

Krankenhausabwasser

Med. Dr. Koloman Megay,

Leiter der Bundesstaatlichen Bakteriologisch-Serologischen Untersuchungsanstalt Linz

Die unschädliche Beseitigung von Krankenhausabwässern ist ein Problem, das in erster Linie hygienische Fragestellungen beinhaltet, deren Lösung im Interesse der Volksgesundheit liegt, darüber hinaus aber eine Reihe auch technisch interessanter Einzelheiten bietet, auf die im Folgenden kurz eingegangen werden soll. Überall dort, wo der Ableitung von Krankenhausabwasser (KH-Abw.) eine Reinigung und fallweise eine Desinfektion desselben vorausgeht, müssen der Projektant der Anlage, der bauführende Techniker, aber auch der Krankenhausleiter und die überwachenden Behördenorgane mit einigen prinzipiellen bakteriologischen, epidemiologischen und biochemischen Fragen vertraut sein, die sich in dieser Form ausschließlich beim KH-Abw. ergeben. Eine zusammenfassende Darstellung der wesentlichsten Gesichtspunkte wurde soeben fertiggestellt und dürfte in Kürze in der Sammlung „Stadtreinigung“ im Verlag für Technik und Kultur (Berlin) erscheinen. An dieser Stelle sollen nur die wichtigsten und interessantesten Probleme des KH-Abw. behandelt und zur Diskussion gestellt werden.

Während sich aus dem *Bautyp* eines Krankenhauses vorwiegend technische Fragestellungen hinsichtlich der wirtschaftlich optimalen Entwässerung ergeben, ist in hygienischer Beziehung der *Betriebstyp*, also die Zweckbestimmung des Krankenhauses für die Aufbereitung und Ableitung der Abwässer bedeutungsvoll. In baulicher Hinsicht hat sich aus dem Bestreben, alle Vorteile des klassischen Korridorsystems mit allen Vorteilen des Pavillonsystems zu verbinden und alle Nachteile dieser fast historisch gewordenen Bauformen auszuschalten, die gemischte Bauweise entwickelt. Bei ihr sind auf Grund betriebstechnischer Erfahrungen bestimmte Stationen in größeren Gebäuden vereint, während andere in zweckmäßiger Entfernung voneinander und vom Hauptgebäude aufgelockert auf dem meist parkartig gestalteten Gelände liegen. Neben diesen als Streu- oder Gruppensystem, auch Trabantensystem bezeichneten Bauformen hat sich in letzter Zeit für kleinere Anstalten eine kammförmige Bauweise entwickelt, während Groß-Krankenhäuser im verbauten Stadtgebiet die Tendenz zum Hochhausbau aufweisen.

In abwassertechnischer Hinsicht ist es bedeutungsvoll, daß nur ein geringer Teil des anfallenden Abwassers infektiösverdächtig ist, d. h. potentiell Krankheitserreger enthält und daher vor der Ableitung einer Desinfektion zugeführt werden muß. Dieser Umstand muß nicht nur bei der Planung der Abwasserreinigungsanlage bedacht werden, sondern sollte schon bei der baulichen Planung des Krankenhauses als solchem berücksichtigt werden, um eine installationsmäßige saubere Lösung zu ermöglichen.

In betrieblicher Hinsicht wird man zwischen dem alle klinischen Fachabteilungen führenden allgemeinen Krankenhaus (general hospital) und den Spezialkrankenhäusern unterscheiden müssen (Infektionskrankenhäuser, Tuberkuloseheilstätten, Heliotherapiestationen, Heil- und Pflegeanstalten für Geisteskranke, Kinderspitäler u. a. m.), wozu als dritte Gruppe die Hospitalitenkrankenhäuser für chronisch Kranke, Unheilbare oder nur beschränkt besserungsfähige Kranke kommen. Gerade letztere sind hygienisch bedenklich, da in ihnen Patienten mit verschiedensten Grundleiden und einer, wegen der zumeist schlechten biologischen Infektabwehrlage, erhöhten Anfälligkeit gegen Infektionen versammelt sind. Wir sehen immer wieder in solchen Anstalten wie auch in Altersheimen, Armenheimen, Internaten und Gefängnissen Hausepidemien, vor allem infektiöser Darmkrankheiten, ausbrechen und die Abwässer, die sich sonst in nichts von häuslichen Abwässern unterscheiden, können dann plötzlich zur Ausbreitung der Seuche beitragen.

Von der Zweckbestimmung eines Krankenhauses, von der Art der in ihm vorhandenen Stationen hängt in erster Linie die *Menge des anfallenden Abwassers* ab. Trotz großer individueller Schwankungen ist es möglich, hierfür einige Anhaltspunkte zu geben. Die Erfahrung hat gezeigt, daß man bei größeren allgemeinen Krankenhäusern für jeden in Pflege befindlichen Patienten die doppelte Quote des für Siedlungsabwasser üblichen Durchschnittes, demnach rund $0,5 \text{ m}^3/\text{Patient und Tag}$, für jede Pflegeperson sowie Hilfspersonal rund $0,2 \text{ m}^3/\text{Tag}$ einsetzen kann und muß, ohne zu hoch zu greifen. Verfügt das Krankenhaus außerdem noch über Ambulatorien, Hörsäle, Forschungslaboratorien usw., so wird man für die fluktuierende Belegschaft derselben $0,1 \text{ m}^3/\text{Kopf und Tag}$ rechnen müssen. Nicht ständig im Krankenhaus wohnende Beschäftigte (Bedienerinnen, Hausarbeiter etc.) sollten bei achtstündiger Arbeitszeit mit $\frac{8}{24} = \frac{1}{3}$ oder rund 70 Liter Abwasser/Kopf und Tag kalkuliert werden. Diese relativ große Abwassermenge — die Kläranlagen sind unbedingt für Vollbelag zu berechnen — ergibt sich bei den großen allgemeinen Krankenhäusern aus dem nicht zu unterschätzenden Wasseranfall aus den Spezialstationen (Operationstrakt, Physiotherapie, Bäder, Unterwassertherapie) einerseits

und dem fast pausenlos laufenden Küchenbetrieb und dem lebhaften Wasserumsatz in der Krankenhauswäscherei andererseits. Dagegen wird man bei bestimmten Spezialkrankenhäusern, wie Heilstätten, Hospitalitenkrankenhäusern, Heil- und Pflegeanstalten usw., für Patienten und Personal einen durchlaufenden Schlüssel von 0,3 m³/Kopf und Tag ansetzen können, ohne weit fehl zu gehen. Auf Grund von Erhebungen für westdeutsche Verhältnisse von G. Alheit (zitiert in Vogler-Hassenpflug; Handbuch f. d. Krankenhausbau, Verlag Urban u. Schwarzenberg 1951) entfallen auf je 100 Krankenbetten im Durchschnitt 75 Pflegepersonen, und zwar

5,5 Ärzte,

7,5 Verwaltungsbedienstete,

30,0 Pflegepersonen (Schwestern),

32,0 Hilfspersonal und Sonstige (Diener, Heizer, Hausarbeiter).

Unter Zugrundelegung dieser Ziffern wurde versucht, die Abwasserbeseitigung einiger Krankentypen nach Abwassermenge und Art der Abwasserbehandlung in Tabelle 1 darzustellen.

