

**Zeitschrift:** Plan : Zeitschrift für Planen, Energie, Kommunalwesen und Umwelttechnik = revue suisse d'urbanisme

**Herausgeber:** Schweizerische Vereinigung für Landesplanung

**Band:** 5 (1948)

**Heft:** 5

**Artikel:** Ueber den biologischen Haushalt der Gewässer

**Autor:** Thomas, E.A.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-783233>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 08.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Nimmt nun der Mensch die Eier in Obhut, sorgt er für gute Entwicklungsbedingungen und hält er alle schädigenden Wirkungen fern, so ist der Erbrütungserfolg vervielfacht und die Aussicht auf Lebenserhaltung wächst ganz ausserordentlich. Es ist nicht leicht, das in Zahlen auszudrücken. Aber es erfüllt uns mit Genugtuung, festzustellen, dass man in den Brutapparaten oft weit über 90 % der in Pflege genommenen Eier aufbringt und dass die Sterblichkeit der Brut bei richtiger Anwendung der Methoden lächerlich gering ist. So kann also der Fischzüchter planmässig die Vernichtungsziffer verringern und dadurch das Unheil wieder gut machen, das er durch einseitiges Wegfangen und andere Rücksichtslosigkeiten angerichtet hat.

Es braucht viel Arbeit, Liebe zur Sache, Geduld und Intelligenz, um das gesteckte Ziel zu erreichen, und wir sind noch weit davon entfernt, alle Faktoren zu beherrschen. Es gilt, auch noch viele Vorurteile zu bekämpfen, selbst unter den Fischern, die das Wesen der modernen Besatzwirtschaft nicht eingesehen haben. Man wendet ein, man müsse die Natur walten lassen. Gewiss, man könnte diese Forderung aufstellen. Sie würde bedeuten, dass man die natürlichen Verhältnisse der Gewässer vollkommen wiederherstellen müsste und dass man auf jeden Fischfang verzichten würde. Wir sind unseres Er-

achtens verpflichtet, das, was wir der Natur antun, nach Kräften wieder gut zu machen. Von hier aus gesehen ist die Besatzwirtschaft eine ganz selbstverständliche Forderung. Dass die planmässige Gewinnung von Besatzmitteln und die Pflege der jungen Fische zum Teil bis zum «Sömmelingsstadium» ihre Früchte getragen hat, beweist dem, der die Augen offen hält, die Tatsache, dass die Zahl der Fischer im letzten Jahrhundert sich vervielfacht hat, dass die Statistik eine Vermehrung des Fischertrages auf das acht- bis zehnfache ausweist, dies alles trotz einer zunehmenden Verschlechterung der Lebensbedingungen der Fische, infolge der gesteigerten industriellen Nutzung unserer Gewässer.

Es gilt somit, auf dem eingeschlagenen Wege planmäßig und zielbewusst weiterzuschreiten, auch wenn die Ziele von manchen unserer Mitmenschen vorerst nicht erkannt oder anerkannt werden. Die Besatzwirtschaft, durch die Wissenschaft betreut und geleitet, von den Praktikern mit Hingabe gefördert und vervollkommnet, ist die Grundlage der künftigen Fischerei und wird diesen Zweig unserer Volkswirtschaft in den kommenden Jahrzehnten immer mehr zu fördern verstehen im Interesse unseres Volkes, das diese zusätzliche Ernährungsquelle sehr nötig hat.

E. A. Thomas

## Ueber den biologischen Haushalt der Gewässer

Die Lebensbedingungen im Wasser unterscheiden sich von den Lebensbedingungen auf dem Lande in mancher Hinsicht. Im Gewässer ist definitionsgemäss ein für das Leben äusserst wichtiger Stoff, das Wasser, stets in beliebiger Menge vorhanden, während das Leben auf dem Lande durch das Fehlen von Wasser verunmöglich werden kann. Lichtgenuss ist für chlorophyllgrüne Pflanzen eine Lebensbedingung, um die beim Wasser- und Landleben hart gekämpft wird. Das Wasserleben ist in dieser Beziehung insofern benachteiligt, als schon das reinste Wasser Licht verschluckt und damit dem pflanzlichen Leben entzieht; noch grösser ist der Lichtentzug des irgendwelche besonderen Stoffe enthaltenden Wassers. Demgegenüber ist die Luft für das Sonnenlicht gut durchlässig.

Die Luft hat ein sehr geringes spezifisches Gewicht; so gibt es keine Organismen, die Zeit ihres Lebens von der Luft getragen werden oder in der Luft schweben oder fliegen. Die Tatsache, dass das Wasser Organismen schwappend zu halten in der Lage ist, gibt dem Wasserleben ganz eigenartige Möglichkeiten. Beim Landleben sind die Organismen an die Erdoberfläche gebunden. Landpflanzen können mit Wurzeln oder Stengelteilen in die Erdoberfläche eindringen, um Halt, Stütze, Wasser, Nahrung und für den Winter Wärme zu suchen. Diese Möglichkeit steht auch den ufernahen Wasserpflanzen offen; darüberhinaus können geeignete Wasserpflanzen

und -tiere Zeit ihres Lebens ab ovo (d. h. «vom Ei weg») im Wasser schweben oder schwimmen. Die kleinsten dieser Organismen, von blossem Auge kaum wahrnehmbar und oft mit Schwebeeinrichtungen ausgestattet, bezeichnet man als Plankton. Es gibt aber auch Fische, deren Leben von einem festen Untergrund unabhängig ist (einige tropische und marine Fische, die zum Teil lebendgebärend sind, zum Teil schwimmende Eier produzieren, eventuell in einem Schaumnest).

Die Landpflanze bezieht zwar aus der Luft den zum Aufbau benötigten Kohlenstoff; die Nährsalze muss sie jedoch im Erdboden suchen. Die Wasserpflanze deckt ihren Kohlenstoffbedarf aus dem sie umgebenden Wasser; für die Nährsalzbeschaffung steht ihr einerseits der Gewässerboden, anderseits das umgebende Wasser zur Verfügung. Für die Plankton-Algen gilt nur letzteres. Was die Temperaturen anbetrifft, so finden wir im Wasser viel ausgeregeltere Verhältnisse als auf dem Land.

