

Aussagewert und Bedeutung des hygienisch-relevanten Indikatorprinzips im Rahmen von Fließgewässerkontrollen - Untersuchungen zum quantitativen Verhältnis von Indikatorbakterien und Salmonellen

L.TÄUMER

Einleitung und Problemstellung

In der Praxis der hygienischen Wasseruntersuchung wird zur Feststellung der Wassergüte und zum Zwecke des Ausschlusses eines potentiellen Gesundheitsrisikos seit jeher statt der Analyse der pathogenen Darmkeime der Nachweis der sogen. Indikatorbakterien durchgeführt. Darunter verstehen wir in erster Linie die Bakterien der Gruppe der Koliformen, E.coli sowie die fäkalen Streptokokken (Enterokokken). Das Indikatorprinzip, welches im vorgenannten Sinne angewandt wird, beruht auf der Tatsache, daß auf relativ einfach nachzuweisende obligat nicht pathogene Darmkeime untersucht und dabei postuliert wird, daß bei Nichtnachweis derselben in einer bestimmten Wassermenge auch pathogene Darmbakterien, wie etwa Salmonellen, fehlen. Wesentlich dabei ist, daß die für Trink-, Bade- oder auch Bewässerungswasser gültigen Grenzwerte im Hinblick auf das zwischen den Indikatorbakterien und den Krankheitserregern vorhandene quantitative Verhältnis ausreichende Sicherheit garantieren.

Wenn auch die hygienische Praxis im Ergebnis einer schon jahrzehntelang als sicher geltenden Trinkwasserüberwachung die Berechtigung des Einsatzes des genannten Indikatorprinzips wie auch den antiepidemischen Charakter der dafür geltenden Grenzwerte zu bestätigen scheint, muß doch davon ausgegangen werden, daß alle diesbezüglichen Festlegungen rein empirischen Charakter tragen und ihre wissenschaftliche Begründung bislang weitgehend offen geblieben ist. Das gilt umso mehr, je breiter das Anwendungsspektrum des Indikatorprinzips in der Praxis, beispielsweise im Hinblick auf das Fließgewässer, gesehen werden muß.

Mit Recht hat DAUBNER (1972) bereits auf die Notwendigkeit hingewiesen, im Interesse der Erkenntnis der tatsächlichen, insbesondere der wasserbezogenen Übertragungsmechanismen pathogener Keime, künftig einen selbständigen Zweig der sanitären Bakteriologie zu betreiben, der sich mit der Ökologie der pathogenen Bakterien, mit ihrem qualitativen und quantitativen Studium in der Umwelt befassen muß.

In der DDR wurden in den letzten zehn Jahren im Rahmen des Forschungsverbandes "Medizinische Aspekte des Umweltschutzes" umfangreiche Untersuchungen diesbezüglicher Art vorgenommen. Dabei spielten einmal methodische Fragen des Bakteriennachweises eine Rolle (SCHULZE et al. 1979). Weitere Schwerpunkte lagen in der Untersuchung des qualitativen und quantitativen Vorkommens und Verhaltens der Indikatorbakterien im Fließgewässer unter dem Einfluß der verschiedenen ökologischen Faktoren (TÄUMER, 1974). Dabei ergab sich hinsichtlich des Einflusses der Temperatur, des Substrats, von toxisch wirkenden Schwermetallen oder anderen physikalischen sowie biologischen Faktoren ein weitgehend übereinstimmendes Bild zwischen Indikatorbakterien und Salmonellen (SCHULZE et al. 1973, TÄUMER, 1976). Eliminierungsprozesse haben im Fließgewässer in der Regel gegenüber Wachstums- und Vermehrungsvorgängen das eindeutige Primat. Die in der Literatur von verschiedenen Autoren angeführten Zusammenhänge der quantitativen Beziehungen der Indikatorbakterien untereinander wurden bestätigt und für die jeweils untersuchten Gewässerabschnitte präzisiert (TÄUMER und REIHER, 1976). Nach einer entsprechenden Basisuntersuchung und genügend großem Stichprobenumfang sind diese Werte für das betrachtete Gebiet als hoch signifikant anzusehen und ermöglichen es, mit Hilfe weniger untersuchter Parameter auf die gesamtbakteriologische Situation rückzuschließen (STELZER et al. 1977).