Eine zweite Frage betrifft die *qualitative Zusammensetzung* der Krankenhausabwässer. Das gesammelte Rohabwasser eines Krankenhauses weist, grobsinnlich betrachtet, alle Eigenschaften eines etwas stärker verdünnten häuslicher Abwassers auf. Bei näherer Betrachtung zeigen sich aber folgende Besonderheiten:

- a) es ist stärker *verdünnt* durch den Zulauf von Kühl- und Kondenswasser aus Operationstrakt (Sterilisation), Apotheke, Laboratorien und wenig verschmutzten oder fast reinen Abläufen aus bestimmten Bädern, Teilen der Wäscherei und des Küchenbetriebes.
- b) es ist zumeist beträchtlich wärmer (20—30 ° C) als Siedlungsabwasser. Durch diese höhere Temperatur wird nicht nur die Menge des gelösten Sauerstoffes reduziert, es werden auch mesophilen und einigen thermophilen Mikroorganismen (Fäulnis- und Gärungserreger) bessere Chancen geboten, so daß bei Stagnation das Anfaulen begünstigt wird. Gleichzeitig kann durch thermische Strömungen die Sedimentation im Absetzraum gestört werden.
- c) die *Fäulnisfähigkeit* von KH-Abw. wird begünstigt durch die Beimengung von hochgradig fäulnisfähigem organischem Material, wie Blut (ins W. C. entleerte abgelaufene Blutkonserven), flüssige und breiige Speisereste, in höherem Maße als dies in Haushalten üblich ist. Gleichzeitig gelangen aber auch Stoffe in das KH-Abw., welche die Fäulnisvorgänge hemmen (Chemikalien, Desinfektionsmittel, Antibiotica).

Betriebstyp des Krankenhauses	Übliche Bettenzahl d. Personales	Anzahl	Durchschnittl. Abwassermenge m ³ /Tag	Erforderliche Abwasserbehandlung
1. Klinikum, bzw. große Krankenhäuser mit allen Fachstationen, Ambulatorien, Laboratorien usw. (für rund 100 000 bis 300 000 Einw.)	1000 bis 2500	750 bis 1800	800 bis 2000	a) bei Anschluß an die Stadtkanalisation: keinerlei besondere Erfordernisse, außer Desinfektion der Abwässer der Tbc-Infektions- und Kinderstation sowie bakt. Laboratorium
2. Groß- und Mittelkrankenhäuser am Stadtrand oder in mittleren Städten an einem Vorfluter (für rund 50 000 bis 150 000 Einw.)	500 bis 1000	375 bis 750	325 bis 650	b) bei eigener Reinigungsanlage: die gleichen Vorkehrungen wie bei a) hinsichtlich Desinfektion; übrige Abwässer sind mechanisch und vollbiologisch zu reinigen.
3. Kreiskrankenhäuser betrieblich wie 2. aber kleiner (für rund 15 000 bis 50 000 Einw.)	100 bis 300	75 bis 225	65 bis 195	c) mechanische und vollbiologische Reinigung der <i>gesamten</i> Abwässer unter Verzicht auf Abw.-Desinfekt. Strenge Handhabung d. laufenden Desinfektion am Krankenbett.
4. Infektionskrankenhäuser (Epidemiopsitälär, Seuchen- und Quarantänestationen usw.)	— stark wechselnd	—	—	d) mechanische und vollbiologische Klärung mit anschließender Desinfekt. (Chlor); bei Notstandsanlagen: Trennung d. Hauswässer von den Infektionsquellen, Abriegelung dieser durch laufende Desinfektion.
5. Tuberkulose-Krankenhäuser und Tbc-Heilstätten als gesonderte Einrichtungen (unter 150 Betten unwirtschaftlich!)	150 bis 500	100 bis 375	95 bis 325	e) mechanische und vollbiologische Klärung mit obligater angeschlossener Desinfektion des Abwassers.

Tabelle 1. Abwasserbeseitigung bei verschiedenen Krankentypen

Die Verwendung von chemischen Desinfektionsmitteln im Krankenhausbetrieb wechselt mengenmäßig innerhalb der einzelnen Stationen in weitem Maße. Während einige Krankenabteilungen mit sehr geringen Quantitäten an Desinfektionsmitteln arbeiten (interne, neurologische, geburts-hilfliche, Rheumastation usw.), fallen bei Infektionsstationen, Kinderabteilungen, Tbc-Stationen usw. je nach Art des Betriebes unter Umständen größere Mengen Desinfektionsmittel an und gelangen in das Abwasser. Chirurgische Stationen belasten — seit die antiseptische Ära in die aseptische übergegangen ist — die Abwässer meist nur wenig mit Desinfektionsmitteln, da das Sterilisationsgut fast ausschließlich thermisch entkeimt wird und Operationsabfälle verbrannt werden. Im allgemeinen dürfte die Menge der in das KH.-Abw. gelangenden Desinfektionsmittel in den letzten zwei Jahrzehnten zumindest nicht wesentlich gestiegen sein. Trotzdem beobachten erfahrene Abwassertechniker seit einigen Jahren bei Abwasserreinigungsanlagen von Krankenhäusern Störungen sowohl im Faulraum, als auch am Tropfkörper, die sicher nicht auf rein technische Versager der Anlage zurückgeführt werden konnten.

Wir verdanken die ersten Hinweise auf dieses interessante Problem Herrn Dozent Dipl.-Ing. Dr. R. Pönninger, der so freundlich war, uns bei der Klärung dieser Frage zu unterstützen. Pönninger hat als erster versucht, sich durch Umfrage bei Krankenhäusern, bzw. Heilstätten, deren Kläranlagen offenbar unter der Wirkung von *Störstoffen* leiden, ein Bild von der Menge der im Betrieb verwendeten Desinfektionsmittel und Antibiotica zu machen und ihre Konzentration im Abwasser zu berechnen. Als Resultat hat sich herausgestellt, daß es vor allem die sogenannten Antibiotica sind und die auch in diese Gruppe gehörigen Tuberculostatica, die unter Umständen den Biochemismus der Abwasserreinigung im Krankenhaus zu stören vermögen. Diese Störungen manifestieren sich als

- a) vermehrte Bildung von Schwimmschlamm,
- b) verlängerte Ausfaulungszeiten des Schlammes im Schlammraum,
- c) unzureichender Ausfaulungsgrad des abgepumpten Faulschlammes,
- d) ungenügender aerober Abbau am Tropfkörper, bzw. unzureichende Gesamtabnahme des BSB bis zum Endablauf.

Es ist in diesem Rahmen nicht möglich, auf die Feinheiten der Wirkung von Desinfektionsmitteln und Antibioticis auf Mikroorganismen einzugehen. Wenn es der Zweck eines Desinfektionsmittels ist, pathogene, also krankheitserregende Mikroorganismen außerhalb des menschlichen Körpers — etwa in den Ausscheidungen des Kranken — abzutöten, so liegt das Wesen der Antibiotica und Tuberculostatica in ihrem chemo-

therapeutischen Effekt. Von einem Desinfektionsmittel erwarten wir die verlässliche Abtötung (Bakterizidie) der Mikroorganismen, doch sind diese chemischen Stoffe so allgemein biologisch giftig, daß sich ihre Anwendung im menschlichen Organismus verbietet. Auch die Chemotherapeutica und damit die Antibiotica sind chemische, antimikrobiell wirkende Substanzen, die aber für den infizierten Organismus so weitgehend ungiftig sind, daß sie in die Blutbahn gespritzt oder innerlich genommen werden können, ohne dem Organismus zu schaden. Die meisten von ihnen bewirken aber nicht aus sich heraus im Körper eine Abtötung der Krankheitserreger, sondern führen nur zur Vermehrungs- und Entwicklungshemmung der Mikroorganismen, die dadurch den natürlichen biologischen Abwehrmechanismen des Körpers leichter erliegen. Man bezeichnet diese Hemmung der Entwicklungs-, bzw. Vermehrungsfähigkeit der Mikroorganismen als bakteriostatische Wirkung. Zwischen Leben und Tod bestehen — auch für Mikroorganismen, oder gerade für diese — keine scharfen Grenzen, sondern fließende Übergänge, und so läßt sich auch zwischen Bakteriostase und Bakterizidie keine scharfe Trennlinie ziehen. Dasselbe Desinfektionsmittel, das in entsprechender Konzentration zum Absterben von Mikroorganismen führt, kann in größerer Verdünnung noch bakteriostatisch wirksam sein. Eine sehr lange anhaltende Bakteriostase wieder führt unter Umständen zum allmählichen „Aussterben“ der Keime, weil das Verhältnis Proliferation zum natürlichen Absterbevorgang in Richtung auf letzteren verschoben ist. Diese Vorgänge sind ebenso interessant wie kompliziert.