Nachdem uns diese Skizze einige Unterschiede zwischen Wasserleben und Landleben in Erinnerung gerufen hat, wollen wir zur Betrachtung der beiden uns hier am meisten interessierenden Gewässerformen, der stehenden und der fliessenden Gewässer übergehen.

Wo eine Quelle aus einem Hang sprudelt, beginnt ein fliessendes Gewässer. Wenn Quellwasser nur recht kalt ist, glauben wir leicht, es handle sich um gutes Trinkwasser. Gar oft ist aber Quellwasser durch ungenügend filtriertes, versickertes Oberflächenwasser verunreinigt, wovon unser Auge nichts bemerkt. Aber auch das reinste Quellwasser enthält eine Anzahl von allerdings unschädlichen Bakte-

rien; ausserdem enthält dieses Wasser Salze, die das ursprüngliche Regenwasser beim Passieren des Bodens aufgelöst hat. Unter diesen Salzen interessieren uns beispielweise die Stickstoff- und Phosphorverbindungen, weil sie wichtige Nährstoffe für die Pflanzen darstellen. Je mehr Nährstoffe eine Quelle aufweist, um so eher siedeln sich bei günstigen übrigen Bedingungen Algen an. Von solchen Algen ernähren sich direkt oder indirekt eine grosse Zahl von kleinen Wassertieren, die ihrerseits wieder den Fischen als Nahrung dienen. Spielte sich dieser Aufbauprozess vor Jahrhunderten noch in natürlicher Weise ab, so wird er heute oft gestört durch die Einleitung von Abwässern, wie allgemein der biologische Haushalt unserer Gewässer durch die Einleitung von Abwässern heute stark beeinflusst ist; wir unterscheiden dabei zwischen häuslichen und industriellen Abwässern.

Den wichtigsten Teil des häuslichen Abwassers stellt das Abortabwasser dar, das in den letzten fünfzig Jahren neue Probleme stellte, indem die Wasserspülung in unseren Wohnhäusern eine rasche Verbreitung fand. Dieses Abwasser enthält in grossen Mengen Düngstoffe, vor allem im Harn, während die Fäkalien grossenteils aus Darmbakterien bestehen. Der übrige Teil der häuslichen Abwässer ist viel harmloser; immerhin sind die Seifenlaugen des Waschwassers und die fäulnisfähigen Speisereste des Küchenwassers nicht zu vernachlässigen. Beim Badabwasser ist zu beachten, dass es infektiös sein kann.

Die industriellen Abwässer sind, abgesehen von blassen Kühlwässern, oft sehr unerwünscht in Vorflutern. Die mit organischen Stoffen belasteten Abwässer wirken sauerstoffzehrend, fäulnisregend und düngend; deshalb wirken sich auch verhältnismässig appetitliche Abwässer, wie Mosterei- oder Molkereiabwässer im Vorfluter sehr schädlich aus. Aber auch die anorganische Stoffe verarbeitenden Industrien liefern oft gefährliche Abwässer. Häusliches, industrielles und bei Regen das Dach- und Strassenabwasser vereinigen sich in den Kanalisationen zum städtischen Abwasser, das deshalb — je nach den wichtigsten Industrien — von Ort zu Ort eine verschiedenartige Zusammensetzung aufweisen kann. Mehr oder weniger gereinigt gelangt derartiges Abwasser dann in die Vorfluter, die fliessenden oder stehenden Gewässer.

Schon frühzeitig wurde erkannt, dass sich die Biologie eines fliessenden Gewässers bei Verunreinigungen durch Abwasser grundlegend ändert, je stärker die Verschmutzung, um so grösser die Veränderungen. Abwässer mit viel totem organischem, fäulnisfähigem Material oder mit Giften verhindern im Gewässer die natürlichen Aufbauvorgänge; es müssen zur Beseitigung der Abwasserstoffe zuerst Abbauprozesse stattfinden. Diese biologischen und chemischen Abbauprozesse nennen wir die Selbstreinigung des Gewässers, an der oft charakteristische Organismen beteiligt sind. Auf Grund der Organismengemeinschaften von Fliesswässern lässt sich deshalb der Verschmutzungsgrad beurteilen, wobei man unterscheidet zwischen: 1. der polysaproben Stufe; 2. der mesosaproben Stufe und 3. der oligosaproben Stufe.

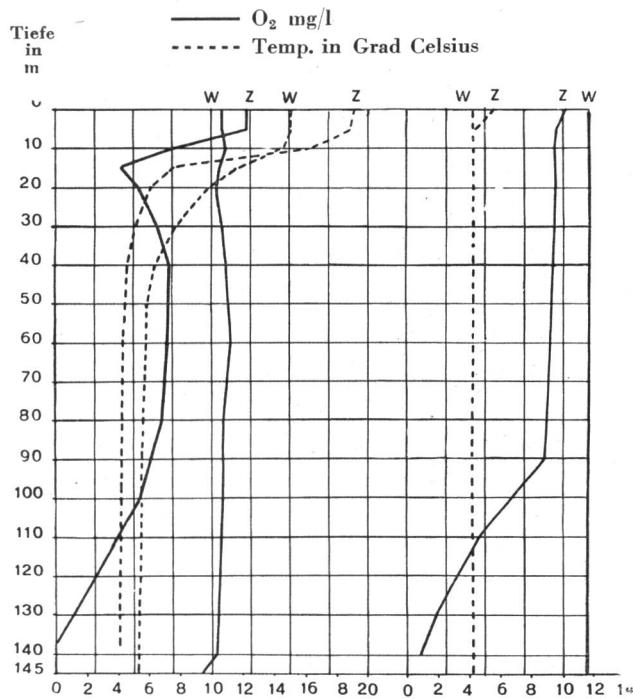
Die polysaprobe Stufe ist die Stufe starker Verunreinigung, in der sich vorwiegend Reduktions- und Fäulnivorgänge abspielen. Der Gewässerschlamm ist dunkelgrau bis schwarz infolge seines Schwefeleisengehaltes. Das Wasser enthält wenig bis keinen Sauerstoff. Diese stark verunreinigte Stufe lässt sich unterteilen in eine äusserst stark verunreinigte  $\alpha$ -polysaprobe oder Bakterien- (und Flagellaten-) Zone, eine wenig bessere Bedingungen bietende  $\beta$ -polysaprobe oder Ciliaten-Zone und eine  $\gamma$ -polysaprobe oder *Sphaerotilus*-Zone. Letztere Zone führt über zur zweiten Hauptstufe, der mesosaproben Stufe. Wenn ein  $\alpha$ -polysaprobes Gewässer offen fliessst, so bewirkt der eindringende und bei Schwellen und Ueberfällen eingeschlagene Sauerstoff mehr und mehr Oxydationsvorgänge. Bakterien werden von Ciliaten gefressen, Ciliaten von höheren Tieren und mit zunehmendem Sauerstoffgehalt beginnen sich die ersten Algen anzusiedeln, die im Licht selbst wieder Sauerstoff produzieren. Durch diese Selbtreinigungsvorgänge entsteht als Uebergangsstufe zum reinen Gewässer die mesosaproben Stufe. In der  $\alpha$ -mesosaproben Zone findet man den Abwasserorganismus *Sphaerotilus* viel spärlicher und bei weiterer Selbtreinigung des Gewässers bis zur  $\beta$ -mesosaproben Zone umfassen die Organismengesellschaften nur noch wenige Abwasserorganismen. Erst in der oligosaproben Stufe sind indessen die Abwasserorganismen vollständig verdrängt durch Reinwasserorganismen. Auf dieser Stufe befindet sich somit das Gewässer in seinem ursprünglichen, reinen Zustand, in dem sich ein Edelfischbestand entwickeln kann.