Eine wichtige Grundlage dafür ist, daß auch die bestehenden quantitativen Beziehungen zwischen Indikatorbakterien und den durch sie vertretenen pathogenen Darmkeimen bekannt sind. Aufgrund der besonderen Schwierigkeiten, die dem quantitativen Nachweis der Salmonellen im Fließgewässer eigen sind, wie auch des damit verbundenen unvertretbar

großen Untersuchungsaufwandes, fehlen uns bis heute die diesbezüglichen Kenntnisse noch immer. Dies muß umso unbefriedigender empfunden werden, je stärker das abwasserbelastete Fließgewässer infolge des auch auf kommunalem Sektor sprunghaft ansteigenden Wasserbedarfs aus dem rein wasserwirtschaftlichen Zuständigkeitsbereich immer stärker in die Mitverantwortung des Hygienikers gelangt.

Ziel der vorliegenden Ausführungen soll es demzufolge sein, einen Beitrag insbesondere zur Klärung dieser offenen quantitativen Aspekte zu leisten, um so gleichermaßen die Möglichkeit und die Berechtigung der Anwendung des hygienisch-relevanten Indikatorprinzips auch unter den Bedingungen eines Fließgewässers zu prüfen.

Material und Methode

Die Untersuchungen wurden am Oberlauf der Zwickauer Mulde auf einer Länge von 105 Fluß-km durchgeführt. Es handelt sich um einen typischen Mittelgebirgsfluß mit ständig zunehmender Abwasserbelastung. Die 18 Entnahmestellen widerspiegeln qualitativ die dementsprechenden Güterbereiche des Fließgewässers. Zur Auswertung gelangte das in den Jahren 1976 - 1978 mit den verschiedensten Zielsetzungen erhaltene Material, wo neben der Erfassung der vorliegenden Salmonellenkontamination, vorwiegend in Form der "positiven Probe" und des vorhandenen Salmonella-spektrums parallel die Koliformen- und Enterokokken-Koloniezahlen mitbestimmt worden waren.

Die Analyse der Indikatorbakterien erfolgte nach den "Ausgewählten Methoden der Wasseruntersuchung" Bd.II (1972).

Der Salmonella-Nachweis wurde in jeweils 400 ml Untersuchungswasser sowohl mit dem Kaliumtetrathionatmedium nach HEINRICH und PULVERER (1959) als auch mit der Magnesiumchloridanreicherung nach RAPPAPORT et al. (1956) durchgeführt. Nach Passage der Agarnährböden nach LEIFSON bzw. WILSON-BLAIR erfolgte die biochemische und serologische Bestätigung und Typisierung.

Zur quantitativen Feststellung des Salmonellagehaltes wurde einige Zeit nach der MPN-Methode (1x 500 ml, 5 x 100 ml) untersucht. Der damit verbundene unverhältnismäßig hohe Aufwand war auf die Dauer nicht vertretbar. So wurde mit Hilfe eines geeigneten mathematisch - statistischen Verfahrens versucht, die quantitativen Beziehungen zwischen Indikatorbakterien und Salmonellen zu determinieren. Sinn des Verfahrens ist es, ein vorhandenes quantitatives Verhältnis zwischen beiden zu erfassen und Richtwerte zu bestimmen, bei deren Überschreitung mit hoher Wahrscheinlichkeit ein positiver Salmonella - Nachweis im Fließgewässer erwartet werden kann.

Zwecks mathematisch - statistischer Auswertung des Vergleiches von quantitativ bestimmten Kolonienzahlen der Indikatorbakterien und den dazugehörigen salmonellapositiven Proben wurde das vorliegende Material gemäß der Höhe der jeweils gefundenen Indikatorbakterien - Kolonienzahlen entsprechenden logarithmisch aufgeteilten Klassen zugeordnet. Diese können nach WEBER (1972) als Stichproben n_1 , n_2 , ..., n_i aufgefaßt werden. In denselben wird das Eintreffen eines Ereignisses e , das ist der positive Salmonella-Nachweis, mit der relativen Häufigkeit festgestellt.

$$f_1 = \frac{e_1}{n_1} \cdot f_2 = \frac{e_2}{n_2} \qquad f_i = \frac{e_i}{n_i}$$

Die Prüfung der Hypothese über die Differenz zwischen zwei Häufigkeitsziffern geht von der Annahme aus, daß zwei Stichproben mit den relativen Häufigkeiten f_1 und f_2 aus zwei Alternativen mit demselben Parameter p stammen, so daß also $p_1 = p_2 = p$ ist. Als Nullhypothese gilt $H_0: p_1 = p_2$ und wird angenommen, wenn $t < t_{\alpha}$ FG (Tafelwert) ist.