Für das Verständnis der Bedeutung der Antibiotica und Tuberculostatica als Störstoffe bei der Reinigung von Krankenhausabwasser sind aber noch einige Hinweise notwendig:

Während die klassischen Desinfektionsmittel als „unspezifische“ Bakteriengifte erst von einer bestimmten Konzentration an — die im Abwasser nur ganz selten erreicht wird — zu Störungen im Faulraum und am Tropfkörper führen, sind die spezifisch in den Biochemismus des Bakterienstoffwechsels eingreifenden Antibiotica oft noch in hohen Verdünnungen im Abwasser wirksam. Die Desinfektionsmittel werden gewöhnlich nicht stärker als in gerade ausreichender Konzentration bei der laufenden Desinfektion verwendet; vermischt mit den übrigen Abwässern werden sie gewöhnlich weit unter ihre Wirkungsgrenze verdünnt, wozu noch kommt, daß sie durch gleichzeitig vorhandene organische Substanzen abgebunden werden können. Die Antibiotica (Tuberculostatica) werden — nach Erreichen eines therapeutisch wirksamen Blutspiegels — mit dem Harn der Kranken ausgeschieden oder gelangen beim Waschen der Spritzen u. a. m. in das Abwasser. Sie werden — wieder infolge der ein-

tretenden Verdünnung — nur dann als Störstoffe in der Kläranlage wirksam werden können, wenn der Prozentsatz antibiotisch behandelter Patienten in einem Krankenhaus entsprechend hoch ist. Dies trifft vor allem für Lungenheilstätten, aber auch für manche Infektionsabteilungen zu.

Die chemische Labilität eines Teiles der bisher bekannten und praktisch verwendeten Antibiotica bedingt, daß sie im Zuge der biochemischen Vorgänge im Abwasser abgebaut oder sonst wirkungslos werden. Infolge ihrer zumeist vorhandenen Wirkungsspezifität gegen einzelne Mikrobengruppen sind nicht alle im KH.-Abw. vorkommenden Antibiotica als Störstoffe gegen die Kleinstlebewesen der biologischen Abwasserreinigung wirksam. Es scheint aber möglich zu sein, daß zufällige Kombinationen einzelner Antibiotica und Tuberculostatica im KH.-Abw. fallweise zu den beobachteten Störungen des Klärbetriebes führen können. Es ist beabsichtigt, diesbezügliche experimentelle Untersuchungen in Zusammenarbeit mit R. Pönniger weiterzuführen.

Der Nachweis von Störstoffen im KH.-Abw. ist nicht immer ganz einfach. Treten bei einer KH.-Kläranlage die eingangs erwähnten Erscheinungen auf, so empfiehlt es sich, zuerst durch eine Revision der technischen Einrichtungen etwaige rein technische Störungen auszuschließen. Liegt auf Grund von Erhebungen im Krankenhausbetrieb der Verdacht nahe, daß Desinfektionsmittel oder Antibiotica in erheblicher Menge in das Abwasser gelangt sind oder gelangen, so versuche man im weitgehend klar filtrierten Abwasser, ob sich freies Chlor, Phenol, Formaldehyd oder Schwermetallsalze bzw. andere charakteristische Gruppen chemischer Desinfektionsmittel nachweisen lassen. Ist dies der Fall, so kann die quantitative Bestimmung versucht werden. Gelingt der Nachweis solcher Chemikalien nicht, so wird das vorfiltrierte Abwasser durch ein bakterien dichtes Filter gepreßt und das nun bakterienfreie Filtrat für die Anstellung eines Resistenzversuches verwendet. Dieser erfolgt zweckmäßig im Zylindertestverfahren. Dabei müssen mehrere Nährbodenplatten angesetzt werden, von denen ein Teil mit bekannten Testkeimen (Reinkulturen), ein anderer Teil mit Mischkulturen aus dem Abwasser beimpft wird. Es empfiehlt sich, die Prüfung getrennt unter aeroben und anaeroben Kautelen vorzunehmen, letzteres vor allem mit Mischkulturen aus dem Faulraum der Kläranlage. Auf Einzelheiten kann an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden.

Zur Behebung bzw. Verhinderung von Störungen der Abwasserreinigung in KH.-Kläranlagen durch Antibiotica, Tuberculostatica und Desinfektionsmittel empfiehlt R. Pönniger, die Tropfkörper in Spitälern und Heilstätten etwas höher zu bemessen und das Abwasser zwischen dem Emscherbrunnen und dem Tropfkörper durch Reinwasser zu verdünnen.

Weiters sollten nach R. Pönniger schon beim Bau der Anlage Vorkehrungen getroffen werden, um den Schwimmschlamm aus dem Emscherbecken ablassen zu können sowie eine größere Dimensionierung der Schlamm-trockenbeete oder Kompostierung des Naßschlammes mit Müll, Torfmüll etc.

Eine weitere Frage gilt den Möglichkeiten der endgültigen Beseitigung eines KH.-Abw. ohne Gefährdung gesundheitlicher Belange. Hier sei daran erinnert, daß bei weitem nicht jedes KH.-Abw. infektiös ist; ein solches „blandes“ KH.-Abw. wird hinsichtlich Ableitung in einen Vorfluter oder in das Erdreich daher genau so zu beurteilen sein, wie Siedlungsabwasser. Infektiöses Abwasser erfordert eine Desinfektion oder eine so hohe Verdünnung durch großstädtische Abwässer, daß der Endgehalt an Krankheitserregern nicht höher liegt, als in Siedlungsabwässern, in die sie durch Bazillenträger und Dauerausscheider laufend entleert werden. Hier muß mit allem Nachdruck auf den grundlegenden *Unterschied* zwischen Abwasserreinigung und Abwasserdesinfektion hingewiesen werden; das sind zwei völlig getrennte Begriffe. Durch eine Desinfektionsmaßnahme am Abwasser wird keinesfalls eine Reinigung desselben im abwasserchemischen und abwasserbiologischen Sinn herbeigeführt. Umgekehrt ist auch eine sehr sorgfältig vorgenommene mechanische und vollbiologische Reinigung niemals in der Lage, in einem Abwasser vorhandene Krankheitserreger verlässlich daraus zu entfernen. Die *Abwasserreinigung* zielt darauf hin, auf mechanischem, chemischem und biologischem Wege jene Fremd- und Schmutzstoffe zu entfernen, deren Einbringung in den Bodenuntergrund oder mehr noch in ein Naturgewässer die dort befindlichen Lebensgemeinschaften in ihrem naturbedingten Zusammenspiel empfindlich stören bzw. den biologischen Haushalt zum Umkippen bringen würde. *Abwasserdesinfektion* dagegen will die Verbreitung von pathogenen Mikroorganismen und Parasiten durch das Abwasser verhindern, wobei aber mit den Krankheitserregern zugleich auch jene Kleinstlebewesen zugrunde gehen, die für den biochemischen Abbau der Schmutzstoffe bedeutsam sind. Das ist ja der Hauptgrund dafür, daß die Abwasserdesinfektion im Rahmen einer Kläranlage immer nur die Endstufe, die letzte Etappe bilden darf.

