In seltenen Fällen gelang es, dem BSB₅ analoge CSB-Abbaucharakteristiken zu ermitteln. Ein brauchbarer Versuch ist in *Abb. 14* wiedergegeben.

Im Sommer führte die Abbauaktivität z.T. zu kritischen Gewässerzuständen, da steigende Wassertemperaturen im Gefolge von langen Hitzeperioden (z.B. 1976) die chemischen Prozesse beschleunigen. Daraus resultieren Sauerstoffmangelsituationen, die durch O₂-Konzentrationen unter 2 mg/l (teilweise sogar < 1 mg/l) charakterisiert sind. Die dramatischen Konsequenzen für die Fische sollen in diesem Zusammenhang nur angedeutet werden.

Die O₂-Minima traten in der Untersuchungsperiode nicht während der lang anhaltenden Sonnenscheindauer (ca. 6 Wochen) auf,

sondern erst nach dem Einsetzen der Bewölkung und Beginn der Niederschläge. Dieses Phänomen kann so gedeutet werden, daß hohe Temperaturen gekoppelt mit starker Sonneneinstrahlung die Photosynthese aktivieren, die zu einer starken biogenen Belüftung mit ausreichenden O₂-Werten führt. In jedem Fall muß die Belüftungsrate die Entgasungs- und Abbauprozesse mehr als kompensieren. Die O₂-Konzentrationen sinken erst dann in den kritischen Bereich, wenn zusätzlich zu den allochthon zugeführten Stoffen auch autochthon gebildete Biomassen abgebaut werden müssen. Diese Situation tritt häufig im Herbst bzw. am Ende von Schönwetterperioden auf. Diese Beobachtung wurde nicht nur am Lech gemacht. An Isar und Main sind analoge Ereignisse beschrieben worden.

Anhand der Untersuchungsergebnisse läßt sich auch der Einfluß der Abflußverhältnisse auf das Abbaugeschehen belegen. Bei höheren Abflüssen stellt sich, bedingt durch schnelle Fließzeiten (kürzere Reaktionszeiten) und der Verdünnung der Biomasse, ein Leistungsabfall des Abbaus ein. Hohe Fließgeschwindigkeiten und plötzlich auftretende Hochwässer, ein Charakteristikum voralpiner Gewässer, trugen häufig zur Entschärfung von kritischen Belastungszuständen bei. Summarisch läßt sich aufgrund der ermittelten chemischen und biologischen Kriterien die Gewässergüte des Lechkanals im Zeitraum von 1976–1978 überwiegend zwischen III und IV einstufen.

2.2 Stickstoffverbindungen

Stickstoffverbindungen gelangen durch Einleitung von kommunalem Abwasser in den Vorfluter. Dies geschieht in Abhängigkeit von der Leistungsfähigkeit der Klärsysteme, überwiegend in der Form des organisch gebundenen Stickstoffs bzw. des Ammonium-Stickstoffs. Diese N-Verbindungen können an einer Reihe von Prozessen im Gewässer beteiligt sein (*Abb. 15*). Sie werden im folgenden genannt:

- 1) Abbau des organisch-gebundenen Stickstoffs zu NH₄⁺
- 2) Biogene Umwandlung des NH₄⁺ zu organisch gebundenem Stickstoff
- 3) Oxidation des NH₄⁺-Stickstoffs bis zum Nitrat (NO₃⁻) durch nitrifizierende Bakterien (Nitrifikation)
- 4) Nitratreduktion zum NH₄⁺ (NO₃⁻ als N-Quelle für die biogene Bindung).

Auch im Falle der Stickstoffverbindungen kann als extremer Emissionsschwerpunkt die Augsburger Abwassereinleitung lokalisiert werden. Das läßt sich mit den hohen Aufstockwerten für NH_4 (bis 0,8 mg/l) und dem organisch gebundenen Stickstoff (bis 1,2 mg/l) belegen. Als Folge der unvollständigen Reinigung des Abwassers in der Kläranlage Augsburg wird ein großer Teil der organischen Stickstoffverbindung nicht zum NH_4 umgewandelt, so daß der Kläranlagenablauf überwiegend org. gebundenes N aufweist.

