

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 90 (1972)
Heft: 21: SIA-Hef, Nr. 4/1972: Nukleartechnik und Umwelt

Artikel: Die "Wärmeverunreinigung" der Flüsse: Auswirkungen und Grenzen
Autor: Ambühl, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-85208>

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: 25.01.2026

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

Es muss in diesem Zusammenhang aber auf folgenden Umstand mit Nachdruck hingewiesen werden. Man nimmt heute weithin als eine feste Gegebenheit an, dass der Energieverbrauch auch in Zukunft exponentiell derart ansteigen wird, dass er sich etwa alle 10 bis 15 Jahre verdoppelt. Da nun alle Energie, die wir künstlich freisetzen, letzten Endes in Wärme übergeht, könnte bei einem solchen Anstieg selbst die technisch günstigste Lösung (die direkte Kon-

version) eine katastrophale Krise nur ein bis zwei Jahrzehnte hinausschieben. Für das Problem, unsere Umwelt vor zu grossen Wärmeemissionen zu schützen, gibt es also keine Lösung, wenn das Anwachsen unseres Energieverbrauches wie bisher unbegrenzt weitergeht.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. W. Traupel, Institut für thermische Turbomaschinen an der ETH Zürich, Sonneggstrasse 3, 8006 Zürich.

Die «Wärmeverunreinigung» der Flüsse

DK 621.039.517:628.1:574

Auswirkungen und Grenzen

Von Dr. H. Ambühl, Buchs AG

Am 9. Februar 1972 fand im Rahmen des ZIA ein Podiumsgespräch über die thermische Belastung der Umwelt statt. Nach den Kurzvorträgen von Prof. Dr. W. Stumm¹⁾, Prof. Dr. W. Traupel²⁾ und Prof. Dr. H. V. Dütsch¹⁾ über mehr grundsätzliche Fragen der thermischen Belastung der Umwelt befasst sich der vorliegende Beitrag mit der biologischen Seite des Problems.

Die Ausführungen beschränken sich auf den Fall, der in der Schweiz bis heute wirklich aktuell geworden ist, nämlich die Wirkung erhöhter Flusswassertemperatur auf den Zustand und auf die Organismenwelt der genutzten fliessenden Gewässer.

Wird die Temperatur unserer Flüsse künstlich erhöht, sind auf die Organismenwelt die nachfolgend beschriebenen direkten Auswirkungen zu erwarten:

Erhöhte Temperatur setzt das Lösungsvermögen der Gase im Wasser herab. Wenn deshalb in einem Fliessgewässer zum Beispiel infolge starker Verunreinigung der Sauerstoffgehalt ohnehin schon niedrig ist, kann kurzfristig erhöhte Temperatur die vorher schon latente Katastrophe auslösen, d. h. zu einem Fischsterben führen. Glücklicherweise sind in unserem Lande nur wenige solche Fälle denkbar; im weiteren Europa und in den USA sind sie aber schon vorgekommen. Die direkte Austreibung gelöster Gase aus dem Kühlwasser selber, das zum Beispiel im Kernkraftwerk Beznau um 10°C erwärmt wird, ist hingegen kaum zu erwarten, da diese physikalische Reaktion träge verläuft und sich deshalb in der kurzen Prozesszeit kaum auswirken kann.

Erwärmung beschleunigt alle chemischen und biologischen Prozesse. So werden Lebensvorgänge bei einer Erhöhung von 0 auf 10°C um rund das Zehnfache beschleunigt, und zwischen 10 und 30°C Ausgangstemperatur um das 2,5- bis 3,5fache. Über 30°C Ausgangstemperatur sinkt dieser Wert unter 1, hier wirkt die Erwärmung hemmend, d. h. giftig.