Je nach der Größe des Krankenhauses und nach den örtlichen Gegebenheiten bietet sich eine der folgenden Möglichkeiten für die endgültige Entfernung des Abwassers an:

1. Landwirtschaftliche Nutzung durch Verregnung oder oberflächliche Verrieselung.
2. Untergrundberieselung.

3. Versickerung.

4. Entlassung in einen geeigneten Vorfluter.

Die erste Möglichkeit scheidet für Krankenhausabwässer nach Ansicht der meisten Hygieniker vollständig aus und ich glaube, daß man sich auch seitens der projektgenehmigenden Behörden diesen Standpunkt zu eigen machen sollte. Dies gilt auch dann, wenn das KH.-Abw. vorher vollbiologisch gereinigt worden ist. Sehr sorgfältige Untersuchungen aus den letzten Jahren von Gertrud Müller (Hamburg) haben diese Auffassung in zweifacher Hinsicht unterstützt. Ihre Versuche bei der Verregnung von nicht vorgeklärtem Abwasser auf landwirtschaftliche Nutzflächen ergab, daß die Kulturen am Regner und bis zu einem Umkreis von 50 m vom Regner zu 100 Prozent mit Salmonellen infiziert waren, wobei vor allem Bakterien der Paratyphus-B-Gruppe, Typhusbakterien, Salmonella Newport, Salmonella Bareilly und Oranienburg gefunden wurden. Noch drei Wochen nach der Beregnung waren 84 Prozent der entnommenen Grasproben positiv bezüglich Salmonellen. Der Coli-Bakteriengehalt hatte auf der beregneten Fläche um 5 bis 6 Zehnerpotenzen zugenommen und war sechs Wochen nach der letzten Beregnung erst um zwei Dezimalstellen zurückgegangen. Als Abwasser wurde Siedlungsabwasser aus der Umgebung Hamburgs benützt. G. Müller hat dann ihre Untersuchungen auf vollbiologisch gereinigtes Siedlungsabwasser ausgedehnt und mußte dabei feststellen, daß auch nach ordnungsgemäßer mechanischer und biologischer Reinigung noch 40 Prozent der am Gesamtablauf entnommenen Proben einen positiven Salmonellenbefund erbrachten. Ähnliches konnte H. Replow bezüglich pathogener Viren beobachten und zahlreiche Autoren haben übereinstimmende Befunde veröffentlicht, wonach Tuberkelbazillen nicht nur im Endablauf sorgfältig gereinigter Abwässer, sondern sogar noch in den zugehörigen Vorflutern bakteriologisch nachgewiesen werden konnten.

Die *Untergrundberieselung* von KH.-Abwasser kommt nur dort in Frage, wo das betreffende Abwasser sich praktisch gar nicht von gewöhnlichem häuslichem Abwasser unterscheidet, also für mechanisch gereinigtes Abwasser sehr kleiner Provinzkrankenhäuser ohne Infektionsstationen, Prosekturen und bakteriologische Laboratorien. Auf sehr sorgfältige Ausführung der technischen Anlage und auf verlässlichen Schutz des Grundwassers wird zu achten sein.

Auch die *Versickerung* von KH.-Abw. in den tieferen Untergrund wird nur besonders gelagerten Fällen vorbehalten sein. Sie kommt nur für kleinere Krankenhäuser in Betracht, die weitab von Siedlungen und vor allem von Trinkwasserversorgungsgebieten liegen und an einen geeig-

neten Vorfluter in wirtschaftlich tragbarer Weise nicht angeschlossen werden können. Das Abwasser ist in diesem Falle unbedingt einwandfrei mechanisch zu klären, sonst verschlammte der Untergrund und kann kein Wasser mehr aufnehmen. Höchster und tiefster Grundwasserstand sowie die gesamte Dynamik des Grundwassers muß vor Erteilung der Baugenehmigung gewissenhaft geprüft werden. Man wird aber im Sinne der Auffassung von A. Schinzel „von der Versickerung nur in begründeten Fällen Gebrauch machen“ und nur dann, wenn alle Voraussetzungen erfüllt sind.

Die voluminösen Abwässer großer Zentralkrankenhäuser werden fast immer in eine *Vorflut* entlassen werden müssen. Das Ausmaß der vorangehenden Reinigung des KH.-Abwassers hängt dann weitgehend von der Größe und Beschaffenheit des Vorfluters, d. h. von seiner Leistungsfähigkeit im Sinne der biologischen Selbstreinigung ab. Wird das KH.-Abw. in eine städtische Kanalisation eingeleitet, so bedarf es keiner eigenen Kläranlage. Unter der Voraussetzung einer gewissenhaften Handhabung der laufenden Desinfektion am Krankenbett erübrigt sich in solchen Fällen auch jede besondere Abwasserdesinfektion. Nach einer sehr klaren Formulierung von E. Naumann erübrigt sich diese in besonders günstig gelagerten Fällen selbst für die Abwässer von Infektionsstationen dann, wenn „durch die städtischen Abwässer eine sehr weitgehende Verdünnung der infektiösen Abwässer gewährleistet ist, eine leistungsfähige Sammelkläranlage vorhanden ist, ein Vorfluter mit genügendem Selbstreinigungsvermögen zur Verfügung steht und sonstige örtliche Verhältnisse (Flußbadeanlagen, Viehtränken usw.) dem nicht entgegenstehen“.

Nun noch ein Wort zur hygienisch einwandfreien Beseitigung des *Faulschlammes* und Schwimmschlammes aus KH.-Kläranlagen. Der Schlamm enthält zumeist noch reichlich pathogene Mikroorganismen und Parasiten, die in ihm recht lange infektionstüchtig bleiben können. Wir müssen beim Faulschlamm unbeheizter Faulräume nach neueren Untersuchungen mit Überlebenszeiten von Krankheitserregern bis zu mehreren Monaten, fast bis zu einem Jahr rechnen. Im Einzelfall hängt dies von verschiedenen Faktoren ab. Für eine hygienisch einwandfreie Lösung der Schlammbehandlung von KH.-Kläranlagen bestehen zwei Möglichkeiten:

1. Die *Heißkompostierung* des Schlammes, wobei dieser mit Hausmüll oder Unkraut vermischt, dann etwa 1 m dick mit Erde bedeckt wird. Im Innern der Masse — aber auch nur dort! — entstehen Temperaturen bis zu 70° C, wodurch pathogene Keime, Viren und Parasiten abgetötet werden. Die Masse muß aber nach 4 bis 5 Monaten so umgeschaufelt werden, daß die Außenteile nun nach innen

kommen, worauf die Kompostierung wiederholt wird. Erst nach etwa 1 bis 2 Jahren und zwei- bis viermaliger Umkompostierung während dieser Zeit tritt völlige Verrottung ein.

2. Die *Schlamm-Desinfektion*, wobei der Schlamm in eigenen, wasserundurchlässigen Becken mit Chlorkalk oder Caporit durchmengt wird und etwa 12 Stunden in Kontakt bleibt. Man berechnet dabei 6 g Aktivchlor für 1 Liter Schlamm. Das Gemenge soll nach rund 12-stündigem Kontakt noch deutlich nach Chlor riechen, wird dann in flache Trockenbeete ausgebreitet und kann später — mit Siedlungsschlamm vermischt — als Dünger verwertet werden. Dieses Verfahren erfordert weniger Transportmittel und Arbeitskräfte und ist nicht so infektionsgefährdend für das Arbeitspersonal wie die Heißkompostierung.

