

## Einsatz einer mobilen, automatisch registrierenden Meßstation an Fließgewässern in Tirol

R. DWORSKY

### I. Einleitung

Die Erhebung der Gewässergüte beschränkte sich lange Zeit nur auf die biologische Methodik, die nach dem von LIEBMANN—KOLKWITZ—MARSSON ausgearbeiteten System der Bestimmung von Leitorganismen den über einen längeren Zeitraum im Gewässer herrschenden ökologischen Gleichgewichtszustand wiedergibt. Diese deskriptiv analytische Freilandmethode hat aber meist keine Möglichkeit, Art und Menge der Verunreinigung zu erfassen. Aus diesem Grund wurden mit der Aufnahme der Gewässergüte der Fließgewässer Tirols in den Jahren 1972 bis 1974 auch chemisch-physikalische Untersuchungen vorgenommen, die einen Überblick über die quantitativen Gewässerbelastungen liefern sollten. Da aber im Gegensatz zur biologischen Untersuchung die chemisch-physikalischen Werte nur Momentaufnahmen darstellen, d. h. sie zeigen die Verunreinigung des Vorfluters nur zur Zeit der Probenahme auf — und periodische Entnahmen sowohl arbeitsmäßig als auch finanziell sehr aufwendig sind — wurde an charakteristischen Stellen die mobile Meßstation WTW MS 601 eingesetzt, um eventuell vorhandene Schwankungen im Chemismus bzw. deren Amplituden im Gewässer kennenzulernen und den Wert der Aussagekraft von Einzelproben beurteilen zu können.

Durch die Möglichkeit des Gerätes, einige Parameter kontinuierlich über längere Zeiträume zu registrieren, konnte festgestellt werden, daß im Normalfall jedes der untersuchten Gewässer einen bestimmten, nach 24 Stunden wiederkehrenden Rhythmus aufweist, in den nun die Einzelprobe eingeordnet werden kann. Die Ergebnisse dieser Probe sind danach als Minimal-, Maximal- oder Durchschnittswert der unter Umständen aufgetretenen Belastung zu betrachten. Durch den Einsatz automatisch registrierender Meßeinrichtungen ist es möglich, exakt die Zeit zu bestimmen, bei welcher eine

spätere Einzelentnahme vorgenommen werden soll, um z. B. die genaue Spitzenbelastung — oder die Durchschnittsfracht — eines Vorfluters detailliert kennenzulernen.

## II. Methodik

Sämtliche im Rahmen dieser Arbeit diskutierten Messungen wurden mit der mobilen Meßstation WTW MS 601 durchgeführt. Die registrierenden und verstärkenden Einrichtungen sind in einem relativ kleinen (35 cm × 36 cm × 56 cm), wasserdicht verschließbaren Gehäuse aus PVC untergebracht, das kurzzeitig sogar überflutungssicher ist. Am unteren Gehäuse teil befinden sich sämtliche Geräte- Ein- und Ausgänge, an die Elektroden, Schreiber etc. über wasserdicht verschraubbare Kupplungen angeschlossen werden können. Die Betriebsspannung der Station beträgt 220 V Wechselstrom, der auch von einem mobilen Aggregat entsprechender Leistung geliefert werden kann.

Durch die Länge (30 m) der Elektroden- bzw. Meßfühler-Kabel besitzt das Gerät eine große Reichweite und kann auch an verhältnismäßig schlecht zugänglichen Stellen ohne relativ großen Aufwand eingesetzt werden. Die gemessenen Werte werden von Zweikanal-Punktschreibern (Papierbreite 59 mm) graphisch aufgezeichnet und zwar im 6- bzw. 36-Sekunden-Rhythmus, so daß sich für den Sauerstoff und die Temperatur leicht unterbrochene, für pH-Wert und Leitfähigkeit geschlossene Kurven ergeben. pH und Sauerstoff werden auf dem einen, Temperatur und Leitfähigkeit auf dem anderen Schreiber gemeinsam aufgezeichnet. Der Papier vorschub, der bei einer Geschwindigkeit von 20 mm/h der tatsächlichen Uhrzeit entspricht, kann durch Umschalten auf 120 mm/h entsprechend beschleunigt werden.

Der pH-Wert ist mit einer Glaselektrode (Einstabmeßkette) in dem Bereich zwischen 2 und 12 mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,2$  meßbar. Mit einem Thermofühler kann die Temperatur zwischen 0°C und 60°C automatisch kompensiert werden.

Bei der Eichung wird zuerst mit einem Puffer von pH 7 die Asymmetrie, in der Folge mit einem zweiten Puffer die Steilheit eingestellt. Wie die Erfahrung durch tägliche Kontrollen mit Pufferlösungen bekannter pH-Werte zeigte, blieb die Justierung bei sämtlichen Einsätzen bis zum Ende der jeweiligen Untersuchungszeit konstant.

Die Messung des gelösten Sauerstoffes ist innerhalb von drei Bereichen möglich. Während das Intervall zwischen 0 und 10 mg O<sub>2</sub>/l direkt ablesbar ist, können bei Meßwerten, die zwischen 0—5 mg O<sub>2</sub>/l bzw. 0—20 mg O<sub>2</sub>/l zu erwarten sind, diese Einstellungen mittels Eichregler

vorgegeben werden. Die Meßgenauigkeit beträgt  $\pm 0,1$  mg  $O_2/l$  pro 5 mg/l. Die Elektrode arbeitet nach dem membranpolarimetrischen, chemotechnischen Verfahren, bei dem zwei unterschiedliche Metalle als Kathode (Au) und Anode (Ag) in einem gelförmigen Elektrolyten eingebettet sind und darüber eine gasdurchlässige Membran gespannt wird. Der durch die Membran in das System diffundierende Sauerstoff wird an der Kathode reduziert und bewirkt dabei eine der Menge des Sauerstoff-Umsatzes direkt proportionale Änderung des Polarisationsstromes.

Um über der Kathode infolge der dort stattfindenden Reduktion eine Sauerstoff-Verarmung an der Membranaußenseite zu vermeiden, ist es notwendig, das Meßgut in ausreichender Bewegung zu halten. Zu diesem Zweck wird eine Kreiselpumpe, die für eine konstante Anströmgeschwindigkeit von ca. 30 bis 50 cm/s sorgt, über die Sauerstoff-Sonde geschraubt.

Bei der Eichung der Elektrode wird zur Nullpunkteinstellung eine ungefähr 3%ige Natrium-Thiosulfat-Lösung verwendet. Der zweite und obere Fixpunkt zur Feststellung der Steilheit ist auf zwei Arten erreichbar: entweder durch Eichung mit luftgesättigtem Wasser oder nur mit Luft. Da in beiden Fällen Korrekturen (Abhängig der Sauerstoffsättigung von der Temperatur und vom Luftdruck) angewendet werden müssen, empfiehlt es sich, die Genauigkeit der Eichung mittels einer Sauerstoff-Bestimmung nach WINKLER-BRUHNS zu überprüfen. Mehrere tägliche Kontrollen sind angebracht. Für eine automatische Temperaturkompensation ist zwischen 0 und 40° C gesorgt.

Die elektrische Leitfähigkeit wird mit einer Platin-Elektrode gemessen, deren Zellkonstante mit einem Digitalregler am Leitfähigkeitseinschub fix eingestellt werden kann. Durch die Einteilung des Registrierstreifens ist eine Skalenbreite von 12 Einheiten gegeben. Durch die entsprechende Wahl des Meßbereiches — Änderungen zwischen 1 und 1000 jeweils um eine Zehner-Potenz — kommt diesen Einheiten ein um die entsprechende Potenz erweiterter Zahlenwert zu, so daß ein Gesamtbereich zwischen 0 und 12.000  $\mu S\ cm^{-1}$  erfaßt werden kann. Mit Hilfe des Reglers der Zellkonstante ist es zusätzlich möglich, den Meßbereich um Faktoren zwischen 0,1 und 10 zu erweitern. Um größere Meßfehler bzw. Polarisationserscheinungen zu vermeiden, ist es zweckmäßig, bei Leitfähigkeiten unter 1000  $\mu S\ cm^{-1}$  mit einer Meßfrequenz von 40 Hz bei darüberliegenden mit einer Meßfrequenz von 4000 Hz zu arbeiten. Um die gemessenen Werte von der jeweils herrschenden Temperatur unabhängig zu machen und direkt auf die Standardtemperatur von 20° C zu beziehen, kann mit Hilfe eines Temperatur-Fühlers die im Meßgut herrschende Temperatur automatisch kompensiert werden. Als Standard-Lösung für die Eichung des

Gerätes beim Einsatz in den Tiroler Gewässern eignete sich eine n/100 Kaliumchlorid-Lösung am besten.

Die Temperatur kann in einem Bereich zwischen  $0^{\circ}\text{C}$  und  $60^{\circ}\text{C}$  mit einer Genauigkeit von  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  gemessen werden. Die Eichung wird zweckmäßig in zwei Schritten vorgenommen: einer Grob- und einer Feineichung. Die Grobeichung besteht darin, daß mittels der Regler die äußeren Begrenzungspunkte der Skala ( $0^{\circ}\text{C}$  und  $60^{\circ}\text{C}$ ) exakt eingestellt werden. Nach Umschalten des Gerätes auf „Messen“ wird die Feineichung vorgenommen. Dazu verwendet man zwei Lösungen mit verschiedener Temperatur (am besten ein Eis-Wasser-Gemisch für  $0^{\circ}\text{C}$  und eine zweite Temperatur, die der späteren Meßtemperatur nahekommt) und stellt diese Temperaturen mit den Reglern exakt ein. Die mehrmalige Wiederholung beider Schritte hat sich als zweckmäßig herausgestellt.

Sämtliche eingesetzten Elektroden waren während der Messungen auf einer speziell für diese Zwecke konstruierten Halterung aus Trovidur montiert, die ihrerseits wieder in einen exakt passenden Schutzkorb eingehängt wurde. Die Höhe des nach unten offenen Schutzkorbes ist so bemessen, daß die Sauerstoff-Elektrode mitsamt der aufgesetzten Kreiselpumpe darin Platz findet. Die Praxis hat gezeigt, daß es für die Sauerstoff-Messung auch in Gewässern mit hohen Strömungsgeschwindigkeiten von Vorteil ist, mit Pumpe zu arbeiten, da diese nicht nur eine konstante Anströmgeschwindigkeit garantiert und damit für eine gleichmäßige Umspülung der Membran sorgt, sondern auch gleichzeitig sowohl einen mechanischen Schutz der Membran darstellt, als auch ihre allzu schnelle Verunreinigung durch Belag mit organischem und anorganischem Material verhindert.

