

Aus dem Bezirks-Hygiene-Institut Halle (Saale)
(Direktor: OMR Dr. med. H. Grahneis)

Limnologisch-hygienische Untersuchungen an zwei kleinen Talsperren des Harzes (Wipper-Vorsperre und Nordhäuser Talsperre)

Von
Hermann Heynig

Mit 3 Abbildungen und 9 Tabellen
(Eingegangen am 13. Juli 1965)

1. Einleitung und Aufgabenstellung

In der vorliegenden Arbeit soll über Untersuchungen an zwei kleinen Harztalsperren berichtet werden, die in den Jahren 1957 bis 1959 im Rahmen mehrjähriger limnologischer Beobachtungen durchgeführt wurden (Heynig 1962). Talsperren oder Stauseen gewinnen infolge des ständig ansteigenden Wasserbedarfs und der damit verursachten Verknappung an einwandfreiem Grund- und Oberflächenwasser immer größere Bedeutung.

Besonders ungünstige Verhältnisse liegen im mitteldeutschen Raum vor, der zu den wasserärmsten Gebieten Deutschlands gehört. Nach Hübner (1955) steht hier einem sehr beschränkten Niederschlagsangebot von durchschnittlich etwa 500 mm im Jahr und weniger — einer Auswirkung des Regenschattens des Harzes — ein großer Wasserbedarf infolge der Zusammenballung von Industrie und Bevölkerung gegenüber. Daher wurden schon um die Jahrhundertwende und verstärkt in der neueren Zeit und Gegenwart in den umliegenden Mittelgebirgen Talsperren angelegt. Mit ihrer Hilfe läßt sich in Zeiten eines reichlichen Angebots Wasser für verschiedene Zwecke speichern.

Kalweit (1953) führt in einer Übersicht für das Gebiet der DDR 42 vorhandene und im Bau befindliche Talsperren von jeweils über 1 Mio m³ Inhalt mit einem Gesamtstauraum von rund 830 Mio m³ an. Diese Zahl wird sich bereits in naher Zukunft beträchtlich vergrößern; denn der Wasserverbrauch steigt mit der weiteren Entwicklung von Industrie und Bevölkerung. Bartsch (1961) hat für Karl-Marx-Stadt ein eindrucksvolles Beispiel für die Steigerung des Wasserverbrauchs seit 1875 gegeben.

Angaben über limnologische Untersuchungen an Talsperren und ihren Zuflüssen mit besonderer Berücksichtigung hygienischer Gesichtspunkte liegen in der Literatur nur sehr vereinzelt vor (Stundl 1939, 1942; Müller 1953, Rische 1957, Lenk 1963). Ältere Arbeiten, die sich aber nur auf bakteriologische Untersuchungen beziehen, sind bei Thienemann (1911) zitiert und teilweise besprochen. Über umfassende hygienische Untersuchungen und Maßnahmen im Einzugsgebiet von neu zu errichtenden Talsperren berichten Rische (1957) und Schulze (1962).

Im vorliegenden Falle ergab sich die günstige Gelegenheit zur vergleichenden Untersuchung und Betrachtung von zwei Talsperren mit verschiedener Nutzung und unterschiedlichen Einzugsgebieten. Darüber hinaus können die gewonnenen Ergebnisse an der Wipper-Vorsperre im Hinblick auf die später vorgesehene Trinkwasserentnahme aus der geplanten Wipper-Hauptsperre eine Grundlage für die Beurteilung abgeben, inwieweit sich das Talsperrenwasser als Trinkwasser eignen wird.

2. Die Talsperren und ihre Einzugsgebiete

Beide Talsperren liegen im südöstlichen Teil des Harzes in einer Entfernung von etwa 25 km (Luftlinie). Ihrem Fassungsvermögen nach handelt es sich um kleine Stauseen (s. Tab. 1), die dem Typus der Rinnenseen angehören (Wundsch 1949).

Tabelle 1. Morphometrische und hydrologische Angaben über die Talsperren

	Wipper-Vorsperre	Nordhäuser Talsperre
Meereshöhe (m über NN)	293	451
Max. Stauinhalt (Mio m ³)	2	1,24
Größte Tiefe (m)	15,8	26,5
Staufläche (ha)	38	11,6
Mittlere Tiefe (m)	5,3	10,7
Einzugsgebiet (km ²)	71,4	5,7
Mittl. jährl. Abfluß an der Sperrstelle (Mio m ³)	21	2,4

Die **Wipper-Vorsperre (WV)** liegt im Tal der Alten Wipper einige Kilometer oberhalb des Ortes Wippra (Abb. 1). Sie ist das erste in den Jahren 1951 bis 1952 verwirklichte Teilstück des großen Projektes der Wipper-Talsperre und dient dem Hochwasserschutz sowie der Niedrigwasseraufhöhung der Wipper. Sie befriedigt damit den Brauchwasserbedarf der Schwerindustrie von Mansfeld und Hettstedt, während für die geplante Hauptsperre mit einem

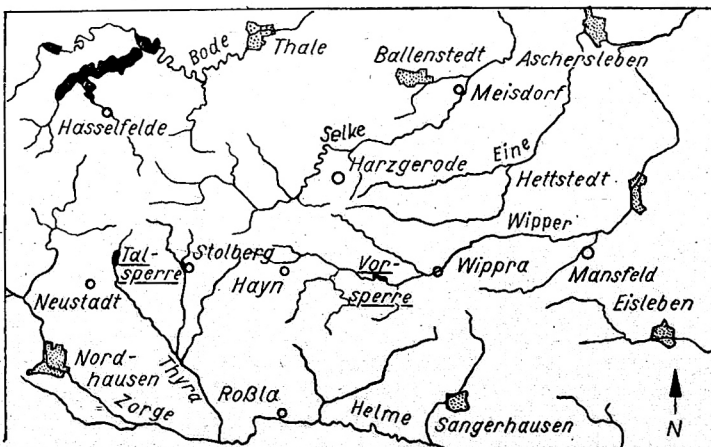


Abb. 1. Lageplan der beiden untersuchten Talsperren

Wasserinhalt von 35 Mio m³ außerdem die Energieerzeugung und evtl. die Entnahme von Trinkwasser vorgesehen ist (vgl. Borges 1953).

Die **Nordhäuser Talsperre** (NT) befindet sich am Rande des Südharzes nördlich der Stadt Nordhausen im Tal des Krebsbaches (Abb. 1). Sie wurde bereits 1906 für die Trinkwasserversorgung von Nordhausen in Betrieb genommen. Das entnommene Wasser wurde bis 1928 ohne jede Aufbereitung verwendet. Erst durch die Typhus-Epidemie von Hannover (1927) gewarnt, wurden auch in Nordhausen Aufbereitungsanlagen errichtet. Die Länge der Rohrleitung beträgt 12,8 km.

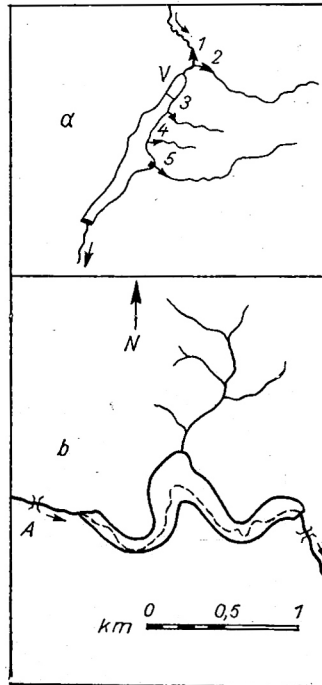


Abb. 2. Die Talsperren und ihre Zuflüsse

a) Nordhäuser Talsperre (1-5 = Zuflüsse, V = Vorsperre)

b) Wipper-Vorsperre (gestrichelte Linie = das alte Flußbett, A = Armbruster Brücke)

Während WV ihren Zufluß praktisch nur durch die Alte Wipper erhält, besitzt NT außer dem Krebsbach als Hauptzufluß noch 4 linksseitige Bäche (Schindergrund, Mückental, Borntal, Jägerstieg). Alle Zuflüsse zu NT sind mit kleinen Absetzbecken versehen, die als Sand- und Schlammfänge wirken und nach Bedarf beräumt werden können. Darüber hinaus hat NT noch eine kleine Vorsperre, die bereits starke Verlandungserscheinungen zeigt (Abb. 2).

Die Einzugsgebiete beider Talsperren unterscheiden sich nicht nur beträchtlich in ihrer Größe, Höhenlage, Geologie und Niederschlagsmenge, sondern vor allem auch in ihrer Struktur. Während das Einzugsgebiet von NT mit einer Größe von 5,7 km² völlig unbesiedelt ist und praktisch ein reines Nadelwaldgebiet darstellt, wird das 71,4 km² große Gebiet von WV wenig-

stens teilweise landwirtschaftlich genutzt. Neben Laub-, Nadel- und Mischwaldbeständen findet sich also auch Wiesen- und Ackerland in beträchtlicher Menge.

Diese Unterschiede sind für die Deutung und Beurteilung der Untersuchungsbefunde sehr wichtig.

3. Chemisch-biologische Untersuchungen im Einzugsgebiet der Wipper-Vorsperre

Da das Einzugsgebiet von NT im Gegensatz zu dem von WV nur klein, von einheitlicher Beschaffenheit und außerdem unbesiedelt ist, waren von einer speziellen Untersuchung der verschiedenen Bachläufe keine für die Beurteilung der Wasserverhältnisse in der Talsperre wesentlichen Erkenntnisse zu erwarten. Infolge der kurzen Fließstrecken — maximal etwa 3 km — und der Unberührtheit des Gebietes werden die chemischen Verhältnisse der Hauptzuflüsse mit genügender Sicherheit auch durch die regelmäßig erfolgten Untersuchungen unmittelbar vor der Mündung in die Talsperre charakterisiert.

In Tabelle 2 sind die Mittelwerte der hier interessierenden Einzeluntersuchungen sowie deren Schwankungsbreiten für die beiden wichtigsten Zuflüsse von NT (Krebsbach und Schindergrund, Nr. 1 und 2 in Abb. 2) zusammengestellt. Zum Vergleich sind auch die entsprechenden Werte von der Wipper (an der Armbruster Brücke) angegeben. Die Entnahmestellen befanden sich jeweils kurz vor Einmündung der Zuflüsse in die Talsperren.

