

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 103 (1985)  
**Heft:** 11

**Artikel:** Wärmeversorgung mit dezentralen Heizreaktoren: ein Forschungsprojekt des EIR, Würenlingen  
**Autor:** B.P.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-75735>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 01.04.2025

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

# Wärmeversorgung mit dezentralen Heizreaktoren

## Ein Forschungsprojekt des EIR, Würenlingen

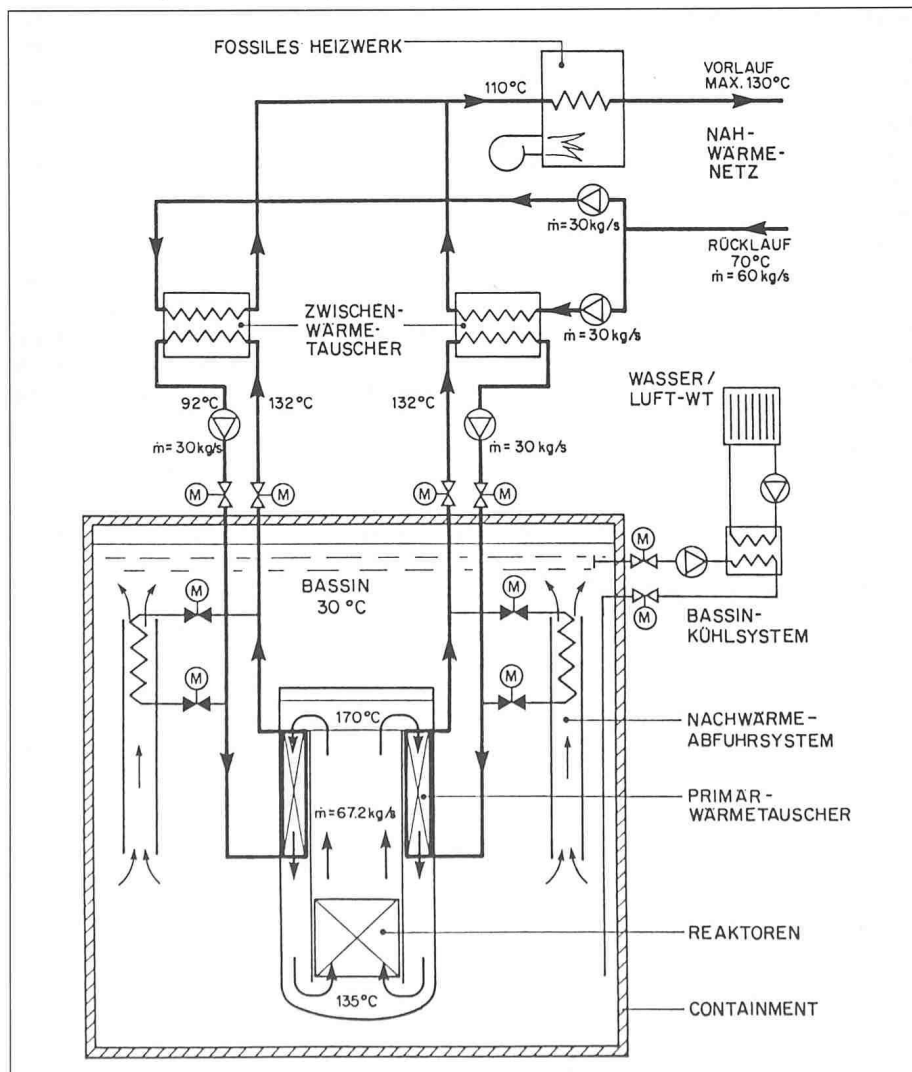
Auch für mittlere und kleinere Ortschaften ab 4000 Einwohner zeichnet sich die Möglichkeit einer Wärmeversorgung ab, die Heizöl substituiert und emissionsfrei sowie wirtschaftlich arbeitet.

An dem von Prof. Dr. W. Seifritz kürzlich vorgestellten Projekt eines heterogenen Heizreaktors kleiner Leistung arbeiten unter seiner Leitung 18 Forscher am EIR, Würenlingen, unter Beizug von sechs Industrievertretern, die spezielle Aspekte untersuchen.