Der Stickstoffhaushalt des Lechkanals war daher im wesentlichen geprägt durch den Abbau des org. N zu NH_4^+ und der anschließenden Bindung des NH_4^+ in der Biomasse. Diese Prozesse unterlagen jahreszeitlichen Veränderungen. Im Winter fiel die Elimination des org. N nur sehr gering aus, um in den warmen Jahreszeiten auf ca. 40 % anzustelgen. Nitrifikation fand praktisch nicht statt. Nur bei hohen Wassertemperaturen und geringer Wasserführung im Sommer konnte eine Umsetzung des NH_4^+ zu NO_3^- partiell nachgewiesen werden.

2.3 Organisch-chemische Schadstoffe

Neben den organischen Kohlenstoffverbindungen, die mit den Summenparametern BSB_5 , CSB und TOC hinlänglich beschrieben werden können, gewinnen seit einigen Jahren organische Substanzen an Bedeutung, die analytisch mit Hilfe der Einzelsubstanzbestimmung erfaßt werden müssen. Sehr häufig vereinigen sie eine hohe Toxizität mit ausgeprägter Persistenz. Beispielhaft sollen nur die Pestizide, die polycyclischen Kohlenwasserstoffe sowie die mineralölbürtigen Verbindungen angeführt werden. Im Rahmen der Lechuntersuchung wurden am Beispiel der zuletzt genannten Substanzklasse einige analytische Erhebungen durchgeführt. Mittels GC/MS-Technik wurde das Auftreten einer Reihe von aliphatischen n-Kohlenwasserstoffen und aromatischen Verbindungen (monocyclisch, dicyclisch und teilweise alkylert) im Lech und Lech-Kanal untersucht. Bei einer summarischen Betrachtung der angeführten Verbindungen fällt deutlich eine Zunahme der Konzentration von der Wertach-Lechmündung bis Gersthofen und von dort bis Langweid auf. In Meitingen nehmen die Kohlenwasserstoffgehalte wieder ab. Dieser Befund kann folgendermaßen interpretiert werden: Als Quellen für den Eintrag der organischen Verbindungen kommen die Einleitung Augsburg und industrielle Emittenten unterhalb der Meßstation Gersthofen in Frage. An der Reduzierung der Stoffe ist vermutlich

eine Reihe von unterschiedlichen Prozessen, wie Stripping, Abbau und Elimination durch Sorption beteiligt.

Eingangs wurde bereits auf die Toxizität und Persistenz der organisch-chemischen Schadstoffe hingewiesen. Die Brisanz dieser Eigenschaften wird durch eine ausgeprägte Akkumulationstendenz potenziert. Aus Zeitgründen konnte diese Problematik am Lech nur gestreift werden.