Die Alternativhypothese dazu lautet $H_A: p_1 < p_2$. Letzteres charakterisiert in unserem Falle den signifikanten Anstieg der salmonellapositiven Proben in zwei untersuchten benachbarten Klassen. Das Auftreten dieses

Falles gestattet die Festlegung eines auf die Indikatorbakterien-Koloniezahl bezogenen Richtwertes, oberhalb dessen grundsätzlich das Vorhandensein von Salmonellen erwartet werden muß. Die Berechnung wird nach folgender Formel vorgenommen:

$$t = \frac{f_1 \quad f_2}{\sqrt{p(1-p) \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

wobei $p = \frac{e_1 + e_2}{n_2 \quad n_2}$ und FG $(n_1 + n_2) - 1$ ist.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der hier für die Auswertung zugrunde gelegten Untersuchungen sind als Übersicht in Tabelle 1 wiedergegeben. Insgesamt erwiesen sich 43 % aller Proben als salmonellapositiv. Die Isolierungshäufigkeit ist dem Verschmutzungsgrad proportional. Das gleiche gilt hinsichtlich der Zahl der isolierten Salmonella Typen

Gütebereich (Belastung)	n	Koliformen- Koloniezahl \bar{x} (ml ⁻¹)	Enterokokken- Koloniezahl \bar{x} (ml ⁻¹)	Salmonelle- pos. Proben (%)	Zahl der isolierten S.-Typen
sehr gering		27	0,6	10	1
gering	25	550	12	8	2
mäßig	29	742	48	17	4
stark	35	1209	81	29	3
sehr stark	48	2977		64	12
hochgradig	42	15058	1100	81	20

Tabelle 1: Übersicht über die Untersuchungsergebnisse (Zwickauer Mulde)

sowie der Höhe der arithmetischen Mittelwerte für die Kolidormen- und Enterokokken-Koloniezahlen. Damit wird der quantitative Zusammenhang zwischen den untersuchten Bakteriengruppen deutlich sichtbar.

Tabelle 2 zeigt eine Übersicht über die während des Untersuchungszeitraumes in den einzelnen Proben gefundenen Salmonella-Typen und die Häufigkeit ihres Nachweises.

Serotypen	Isolationshäufigkeit		Serotypen	Isolationshäufigkeit	
	absolut	%		absolut	%
S. agona	34	19	S. amsterdam	4	
S. newington	32	18	S. kottbus	3	2
S. isangi	31	17	S. java	2	1
S. binza	19	10	S. schwerin	2	1
S. paratyphi B	10	6	S. saint-paul	2	1
S. livingstone	10	6	S. enatum		1
S. typhimurium	7	4	S. stanley	1	0,4
S. brandenburg	6	3	S. give	1	0,4
S. derby	5	3	S. mondevideo	1	0,4
S. muenster	4	2	S. californica	1	0,4
S. infantis	4	2	S. bovis-morbificans	1	0,4

Tabelle 2: Übersicht über die gefundenen Salmonella-Serotypen und ihre Isolierungshäufigkeit (absolut und als Anteil an den Gesamtisolationen in Prozent)

Insgesamt wurden 22 Serotypen bei 182 Isolationen erfaßt. Bei der Betrachtung der Zusammenhänge wird deutlich, daß das Salmonellaspektrum in der Zwickauer Mulde nur von wenigen Serotypen beherrscht wird.

Diese kommen im wesentlichen in allen Gütebereichen vor, während die

weniger häufigen ausschließlich aus dem stark abwasserbelasteten Bereich isoliert wurden.

Ausgehend von den bereits deutlich gewordenen quantitativen Zusammenhängen wurde in Abbildung 1 eine Übersicht über die Verteilung der positiven Salmonella-Proben gegenüber den gefundenen Koliiformenzahlen dargestellt.