Tabelle 2. Ergebnisse der chemisch-physikalischen Untersuchungen an den Talsperrenzuflüssen in der Zeit von Mai 1957 bis Juli 1959, angegeben in Form von Mittelwerten. In Klammern die Schwankungsbreite der Einzeluntersuchungen

	pH	PV mg/l	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻ mg/l	PO ₄ ³⁻ mg/l	Sauerstoff mg/l	Sättigung	BSB ₅ mg/l
Krebsbach	7,8 (7,3-8,1)	11 (4-23)	nn	nn	5,2 (1,8-10)	0,048 (0,032-0,245)	11,3 (9,3-12,6)	99% (92-106)	1,5 (0,9-3,0)
Schindergrund	7,8 (7,1-8,2)	10 (5-25)	nn	nn	8,0 (3-10,5)	0,026 (0,010-0,054)	11,4 (9,0-12,8)	99% (92-104)	1,1 (0,6-1,4)
Wipper	7,7 (7,2-8,0)	16 (6-32)	nn -Sp.	nn bis +	6,8 (0,6-18)	0,075 (0,027-0,175)	10,9 (8,7-14,1)	96% (79-124)	2,9 (1,2-5,3)

¹ BSB₅ = biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen.

Anders liegen die Verhältnisse im Einzugsgebiet von WV. Infolge seiner Größe, seiner landwirtschaftlichen Nutzung und der Besiedelung mit etwa 3000 bis 4000 Menschen ist die Möglichkeit zur Verschmutzung des Zufließwassers der Talsperre gegeben. Deshalb wurden spezielle Untersuchungen im Einzugsgebiet von WV durchgeführt mit dem Ziel, einige Anhaltspunkte über Verschmutzungsquellen und Ursachen der Unterschiede in der Wasserqualität beider Talsperren zu erhalten. Dabei beschränkte ich mich bewußt auf chemische und biologische Untersuchungen und verzichtete auf die Entnahme bakteriologischer Proben im Hinblick auf deren ausgesprochenen Stichproben-

charakter, zumal die Entnahmen aus verschiedenen Gründen nicht regelmäßig durchgeführt werden konnten. Insgesamt wurden biologisch-chemische Untersuchungen zu drei verschiedenen Zeitpunkten ausgeführt (Juli und Oktober 1959, August 1960). Der Besprechung der Untersuchungsergebnisse seien noch einige allgemeine Angaben vorausgeschickt.

Die Wipper entspringt westlich von Hayn und nimmt auf ihrem Lauf unterhalb von Dankerode den Wolfsberger und Rothaer Bach auf. Im Einzugsgebiet, das von 277 m bis 470 m ansteigt, liegen — abgesehen von einzelnen Gehöften, Mühlen und Forsthäusern — folgende sechs Ortschaften: Rotha, Wolfsberg, Hayn, Breitenbach, Paßbruch und Dankerode (Abb. 3). Zwar werden nur Rotha und Wolfsberg direkt von Bächen durchflossen, die dabei reichlich Jauche und andere Verunreinigungen aufnehmen, während die übrigen Orte nicht unmittelbar in Verbindung mit dem Flußsystem der Wipper stehen, da sie auf der Höhe liegen. Jedoch können die am Hang außerhalb der Ortschaften entspringenden Bäche bei stärkeren Niederschlägen trotzdem nachweislich verunreinigt werden, wie die Untersuchung ergab. Schließlich liegt westlich von Hayn an der Straße Roßla—Hayn—Auerberg die Molkerei Hayn, ein wichtiger Verschmutzer der Wipper. Es handelt sich um eine mittelgroße Molkerei mit max. 16 000 l Milchanlieferung pro Tag und einem täglichen Wasserverbrauch von ca. 50 m³. Die Abwässer werden nur ungenügend in einer Absetzgrube „gereinigt“ und dann in einen sehr kleinen Wiesenbach abgeführt, der nach kurzem Lauf in die Wipper mündet.¹

Ende Juni 1959 wurde eine erste Orientierungsfahrt unternommen, bei der ich sehr ungünstige Wasserverhältnisse antraf. Infolge der langanhaltenden Trockenheit und Wärme war die Wasserführung der Bäche nur sehr gering oder sie waren überhaupt ohne Wasser. Der Wiesenbach hinter der Molkerei in Hayn war nur ein Rinnsal von wenigen Zentimetern Breite, ausgekleidet mit schwarzem Faulschlamm, der einen üblen Gestank verbreitete. Eine Woche später (Anfang Juli) hatte sich das Bild beträchtlich verändert. Durch wiederholte Gewitterregen hatte die Wasserführung aller Bäche etwas zugenommen, keines der besuchten Bachbetten lag mehr völlig trocken. Die Geruchsbelästigung durch den von der Molkerei verunreinigten Wiesenbach war nur noch gering, der schwarze Faulschlamm zum großen Teil verschwunden.

Für die biologische Untersuchung wurden jeweils Aufwuchsproben entnommen und die makroskopisch sichtbaren Organismen von Steinen und dergl. abgesammelt; für die chemische Untersuchung wurden Sauerstoffproben sowie 0,5 l Wasser für die übrigen Bestimmungen entnommen.

3.1 Chemische Untersuchungsergebnisse

Die Ergebnisse der chemischen Untersuchung² sollen nun an Hand der im Juli 1959 entnommenen Proben etwas genauer besprochen werden, da sie die Verhältnisse besonders deutlich zeigen (s. Tab. 3). Schon ein Vergleich

¹ Über spezielle chemisch-biologische Untersuchungen zu diesem Fragenkomplex wurde bereits berichtet (Patzenhauer und Heynig 1961).

² Die Nitrat- und Phosphatbestimmungen wurden vom Verfasser selbst ausgeführt. Für die übrigen Bestimmungen bin ich dem chem.-techn. Assistenten, Herrn K. Drosdziok, zu Dank verpflichtet.

Tabelle 3. Chemisch-biologische Untersuchungsbefunde im Einzugsgebiet der Wipper-Vorsperre (s. Abb. 3) am 7. 7. 1959

Entnahme- stelle	Wasserfarbe	pH	PV mg/l	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻ mg/l	PO ₄ ³⁻ mg/l	O ₂ -Geh. mg/l	O ₂ -Sätt. in %	O ₂ -Zehrung (nach 48 Stunden) mg/l	in %	Saprobie- Index S
1	gz. schwach-gelblich	7,3	22	n. n.	n. n.	2,2	0,060	9,6	95	3,4	35	1,7
2	milchig-grau	6,0	170	+	n. n.	0,45	1,380	n. n.	—	—	—	3,8
3	fast farblos	6,8	38	n. n.	Sp.	0,3	0,270	6,2	63	m. 6,2	100	3,2
4	bräunlich	7,5	275	++	+++	8,7	0,325	3,9	41	m. 3,9	100	—
5	fast farblos	7,8	18	(+)	n. n.	0,9	0,040	8,7	90	1,3	17	1,9
6	fast farblos	7,9	22	n. n.	n. n.	0,8	0,038	9,0	92,5	0,9	9,5	1,7
7	bräunlich	7,7	40	n. n.	+	1,9	0,410	6,4	66	3,3	51	3,5
8	gz. schwach-gelblich	7,5	28	n. n.	n. n.	0,5	0,068	8,1	89	1,3	16	2,3
9	grau-braun fast undurchsichtig	7,5	128	+	Sp.	1,25	1,525	1,5	17	m. 1,5	100	3,4
10	schwach-bräunlich	7,7	52	Sp.	+	6,2	0,360	7,6	81,5	2,5	33	1,8
11	schwach-grau	7,6	31	n. n.	+	2,4	0,190	8,5	89	1,6	18,5	1,7
12	schwach-grau	7,8	36	n. n.	+	3,5	0,230	7,9	83	1,8	23	—

Entnahmestellen: 1 = Bach hinter der Molkerei Hayn
 2 = Bach ca. 100 m nach Einleitung der Abwässer
 3 = Wipper ca. 1 km nach Einleitung der Abwässer
 4 = Bach am Osthang von Hayn
 5 = Bach am westlichen Ortseingang von Wolfsberg
 6 = Bach am südlichen Ortseingang von Wolfsberg
 m. = mindestens -- n. n. = nicht nachweisbar - Sp. = Spuren
 7 = Bach hinter Wolfsberg
 8 = Bach vor Rotha
 9 = Bach hinter Rotha
 10 = Vereinigung Wolfsberger und Rothaer Bach
 11 = Wipper vor Vereinigung mit Nr. 10
 12 = Wipper nach Vereinigung mit Nr. 10

der jeweils festgestellten **Wasserfarbe** ist sehr aufschlußreich: alle durch Abwässer belasteten Proben (Nr. 2, 4, 7, 9) sind deutlich verfärbt. Der **Permanganatverbrauch** (PV) als Maß für die Belastung mit organischen Stoffen zeigt ebenfalls bei den genannten Proben eine starke Erhöhung gegenüber dem Durchschnittswert für die unbelasteten Proben (Nr. 1, 5, 6, 8), der bei ungefähr 22 mg/l liegt (im Oktober 1959 wurden 15 mg/l, im August 1960 31 mg/l ermittelt). Auch nach der Vereinigung des nördlichen und südlichen Wipper-Armes (Nr. 12) ist eine Erhöhung (36 mg/l) gegenüber diesem Ausgangswert noch deutlich nachweisbar.

Besonders aufschlußreich ist das Verhalten der **Stickstoff-Verbindungen**, des **Phosphats** und des **Sauerstoffs**. In den unbelasteten Wässern (Nr. 1, 5, 6, 8) fehlen in der Regel sowohl Ammoniak als auch Nitrit, während der Nitratgehalt bei etwa 1 mg/l, zum Teil sogar darunterliegt. Der Phosphatgehalt schwankt von 0,040 bis 0,070 mg/l und beträgt im Mittel 0,050 mg/l (bei den späteren Untersuchungen 0,032 bzw. 0,034 mg/l). Das ist ein relativ hoher Wert, der u. U. durch die landwirtschaftliche Nutzung des durchflossenen Geländes (vorwiegend Wiesen) bedingt sein könnte (vgl. Thomas 1955, Mädler 1961); doch ist andererseits der geringe Nitratgehalt bemerkenswert. Der Sauerstoffgehalt liegt bei 89 bis 95 % des Sättigungswertes; die Zehrung beträgt durchschnittlich 1,7 mg/l, das sind rund 21 %.

Durch die Molkereiabwässer, die an der Entnahmestelle Nr. 2 (ca. 100 m unterhalb der Einleitung) in Fäulnis übergegangen sind, tritt Ammoniak im Wasser auf, während der Nitratgehalt auf $\frac{1}{5}$ des ursprünglichen Wertes infolge der Reduktionsvorgänge absinkt (Sauerstoff ist nicht mehr nachweisbar!). Die Menge des gelösten Phosphats steigt dagegen sprunghaft auf den rund 20fachen Wert an!