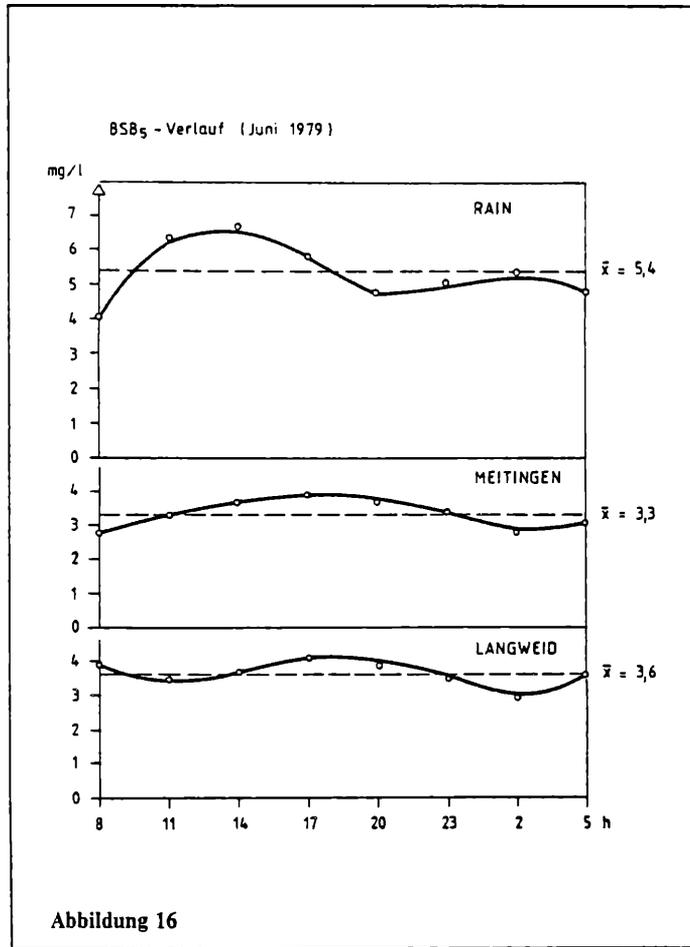
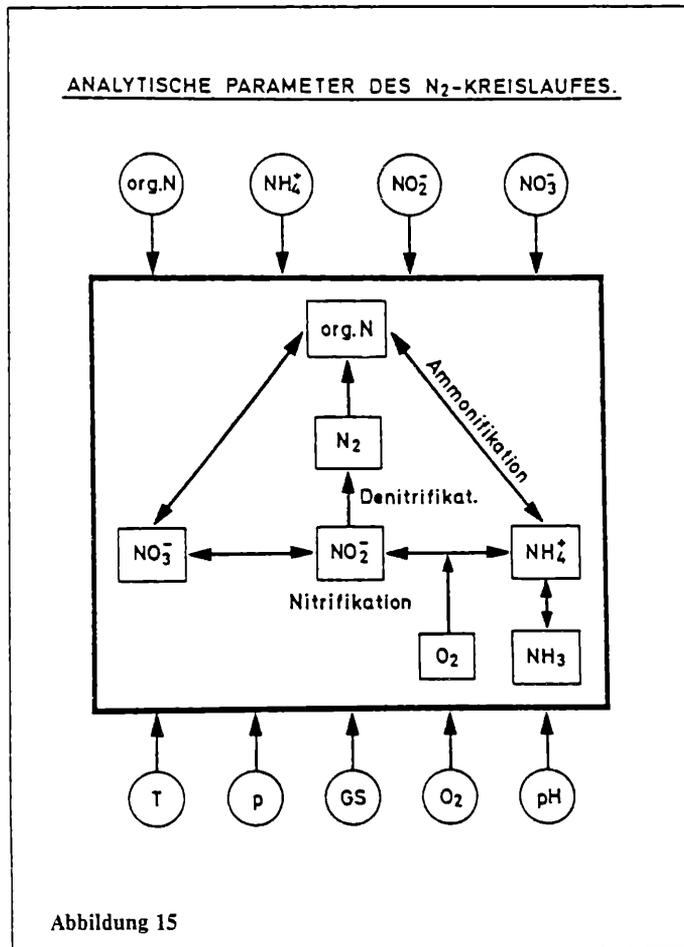