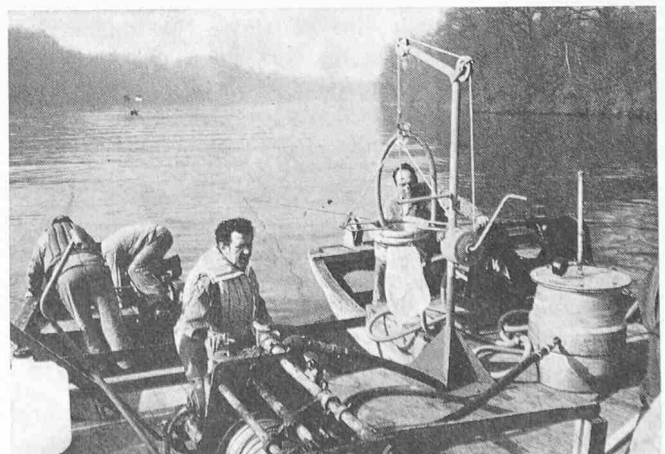
Erwärmung steigert die Empfindlichkeit der Organismen auf Gifte: In Flüssen mit beträchtlichen Mengen industrieller toxischer Abgänge, zum Beispiel mit Schwermetallen oder mit Stoffwechselprodukten aus den Selbstreinigungsvorgängen, welche wie Ammonium zum Teil ebenfalls noch fischgiftig sein können, steigt in der warmen Jahreszeit die Gefahr von Organismenvergiftungen. So birgt für die Flüsse nicht die Periode des Niederstwassers im Spätwinter, wenn die Verdünnung der Abwässer am gering-

sten ist, die grössten Gefahren, sondern der Hochsommer mit seinen mittleren bis niederen Wasserständen, aber extrem hohen Temperaturen: Dann ist der Sauerstoffgehalt minimal, Giftwirkungen sind latent, und tatsächlich häufen sich in jener Zeit alljährlich die Fischvergiftungen.

Fliessende Gewässer sind nicht ein zufälliger Standort für Fische, Schilf und Unterwasserpflanzen; sie sind der Lebensraum einer reichen Fauna und Flora, die sich aus hoch spezialisierten, an die besonderen Verhältnisse des strömenden Wassers vollständig und oft erstaunlich angepassten Arten (insbesondere Insektenlarven) zusammensetzt; manche Arten sind an diesen Lebensraum bzw. an die Strömung sogar unmittelbar gebunden.

Untersuchungen an thermisch genutzten Flüssen in den USA, in England, in der Bundesrepublik, Polen u. a. ergaben, dass sich dieser Organismenbestand verändert, wenn der Fluss erwärmt wird. Alle diese Pflanzen und Tiere können sich grundsätzlich so weit ausbreiten, wie es ihnen technisch möglich ist; die Grenzen setzt die Natur jeder einzelnen Art durch ihre besondere Verhaltensweise gegenüber den ökologischen (Umwelts-) Faktoren. Unter diesen Faktoren spielen die Temperatur des Lebensraumes, ihre Extremwerte und ihre täglichen und jahreszeitlichen Schwankungen eine primäre Rolle. So kann sich eine Insektenart, deren Larvenstadium im Wasser abläuft, durchaus in neue flussaufwärts gelegene Territorien vorwagen. Der Augenblick ihres Ausschlüpfens, d. h. der Beginn des

Die biologischen Untersuchungen erfordern einen grossen Aufwand: schwimmende Arbeitsbühne (unsere Aufnahme: Rhein oberhalb Kaiseraugst, 16. März 1972), Taucher mit Hilfsmann, Vakuumfass und -pumpe zum Auffangen der aufgesaugten quantitativen Grundprobe, Bedienungspersonal, Schiffsleute usw.



¹⁾ Diese Vorträge erscheinen demnächst in der «Schweiz. Bauzeitung».

²⁾ Siehe Seite 483 dieses Heftes.

Landlebens als geflügeltes Insekt, wird durch die Wassertemperatur bestimmt. Diese ist aber nicht eng mit der Aussentemperatur gekoppelt. Ist das Wetter draussen sehr kalt, so wird die frisch ausgeschlüpfte Generation erfrieren. Wiederholt sich dieser Vorgang, so stellt sich eine natürliche Ausbreitungsgrenze ein. Wird das Gewässer nun künstlich erwärmt, so erhält die gleiche Art das Signal zum Auschlüpfen früher, wodurch ihre Überlebenschance auch dort, wo sie sich bisher noch halten konnte, geringer wird. Die Spezies wird allmählich verschwinden; ihr Platz, ihre «ökologische Nische», wird aber nicht leer bleiben, sondern von besser angepassten Arten eingenommen werden.

