

Carinthia II	173./93. Jahrgang	S. 293–307	Klagenfurt 1983
--------------	-------------------	------------	-----------------

Der Abbau von Abwasserbelastungen in der gestauten Drau

Von Heinrich SCHLATTE

Mit 8 Abbildungen

Zusammenfassung: Die Abwasserbelastungs- und Sauerstoffverhältnisse in der Draustrecke Villach–Lavamünd werden auf der Grundlage zahlreicher Meßdaten dargestellt. Es bestehen zwei Belastungsschwerpunkte, nämlich der Raum Villach mit etwa 860.000 Einwohnergleichwerten und die Drauzubringer Kappler Vellach und Gurk, welche zusammen etwa 500.000 Einwohnergleichwerte einbringen.

Es zeigt sich, daß die Errichtung der Kraftwerkskette dazu geführt hat, daß die vom Raum Villach ausgehenden Abwasserbelastungen zur Gänze und jene aus den Drauzubringern Kappler Vellach und Gurk stammenden Lasten etwa zur Hälfte bis Lavamünd abgebaut werden. Vergleiche mit dem frei fließenden Zustand zeigen, daß in diesem Falle nur ein ganz geringer Prozentsatz der Abwasserlast bis Lavamünd abgebaut werden kann.

EINLEITUNG

Die Gewässergüte eines Fließgewässers wird auf der Grundlage verschiedener physikalisch-chemisch-biologisch-bakteriologischer Kriterien beurteilt. Die Einstufung der Gewässergüte erfolgt nach diesen Gesichtspunkten in ein vierstufiges Klassifikationssystem, bei welchem I die beste und IV die schlechteste Güteklasse darstellt.

Wesentlich bei der Beurteilung eines Gewässers ist dessen Sauerstoffgehalt in Beziehung zur Abwasserbelastung, diese ausgedrückt durch den biochemischen Sauerstoffbedarf in fünf Tagen (BSB₅). Der BSB₅ gibt an, wieviel Sauerstoff bei der mikrobiellen Selbstreinigung für den Abbau einer vorhandenen Belastung benötigt wird. Dieser Sauerstoff ist normalerweise bereits im Wasser gelöst vorhanden, da turbulente Fließgewässer einen hohen Sättigungsgrad aufweisen. Auftretender Sauerstoffverbrauch wird infolge der Turbulenz und dem damit verbundenen guten Kontakt mit der Atmosphäre bald ergänzt.

Mit den Fragen, welche mit Errichtung von Flußstauen sowie in deren Folge auftreten, haben sich SAMPL, POLZER und SCHLATTE (1975, 1977) befaßt. Systematische Untersuchungen über Belastungs- und Sauerstoffverhältnisse erfolgten durch EMDE und SCHLATTE (1979, 1982).

GEWÄSSERGÜTE DER DRAU

Die Drau (Abb. 1) kommt als weitgehend sauerstoffgesättigtes Gewässer aus Oberkärnten nach Villach. Abwasserbelastungen, welche in Oberkärnten erfolgen, üben keinen nachhaltigen Einfluß auf die Gewässergüte der Drau aus. Es hat wohl die biologische Selbstreinigung eingesetzt, größere Sauerstoffdefizite sind jedoch nicht entstanden. In der Gewässergütekarte des BUNDESMINISTERIUMS FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT wird der Drau ob Villach die Güteklasse I–II des vierstufigen Gewässergüteklassifikationssystems nach KOLKWITZ-LIEBMANN zugeordnet. Damit zählt sie zu den Fließgewässern, welche nur unwesentlich durch Abwasserbelastungen beeinträchtigt sind.

Im Großraum Villach erfolgt eine deutlich merkbare Belastung der Drau durch Siedlungs- und Industrieabwässer in der Größenordnung von rund einer Million Einwohnergleichwerten (EGW). Der Abbau dieser Belastung stellt eine merkbare Beanspruchung des im Gewässer gelösten Sauerstoffvorrates dar. Die Gewässergüte sinkt zunächst auf Klasse III ab, erreicht jedoch bald wieder die Klasse II. – Weitere Abwasserbelastungen erfolgen durch die Rechberger Zellstofffabrik über die Kappler Vellach und durch die Gurk, welche Abwasserbelastungen aus den Räumen St. Veit und Klagenfurt einbringt.

Das Wechselspiel zwischen Abwasserbelastungen und Sauerstoffgehalt wird im folgenden für die gestaute und für die frei fließende Drau behandelt. Dabei werden schließlich Beziehungen herausgearbeitet, welche eine gute Beurteilung der Verhältnisse gestatten.

GEWÄSSERBELASTUNG

Bearbeitungsgrundsätze

Man kann ein Fließgewässer als einen Komplex auffassen, dessen Verhalten von vielen Komponenten abhängt. Es sind dies z. T. eingeprägte (autochthone) Eigenschaften und zum anderen Teil durch den Menschen und seine Tätigkeiten hervorgerufene (anthropogene) Einwirkungen. Diese Komponenten sind vielfältig miteinander verknüpft und äußern sich in den physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften des Wassers. Gerade weil diese Wechselbeziehungen einen naturhaften Verlauf haben, welcher von zahlreichen Komponenten beeinflusst wird, können sie