### III. Einsatzorte

Als Einsatzorte des Apparates kamen in erster Linie Grenzübertrittsstellen (Inn, Großache, Drau) und der Stauraum bei Pinswang am Lech in Frage, wo dann die Station auch über mehrere Tage in Betrieb war. Der erste feldmäßige Einsatz fand versuchsweise knapp oberhalb des Kraftwerkes Kirchbühl im Inn statt. Dabei erwies sich speziell bei der Sauerstoff-Registrierung die Nähe der Kraftwerksanlage als störend. Es konnten jedoch bezüglich der Aufstellung und Handhabung des Gerätes wertvolle Erfahrungen gesammelt werden.

Die am Inn ausgewählten Orte waren die schweizerisch-österreichische Grenzstelle Martinsbruck und der österreichisch-bayerische Übergang bei Erl.

In Martinsbruck wurde das Gerät im linksufrigen Pegelhaus untergebracht und die Elektroden so eingesetzt, daß sie bei dem infolge des Schwellbetriebes stark schwankenden Wasserstand auch noch bei Niedrigst-

wasserführung eine genügend große Eintauchtiefe hatten und eine einwandfreie Messung gewährleistet war.

Keine so extremen Wasserstandsschwankungen mußten bei Erl berücksichtigt werden. Hier stand für die Unterbringung des Gerätes eine kleine Bauhütte zur Verfügung, die aber ausreichte, um alles Nötige sicher zu verwahren. Sie wurde knapp unterhalb der Zollhausbrücke rechtsufrig aufgestellt, da auf diese Weise die Stromzuleitung am einfachsten war.

Zur Kontrolle der Belastung, die die Sill dem Inn zuführt, wurde eine Meßstelle oberhalb ihrer Mündung in Innsbruck eingerichtet. Als Arbeitsraum diente ein Bauwagen, der sich als ganz ideal erwies, da er sehr geräumig war, so daß auch bei ungünstigen Witterungsbedingungen alle Arbeiten im Trockenem vorgenommen werden konnten. Die Stromleitung wurde von der gegenüberliegenden Straßenseite zum Wagen gelegt.

Infolge der Tatsache, daß die Großache nicht nur grenzüberschreitend ist, sondern auch in ein stehendes Gewässer, den bayerischen Chiemsee, mündet, ist ihre Belastung von großem Interesse. Das war auch der Grund dafür, die Station an zwei verschiedenen Terminen am Ortsende von Kössen rechtsufrig bei der Staffler Brücke einzusetzen. Es sollten damit verschiedene Belastungszeiträume erfaßt werden und zwar der Oktober als ausgesprochen tote, der Februar als intensive Fremdenverkehrssaison. Untergebracht war das Gerät in derselben Bauhütte, die schon in Erl Verwendung gefunden hatte.

Der Einsatz des Gerätes am Lech erfolgte im Stauraum des Kraftwerkes Pinswang, wo es ganz ideal in einem großen Baustellenwagen untergebracht war.

Für die Wahl dieses Ortes waren zwei Gesichtspunkte ausschlaggebend:

1. verläßt der Lech bald nachher österreichisches Staatsgebiet und
2. um aus einer eventuellen durch die Assimilationstätigkeit der Pflanzen hervorgerufenen Sauerstoff-Übersättigung im Staubereich auf eine verstärkte Eutrophierung schließen zu können.

An der österreichisch-italienischen Grenzstelle der Drau in Sillian diente zur Aufbewahrung des Gerätes das zu einer nicht mehr in Betrieb stehenden Brückenwaage gehörende Wärterhäuschen am rechten Ufer. Es hatte einen direkten Stromanschluß, so daß keine Leitungen gelegt werden mußten und war groß genug, um ein bequemes Arbeiten zu ermöglichen.

Nur kurz war der Einsatz des Gerätes unterhalb von Lienz. Diese Messungen sollten zeigen, ob die Abwässer der Stadt eine wesentliche Beeinflussung der registrierbaren Parameter bedingten. Auch hier war die Station in einer am linken Ufer aufgestellten Bauhütte untergebracht. Ein An-

schluß an das örtliche Stromnetz war wegen der großen Entfernung nicht möglich, weshalb ein Aggregat als Energiequelle eingesetzt wurde.

Die nachstehende Übersichtstabelle gibt das Gewässer, den Ort und die Zeit des Geräteeinsatzes an:

Gewässer	Ort	Zeit
Inn	Martinsbruck, l. U. beim Pegel	1973 10 03 bis 10 11
	Kirchbichl, r. U. knapp oberh. des Kraftwerkes	1973 08 04 bis 08 06
	Erl, r. U. unterh. Zollhausbrücke	1973 08 06 bis 08 08
Sill	Innsbruck, r. U. oberh. Mündung in den Inn	1974 03 27 bis 04 02
Großbache	Kössen, r. U. bei der Staffler Brücke	1973 10 19 bis 10 24
		1974 02 19 bis 02 23
Lech	Pinswang, bei Einlaufbauwerk Kraftwerk Weißhaus	1973 10 03 bis 10 11
Drau	Sillian, r. U. unterh. der Staatsgrenze	1973 08 10 bis 08 13
	Lienz, l. U. unterh. d. Ortes	1973 08 09 bis 08 10

An sämtlichen oben angeführten Orten mit Ausnahme der Stelle bei Lienz wurde die Meßstation an das normale Stromnetz angeschlossen. Die Zuleitungen mußten oft über Entfernungen von einigen hundert Metern über Straßen oder Brücken gespannt werden. Dank der Hilfe des Amtes der Tiroler Landesregierung, Landesbaudirektion Abt. VI c, und der Einsatzbereitschaft der jeweils zuständigen Baubezirksämter konnten auch diese Schwierigkeiten gemeistert werden. Das Meßgerät selbst wurde immer in einem geschlossenen Raum — von einer einfachen Bauhütte bis zum komfortablen Baustellenwagen war alles vertreten — untergebracht. Dieser diente nicht nur zum Schutz des Apparates gegen jegliche Umwelteinflüsse, sondern konnte auch vom Experimentator zur Durchführung von Eichungen und Kontrollen sowie zum Aufbewahren der dazu nötigen Hilfsmittel und Unterlagen verwendet werden. Eine häufige Kontrolle der Elektroden und Überwachung vor allem der Sauerstoff-Sonde während der Untersuchungszeiten erwies sich für die Genauigkeit der Messungen als notwendig. Während bei Temperatur, Leitfähigkeit und dem pH-Wert auch nach tagelangem Betrieb keinerlei Veränderungen gegenüber der Justierung festgestellt werden konnte, traten nach einer gewissen Arbeitszeit Differenzen zwischen den registrierten Sauerstoff-Werten und den Ergebnissen nach der Bestimmung nach WINKLER-BRUHNS auf.

## IV Ergebnisse

### *Inn/Martinsbruck* (Abb. 1)

Das mobile Meßgerät wurde in der Zeit vom 29. 9. 1973 bis 2. 10. 1973 unterhalb der Innbrücke bei Martinsbruck am linken Ufer installiert. Die Sonden wurden zwar am 29. 9. 1973 in Betrieb genommen, eine kontinuierliche Aufzeichnung der Daten ist aber erst seit 6 Uhr am 30. 9. 1973 vorhanden, da Schwierigkeiten beim Papiertransport auftraten. Es stehen daher für Sauerstoff und pH-Wert von 21,30 Uhr bis 6 Uhr und für Leitfähigkeit und Temperatur von 19 Uhr bis 1 Uhr am 29./30. 9. 1973 keine verlässlichen Daten zur Verfügung. Trotz der hängengebliebenen Papierstreifen zeigen die Amplituden ganz deutlich die zum Teil starken Schwankungen bei den einzelnen Parametern: so traten bei der Leitfähigkeit eine Differenz von  $100 \mu\text{S cm}^{-1}$  und beim Sauerstoff ein Unterschied von  $2,6 \text{ mgO}_2/\text{l}$  auf; der pH-Wert änderte sich um 0,4 Einheiten und die Temperatur um  $1^\circ \text{C}$ . Die starken Änderungen bei den einzelnen Parametern resultierten aus dem kraftwerkbedingten Schwellbetrieb, der auch ganz eindeutig durch die hydrographischen Werte für die Wasserführung zum Ausdruck kommt.

Täglich, außer am 30. 9. 1973 — einem Sonntag, an dem die Wasserführung über 24 Stunden als nahezu gleichbleibend angesehen werden kann — stieg die Abflußmenge zwischen 8 Uhr und 9 Uhr auf ca. das 3,5fache. Zwischen 13 Uhr und 14 Uhr fiel sie dann — sichtlich in Abhängigkeit vom Strombedarf — mehr oder weniger stark: am 9. 9. 1973 nahm sie bis 18 Uhr stark ab, um ab 19 Uhr für eine kurze abendliche Spitze zwischen 20 Uhr und 22 Uhr wieder auf nahezu den gleichen Höchstwert zu steigen; am 1. 10. 1973 und 2. 10. 1973 ging sie untertags nur geringfügig zurück, stieg in den Abendstunden nochmals auf die Höhe der mitägigen Spitzen an und fiel ab 22 Uhr schnell wieder ab.

Diese extremen Änderungen sind mit starken Schwankungen bei der registrierten Parametern verbunden: der Anteil an gelöstem Sauerstoff stieg parallel mit der steigenden Abflußmenge enorm an und kam in den Bereich der Übersättigung, um beim Fallen der Wassermenge synchron dazu ebenfalls wieder geringer zu werden.