Der Heizreaktor ist auf grösste inhärente Sicherheit ausgelegt, auch in Bezug auf die Entsorgung. Die thermische Leistung von 10 bis 50 MW(th) kann der mit Wärme zu versorgenden Einwohnerzahl angepasst werden. Dieser Reaktortypus verspricht hohe Versorgungsunabhängigkeit und gute Wirtschaftlichkeit. Der modulartig standardisierte Aufbau lässt eine spätere Serienfabrikation zu.

Das Heizreaktorprojekt interessiert Schweizer Industrieunternehmen, die eine vorerst informelle Gruppe gebildet haben, welche die weitere Entwicklung zusammen mit dem EIR vorantreiben will.

Bild 1. Thermohydraulisches Konzept des Gesamtsystems



Die Einwohnerzahlen des Grossteils der Gemeinden in der Schweiz liegen zwischen 2000 und 5000 Einwohner. Der durchschnittliche Abstand zwischen den Gemeinden beträgt drei bis vier km.

Eine wirtschaftlich vertretbare und emissionsfreie Heizölsubstitution mittels einer Fernwärmeversorgung kann im Umkreis bis 30 km um bestehende und allfällige künftige Kernkraftwerke gemäss Studien des Bundesamtes für Energiewirtschaft lediglich 5 bis 7% des Bedarfs decken, was einer jährlichen Heizöleinsparung von 300 000 bis 400 000 t entsprechen würde.

Nochmals eine etwa gleichgrosse Menge Heizöl könnte ersetzt werden, wenn in zwei bis drei der dichtestbesiedelten Ballungszentren je ein grosser Heizreaktor installiert würde.

Eine wesentlich grössere Substitutionswirkung kann ein Nahwärmesystem bringen, in welchem relativ dezentral platzierte Heizreaktoren vorgesehen sind, deren Heizleistung von 10 bis 50 MW(th) der zu versorgenden Einwohnerzahl angepasst werden kann.

## Reaktortypus

Die bisher bekannten Heizreaktorentwicklungen (in Schweden, Frankreich, in der UdSSR, BRD) zielen alle auf grössere Heizleistungen von 200 bis 300 MW(th) ab, mit Ausnahme des Heizreaktors «Slowpoke», dessen Prototyp seit 1984 in Kanada im Bau steht.

Vereinfacht ausgedrückt, wirkt der Heizreaktor wie ein nuklear beheizter Tauchsieder bzw. Dampfkochtopf in der Küche, im Vergleich zum Hochdruckdampfkessel eines Kernkraftwerkes.

Bei Projektbeginn 1982 wurde am EIR zuerst die Eignung homogener Reaktoren mit Naturzirkulation untersucht, bei denen Uransulfat in wässriger Lösung als Brennstoff dient. Vom Sicherheitsstandpunkt her bietet dieser Reaktortyp ausserordentliche Vorteile dank der prinzipiell-physikalischen Unmöglichkeit einer Kernschmelze. Da die Kerntemperaturen in jedem Fall unter 200 °C bleiben, sind auch keine Korrosionsprobleme zu erwarten.

Hingegen bereitet die Logistik der Brennstoffversorgung und der Entsorgung schwerwiegende Probleme. Der heikle Transport des flüssigen Brennstoffes müsste alle zwei Jahre stattfinden, und anstelle der eingeführten Porex-Wiederaufarbeitung müsste ein ganz neues Verfahren vollständig entwickelt werden.

Daher richtete sich die Untersuchung von 1983 an auf einen konventionellen, heterogenen Reaktoraufbau. Eine geeignete Anordnung von Brennstäben mit Gadoliniumzusatz ( $Gd_2O_3$ ) in den Brennelementen reduziert die hohe Überschussreaktivität zu Beginn der Standzeit, so dass jederzeit Kreuz-Kontrollstäbe herkömmlicher Bauart für die Steuerung des Reaktors genügen.

Mit einer U-235-Anreicherung von 5,8% bis 8,5% lässt sich mit diesem abrennbaren Zusatz die Abbrandkurve vergleichmässigen und strecken, und es lässt sich eine Standzeit der Brennstäbe von 23 bis 34 Jahre erreichen.

### Thermohydraulisches Konzept

Der Heizreaktor ist in einem unterirdischen, wassergefüllten Abschirmbecken untergebracht, das zugleich als Containment dient. Die drei Wasserkreisläufe sind im Bild 1 schematisch dargestellt.