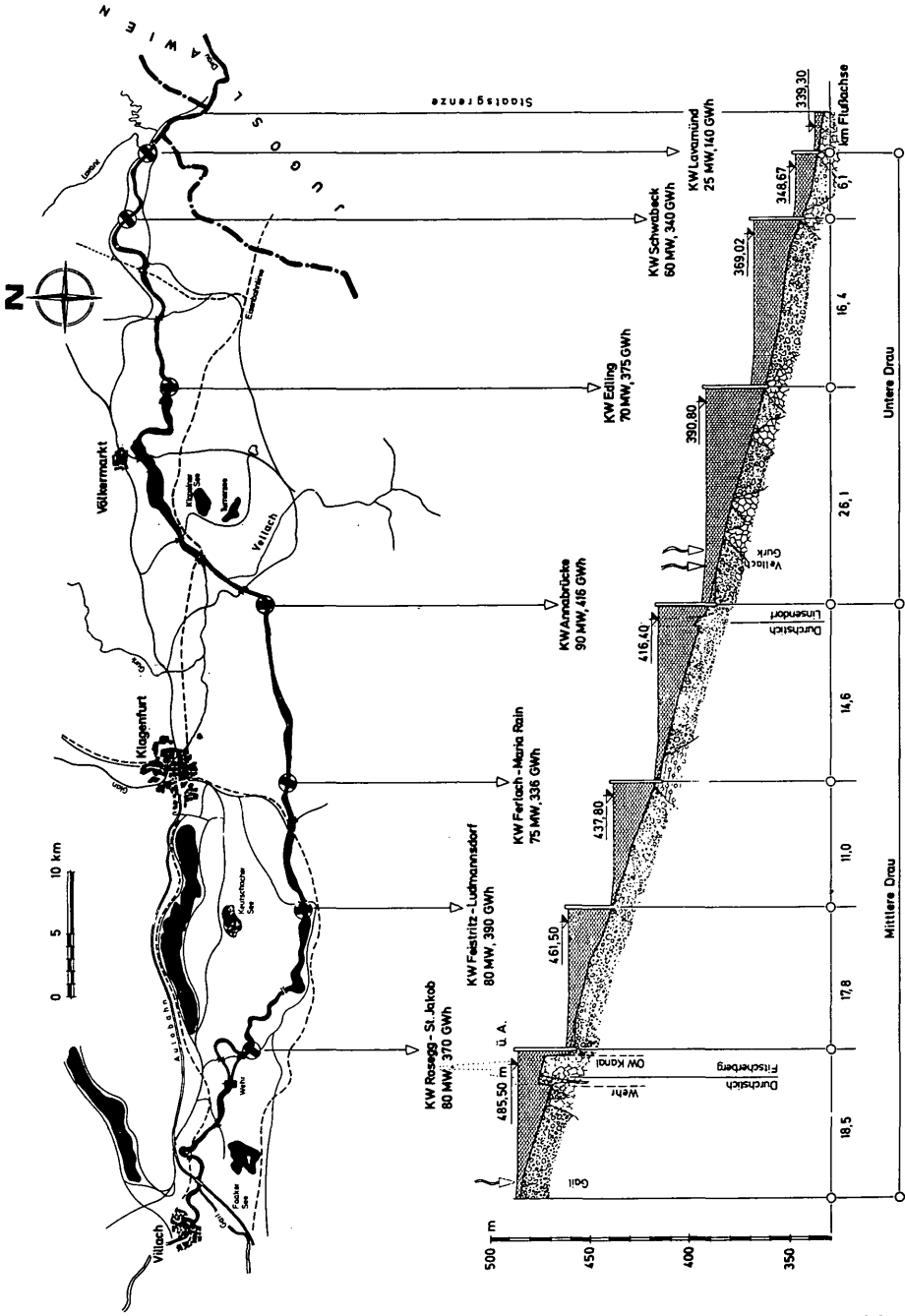


Abb. 1: Lageplan und Längenschnitt.

nur durch eine Vielzahl von Messungen erfaßt und nur in ihren wesentlichen Abhängigkeiten dargestellt werden.

Der Hydrologe und Wasserwirtschaftler steht als Ingenieur hier an der Grenze zwischen Natur und Technik. Es ist seine Aufgabe, Naturvorgänge zu erfassen und, auf dieser Kenntnis aufbauend, Grundlagen für bewirtschaftende Maßnahmen zu erarbeiten. Wenn dabei mathematische Funktionen herangezogen werden, so ist dies kein Widerspruch zur Natur, denn vielfach ist die Mathematik zur Beschreibung von Naturvorgängen entstanden, und es ist zweifellos z. B. das Verdünnungsprinzip streng durch die mathematische Funktion $\frac{a}{x}$ darstellbar. In anderen Fällen werden mathematische Funktionen nur Näherungen erzielen können, deren Güte von der guten Reproduzierbarkeit der Naturerscheinungen und der guten Wahl einer geeigneten Funktion abhängt. An dieser Grenze zwischen Natur und Mathematik muß jedoch die Natur Vorrang gegenüber der Mathematik behalten.

Im folgenden werden die Zusammenhänge zwischen der Gewässerbelastung und dem Sauerstoffgehalt des Draußflusses zwischen Villach und Lavamünd behandelt und Abhängigkeiten vom jeweiligen Abfluß herausgearbeitet. Diese sind allerdings nicht als streng funktionelle Zusammenhänge aufzufassen, sondern nur als Verhaltensmuster, da neben der Wassermenge Q , welche vor allem im Sinne einer Verdünnung der Abwasserbelastung zu verstehen ist, auch andere Einflüsse wie Wassertemperatur, Lichtklima, Kleinlebewelt, Turbulenz infolge Windeinwirkung u. a. auftreten. Dadurch ergeben sich Streuungen bei den Beziehungen O_2 - Q bzw. BSB_5 - Q . Trotzdem lassen sich gute Verhaltensmuster herausarbeiten, welche bei einer Zusammenschau über die behandelte Flußstrecke besondere Aussagen ermöglichen.

Gesetzmäßigkeiten

Auf der Grundlage umfangreicher Meßergebnisse war es möglich, Gesetzmäßigkeiten herauszuarbeiten. Ausgangspunkt für die Analysen waren die Gewässerbelastungen, gemessen als BSB_5 . Trägt man die im oberen Bereich des Stauraumes Rosegg nach der Gailmündung, also unter der Stadt Villach, erhaltenen Meßwerte auf einer linearen Skala in Abhängigkeit vom Abfluß in Feistritz Q_{Fei} auf (Abb. 2a), so wird augenscheinlich, daß der BSB_5 etwa im Sinne des Verdünnungsprinzips bei größeren Abflüssen abnimmt. Es gilt jedoch nicht ausschließlich das Verdünnungsprinzip, weil die Q -Achse nicht die Asymptote der BSB -Kurve darstellt.