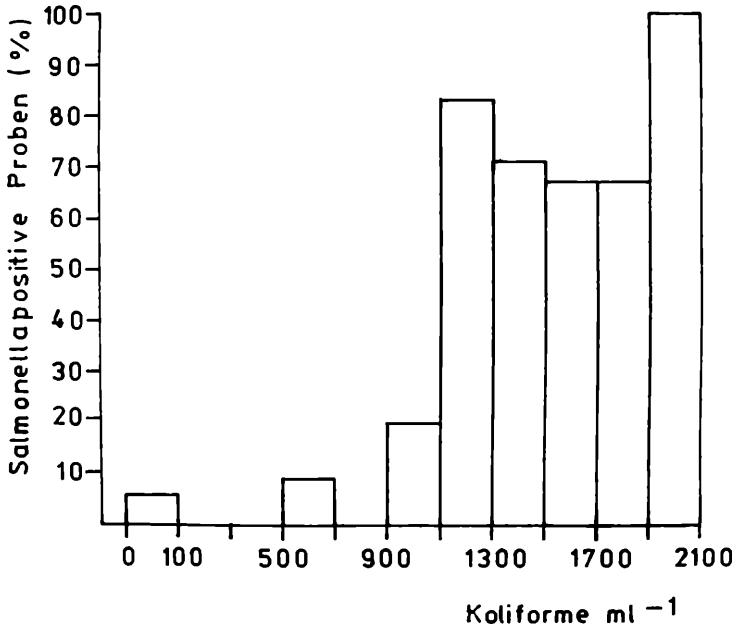


Abbildung 1: Übersicht über die Verteilung der positiven Salmonella-Proben, bezogen auf Koliforme

Es ist zu erkennen, daß bis etwa 1000 Koliforme ml^{-1} nur wenige salmonellapositive Proben auftreten. Erst über diesen Wert hinaus kann von einer eigentlichen Salmonellakontamination gesprochen werden. In dem genannten Bereich ist demnach der gesuchte Richtwert zu erwarten.

Mit Hilfe des beschriebenen mathematisch-statistischen Testes ergab sich in der Tat bei der Prüfung der Hypothese über die Differenz zwischen Häufigkeitsziffern (Tabelle 3), daß zwischen den logarithmischen Klassen 2 und 3 ein signifikanter Anstieg der positiven Proben eintritt. Dies ist statistisch mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha = 0,001$ hoch gesichert. Damit kann der gesuchte Richtwert mit einer Größe von 1000 Koliforme ml^{-1} festgelegt und bestätigt werden.

Unterhalb dieses Wertes treten 5 % salmonellapositive und oberhalb desselben 19 % salmonellanegative Proben auf. Solche Streuungen sind im Rahmen mikrobiologischer Untersuchungen durchaus vertretbar.

Gleiches mit den Enterokokken durchgeführt, ergab mit ebenfalls hoher Signifikanz einen Richtwert von 50 Enterokokken ml^{-1} .

Hierbei wurden unterhalb des Richtwertes 10 % salmonellapositive, oberhalb desselben 27 % salmonellanegative Proben gefunden.

Zur Verdeutlichung der hier getroffenen Aussagen werden in Tabelle 4 in einigen Beispielen die mittels MPN-Methode bestimmten Salmonellazahlen 100 ml^{-1} wiedergegeben. Im Vergleich mit den ihnen zugehörigen Koloniezahlen für die Koliformen und Enterokokken können die gefundenen Richtwerte demzufolge auf dem Wege der praktischen quantitativen Analyse bestätigt werden.

Klassen-nr.	1	2	3	4
Klassenbreite	$10^0 - 10^1$	$10^1 - 10^2$	$10^2 - 10^3$	$10^3 - 10^4$
n	21	56	71	25
e	1	3	57	22
f $\frac{e}{n}$	0,04	05	0,80	
geprüfte Klassen	1 und	2 und	3 und 4	
t (berechnet)	0,17	8,41	0,90	
t (Tafelwert) = 0,001	3,23	3,17	3,23	
Nullhypothese	ange- nommen	abge- lehnt	enge- nommen	

Tabelle 3: Logarithmische Klasseneinteilung der Koliformen und Prüfung der Hypothese H_0 über die Differenz zwischen zwei Häufigkeitsschätzern

(n = Anzahl der untersuchten Proben,
e = positiver Salmonelle-Nachweis)

Ort Bereich (Belastung)	Titer						Salmonellen wahrscheinliche Zahl (100 ml ⁻¹)	Kolliformen- zahl (ml ⁻¹)	Enterokokken- zahl (ml ⁻¹)
	500	100	100	100	100	100			
Gerins							0 0 0	42 85 94	4 0,6 0,3
mpcis							0 0 0 0 0 0	70 140 206 270 400 570	1 0 31 20 10 10
sehr stark							0 20 20 30 30 60 60 60 90	950 1010 1180 1280 4100 1420 1930 4150 5150	- 20 80 70 90 10 50 118 90
inradis	+	+					30 40 60 60 160 160 160	3200 10100 10000 14250 4500 14000 23000	50 100 90 350 90 160 640

abelle 4: Wahrscheinliche Zahl der Salmonellen pro 100 ml für einige Entnahmestellen an der Zwickauer Müde (Titer-Methode) im Vergleich zu den für Kolliforme und Enterokokken gefundenen Koloniezahlen

