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

Artikel: Thermische Emissionen grosser Wärmekraftwerke
Autor: Traupel, W.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-85207

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: 16.07.2025

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

untergebracht sind. Die Energieversorgung kann um weitere 16 MVA erhöht werden.

5.2.5 Laborgebäude

Das Laborgebäude ist nahe der Hauptzufahrt von der Landstrasse Villigen–Böttstein gelegen. Es weist eine Länge von rd. 45 m und eine Breite von rd. 14 m auf. Es wird vorerst mit vier ausgebauten Geschossen erstellt. Da es gegenüber dem Gelände in der Höhe um ein halbes Stockwerk versetzt ist, können auch die Räume des Untergeschosses Tageslicht erhalten.

Das Laborgebäude wird auf der Südseite Büroräume und auf der Nordseite die tieferen Laborräume enthalten. An Spezialräumen sind in diesem Gebäude vorgesehen: eine Bibliothek, ein Erfrischungsraum und ein Seminarraum. Die Fertigstellung des Laborgebäudes ist auf Sommer 1972 geplant.

5.2.6 Montagehalle

Der Bau einer Montagehalle wurde erst nachträglich im Sommer 1971 bewilligt. Sie befindet sich östlich des Laborgebäudes. Die Aushubarbeiten wurden abgeschlossen; die Fertigstellung ist geplant auf Frühjahr 1973. Dieses Gebäude besteht einerseits aus einer Halle von rd. 14 m Breite, rd. 36 m Länge und 9 m Höhe, ausgerüstet mit einem 20-t-Kran auf 6 m Höhe. Je links und rechts dieser Halle wird ein zweistökkiger Bürotrakt angebaut von rd. 5,5 m Breite, rd. 36 m Länge und rd. 6 m Höhe. Die Gebäudeteile sind gesamthaft so bemessen, dass ab 1974 für etwa 350 Personen Experimentier-, Arbeits- und Büroplatz zur Verfügung steht.

5.2.7 Gästehaus

Die Forschung am SIN wird zum grössten Teil von Wissenschaftlern aus schweizerischen und ausländischen Hochschul- und Forschungsinstituten durchgeführt, die meist nur vorübergehend am Zentrum anwesend sind. Für diese Gruppen, die im Schichtbetrieb zu jeder Tages- und Nachtzeit über Wochen hinweg an ihrem Experiment arbeiten, muss eine geeignete Unterkunft zur Verfügung stehen. Es haben sich deshalb die Kantone Zürich, Neuchâtel, Waadt, Genf und Fribourg mit dem Bund zur Stiftung «Gästehaus SIN» zusammengeschlossen, um am nördlichen Ende des SIN-Areals ein entsprechendes Gebäude zu errichten.

Literaturhinweise

J.-P. Blaser: Schweizerisches Institut für Nuklearforschung (SIN): Ziele, Organisation und Bauten. «ETH-Bulletin» Nr. 28, 4. Jahrg., Februar 1971.

A. Brunner: Das Projekt einer eidgenössischen Forschungsanlage für Hochenergie und Kernphysik. «NZZ» Nr. 2817 vom 28. Juni 1967, Beilage Technik.

H. A. Willax: Der 500-MeV-Hochintensitätsbeschleuniger für das Hochenergieprojekt der ETH. «Technische Rundschau» *57* (1965), Nr. 34.

SIN-Jahresberichte 1969 und 1970.

SIN-Jahresbericht 1971 (verfügbar ab Juni 1972).

Adresse des Verfassers: Dr. *H. A. Willax,* Leiter der Abteilung Beschleuniger, Schweiz. Institut für Nuklearforschung (SIN), 5234 Villigen.

Thermische Emissionen grosser Wärmekraftwerke

DK 621.311.22/23 : 621.039.5 : 577.4

Von Prof. Dr. **W. Traupel,** Zürich

Nach einem Referat, das beim Podiumsgespräch des ZIA vom 9. Februar 1972 in Zürich gehalten wurde

Wärme, die den natürlichen Wärmehaushalt der Erde stört, entsteht überall dort, wo der Mensch durch technische Mittel Rohenergie in Nutzformen umwandelt. Was uns hier besonders beschäftigen soll, sind die thermischen Emissionen grosser Wärmekraftwerke, gleichgültig, ob es sich dabei um mit fossilen Brennstoffen gefeuerte oder um Nuklearkraftwerke handelt. Deren Leistungen sind heute so gross, dass die örtlich freiwerdenden Abwärmen die Umwelt beträchtlich beeinflussen. Sie betragen bei nuklearen Dampfkraftwerken heutiger Bauweise (mit Leichtwasserreaktoren) etwa das Doppelte des Wärmewertes der erzeugten elektrischen Energie, bei mit fossilen Brennstoffen gefeuerten etwa das Anderthalbfache [1]). Hervorzuheben ist dabei, dass der Gesamtwirkungsgrad eines thermischen Kraftwerkes um so höher ausfällt, je niedriger die Temperatur der an die Umgebung abfliessenden Abwärme ist, dass man also bestrebt ist, diese Temperatur möglichst niedrig zu halten.