Bei der Auftragung mit reziprokem Q -Maßstab (Abb. 2b) wird die BSB_5 -Kurve zu einer Geraden, welche zeigt, daß die Asymptote bei $BSB_5 = 2,6 \text{ mg/l}$ liegt, d. h. daß neben dem Verdünnungsprinzip, welches nur für die anthropogene Belastung gelten kann, noch eine zweite Belastung existiert, nämlich eine autochthone Grundlast von $2,6 \text{ mg/l}$,

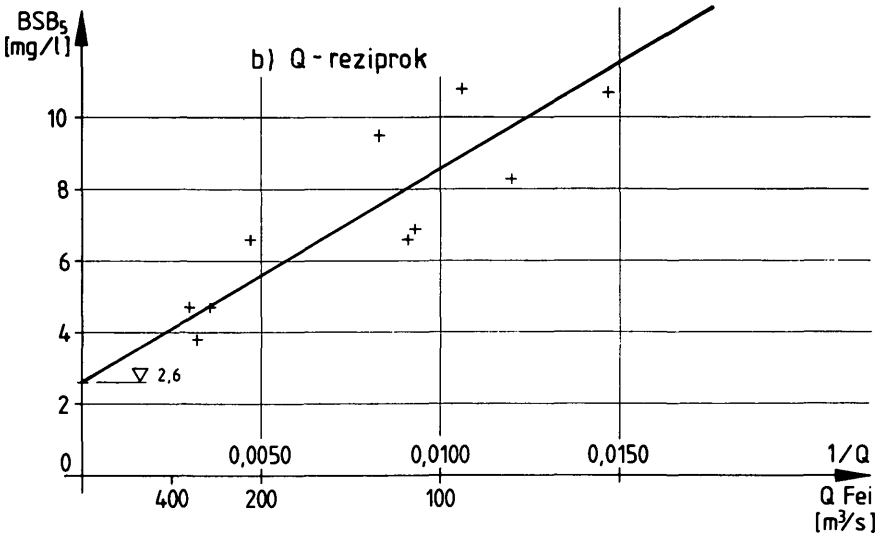
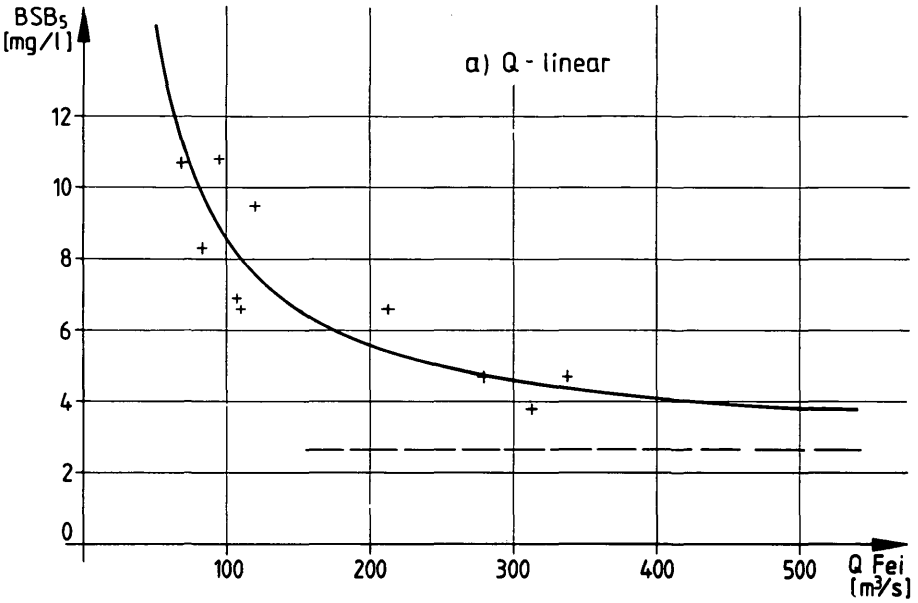


Abb. 2: Biochemischer Sauerstoffbedarf der Drau in Abhängigkeit vom Abfluß:
a) linear, b) reziprok.

welche dem Gewässer eingeprägt ist und nicht unbedingt mit einer Abwasserbelastung zu tun hat.

Diese Trennung gestattet eine weitere Aussage auf der Grundlage der BSB₅-Frachten: Die BSB₅-Fracht pro Tag stellt ein Maß für die Abwasserlast dar und wird aus der Wasserfracht des Tages und deren BSB₅-Wert errechnet:

$$\text{BSB}_5\text{-Fracht (t/d)} = 0,0864 \cdot Q \text{ (m}^3\text{/s)} \cdot \text{BSB}_5 \text{ (mg/l)}.$$