Ausser von morphologischen Eigenschaften wie Gefälle, Beschaffenheit des Flussbettes und Flussquerschnittes ist der Verschmutzungsgrad eines fliessenden Gewässers von der jeweiligen Wasserführung und von der Menge und Konzentration des eingeleiteten Abwassers abhängig, das heisst vom Verdünnungsgrad.

Bei stehenden Gewässern erfolgt die Wassererneuerung durch zufließendes Reinwasser so langsam, dass sie oftmals bei Betrachtungen über die Verschmutzung vernachlässigt werden kann. Ein reiner, vom Menschen unbeeinflusster See stellt praktisch eine in sich geschlossene Einheit dar mit eigenem, von aussen wenig beeinflusstem Haushalt. Das zufließende Wasser ist von ähnlicher Qualität wie das wegfließende. Diesen Seetypus nennt man den oligotrophen See; hierher gehören zum Beispiel der Walensee, der Boden-, Genfer-, Vierwaldstättersee.

Beim eutrophen See ist die im zufließenden Wasser enthaltene Nährstoffmenge gross, verglichen mit dem Gesamtinhalt des Sees; diese Nährstoffe werden im See speziell in der wärmeren Jahreszeit rasch von schwedenden Algen (Planktonalgen-Phytoplankton) aufgenommen. Die Algen dienen teils den schwedenden Tieren wie Urtieren, Räderieren, Krebschen und damit indirekt den Fischen als Nahrung. Grossenteils sinken die Algen jedoch absterbend gegen die Tiefe und zersetzen sich auf dem Seegrund. Es werden somit die dem See zufließenden Nährstoffe im See zurückgehalten. Das aus dem See wegfließende Wasser wird dadurch nährstoff-

ärmer und enthält lediglich zeitweise viel Organismen. Je grösser der Nährstoffgehalt des zufließenden Wassers im Vergleich zur gesamten Wassermasse des Sees, um so rascher reichern sich die Nährstoffe im See an, das heisst der See geht in den eutrophen Zustand über.



Sauerstoff und Temperaturverhältnisse im Zürichsee und Wallensee gegen Ende der Sommerstagnationszeit und der Frühjahrszirkulationszeit.

Z = Zürichsee, 17. 9. 1946    Z = Zürichsee, 11. 4. 1947  
W = Wallensee, 17. 9. 1948    W = Wallensee, 13. 3. 1947

Aus der Abbildung sind die im Walensee und im Zürichsee voneinander stark abweichenden Sauerstoffverhältnisse ersichtlich, während die Temperaturverhältnisse in beiden Seen ähnlich sind. Für den Zürichsee gelten folgende Verhältnisse: Bei Sommerstagnation befindet sich in den obersten zirka 10 Metern warmes Wasser. Die aus den Abwässern der Seegemeinden stammenden Düngstoffe bewirken eine reichliche Entwicklung von Algen, die im Licht viel Sauerstoff produzieren. Von 10 bis 15 Metern Tiefe sinkt die Temperatur rasch. Im Sommer befinden sich in dieser Wasserschicht massenhaft Burgunderblutalgen (*Oscillatoria rubescens*), die ein weiteres Eindringen des Lichtes praktisch verunmöglichen. In tieferen Wasserschichten wird deshalb fast kein Sauerstoff mehr produziert. Dagegen sterben ständig zahlreiche Algen und andere Organismen ab und sinken in die Tiefe. Bei der sofort beginnenden Zersetzung wird Sauerstoff verbraucht, was sich in bezug auf das Seeprofil hauptsächlich in zwei Tiefen auswirkt, nämlich im verhältnismässig warmen Wasser in zirka 12 bis 20 m Tiefe, weil hier kaum neuer Sauerstoff erzeugt wird und die Wärme doch eine rasche Zersetzung ermöglicht, ferner ob Grund, weil sich hier die abgesunkenen, in Zersetzung begriffenen Organismen ansammeln und für die Zersetzung genügend Zeit zur Verfügung steht. Die dazwischen liegende Wasserschicht (zirka 30 bis 80 Meter Tiefe) enthält beim Zürichsee vor-

läufig noch befriedigende Sauerstoffmengen, droht aber ebenfalls schlechter zu werden, was für Fischerei und Trinkwasserversorgungen bedenkliche Folgen hätte.