Um sich ein Bild über die Grössenordnung des erforderlichen Kühlwasserstromes machen zu können, sei ein Kernkraftwerk von 800 MW elektrischer Leistung betrachtet, dem Flusswasser von 15 °C zur Verfügung steht. Lässt man eine Erwärmung um 10 °C, also auf 25 °C zu, so sind 38 m³/s nötig. Die Abwärme liegt somit in Form einer riesigen Menge schwach lauwarmen Wassers vor.

Am wirtschaftlichsten lässt sich diese Kühlung mittels Flusswasser durchführen. Es leuchtet aber ein, dass die Wärmeabgabe weniger grosser Kernkraftwerke am gleichen Flusslauf dessen biologisches Gleichgewicht in unzulässigem Ausmass stören würde. Deshalb hat der Schweizerische Bundesrat im Jahre 1971 die Verwendung von Flusswasser zur Kühlung von Kernkraftwerken verboten. Damit ist zu fragen, was für andere Kühlverfahren noch in Frage kommen. Von diesen bildet der Kühlturm die einzige allgemein anwendbare und derzeit technisch verfügbare Möglichkeit. Von ihm gibt es zwei Varianten, der sog. feuchte und der trockene Kühlturm.

Im feuchten Kühlturm rieselt das erwärmte Wasser im Gegenstrom zur in natürlichem Zug aufsteigenden Luft über Schikanen herab, wobei ein kleiner Teil verdampft und dadurch das restliche Wasser abkühlt. Dieses steht der Anlage wieder zur Verfügung. Ein wesentlicher Nachteil dieses Verfahrens besteht nun aber darin, dass nicht nur Dampfschwaden aufsteigen, sondern auch Wassertropfen mitgerissen werden, die als Kondensationskerne wirken. Es muss also nicht nur eine beträchtliche Wassermenge laufend zugesetzt werden, sondern es bildet sich auch aus den Dampfschwaden und den Tropfen ein feiner Regen, der das Klima der Umgebung beeinträchtigt und im Winter zu einer höchst unerwünschten Glatteisbildung führen kann. Bei neuzeitlichen Ausführungen wird dieser Nachteil dank dem Einbau wirksamer Tropfenabscheider weitgehend vermieden. Es bleibt aber die mögliche Veränderung des Klimas in der Umgebung des Kraftwerkes durch die

[1]) Der Unterschied ergibt sich hauptsächlich aus dem Umstand, dass die Dampftemperatur bei Turbineneintritt beim Atomkraftwerk aus materialtechnischen Gründen (Hüllen der Spaltstoffstäbe) bei weitem nicht so hoch gewählt werden kann (im Werk Mühleberg sind es 282 °C) wie beim mit fossilen Brennstoffen gefeuerten Kraftwerk, wo man auf 530 bis 565 °C geht. Den Turbinen in diesem Werk steht somit ein wesentlich höheres Enthalpie-Gefälle zur Verfügung als denen in jenem. Aus dem gleichen Grund verringert sich der Gesamtwirkungsgrad des Atomkraftwerkes bei wärmerem Kühlwasser beträchtlich stärker als beim konventionellen thermischen Kraftwerk.

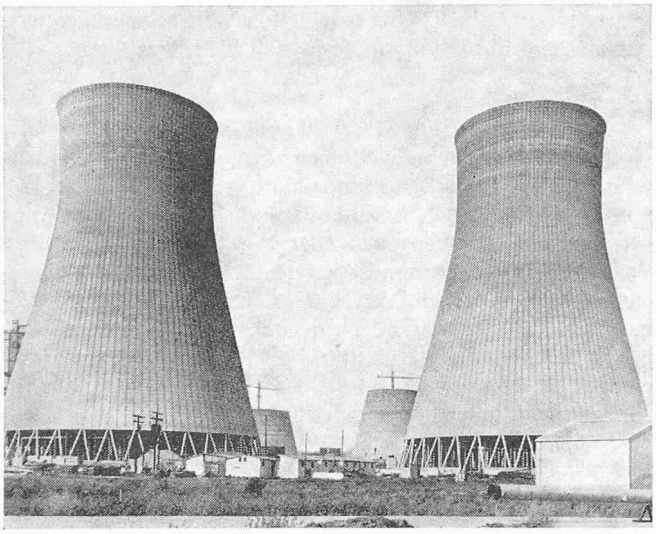


Bild 1. Kühltürme in Keystone, USA. 127 120 m³ Kühlwasser/h; 2 × 900 MWe, vier Türme, Höhe 98,5 m, Durchmesser 83,5 m