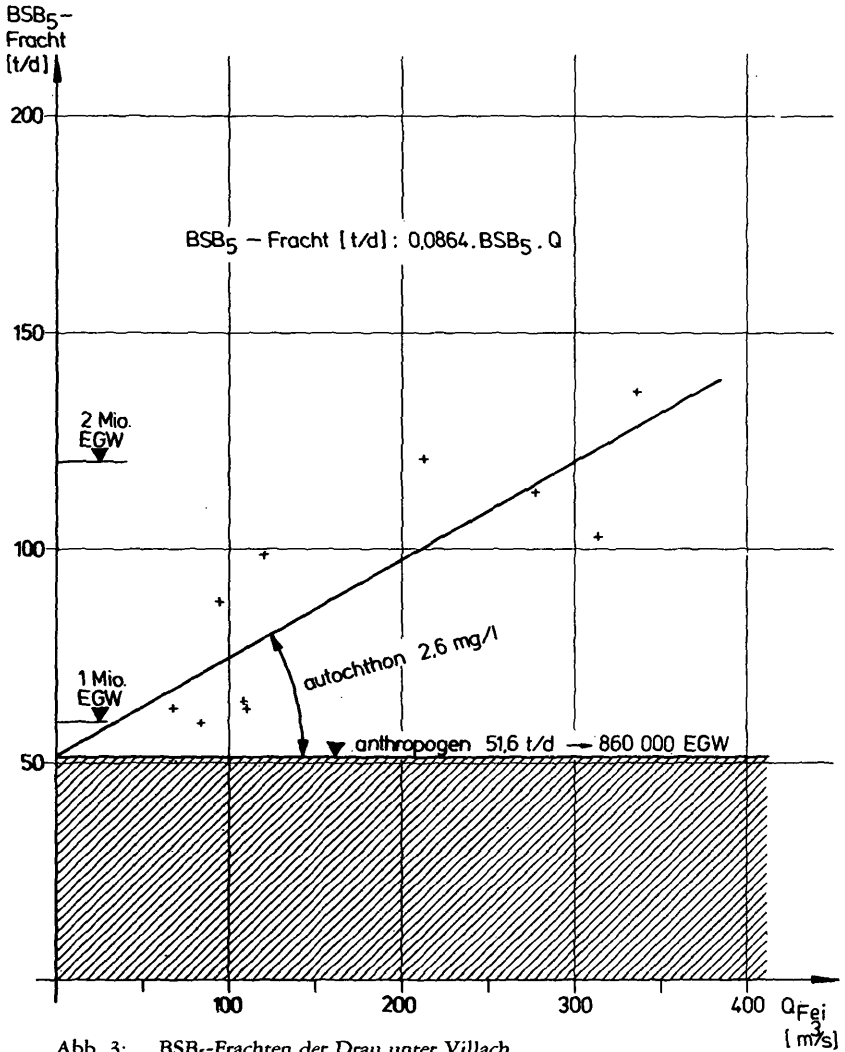


Abb. 3: BSB₅-Frachten der Drau unter Villach.

Trägt man die aus den Meßwerten errechneten BSB₅-Frachten in Abhängigkeit vom Abfluß Q auf (Abb. 3) und korreliert diese Werte zu einer Ausgleichsgeraden, so ergibt deren Schnittpunkt mit der BSB-Achse jene BSB₅-Fracht, welche – unabhängig von der Abflußfracht – durch anthropogene Einflüsse hervorgerufen wird. Im dargestellten Fall der BSB₅-Belastung der Drau unter der Stadt Villach, das ist im oberen Bereich des Staues Rosegg, ergeben sich 51,6 t pro Tag; dies entspricht rund 860.000 Einwohnergleichwerten.

Bei dieser Betrachtung als Frachten ist das Verdünnungsprinzip inkludiert und damit die vom Abfluß unabhängige, vom Menschen und seiner Tätigkeit hervorgerufene BSB₅-Fracht abgrenzbar. Die darüber hinausgehende BSB₅-Fracht nimmt mit dem Abfluß linear zu und muß daher dem Gewässer eingepreßt sein. Aus der Neigung der Ausgleichsgeraden ist der eingepreßte BSB₅ mit i. M 2,6 mg/l ermittelbar.

Die Darstellung illustriert sehr deutlich, wie gefährlich und falsch es wäre, aus gemessenen BSB-Werten unmittelbare Rückschlüsse auf anthropogene Abwasserbelastungen zu ziehen.

SELBSTREINIGUNGSVORGANG

Die sogenannte Selbstreinigung eines Fließgewässers erfolgt durch Mikroorganismen, welche im Gewässer ihren Lebensraum und ihre Nahrung finden. Abbaubare Abwässer werden von diesen Kleinlebewesen verarbeitet, während Giftstoffe eine Störung dieser Abbauarbeit bewirken können.

Diese Selbstreinigung findet bei frei abfließenden Gewässern und bei gestauten Fließgewässern unterschiedliche Voraussetzungen und nimmt daher verschiedenen Verlauf. Wesentlichen Einfluß üben vor allem Verweilzeit, aber auch Wassertemperatur, Lichtklima, Turbulenz u. a. aus.

Drau frei fließend

Als Grundlage für spätere Gegenüberstellungen werden zunächst die Verhältnisse in einer fiktiv frei fließenden Drau dargestellt.

Der Abwasserabbau in einer frei fließenden Drau wäre durch einen hohen Sauerstoffgehalt charakterisiert, weil bei der gegebenen Turbulenz auftretende Defizite bald aus der Atmosphäre ergänzt werden würden. Rasches Fließen der Drau bewirkt, daß die rund 110 km lange Strecke von Villach zur Staatsgrenze in etwa 17 Stunden überwunden wird.

Diese kurze Zeitspanne hat zur Folge, daß von der unter Villach vorhandenen Gewässerbelastung bei einer frei fließenden Drau nur ein kleiner Teil bis zur Staatsgrenze abgebaut werden kann (Abb. 8). Dieser Anteil ist wieder von der Wassertemperatur abhängig und beträgt gemäß IMHOFF bei einer Wassertemperatur von 15 °C etwa 15%, bei 10 °C etwa 10% und

bei 5 °C nur mehr 8% der ursprünglichen Belastung. Der größte Teil der Belastung würde also bei einer ungestaut abfließenden Drau in die jugoslawische Draustrecke abfließen und erst dort abgebaut werden.

Drau gestaut

Mit dem Ausbau der österreichischen Drau zu einer geschlossenen Kraftwerkskette zwischen Villach und der Staatsgrenze haben sich völlig veränderte Verhältnisse eingestellt. Verändert haben sich Fließgeschwindigkeit, Turbulenz, Wassertiefe, Lichtklima, Wasseroberfläche, Schwebstoffgehalt und vor allem die Verweilzeit des Wassers in der untersuchten Strecke.