Bei der Zersetzung der abgestorbenen Planktonmassen am Grunde des Zürichsees werden in reicherlicher Menge Stickstoffverbindungen, Phosphate und andere Nährstoffe im Tiefenwasser gelöst. Mit der herbstlichen Abkühlung des Oberflächenwassers gegen 4° C sinkt dieses infolge seines hohen spezifischen Gewichtes in die Tiefe, indem es die etwas wärmeren Wasserteilchen an die Oberfläche treibt. Unterstützt durch Sturmwirkung kann auf diese Weise eine kräftige Zirkulation entstehen, bei der sauerstoffreiches Wasser gegen die Tiefe gelangt und nährstoffreiches Tiefenwasser an die Oberfläche. Sobald jedoch im Frühjahr Licht und Wärme im Oberflächenwasser die Planktonentwicklung begünstigen, beginnt der oben geschilderte Kreislauf von neuem und beginnen sich wieder die geschilderten ungünstigen Sauerstoffverhältnisse im Tiefenwasser auszubilden.

Auf Grund seiner Produktionsverhältnisse reiht sich der Zürichsee zwischen dem mesotrophen und dem eutrophen Typus in das Seetypsensystem ein. Zu den eutrophen Seen zählen wir zum Beispiel den Greifensee und den Pfäffikersee mit ihrer reichen Phytoplanktonproduktion; in diesen beiden 30 Meter tiefen Seen beträgt der Sauerstoffgehalt während des Sommers in zirka 7 und mehr Metern Tiefe weniger als 1 mg/l. Die kühleren Wasserschichten sind hier also heute während des Sommers für Fische nicht mehr bewohnbar, was fischereiwirtschaftlich einen grossen Nachteil bedeutet.

Beim oligotrophen Walensee enthält das Wasser stets wenig Planktonalgen und der Sauerstoffgehalt (Abb. 1) ist von der Oberfläche bis zur Seetiefe während des ganzen Jahres erfreulich hoch. Der Aegerisee gehört ebenfalls noch dem oligotrophen Typus an, doch fanden wir bereits erste Anzeichen für eine beginnende Eutrophierung. Nach unseren Schlammuntersuchungen zu schliessen, sind diese ersten Anzeichen während des vergangenen Krieges erstmals aufgetreten; als Ursache sehen wir keine andere Möglichkeit, als die damals beträchtlich gestiegene Bevölkerungszahl des Einzugsgebietes des Sees (Militär). Der benachbarte Zugersee ist nach unseren bisherigen Untersuchungen etwas weniger stark verunreinigt als der Zürichsee.

Zurückkommend auf den anfänglich begonnenen Vergleich zwischen dem Leben auf dem Lande und dem Leben im Wasser erkennen wir, dass für das Leben im Wasser ganz besondere Lebensbedingungen gelten, die über den Unterschied in der Feuchtigkeit weit hinaus gehen. Im Wasser ist die Ausbreitung der Nährstoffe von wichtiger Bedeutung. Gelangen an einem Punkt Düngstoffe in ein Gewässer, so werden sie rasch über eine weite Strecke verteilt, sei es in einem See durch die vorhandenen Strömungen, sei es im fliessenden Gewässer durch die turbulente Strömung. Auf diese Weise werden die Düngstoffe auf eine für chlorophyllgrüne Wasserpflanzen günstige Konzentration verdünnt und reichlich mit Licht, Algen oder anderen Wasserpflanzen in Be-

rührung gebracht, so dass eine sehr rasche und intensive Umsetzung der Nährstoffe stattfindet. Auf dem Lande dagegen bleibt die Wirkung der Düngstoffe lokal eng begrenzt, kann sich aber hier auf lange Zeit hinaus auswirken.

Wie wir gesehen haben, spielen in unseren grösseren Seen unter den grünen Pflanzen die Algen die Hauptrolle, auf dem Lande dagegen die Blütenpflanzen. Dies ist insofern von Bedeutung, als die Blütenpflanzen auf dem Lande dank ihrer Wurzeln auf die Suche nach Nährstoffen gehen können, während die Wasseralgen auf den Nährstoffgehalt des umgebenden Wassers angewiesen sind. Wo im Wasser genügend Licht und viele Nährstoffe vorhanden sind, entwickeln sich Algen infolge ihrer einfachen Vermehrungsmöglichkeit durch Zellteilung sehr rasch zu Massenaufreten. Diese Algenmassen anderseits zehren die vorhandenen Nährstoffe rasch auf, so dass plötzlich «Hungersnot» und ein grosses Algensterben und -absinken auftritt. Dadurch werden die Nährstoffe wie vorher angedeutet von der Wasseroberfläche grossenteils in die Tiefe verlagert, was — innerhalb der warmen Jahreszeit betrachtet — einen Kurzschluss im Stoffkreislauf bedeutet.

Diese Ausführungen wollen zeigen, dass Gewässer und unter ihnen ganz besonders Seen auf Düngung sehr intensiv und empfindlich reagieren. Wo man deshalb durch Abwässer überdüngte Seen in ihrem biologischen Haushalt günstig beeinflussen will, wird man durch das Mittel der Abwasserreinigung am ehesten dann einen Erfolg erreichen können, wenn man die Abwassereinleitung in den See verhindert, oder wenigstens die einzuleitenden Abwässer möglichst gründlich reinigt. Bei fliessenden Gewässern mit gutem Gefälle kann man sich mit einer etwas weniger weitgehenden Abwasserreinigung dann begnügen, wenn wenig Abwasser in einen grossen Vorfluter geleitet wird, das heisst wenn das Verdünnungsverhältnis im Vorfluter stets günstig ist.

Wo das Abwasser von grösseren Gemeinden in einen verhältnismässig kleinen Vorfluter oder in einen See gelangt, ist es notwendig, die Abwässer nicht nur mechanisch, sondern gründlich biologisch zu reinigen. Aus bau- und betriebstechnischen Gründen ist es dabei vorteilhafter, alle Abwässer in einer zentralen Anlage zu reinigen. Eine Rechenanlage entfernt zuerst die grössten Stoffe, ein Sandfang den von den Strassen abgeschwemmten Sand. In einem grossen Becken, in dem sich das Wasser zirka zwei Stunden aufhält, können sich sodann die Schwebestoffe absetzen, während im biologischen Teil der Anlage zusätzlich ein Teil der gelösten Stoffe entfernt wird. Je gründlicher das Abwasser biologisch gereinigt wird, um so mehr Düngstoffe, aber auch um so mehr Bakterien können daraus entfernt werden. Bei Koli-ähnlichen Bakterien kann günstigenfalls mit einer Entfernung von 90—99 % gerechnet werden. Die Bakterien werden im Verlaufe des Reinigungsprozesses teilweise von Protozoen usw. gefressen, teilweise auch von Bakteriophagen zerstört. Chemische Abwasserreinigung ist oft bei industriellen Abwässern nötig. Während bei der biologischen Selbstreinigung der Gewässer das Abwasser erst im Vorfluter (Bach, Fluss oder See) unschäd-

lich gemacht wird, will die biologische Abwasserreinigung diese Vorgänge schon vor dem Einleiten des Abwassers in den Vorfluter durchführen.