An der Entnahmestelle Nr. 3 (etwa 1 km unterhalb der Einleitung der Abwässer) ist das Abwasser durch saubere Zuflüsse bereits stark verdünnt. An den Verhältnissen der Stickstoffverbindungen hat sich nicht viel geändert. Der Phosphatgehalt ist beträchtlich abgesunken, beträgt aber immer noch das 4,5fache des Ausgangswertes. Sauerstoff ist zwar wieder vorhanden, jedoch ist die Zehrung noch so hoch, daß nach 48 Stunden aller vorhandener Sauerstoff verbraucht ist. An der Entnahmestelle Nr. 11, also weitere 7 km abwärts, ist Ammoniak nicht mehr, Nitrit aber sehr deutlich nachweisbar.¹ Der Nitratgehalt ist etwa auf den Ausgangswert angestiegen. Man erkennt hierin sehr schön die Nitrifikationsvorgänge. Auch die Sauerstoffverhältnisse haben sich wieder normalisiert. Das ist zweifellos die Wirkung einer rechten Selbstreinigung und nicht nur die Folge der Verdünnung durch saubere Zuflüsse, wie sie Popp (1963) an Harzbächen mit starkem Gefälle und hoher Fließgeschwindigkeit feststellte, in denen nach seiner Ansicht die Voraussetzungen für die natürliche Selbstreinigung fehlen.

Was bleibt nun von der Belastung durch die Molkereiabwässer schließlich übrig? Neben einem erhöhten Permanganatverbrauch ist es vor allem der deutlich erhöhte Phosphatgehalt (vgl. auch Patzenhauer und Heynig 1961).

¹ Die späteren Untersuchungen zeigten in dieser Hinsicht etwas bessere Verhältnisse.

Auch Thomas (1955) betont, daß die Verschmutzung durch Abwässer sich in erster Linie als beträchtliche Erhöhung des Phosphatgehaltes und weniger in einem Anstieg der Nitratwerte auswirkt, wobei Phosphatmengen über 0,1 mg/l schon auf markante Verschmutzungen schließen lassen. Das wird auch durch die Befunde an den Entnahmestellen Nr. 4, 7 und 9 bestätigt: der Phosphatgehalt erhöht sich unterhalb der Ortschaften auf die 10- bis 20fache Menge, wohingegen der Nitratgehalt nur eine Steigerung auf das 3- bis 4fache erfährt. (Über die Folgen vgl. Abschnitt 5).

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die Wipper nach Vereinigung mit dem Wolfsberger und Rothaer Bach (Nr. 12) etwa 2,5 km oberhalb ihrer Einmündung in die Vorsperre sich gegenüber den Ursprungswässern bei vorliegender Untersuchung wie folgt unterscheidet (Werte in mg/l):

	PV	NO ₂	NO ₃	PO ₄
Durchschnittswerte der Ursprungswässer (Nr. 1, 5, 6, 8)	22 (31)	0 (0)	ca. 1 (ca. 1)	0,050 (0,034) ¹
Wipper (Nr. 12)	36 (30)	+ (0)	3,5 (4)	0,230 (0,210) ¹

Auf dem noch verbleibenden Lauf (ca. 2,5 km) bis zur Einmündung in die Vorsperre dürften sich kaum noch bemerkenswerte Veränderungen in der Wasserqualität ergeben.² Mit den Befunden aus der Wipper an der Armbrusterbrücke (s. Tab. 2) sind die hier mitgeteilten Ergebnisse nicht direkt vergleichbar, da nach dem ersten Halbjahr 1959 an der Wipper und an der Vorsperre keine chemischen Untersuchungen mehr ausgeführt wurden.

Vergleichen wir abschließend an Hand von Tabelle 2 noch die Beschaffenheit des Wipper-Wassers mit den Zuflüssen zur Nordhäuser Talsperre (Krebsbach und Schindergrund), so ist besonders am Permanganatverbrauch (PV), Phosphatgehalt und BSB₅ ein deutlicher Unterschied festzustellen. Während die Zuflüsse von NT praktisch unbeeinflusst sind, liegen beim Wasser der Wipper deutliche Qualitätsminderungen vor.

3.2 Biologische Untersuchungsergebnisse

Die biologische Analyse umfaßte die Feststellung der Biozönosen an den Entnahmestellen. Für die Bewertung des Saprobiegrades wurde das revidierte Saprobien-system nach Liebmann (1951) benutzt. Aus der relativen Häufigkeit (h) der gefundenen Organismen und ihrem Saprobiewerte (s) wurde der Saprobie-Index (S)

$$S = \frac{\sum (h \cdot s)}{\sum h}$$

¹ Die in Klammern gesetzten Werte beziehen sich auf die Untersuchung im August 1960.

² An den jeweiligen Entnahmetagen blieb wegen der schwierigen Erreichbarkeit der Entnahmestellen leider keine Zeit mehr für die Entnahme einer Probe aus der Wipper (Armbrusterbrücke).

nach Pantle und Buck (1955) errechnet, wobei der vom Amt für Wasserwirtschaft, Berlin, für die DDR herausgegebene „Vorschlag einer Einheitsmethodik zur biologischen Untersuchung von Fließgewässern“ (1959) Anwendung fand. Je größer S ist, desto ungünstiger ist die Wasserbeschaffenheit, wobei folgende Skala zugrunde gelegt ist:

1 —1,5 = oligosaprob	1,5—2,5 = beta-mesosaprob
2,5—3,5 = alpha-mesosaprob	3,5—4,0 = polysaprob

Die Ursprungswässer (Nr. 1, 5, 6, 8) zeigen eine Schwankung des Saprobie-Index von 1,7 bis 2,3 (Juli 1959), besitzen also einen Durchschnittswert von 1,9 (bzw. 2,3 und 1,8 im Oktober 1959 und August 1960) und sind damit schwach beta-mesosaprob. Diesen Eindruck erhält man bereits bei der ersten Betrachtung der Aufwuchsorganismen, die vorwiegend durch die verschiedensten Diatomeen-Gattungen repräsentiert werden. Das entspricht ungefähr den Verhältnissen, die Klapper (1957/58) für die Einläufe der Saidenbachtalsperre im Erzgebirge feststellte.

Was geschieht nun nach Durchfließen der Ortschaften bzw. nach der Verunreinigung der Gewässer? Der Saprobie-Index steigt in jedem Falle sprunghaft an! Die Zusammensetzung der Biozönose hat sich grundlegend geändert: die zahlreichen Vertreter der Diatomeen sind weitgehend oder vollständig verschwunden und haben Bakterien, Pilzen, Cyanophyceen und Ciliaten Platz gemacht. Besonders kraß ist die Verschlechterung infolge der Verunreinigung durch die Molkereiabwässer (s. Tab. 4, Abb. 3): 100 m nach der Einleitung (Nr. 2) herrschen polysaprobe Zustände ($S = 3,8$) und auch 1 km danach ist die Verschmutzung noch sehr hoch ($S = 3,2$ — d. h. alpha-mesosaprob; vgl. hierzu auch Ohle 1956, S. 3). Aber auch das Durchfließen der Ortschaften bedingt in den Bächen eine erhebliche Belastung, so daß wir uns an der Grenze zwischen alpha-mesosaprob und polysaprob Zuständen befinden (s. Tab. 4, Abb. 3). Allerdings ist — trotz der geringen Wasserführung zur Zeit der Untersuchung — die Selbstreinigungskraft der Gewässer noch so groß, daß an den Entnahmestellen Nr. 10 und 11 wieder schwach beta-mesosaprobe Verhältnisse eingetreten sind ($S = 1,7$)¹. Als Beispiel sei die gekürzte Artenliste angeführt, die nur die Indikatorarten ohne die übrigen Begleitformen enthält (s. Tab. 4). Zum Vergleich verweise ich auf die von Rische (1957) mitgeteilten Untersuchungsbefunde und das dort gegebene Gütebild (Bild 2, S. 274). Die Ergebnisse sind den hier mitgeteilten sehr ähnlich.

Bei einem rückblickenden Vergleich zwischen den Ergebnissen der chemischen und biologischen Analyse ist eine gute Übereinstimmung festzustellen. Zur Verdeutlichung sind einige Untersuchungsdaten, an denen diese Übereinstimmung besonders gut zu erkennen ist, nochmals in der Tabelle 5 zusammengefaßt, wobei durch die Reihenfolge der Entnahmestellen der Fließweg des Wassers gekennzeichnet werden soll (s. dazu auch Abb. 3).

¹ Wie die Oktober-Untersuchung (1959) zeigte, sind beta-mesosaprobe Verhältnisse bereits etwa 3 km nach Einleitung der Molkereiabwässer wieder erreicht, wobei hervorzuheben ist, daß die Verhältnisse im Oktober 1959 wegen der anhaltenden Trockenheit z. T. noch schlechter waren als bei der oben geschilderten Juli-Untersuchung (Vgl. Abb. 3).

Tabelle 4. Artenliste der Saprobie-Indikatoren an einigen Untersuchungsstellen
(Nr. der Entnahmestellen s. Tab. 3). Untersuchung vom 7. 7. 1959

		Nummer der Entnahmestellen					
		1	2	3	5	6	7
<i>Planaria gonoceph.</i>	o					△	
<i>Gammarus pulex</i>	b-o	□			○		
<i>Ephemerella spec.</i>	b-o					○	
<i>Rhyacophila sept.</i>	b-o				△		
<i>Rhyacophila spec.</i>	b-o				○		
<i>Synedra ulna</i>	b	○	□		□	□	
<i>Nitzschia acicul.</i>	b			△	+	○	
<i>Melosira varians</i>	b				△	□	
<i>Hydropsyche spec.</i>	b				△		
<i>Limnaea spec.</i>	b-a						○
<i>Leptomitus lact.</i>	a		□	○			
<i>Paramaecium caud.</i>	a						○
<i>Spirostomum ambig.</i>	a						○
<i>Sphaerotilus nat.</i>	p		+				○
<i>Zoogloea ramig.</i>	p		○	○			
<i>Thiothrix niv.</i>	p			○			
<i>Spirillum div. spec.</i>	p		+				
<i>Oscillatoria chlor.</i>	p		△				□
<i>Euglena viridis</i>	p		□				
<i>Colpidium colpoda</i>	p			□			
<i>Eristalis- Larven</i>	p		△				
<i>Tubifex spec.</i>	p			△			
Saprobie-Index (S)		1,7	3,8	3,2	1,9	1,7	3,5

Zeichenerklärung:

- selten
- △ mehrfach
- zahlreich
- + sehr zahlreich
- × Massenentwicklung

relative Häufigkeit (h)

- 2
- 3
- 5
- 7
- 9

Saprobie-Werte:
(s)

- oligosaprob (o)
- beta-mesosaprob (b)
- alpha-mesosaprob (a)
- polysaprob (p)