Könnte bei frei abfließender Drau mit einer Aufenthaltszeit von 17 Stunden von Villach bis zur Staatsgrenze gerechnet werden, so verlängert sich diese Zeit nun beim Mittelwasser MQ auf etwa neun Tage (Abb. 4). Dies bedeutet für die Abbauvorgänge eine wesentliche Veränderung, weil durch die nun zur Verfügung stehenden längeren Verweilzeiten in den Stauen ein wesentlich besserer Abbau durch Selbstreinigung erfolgen kann. Verändert hat sich jedoch auch der Sauerstoffgehalt der Drau, weil diese nun kaum mehr als Fließgewässer, sondern eher als „Laufstau“ angesehen werden muß. Die verminderte Turbulenz bewirkt jedoch eine Verminde-

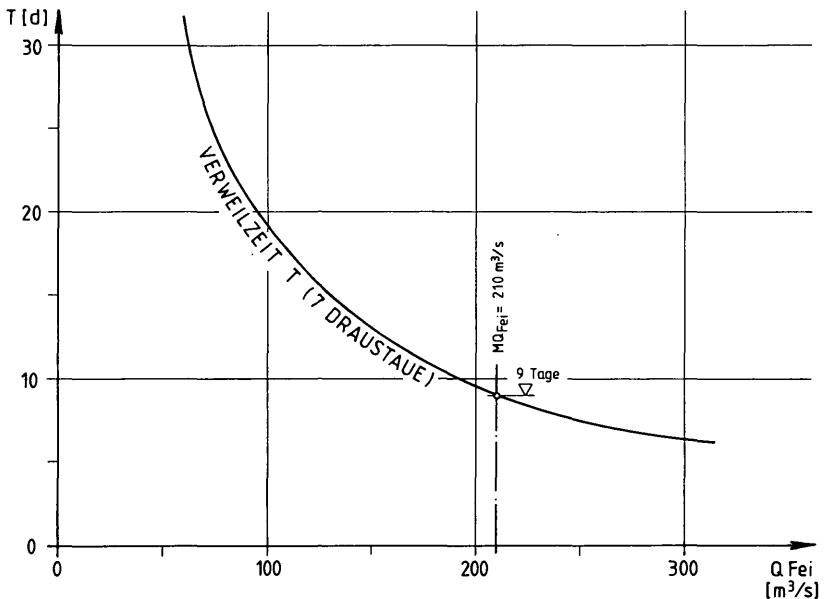


Abb. 4: Verweilzeiten Villach–Lavamünd.

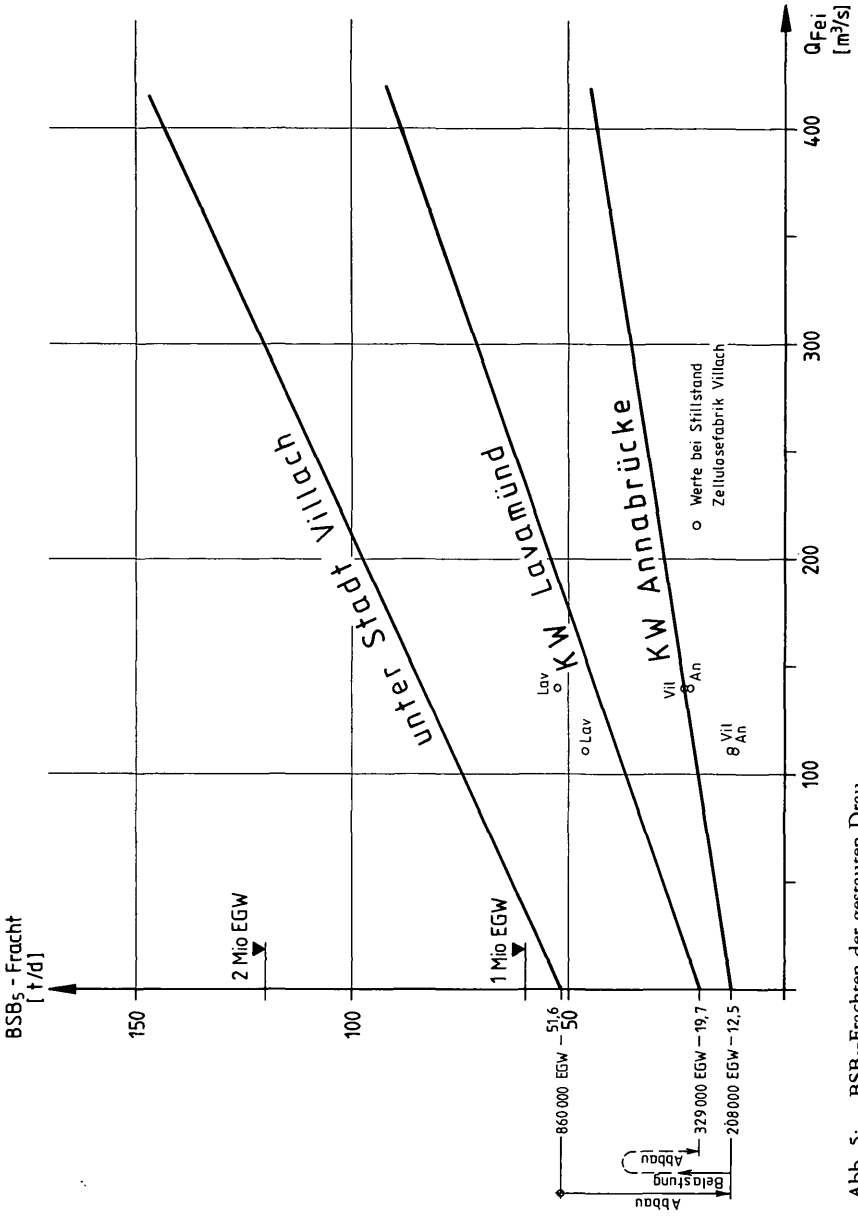


Abb. 5: BSB₅-Frachten der gestauten Drau.

rung der Regeneration des bei der biologischen Selbstreinigung verbrauchten Sauerstoffs. Der Sauerstoffverbrauch muß also wesentlich aus dem im Gewässer gelösten Vorrat abgedeckt werden, und es kommt zu einem Absinken des Sauerstoffgehaltes. Diesem Nachteil steht aber ein geringerer biologischer Sauerstoffbedarf gegenüber, weil der Abwasserabbau bereits vollzogen ist. Bilanzmäßig ist dies also kein Nachteil, weil die Differenz Sauerstoffgehalt-BSB₅, eher günstiger wird.