Diskussion der Ergebnisse

Die vorliegenden Untersuchungen führen zum Nachweis gesicherter quantitativer Zusammenhänge zwischen Indikatorbakterien und Salmonellen. Dies kann neben dem beschriebenen Verfahren auch mit Hilfe der Korrelations- und Regressionsanalyse bestätigt werden. Dazu wurden die für das gesamte Flußgebiet untersuchten Entnahmestellen nach der Größe des Prozentsatzes der gefundenen salmonellapositiven Proben geordnet und die dazugehörigen Indikatorbakterien-Kolonienzahlen in Form des natürlichen Logarithmus ihres Zentralwertes (Z) ausgedrückt. Die ermittelten Korrelationskoeffizienten und die Regressionsgleichungen sind in Tabelle 5 wiedergegeben.

		Koliforme	Enterokokken
ln Z	r	0,8824	0,9088
	Regressionsgleichungen	$y = -64,2 + 14,9 x$ $x = 4,9 + 0,05 y$	$y = -13,3 + 13,9 x$ $x = 1,4 + 0,06 y$

Tabelle 5: Korrelationen zwischen Indikatorbakterien-Keimzahl und Salmonella-Nachweis

(y salmonellapositive Proben in %, x ln Z, Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha = 0,001$)

Auch andere Autoren (z.B. KOHL, 1975) wiesen bereits auf die Proportionalität des Verschmutzungsgrades des Wassers und der Anzahl der salmonellapositiven Proben sowie der Zahl der je Entnahmestelle isolierbaren Serotypen hin. Dabei wird mehrfach die Schwierigkeit angesprochen, daß der Salmonella-Nachweis aus stark verschmutztem Wasser oft nicht gelingt. Als Erklärung hierfür findet man einmal den Hinweis auf die Unterdrückung der Salmonellen in der Anreicherung durch die im Schmutzwasser vorherrschende Begleitflora. Zum anderen wird die Wirkung toxischer Stoffe als Ursache angesehen. Bei den hier durchgeführten Untersuchungen traten solche Aspekte nicht auffällig in Erscheinung. Dies könnte weitgehend mit der Anwendung der gegenüber der Begleitflora sehr selektiv wirkenden Magnesiumchlorid-Anreicherung in Verbindung gebracht werden.

Unter den Bedingungen von Hochwassersituationen allerdings kommt es an der Zwickauer Mulde regelmäßig auch bei bleibenden positiven Koli-formen- und Enterokokkenbefunden fast vier Wochen lang zum Ausfall des Salmonella-Nachweises. Bei einem so abwasserbelasteten Vorfluter wie der Zwickauer Mulde kann davon ausgegangen werden, daß die Zufuhr von Salmonellen kontinuierlich erfolgt. Nach Wiedereinstellung der normalen Abflußverhältnisse spielt auch der Verdünnungseffekt keine Rolle mehr. So bleibt als Schlußfolgerung die Überlegung, daß im Flußbett vorhandene Sediment- und Faulschlammablagerungen als Salmonella-Reservoirire wirken. Diese werden durch die hohe Wasserführung abgeschwemmt und stehen somit für eine weitere Reinfektion des Flußwassers, wie sie anscheinend für den Nachweis unter den angeführten Bedingungen aus quantitativen Gründen notwendig ist, zunächst nicht mehr zur Verfügung. Erst nach dem genannten längeren Zeitraum stellen sich die "Normalverhältnisse" mit den entsprechenden Salmonella-Nachweisen erneut ein. Diese Beobachtungen stehen im Zusammenhang mit den von KOHL (1973, 1975) an der Donau getroffenen Feststellungen. Bei seinen Untersuchungen waren beispielsweise in einem β -mesosaprobe n Flußabschnitt 10 % der aus dem freien Wasserkörper entnommenen Proben

salmonellapositiv, von parallelen Sedimentproben waren das jedoch 60 %. Auch die Koloniezahl der übrigen Indikatorbakterien lag im Sediment um 2 - 4 Potenzen höher als im freien Wasserkörper. Während und nach einem Hochwasser stellte er im Sediment und im freien Wasser etwa gleich große Werte fest, zum Teil betrug die im Sediment nur ein Zehntel bis ein Hundertstel der Werte des freien Wasserkörpers. Wie bei früheren Laboruntersuchungen (SCHULZE et al., 1973) nachgewiesen und im Fließgewässer bestätigt werden konnte (TÄUMER, 1974), kommt es bei genügend hohen Temperaturen und Substratkonzentrationen zur Vermehrung der Indikatorbakterien, wobei sich die Salmonellen ähnlich verhalten. Aus diesen Zusammenhängen kann abgeleitet werden, daß besonders in Sedimenten und Schlammablagerungen nicht nur eine positive Beeinflussung des Erhaltungsstoffwechsels der Bakterien stattfindet, sondern auch Vermehrungsprozesse ablaufen. Solche Aspekte verdienen verständlicherweise unser besonderes Interesse.