- 1
- 2
- 3
- 4

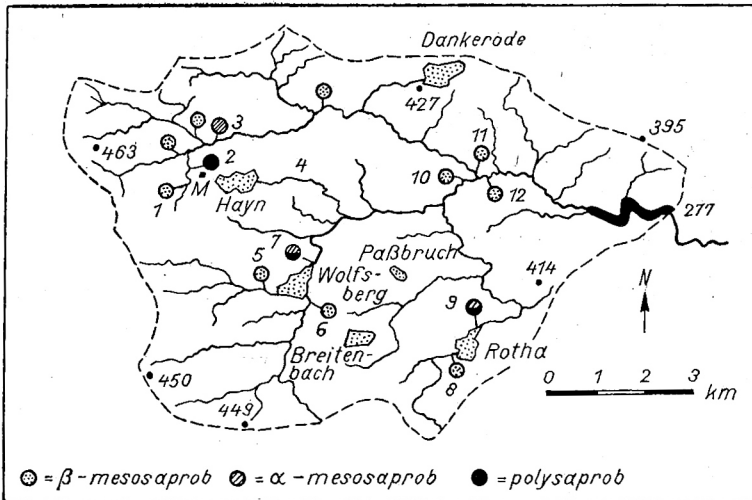


Abb. 3. Einzugsgebiet der Wipper-Vorsperre. Lage der Entnahmestellen 1–12 und Ergebnisse der biologischen Gewässeranalyse. Nähere Erläuterungen im Text. Die Zahlen mit Punkt bezeichnen Höhenangaben in Metern

Tabelle 5. Einige ausgewählte Untersuchungsbefunde an verschiedenen Entnahmestellen im Juli 1959 (in Klammern die Werte einer Untersuchung im August 1960)

Nr. der Entnahmestelle	1	2	3	11	5	6	7	10
Saprobie-Index	1,7	3,8	3,2	1,7	1,9	1,7	3,5	1,8
(S)	(1,6)	(3,8)	(3,1)	(—)	(1,6)	(—)	(3,4)	(—)
PO ₄ ³⁻ mg/l	0,060 (0,040)	1,380 (1,650)	0,270 (0,275)	0,190 (0,235)	0,040 (0,042)	0,038 (0,032)	0,410 (0,140)	0,360 (0,175)
PV mg/l	22 (22)	170 (320)	38 (27)	31 (34)	18 (31)	22 (29)	40 (26)	52 (33)
O ₂ -Sättigung in %	95 (84)	0 (8)	63 (65)	89 (85)	90 (88)	93 (79)	66 (74)	82 (86)

Aus den Angaben ist folgendes klar zu ersehen: je höher der Saprobie-Index, desto höher der Phosphatgehalt und Permanganatverbrauch und desto niedriger der Sauerstoffgehalt, während sich die Sauerstoff-Zehrung umgekehrt verhält. Zum Vergleich sind die Werte von der ein Jahr später (August 1960) durchgeführten Untersuchung in Klammern mit angegeben. Daraus geht hervor, daß vor allem die biologischen Verhältnisse (Saprobie-Indizes) recht gut übereinstimmen, während die chemischen Werte zum Teil größere Abweichungen zeigen. Das ist auch ohne weiteres verständlich, da bekanntlich die chemische Analyse nur den Augenblickszustand des Gewässers

erfassen kann, während die biologische Untersuchung Organismen berücksichtigt, die mehr einem durchschnittlichen Zustand des Gewässers angepaßt sind.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die Wipper bei ihrer Mündung in die Vorsperre weitgehend wieder Eigenschaften erlangt hat, die denen der Ursprungswässer ähneln, wobei aber nochmals betont sei, daß hiervon der Phosphatgehalt und in gewissem Umfang auch der Nitratgehalt eine Ausnahme machen. Die Wipper führt also der Talsperre nicht unwesentliche Mengen an Nitraten und vor allem an Phosphaten zu. Über die Auswirkungen der Anreicherung dieser wichtigen Pflanzennährstoffe wird im letzten Abschnitt (5.) noch einiges zu sagen sein.

4. Bakteriologische Untersuchungen an den Talsperren und ihren Zuflüssen

4.1 Methodik

Die Proben von der Wasseroberfläche und aus den Zuflüssen wurden mit sterilen Flaschen unter Beachtung der notwendigen Vorsicht geschöpft. Die Tiefenproben entnahm ich mit Hilfe des Umkippperätes, in das eine sterile Flasche aus einem Entnahmeapparat nach Olszewski (s. Abb. 8 in Beger 1948) gestellt wurde. Der Glasschliffstopfen der Flasche wurde mit einer Metallklemme befestigt. Für die Benutzung des Kippgerätes gelten gewisse Einschränkungen, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann (vgl. Heynig 1962). Die Proben konnten in der Regel erst am nächsten Morgen nach der Entnahme angesetzt werden und wurden deshalb über Nacht im Kühlschrank aufbewahrt, um die eintretenden Veränderungen möglichst gering zu halten. Wenn dadurch möglicherweise auch geringe Erhöhungen der Keimzellen verursacht sein können, so sind die Ergebnisse untereinander jedoch gut vergleichbar. Es fanden die für die bakteriologische Wasseruntersuchung üblichen Methoden Anwendung (vgl. Beger 1948). Bestimmt wurden bei allen Proben:¹

1. die Keimzahl auf Nährgelatine und Nähragar,
2. der Kolititer (Vorkultur, Ausstrich auf Endo-Agar und anschließende Differenzierung. Vergleiche dazu Borneff 1957; Kretzschmar 1959; Kunerth 1960; Lenk 1962).

Was die mit den hier angewandten, gebräuchlichen Methoden erfaßten Keime betrifft, so sei betont, daß es sich in erster Linie um von außen eingebrachte oder durch Zirkulationsströmungen vom Gewässergrund oder Ufer ins freie Wasser gelangende Verunreinigungen handelt; denn es wachsen auf den Keimplatten vorwiegend überall verbreitete Fäulniserreger (saprophytische Keime). Somit hat also die ermittelte Keimzahl nicht viel mit jenen Mengen von Bakterien zu tun, die den Stoffumsatz im Gewässer bewirken. Diese Keime wachsen offenbar auf den üblichen Nährböden nicht (vgl. Ruttner in Zih 1932, sowie Ruttner 1962). Die besonders von sowjetischen Autoren angewandte Bestimmung der Gesamtzahl der Bakterien mit Hilfe von Membranfiltern

¹ Die Untersuchungen wurden im bakteriologischen Labor des Fachgebietes Wasserhygiene am BHI Halle durchgeführt. Für Hilfe bei den technischen Arbeiten bin ich den Assistentinnen des Labors, Frä. A. Schuller und Frau A. Wieczorek, zu Dank verpflichtet.

hatte ich zwar vorgesehen, konnte sie aber infolge der damals schwierigen Beschaffung von Membranfiltern nicht ausführen. Bekannt ist, daß die dadurch erhaltenen Zahlen im Vergleich zur Plattenmethode um mehrere Zehnerpotenzen höher liegen können, wobei der Unterschied umso größer ist, je reiner das untersuchte Wasser ist (vgl. dazu Kusnezow 1959).

4.2 Ergebnisse

Obwohl das vorliegende Zahlenmaterial aus verschiedenen Gründen zum Teil lückenhaft ist, lassen sich meines Erachtens doch einige allgemeine Schlußfolgerungen recht gut daraus ziehen. Aus den in den Tabellen 6 und 7 zusammengestellten bakteriologischen Ergebnissen ist beispielsweise die Verminderung der Keimzahl und die Verbesserung des Kolititers im Talsperrenwasser gegenüber den Zuflüssen eindeutig zu erkennen. Die Untersuchungen bestätigen somit die aus der Literatur bekannte, augenfällige Reinigungswirkung von Stauseen bzw. natürlichen Seen (Thienemann 1911, Viehl 1937 und 1940, Stundl 1939 und 1942, Märki 1944, Schulz 1947, Thomas 1949, einige Angaben auch bei Liebmann 1960). Über ihre Ursachen soll weiter unten noch einiges gesagt werden.

Dagegen sind hinsichtlich der zum Teil beträchtlichen Schwankungen in der Keimzahl bzw. im Kolititer während der Untersuchungszeit keine rechten Gesetzmäßigkeiten zu erkennen, d. h. eine Abhängigkeit der Keimzahl von der Jahreszeit, wie sie von verschiedenen Autoren (z. B. Minder 1920, Zih und Ruttner 1932, Baier 1936, Viehl 1937, 1940) gefunden wurde, ist nicht oder mindestens nicht deutlich festzustellen (vgl. auch Stundl 1939).

Nach diesen allgemeinen Feststellungen soll nun ein Vergleich zwischen der bakteriologischen Beschaffenheit der beiden Talsperren angestellt werden.

Wie ein Blick auf die Tabellen 6 und 7 zeigt, sind signifikante Unterschiede zwischen beiden Gewässern vorhanden; das Wasser von WV hat eine wesentlich schlechtere bakteriologische Beschaffenheit als das von NT. Das geht aus folgenden Tatsachen recht klar hervor.

Die durchschnittliche **Keimzahl** (pro ml) aller Probeentnahmen beträgt 1050 bei WV, aber nur 180 bei NT, somit also 17 % oder etwa $\frac{1}{6}$. Für die Hauptzuflüsse (Wipper, Krebsbach) erscheint mir das Zahlenmaterial besonders bei der Wipper etwas zu klein, um zu einwandfreien Mittelwerten zu gelangen und eine mittlere Abnahme des Keimgehaltes daraus mit Sicherheit ableiten zu können (vgl. Müller 1953). Wenn ich die Berechnung trotzdem angestellt habe, so deshalb, um wenigstens einen ungefähren Vergleich durchführen zu können.¹ Es ergeben sich folgende Werte (Keimzahl/ml):

Wipper	3 360	Krebsbach	870
Wipper-Vorsperre	440	Nordhäuser Talsperre	240
Keimverminderung	87 %	Keimverminderung	73 %

¹ Zur Mittelwertbildung bei den Talsperrenwässern wurden nur jene Proben herangezogen, bei denen gleichzeitig der Keimgehalt im Zufließwasser bestimmt wurde. Streng genommen können natürlich diese beiden Proben nicht als korrespondierend angesehen werden, worauf auch Müller (1953) hinweist. Für NT wurde außerdem nur der Hauptzufluß berücksichtigt.