SELBSTREINIGUNG UND SAUERSTOFF- HAUSHALT IN DER DRAUSTRECKE VILLACH-LAVAMÜND

Aufbauend auf der Grundlage vorstehender Überlegungen, kann nun ein Modell für den Abwasserabbau in der Draustrecke Villach-Lavamünd aufgebaut werden. Die in Abb. 3 für die Drau unter Villach entwickelte BSB₅-Frachtenlinie kann aus Meßergebnissen auch für andere Stellen der Drau hergestellt werden (Abb. 5). Von besonderem Interesse sind die Verhältnisse beim KW Annabrücke, weil dort nach dem Durchgang durch vier Stauräume ein wesentlicher Abbau der in Villach eingebrachten Gewässerbelastung erfolgt ist. Die anfängliche anthropogene Belastung von 860.000 EGW ist auf 208.000 EGW abgebaut worden.

Im weiteren Verlauf werden in die Drau neuerdings anthropogene Belastungen eingebracht, welche die BSB₅-Fracht auf einen nicht unmittelbar feststellbaren Wert anheben. Jedenfalls liegen die BSB₅-Frachten in Edling und Lavamünd wesentlich höher als bei der Annabrücke, obwohl gerade im 10,5 km² großen Völkermarkter Stausee ein beträchtlicher Abwasserabbau erfolgt sein muß, welcher dazu führte, daß die anthropogene Belastung in Lavamünd auf 329.000 EGW abgesunken ist.

Abb. 6 zeigt für typische Stellen der Drau die BSB₅-Werte in Abhängigkeit vom Abfluß. Unter der Stadt Villach ist der Verdünnungseffekt, also der starke Anstieg des BSB₅ bei kleinem Abfluß, stark ausgeprägt. Beim KW Annabrücke ist der Verlauf der BSB₅-Kurve bereits deutlich flacher und zeigt damit, daß bei kleinem Abfluß ein besserer Abbau erfolgt und daß daher der Höhenabstand der beiden Kurven bei kleinerem Abfluß größer wird.

Die gegenüber Annabrücke höher liegende BSB₅-Kurve für das KW Lavamünd verdeutlicht die in der Zwischenstrecke eingetretene Abwasserbelastung, welche auch nach dem Abbau in drei dazwischen liegenden Stauseen doch sehr merkbar vorhanden ist, also nur teilweise abgebaut werden konnte.

Der Sauerstoffhaushalt der Drau (Abb. 7) ist ein Spiegelbild des BSB₅-Abbaues. Die unter Villach gemessenen Sauerstoffwerte liegen noch nahe dem Sättigungswert. Im weiteren Verlauf wird Sauerstoff für die Atmung der

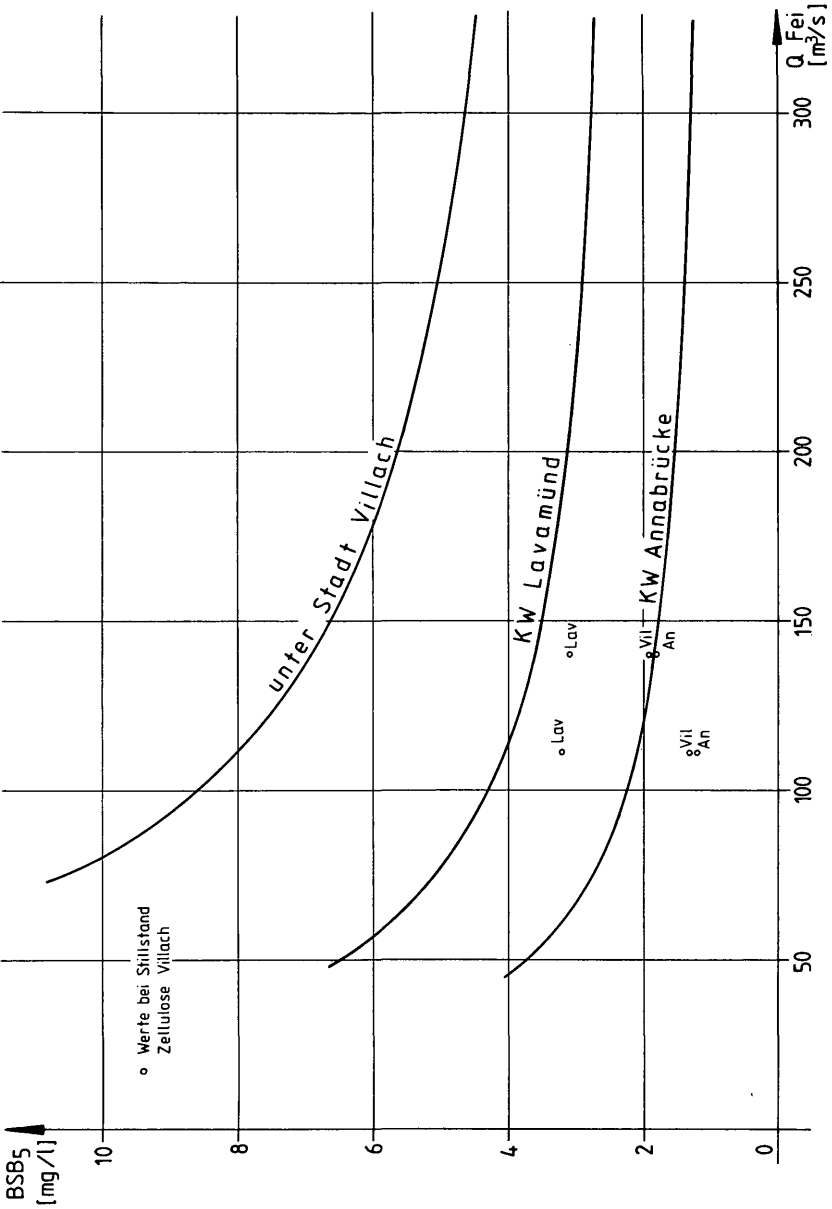


Abb. 6: BSB₅-Werte der gestauten Drau.