Welche Gesichtspunkte gelten nun für die *Desinfektion* des KH.-Abwassers? Die Frage ist bereits mehrmals gestreift worden und darf nun vielleicht folgendermaßen zusammenfassend beantwortet werden:

a) Allgemeine Krankenhäuser ohne größere Infektionsstationen können ihre gesammelten Abwässer ohne weitere Maßnahmen in die städtische Kanalisation einleiten oder über eine entsprechende Kläranlage in einen geeigneten Vorfluter oder in den Erdboden verbringen.

b) Selbst das Abwasser von Infektionsstationen mit ständigem Belag an ansteckend Kranken wird dann nicht besonders desinfiziert werden müssen, wenn die laufende Desinfektion der Ausscheidungen am Krankbett genau gehandhabt wird, wenn die Abwässer in einer zentralen, großkommunalen Kanalisationsanlage weitestgehend verdünnt werden und wenn dieses Stadtabwasser nach ausreichender Reinigung einem leistungsfähigen Vorfluter zugeführt wird und örtlich bedingte hygienische Bedenken nicht vorliegen.

c) Die Abwässer ausgesprochener Infektionskrankenhäuser, ebenso von Seuchen- und Quarantänelazaretten, Lungenheilstätten usw. sollten nach ihrer einwandfreien mechanisch-biologischen Reinigung *immer* einer Desinfektion unterzogen werden.

d) Hingegen wird man bei kleinen, nicht ständig belegten Infektionsstationen, Isolierabteilungen, Beobachtungsstationen usw. mit nur geringer Bettenzahl zweckmäßigerweise *keine Abwasserdesinfektion* vorsehen, weil eine solche Maßnahme einerseits zur laxen Handhabung der laufenden Desinfektion durch das Pflegepersonal verleitet, andererseits die Erfahrung gezeigt hat, daß solche nur sporadisch betriebene Abwasserdesinfektionsanlagen sehr bald nur mehr mangelhaft gewartet werden, technisch ver-

fallen und im Bedarfsfalle unbrauchbar sind. A. Schinzel, der auf diese Fragen schon mehrfach hingewiesen hat, mußte sogar die Erfahrung machen, daß das feierlich eingesetzte Wartungspersonal längst andere Aufgaben übernommen hatte und mit der Bedienung der Chlorungsapparatur gar nicht mehr vertraut war. Eine Abwasserdesinfektion wird sich aber überall dort einrichten lassen, wo ein Krankenhaus über eine vollbiologische Abwasserreinigungsanlage verfügt und für deren Betrieb einen einigermaßen geschulten Klärwärter beschäftigt.

e) Alle jene Krankenhäuser, Pflegeheime, Siechen- oder Altersheime, die als präsumptive Notspitäler, Seuchenlazarette usw. in Epidemiezeiten vorgesehen sind, sollten — ganz ohne Rücksicht auf Art und Beschaffenheit ihrer normalen Abwasserbeseitigung — installationsmäßig die Möglichkeit einer Abwasserdesinfektion vorsehen, die dann im Notfall innerhalb weniger Stunden eingerichtet werden kann. Bei einem Notstand könnte sogar die Chlorung des Rohabwassers ins Auge gefaßt werden, wenn eine Reinigungsanlage nicht vorhanden ist.

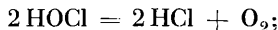
Wie ist nun die Abwasserdesinfektion praktisch durchzuführen?

Von den vielen theoretisch möglichen Methoden hat sich in der Praxis nur das *Chlorungsverfahren* eingebürgert. Es kommt dabei die Anwendung von gasförmigem Chlor, von Hypochloritlauge oder von Chlordioxyd in Frage, die je nach den technischen Gegebenheiten im Endeffekt gleiches leisten. Feste Chlorpräparate können unter Umständen ebenfalls verwendet werden, wobei dem Caporit und dem Chloramin der Vorzug vor dem allerdings sehr billigen technischen Chlorkalk gegeben werden muß, da letzterer sehr viel Kalkschlamm bildet, schlecht löslich ist und sein Gehalt an aktivem Chlor stark schwankt. Alle Chlorverbindungen erfüllen die kardinalen Anforderungen des Technikers und des Hygienikers an ein brauchbares Wasserdesinfektionsverfahren: sie liegen in handlicher Form vor, sind bequem dosierbar und lassen sich mit dem Abwasser in jedem Verhältnis mischen. Ihre Konzentration im Abwasser kann mit einfachen chemischen Reaktionen ermittelt werden. Chlor wirkt bei den praktisch gegebenen Temperaturverhältnissen innerhalb praktisch vertretbarer Kontaktzeiten verläßlich bakterizid und bewirkt in der dazu erforderlichen Konzentration im Abwasser keine wesentliche Geruchsbelästigung. Der geringe Chlorüberschuß, der mit dem Endablauf in den Vorfluter gelangt, ist durch die Verdünnung in demselben für dessen Biocoenosen praktisch ungiftig und verschwindet in kürzester Zeit außerdem vollständig durch Bindung an organische Substanzen im Wasser.

Bei Berührung von Chlor mit Wasser stellen sich folgende Reaktionen ein:

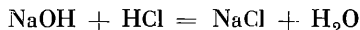
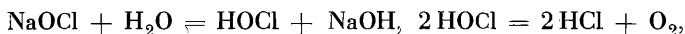


2 HOCl zerfallen weiter nach:



es entsteht also reichlich Salzsäure neben unterchloriger Säure und freiem Sauerstoff. Erwärmung verschiebt das Gleichgewicht nach rechts, durch Belichtung wird der Zerfall der HOCl gefördert. In rein wässriger Lösung wird demnach das Chlor quantitativ in Sauerstoff umgesetzt und dieser ist für die bleichende und desinfektorische Wirkung verantwortlich. Da die bakterizide Wirkung von Chlor durch Verschiebung des pH nach der sauren Seite gesteigert wird, ist die gleichzeitige Bildung von Salzsäure nur förderlich.

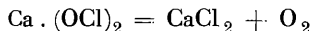
Bei den Alkalihypochloriten vollzieht sich die Reaktion nach dem Schema:



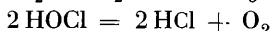
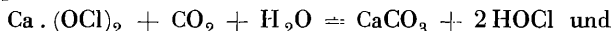
Chlorkalk (CaOCl_2) zerfällt etwas komplizierter, zuerst nach:



in Kalziumchlorid und in das Kalziumhypochlorit. Dieses kann in alkalischem Milieu direkt in Kalziumchlorid und Sauerstoff zerfallen:



während in saurer Lösung aus ihm Chlor in Freiheit gesetzt wird. Wenn in einem Wasser Kohlensäure gelöst vorhanden ist, so bildet sich aus Kalziumhypochlorit unterchlorige Säure nach dem Vorgang:



Natriumhypochlorit kommt als Bleichlauge in den Handel, Kaliumhypochlorit (KOCl) als Eau de Javelle, während Magnesiumhypochlorit als Magnocid im Handel erhältlich ist. Leider besteht bei allen diesen Präparaten zwischen dem errechneten Gehalt an aktivem Chlor und ihrem tatsächlichen, wirksamen Chlorgehalt eine erhebliche Differenz, die weitgehend von der Reinheit — und damit vom Preis — des Präparates abhängt. Selbst ein sehr reines Präparat wie das *CAPORIT*, das reines Calciumhypochlorit ist, und das bei einem Gesamtchlorgehalt von 49,7 % über berechnete 99,3 % aktives Chlor verfügen müsste, weist als Handelspräparat nur rund 75 % wirksames Chlor auf, steht damit allerdings weit an der Spitze.

Die geschilderten Reaktionen des Chlors treten in dieser Form aber nur in ganz reinen wässrigen Lösungen auf. Chlor neigt nämlich sehr stark zur Bildung von Chloradditions- und Chlorsubstitutionsprodukten in Gegenwart von Stoffen — zumeist organischer Natur — wie sie in jedem Abwasser vorkommen. In Gegenwart von Ammoniak, Ammonium-Ion und von abspaltbaren Aminogruppen organischer Verbindungen bildet sich ein System von Zwischenprodukten, vor allem Monochloramin (NH_2Cl), sowie Dichloramin (NHCl_2) und Stickstofftrichlorid (NCl_3), wobei am Ende wieder unterchlorige Säure entstehen kann:

$\text{NHCl}_2 + \text{HOH} = \text{NH}_2\text{Cl} + \text{HOCl}$ und $\text{NH}_2\text{Cl} + \text{HOH} = \text{NH}_3 + \text{HOCl}$;
Vorgänge dieser Art spielen bei der sogenannten *Brechpunktchlorung* eine wichtige Rolle, auf die noch kurz einzugehen sein wird.