Tabelle 6. Wipper-Vorsperre. Bakteriologische Befunde des Zuflusses und des Sperrenwassers

Tag der Entnahme	Keimzahlen				Kolittiter				Bemerkungen
	Wipper	Sperrmauer		Wipper	Sperrmauer		Tiefe	Tiefe	
		Oberfläche	Tiefe		Oberfläche	Tiefe			
18. 3. 1957	—	230	—	—	1	—	—	—	
9. 4. "	—	120	—	—	10	—	—	—	
29. 4. "	—	60	—	—	10	—	—	—	
22. 5.	600	190	—	1	10	—	—	—	
13. 6.	—	170	—	—	1	—	—	—	
12. 7.	1 500	800	—	0,1	100	—	—	—	5 Tage Regen
1. 8.	—	370	—	—	10	—	—	—	
2. 9.	—	105	—	—	10	—	—	—	
16. 10.	—	80	—	—	100	—	—	—	
12. 11.	—	6 500	—	—	1	—	—	—	5 Tage Regen
17. 12.	7 100	3 700	—	0,1	0,1	—	—	—	Eis
31. 1. 1958	—	7 800	—	—	1	—	—	—	Eis
13. 3.	—	1 100	—	—	1	—	—	—	Eis
17. 4.	—	1 360	—	—	10	—	—	—	
13. 5.	—	50	90	—	0,1	—	1	—	
6. 6.	—	460	8 000	—	0,1	—	0,01	—	2 Tage starker Regen
27. 6.	—	240	300	—	0,1	—	1	—	
8. 8.	—	350	370	—	1	—	10	—	
26. 9.	—	750	10 500	—	0,1	—	üb. 100	—	4 Tage Regen
30. 10.	—	520	340	—	0,1	—	10	—	
5. 12.	—	230	250	—	10	—	1	—	
10. 2. 1959	1 500	120	330	0,1	1	—	0,1	—	Eis
13. 3.	2 900	530	2 650	1	10	—	1	—	
3. 4.	620	220	250	1	100	—	100	—	
19. 5.	10 000	350	unzählbar	0,1	10	—	10	—	Gewitterreg. am Vortag
29. 6.	2 750	610	15 000	1	10	—	0,1	—	Gewitterreg. am Vortag
Mittelwerte									
1957		1 120							
1958		1 280							
1. Halbj. 59	3 550	370							
Gesamtmittel		1 050	2 550						

Tabelle 7. Talsperre Nordhausen. Bakteriologische Befunde der Zuflüsse und des Sperrenwassers

Tag der Entnahme	Keimzahlen						Kolititer			Bemerkungen
	Krebsbach	Schindergrund	Sperrmauer		Krebsbach	Schindergrund	Sperrmauer			
			Oberfl.	Tiefe			Oberfl.	Tiefe		
20. 3. 1957	—	—	50	—	—	—	100	—	—	—
9. 4.	—	—	7	—	—	—	über 100	—	—	—
29. 4.	—	—	7	—	—	—	über 100	—	—	—
22. 5.	1100	360	460	—	1	über 100	10	—	—	Regen
13. 6.	400	130	4	—	1	—	über 100	—	—	—
6. 7.	—	—	22	—	—	—	10	—	—	—
1. 8.	1300	110	12	—	10	über 100	—	—	—	—
2. 9.	475	23	20	—	1	über 100	100	—	—	Wildenten
16. 10.	360	250	21	—	10	100	100	—	—	—
12. 11.	430	220	100	—	100	1	100	—	—	—
29. 4. 1958	550	80	180	210	100	über 100	über 100	100	100	—
30. 5.	500	115	500	3 000	1	100	100	100	100	—
10. 7.	820	36	110	240	1	100	100	10	10	—
19. 8.	1300	550	70	110	1	0,1	100	über 100	über 100	—
2. 10.	550	390	10	25	10	1	100	100	100	—
30. 10.	190	20	14	38	10	100	über 100	über 100	über 100	—
17. 12.	—	1 800*)	91	300	—	10*)	über 100	10*)	10*)	Jägerstieg
3. 4. 1959	170	110	72	250	1	10	über 100	über 100	über 100	—
19. 5.	1400	1 000	1 900	170	10	1	1	0,1	100	Gewitterregen
15. 7.	3550	5 300	10	430	1	1	100	100	100	—
Mittelwerte										
1957	680	180	70							
1958	650	200	140	560						
Gesamtmittel	873	580	183	590						

Wenngleich diese Zahlen, wie gesagt, zwar keine einwandfreien Mittelwerte darstellen können, so zeigen sie doch auf der einen Seite den deutlichen Unterschied in der bakteriologischen Beschaffenheit der beiden Hauptzuflüsse und auf der anderen Seite die beträchtliche Keimverminderung, die rund 75 % beträgt. Die scheinbar stärkere Keimverminderung in WV halte ich für nicht signifikant, sondern bedingt durch die geringere Probenzahl und die relativ besseren Verhältnisse im ersten Halbjahr 1959, die ich auf den geringen Zufluß und die verminderte Durchströmung zurückführen möchte. Vergleicht man die oben mitgeteilten Durchschnittswerte mit den Angaben bei Müller (1953, S. 67) über die Trinkwassertalsperre Klingenberg (Ostertalgeb.), so ist eine erfreuliche Übereinstimmung festzustellen: wöchentliche Untersuchungen während eines Jahres ergaben dort eine durchschnittliche Keimverminderung von 697/ml auf 163/ml, das sind 77 %. Thienemann (1911) stellte an den westfälischen Talsperren eine Verminderung auf $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{4}$, Kolkwitz (1911) auf $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{6}$ der Keimzahl des Zuflusses fest.

Was den **Kolititer**¹ betrifft, so ist ebenfalls ein recht deutlicher Unterschied festzustellen. Um vergleichbare Werte zu erhalten, habe ich in Tabelle 8 die prozentuale Häufigkeit der einzelnen Titerstufen im Hinblick auf die Gesamtzahl der Untersuchungen berechnet. Besonders überzeugend ist das Bild bei NT. Die in Klammern gesetzten Werte bei WV sind aus einem zu kleinen Zahlenmaterial errechnet und sollen nur einen Anhaltspunkt zum Vergleich geben.

Tabelle 8. Häufigkeit der Kolititer in % der Gesamtzahl der Untersuchungen

Kolititer	Wipper-Vorsperre			Nordhäuser Talsperre		
	Wipper	Sperrmauer	üb. Grund	Krebsbach	Schindergrund	Sperrmauer
> 100	0	0	8 %	0	20 %	40 %
100	0	12 %	8 %	13 %	27 %	45 %
10	0	38 %	25 %	33 %	13 %	10 %
1	(50 %)	27 %	34 %	54 %	33 %	0
0,1	(50 %)	23 %	17 %	0	7 %	5 %
0,01	0	0	8 %	0	0	0

Der Unterschied zwischen den beiden Gewässern wird noch augenfälliger, wenn man die einzelnen Titerstufen in zwei Gruppen zusammenfaßt (s. Tab. 9), und zwar (A) die besseren Befunde (> 100, 100) und (B) die schlechteren (10 bis 0,01). Dabei ergibt sich, daß bei NT (Oberflächenwasser) zu 85 % gute Befunde und nur zu 15 % schlechtere vorliegen. Bei WV ist dagegen das Verhältnis gerade umgekehrt!

Außerdem ist bei der Trinkwassertalsperre (NT) besonders gut die Reinigungswirkung zu erkennen. Das Verhältnis gut : schlecht (13 : 87) beim Hauptzufluß kehrt sich ins Gegenteil beim Talsperrenwasser um (85 : 15). Diese Wirkung ist bei WV sehr viel geringer. Schließlich läßt sich aus dem

¹ Der Kolititer gibt die kleinste Wassermenge (in ml) an, in der noch Koli-keime (Escherischia coli und koliforme Keime) nachgewiesen werden, die als Indikatoren für eine fäkale Verunreinigung des Wassers gewertet werden.

Tabelle 9. Bessere (A) und schlechtere (B) Befunde des Kolititers in % der Gesamtzahl der Untersuchungen

	Wipper-Vorsperre			Nordhäuser Talsperre		
	Wipper	Sperr- mauer	üb. Grund	Krebs- bach	Schinder- grund	Sperr- mauer
A	(0)	12 %	16 %	13 %	47 %	85 %
B	(100 %)	88 %	84 %	87 %	53 %	15 %

Zahlenmaterial noch erkennen, daß der kleinere Zufluß (Schindergrund) durchschnittlich eine bessere bakteriologische Beschaffenheit sowohl hinsichtlich des Kolititers als auch hinsichtlich der Keimzahl aufweist.

Auch das Tiefenwasser der Trinkwassertalsperre — die Proben stammen aus einer Tiefe von 8 bis 22 m, je nach den Möglichkeiten der Entnahme — zeigt hinsichtlich des Kolititers praktisch dieselben guten Verhältnisse wie das Oberflächenwasser; dagegen ist die Keimzahl deutlich erhöht. Die von Stundl (1940) während des Sommers festgestellte Abnahme der Keimzahl und des Koligehaltes nach der Tiefe hin war nicht zu bemerken, wohl aber häufig eine Erhöhung, wie aus den Tabellen 6 und 7 für beide Sperren hervorgeht.

Das Verhältnis zwischen beiden Talsperren verschiebt sich im Hinblick auf den Koligehalt noch zugunsten von NT, wenn wir die Ergebnisse der Differenzierung heranziehen. Betrachtet man *E. coli* Typus I und Irregularis Typus I als die speziellen Indikatoren für eine fäkale Verunreinigung (vgl. Borneff 1957) und wertet nur deren Nachweis in den Proben als hygienisch schlechtes Anzeichen, so bleiben von den 12 positiven Titern (von insgesamt 20 Untersuchungen) bei NT nur 6 übrig (in den Tabellen mit halbfetter Ziffer versehen), das sind 30 % gegenüber 60 % bei den Zuflüssen. Bei WV ergeben die Befunde auch in dieser Hinsicht ein wesentlich ungünstigeres Bild: in der Sperre sind 58 % der positiven Titer durch die fäkalen Indikatoren bedingt, im Zufluß 75 % (mit oben genannter Einschränkung).

Die in der Literatur erwähnten Keimzahlerhöhungen nach starken Regenfällen (z. B. Thienemann 1911, Zih 1932, Baier 1936, Viehl 1937, Müller 1953, Grim 1958, Bernhardt 1962) lassen sich auch am vorliegenden Zahlenmaterial feststellen, vor allem bei NT (so z. B. am 22. 5. 57 und 19. 5. 59, an letzterem Tage auch bei WV). An jenen Tagen, bzw. kurz zuvor gingen kräftige Gewitterregen in der Nähe der Talsperren nieder. Damit ist häufig eine sogenannte hydraulische Kurzschlußbildung verbunden, die zu einer Gefahr für die Trinkwasserversorgung werden kann, weil dadurch die Verweildauer des Wassers und somit die Keimverminderung in der Sperre auf ein Minimum herabgesetzt wird (vgl. Müller 1953). Ich selbst konnte zwar keine Kurzschlußbildung direkt beobachten, doch wird verschiedentlich, vor allem in der neueren Literatur darüber berichtet (s. Müller loc. cit., Hummel 1957, Grim 1958, Bernhardt 1962).¹ Grim führt anschauliches Zahlenmaterial für die zum Teil erstaunlich kurzen Durchflußzeiten an, die bei Hochwasser-

¹ Hummel konnte durch Modellversuche sehr eindrucksvoll die Bedingungen für die Entstehung derartiger Kurzschlüsse darlegen.

stößen stets einen beträchtlichen Anstieg in der Keimdichte zur Folge haben. Es ist also unbedingt erforderlich, daß zur Trinkwasserversorgung vorgesehene Talsperrenwasser stets vorsichtshalber gechlort wird, auch wenn es normalerweise eine günstige bakteriologische Beschaffenheit aufweist.