Um ein Abwasser, den Effekt einer Abwasserreinigungsanlage oder die Beschaffenheit eines Vorfluters beurteilen zu können (Diagnose), sind meist zahlreiche Untersuchungen nötig. Ohne auf die Methodik im einzelnen eintreten zu wollen, möchten wir nur einige Punkte nennen, die uns dabei interessieren: Aussehen, Farbe, Geruch, Durchsichtigkeit, Temperatur, Wasserstoffionenkonzentration, sodann der Gehalt an Giftstoffen, Düngstoffen, organischen, sauerstoffzehrenden und fäulnisfähigen Stoffen, die eisen- und betonaggressiven Eigenschaften, der Bakteriengehalt und die biologischen Merkmale. Entsprechend dem Arbeitsgebiet ist somit die Methodik bedeutend vielfältiger als zum Beispiel bei der Trinkwasseruntersuchung.

Die Gefahren des Abwassers für den Vorfluter zeigen sich in ganz verschiedenen Richtungen. Zunächst ist zu beachten, dass das Wasser unserer Flüsse und Seen oftmals in industriellen Betrieben für technische Zwecke ohne jede Vorreinigung in grossen Mengen verwendet werden muss. Es hat sich gezeigt, dass schon bei der Verwendung als Kühlwasser das Vorflutwasser eine Beeinträchtigung durch die Abwasserverschmutzung erfährt, indem Leitungen und Kühlschlangen in ungewöhnlich kurzer Zeit verstopfen. Noch ungünstiger liegen die Verhältnisse bei Betrieben, die das Vorflutwasser direkt bei Fabrikationsprozessen verwenden müssen. Wir denken an Papierfabriken, Textilfabriken, Wäschereien, Bleichereien und Färbereien. Schon äußerlich unscheinbare Verunreinigungen können hier zu ganz empfindlichen Betriebsstörungen führen, so zum Entstehen von Missfarben bei der Papierfabrikation oder beim Färben von Textilien. Anderseits ist aber gerade für Wäschereien ein reines Oberflächenwasser oft geeigneter als das örtliche Trinkwasser, nämlich wenn dieses einen hohen Kalkgehalt aufweist. Wo Vorflutwasser für Warmwasseranlagen verwendet wird, sind Verunreinigungen durch Abwasser wegen allzu rascher Verschlammung besonders unerwünscht. Auch als Betonamischwasser darf verunreinigtes Oberflächenwasser nicht ohne weiteres verwendet werden, weil die Verunreinigungen des Wassers die Beschaffenheit des Betons verschlechtern (Sulfide, Sulfate, Magnesiumverbindungen, Ammonsalze, organische Stoffe). In verschiedenen Betrieben der Lebensmittelindustrie, wie Molkereien, Brauereien, Mostereien usw. werden sehr grosse Spülwassermengen benötigt; es kommt hierbei nicht selten vor, dass die vorhandenen Trinkwassermengen beschränkt sind, und dass man deshalb gezwungen ist, zum Spülen von Maschinen, Apparaten und Gefäßen auf Oberflächenwasser zurückzugreifen. Es ist selbstverständlich, dass in solchen Fällen Verunreinigungen durch Abwasser die Verwendung des natürlichen Oberflächenwassers verbieten würden. Wir streifen somit hier bereits die Anforderungen der Hygiene, auf die wir speziell im Hinblick auf die Beschaffenheit des Badewassers und des Rohwassers für Trinkwasserversorgungen zu sprechen kommen.

Vorerst wollen wir uns jedoch kurz mit den die Fischerei betreffenden Schädigungen durch Abwasser befassen. Am bekanntesten und augenfälligsten sind die in fliessenden Gewässern leider allzu oft vorkommenden akuten Fischsterben. Wo immer ein konzentrierter Abwasserschub plötzlich in ein Fischgewässer gelangt, und eine Verdünnung nur allmählich möglich ist, dort muss man mit Fischsterben rechnen. Als eigentliche Fischgifte kommen in Frage: starke Säuren oder Laugen, Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Phenole, Kupfervitriol, freies Chlor oder Chlorkalk, Cyankalium, Oele, phenolartige Verbindungen, Saponine, Gerbstoffe, um nur die häufigsten zu nennen. Diese Stoffe sind vor allem in verschiedenen industriellen Abwässern enthalten. Aber auch landwirtschaftliche Betriebe haben schon sehr zahlreiche Fischsterben verursacht, besonders durch Einleiten von Jauche (Ammoniak- und Schwefelwasserstoff-haltig) und in neuerer Zeit durch unvorsichtiges Umgehen mit Pflanzenschutzmitteln oder anderen Schädlingsbekämpfungsmitteln, indem Spülwässer von Spritzapparaten abgeleitet oder verbrauchte Packungen ins Gewässer geworfen wurden. Erwähnt sei auch, dass Eisenhydroxydflocken (aus galvanischen Betrieben) oder feine Fasern zum Tod von Fischen führen können, indem die Kiemen verstopft und die Atmung verunmöglich werden.

Es ist schon für zahlreiche Stoffe untersucht worden, in welcher Verdünnung sie auf Fische noch tödlich, bzw. schädlich wirken; daraus kann man bis zu einem gewissen Grade auf die Fisch-Schädlichkeit eines bestimmten Abwassers schliessen. Sicherer kommt man jedoch zum Ziel, wenn man direkt mit dem in Frage stehenden Abwasser Tierversuche durchführt — ein Verfahren, das vom Zürcher kantonalen Laboratorium schon oft angewendet werden musste.

Akute Fischsterben kommen fast ausschliesslich in fliessenden Gewässern vor, weil bei den stehenden Gewässern für einen kurzen Abwasserschub rasch eine grosse Verdünnungswassermenge zur Verfügung steht.