Der ganze theoretisch wie praktisch sehr interessante Fragenkomplex wurde in jüngster Zeit durch Butterfield, L. Popp, J. Holluta und U. Unger sowie durch G. Gad und in umfassender Weise von K. Heicken studiert, aus deren Versuchsergebnissen nur einige Tatsachen herausgegriffen werden sollen.

Bei diesen Versuchen hat sich ergeben, daß steigende Alkalinität der Lösung die Keimtötungsgeschwindigkeit von reinem Chlor stärker herabdrückt, als jene von Chloramin, daß sich aber die Werte im Endergebnis, d. h. am Ende der Beobachtungszeit weitgehend nähern. Sehr instruktiv sind auch die Feststellungen von J. Holluta über das Verhalten der Keimtötungsgeschwindigkeit bei Verwendung von Chlordioxyd (ClO_2). Nach seinen Versuchen steigt die Keimtötungsgeschwindigkeit hier mit dem pH gleichsinnig, so daß ClO_2 auch in alkalischer Lösung einen starken bakteriziden Effekt aufweist. Dabei wurden in schwach alkalischem Milieu bei 0,1 mg ClO_2 /Liter Abtötungszeiten von rund 10 Minuten, bei 0,3 mg ClO_2 /Liter solche von 1 bis 3 Minuten gefunden. L. Popp hatte schon früher beobachtet, daß es nicht gleichgültig ist, ob das Chlorungsmittel dem bereits infizierten Wasser zugesetzt wird oder ob die Keimeinsaat in eine chlorhaltige Lösung erfolgt. In letzterem Falle verläuft die Kurve der Keimtötung wesentlich langsamer. Man wird wohl annehmen müssen, daß beim Hinzufügen von Chlor zu einer Keimaufschwemmung in den für den „primären Keimzahlsturz“ entscheidenden ersten Sekunden eine relativ größere Menge freien Chlors zur Verfügung steht, als dann, wenn die gleiche Keimmenge in eine Lösung gelangt, in der ein Teil des Chlors in Form von Spaltprodukten vorliegt.

Diese Unterschiede treten z. B. praktisch in Erscheinung beim verschiedenen Mechanismus der Chlordesinfektion von Abwasser und jener von Schwimmbädern. Bei ersterer wird aktives Chlor dem keimhaltigen

Abwasser zugesetzt, bei letzterer wird eine schwache Chlorlösung fortlaufend durch die Badegäste mit einer zunehmenden Zahl von Keimen beimpft. Auf die Begriffe der Chlorzehrung, des Chlorbedarfes, des Chlorbindungsvermögens und des Rest- oder Residualchlors kann an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden, bzw. können sie als bekannt vorausgesetzt werden. Es sei nur daran erinnert, daß ein Teil der chlorzehrenden Substanzen das freie Chlor als Additions- oder als Substitutionsprodukt anlagert, während andere Stoffe den durch das Chlor in Freiheit gesetzten Sauerstoff zu ihrer Oxydation verbrauchen. Der Hygieniker weiß aus Erfahrung, daß die Desinfektion eines Wassers oder Abwassers dann als gegeben gelten kann, wenn im Endablauf ein gewisser Chlorüberschuß in Form des Residualchlors vorliegt.

Zum Mechanismus der Brechpunktbildung hat K. Heicken einen wertvollen experimentellen Beitrag geliefert, wobei er durch potentiometrische Titration von Lösungen von Monomethylamin und Dimethylamin beweisen konnte, daß die primären und sekundären Amine bei Zufügung von freiem Chlor sofort unter Chloraminbildung reagieren. Im Zuge dieser Versuche konnten die Ergebnisse von G. Gad und M. Manthey bestätigt werden, wonach Chlor vor dem Brechpunkt als Chloramin, hinter dem Brechpunkt als unterchlorige Säure vorliegt. Letztere stellt die energiereichere Form dar, gegenüber den energieärmeren Chloraminen, was sich auch im zeitlichen Verlauf der Abtötungskurve ausdrückt, während im bakteriziden Endeffekt, wie schon erwähnt, keine wesentlichen Unterschiede bestehen dürften. Das Wesen des Brechpunktes beruht nun auf folgendem Mechanismus:

Fügt man einem mit organischen Schmutzstoffen und Bakterien beladenen Abwasser, das immer auch Ammoniak, Amine und organische Aminogruppen enthält, freies Chlor, bzw. unterchlorige Säure zu, so wird das Chlor zumindest teilweise zur Bildung von Chloraminen verwendet. Da auch diese keimtötend wirken, kommt es zu einer deutlichen Abnahme der Keime im Abwasser durch die bakterizide Wirkung der Chloramine in statu nascendi. Nach Ausschwingen der Dissoziations- und Hydrolysen-gleichgewichte wird das zugefügte Chlor in Form von Chloraminen vorliegen. Nun ist für diese Chloramine ihre Unbeständigkeit gegenüber freiem Chlor charakteristisch. Setzt man dem Wasser daher weiter Chlor zu, so wird beim Auftreten eines Überschusses an freiem Chlor der Brechpunkt auftreten, als jener Zustand, bei dem die Chloramine zwar zerfallen sind, aber noch kein Überschuß von unterchloriger Säure vorhanden ist. In diesem Zustande ist das System gegenüber den noch überlebenden oder hinzugefügten Keimen inert, was sich in einem erheblichen Hinaufschneiden der Keimtötungszeiten bzw. in einer Abnahme der Keim-

tötungsgeschwindigkeit manifestiert. Erst wenn man nun weiter Chlor zufügt, kommt es wieder — unter dem Einfluß der nun frei vorliegenden unterchlorigen Säure — zu neuerlicher Abnahme der Keimtötungszeiten und zu einer weiteren Abnahme der Keimzahl des Wassers.

K. Heicken konnte auf Grund der weitgehenden Ähnlichkeit von Chlorzehrungskurvenscharen, aufgenommen mit vorgereinigtem Abwasser und mit einer gewaschenen Suspension von Tuberkelbakterien, ableiten, daß „die Affinität des Chlors zu den Tuberkelbakterien von derselben Größenordnung ist, wie zu den im Abwasser vorhandenen oxydierbaren Schmutzstoffen“.

Der Abwassertechniker hat also die Wahl, je nach dem Gehalt des Abwassers an Ammoniak, entweder vor dem Brechpunkt zu bleiben und die Desinfektion der Wirkung der Chloramine zu überlassen, oder mit Hilfe der Hochchlorung hinter dem Brechpunkt zu arbeiten, was bei reichlichem Ammoniakgehalt des Abwassers einen sehr hohen Chlorverbrauch bedeutet und dadurch wirtschaftlich kaum tragbar sein dürfte. In Übereinstimmung mit den Ergebnissen von G. Gad und M. Manthey fand K. Heicken, daß sich der Brechpunkt nach einer Chlorgabe von 6,4 mg freiem Cl_2 auf 1 mg Ammoniak einstellt. Man kann daher vor einer Entscheidung über die zu wählende Chlordosis bei einem Abwasser den Brechpunkt überschlägig ermitteln, indem man das Ammoniak im Abwasser bestimmt und den erhaltenen Wert mit 6,4 multipliziert. Bei dem so ermittelten Wert ergeben sich die Milligramm Chlor/Liter, bei denen — mit einer gewissen Streuung — der Brechpunkt liegt, der natürlich eine, wenn auch schmale, Zone ist. So würde z. B. bei 10 mg Ammoniak/Liter Abwasser der Brechpunkt bei einer Chlorzugabe von 64 mg Cl_2 /Liter zu liegen kommen; man wird also wegen der für eine Hochchlorung erforderlichen enormen Chlordosis keine andere Wahl haben, als vor dem Brechpunkt zu arbeiten. Dabei muß ein gewisser Sicherheitsabstand von 10 bis 15 mg Cl_2 /Liter zum errechneten Brechpunkt eingehalten werden.