Der Primärkreislauf ist mitsamt dem Wärmetauscher innerhalb des Druckgefässes untergebracht, in welchem ein Druck von weniger als 10 bar herrscht. Die Brennstoffelemente von der in Druckwasserreaktoren verwendeten Art sind von Strömungskästen umgeben, wie sie in Siedewasserreaktoren Anwendung finden. Dank des Naturumlaufs sind im Primärkreislauf keine Pumpen erforderlich.

Der zweisträngige Zwischenkreislauf mit erzwungenem Umlauf bildet die Verbindung und zugleich eine Sicherheitsbarriere zum eigentlichen Nahwärmeverteilnetz. Auch bei Pumpenausfall kann der Zwischenkreislauf die gesamte Nachwärme bei Abschaltung im Naturumlauf an das Nahwärmeverteilnetz bei 80 °C übertragen.

Das Nahwärmeverteilnetz ist im Rahmen des EIR-Projektes bisher noch nicht näher untersucht worden, da es sich um eine bekannte Technologie handelt, die keine besonderen Probleme erwarten lässt.

### Anlagedisposition

Die Disposition der Reaktoranlage ist im Bild 2 gezeigt. Die Abmessungen der unterirdischen Kaverne und der überirdischen Bauten ergeben sich aus den Erfordernissen für den Ein- und Ausbau der Brennstoffelemente und der Steuerungs- und Hilfsaggregate. Das unterirdische Containment von 9 m Tiefe und 6 m Durchmesser enthält eine genügend grosse Wassermenge,