Dampfschwaden. Was dabei zu erwarten ist, untersuchen zurzeit schweizerische Meteorologen mit grossem Aufwand. Auch das Ausland interessiert sich an diesen Arbeiten.

Beim Trockenkühlturm kühlt sich das in geschlossenem Kreislauf umgewälzte Kühlwasser in Oberflächen-Wärmeaustauschern im Gegenstrom zur Luft ab. Es wird kein Wasser verbraucht, und es verlässt nur erwärmte Luft den Kühlturm. Diesen beträchtlichen Vorteilen stehen aber zwei bedeutende Nachteile gegenüber: 1. Die erzielbaren Kühlwassertemperaturen liegen beim trockenen Kühlturm bei gleichen atmosphärischen Bedingungen höher, der Gesamtwirkungsgrad ist also niedriger als beim feuchten; 2. Bei gleichen Kraftwerkleistungen sind wesentlich grössere Luftströme und sehr grosse Austauschflächen erforderlich; man benötigt mindestens die doppelte Anzahl Kühltürme, was die Anlagekosten beträchtlich erhöht und überdies ästhetisch nicht befriedigt. Diese Nachteile lassen sich bei Hochtemperaturreaktoren beträchtlich verringern, wenn auch mit einer gewissen Einbusse des Gesamtwirkungsgrades gegenüber Anlagen mit feuchten Kühltürmen zu rechnen ist.

Da das Ableiten der Abwärme bei Nuklearkraftwerken die Umwelt bei weitem mehr als andere Umstände (Beseitigung langlebiger radioaktiver Stoffe) beeinträchtigt, ist zu fragen, wie diese Wärme verringert oder für andere Zwecke verwendet werden kann. Das erste ist theoretisch durch Erhöhen der Dampftemperatur bei Turbineneintritt, also durch Annähern des Dampfkreisprozesses an den herkömmlicher thermischer Grosskraftwerke möglich. Dazu bedarf es eines Hochtemperaturreaktors. An dessen Verwirklichung wird gearbeitet. Dieser neue Reaktortyp hat aber die technische Reife des Leichtwasserreaktors noch nicht erreicht.

Nach der Möglichkeit einer Abwärmeverwertung zu Heizzwecken wird immer wieder gefragt. Dazu müsste die Wärme bei den höheren, hierfür erforderlichen Temperaturen abgegeben werden. Das bedeutet beim Kernreaktor heutiger Bauweise eine beträchtliche Einbusse des Wirkungsgrades, also bei gleicher Erzeugung elektrischer Energie eine starke Vergrösserung der anfallenden Abwärme. Hieraus ergibt sich, dass eine solche Abwärmeverwertung erst dann in Betracht gezogen werden kann, wenn Hochtemperaturreaktoren verfügbar sein werden, die technisch und wirtschaftlich befriedigen. Das schliesst nicht aus, dass schon heute Wärme aus Leichtwasser-Reaktorkraftwerken durch Anzapfung von Dampf aus einer unteren Turbinenstufe abgegeben werden kann. Dabei handelt es sich aber nicht um die Abwärme, sondern um abgezweigte Energie, die stets nur ein kleiner Bruchteil der Wärmeerzeugung des Reaktors sein kann.

Lässt sich der Kreislauf des Arbeitsstoffes mit hohen Temperaturen durchführen, so erlaubt sowohl die heute allgemein gebräuchliche Dampfkraftanlage als auch die für Grosskraftwerke noch nicht eingeführte Gasturbine grundsätzlich eine vollständige Abwärmeausnützung zu Heizzwecken. — Im Gegensatz zu einer häufig geäusserten Meinung ist das auch bei der Dampfkraftanlage mittels der gestuften Kondensation möglich, wobei man beim heutigen Stand der technischen Entwicklung auf den gleichen thermischen Wirkungsgrad kommt wie bei der Gasturbine.