Schlimmer als die akuten Gewässerschädigungen sind im allgemeinen die chronischen, weil sie weniger augenfällig sind und weil die Ursache oft nicht mit einfachen Mitteln zu beseitigen ist. Nachdem wir bereits erwähnt haben, wie sich das Abwasser biologisch und chemisch im Vorfluter auswirkt, kommen wir an dieser Stelle auf die ungünstigen fischereibiologischen Auswirkungen zu sprechen, wobei wir im Rahmen unserer heutigen Ausführungen nur einzelne Punkte herausgreifen können. Günstige Sauerstoffverhältnisse sind in unseren fliessenden Gewässern eine Voraussetzung dafür, dass die geschätzten Forellen und Aeschen gedeihen können. Wo sich in einem Bach- oder Flussbett faulender Schlamm ansammelt, da geht der sauerstoffhungrige Forellenlaich zugrunde und die Edelfische suchen durch Auswandern günstigere Lebensbedingungen zu erreichen. Die Erfahrungen gehen sogar dahin, dass schon gewisse Verschmutzungsindikatoren die Edelfische zum Auswandern veranlassen. Mit dem Verschwinden der Edelfische sinkt aber der fischereiliche Wert eines fliessenden Gewässers sehr.

Etwas komplizierter liegen die Verhältnisse in den grösseren stehenden Gewässern, indem hier im Oberflächenwasser während des ganzen Jahres reichlich Sauerstoff vorhanden ist. Bei Verschmutzung (Eutrophierung) schwindet jedoch der Sauerstoff in den tieferen Wasserschichten, und gerade diese tieferen Wasserschichten sind es, die die Edelfische (Felchen, Seeforellen) im Sommer aufsuchen müssen, da sie die Wärme des Oberflächenwassers nicht ertragen. Der Laich der Edelfische kommt in den Seen in zum Teil beträchtliche Tiefen zu liegen. Ist der Sauerstoffgehalt in diesen Tiefen sehr gering, wie beim verschmutzten See, so muss der Laich verfaulen, was die fischereilichen Massnahmen zum Erhalten eines guten Fischbestandes sehr erschwert. Wo der Sauerstoffgehalt des Wassers im Sommer schon sechs bis acht Meter unterhalb des Wasserspiegels gegen Null sinkt, wie im Greifensee und im Pfäffikersee, dort verschwindet der Edelfischbestand. Es ist jedoch nicht unsere Aufgabe, auf die fischereiwirtschaftlichen Verhältnisse einzutreten.

Es dürfte an dieser Stelle interessieren, die Frage der Fischkrankheiten zu berühren. In den letzten Jahren treten im Greifensee und im Pfäffikersee ungefähr im Monat Mai stets grössere Fischsterben auf, die primär von einer bakteriellen Erkrankung herrühren; bei den befallenen Fischen handelt es sich hauptsächlich um Schwänen, doch werden auch andere Fischarten befallen. Wie aus der Literatur hervorgeht, wurde die anscheinend gleiche Krankheit vor 50 Jahren in ziemlich sämtlichen Teilen des Zürichsees beobachtet. Im Jahre 1897 hat deshalb Prof. Dr. Oscar Wyss, der damalige Direktor des Zürcher Hygiene-Institutes, gründliche Untersuchungen über das Fischsterben durchgeführt. Er kam zum Schluss, dass die Krankheit primär durch *Bacterium vulgare* (= *Proteus vulgaris*) hervorgerufen wird. Das *Bakterium* war im Blute kranker Fische regelmässig vorhanden und liess sich leicht kultivieren. Infektionen gesunder Fische mit kultivierten Bakterien führten bald zum Tod der Versuchstiere, während Kontrolltiere gesund blieben. Versuche mit Mäusen, Meerschweinchen und Kaninchen zeigten, dass das *Bakterium* auch bei diesen Warmblütern krankheitserregend (Rötung, Schwellung, Abszess, Nekrose) oder sogar tödlich wirkt. Anderseits liess sich das *Bakterium* aus dem Darminhalt, nicht aber aus dem Blute gesunder Schwänen isolieren.

Die Art der Infektion und der natürlichen Verbreitung der Krankheit ist noch nicht erforscht. Dass zwischen dem ersten Auftreten von Faulschlamm im Zürichsee im Jahre 1896 und der Fischepidemie vom Sommer 1897 ein Zusammenhang besteht, ist möglich, aber nicht bewiesen; vor dieser Seuche seien nur im Jahre 1859 eine grössere Zahl von toten Fischen gefunden worden — damals aber Hechte. Was den Eintritt der Bakterien in das Blut anbetrifft, so halten wir es für möglich, dass er durch die Vermittlung von Schmarotzern geschehen könnte.

Bei seinen Untersuchungen hat O. Wyss auch die Frage berührt, ob das die Fischkrankheit hervorru-

fende *Bacterium vulgare* auch für Menschen gefährlich werden können. Hierzu ist zu bemerken, dass weder damals, noch meines Wissens bis heute Krankheitsfälle bei Menschen bekannt wurden, die auf diese Fischkrankheit zurückzuführen sind.

Betrachten wir die Gefährdung unserer öffentlichen Gewässer im Hinblick auf die Benützung als Badewasser, so sind andere Gesichtspunkte als für die fischereilichen Belange massgebend. Badewasser soll sauber sein, frei von Verfärbungen oder ölartigen Substanzen. In der weiteren Umgebung von Badeanlagen sollen sich keine übelriechenden Stoffe, Schlammablagerungen, Fisch- oder andere Tierleichen befinden. Im Badewasser sollen sich keine gröberen Schwimmstoffe befinden und die Badeanlage soll von Wasserpflanzen befreit sein.