Einen ähnlichen Kurvenverlauf zeigte der pH-Wert, d. h. er stieg und fiel exakt mit dem Ansteigen und Absinken des Sauerstoff-Gehaltes und damit auch in Abhängigkeit von der Wasserführung. Er blieb — entsprechend der konstanten Abflußmenge am 30. 9. 1973 — bis zum Ansteigen am 1. 10. 1973 um 8 Uhr ebenfalls ziemlich konstant und erreichte nach Durchgang der Spitze am 1. 10. 1973 um 24 Uhr wieder diesen Wert, der

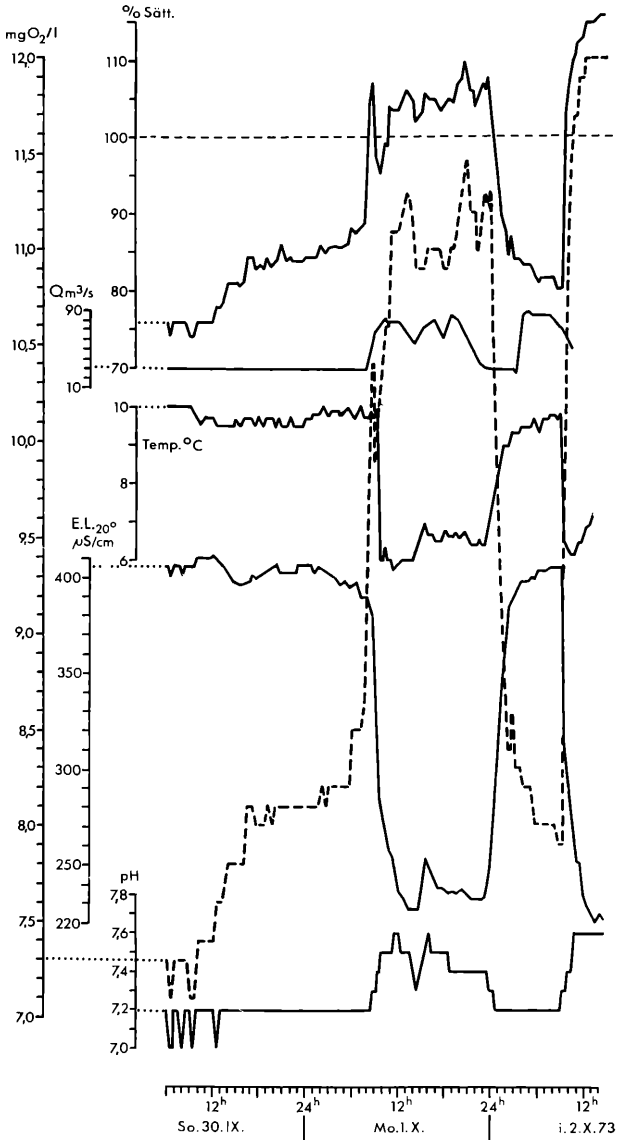


Abbildung 1  
Inn / Martinsbruck



bis zum neuerlichen Anstieg am 2. 10. 1973 um 9 Uhr unverändert blieb. Sehr empfindlich reagierte er aber auf die Schwankungen der Abflußmenge innerhalb des Maximums am 1. 10. 1973 zwischen 9 Uhr und 23 Uhr.

Umgekehrt proportional zu Sauerstoff, pH-Wert und Wasserführung verliefen die Kurven von Leitfähigkeit und Temperatur.

Aus der Tatsache, daß Parameter-Schwankungen erst als Folge von Änderungen in der Abflußmenge auftraten und sich bei „normaler“ Wasserführung unabhängig von der Tageszeit immer derselbe pH-Wert einstellte, kann der Schluß gezogen werden, daß diese Veränderungen durch den Chemismus des zugeleiteten Wassers hervorgerufen worden waren. Als Bestätigung für diese Annahme können neben dem Faktum, daß sich ab 18,30 Uhr ein pH-Wert einstellte, der gegenüber dem tiefsten um 0,2 Einheiten höher lag, auch die großen Temperatur- und Leitfähigkeits-Unterschiede gewertet werden.

Abschließend kann gesagt werden, daß die an einem Gewässer im Normalfall im Tagesablauf auftretenden, sich ständig rhythmisch wiederholenden Änderungen der einzelnen Parameter an dieser Stelle nicht beobachtet werden konnten, da sie durch die Auswirkungen des Schwellbetriebes überlagert werden.

### *Inn/Kirchbichl (Abb. 2)*

Der Einsatz der Station in Kirchbichl begann am 4. 8. 1973 um 13 Uhr und endete am 6. 8. 1973 um 14 Uhr.

Während die Sauerstoff-Kurve über den 36 Stunden währenden Untersuchungszeitraum deutlich ausgeprägt ist, d. h. im sich ständig wiederholenden Rhythmus stufenförmig vom Maximum zum Minimum bzw. umgekehrt verläuft, treten beim pH-Wert geringere, bei der Leitfähigkeit und der Temperatur aber stärkere Unregelmäßigkeiten auf.

Die generelle Zunahme der Wassertemperatur ist auf das Einsetzen einer Warmwetterperiode zurückzuführen. Während am 4. 8. 1973 das Maximum  $11,6^{\circ}$  und das Minimum  $11,1^{\circ}\text{C}$  betragen, wurde am 5. 8. 1973 von einem  $11,0^{\circ}\text{C}$ -Minimum zwischen 6 Uhr und 8 Uhr ausgehend, ein  $13,2^{\circ}\text{C}$ -Maximum um 19 Uhr erreicht. Die tiefste Temperatur am 6. 8. 1973 lag bei  $11,9^{\circ}\text{C}$  zwischen 7 Uhr und 9,30 Uhr. Beim Abschalten der Sonde um 14 Uhr wurden  $13,5^{\circ}\text{C}$  registriert.

Von 6,30 Uhr am 5. 8. 1973 an verläuft die Sauerstoff- der Temperatur-Kurve ziemlich parallel. Beide haben um diese Zeit ein absolutes Minimum, um dann am ziemlich späten Nachmittag den Spitzenwert zu erreichen, der beim Sauerstoff zwischen 17 Uhr und 20,30 Uhr konstant bleibt. Die tiefste Temperatur wurde am 6. 8. 1973 zwischen 6,30 Uhr und 9 Uhr

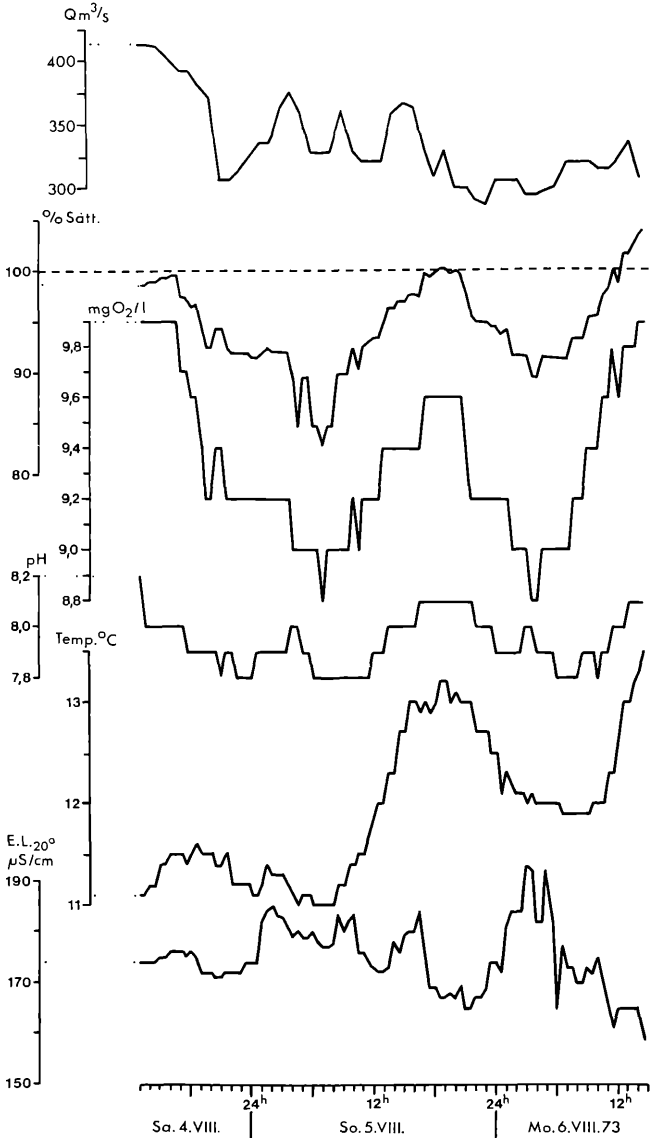


Abbildung 2  
Inn / Kirchbichl

registriert, das Sauerstoff-Minimum stellte sich um 3,30 Uhr für eine Stunde ein. Bis zum Ende der Messung stieg dann der Anteil an gelöstem Sauerstoff kontinuierlich bis zu demselben Wert, der zwei Tage vorher zur gleichen Stunde gemessen wurde und bis um 16,30 Uhr konstant geblieben war.

Die pH-Änderungen kamen in einer von Maximum zu Minimum und wieder zum Maximum führenden, jedoch einige Unregelmäßigkeiten aufweisenden Kurve zum Ausdruck. Untertags war ein breites, über mehrere Stunden anhaltendes und mit der Sauerstoff-Spitze zusammenfallendes Maximum vorhanden. Am 4. 8. 1973 setzte der Abfall des pH-Wertes um 17 Uhr, am 5. 8. 1973 aber erst um 21,30 Uhr ein. Er verlief nicht kontinuierlich bis zum Minimum, sondern wies am 5. 8. 1973 um 4 Uhr bzw. am 6. 8. 1973 um 3 Uhr ein jeweils eine Stunde dauerndes Maximum auf. Die niedrigsten Tageswerte traten um 6 Uhr auf.

Zusammen mit der pH-Spitze am 6. 8. 1973 um 3 Uhr wurde auch ein Extremwert der Leitfähigkeit aufgezeichnet, für den aber kein Pendant am 5. 8. 1973 gefunden werden konnte. Dafür traten an diesem Tag drei jeweils etwa über 2 Stunden anhaltende Zacken bei den Leitfähigkeitsmessungen auf, die um 1,30 Uhr, 8,30 Uhr und 15 Uhr jeweils ihr Maximum erreichten. Diese starken Leitfähigkeits-Schwankungen könnten auf stoßweise Belastungen hindeuten. Den gleichen Schluß lassen auch die um 4 Uhr bzw. 3 Uhr früh auftretenden pH-Wert-Anstiege zu, da sie kaum als Folge von Assimilationsprozessen interpretiert werden können.

Es ist schwer, Zusammenhänge zwischen der — bekanntlich im Inn stark schwankenden — Wasserführung und den einzelnen Parametern herzustellen. Es fallen zwar einige Spitzen, z. B. der pH-Wert am 5. 9. 1973 um 4 Uhr und die Leitfähigkeit am gleichen Tag um 15 Uhr mit stark erhöhten Wasserführungen zusammen, doch können daraus keine ursächlichen Verbindungen abgeleitet werden, d. h., daß die aufgezeichneten Unregelmäßigkeiten bei den einzelnen Parametern zivilisatorisch verursacht sein dürften.