Abschließend sei noch auf die Ursachen der Keimverminderung in den Stauseen kurz hingewiesen, da diese Frage ein besonderes hygienisches Interesse besitzt. Für die Reduktion der Keimzahlen hat man folgende Faktoren verantwortlich gemacht, die aber in der Literatur eine sehr unterschiedliche Bewertung erfahren: bakterienfressende Tiere, Sonnenstrahlung (UV-Anteil), Nahrungsangebot, Sedimentation und Wirkung der Algen.

Bakterienfresser unter den Tieren treten nur bei Massenentwicklungen wirklich keimvermindernd in Erscheinung, wie beispielsweise in Abwasserteichen (vgl. Uhlmann 1958/59). Das an sich bakterizid wirkende UV-Licht ($< 300 \text{ nm}$) wird bereits in den obersten Millimetern des Wassers restlos absorbiert, so daß es nicht wirksam werden kann (vgl. Gessner 1955, S. 122; Kusnezow 1959, S. 72). Auch Nährstoffmangel dürfte wohl in den meisten Fällen nicht als Ursache der Keimverminderung in Frage kommen (vgl. Minder 1920). Allgemeinere Bedeutung kommt wohl nur der Sedimentation und evtl. dem Einfluß der Algen zu. Die Sedimentation wird wohl vor allem dadurch wirksam, daß die Bakterien zum großen Teil nicht einzeln, d. h. frei im Wasser, sondern an Detrituspartikel und kolloidale Teilchen angeheftet vorkommen (sog. „Klumpchentheorie“) und mit diesen sedimentieren.¹ Die Algen können hemmend auf die Bakterienentwicklung wirken, wobei offenbar gewisse Antibiotika eine Rolle spielen, wie aus experimentellen Untersuchungen in den letzten Jahren hervorgeht (Emeis 1955, Steemann Nielsen 1955; Allen und Dawson 1960; Korsch 1960); doch gibt es auch gegenteilige experimentelle Befunde (Gräf und Bickel 1960).

5. Hygienische Schlußfolgerungen

Hygienische Untersuchungen haben das Ziel, Verunreinigungen und deren Ursachen festzustellen, um eventuelle gesundheitliche Gefährdungen zu erkennen und zu beseitigen; denn Hygiene bedeutet vor allem Prophylaxe! Es leuchtet ein, daß bei einem direkt zur Trinkwasserversorgung dienenden Wasser eine derartige Überwachung unbedingt erforderlich ist. Aber auch bei Wasservorräten, die früher oder später in dieser Hinsicht genutzt werden sollen, ist eine Kenntnis der Quellen und des Ausmaßes der möglichen Verschmutzung von Bedeutung. Die vorliegenden Untersuchungen wollen auch dazu einen Beitrag liefern.

Aus den geschilderten Untersuchungsergebnissen dürfte ein Unterschied in der Wasserqualität beider Talsperren und ihrer Zuflüsse deutlich geworden sein, der wenigstens zum Teil auf die verschiedenartige hygienische Situation zurückzuführen ist. Die Untersuchungen haben klar erwiesen, daß die der Trinkwasserversorgung dienende Nordhäuser Talsperre im großen und ganzen einwandfreie hygienische Verhältnisse aufweist, die vor allem durch die günstige Lage der Sperre und ihres Einzugsgebietes sowie durch die

¹ Die Existenz derartiger Klumpchen ist von Jannasch (1959) sehr eindrucksvoll nachgewiesen worden.

früher und heute getroffenen Schutzmaßnahmen bedingt sind. Was die Wipper-Vorsperre betrifft, so wird es zwar möglich sein, aus dieser Vorsperre bzw. aus der geplanten Hauptsperre auch Trinkwasser zu gewinnen, aber die Voraussetzungen dafür liegen nicht so günstig. Es wurde bereits an anderer Stelle darauf hingewiesen, daß es das Ziel sein muß, ein einwandfreies Trinkwasser und nicht nur „trinkbares Wasser“ zu gewinnen (Patzenhauer und Heynig 1961). Es sollen deshalb noch einige Hinweise gegeben werden, welche Schlußfolgerungen aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen in hygienischer Hinsicht gezogen werden müssen, wenn WV bzw. die Hauptsperre zur Trinkwasserversorgung herangezogen werden sollen.

Was die Temperatur betrifft, so bietet Talsperrenwasser keine idealen Voraussetzungen, denn die hygienische Forderung nach möglichst gleichbleibender Temperatur von 8 bis 12 °C ist nur zeitweise erfüllt. Im vorliegenden Falle betrug die jährliche Schwankung 1 bis 16 °C. Diese Schwankungsbreite wird zwar in größeren Staubecken vor allem nach oben etwas begrenzt, ist jedoch grundsätzlich immer vorhanden.

In chemischer Hinsicht wird sich eine Aufbereitung des Wassers von WV notwendig machen. Es handelt sich da zunächst um einige vorwiegend technische Probleme, auf die kurz hinzuweisen ist. Bei allen weichen Wässern droht die Gefahr der Korrosion in besonderem Maße; denn weiche Wässer bilden keine Rostschuttschicht in den Rohrleitungen aus. Dadurch, daß die vorhandene Kohlensäure infolge des geringen Bikarbonatgehalts des Wassers als überschüssige Kohlensäure vorliegt, wirkt sie auf das Rohrmaterial aggressiv. Bei Zerstörung von Rohrleitungen treten dann auch direkte hygienische Gefahren auf. Andererseits sind natürlich weiche Wässer günstig für viele technische und Brauchzwecke. Auch bei Sauerstoffmangel (< 2 bis 3 mg/l) wird die Bildung einer Rostschuttschicht verhindert, und das Wasser wirkt angreifend auf Eisenrohre. Wie die Untersuchungen gezeigt haben, kann das Tiefenwasser der Talsperre, das bei einer Nutzung in der Regel entnommen wird, während des Sommers recht reich an CO₂ und arm an O₂ sein.

Mit zunehmender Wassertiefe steigt auch stets der Eisen- und Mangan-gehalt. Es wurden zwar keine speziellen Untersuchungen in dieser Richtung vorgenommen, doch bestätigten Stichproben auch im vorliegenden Falle diese bekannte Tatsache (vgl. z. B. Bernhardt 1959). Höhere Eisen- und Mangan-gehalte (> 0,1 mg Fe/l, > 0,05 mg Mn/l) führen zu Verkrustungen und Verschlammungen der Rohrleitungen sowie zu gesteigertem Wachstum von Eisen- und Manganbakterien (vgl. Schweisfurth und Mertes 1962); außerdem entstehen durch Ausflockung Trübungen im Wasser, das dadurch für Wirtschaftszwecke ungeeignet wird. Aus dem Gesagten ergibt sich die Notwendigkeit einer mindestens zeitweisen Entsäuerung, Enteisung und Entmanganung des Wassers.¹ Gegebenenfalls kann auch eine Belüftung des Wassers erforderlich sein.

Darüber hinaus geben die chemischen Verschmutzungsindikatoren, besonders der Gehalt an NH₄, NO₂ und PO₄ sowie der Permanganatverbrauch Auskunft über die hygienische Beschaffenheit des Wassers. NH₄ und NO₂ sind

¹ Hinsichtlich der technischen Einzelheiten muß auf die einschlägigen Fachbücher verwiesen werden. Eine kurze, orientierende Übersicht siehe bei Höll (1958).

in reinen Wässern in der Regel nicht nachweisbar; NH_4 trat in WV kaum, NO_2 mehrmals in geringen Mengen auf. Der Permanganatverbrauch als Maß für die Belastung des Wassers mit organischen Stoffen liegt bei sauberen Wässern gewöhnlich unter 12 mg/l und ist bei offenen Gewässern naturgemäß oft etwas erhöht. Wenn auch die in WV registrierten Werte nicht sehr hoch gelegen haben (nur selten > 25 mg/l), so zeigen sie aber doch — vor allem im Vergleich mit NT —, daß eine zusätzliche organische Belastung des Wassers vorhanden ist.

Der PO_4 -Gehalt ist zwar im Wasser von WV relativ gering und hat während der Untersuchungszeit 0,03 mg/l nur selten überschritten,¹ doch sind die z. T. hohen PO_4 -Gehalte in der Wipper ein deutliches Warnungszeichen. Wie aus vielen Untersuchungen bekannt ist, pflegt der PO_4 -Gehalt in unbeeinflussten Gewässern sehr niedrig zu liegen, wodurch Phosphat somit meist natürlicher Minimumstoff für die pflanzliche Produktion ist (Thomas 1953, 1955; Hedlich 1959, Mädler 1961). Von um so größerer Bedeutung ist jede Erhöhung der PO_4 -Zufuhr zu einem stehenden Gewässer. Sie führt unweigerlich früher oder später zur **Eutrophierung** mit all ihren schädlichen Folgen. Es liegen genügend Beispiele aus der Gegenwart und jüngsten Vergangenheit vor, daß nicht nur kleine Gewässer, sondern auch große Seen in geradezu beängstigender Weise betroffen werden (Ohle 1953, 1954, 1956; Thomas 1956/57, 1961; Elster 1960; Ambühl 1960; Kiefer 1961; Kliffmüller 1962 u. a.). Ohle (1953) hat diesen Vorgang als „rasante Seenalterung“ bezeichnet; Thomas (1956) spricht dagegen von „sprungartiger See-Eutrophierung“. Die künstlichen Stauseen machen selbstverständlich in dieser Hinsicht keine Ausnahme (Wetzel 1958, 1962; Klapper 1961, Hedlich 1961).

Als **Ursachen** der Eutrophierung sind anzusehen: Zufuhr von Abwässern (auch nach der biologischen Reinigung!), Drainagewässer, Nährstoffauswaschungen aus dem Boden, Abschwemmung von Bodenteilchen (Bodenerosion) und — speziell bei Stauseen — die Begrünung trockenfallender Teile mit anschließender Fäulnis durch Überstauung. Ganz ohne Zweifel kommt der Abwasserzufuhr die Hauptbedeutung zu (Klapper 1961). Unter den wirksamen Nährstoffen stehen die Phosphate an erster Stelle, doch auch Nitrate und Sulfate haben eine gewisse Bedeutung.