Da beim Baden immer mit dem Verschlucken gewisser Wassermengen zu rechnen ist, müssen an das Badewasser hygienische Anforderungen gestellt werden, die bei der bakteriologischen Untersuchung des Badewassers zu berücksichtigen sind. Wir wollen uns deshalb einen kurzen Ueberblick verschaffen, welche Bakterienzahlen in unseren verschiedenen Gewässern ungefähr zu erwarten sind. In unseren fliessenden Gewässern haben wir im Verlaufe von 12 über das ganze Jahr verteilten Probeentnahmetagen auf einer grösseren Fließstrecke, die reinere und verschmutztere Stellen umfasst, folgende Minimal-, Maximal- und Mittelwerte (eingeklammert) gefunden (geordnet nach der mittleren Keimzahl):

Gewässer	Keimzahl/cm <sup>3</sup>	Koli-artige/cm <sup>3</sup>
Eulach	14 980—1 355 500 (811 000)	122—9 217 (7 063)
Limmat	20—1 200 000 (159 430)	0—21 500 (2 052)
Töss	1914—362 030 (86 788)	83—7 375 (959)
Glatt	631—154 000 (25 222)	17—3 400 (619)
Thur	700—132 000 (15 702)	2—5 760 (346)
Sihl	230—161 000 (13 966)	0—1 000 (35)
Rhein	62—28 000 (3 653)	0—1 000 (58)
Linth b. Grynnau	100—11 000 (1 694)	0—1 000 (300)

Die Zusammenstellung zeigt, dass der Bakteriengehalt bei den verschmutzten Flüssen mindestens zeitweise sehr hoch ist. Es ist zu ergänzen, dass die höchsten Bakterienzahlen unterhalb von Abwasser-einläufen gefunden wurden, die niedrigsten dagegen an ganz unverschmutzten Stellen. Man wird deshalb für Badeplätze darauf zu achten haben, dass die Entfernung von Abwassereinläufen genügend gross ist. Vom Baden in der Limmat muss zum Beispiel nach dem Einfliessen des Abwassers der Stadt Zürich bis unterhalb vom Wettinger Stau abgeraten werden, während das Wasser in der obersten Limmatstrecke im allgemeinen einwandfrei ist. Das Wasser von Freibädern sollte unseres Erachtens nicht mehr als zirka 3000 Keime und nicht über einige Dutzend Koli-artige Bakterien enthalten.

In der Mitte des Zürichsees trifft man in der Regel ein für Badezwecke einwandfreies Wasser, wogegen in zahlreichen Badeanlagen je nach den Wasserströmungen zeitweise äusserst ungünstige Verhältnisse auftreten, auf die wir hier wenigstens summarisch hinweisen müssen:

Zürichsee (1946) :	Keimzahl/cm <sup>3</sup>	Koli-artige/cm <sup>3</sup>
Mitte 0,3 m	36—1 299 (291)	0—5 (1)
80 m Tiefe	10—1 825 (287)	0—30 (3)
Zürichseebäder:		
27. Juni 1944	27—29 400 (6 996)	1—1 420 (110)
8. Sept. 1944	70—40 950 (3 349)	20—1 150 (228)
29. Sept. 1944	30—42 000 (4 828)	8—300 (75)
8. Juni. 1945	120—1 575 000 (220 100)	9—600 (156)
15. Sept. 1947	90—34 000 (8 076)	0—4 600 (338)
Mittel	(9 052)	(181)

Wenn das Seewasser in Badeanstalten, wie unsere Untersuchungen zeigen, gelegentlich über 1000 Koli-artige Keime enthält, dann ist die Möglichkeit einer Ausbreitung von Krankheiten nicht mehr von der Hand zu weisen. Es ergibt sich daraus die Notwendigkeit, die in den See zu leitenden Abwässer gründlich zu reinigen, wobei nur die besten Reinigungsverfahren gut genug sind.

In diesem Zusammenhang haben wir uns auch mit der Frage befasst, in welcher Tiefe das Abwasser aus den Abwasser-Reinigungsanlagen in den See einzuleiten sei. Vom Standpunkt des Badewassers aus wäre es zweifellos erwünscht, wenn man das Abwasser durch Einleiten in grössere Seetiefen beseitigen könnte. Hiegegen sprechen aber ganz gewichtige andere Gründe. Einerseits sind in der Seetiefe die Bedingungen für die Selbstreinigung des eingeleiteten Abwassers denkbar ungünstig, indem nur während den kurzen Zirkulationszeiten ein Ersatz des vom Abwasser aufgezehrten Sauerstoffes möglich ist, wodurch sich — kurz gesagt — der Sauerstoffhaushalt des Sees sehr verschlechtern würde. Anderseits bestände bei einer Abwassereinleitung in die Seetiefe eine ganz bedeutende Gefährdung unserer Trinkwasserfassungen. Wir haben deshalb beim Zürichsee grundsätzlich empfohlen müssen, das gereinigte Abwasser in Tiefen von zirka 2 bis 3 Metern in den See zu leiten (Einmündung womöglich zirka 0,5 bis 1 m ob Schlammoberfläche).

Zum Schluss müssen wir noch auf die grösste Gefahr zu sprechen kommen, die einem Vorfluter durch Abwassereinleitung droht, auf die Trinkwassergefährdung. Da unsere fliessenden Gewässer und kleineren Seen vorläufig für die Trinkwasserversorgung noch nicht beigezogen werden müssen, können wir uns auf die Betrachtung der Verhältnisse an einem grossen See, dem Zürichsee, beschränken. Schon heute beziehen fünf grosse Wasserversorgungen Trinkwasser aus dem Zürichsee, weitaus am meisten die Stadt Zürich, die ihren Trinkwasserbedarf bei Spitzenverbrauch grösstenteils aus dem See deckt. Aus der Sorge um den Trinkwasserschutz am Zürichsee heraus, sind deshalb die in der kantonalen und städtischen Verwaltung für das Trinkwasser verantwortlichen Organe zu einer Konferenz zusammengetreten, wobei hinsichtlich der für die Trinkwasserbeschaffung notwendigen Schutzmassnahmen eine durchaus einheitliche Auffassung festgestellt werden konnte. Kurz zusammengefasst handelt es sich dabei darum, dass das aus dem Zürichsee zu beziehende Rohwasser auch in Zukunft möglichst arm an Bakterien aus der Gruppe des *Bacterium coli* sein soll und eine möglichst niedrige Keimzahl (im Mittel nicht über 200—300 Keime pro cm<sup>3</sup>) aufwei-

sen soll. Diese Forderung gehört zu den unumgänglichen Sicherheitsmassnahmen für eine Seewasserfassung. Die Notwendigkeit dieser Forderung erfuhren wir im vergangenen Jahre, als wir am Zürichsee eine Seewasseraufbereitungsanlage entdeckten, bei der die Chlorierungsvorrichtung versagt hatte, was bei schlechtem Rohwasser gefährlich hätte werden können. Ebenso soll das Rohwasser frei sein von tierischen Schmarotzern und chemischen Giften.