### *Inn/Erl (Abb. 3)*

Im Anschluß an die Messung beim Kraftwerk Kirchbichl wurde das Gerät zwischen dem 6. und 8. 8. 1973 bei Erl eingesetzt. Da die Fließzeit zwischen Kirchbichl und Erl zwei Stunden beträgt, war es trotz schnellen Umbaus nicht möglich, das bereits bei Kirchbichl untersuchte Wasser bei Erl nochmals zu messen und direkte Rückschlüsse auf eingetretene Veränderungen zu ziehen. Ziemlich gleichmäßig erscheint auf den ersten Blick der Verlauf der einzelnen Kurven. Vor allem beim pH fallen die über viele Stunden gleichbleibenden Werte und die nur kurzfristigen Maxima und Minima

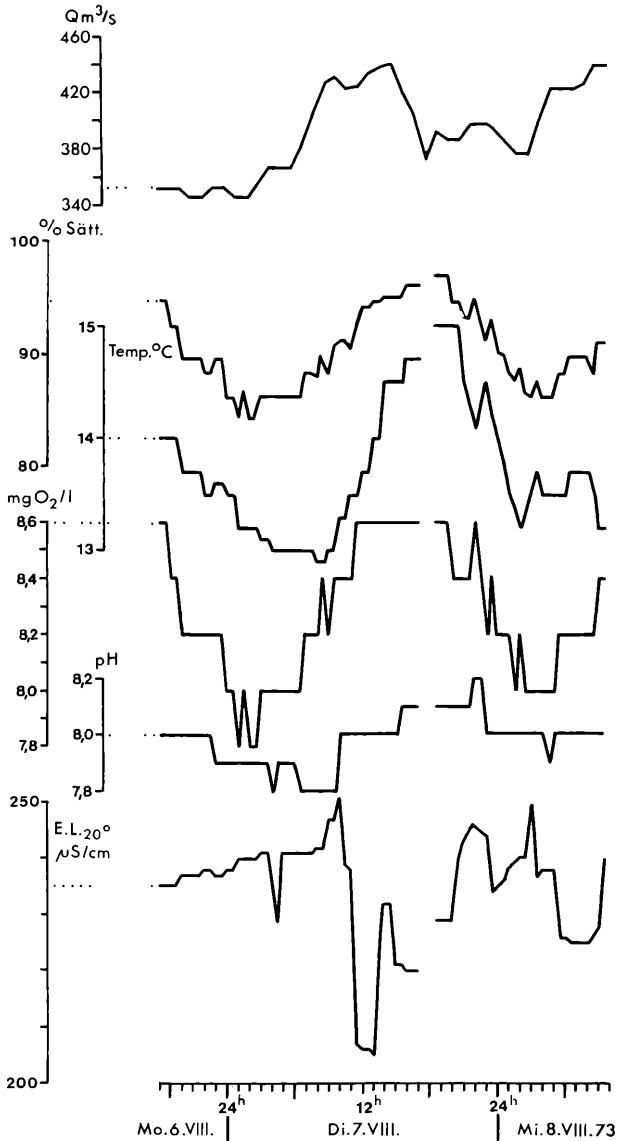


Abbildung 3

Inn / Erl

auf. Trotz einer Differenz von 0,4 Einheiten erhält die Kurve dadurch ein eigenartiges Gesamtbild. Am 7. 8. 1973 trat zwischen 6,30 Uhr und 9,30 Uhr der geringste pH-Wert nicht nur des Tages, sondern der gesamten Untersuchungszeit auf, obwohl der Sauerstoff-Gehalt — der zwischen 2 Uhr und 2,30 Uhr seinen tiefsten Stand erreichte — bereits kontinuierlich stieg. Nicht nur der pH-Wert blieb über längere Intervalle konstant, sondern auch das Sauerstoff-Maximum war sehr breit: es begann um 11,30 Uhr und endete um 19,30 Uhr. Ungefähr zur gleichen Zeit, nämlich um 19 Uhr, hatte am Vortag (6. 8. 1973) auch die Abnahme des Anteils an gelöstem Sauerstoff eingesetzt. Ebenfalls um diese halbe Stunde waren die darauffolgenden Minima verschoben: das am 7. 8. 1973 setzte um 1 Uhr ein, lag tiefer und dauerte nur 1½ Stunden, während das am 8. 8. 1973 um 1,30 Uhr begann, aber erst um 5 Uhr endete.

Die Wassertemperatur zeigte charakteristische Maxima-Minima-Kurven, wenn auch die höchste Tages- und die tiefste Nachttemperatur — in kontinuierlicher Fortsetzung der Beobachtungen von Kirchbichl — noch im Ansteigen begriffen waren.

Keine Gesetzmäßigkeiten konnten bei der Leitfähigkeit entdeckt werden. Es traten sehr starke Spitzen auf, die als Stoßbelastung interpretiert werden können.

Wegen des Fehlens von Wiederholungen ist keine eindeutige Aussage möglich. Wie schon bei Kirchbichl können — ebenso wie Unregelmäßigkeiten bei den anderen Parametern — auch die Leitfähigkeits-Schwankungen bei Erl in keinerlei Zusammenhang mit den Änderungen in der Wasserführung des Inn gebracht werden. Es war weiters nicht möglich, unter Berücksichtigung der 2-Stunden-Fließzeit zwischen den bei Kirchbichl und jenen bei Erl aufgetretenen Maxima oder Minima eine Relation herzustellen, zumal in diesem Gewässerabschnitt die Abgänge von Kufstein, aber auch aus bundesdeutschem Gebiet in den Inn gelangen.

#### *Sill/Innsbruck* (Abb. 4)

An der Sill wurde die Station knapp oberhalb ihrer Mündung in den Inn vom 27. März, einem Mittwoch, 12 Uhr, bis 2. April 1974 — dem darauffolgenden Dienstag, 8 Uhr — eingesetzt.

Die für die einzelnen Parameter erhaltenen Kurven weisen rhythmische Tagesgänge auf. Besonders auffällig sind die Unterschiede zwischen den normalen Wochentagen und dem Wochenende sowie die zeitmäßige Verschiebung zwischen Sauerstoff- und pH-Wert. Während an den anderen Gewässern im allgemeinen die Maxima und Minima von Temperatur und pH-Wert nicht nur gemeinsam, sondern auch mit dem Sauerstoff ziemlich

simultan oder nur geringfügig dagegen verschoben auftreten, sind sie bei der Sill gegenüber den Sauerstoff-Werten zu späteren Zeiten hin versetzt.

Der Anteil an gelöstem Sauerstoff erreichte zwischen 10,30 Uhr und 12,30 Uhr seine höchsten und durchschnittlich ab 19 Uhr seine tiefsten Werte, wobei einem verhältnismäßig kurzen und steilen Absinken ein langsamer,

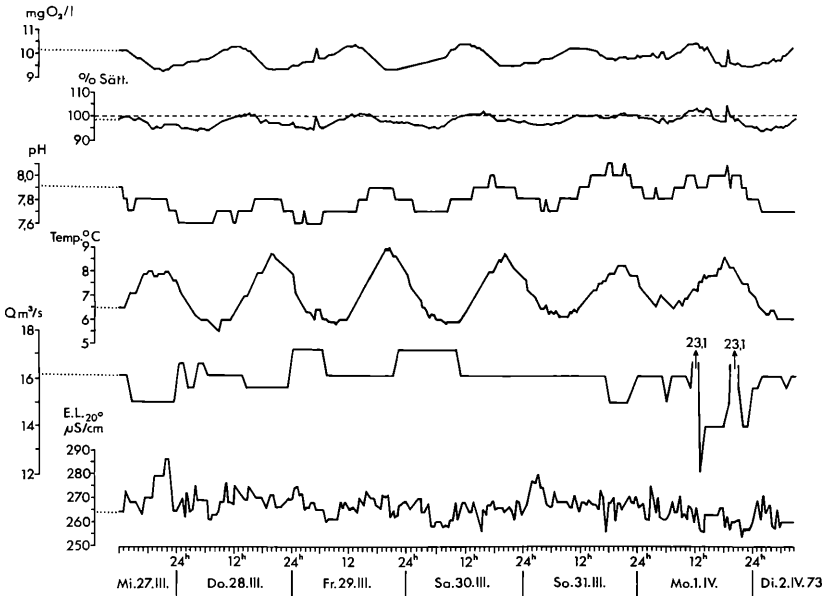


Abbildung 4

Sill / Innsbruck

kontinuierlicher Anstieg folgte. Auffällig bei den über das Wochenende aufgenommenen Kurven ist die Tatsache, daß am Sonntag der Maximalwert bereits um 9,30 Uhr und das Minimum schon um 17 Uhr erreicht waren. Überträgt man diese sonntäglichen Sauerstoff-Änderungen auf die Sättigungswerte, so erkennt man, daß der Gehalt an gelöstem Sauerstoff um 10 Uhr vormittags die 100%-Marke erreichte und sowohl während des Tages als auch in den Nachtstunden nur geringfügig um diese Marke schwankte, während an den anderen Wochentagen (von Montag bis

Samstag) der Unterschied zwischen den Maximum- und Minimum-Werten deutlich ausgeprägt war.

Ähnliche Tagesgänge wie der Sauerstoff wies auch der pH-Wert auf. Es fand aber eine Verschiebung der Extremwerte zu späteren Zeiten hin statt, und es waren auch ein ständiger Trend zu höheren pH-Werten und eine Differenzvergrößerung zwischen Maximum und Minimum zu verzeichnen.

Für Mittwoch bis Freitag 27.—29. 3. 1974 gilt: der tiefste pH-Wert stellte sich meistens zwischen Mitternacht und 1,00 Uhr ein, blieb dann größtenteils konstant und begann zwischen 6 und 8 Uhr wieder — und zwar stufenförmig — anzusteigen, um zwischen 15 und 16 Uhr seinen Höchstwert zu erreichen, der bis gegen 21 Uhr konstant blieb. Die Tage vom 30. März bis 1. April fallen aus dieser Reihe, innerhalb welcher sich der Montag noch ein bißchen stärker unterscheidet. Die Tagesmaxima sind sehr klein und haben im Vergleich mit den Maxima der Vortage das Aussehen von Zacken, die auf den sonst über längere Zeit sich erstreckenden und konstantbleibenden Höchstwerten aufgesetzt sind: z. B. am 30. März zwischen 13,30 Uhr und 22 Uhr stellte sich ein Wert ein, der von einer Zacke zwischen 17 und 17,30 Uhr überragt wird.

Am 21. 3. 1974 — dem Sonntag — sind es zwei Zacken, eine zwischen 17,30 Uhr und 18 Uhr und die zweite um 21 Uhr, die den ab 14 Uhr eingestellten Wert überragen. Am Montag, 1. 4. 1974, ist überhaupt kein sehr deutlicher Maximum-Minimum-Rhythmus zu erkennen, dieser scheint sich erst am Dienstag wieder einzustellen.

Die Temperatur-Maxima treten meistens zu jenen Zeiten auf, an welchen der Anteil an gelöstem Sauerstoff seinen Tiefstand erreicht, und zwar zwischen 18 und 20 Uhr. Die niedrigsten Temperaturen wurden zwischen 7 und 9 Uhr erreicht. Die Differenzen zwischen den Extremwerten liegen zwischen 2 und 3°C und lassen bereits das Vorhandensein von Schmelzwässern erkennen.