Entgegen den Feststellungen anderer Autoren an verschiedenen Fließgewässern (z.B. RITTER 1974, KADLECOVÁ 1975, KOHL 1975) weist *Salmonella paratyphi B* im Flußbereich der Zwickauer Mulde nicht die höchste Isolierungsrate auf. Die im Vorfluter gefundenen Serotypen spiegeln insgesamt nicht nur das epidemiologische Geschehen innerhalb des hydrologischen Einzugsgebietes wider, wobei der tierhygienische Bereich eine wesentliche Rolle spielt. Sie weisen darüberhinaus auch auf die häufige und weiträumige Verbreitung der Salmonellen in unserer gesamten Lebensumwelt hin. Es ist bekannt, daß die Salmonellen über eine breite ökologische Valenz verfügen. Demzufolge kann angenommen werden, daß ein relativ hoher Prozentsatz an Salmonellen, die in unserer Umwelt ständig vorhanden sind und eine potentielle Infektionsgefahr bedeuten, im allgemeinen der hygienischen Kontrolle entgeht (vergl. KADLECOVÁ 1975). Die aufgrund der vorliegenden Untersuchungen erhaltenen Richtwerte für das Auftreten von Salmonellen ($1000 \text{ Kolliforme ml}^{-1}$, $50 \text{ Enterokokken ml}^{-1}$) weisen einen nur relativ kleinen kritischen Fehler, d.h. ein Auftreten von Salmonellen bei kleineren Keimzahlen, auf (5 - 10 %).

Sie sind für das Flußgebiet der Zwickauer Mulde gültig. Aus der Literatur wurden bisher keine vergleichbaren Untersuchungen dieser Art bekannt. Wenige gefundene Angaben beruhen im wesentlichen auf Einzelbeobachtungen. So führten KEHR und BUTTERFIELD (1943) für gereinigtes Abwasser ein Verhältnis zwischen Koliformen und *Salmonella paratyphi B* von 1105 an. SMITH et al. (1973) nannten für zwei verschiedene Flüsse diesbezügliche Quotienten von 1472 und 274, auf Enterokokken und Salmonellen bezogen solche von 367 und 109.

Nach STELZER et al. (1977) sind positive Salmonellabefunde bei Nachweis von mehr als 25 Enterokokken ml^{-1} , 250 Endokolonien ml^{-1} , 450 Mesophilen ml^{-1} und 4500 Psychrophilen ml^{-1} zu erwarten.

Unter dem Eindruck dieser Zahlen wird deutlich, daß die hier vorgelegten Ergebnisse angesichts des Fehlens eines umfassenderen Untersuchungsmaterials zunächst noch der weiteren Bestätigung hinsichtlich ihrer Verallgemeinerungsfähigkeit bedürfen. Es kann jedoch darauf verwiesen werden, daß jüngste Untersuchungen in der DDR nach ersten Auswertungen auch an anderen Untersuchungsobjekten gleiche quantitative Zusammenhänge erkennen lassen.

Unter diesem Aspekt ist es interessant, abschließend eine Betrachtung der erhaltenen Richtwerte im Vergleich mit praktizierten Grenzwerten anzustellen. In Tabelle 6 wurden deshalb einige in der DDR gültige bzw. empfohlene auf die unterschiedliche Nutzung des Oberflächenwassers bezogene Grenzwerte aufgeführt.

Der Quotient aus dem Grenzwert (Spalte 1) und dem jeweiligen Richtwert ergibt die zugehörige Salmonellenzahl, die in Spalte 2 für 100 ml aufgeführt ist. Das reziproke Verhältnis beider Werte wird als Sicherheitsfaktor des Grenzwertes bezeichnet (Spalte 3). Dieser gibt anschaulich das mit der Anwendung des jeweiligen Grenzwertes verbundene hygienische Risiko wieder.