Andererseits wird es bei einem Ammoniakgehalt des Abwassers unter 2 mg NH_3 /Liter entsprechend einem Brechpunkt von $2 \times 6,4 = 12,8$ mg Cl_2 /Liter nicht recht möglich sein, vor dem Brechpunkt zu arbeiten, weil sich bei so niedrigen Chlorkonzentrationen praktisch untragbar lange Abtötungszeiten ergeben würden. Dies wird also meist bei den vollbiologisch gereinigten KH.-Abwässern der Fall sein, bei denen dann die Hochchlorung über den Brechpunkt hinaus indiziert ist, während die nur mechanisch gereinigten Abwässer oft einen so hohen Ammoniakgehalt aufweisen, daß man vor dem Brechpunkt bleiben wird.

Abschließend sei noch erwähnt, daß — wieder nach den Untersuchun-

gen von Heicken — die Wirkung von freiem Chlor und Chloramin gegenüber Tuberkelbakterien im pH-Bereiche 6—8 praktisch gleich gefunden wurde und sich bei steigendem pH (über 9) das Chloramin als dem freien Chlor gegenüber deutlich überlegen erwiesen hat. Im Abtötungsversuch an Milzbrandsporen war der sporizide Effekt einer Chloraminlösung, die 5—10 mg Cl_2 /Liter äquivalent war, gleich dem einer Chlorklösung von 50 mg Cl_2 /Liter. Während bei den gramnegativen Stäbchen und bei Kokken der bakterizide Effekt offenbar durch das Oxydationspotential der betreffenden Chlorverbindung bestimmt wird, scheinen bei Tuberkelbazillen und Sporen die Permeabilitätsverhältnisse der Zellwand für den Keimtötungseffekt ausschlaggebend zu sein.

Gleichgültig in welcher Form und nach welchem System die Desinfektion eines Krankenhausabwassers mit gasförmigem Chlor, mit Hypochloritlauge oder mit Chloramin oder auch einem Alkalihypochlorit vorgenommen wird, sollte eine bestimmte Restchlormenge im Endablauf nach dem Chloreinwirkungsbecken gefordert werden. Man wird je nach Art der angeschlossenen Infektionsstationen dabei einen Restchlorgehalt von 0,25 bis 10,0 mg Cl_2 /Liter, im Mittel 0,5 bis 5,0 mg Cl bei mittlerem pH des Abwassers (6—8), bei einer Abwassertemperatur von 10—20° C und bei einer Einwirkungszeit des Chlors von 30—60 Minuten fordern müssen. Bei den Abwässern aus Lungenheilstätten wird man sich dabei zweckmäßigerweise an die obere Grenze halten, da Tuberkelbakterien auch gegen Chlor erstaunlich resistent sein können.

Um diese Werte zu erreichen, wird man in grober Annäherung — nach Art einer Faustregel — zu mechanisch vorgeklärtem Abwasser rund 20 g Aktivchlor/ m^3 , zu vollbiologisch gereinigtem Abwasser dagegen nur 10 g Aktivchlor/ m^3 zufügen müssen, während die nur als Notstandsmaßnahme diskutabile Desinfektion von ungeklärtem, rohem Fäkalabwasser etwa 30 g Aktivchlor/ m^3 erfordert. Kürzere Kontaktzeiten und tiefere Abwassertemperaturen machen eine Erhöhung der Chlordosis notwendig.

Jene Krankenhäuser, die bei ihrem Abwasser eine Chlordesinfektion durchführen, sollten sich von deren Funktionieren durch laufende, mindestens einmal tägliche Bestimmung des Restchlorgehaltes im Endablauf überzeugen und über diese Beobachtungen Buch führen. Wenn mit sehr niedrigen Residualchlorwerten gearbeitet werden muß — etwa mit Rücksicht auf einen besonders empfindlichen oder Phenole führenden Vorfluter — so kann der desinfektorische Effekt durch bakteriologische Keimzahlbestimmungen nachgeprüft werden, wobei der Probe vom Endablauf ein Antichlorpräparat zuzufügen ist.

Zum Abschluß sei noch ausdrücklich betont, daß bei der Reinigung von KH.-Abw. niemals schematisiert werden darf und daß fast jedes

Krankenhaus eine individuelle Lösung seiner Abwasserprobleme verlangt. Dies macht eine besonders intensive Zusammenarbeit zwischen dem letztlich verantwortlichen Hygieniker und dem Planungsingenieur erforderlich.

DISKUSSION

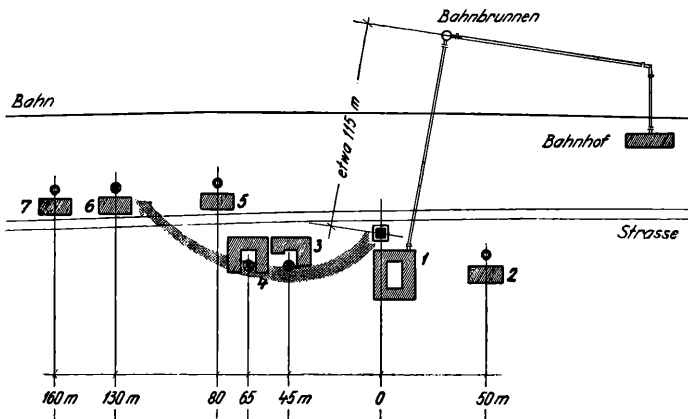
Bieling

Ergänzend zum Vortrag von Herrn Dr. Megay möchte ich bemerken, daß auch zwei Viruserkrankungen durch Wasser verbreitet werden können:

1. Die Hepatitis epidemica, die sich, wie der Name sagt, hauptsächlich in der Leber abspielt und zur Gelbsucht führt, und
- 2 die Poliomyelitis, die Kinderlähme.

Bei beiden werden die Krankheitserreger vom Infizierten mit dem Darm ausgeschieden. Es sind aber nicht allein die Kranken, welche auf diese Weise die Krankheitserreger, die sich in ihrem Körper vermehrt haben, ausscheiden, sondern auch solche Menschen, die sich mit dem Krankheitsstoff angesteckt haben, die auch mehr oder minder krank geworden sind, aber ohne die ausgesprochen charakteristischen Symptome der voll entwickelten Krankheit zu zeigen. Auch sie scheiden das Virus in großen Massen mit dem Darm aus. Der Kreis der Ausscheider ist also sehr groß, weit größer als die Zahl der Erkrankten und daher ist die Wahrscheinlichkeit, daß Abwasser solche Krankheitserreger enthält, sehr groß.

Ich möchte Ihnen nun an einem Beispiel zeigen, daß die Verbreitung des Virus durch Abwasser eine große Rolle spielt, besonders dann natürlich, wenn von dem Abwasser — wenn auch nur kleine Mengen — in das Grundwasser gelangen, dem die Menschen ihr Trinkwasser entnehmen.