Als **Anzeichen** der Eutrophierung haben zu gelten: O_2 -Schwund am Gewässergrund in ungünstigen Jahren, starke Planktonentfaltung (oft Massenentwicklung einer Art), starke NO_3 -Abnahme im Sommer; bei natürlichen Seen kommt noch eine verstärkte Entwicklung der Uferalgen hinzu. Hierin zeigt sich also deutlich die gegenseitige Abhängigkeit von Chemismus und Biologie in einem Gewässer, deren Veränderung häufig zu Beeinträchtigungen der Wasserqualität führt.

Bei verstärktem Auftreten von belebten und unbelebten Trübungstoffen ist die Filterung des Wassers unbedingt erforderlich. Es ist bekannt, daß die Filterschwierigkeiten mit zunehmendem Planktongehalt wachsen und daß durch Massenentwicklungen empfindliche Betriebsstörungen ein-

¹ Nach Wetzel (1958) ist aber ein Gehalt von 0,02 bis 0,03 mg/l PO_4 die Grenze, bei deren Überschreitung in stehenden Gewässern u. U. Planktonmassenentwicklungen ausgelöst werden können.

treten können.¹ Verschiedentlich beobachtete starke Entwicklungen von Planktonalgen in WV weisen auf diese Gefahr hin. Besonders wenn die Nährstoffzufuhr in dem jetzigen Maße bestehenbleibt oder sich womöglich noch erhöht, ist mit Sicherheit eine verstärkte Produktion an Planktonalgen vorauszusagen. Hierdurch bedingt, pflegen dann meist auch Geruchs- und Geschmacksbelästigungen im Wasser aufzutreten. Eine ausführliche Zusammenstellung von geschmacks- und geruchsbildenden Algen bringt Liebmann (1960, S. 331 ff.). Auch bei Stauseen sind Klagen in dieser Richtung bekannt geworden. Ich verweise auf die Saidenbachtalsperre (Erzgebirge), in der in den letzten Jahren Beeinträchtigungen durch *Asterionella* und *Anabaena* auftraten (Lingelbach 1961) und auf die Klingenberg Talsperre (Erzgebirge), in der nach persönlicher Mitteilung von Bauermeister *Dinobryon* im Frühjahr in großen Massen auftritt und den Geschmack ungünstig beeinflusst. Auch in NT wurden 1911 und 1913 derartige Kalamitäten beobachtet (Oßwald 1916).

Interessant ist, daß durch den Abbau des abgestorbenen Planktons auch Phenole im Talsperrenwasser entstehen können, die bei der üblichen Chlorung des Wassers den unangenehmen Chlorphenolgeschmack hervorrufen (Lingelbach 1961; vgl. auch Christ 1959).

Außer dem Plankton können auch noch andere Ursachen für die Geruchs- und Geschmacksbeeinträchtigungen verantwortlich sein, und zwar nach Müller (1953) die beim Bau eingebrachte organische Substanz (sofern der Sperrboden nicht beräumt wurde), die in den Stausee gelangenden Laubmassen (nach Versuchen von Schulze 1963 von untergeordneter Bedeutung) und schließlich die infolge der Wasserstandsschwankungen sich begrünenden Flächen, die beim Überstauen in Fäulnis geraten. Dabei werden gleichzeitig Nährstoffe freigesetzt, welche die Eutrophierung begünstigen. Müller sah in dem letzteren Vorgang die Hauptursache für die geschmackliche Beeinflussung des Wassers der Talsperre Klingenberg seit 1947. Auch Schulze (1963) kam nach eigenen Untersuchungen zu diesem Fragenkomplex zum gleichen Ergebnis.

Eine Entfernung der Geruchs- und Geschmacksstoffe ist meist mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden und erfordert besondere, kostspielige Aufbereitungsmaßnahmen (vgl. Christ 1959, Lingelbach 1961).

In bakteriologischer Hinsicht ist das Auftreten erhöhter Keimzahlen und vor allem der Nachweis fäkaler Kolikeime ein hygienisches Warnzeichen, denn letztere sind ein Indikator für die Verunreinigung mit tierischen und menschlichen Abfallstoffen und somit ein Hinweis auf das mögliche Vorhandensein pathogener Darmkeime. Aus den vorliegenden Untersuchungen geht mit Deutlichkeit hervor, daß in WV in dieser Hinsicht keine guten Wasserverhältnisse vorliegen: 88 % der Befunde zeigten Kolititer von 10 bis 0,1. Somit wäre bei einer Nutzung als Trinkwasser eine vorherige Desinfektion (gewöhnlich in Form einer Chlorung) unbedingt erforderlich.

¹ So fiel z. B. die Saidenbachtalsperre 1958 infolge Filterverstopfung zeitweise für die Wasserversorgung gänzlich aus (Bartzsch 1961, vgl. auch Lingelbach 1961 und Klapper 1961). Weitere Beispiele siehe bei Meyer (1937) und Liebmann (1960, S. 315 ff.).

Abschließend soll noch kurz auf die notwendigen Maßnahmen hingewiesen werden, die sich erforderlich machen, falls WV bzw. die vorgesehene Hauptsperre zur Trinkwassernutzung herangezogen werden (vgl. auch Rische 1957 und Schulze 1962).

1. Einrichtung von Vorbecken bzw. Vorsperren. Die Bedeutung und der Nutzen sind allgemein bekannt, so daß es hier genügt, die wichtigsten Funktionen zusammengefaßt aufzuzählen: Sedimentation, Selbstreinigung des Wassers, Keimverminderung, Verhinderung von hydraulischen Kurzschlüssen (wesentlich ist dabei, daß der Grundablaß geschlossen bleibt, so daß das Wasser oberflächlich überläuft). Die z. Z. an der Wipper bestehende Talsperre ist als Vorsperre zur geplanten Hauptsperre gedacht; aber auch an den anderen Zuflüssen der zukünftigen Hauptsperre (Horle, Schmale Wipper) sind Vorbecken äußerst wichtig (vgl. Hummel 1957, Klapper 1957/58, 1960; Uhlmann 1961, Bernhardt 1962).

2. Beräumung des Sperrénbodens vor dem ersten Anstau. Diese wichtige Maßnahme scheidert heutigentags meist an der Kostenfrage, doch ist ihr Wert unbestritten. Unterläßt man die Beräumung, so ist die Fäulnis des Mutterbodens und der überstauten Pflanzendecke die zwangsläufige Folge. Es entstehen Zersetzungsprodukte, die eine Herabsetzung der Wasserqualität bedingen (NH_3 , H_2S , hoher CO_2 -Gehalt, O_2 -Schwund, Geruchs-, Geschmacks- und Farbstoffe). Außerdem erfolgt die unerwünschte Freisetzung von Nährstoffen. Die Beeinträchtigungen des Wassers können sich über Jahre erstrecken (Minder 1939, Haempel und Stundl 1943, Beuschold 1961); sie stehen etwa im umgekehrten Verhältnis zur Menge des gestauten Wassers, wie Beuschold (1961) am Beispiel der Bodetalsperren auseinandergesetzt hat (vgl. auch Schulze 1963).

3. Maßnahmen zur Verminderung der Nährstoffzufuhr. Sie stellen zu-
meist das zentrale Problem zur Verhinderung der Eutrophierung dar. Über die Möglichkeiten hat sich Uhlmann (1961) eingehend geäußert. Wichtig ist, nochmals zu betonen, daß die Hauptgefahr durch die Abwässer droht, da selbst nach vollbiologischer Reinigung die Hauptnährstoffe Phosphor und Stickstoff nicht wesentlich vermindert werden. Hinzu kommt, daß der Phosphatgehalt der Siedlungsabwässer von Jahr zu Jahr infolge der zunehmenden Verwendung von synthetischen Waschmitteln (Detergentien) steigt (Mauz 1959, Mädler 1961). Doch ist es auf chemischem Wege möglich, speziell die Phosphate auszufällen (Thomas 1955, Wuhrmann 1964, Ambühl 1964). Die weitgehende Eliminierung der Pflanzennährstoffe mit Hilfe von Oxydationsteichen dürfte auch ein gangbarer Weg sein. Nach Schulze (1962) entstammen die Stickstoffverbindungen vorwiegend den landwirtschaftlich genutzten Flächen, die gelösten Phosphate dagegen den Siedlungsabwässern, während durch erodierte Bodenpartikel ganz beträchtliche Mengen von gebundenen Phosphaten transportiert werden können (besonders nach starken Regengüssen und während der Schneeschmelze!). Wenn es gelingt, die Phosphate im Minimum zu halten, können selbst hohe Nitratgehalte von den Pflanzen nicht verwertet werden.

Für eine Trinkwassertalsperre ergeben sich daher folgende hygienische **Forderungen**, die bereits bei Planungen zu berücksichtigen sind (vgl. Klemm 1962, Schulze 1962):

a) Wirkungsvolle Sanierung der Abwasserhältnisse im Einzugsgebiet (Kanalisation der Ortschaften, Reinigung der Abwässer einschließlich Phosphatausfällung! Einzelheiten vergleiche bei Uhlmann 1961). Die vollkommenste Lösung wäre die Fernhaltung aller Abwässer von der Talsperre durch Sammlung, Reinigung und Einleitung in den Ablauf des Stausees. Beispiele für derartig großzügige Sanierungen gibt es bereits für einige Seen in der Schweiz und in Bayern (Baldinger 1959, Lohr 1960, Liebmann 1963).

b) Die Vergrößerung der Ortschaften und der landwirtschaftlichen Nutzflächen im Einzugsgebiet ist, wenn irgend möglich, zu verhindern, desgleichen die landwirtschaftliche Nutzung und Düngung in unmittelbarer Nähe der Zuflüsse (vgl. Klapper 1957/58, 1961; Klemm 1962); besser wäre, das Gelände nur forstwirtschaftlich zu nutzen (Breithaupt 1962). Zwar ist die Sicherung einer ausreichenden Ernährung ebenso wichtig wie die Versorgung der Bevölkerung mit einwandfreiem Trinkwasser. Aber: Getreide kann man notfalls importieren, Wasser dagegen nicht! (Wetzel 1962).

c) Schutzzonen sind zu errichten, in denen allgemeinhygienische Maßnahmen zu treffen sind (vgl. Rische 1957, Schulze 1962).

d) Die Talsperre und ihre Zuflüsse sind regelmäßig in biologischer, chemisch-physikalischer, bakteriologischer und allgemein-hygienischer Hinsicht zu kontrollieren. Nur so wird es möglich sein, Gefahrenpunkte rechtzeitig zu erkennen und zu beseitigen. Gleichzeitig werden diese Maßnahmen wesentlich dazu beitragen, die Gefahr der Eutrophierung zu verringern und damit eine gute Wasserqualität zu erhalten.