Die Tatsache, dass solche Verschiebungen im Artenmosaik eintreten, wenn die ökologischen Bedingungen verändert werden, ist längst bekannt; jeder Aufstau eines Flusses hat einschneidende biozönoseformende Wirkungen, die sich wohl am sichtbarsten im Fischbestand äussern. Über die direkte Wirkung der Temperaturerhöhung im einzelnen ist freilich aus der ganzen umfangreichen Fachliteratur wenig auf unsere Verhältnisse übertragbar. Immerhin weiss man, dass interessanterweise die Tiere des sauberen Wassers und hier insbesondere die makroskopischen Wirbellosen (vor allem Insekten) gegenüber geringen Temperaturerhöhungen verhältnismässig wenig empfindlich sind, während Mikroorganismen, die sich vor allem bei starker Abwasserbelastung einstellen, stärker ansprechen. Die Organismenwelt der Flusssohle reagiert um so intensiver auf die Erwärmung des Flusses, je stärker dieser mit Abwässern belastet ist. Genau das Gegenteil trifft auf die Fische zu: Edelfische sind Temperaturänderungen gegenüber empfindlicher als Ruchfische. Da ferner ein belasteter Fluss einen entsprechend dichteren Organismenbestand aufweist und höhere Temperatur die Stoffwechseltätigkeit ohnehin beschleunigt, wird die Erwärmung im Endresultat höhere Gehalte von Stoffwechselausscheidungen (Ammonium zum Beispiel) und als Folge der erhöhten Respiration eine stärkere Sauerstoffzehrung zur Folge haben.

Im gesamten sind die ökologischen Kenntnisse über die Wirkung erhöhter Temperatur für eine Erwärmung von mehr als 5°C reichhaltig und eindeutig. Für geringe Erwärmungen (weniger als 5°C) sind sie dagegen eher dürftig. Die Kraftwerke Mühleberg und Beznau sind denn auch verpflichtet, in ihren Aareabschnitten umfangreiche biologische Untersuchungen auszuführen. Bei raschem Temperaturanstieg, d. h. wenn ihnen die Zeit zur Angewöhnung fehlt, kann eine Flusstemperatur von 25°C für den Edelfischbestand gefährlich werden. Da aber ein einzelnes heutiges Kernkraftwerk den Fluss um höchstens 1°C erwärmt, und kaum jemals damit zu rechnen ist, dass alle mit Frischwasserkühlung arbeitenden Werke ihren Betrieb gleichzeitig aufnehmen, dass somit eine plötzliche Erwärmung eines Flusses um eine physiologisch wirksame Temperaturdifferenz unwahrscheinlich ist, kann eine höchste Flusstemperatur von 25°C verantwortet werden. Dagegen ist bekannt, dass 27°C und mehr für den Organismenbestand eines hiesigen Flusses gefährlich sind.

Zusammen mit den Ergebnissen meteorologischer und grundwassergeologischer Studien lieferten solche Überlegungen schliesslich die Grundlage für die heute geltenden Nutzungslimiten des Eidgenössischen Departementes des Innern (1968):

- Die Temperatur des Kühlwassers darf 30°C, unter besonderen Verhältnissen allenfalls 35°C nicht überschreiten.

- Der Fluss darf nach vollständiger Durchmischung um nicht mehr als 3°C erwärmt werden.
- Eine zulässige Höchsttemperatur des Flusses von 25°C darf nach vollständiger Durchmischung an keiner Stelle überschritten werden (mit einer Abkühlung innerhalb der Grenzen unseres Landes kann nicht gerechnet werden).
- Die Belange der Trinkwassernutzung von ober- und unterirdischen Gewässern sollen den Vorrang geniessen.
- Die erwähnten Grenzwerte beziehen sich auf mässig verunreinigte oder saubere Flüsse (entsprechend der β -meso- und der oligosaprobien Stufen). «Bei stärker belasteten Gewässern müssen die Anforderungen verschärft werden».