Lageplan der durch Abwasserversickerung betroffenen Wasserspender

Bezüglich der ansteckenden Gelbsucht möchte ich kurz folgende Beobachtung schildern: Durch den Sickerschacht einer mechanischen Kläranlage eines Wohngebäudes (Nr. 1) gelangte das Abwasser von etwa 80 Personen in den Untergrund. Schon einige Zeit vor Inbetriebnahme dieser Anlage waren sämtliche Hausbrunnen in der engeren Umgebung untersucht worden und es hatte sich gezeigt, daß das Wasser dort wohl vielfach nicht einwandfrei war, jedoch wiesen die Befunde nicht auf eine massive fäkale Infiltration hin. Nachdem die Anlage etwa ein halbes Jahr in Betrieb war, wurden die Brunnen neuerlich untersucht und nun fiel auf, daß sich in zwei Brunnen (Nr. 3 und 4) das Wasser erheblich verschlechtert hatte; alle übrigen hingegen zeigten keine wesentlichen Veränderungen. Durch einen Färbversuch wurde bewiesen, daß die fäkale Infiltration der beiden Brunnen (Nr. 3 und 4) durch die Abwasserversickerung verursacht worden war. Außerdem zeigte der Färbversuch, daß auch ein dritter, weiter abgelegener Brunnen (Nr. 6) durch diese Versickerung beeinflusst wurde. In zweien der Häuser (Nr. 4 und 6), deren Brunnen in dem verseuchten Grundwasser lagen, war nun eine Reihe von Erkrankungen an epidemischer Hepatitis, zum Teil auch mit starker Gelbsucht, aufgetreten. Im dritten Haus (Nr. 3) waren keine Erkrankungen zu verzeichnen; hier hatten die Hausbewohner das Wasser nicht getrunken, da es sehr bald unappetitlich geworden war. Auch sonst erkrankte in der Umgebung niemand an Gelbsucht. Diese Beobachtungen weisen darauf hin, welche schweren Gesundheitsschäden entstehen können, wenn versickernde Abwässer in den Grundwasserstrom gelangen, der in der Umgebung durch Brunnen abgezapft wird. Überall, wo mit solchen Konsequenzen zu rechnen ist, müßten also vor der Genehmigung geplanter Versickerungsanlagen entsprechende Untersuchungen durchgeführt werden.

Dieser Hinweis scheint mir auch deshalb von besonderer Bedeutung, weil, wie sich gezeigt hat, das krankmachende, infektionfähige Virus im Wasser, und zwar bei den verschiedensten Temperaturen, sehr lange infektionstüchtig bleibt; dies konnten wir bei orientierenden Versuchen über die Haltbarkeit von Virus im Wasser mit einem für Mäuse pathogenen Poliomyelitisstamm, der bei den Versuchstieren eine tödliche schwere Gehirn- und Rückenmarksentzündung hervorruft, feststellen. Wenn also die Möglichkeit besteht, daß in ein Abwasser ein solches Virus, beispielsweise das der gefährdeten Kinderlähme hineingelangt, muß damit gerechnet werden, daß auch dieses — weil es sich so sehr lange im Wasser hält — mit dem Wasser weiter verbreitet werden kann, ebenso wie das der epidemischen Gelbsucht.

N e m e c e k :

Das Beispiel, das Herr Prof. Bieling eben gebracht hat, ist sehr aufschlußreich. Man muß sich fragen: Wie konnte man überhaupt in so geringer Entfernung vom Brunnen eine Versickerungsanlage gestatten? Die einzelnen Brunnen haben entsprechend ihrer Einzugsparabel das Wasser aus dieser Richtung bezogen. Der Abstand zwischen Brunnen 3 und der Versickerungsstelle beträgt 45 m. Die Viren, von denen Prof. Bieling gesprochen hat, konnten auf diesem Sickerweg nicht geschädigt oder absorbiert werden. Es muß bei jeder Versickerung festgestellt werden, welche Richtung der Abwasserstrom nimmt. In einer so geringen Entfernung grundwasserstromaufwärts eines Brunnens darf eine Versickerung nie durchgeführt werden. Bei Vorherrschen eines Abwasserstromes ist es sinnlos, von einem „Umkreis“ zu sprechen. Auf zeitweise Änderung der Abwasserstromrichtung ist hingegen besonders zu achten.

Weber

Bei diesen Untersuchungen sind uns Grundwasserstrommessungen vorgelegen; allerdings stimmte die gemessene Grundwasserstromrichtung mit den von uns gefundenen Ergebnissen nicht überein.

Nemecek

Die Brunnen liegen, wie wir hörten, in einer Entfernung von einigen Metern vom Fluß, wodurch das Abschwenken des Grundwasserstromes bei hoher Wasserführung des Flusses geklärt ist.

Sackel

Es ist oft sehr schwierig, Grundwasserstromrichtungen einwandfrei festzustellen, da es eine Menge Störungsquellen gibt. Änderungen im Grundwasserträger — Schwankungen im Grundwasserspiegel usf. — können z. B. Änderungen der Strömungsrichtung bewirken. Sind mehrere Brunnen in geringem Abstand angelegt, so kann eine stärkere Entnahme aus einem dieser Brunnen auch eine Beeinflussung des Grundwasserstromes mit sich bringen. Meine Behauptungen stützen sich auf eine Reihe großangelegter Versuche, welche im Raume Lenzing von uns durchgeführt wurden. Hier wurde der Versuch unternommen, die Grundwasserschwankungen in einem Gebiet von etwa 100 km² zu kontrollieren — eine Arbeit, die auch hinsichtlich Grundwasserströmung interessante Aufschlüsse ergeben hat.

Lindner:

In Salzburg konnte auf Grund der Landesbauordnung erreicht werden, daß Abortabwässer in Siedlungen mit Einzelbrunnenversorgung nicht versickert werden dürfen; sie müssen in wasserdichten Gruben ohne Überlauf gesammelt werden, die nur durch Abfuhr entleert werden dürfen. Wenn wegen der Gesamtabwassermenge Sickergruben notwendig sind, müssen die übrigen Hausabwässer getrennt in eine solche abgeleitet werden, die keinen Überlauf von der Abortgrube haben darf. Wenn man nämlich Sickergruben ganz verbietet und die Abfuhr des gesamten Abwassers verlangt, wurde schon öfters beobachtet, daß nach der Kommissionierung der Boden der Senkgrube aufgehackt und auf diese Weise eine verbotene „Sickergrube“ daraus gemacht wurde. Freilich ist jede Abwasserversickerung bei Einzelbrunnenversorgung bedenklich. Solange nur Handpumpen für die Brunnen verwendet werden, geht es noch; wenn aber elektrische Pumpen zur Brunnenwasserförderung eingesetzt werden, wird durch die größere Wasserentnahme mit ihrem größeren Brunneneinzugsgebiet und die gleichzeitig steigende Abwassermenge jede Abwasserversickerung rasch untragbar. Man muß deshalb ab einer gewissen Siedlungsdichte die Einzelbrunnenversorgung untersagen, da dann eine Reinhaltung des Grundwassers praktisch unmöglich wird, wenn nicht eine tadellos funktionierende Kanalisation vorhanden ist.

Braun

Ich möchte in diesem Zusammenhang noch einmal darauf hinweisen, daß wir in der Gutachtentätigkeit als Amtssachverständige die größten Schwierigkeiten haben, weil uns die gesetzlichen Handhaben dazu fehlen. In dem Moment, in dem wir von der einfachen Formel der Bauordnung der Landesgesetz abgehen und das Einzugsgebiet eines Brunnens abgrenzen wollen, kommen sowohl die Parteien wie auch die Wasserrechtsbehörden und sagen: Im Gesetz steht, es muß der Mindestabstand von 8 m eingehalten werden und was darüber

hinausgeht, ist durch nichts berechtigt, zu fordern. Dieses ganze hier besprochene Material muß endlich der Legislative zugeführt werden.

G r a b m a y r

Es stimmt wohl, daß in manchen Bauordnungen ziffernmäßig der Abstand zwischen Brunnen und Sickergrube festgelegt ist. Die Frage des Schutzgebietes ist aber keine Frage der Bauordnung, sondern eine Frage des Wasserrechtes. Das Wasserrecht kennt diese ziffernmäßige Festlegung nicht.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1957

Band/Volume: [1957](#)

Autor(en)/Author(s): Megay Koloman

Artikel/Article: [Krankenhaueabwasser 96-116](#)