Wohl ist eine vollständige Abwärmeverwertung grundsätzlich möglich; ihr stehen aber grosse praktische Schwierigkeiten entgegen. Diese ergeben sich daraus, dass der Heizwärmebedarf sehr stark schwankt, dass die Anlagen zur Erzeugung und Verteilung dieser Wärme für eine hohe Spitzenleistung auszubauen sind, während diese Leistung im Jahresmittel nur zu einem kleinen Teil (etwa einem Viertel) ausgenutzt wird. Wird die Heizwärme von einem Nuklearkraftwerk geliefert, so muss dieses aus wirtschaftlichen Gründen mit möglichst voller Leistung durcharbeiten, wobei die nicht benötigte Abwärme über Kühltürme an die Umgebung abzugeben ist. So reicht zum Beispiel die Abwärme eines thermischen Kraftwerkes von 800 MW elektrischer Leistung zur Heizung einer mittelgrossen Stadt im strengen Winter aus, wozu ein entsprechendes Fernheiznetz zu erstellen wäre. Dieses Werk muss aber genügend weit vom Wohnbereich entfernt aufgestellt werden, damit seine Emissionen (Kühltürme) nicht stören. Und ausserdem ist das Problem der Reservehaltung einer geeigneten Wärmeerzeugungsanlage für den Fall zu lösen, dass das Nuklearkraftwerk ausfällt, was naturgemäss die Anlagenkosten und damit die Wirtschaftlichkeit beeinträchtigt.

Im Zusammenhang mit dem Problemkomplex Abwärme und Abwärmenutzung dürfte in der heutigen Lage der folgende Gedanke Beachtung verdienen. Anstatt Wärme von den Kraftwerken zu Verbraucherstellen zu transportieren, sollen die Kraftwerke nur elektrische Energie erzeugen, während die Heizung durch Wärmepumpen erfolgt, die ihre Antriebsenergie von den Kraftwerken beziehen. Diese Lösung ist thermodynamisch etwa gleichwertig, erlaubt den Energietransport auf weite Strecken mittels Elektrizität, was wirtschaftlich vorteilhaft ist, und lässt sich ohne weiteres in kleinen Schritten durchführen. Die Heizung durch Wärmepumpen ist zwar sehr viel kostspieliger als etwa die durch Ölfeuerungen, doch würde man damit einen wesentlichen Beitrag zur Luftreinhaltung leisten.

Weitere Verbesserungen unserer Wärmekraftanlagen (Dampfturbinen, Gasturbinen oder auch Kombinationen von beiden), so dass weniger Abwärme anfallen würde, sind möglich, können aber nur langsam verwirklicht werden, da sie einen grossen Aufwand an Forschungs- und Ingenieurarbeit bedingen. Die Ideallösung, bei der überhaupt keine Abwärme entstünde, wäre die direkte Umwandlung der Energie. Sie ist im Falle der fossilen Brennstoffe im Prinzip möglich, von einer grossindustriellen Durchführbarkeit aber noch weit entfernt. Bei der Nuklearenergie ist eine solche Lösung überhaupt noch nicht zu sehen.

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 Konversion) 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. Stumm [1]*, Prof. Dr. W. Traupel* [2] *und Prof. Dr. H. V. Dütsch* [1] *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.

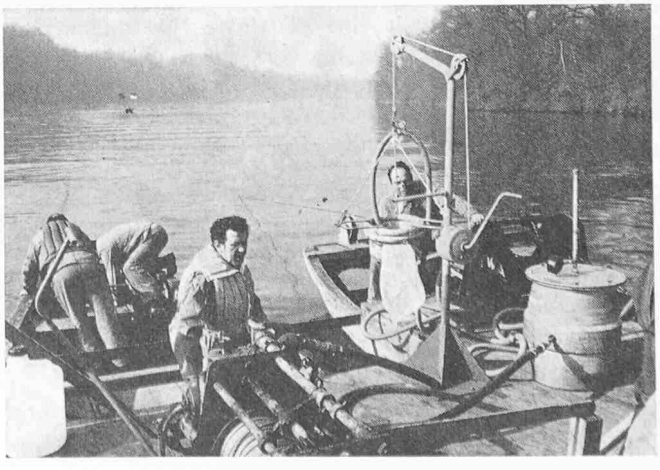
Erwärmung beschleunigt alle chemischen und biologischen Prozesse. So werden Lebensvorgänge bei einer Erhöhung von 0 auf 10 °C um rund das Zehnfache beschleunigt, und zwischen 10 und 30 °C Ausgangstemperatur um das 2,5- bis 3,5fache. Über 30 °C Ausgangstemperatur sinkt dieser Wert unter 1, hier wirkt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