Dies sind ausserordentlich scharfe Einschränkungen. Man kann sich in guten Treuen fragen, ob denn wirklich soviel daran liegt, wenn durch die Erwärmung einige Organismenarten verschwinden, andere sich ausbreiten und der Fischbestand Änderungen (allerdings zum Schlechten) erfährt: Dies sind doch eigentlich geringfügige und nur für verhältnismässig wenig Nutzer überhaupt wirklich ins Gewicht fallende Auswirkungen.

Diese provozierende Argumentation mag (mindestens innerhalb der gesetzten Nutzungslimiten) zutreffen: Was wirklich geschieht, wird man erst nach Vorliegen eines reichhaltigeren Beobachtungsmaterials sagen können. Unsere Kenntnisse sind gegenwärtig noch lückenhaft. In der Eidgenössischen Kommission, welche im Auftrag des Bundesrates die genannten Limiten ausgearbeitet hat, ist man dem Grundsatz gefolgt, nichts freizugeben, dessen Auswirkung nicht bekannt ist. Angesichts der Tatsache, dass zur restlosen Ausschöpfung der Maximalerwärmung um 3°C allein schon mehrere Jahre vergehen würden, wollte man also auf der sicheren Seite bleiben und in dieser Zeit die erforderlichen Erfahrungen sammeln. Es ist allerdings zu bedenken, dass die wichtigsten schweizerischen Flüsse (Limmat, Reuss, Aare, Rhein, Rhone u.a.) trotz stolzer Erfolgsmeldungen der Gewässerschutzorgane immer noch die Cloacae maximae Helveticae sind. Die Kanalisierung dieser Flüsse für die hydraulische Energieproduktion, welche besonders in der Zwischen- und Nachkriegszeit ohne grosse Rücksicht auf die damals schon bedenkliche Wasserqualität vorangetrieben worden ist, hatte zur Folge, dass wichtige nutzbare Grundwasservorkommen – heute ein kostbares Gut – verdarben und sich bis heute nicht mehr erholen haben (Baden, Full, Schinznach u. a.). Die Organismen sind für derartige Veränderungen und Schäden und damit für den Lebenszustand des Flusses wichtige Indikatoren.

Die scharfen Nutzungsgrenzen, denen sich für das Gebiet des Rheins das Land Baden-Württemberg angeschlossen hat, sind als eine der Rechnungen zu werten, welche heute für die Folgen früherer Unbekümmertheit vorgelegt werden: Man ist vorsichtig geworden und will nicht noch mehr Schäden in Kauf nehmen. Die zweite Rechnung, wesentlich folgenschwerer noch, besteht in einem vorläufigen Verbot weiterer Wasserentnahmen für den Frischwasserkühlbetrieb; sie zwingt zum Umstellen bereits in Arbeit befindlicher Projekte auf den Kühlturbetrieb. Hier ist die letzte der angeführten Bedingungen zur Anwendung gelangt. Für die Aare sicher zu recht: Dieser Fluss befindet sich heute trotz aller imposanten Abwasserreinigungsanlagen in seinem Einzugsgebiet immer noch in einem bedenklichen Zustand, und nur sehr umfassende weitere Gewässerschutzmassnahmen werden ihn nachhaltig verbessern können (dies ist keine Kritik an den Reinigungsanlagen: Wie sähe die Aare wohl aus, wenn diese bereits verwirklichten Anlagen noch nicht vorhanden wären?).

Der Hochrhein unterhalb der Aaremündung ist zwar durch die Aare selber auch verunreinigt, durch das recht saubere Bodenseewasser aber doch verdünnt und im gesamten erheblich sauberer als die Aare selber. Die Frage, ob die Behörde mit dem Verbot der Kühlwasserentnahme für ein geplantes Kernkraftwerk am weniger verschmutzten, den Qualitätsanforderungen der Limiten möglicherweise ge-

nügenden Hochrhein nicht zu weit gegangen ist, und ob die Kühltürme eines Werkes mit mehr als 900 MWe das feine Spiel des natürlichen Energiehaushaltes weniger beeinflussen als die Flusserwärmung (von der landschaftlichen Beeinträchtigung ganz abgesehen), ist jedenfalls noch offen.