Keinerlei Tagesgang war bei der Leitfähigkeit festzustellen. Sie schwankte unregelmäßig innerhalb gewisser Grenzen. Ein sehr stark über den üblichen Schwankungsbereich hinaustretendes Maximum konnte am 27. März um 21,30 Uhr registriert werden, ein auffälliges, aber kleineres am 31. 3. 1974 um 3 Uhr. Als relativ deutliche Minima müssen die am 28. 3. 1974 um 6,30 Uhr, am 29. 3. 1974 zwischen 7 und 9,30 Uhr und am 30. 3. 1974 ab 4,30 Uhr registrierten Werte bezeichnet werden. Es ist aber trotzdem unmöglich, von regelmäßig auftretenden Schwankungen durch Belastungen zu sprechen.

*Großachelkössen* (Abb. 5 u. 6)

Zwischen dem 19. und 24. 10. 1973 sowie dem 19. und 23. 2. 1974 war die Station jeweils über 4 Tage an der Großache rechtsufrig bei der Staffler Brücke unterhalb Kössen, das sind zirka 3 km oberhalb der Staatsgrenze Österreich/Bundesrepublik Deutschland, eingesetzt.

Beim Vergleich der aufgezeichneten Kurven in der Zeit vom 19. bis 24. 10. 1973 sieht man, daß bei Sauerstoff und pH-Wert ein ziemlich synchroner Verlauf in Abhängigkeit von der Tageszeit besteht: dieser direkte Zusammenhang entspricht der Tatsache, daß die Assimilationstätigkeit der Pflanzen dem Lichteinfall direkt proportional ist. Durch den verstärkten  $\text{CO}_2$ -Verbrauch wird das zwischen  $\text{CO}_2$ - $\text{HCO}_3$ - $\text{CO}_3$  herrschende Gleichgewicht auf die alkalische Seite verschoben und der pH-Wert steigt an. Bei Wegfall der oder bei nur geringer Assimilationstätigkeit verschiebt sich das Gleichgewicht wieder in umgekehrter Richtung und der pH-Wert fällt ab. Daraus erklärt sich das „sinus“-artige Aussehen der Kurven mit einem Maximum um die Mittagszeit und einem Minimum gegen Mitternacht. Durch die verschiedensten Einflüsse wie Änderungen in den Wasserführungen, Abwasserstöße etc. können nun mehr oder weniger starke Beeinflussungen auftreten und die charakteristischen rhythmischen Kurvenformen gestört werden.

Der Anteil an gelöstem Sauerstoff erreicht im Laufe der täglichen Schwankungen ab 10,30 Uhr seinen Maximalwert, beginnt ab 13,30 Uhr wieder zu fallen, um ab zirka 16 Uhr den tiefsten Stand zu haben. Ziemlich ähnlich dazu verläuft der pH-Wert. Diese Kurve weist geringere Schwankungen auf als die für den Sauerstoff und zeigt deutlicher ausgeprägte Maxima und Minima. Seinen tiefsten Stand erreicht der pH-Wert ab zirka 20 Uhr. Er bleibt bis in die frühen Morgenstunden hinein konstant. Um die Mittagszeit und am frühen Nachmittag stellen sich die höchsten Werte ein. An trüben Tagen — entsprechend einer nur geringen Sauerstoff-Übersättigung — stieg der pH-Wert am Vormittag an, blieb dann bis in die Abendstunden gleich, um anschließend wieder um denselben Betrag abzusinken und sich bis zum nächsten Tag nicht zu verändern. An Tagen mit hoher Lichtintensität und damit großer Sauerstoff-Übersättigung war die Differenz viermal so groß. Der Übergang vom Maximal- zum Minimalwert bzw. umgekehrt, erfolgte kontinuierlich.

Bei Temperatur und Leitfähigkeit konnten keine rhythmischen Schwankungen festgestellt werden. Dies kann durch die Tatsache erklärt werden, daß nach anfänglich ziemlich konstanter Wasserführung (19. 10. 1973—21. 10. 1973) ein starker Anstieg am 21. 10. 1973 gegen 19 Uhr beobachtet



wurde. Synchron dazu fielen die Leitfähigkeit schnell und stark, die Temperatur nur langsam und geringfügig ab. Am 22. 10. 1973 gegen 17 Uhr setzte eine verstärkte Abnahme der Wasserführung ein, so daß sich am 23. 10. 1973 gegen 6 Uhr der Mittelwert dieser Jahreszeit einstellte. Doch bereits gegen 17 Uhr dieses Tages ließ sich neuerlich eine steigende Tendenz erkennen, die um Mitternacht so stark wurde, daß die Meßsonden um 3 Uhr aus Sicherheitsgründen aus der bereits auf die doppelte Wassermenge gestiegenen Ache genommen werden mußten. Auch hier kann man bei Leitfähigkeit und Temperatur Abnahmen feststellen.

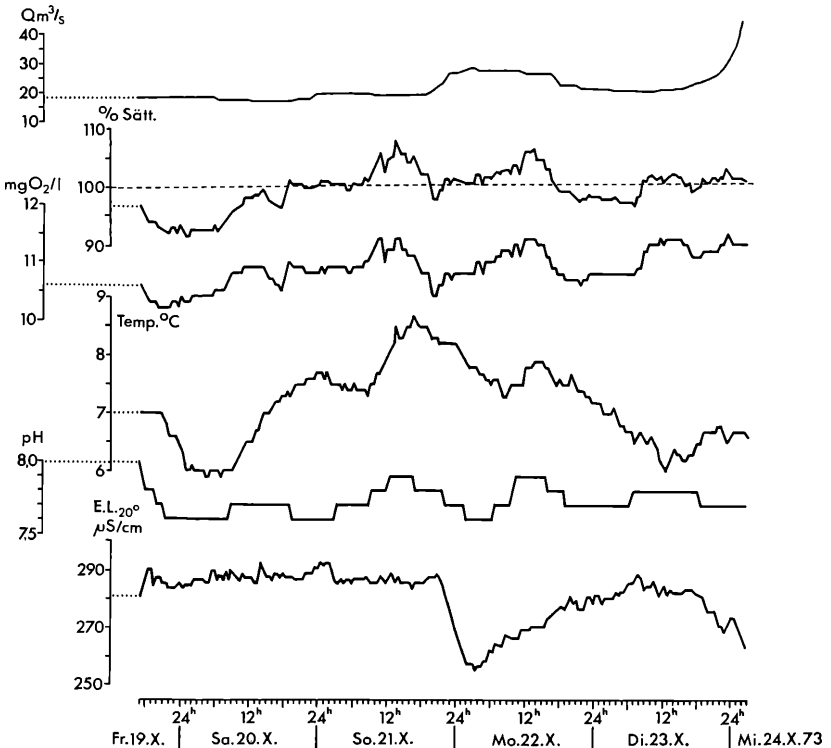


Abbildung 5  
Großache / Kössen

Weitgehend unabhängig von den Wasserstandsänderungen verliefen die Sauerstoff- und pH-Kurven. Dieser Umstand und die Tatsache, daß die Maxima um die Mittagszeit auftreten, zeigen, daß in diesem speziellen Fall die Sauerstoffwerte und die pH-Verschiebungen überwiegend von der Assimilationstätigkeit der Pflanzen abhängig sind. Ganz andere Zusammenhänge als hier herrschen am Inn bei Martinsbruck, wo — in Abhängigkeit vom Schwellbetrieb — mit dem Anstieg bzw. der Abnahme der Durchflußmenge gemeinsam auch der Sauerstoffgehalt und der pH-Wert stiegen bzw. abnahmen.

Da um diese Jahreszeit eine mittlere Wasserführung vorherrschte und durch Fremdenverkehr kein vermehrter Abwasseranfall gegeben war, können die Werte als durchaus repräsentativ für den Normalzustand angesehen werden.

Zur Feststellung des Unterschiedes zwischen einer fremdenverkehrslosen (Oktober, Abb. 5) und einer tourismusintensiven Zeit (Februar, Abb. 6) wurde die Station nochmals vom 19.—23. 2. 1974 bei der Staffler Brücke in Kössen eingesetzt.

Die täglichen Schwankungen waren im Februar 1974 viel deutlicher ausgeprägt als im Oktober 1973. Mit Ausnahme der Leitfähigkeit hatten alle Parameter charakteristische Kurven mit rhythmisch sich wiederholenden, gut ausgeprägte Maxima und Minima aufweisenden Tagesgängen. Gegenüber Oktober sind die Differenzen zwischen den Extremen größer, d. h., daß beim Sauerstoff die in ein enges Zeitintervall fallenden Tagesspitzen bei höheren Werten liegen, um dann auf einen tieferen Gehalt in den Nachtstunden abzusinken. Der pH-Wert erreichte zwar als Folge von Assimilationsvorgängen während des Tages alkalische Bereiche, sank aber niemals unter den bereits im Oktober festgestellten tiefsten Betrag ab. Ein direkter Temperatur-Vergleich ist nicht möglich, da wegen der stark wechselnden Wasserführung im Oktober keine rhythmische Temperaturkurve erhalten worden war. Wie schon im Oktober beobachtet, konnte wieder ein ziemlich synchroner Verlauf der Sauerstoff- und pH-Wert-Kurven in bezug auf die Zeit und ein Verschieben der Temperatur-Kurve um einige Stunden festgestellt werden.

Ein Vergleich der Ergebnisse läßt erkennen, daß bei annähernd gleicher Wasserführung die Belastung der Großsache im Februar wesentlich höher war als im Oktober. Beim Sauerstoff-Sofort-Gehalt traten zwar während der Mittagsstunden zwischen 12,30 Uhr und 14 Uhr hohe Übersättigungen auf, in den Nachtstunden zwischen 21,30 Uhr und 7 Uhr aber sank der Anteil an gelöstem Sauerstoff auf verhältnismäßig tiefe