Richtwert: 1000 Kolliforme ml ⁻¹			
	1	2	3
Nutzungsart	Grenzwert (Kolliformen ml ⁻¹)	Salmonellen (100 ml ⁻¹)	Sicherheitsfaktor des Grenzwertes
Trinkwasser	in 100 ml nicht nachweisbar	< 0,001	> 100 000
Bew.-W. Obst/Gemüse, ohne Beschränkung	in 10 ml nicht nachweisbar	< 0,01	> 10 000
Bew.-W. Obst/Gemüse, 14 d Karenzzeit	10	1	100
Bäder an	100	10	10
Bew.-W. Land-/	1000	100	1
Bew.-W. Land-/Forstw. 21 d Karenzzeit	10000	1000	0,1
Richtwert: 50 Enterokokken ml ⁻¹			
	1	2	3
Nutzungsart	Grenzwert (Enterokokken ml ⁻¹)	Salmonellen (100 ml ⁻¹)	Sicherheitsfaktor des Grenzwertes
Trinkwasser	in 100 ml nicht nachweisbar	< 0,02	> 5000
Bew.-W. Obst/Gemüse, ohne Beschränkung	in 100 ml nicht nachweisbar	< 0,02	> 5000
Bew.-W. Obst/Gemüse, 14 d Karenzzeit	1	2	50
Bäder an Gewässern	10	20	5

Tabelle 6: Richtwerte auf verschiedene Grenzwerte für Oberflächenwasser unterschiedlicher Nutzung;art bezogen unter Darstellung des zugehörigen Sicherheitsfaktors = Quotient von Richtwert und Grenzwert (Bew.-W. Bewässerungswasser)

Es ist zu erkennen, daß bei Bewässerungswasser für Gärtnereien bzw. für die Land- und Forstwirtschaft die Sicherheitsfaktoren von nur geringer Größe sind. Sie liegen zahlenmäßig zwischen 100 und <1 . Um das damit verbundene hygienische Risiko zu minimieren, müssen die Grenzwerte mit zusätzlichen Forderungen verknüpft werden, wie sie beispielsweise in Form der Karenzzeiten aufgeführt sind. Auch Bäder an Gewässern sind, vom Grenzwert her gesehen, als hygienisch unsicher zu beurteilen. Im Vergleich dazu ergibt sich unter Zugrundelegung des Trinkwasser-Grenzwertes eine hohe hygienische Sicherheit. Für Bewässerungswasser, das ohne Beschränkung bei Obst und Frischgemüse verwendet werden darf, muß es sich selbstverständlich um Wasser von Trinkwasserqualität handeln.

Zu diesen Betrachtungen ist freilich zu bemerken, daß bei der Beurteilung des hygienischen Risikos verschiedene Aspekte zu berücksichtigen sind. Neben den bereits genannten qualitativen und quantitativen Zusammenhängen spielen sowohl die Virulenz der pathogenen Keime als auch die diesbezügliche Infektionsdosis eine zusätzliche Rolle. Obwohl nach verschiedenen Autoren, zusammengefaßt von DÖLL (1970), zur Auslösung einer Salmonellainfektion mehr als $5 \cdot 10^3$ bzw. sogar 10^5 Keime und darüber erforderlich sind, ist zu bedenken, daß in Verbindung mit einer Lebensmittelkontamination auch bereits wenige im Wasser befindliche Keime zur potentiellen Gefahr werden können.

Hieraus wird ersichtlich, wie wesentlich und notwendig die Kenntnis der quantitativen Zusammenhänge zwischen Indikatorbakterien und Salmonellen bei der Festlegung von Grenzwerten ist, wenn das hygienische Risiko auf ein Mindestmaß reduziert werden soll. In Verbindung mit dem von uns geprüften, übereinstimmenden Verhalten dieser Keimgruppen unter dem Einfluß der verschiedenen ökologischen Faktoren eines Oberflächengewässers werden die erhaltenen quantitativen Ergebnisse zu einer überzeugenden Manifestation des allgemein praktizierten hygienisch-relevanten Indikatorprinzips auch unter den Bedingungen des Fließgewässers.

Zusammenfassung

Untersuchungen an der Zwickauer Mulde führten unter Einbeziehung eines mathematisch-statistischen Verfahrens zum Nachweis gesicherter quantitativer Zusammenhänge zwischen Indikatorbakterien (Koliforme, Enterokokken) und Salmonellen. Daraus resultieren auf die Anzahl der gefundenen Indikatorbakterien bezogene Richtwerte, bei deren Überschreitung mit hoher Wahrscheinlichkeit salmonellapositive Proben erwartet werden können. Die damit im Zusammenhang stehenden Probleme werden diskutiert. Das allgemein praktizierte hygienisch-relevante Indikatorprinzip wird hinsichtlich seiner Anwendungsberechtigung auch für das Fließgewässer bestätigt.