Adresse des Verfassers: Dr. H. Ambühl, EAWAG, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf.

Auswirkungen von Kernkraftwerken auf den Menschen

DK 621.039.5:577.4

Strahlengefährdung durch Radioaktivität

Im Zusammenhang mit dem Bau von Kernkraftwerken taucht immer wieder die Frage der Radioaktivität und der Strahlengefährdung der Bevölkerung auf. Dabei ist die irrige Meinung recht weit verbreitet, es handle sich hier um ein neues, von Menschen geschaffenes künstliches Phänomen.

Dem ist aber nicht so. Die Radioaktivität ist viel älter als die Menschheit und hat als einer von zahlreichen Umweltfaktoren sogar zu deren Entstehung beigetragen.

Die wichtigsten Quellen dieser natürlichen Strahlenbelastung sind die radioaktiven Beimengungen von Uran und Thorium aller Gesteine und des Bodens sowie die kosmische Strahlung, die von aussen aus allen Richtungen auf die Erde eindringt. Eine sekundäre natürliche Strahlenquelle bildet das beim Zerfall des in der Erdoberfläche enthaltenen Urans und Thoriums entstehende radioaktive Gas Radon, das in unserer Atemluft vorhanden ist.

Diese natürliche Strahlung variiert je nach den geologischen und geographischen Verhältnissen. Wie in vielen anderen Ländern wurden auch in der Schweiz darüber sehr genaue Messungen vorgenommen¹⁾. Man kam zum Ergebnis, dass die schweizerische Bevölkerung im Durchschnitt einer natürlichen Strahlenbelastung von 122 Milliröntgen (mR) im Jahr ausgesetzt ist. Diese setzt sich aus zwei Komponenten zusammen:

¹⁾ Vgl. E. Halm, W. Herbst und A. Mastrocola: Messungen des natürlichen Strahlenpegels in der Schweiz. «Bulletin des Eidg. Gesundheitsamtes», Beilage Nr. 6/1962.

1. aus einer von der Höhe über Meer abhängigen Komponente, die durchschnittlich 31 mR beträgt (je höher wir hinaufgehen, desto mehr sind wir der kosmischen Strahlung ausgesetzt)

2. aus der terrestrischen Komponente von durchschnittlich 91 mR.

Diese natürliche Strahlenbelastung hängt nicht nur von der geographischen Lage des Wohn- und Arbeitsortes ab, sondern auch von der Beschaffenheit der Häuser. So geben Holzhäuser viel weniger Radioaktivität ab als Gebäude aus Beton, Backstein oder Naturstein. Der Grund dafür liegt in den radioaktiven Beimengungen der Gesteine. Es seien hier einige Beispiele für in der Schweiz gemessene jährliche Strahlenbelastungen in verschiedenen Häuserarten gegeben: Holzhaus in Lenk i. S. 106 mR, Betonhaus in Bern 127 mR, Haus in Thun (1. Stockwerk, Steinboden) 138 mR.

Wie sehr die jährliche Strahlenbelastung innerhalb der Schweiz je nach der geographischen Lage variieren kann, zeigen die folgenden Beispiele (Messungen auf Naturboden): Biel (76 mR), Zürich (119 mR), Genf (124 mR), Bellinzona (159 mR), St. Moritz (184 mR), Verscio (228 mR). In anderen Ländern der Erde, wie z. B. Brasilien und Indien, gibt es Bevölkerungen, die einer natürlichen jährlichen Strahlenbelastung von bis zu 1600 mR ausgesetzt sind.

Des weiteren sind wir selber radioaktiv, bedingt durch radioaktive Stoffe, die wir aus unserer Umgebung, u. a. durch Nahrung und Trinkwasser, aufgenommen haben. Diese Eigen-

Flugaufnahme des Atomkraftwerkes Beznau. In Bildmitte erkennt man das Maschinenhaus, in dem die vier Turbogeneratorgruppen untergebracht sind. Rechts davon erheben sich die beiden zylinderförmigen Reaktorgebäude. Ganz im Vordergrund das Stauwehr, rechts davon der Oberwasserkanal zum Wasserkraftwerk Beznau