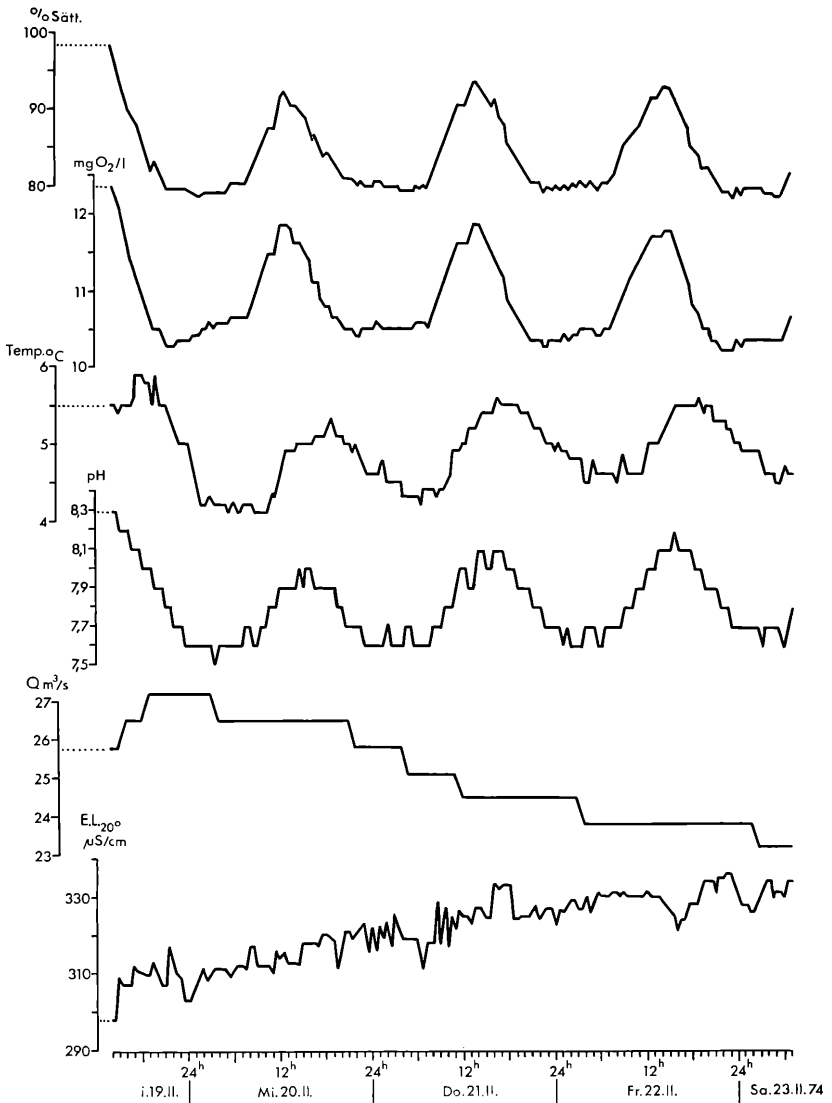


Abbildung 6  
Großache / Kössen

Werte, die durch oxidative Abbauvorgänge bedingt sein dürften. Die Ergebnisse für die Leitfähigkeit lassen weder rhythmische Tagesgänge erkennen, noch können daraus Schlüsse auf eventuelle stoßweise anfallende Einleitungen geschlossen werden.

### *Lech/Pinswang* (Abb. 7)

Das Meßgerät war in der Zeit vom 3.—11. 10. 1973 am Lech im Stauraum oberhalb des Kraftwerkes eingesetzt, um mit Hilfe der automatisch registrierenden Einrichtung herauszufinden, worin sich die Unterschiede zwischen einem fast stehenden und einem schnell fließenden Gewässer am stärksten ausdrücken.

Auf den ersten Blick lassen sich jedoch keine bedeutenden Differenzen feststellen, denn die Kurven der einzelnen Parameter wiesen den Fließgewässern ähnliche, deutliche Tagesgänge auf. Diese erstreckten sich aber nicht über die gesamte Meßdauer, denn am 7. 10. 1973 um 8 Uhr — ziemlich genau in der Mitte des Untersuchungszeitraumes — fand als Folge heftiger Regenfälle ein Anstieg der Wassermenge des Zuflusses auf mehr als das Doppelte statt.

Während vor diesem Zeitpunkt die Maxima und Minima in einem bestimmten Rhythmus aufeinander folgten, wurde dieser durch die Wasserstandsänderung gestört, und es bedurfte — abhängig vom Parameter — bis zu 48 Stunden, bis eine rhythmische Gleichmäßigkeit wiederhergestellt war.

Von Beginn der Messung an, am 3. 10. 1973 um 18 Uhr, fiel die Wasserführung langsam und kontinuierlich ab. Am 7. 10. 1973 um 18 Uhr begann sie anzusteigen, erreichte innerhalb von 16 Stunden den 2,5fachen Wert und nahm nach einer zweistündigen Spitze wieder stetig ab. Ein neuerlicher Anstieg um einige  $\text{m}^3/\text{s}$  trat am 9. 10. 1973 um 19 Uhr auf. Aber bereits in der darauffolgenden Nacht setzte um 3 Uhr eine relativ schnelle Abnahme ein, die um 17 Uhr endete und bei einem — gegenüber dem Meßbeginn — ca. um  $\frac{1}{3}$  höheren Wert bis zum Ende der Untersuchung konstant blieb.

Der Anteil an gelöstem Sauerstoff erreichte vor Einsetzen des Hochwassers seine — hohen Übersättigungen entsprechenden — Spitzenwerte zwischen 13,30 und 15 Uhr, die über Zeitintervalle von einer halben bis zu zwei Stunden konstant blieben, um dann ähnlich schnell wieder abzusinken, wie sie angestiegen waren. Minima traten ab 22 Uhr auf. Sie waren sehr schmal, denn meistens setzte bereits wieder vor Mitternacht ein — wenn auch zunächst nur langsamer und erst zwischen 7 Uhr und 9 Uhr sich beschleunigender — Anstieg des Sauerstoff-Sofort-Gehaltes ein. Dieser Anstieg erfuhr in den frühen Morgenstunden des 5. 10. 1973 eine starke Störung,

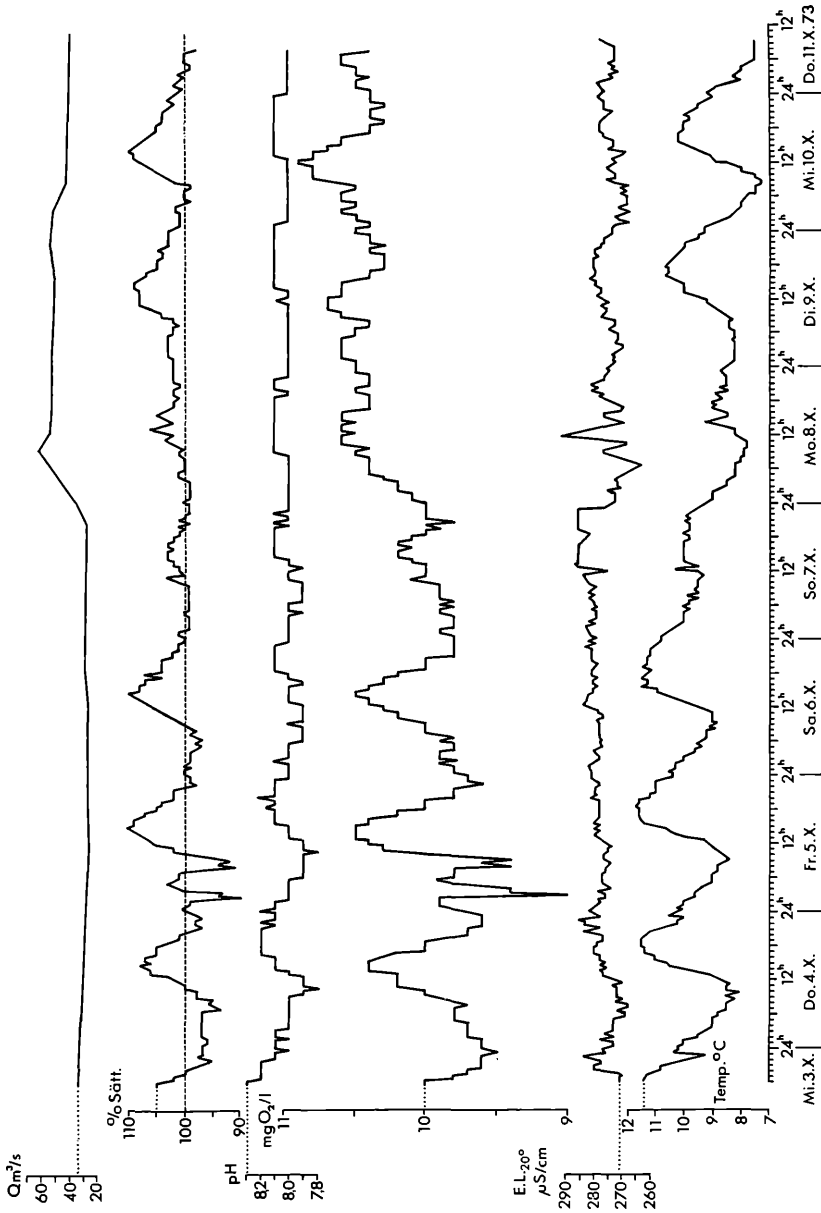


Abbildung 7  
Lech / Pinswang

indem plötzlich ein steiler Abfall um 3,30 Uhr einsetzte, dem dann um 8,30 Uhr ein neuerliches, wenn auch nicht so tiefes Minimum folgte.

Mit Beginn des Hochwassers, wenn auch etwas gegen spätere Zeiten hin verschoben, trat eine Zunahme des Anteils an gelöstem Sauerstoff ein, die am 8. 10. 1973 — genau wie am darauffolgenden Tag — um 11 Uhr ihr Maximum erreichte. Dazwischen sank zwar der Sauerstoff-Gehalt wieder ab, es war aber keinerlei Regelmäßigkeit weder gegenüber der Periode vor, noch nach dem Hochwasser zu erkennen. Diese setzte erst etwa 48 Stunden nach Beginn der Wasserstandszunahmen ein. Der Anteil an gelöstem Sauerstoff lag zwar höher als vor dem Hochwasser, doch aufgrund der niedrigeren Wasser-Temperaturen entsprachen die Sättigungswerte ziemlich genau den vorher aufgetretenen. Der 7. 10. 1973 fiel neben dem 8. 10. 1973, dem Hochwassertag, deutlich aus der Sättigungswert-Kurve: im ersten Fall traten wegen des trüben Wetters nur geringe Übersättigungen auf. Auch am zweiten Tag war die Übersättigung untertags gering, sank aber im Gegensatz zu allen übrigen in den Nachtstunden vom 8. auf den 9. Oktober niemals unter 100%. Da letzteres auf keinen Fall als eine Folge von Assimilationsprozessen angesehen werden kann, muß die hohe Turbulenz dafür verantwortlich gemacht werden.

Die Kurven der anderen Parameter zeigten mehr oder weniger starke Verschiebungen gegenüber der Sauerstoff-Kurve. Von einem direkten synchronen Verlauf einzelner Parameter kann nur immer kurzzeitig gesprochen werden, z. B. Temperatur und Leitfähigkeit zwischen 22,30 Uhr am 7. 10. 1973 und 24 Uhr am 9. 10. 1973.

Auffällig bei den Resultaten des pH-Wertes ist, daß nach anfänglichen starken Unterschieden — einem deutlichen Minimum um 11 Uhr und einem Maximum ab 17 Uhr — eine Verflachung der Kurve auftrat, die dann mit Einsetzen des Hochwassers letztlich nur mehr zwischen zwei Werten schwankte, die sich um 0,1 Einheiten unterschieden.