Kleinlebewesen beim Abwasserabbau verbraucht und teilweise ergänzt, d. h. daß der BSB₅-Abbau größer ist als der Sauerstoffverbrauch. Dies wird ersichtlich, wenn man den vertikalen Abstand der Sauerstoffkurven mit den entsprechenden Abständen der BSB₅-Kurven vergleicht.

Diese modellhafte Wiedergabe der BSB₅- und Sauerstoffverhältnisse gestattet nun auch eine Beurteilung außergewöhnlicher Belastungsverhältnisse: Bei einem Stillstand der Zellulosefabrik Villach konnten durch zwei Meßreihen die veränderten Verhältnisse aufgenommen und mit dem Normalzustand verglichen werden. Beim BSB₅ unter der Stadt Villach (Abb. 5, 6) wird deutlich, daß die Zellulosefabrik die wesentliche Belastung der Drau darstellt, weil bei deren Stillstand nur mehr geringe BSB₅-Werte verbleiben. Der Unterschied in der BSB₅-Fracht beträgt rund eine Million EGW. Die verbleibende Restbelastung ist vernachlässigbar klein.

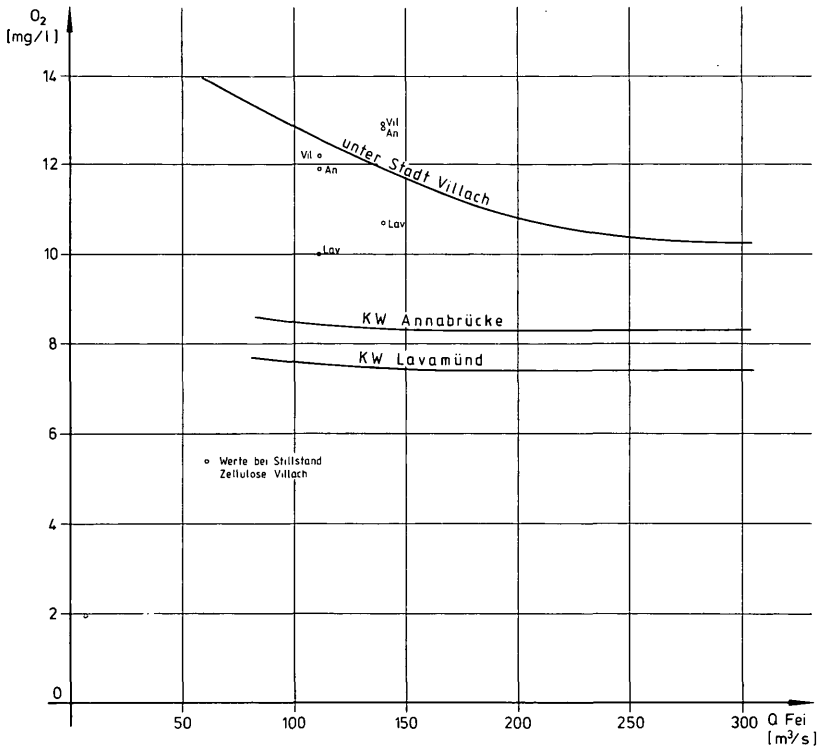


Abb. 7: Sauerstoffgehalt der gestauten Drau.