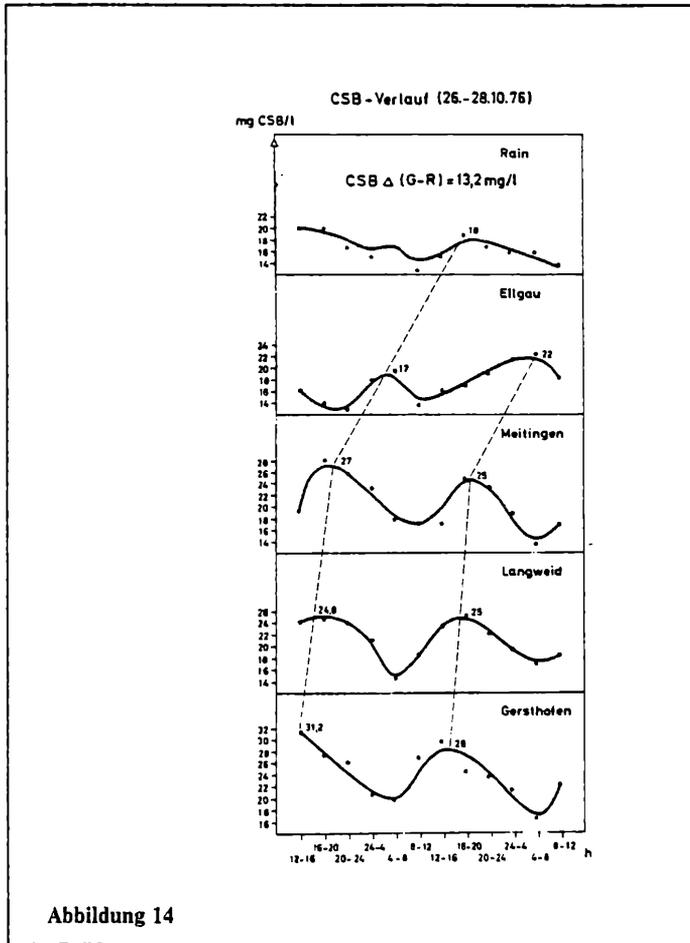
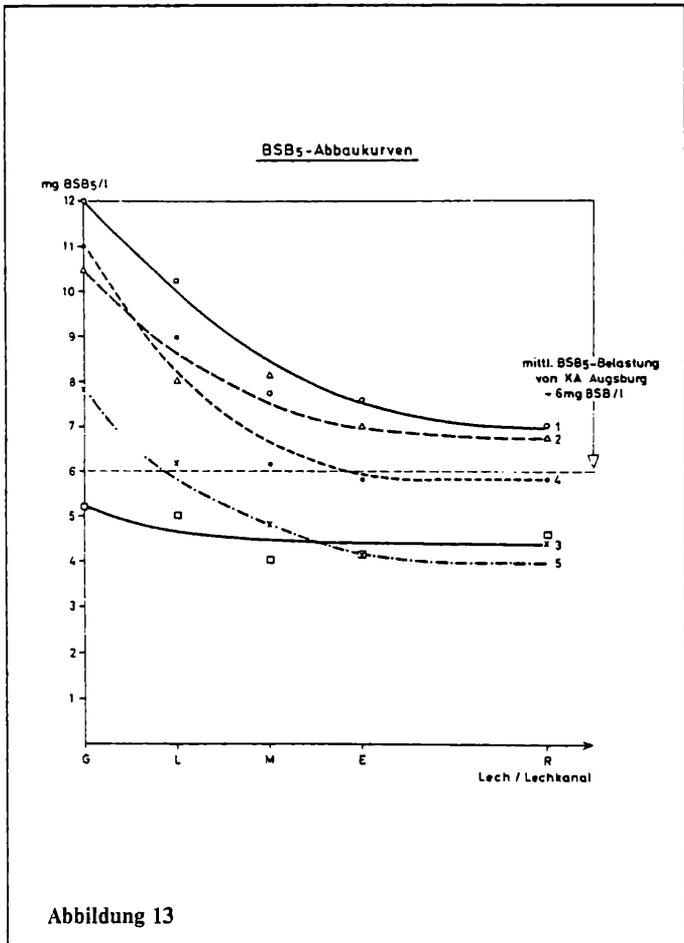
2.4 Schwermetalle