Ähnlich wie am Anfang beim pH-Wert, folgte auch bei der Temperatur einem ziemlich steilen Anstieg zum Maximum ein langsamer, sich über eine längere Zeitspanne erstreckender Abfall, wobei vor dem Hochwasser bei ständig gleichen Höchsttemperaturen die Tiefsttemperaturen von Minimum zu Minimum um etwa 0,5°C anstiegen. War schon beim Sauerstoff das Maximum am 7. 10. 1973 nicht nur später aufgetreten und erreichte es auch nicht die Werte der Vortage, so kam dies bei der Temperatur noch wesentlich deutlicher zum Ausdruck. In beiden Fällen — bei Sauerstoff und Temperatur — entsteht der optische Eindruck, als wären die Kurven „abgeschnitten“ worden. Da zu diesem Zeitpunkt keine Änderung in der Wasserführung auftrat, kann dies wohl als Folge fehlender Insolation betrachtet

werden: es fanden weder verstärkte Assimilationsprozesse noch eine höhere Erwärmung statt. Mit dem starken Anstieg der Wasserführung fiel die Temperatur um mehrere Grade. Es trat am 8. 10. 1973 ein nur geringer Unterschied zwischen Maximum und Minimum auf, und es stellte sich erst ab ca. 6 Uhr am 9. 10. 1973 ein — gegenüber vor dem Hochwasser zu tieferen Werten hin verschobener — rhythmischer Kurvenverlauf ein. Die Höchsttemperatur wurde nicht vor 15,30 Uhr, das Minimum erst zwischen 8 und 9,30 Uhr erreicht. Während durch das Hochwasser keinerlei zeitlicher Unterschied bei der Erreichung der maximalen Werte festgestellt werden konnte, traten die tiefsten Temperaturen aber bereits ab 7 Uhr auf.

Oberflächlich betrachtet weist die Leitfähigkeit einen sehr unregelmäßigen Verlauf mit vielen kleinen Schwankungen auf. Legt man aber eine Ausgleichskurve, so kann man feststellen, daß das Tagesminimum an den Tagen vor dem Hochwasser zwischen 7 und 8,30 Uhr lag, an jenen danach zu früheren Zeiten, auf ca. 5 Uhr hin, verschoben war, und die Kurve zwischen dem 6. 10. 1973, 12 Uhr, und dem 2. 10. 1973, 18,30 Uhr, vollkommen unregelmäßig verlief. In dieser Zeitspanne treten Maxima gegen 12 Uhr genau so auf wie z. B. ein Minimum umgekehrt proportional zur Wasserführung. Die Leitfähigkeit nimmt am 7. 10. 1973 ab 22,30 Uhr stark ab, um am 8. 10. 1973 um 6,30 Uhr ein absolutes Minimum zu erreichen, steigt dann, von starken Spitzen um 8,30, 11,30 und 15 Uhr überlagert, an, um ab 18,30 Uhr wieder in eine rhythmische Kurve überzugehen.

In den Untersuchungszeitraum fiel auch ein Wochenende (6.—7. 10. 1973) von dem die Parameter nicht unbeeinflusst schienen. Eine exakte Aussage ist aber nicht möglich, da der normale Tagesrhythmus durch das am 7. 10. 1973 einsetzende Hochwasser gestört worden war, wodurch eine Vergleichsmöglichkeit bezüglich der Auswirkungen durch das Wochenende nicht gegeben ist.

### *Drau/Sillian* (Abb. 8)

Die Station wurde bei Sillian knapp unterhalb der Übertrittsstelle der Drau auf österreichisches Staatsgebiet in der Zeit vom 10. bis 13. 8. 1973 eingesetzt. Die erhaltenen Resultate zeigen deutlich, daß Sauerstoff, pH und Temperatur in sich wiederholenden Tagesrhythmen schwanken, während dies bei der Leitfähigkeit nicht der Fall ist. Die Kurven sind gut ausgeprägt, die Maxima und Minima treten bei Sauerstoff und pH meist gleichzeitig oder aber auch nur geringfügig gegeneinander verschoben auf. Im Gegensatz dazu erreicht die Temperatur erst zu späteren Zeiten, d. h. in den Morgenstunden (gegen 5 Uhr) ihren tiefsten Stand.

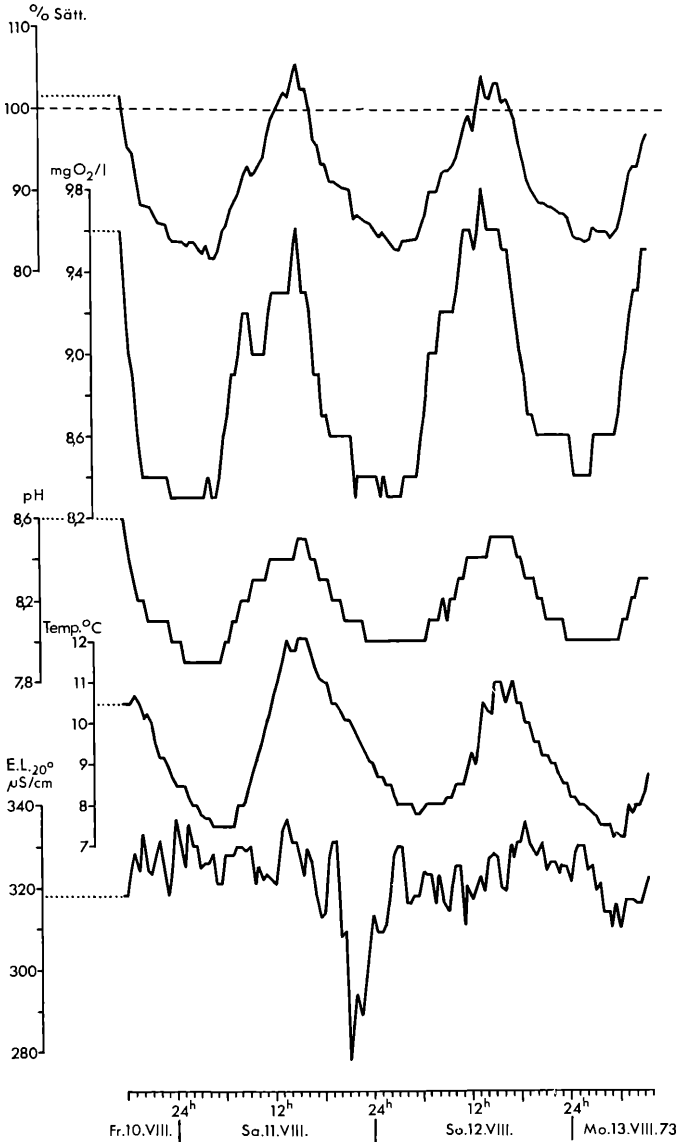


Abbildung 8

Drau / Sillian



Während beim Sauerstoff das Maximum jeweils durch einen einzelnen Spitzenwert repräsentiert wird:

am 11. 8. 1973 um 15 Uhr und am 12. 8. 1973 um 13 Uhr,  
erstrecken sich die Minima über längere Zeiträume:

in der Nacht vom 10. 8. 1973 auf den 11. 8. 1973 zwischen 23 und 5 Uhr  
am 12. 8. 1973 von 0,30 bis 3 Uhr und am 13. 8. 1973 von 0,30 bis  
2,30 Uhr. Parallel zur Sauerstoff-Kurve verlaufen die pH-Schwankungen.  
Das bedeutet, daß die pH-Änderung als Folge der Assimilationstätigkeit  
der Pflanzen durch die Einwirkung von Fremdstoffen nicht nennenswert  
gestört wird. Die Maxima beschränken sich aber nicht nur auf einzelne  
herausragende Spitzenwerte, sondern bleiben über Zeitspannen von einer  
Stunde — am 11. 8. 1973 — bis zu zweieinhalb Stunden — am 12. 8. 1973  
— konstant. Dasselbe kann auch über die tiefsten Werte gesagt werden. Sie  
fallen zeitmäßig genau mit dem geringsten Sauerstoff-Sofort-Gehalt zu-  
sammen und dauern — zwischen 23 und 1 Uhr beginnend — viereinhalb bis  
siebeneinhalb Stunden. Die Unterschiede zwischen den Extremen liegen  
beim gelösten Sauerstoff zwischen 0,9 mgO<sub>2</sub>/l und 1 mgO<sub>2</sub>/l, beim pH-Wert  
zwischen 0,5 und 0,6 Einheiten.

Sehr deutlich ausgeprägt ist die Temperatur-Kurve, wenn auch ihre  
Spitzen gegenüber Sauerstoff und pH nach späteren Zeiten hin verschoben  
sind. Die höchsten Tageswerte zeigten sich als sehr unterschiedlich:

am 11. 8. 1973 erwärmte sich die Drau von nächtlichen 7,5°C (zwischen  
4,30 Uhr und 7 Uhr) bis auf 12,1°C (zwischen 15 Uhr und 16 Uhr); am  
12. 8. 1973 lag zwischen 5 Uhr und 5,30 Uhr die tiefste Nachttemperatur  
bei 7,8°C, während der höchste Tageswert mit 11,0°C um 15 Uhr erreicht  
war und etwa eine Stunde anhielt; am 13. 8. 1973 wiederum stellte sich ab  
5 Uhr (bis 6,30 Uhr) mit 7,2°C ein absoluter Tiefstwert ein.

Die Leitfähigkeit schwankte um 58  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  ohne daß sich, wie bei den  
übrigen Parametern, ausgeprägte Tagesgänge feststellen ließen. Ein absolu-  
tes Minimum war am 11. 8. 1973 um 21 Uhr zu verzeichnen, während am  
darauffolgenden Tag um 18,30 Uhr ein eindeutiges Tagesmaximum auftrat,  
das denselben Zahlenwert aufwies, wie die Höchstwerte an den Vortragen,  
die am 10. 8. 1973 um 24 Uhr und am 8. 10. 1973 um 13,30 Uhr aufge-  
treten waren. Die relativ regelmäßige Wiederkehr hoher Spitzenwerte in den  
Abendstunden zwischen 18,30 Uhr und 20 Uhr sowie in den Nachtstunden  
zwischen 24 Uhr und 1 Uhr läßt den Schluß zu, daß die Drau stoßweisen  
Belastungen ausgesetzt ist, die aber an dieser Stelle — bedingt durch die  
hohe Turbulenz und gute Selbstreinigungskraft des Gewässers — im Anteil  
an gelöstem Sauerstoff und beim pH-Wert nicht zum Ausdruck kommen.

*Drau/Lienz* (Abb. 9)

Um eventuelle Auswirkungen der Abwässer von Lienz auf die Drau feststellen zu können, wurde das Gerät am linken Ufer unterhalb der Stadt zwischen dem 9. 8. 1973 und dem 10. 8. 1973 über 24 Stunden eingesetzt. Aus technischen Gründen war eine längere Aufstellung an dieser Stelle nicht möglich.

Auffällig bei den erhaltenen Ergebnissen ist, daß jeder registrierte Parameter deutliche, aber gegeneinander ziemlich verschobene Maxima und Minima aufweist.