Literatur

- AUSGEWÄHLTE METHODEN DER WASSERUNTERSUCHUNG, Bd.II (1972).- VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.
- DAUBNER, I. (1972): Mikrobiologie des Wassers.- Akademie-Verlag, Berlin.
- DÖLL, H. (1970): Über die Infektionsdosis.- Z.ges.Hyg. 16, 86 - 90.
- HEINRICH, S., PULVERER, G. (1959): Ein Beitrag zur Methodik des Salmonella-Nachweises im Abwasser, Flußwasser und Schlamm.- Z.Hyg. 145, 429 - 542.
- KADLECOVÁ, O. (1975): Die Salmonella-Verunreinigung der Donau durch Abwässer in Bratislava, 2.Mitteilung.- Zbl.Bakt.Abt. II, 130, 144 - 156.

- KEHR, R. U., BUTTERFIELD, C.T, (1943): Notes of the relation between Coliforms and Enteric pathogens.- Publ.Health Reports 58, 589.
- KOHL, W. (1973): Salmonellen im Schlamm von Donaustauräumen.- 16.Arbeits-
tagung der Int.Arbeitsgem.Donauforschung, Bratislava.
- (1975): Über die Bedeutung bakteriologischer Untersuchungen für die
Beurteilung von Fließgewässern, dargestellt am Beispiel der öster-
reichischen Donau.- Arch.Hydrobiol./Suppl. 44, 392 - 461.
- RAPPAPORT, F., KONFORTI, N., NAVON, B. (1956): A new enrichment medium
for certain salmonellae.- J.clin.Path. 9, 261 - 266.
- RITZER, R. (1974): Ergebnisse bakteriologischer Untersuchungen am Neckar
1972 /73.- GWF Wasser/Abwasser 115, 542 - 545.
- SCHULZE, E. et al. (1973): Gesetzmäßigkeiten des Verhaltens von Indikator-
bakterien im Abwasserbehandlungsprozeß und in Oberflächengewässern.-
Forschungsbericht, Forschungsinstitut für Hygiene und Mikrobiolo-
gie, Bad Elster.
- SCHULZE, E., STELZER, W., ZESCH, M. (1979): Untersuchungen zum Nachweis
der Salmonellen im Wasser. I. Laboruntersuchungen.- Z.ges.Hyg.
25, 225 - 231.
- SMITH, R. J., TWEDT, R. M., FLANIGAN, L.K. (1973): Relationship of
indicator and pathogenic bacteria in stream waters.- J.Water.Poll.
Control Fed. 45, 1736.
- STELZER, W., SCHULZE, E., NAGEL, M., ZESCH, M. (1977): Untersuchungen
zur quantitativen Beziehung zwischen Indikatorbakterien und
Salmonellen in Fließgewässern.- Z.ges.Hyg. 23, 658 - 669.
- TÄUMER, L. (1974): Untersuchungen über das Vorkommen und Verhalten
einiger hygienisch wichtiger Bakteriengruppen (Indikatorbakterien)
in ausgewählten Abschnitten von Fließgewässern.- Diss.A, Techn.Univ.
Dresden.

(1976): Hydromikrobiologische Fließgewässeruntersuchungen an ausgewählten Abschnitten der Zwickauer Mulde.- Z.ges.Hyg. 22, 641 - 649.

TÄUMER, L., REIHER, W. (1976): Statistische Untersuchungen zur Bestimmung von Gütebereichen bei hydromikrobiologischen Fließgewässeruntersuchungen.- Z.ges.Hyg. 22, 734 - 737.

WEBER, E. (1972): Grundriß der biologischen Statistik, 7.Aufl.- VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.

Anschrift des Verfassers: Dr.rer.nat.Lothar TÄUMER, Leiter der Abteilung Umwelthygiene im Hygieneinstitut Zwickau, DDR - 9540 Zwickau, Äußere Schneeberger Straße 5/7.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1980

Band/Volume: [1980](#)

Autor(en)/Author(s): Täumer L.

Artikel/Article: [Aussagewert und Bedeutung des hygienisch-relevanten Indikatorprinzips im Rahmen von Fließgewässerkontrollen - Untersuchungen zum quantitativen Verhältnis von Indikatorbakterien und Salmonellen 25-43](#)