6. Zusammenfassung

Nach einleitender Besprechung der Wasserverhältnisse im mitteldeutschen Raum werden die beiden untersuchten Talsperren und ihre Einzugsgebiete geschildert.

Die im Einzugsgebiet der Wipper-Vorsperre durchgeführten chemisch-biologischen Untersuchungen ergeben starke Verschmutzungen unterhalb der durchflossenen Ortschaften und durch Einleitung von Abwässern einer Molkerei. Trotz der erheblichen Selbstreinigungskraft des Oberlaufs der Wipper, die durch reichlichen Zufluß sauberen Verdünnungswassers unterstützt wird, bleibt vor allem eine deutliche Erhöhung des Phosphatgehaltes zurück. Zwischen den chemischen und biologischen Untersuchungsergebnissen, die nach dem Saprobien-system von Liebmann durchgeführt und nach der Methode von Pantle und Buck ausgewertet wurden, besteht eine gute Übereinstimmung.

Zur bakteriologischen Charakterisierung der Gewässer werden die in der Hygiene üblichen Untersuchungsmethoden angewendet. Es wird die Reinigungswirkung der Talsperren festgestellt, die sich in einer Verminderung der Keimzahl und Verbesserung des Kolititers im Vergleich zum Zuflußwasser äußert. Beide Talsperren zeigen in bakteriologischer Hinsicht deutliche Unterschiede, wobei die Nordhäuser Talsperre (als Trinkwassertalsperre) wesentlich bessere bakteriologische Verhältnisse aufweist als die Wipper-Vorsperre. Die Unterschiede werden auf die Verschiedenheit der Einzugs-

gebiete zurückgeführt. Die möglichen Ursachen für die Keimverminderung werden kurz diskutiert.

Abschließend werden die hygienischen Schlußfolgerungen aus den Untersuchungsergebnissen gezogen, wobei vor allem auf die Gefahren und Folgen der Eutrophierung infolge ständiger Nährstoffzufuhr aufmerksam gemacht wird. Notwendige hygienische Maßnahmen und Forderungen für Trinkwassertalsperren werden daraus abgeleitet.

Schrifttum

Folgende Abkürzungen wurden verwendet: GWF = Das Gas- und Wasserfach, Int. Rev. = Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie, WWT = Wasserwirtschaft — Wassertechnik

- Allen, M. B., and E. Y. Dawson: *J. Bact.* **79** (1960) 459—460.
Ambühl, H.: *Schweiz. Z. Hydrol.* **22** (1960) 563—597.
Ambühl, H.: *Schweiz. Z. Hydrol.* **26** (1964) 569—594.
Baier, C. R.: *Arch. Hydrobiol.* **29** (1936) 183—264.
Baldinger, F.: *Österr. Wasserwirtsch.* **11** (1959) 152—158.
Bartzsch, W.: *Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig Math.-nat. Reihe* **10**, 1 (1961) 99 bis 102.
Beger, H.: *Leitfaden der bakteriologischen Trinkwasseruntersuchung*, 2. Aufl. Berlin u. München 1948.
Bernhardt, H.: *Vom Wasser* **26** (1959) 42—45.
Bernhardt, H.: *GWF* **103** (1962) 133—137.
Beuschold, E.: *Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig Math.-nat. Reihe* **10** (1961) 93—97.
Borges, A.: *WWT* **3** (1953) 306—310.
Borneff, J.: *Arch. Hygiene* **141** (1957) 505—531.
Breithaupt, G.: *WWT* **12** (1962) 325—329.
Christ, W.: *WWT* **9** (1959) 212—215.
Elster, H.-J.: *GWF* **101** (1960) 1—10.
Emeis, C.: *Desinfekt. u. Gesundheitsw.* **47** (1955) 153—159.
Gessner, F.: *Hydrobotanik* **1** (1955).
Gräf, W., und H. Bickel: *Arch. Hygiene* **144** (1960) 421—429.
Grim, J.: *GWF* **99** (1958) 1078—1079.
Haempel, O., und K. Stundl: *Arch. Hydrobiol.* **40** (1943) 538—554.
Hedlich, R.: *Über den Einfluß von Kahlschlägen auf den Trophiegrad einer Trinkwassertalsperre*. Diplomarbeit, Zool. Inst. Karl-Marx-Univ. Leipzig 1959.
Hedlich, R.: *Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig Math.-nat. Reihe* **10** (1961) 89—92.
Heynig, H.: *Untersuchungen zur Limnologie und Hygiene zweier kleiner Harztalsperren (Wipper-Vorsperre und Nordhäuser Talsperre)*. Dissertation Halle/S. (1962) (Maschinenschrift).
Höll, K.: *Untersuchung, Beurteilung, Aufbereitung von Wasser*. 2. Aufl. Berlin 1958.
Hummel, H. G.: *WWT* **7** (1957) 291—296, 360—365.
Hübner, H.: *WWT* **5** (1955) 93—99, 138—145.
Jannasch, H. W.: *J. gen. Microbiol.* **18** (1958) 609—620.
Kalweit, H.: *Urania* **16** (1953) 41—54.
Kiefer, F.: *GWF* **102** (1961) 814—820.
Klapper, H.: *Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig Math.-nat. Reihe* **7** (1957/58) 11—47.
Klapper, H.: *Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig Math.-nat. Reihe* **10** (1961) 81—87.
Klemm, H.: *WWT* **12** (1962) 222—225.
Kliffmüller, R.: *Int. Rev.* **47** (1962) 118—122.
Kolkwitz, R.: *Mitt. Kgl. Prüfungsanst. f. Wasserversorg. u. Abwässerbes.* **H. 15** (1911) 268—411.

- Korsch, L. J.: *J. Hygiene Epidemiol. Microbiol. Imm.* **4** (1960) 232—242.
 Kretzschmar, W.: *Z. Ges. Hygiene* **5** (1959) 73—91.
 Kunerth, K.: *Z. Ges. Hygiene* **6** (1960) 103—106.
 Kusnezow, S. I.: *Die Rolle der Mikroorganismen im Stoffkreislauf der Seen*, Berlin 1959.
 Lenk, J.: *Z. Ges. Hygiene* **8** (1962) 864—869.
 Liebmann, H.: *Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie*, München und Jena Bd. **1** (1951), Bd. **2** (1960).
 Liebmann, H.: *Wasser u. Abwasser* H. 5 (1963).
 Lingelbach, H.: *Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig Math.-nat. Reihe* **10** (1961) 103 bis 105.
 Lohr, M.: *GWF* **101** (1960) 902—907.
 Mädler, K.: *Int. Rev.* **46** (1961) 75—83.
 Märki, E.: *Ber. Schweiz. Bot. Ges.* **54** (1944) 75—140.
 Mauz, J.: *Fette — Seifen — Anstrichmittel* **61** (1959) 786—789.
 Megay, K.: *Österr. Wasserwirtsch.* **11** (1959) 170—171.
 Meyer, A. F.: *Trinkwasser aus Talsperren*, München u. Berlin 1937.
 Minder, L.: *Arch. Hydrobiol.* **12** (1920).
 Müller, J.: *WWT* **3** (1953) 18—24, 65—70, 96—102, 144—149.
 Ohle, W.: *Die Naturwiss.* **40** (1953) 153—162.
 Ohle, W.: *Städtehygiene* **5** (1954) 219—223.
 Ohle, W.: *Ber. d. ATV H.* **7** (1956) 268—276.
 Oßwald, L.: *J. f. Gasbel.* **59** (1916) 502—508.
 Pantle, R., und H. Buck: *GWF* **96** (1955) 604.
 Patzenhauer, A., und H. Heynig: *Z. Ges. Hygiene* **7** (1961) 815—824.
 Popp, L.: *Städtehygiene* **13** (1962) 165—170.
 Rische, H.: *Ges. Ing.* **78** (1957) 273—278.
 Ruttner, F.: *Grundriß der Limnologie*. 3. Aufl., Berlin 1962.
 Schulz, G.: *Ges. Ing.* **68** (1947) 44—48.
 Schulze, E.: *Arch. Hygiene* **146** (1962) 321—333.
 Schulze, E.: *Z. Ges. Hygiene* **9** (1963) 416—421.
 Schweisfurth, R., und R. Mertes: *Arch. Hygiene* **146** (1962) 401—417.
 Steemann Nielsen, E.: *Pap. Mar. Biol. Oceanogr. Deep-Sea Res., Suppl.* **3** (1955) 281—286.
 Stundl, K.: *Z. Hygiene u. Infekt.-Krankh.* **122** (1939) 103—119.
 Stundl, K.: *Arch. Hydrobiol.* **38** (1942) 70—97.
 Thienemann, A.: *Landw. Jb.* **41** (1911) 535—716.
 Thomas, E. A.: *Schweiz. Z. Hydrol.* **11** (1949) 90—177.
 Thomas, E. A.: *Monatsbull. Schweiz. Ver. Gas- u. Wasserfachm.* Nr. 2/3 (1953).
 Thomas, E. A.: *Monatsbull. Schweiz. Ver. Gas- u. Wasserfachm.* Nr. 9/10 (1955).
 Thomas, E. A.: *Monatsbull. Schweiz. Ver. Gas- u. Wasserfachm.* Nr. 12 (1956).
 Thomas, E. A.: *Jb. v. Zürichsee* **17** (1956/57) 173—208.
 Thomas, E. A.: *Monatsbull. Schweiz. Ver. Gas- u. Wasserfachm.* Nr. 3/4 (1961).
 Uhlmann, D.: *Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig Math.-nat. Reihe* **8** (1958/59) 17—66.
 Uhlmann, D.: *Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig Math.-nat. Reihe* **10** (1961) 107—113.
 Viehl, K.: *Vom Wasser* **12** (1937) 246—259.
 Viehl, K.: *Z. Hygiene u. Infekt.-Krankh.* **122** (1940) 81—102.
 Wetzel, A.: *Desinfekt. u. Gesundheitsw.* **50** (1958) 97—101.
 Wetzel, A.: *WWT* **12** (1962) 55—61.
 Wuhrmann, K.: *Schweiz. Z. Hydrol.* **26** (1964) 519—558.
 Wundsch, H. H.: *Abh. a. d. Fischerei, Lfg.* **1** (1949) 17—186.
 Zih, A.: *Int. Rev.* **26** (1932) 431—443.

Dipl.-Biol. Dr. Hermann Heynig,
 Bezirks-Hygiene-Institut,
 40 H a l l e (Saale), Burgstraße 40/41