Während noch an der Übertrittsstelle der Drau auf österreichisches Gebiet bei Sillian die Kurven einigermaßen synchron zueinander verliefen, fällt an der Meßstelle unterhalb Lienz das Sauerstoff-Maximum mit dem Temperatur-Minimum nahezu zusammen bzw. umgekehrt. Diese Tatsache ist — wie die Berechnung der Sättigungswerte zeigt — in diesem Fall nicht auf die bessere Löslichkeit von Gasen bei niedrigeren Temperaturen zurückzuführen, sondern eine Funktion von Assimilations- und Reduktionsprozessen.

Der geringste Anteil an gelöstem Sauerstoff wird zwischen 17 Uhr und 21 Uhr registriert. In diese Zeitspanne fällt das Temperaturmaximum um 19 Uhr, von dem ein rapider Abfall (Differenz  $5,4^{\circ}\text{C}$ ) auf den tiefsten Nachtwert um 5,30 Uhr einsetzt.

Eher stufenförmig vollzieht sich am 9. 8. 1973 von 21,30 Uhr an die Zunahme an gelöstem Sauerstoff um — bei einem Unterschied von  $0,6 \text{ mg O}_2/\text{l}$  — am folgenden Tag um 10 Uhr ein Maximum zu erreichen.

Gänzlich uncharakteristisch gegenüber dem üblichen Bild anderer Gewässer ist der Verlauf des pH-Wertes verglichen mit der Sauerstoff-Kurve. Im allgemeinen — abgesehen von geringen Zeitverschiebungen — bedingt ein als Folge von Assimilationsprozessen hervorgerufenes Sauerstoff-Maximum eine Verschiebung des pH-Wertes in alkalischere Bereiche. In diesem speziellen Fall aber beginnt gleichzeitig mit dem Auftreten des niedrigsten Sauerstoff-Sofort-Gehaltes um 17 Uhr ein stufenweises Absinken des pH-Wertes. Sein tiefster Stand ist um 0,30 Uhr erreicht und bleibt bis 8,30 Uhr — also acht Stunden — unverändert. Beim Sauerstoff hingegen nimmt der gelöste Anteil bereits ab 21,30 Uhr wieder zu und erreicht am darauffolgenden Tag um 10 Uhr ein Maximum. Der pH-Wert hingegen steigt erst eine Stunde vor dieser Sauerstoff-Spitze wieder an, um beim Maximum etwas abzusinken und bei fallendem Sauerstoff-Anteil neuerlich anzusteigen.

Parallel — aber gegenüber den Sauerstoff-Werten um ca. 2 Stunden nach späteren Tageszeiten hin verschoben — verläuft die Änderung der Leit-

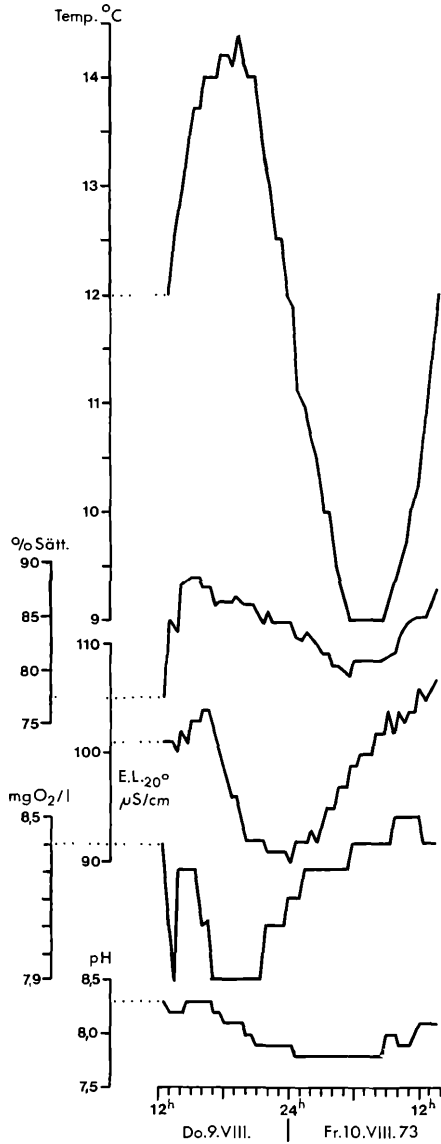


Abbildung 9  
Drau / Lienz

fähigkeit. Sie erreicht am 9. 8. 1973 um 16 Uhr ihre Spitze und um 24 Uhr ihren geringsten Betrag, um dann kontinuierlich wieder zuzunehmen.

Verschieden große Minima bei pH, Sauerstoff und Leitfähigkeit traten am 9. 8. 1973 auch gegen 13,30 Uhr auf. Diese Tatsache und der Gesamtverlauf der Kurven zueinander lassen den Rückschluß zu, daß an dieser Einsatzstelle die Auswirkungen von kommunalen Abwässern auch in schnell fließenden, turbulenten Gewässern gut erfaßt werden konnten. Sie kommen insofern deutlich zum Ausdruck, als die einzelnen Parameter zwar tageszeitlich rhythmische Kurven aufweisen, ihr sonst aber charakteristischer Verlauf zueinander stark verschoben ist.

## V. Zusammenfassung

Vergleicht man die Resultate der einzelnen Meßstellen, so kann eindeutig festgestellt werden, daß pH-Wert, Sauerstoffgehalt und Temperatur 24-Stunden-Rhythmen unterworfen sind, die sich ständig gleichmäßig wiederholen, solange keine Störungen auftreten. Die Abweichungen können durch Abwasser-Einleitungen, starke Wasserstandsänderungen, Temperaturverschiebungen, unterschiedliche Insolation hervorgerufen werden. Nahezu keine rhythmischen Kurven konnten bei der Leitfähigkeit erhalten werden, wenn auch oft sehr starke Schwankungen registriert worden sind.

In einem Gewässer, bei dem der natürliche Chemismus nur wenig gestört ist, sind bei Sauerstoff und pH-Wert die Maxima und Minima sehr deutlich ausgeprägt und die Verschiebung der Kurven gegeneinander ist gering. In solchen Fällen kommt auch der unmittelbare Zusammenhang zwischen dem Sauerstoff-Sofort-Gehalt und dem pH-Wert ganz besonders zum Ausdruck. Durch die — in Abhängigkeit von der Sonneneinstrahlung — mehr oder minder starken Assimilationsprozesse und der damit verbundenen Verschiebung des  $\text{CO}_2\text{-HCO}_3\text{-CO}_3$ -Gleichgewichtes auf die alkalische Seite hin, ergibt sich die Tatsache, daß die Sauerstoff-Maxima und -Minima ziemlich genau mit jenen des pH-Wertes zusammenfallen oder nur unwesentliche zeitliche Verschiebungen auftreten.

Die Sauerstoff-Kurven der im Rahmen dieser Untersuchung ausgewählten, in ihrer Belastung unterschiedlichen Gewässer — keines von ihnen aber war besonders stark verunreinigt — zeigten alle ein und dasselbe charakteristische Bild, wenn auch die Extremwerte zu verschiedenen Zeiten auftraten und mehr oder weniger schnell erreicht worden sind.

Wie die Ergebnisse zeigen, spielt nicht nur die Insolation, sondern auch die Änderung der Wasserführung bei den Schwankungen des Sofort-Sauerstoff-Gehaltes eine große Rolle. Ein deutliches Beispiel dafür ist die Meß-

steile am Inn bei Martinsbruck, wo die Sauerstoff-Kurve parallel zu jener der Durchflußmenge verläuft.

Daß nicht nur der Schwellbetrieb — wie bei Martinsbruck —, sondern auch heftige Regenfälle und der damit verbundene Anstieg der Wasserführung Erhöhungen des gelösten Sauerstoffes bewirken, zeigen die Ergebnisse von Lech (Oktober 1973, Pinswang) und Großsache (Oktober 1973, Kössen), wo in beiden Fällen eine Verschiebung der Kurve zu höheren Werten hin auftrat. Während aber beim Schwellbetrieb der Anteil an gelöstem Sauerstoff direkt mit den Änderungen der Abflußmenge schwankte, d. h. er nahm gleichzeitig mit dem Anstieg zu und wurde umgekehrt sofort mit der Abnahme geringer, trat bei den durch Niederschlag verursachten Erhöhungen des Wasserstandes eine Verschiebung der Sauerstoffzunahme zu späteren Zeiten hin auf. Sowohl vermehrte Turbulenz als auch erhöhter Eintrag aus der Atmosphäre dürften als Ursache für die Erhöhung des Gehaltes an gelöstem Sauerstoff anzusehen sein.

Die pH-Werte schienen von den hydrographischen Bedingungen ziemlich unbeeinflusst. Die Schwankungen beschränkten sich auf kleinere Intervalle, wobei die Meßwerte eine über viele Stunden währende Konstanz aufwiesen.

Ein gutes Beispiel für die gegenseitigen Verschiebungen der sonst übereinstimmenden Kurven durch die Einbringungen frischer, unabgebauter Abwässer waren die Ergebnisse der beiden Meßstellen an der Drau. Während bei Sillian ein synchroner Ablauf der Tagesgänge feststellbar war, d. h. die Maxima und Minima von pH-Wert und Sauerstoff nahezu zusammenfielen, waren sie unterhalb von Lienz sehr stark gegeneinander verschoben. Zusätzlich ließ hier die im Unterschied zu anderen Meßstellen deutlich ausgeprägte Leitfähigkeitskurve die Beeinträchtigung des Gewässers durch die Einbringungen der Stadt erkennen.

Gegenüber den anderen Parametern erwies sich die Leitfähigkeit als eine zum Teil sehr schwer zu interpretierende Größe. Eine Art Tagesgang konnte nur an der Drau bei Lienz und am Lech festgestellt werden. An den übrigen Meßstellen war es nicht nur einmal aufgetreten, daß einem extremen Maximum an einem Tag am nächsten ein ebenso extremes Minimum zur gleichen Stunde folgte. Aber die Tatsache allein, daß die Kurve unregelmäßig ist und oft extreme „Zacken“ auftreten, weist darauf hin, daß die elektrische Leitfähigkeit einen sehr empfindlichen Parameter darstellt, und daß stoßweise, rhythmuslose und zeitunabhängige Belastungen auftreten.

Anschrift des Verfassers: Dr. Rosemarie DWORSKY, Bundesanstalt für Wassergüte, Schiffmühlenstraße 120, Postfach 7, A-1223 Wien.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Wasser und Abwasser](#)

Jahr/Year: 1976-1977

Band/Volume: [1976-1977](#)

Autor(en)/Author(s): Dworsky R.

Artikel/Article: [Einsatz einer mobilen, automatisch registrierenden Meßstation an Fließgewässern in Tirol 373-401](#)