Mit den Schwermetallen wurde eine weitere aktuelle Gruppe von Schadstoffen aufgegriffen, die ein nahezu identisches Verhaltensschema wie die vorher erwähnten organisch-chemischen Verbindungen aufweisen. Neben der z.T. hohen Toxizität (z.B. Hg, Cd) besitzen sie eine immerwährende Persistenz und eine ausgeprägte Akkumulationsneigung. Aufgrund der gewonnenen Meßergebnisse muß der Lech in Hinblick auf die Schwermetalle als gering belastet angesehen werden. Dafür sind mehrere Faktoren verantwortlich. Außer den Abwassereinleitungen KA Augsburg und KA Hoechst-Gersthofen ergaben sich keine Anhaltspunkte für andere konkrete Schwermetallquellen. Wesentliche diffuse Einflüsse konnten durch die Spurenanalytik ausgeschaltet werden.

Durch die Abwassereinleitung der Stadt Augsburg wird der Vorfluter nur sehr wenig mit Schwermetallen kontaminiert. Dies ist entweder auf intensive innerbetriebliche Reinigungsmaßnahmen oder den Mangel an metallverarbeitender Industrie zurückzuführen. Als Schwermetallsperre fungiert darüber hinaus die mechanische Stufe der Kläranlage. Durch Sorption werden hier erhebliche Schwermetallfrachten im Schlamm gebunden. Die im allgemeinen reichliche Wasserführung im Lech tut ein Übriges. Die potentielle Schwermetallquelle Gersthofen ist bereits vor Untersuchungsbeginn durch innerbetriebliche Maßnahmen weitgehend entschärft worden. Trotzdem haben Untersuchungen an Wasserorganismen ergeben, daß selbst geringe Belastungsstufen zu meßbaren Anreicherungen im biologischen Material führen können.

3. Situation nach der Sanierung des Lechs

Mit Ende des Jahres 1978 wurden die Untersuchungen der Bayer. Landesanstalt für Wasserforschung am Lech und Lechkanal eingestellt. Ende dieses Jahres ist auch die Biologie der Kläranlage Augsburg in Betrieb genommen worden. Die Paralleltät der Ergebnisse hat leider verhindert, die Auswirkung



der Sanierungsmaßnahme ausführlich zu untersuchen. Es bot sich nur noch im Frühjahr 1979 eine Gelegenheit, Messungen über einen Teilaspekt, den Sauerstoffhaushalt, durchzuführen. Die chemischen und biologischen Befunde belegen eine Verbesserung der Gewässergüteklasse von III-IV zu II-III.

In *Abb. 16* sind die BSB₅-Charakteristiken der drei Meßstationen Langweid, Meitingen und Rain zusammengestellt worden. Im Vergleich zu dem früheren Belastungszustand ist nun eine deutliche Verminderung der BSB₅-Werte zu erkennen. Dieser Befund verwundert nicht, wenn man berücksichtigt, daß die Kläranlage Augsburg jetzt nur noch ca. 10 % der ursprünglichen BSB₅-Fracht einleitet. Die entsprechenden Verdünnungsberechnungen ergeben für den Fall der Vollmischung und $Q = 60 \text{ m}^3/\text{s}$ BSB₅-Konzentrationserhöhungen, die 1 mg/l kaum überschreiten. In der *Abb. 16* fällt allerdings der Anstieg der BSB₅-Gehalte des Lechs in Rain auf. Dieses Phänomen ist schwer zu deuten, zumal die nötigen chemischen Parameter nicht vollständig erhoben werden konnten. Unter Berücksichtigung der vorliegenden Daten ist bei der Zunahme der BSB₅-Konzentrationen an die Mitwirkung von Nitrifikationsprozessen zu denken. Diese Annahme wird durch folgende Überlegungen gestützt:

- 1) Nach wie vor leitet die KA Augsburg hohe Frachten von Stickstoffverbindungen in den Lech ein,
- 2) bedingt durch die Erweiterung der Augsburger Abwasserreinigungsanlage mit der biologischen Stufe werden nun die org. N-Verbindungen wesentlich vollständiger in Ammonium umgebaut.

Damit liegen ausreichende Konzentrationen an reduziertem Stickstoff für die mögliche Nitrifikation vor. Gegen die obige Hypothese spricht im wesentlichen nur die niedrige Wassertemperatur von 16° C.

Mit den letzten, mehr spekulativen Ausführungen sollte nur auf ein allgemeines Problem von Sanierungsmaßnahmen hingewiesen werden. Sanierung bedeutet in den meisten Fällen eben nicht Wiederherstellung von ursprünglichen Gleichgewichtszuständen, wenn es sie jemals gab, sondern bestenfalls den Einstieg in eine permanente Sanierungsdynamik.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Hans-Joachim Hoffmann
Bayerische Landesanstalt für Wasser-
forschung
Kaulbachstr. 37

8000 München 22

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Laufener Spezialbeiträge und Laufener Seminarbeiträge \(LSB\)](#)

Jahr/Year: 1981

Band/Volume: [5_1981](#)

Autor(en)/Author(s): Hoffmann Hans-Joachim

Artikel/Article: [Der Einfluss von Abwassereinleitungen auf die Gewässergüte des Lechs \(Untersuchungsergebnisse von 1976-1980\) 36-45](#)