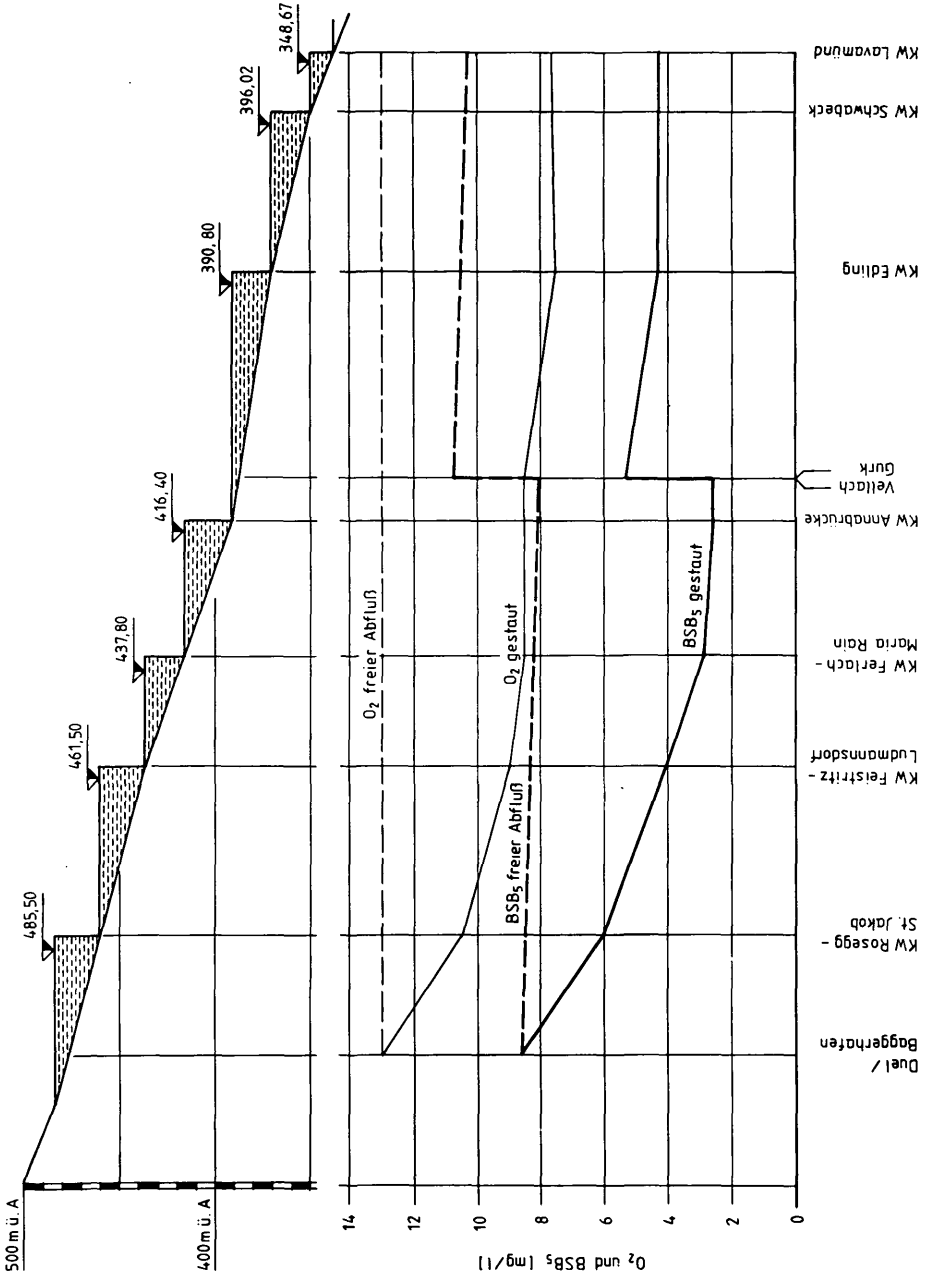


Abb. 8: BSB₅-Abbau und Sauerstoffgehalt der Drau bei $Q_{\text{Fei}} = 100 \text{ m}^3/\text{s}$.

Kaum verändert sind jedoch die BSB₅-Werte bei Annabrücke und Lavamünd. Dies führt zu unterschiedlichen Aussagen. Für die Meßstelle KW Annabrücke kann gefolgert werden, daß der Abbau der Belastung durch Selbstreinigung im Normalfall dort weitgehend abgeschlossen ist. – Beim KW Lavamünd muß daraus geschlossen werden, daß der unveränderte erhöhte BSB₅-Wert nicht von Villach kommen konnte – weil diese Belastung ja abgebaut ist –, sondern aus Vellach und Gurk, welche ihre Abwasserlast unverändert in die Drau einbrachten.

Diese Aussagen werden durch Betrachtung der Sauerstoffwerte bei Stillstand der Zellulosefabrik Villach (Abb. 7) bestätigt: Zwischen Villach und Annabrücke erfolgt unter diesen Verhältnissen kein Sauerstoffverbrauch, wohl aber in der Strecke Annabrücke–Lavamünd, wo nach wie vor Abwasser (teilweise) abgebaut wird. Aus dem Sauerstoffverbrauch kann geschlossen werden, daß durch Vellach und Gurk rund 500.000 EGW eingebracht werden.

Aus den Meßwerten und der geschilderten Modellbildung läßt sich nun der BSB₅- und Sauerstoffhaushalt der Drau in deren Verlauf für verschiedene Abflüsse ableiten: Abb. 8 zeigt dies für den relativ kleinen Abfluß von 100 m³/s bei Feistritz. Dieser Abfluß entspricht dem mittleren Februarabfluß im Regeljahr und zeigt daher die Verhältnisse sehr gut, weil die Verdünnung der Belastungen recht gering ist.

Für den jetzigen Zustand der gestauten Drau zeigen sich ein weitgehender BSB₅-Abbau zwischen Villach und Annabrücke sowie ein Anstieg der Abwasserlasten durch Vellach und Gurk, welcher bis Lavamünd nur teilweise abgebaut werden kann.

Der Vergleich mit einer fiktiv ungestauten Drau zeigt, daß unter diesen Verhältnissen die Abwasserlasten der Gebiete Villach, Vellach und Gurk wegen der geringen Verweilzeit der fließenden Welle bis Lavamünd nur unwesentlich abgebaut werden könnten. Der Sauerstoffgehalt wird bei der gestauten Drau durch die Selbstreinigung vermindert und kann im Gegensatz zum freien Abfluß nur teilweise regeneriert werden. Der BSB₅-Wert geht bei gestauter Drau in Lavamünd auf 4,3 mg/l zurück. Vergleichsweise hätte er bei frei fließender Drau etwa 10,4 mg/l betragen.

LITERATUR

- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (1981/82): Gewässergütekarte für Kärnten (im Druck).
- EMDE, W. von der (1979): Podiumsdiskussion: Gütekriterien im Hinblick auf die Errichtung eines Gewässeraufstaus. – Wasser und Abwasser, Band 22:276–282, Wien.
- IMHOFF, K. u. K. (1976): Taschenbuch der Stadtentwässerung. – R. Oldenbourg Verlag, München – Wien.
- POLZER, E. (1980): Anorganische und organische Frachten in den Draustauen und ihre Beziehung zu den benthischen Organismen. – Dissertation Universität Graz.

- SAMPL, H. (1976): Stauseen. – Die Natur Kärntens, Band 2:252–254, Klagenfurt.
- SCHLATTE, H. (1975): Gewässergütefragen beim Stau Rosegg. – Österreichische Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft, 28. Jahrgang, Heft 1:93–98, Springer-Verlag, Wien.
- (1977): Gewässergütefragen beim Kraftwerksausbau an der Drau. – Wasser und Abwasser 1976/77:77–94, Wien.
 - (1979): Podiumsdiskussion: Gütekriterien im Hinblick auf die Errichtung eines Gewässeraufstaus. – Wasser und Abwasser, Band 22:282–285, Wien.
 - (1982): Änderung des Sauerstoffgehaltes der Drau durch Schließen der Staukette. – Österreichische Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft, 35. Jahrgang, Heft 1/2:64–66, Springer-Verlag, Wien.

Anschrift des Verfassers: Dipl.-Ing. Heinrich SCHLATTE, c/o Österr. Draukraftwerke AG, Kohldorfer Straße 98, 9010 Klagenfurt.