Ferner soll das Zürichseewasser als Rohwasser für die Trinkwasserversorgung appetitlich sein, also klar, farblos, ohne fremdartigen Geruch und Geschmack und frei von der Möglichkeit einer unappetitlichen Beeinflussung. Dringend erwünscht ist auch, dass die Zement- und Eisenaggressivität des Zürichseewassers nicht zunimmt, sondern abnimmt.

In bezug auf die drei genannten Punkte ist es wesentlich, ob eine Trinkwasserfassung vom Ablauf einer zentralen Abwasserreinigungsanlage mehr oder

weniger weit entfernt sei. Wesentlich ist auch selbstverständlich, wie gründlich das zentral einzuleitende Abwasser gereinigt werde, sowohl hinsichtlich direkter Schädigung der Wasserfassungen, als auch hinsichtlich Schädigung des Seezustandes (zunehmende Eutrophierung) und damit der indirekten Schädigung der Wasserfassungen. Der Zürichsee stellt ein so bedeutendes Trinkwasserreservoir dar, dass sich die Erstellung von Abwasserreinigungsanlagen mit optimalem Reinigungseffekt geradezu aufdrängt.

Es ist zweifellos eine mit erheblichen Kosten verbundene Aufgabe, die schädlichen Auswirkungen der in die öffentlichen Gewässer geleiteten Abwässer zu beseitigen. Es lohnt sich aber und ist unsere Pflicht, diese Aufgabe bald und mit aller Gründlichkeit an die Hand zu nehmen. Nur so können wir den biologischen Haushalt der Gewässer wieder dem erreichbaren Zustand nahe bringen.

G. Ammann

## Internationaler Kongress über Landschaftsgestaltung London 1948

Es wird nicht leicht fallen, hier kurz über den vom 9. bis 12. August durchgeführten Kongress und die nachherigen Exkursionen zu berichten, und über die Plan- und Fotoschau in der County Hall, am Ufer der Themse, bei der Westminsterbrücke. Eigentlich braucht es dazu ein ganzes Heft dieser Zeitschrift, denn, wenn ein Thema je so gründlich von allen Seiten in zwei Wochen behandelt worden ist, und alles, was um den Begriff Landschaft kreist und zu ihm irgendeine Beziehung hat, so war das an diesem Treffen in London und das dürfte auch den Leser vom Plan interessieren.

Eine sehr gewissenhafte Vorbereitung und Durchführung erlaubte es, in den ersten vier Tagen jeweilen durch einen Referenten und Korreferenten sechs wichtige Themen gründlich zu behandeln, einmal von einem Nichtengländer und einem Engländer unter einem englischen Tagespräsidium. Nachher wurde diskutiert. Es sprachen:

1. F. Duprat über die «Entwicklung der Garten gestaltung»;
2. Sigurd Hoff über «Wirtschaftlichkeit und Landschaftsgestaltung»;
3. Holger Blom über «Bauen und die Landschaft»;
4. René Pechère über «Industrie und Landschaft»;
5. Troels Erstad über «Erholung in der Landschaft» und
6. Leon Zach über die «Erziehung des Garten gestalters».

Hier seien nur einige markante Sätze wiedergegeben, die ich den allen Teilnehmern zugestellten Manuskripten entnehme. Zu:

1. Lasst uns nie vergessen, dass Bäume, Wiesen und Blumen absolut nötig sind für unsere physische Gesundheit, dass die Schönheit der Umgebung, in der wir leben, dazu beiträgt zu unserem Wohl-

befinden und schliesslich zu unserem Glück. Daher sollten wir nicht Gärten in die Städte projektiert, sondern eher die Stadt in eine sie umgebende und sie durchdringende Landschaft legen.

2. Planung und Landschaftsgestaltung: Eine Ueberwachung der Landschaft erfordert die Zusammenarbeit zahlreicher Experten, Geographen, Psychologen, Zivilingenieure und Architekten und der Landschaftsgestalter sollte so bald als möglich beigezogen werden. Er soll die wertvollsten Landschafts- und Vegetationsbilder aufnehmen und Angaben über deren Erhaltung machen. Der wichtigste Entscheid wird sein, zu urteilen, wo Parkanlagen, Sportplätze, National- und Naturparks, Wald- und Landwirtschaft zu liegen kommen. Hauptstrassen, Industrie- und Wohnbauten sind wenn immer möglich auf minderwertigen Böden und Felsgeländen zu projektiert. Können durch Bauten bestehende Naturschönheiten absolut nicht erhalten werden, muss Ersatz in gleichem Umfang gefordert werden. Es muss als eine Notwendigkeit bezeichnet werden, alles Neugebaute als einen harmonischen Teil der bestehenden Landschaft einzufügen, anstatt zu versuchen, nur mit einigen Blumen und Büschen den Schaden zu dekorieren oder zu verstecken. Ein bezeichnendes Beispiel für den zerstörenden Missbrauch ist ein Bungalow, mitten in ein Stück produktives Ackerland gesetzt. Bei Ausräumung von grossen, mechanisch bearbeiteten landwirtschaftlichen Flächen besteht die Gefahr des Fehlens von Windschutz sowie Bodenerosion. Wiederaufforstung ist notwendig bei armen Böden. Es wird in England bereits in diesem Sinne aufgeforstet und neue Dörfer werden geplant. In den nächsten 50 Jahren ist eine neue Landschaft im Entstehen, der Koniferen-Wald. Er ist hier nicht zu umgehen, aus Boden- und klimatischen Gründen (Heide). Da die privaten Waldbesitzer nicht mehr in der Lage sind, die durch die Kriege übernutzten Wälder aufzuforsten, wird mit Hilfe des Staates diese Arbeit durch Neupflanzung von Laubhölzern, wo sie bodenständig sind, durchgeführt. Bei offenem Abbau von Kohle und Eisen-