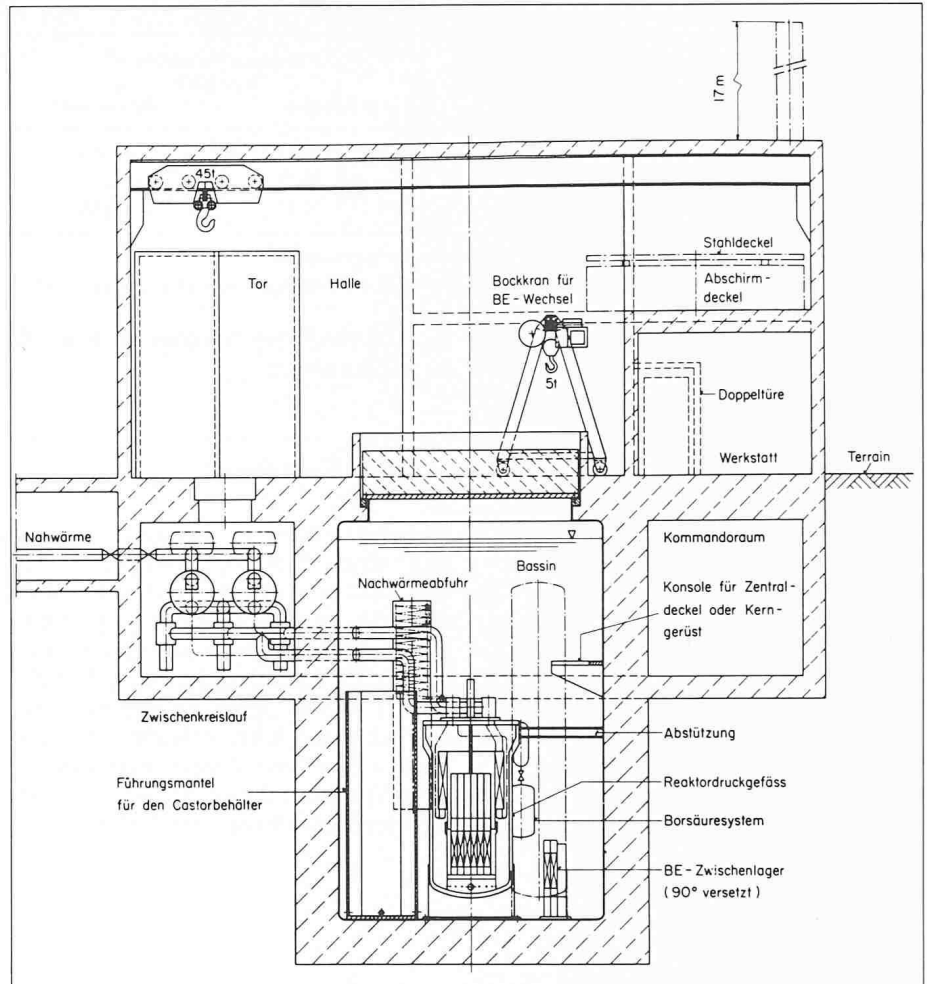


Bild 2. Anlagedisposition des Heizreaktors

welche die gesamte Nachwärme über einen integrierten Wärmetauscher mit Naturumlauf aufnehmen und allmählich durch die Betonwandung an das Erdreich abgeben kann, ohne dass die Wassertemperatur 80 °C übersteigt. Dieses Temperaturmaximum wird übrigens erst nach drei Monaten erreicht.

Das überirdische Gebäude mit quadratischem Grundriss von 16 m Seitenlänge und 5 m Höhe sollte sich ohne Mühe in Ortsbilder einfügen lassen.

### Sicherheit

Den Fragen der Sicherheit wird sowohl mit der möglichst einfachen Auslegung als auch mit den Entsorgungsmöglichkeiten vorrangige Bedeutung beigemessen.

Bei Ausfall der Abschaltung mittels der Kontrollstäbe erfolgt nach Ansprechen einer Berstsicherung automatisch die Zugabe von Borsäure in den Primärkreislauf, wodurch die Abschaltung sichergestellt wird. Die Nachwärme kann in jedem denkbaren Störfall im Wasserpool aufgenommen werden, auch wenn eine Abgabe der Wärme

über den Zwischenkreislauf an das Verteilernetz nicht möglich ist, beispielsweise bei gleichzeitigem Ausfall des Netzes z.B. infolge Erdbeben usw.

Im Hinblick auf den Sicherheitsnachweis sind im Rahmen der weiteren Entwicklung noch eingehende Studien für alle Störfallarten wie Erdbeben, Flugzeugabsturz auf den Reaktor, Sabotage usw. erforderlich. Grundsätzlich bieten die geringe Leistungsdichte (etwa 20 kW/1) und die einfache Bauweise und Entsorgung Aussichten, dass die Sicherheit gegenüber grossen Kernkraftwerken nochmals um eine Grössenordnung gesteigert werden kann.

Wieweit die politische Akzeptanz einer Aufstellung des Heizreaktors in der Nähe der Wohnsiedlungen sowie der Anschluss-Abhängigkeit von einem gemeinschaftlichen Wärmeversorgungsnetz erreichbar ist, musste in der Projektstudie naturgemäss dahingestellt bleiben.

### Wirtschaftlichkeit

Selbst wenn ein System emissionsfreie Ölsubstitution verspricht, wird es nur Aussicht auf Verwirklichung haben,

Tabelle 1. Investitionskosten und Wärmegestehungskosten

Reaktorleistung MW(th)	Spezifische Kapitalkosten Fr./kWth	Wärmegestehungskosten* Rp./kWh	
		bemannt	unbemannt
10	1880 (1500)	7,3 (6,5)	5,1 (4,3)
20	1525 (1220)	5,3 (4,7)	4,3 (3,7)
50	1160 (930)	3,8 (3,4)	3,5 (3,0)

Werte ohne Klammer: Erstanlage Werte in Klammern: Serienbauweise

\* Unter der Voraussetzung 5% Zins/a ohne Inflation, 30 a Abschreibungsdauer, mittlerer Lastfaktor = 0,5

wenn es auch wirtschaftlich vorteilhaft oder mindestens tragbar ist.

Von Anfang an wurde daher eine Auslegung angestrebt, bei welcher die Investitionskosten unter Fr. 1600.-/kW(th) gehalten werden können. In der Tabelle 1 sind die voraussichtlichen Anlagekosten und Wärmegestehungskosten zusammengefasst.

Für das eigentliche Verteilnetz ist aufgrund der Erfahrungen mit dem Refuna-Fernwärmenetz mit einem Aufwand von 3 Rp./kWh(th) zu rechnen.

Die gesamten Wärmekosten beim Verbraucher vergleichen sich also günstig mit dem Aufwand von 11 bis 15

Rp./kWh(th) bei herkömmlichen Ölheizungsanlagen.

### Weitere Forschung

Als nächste Entwicklungsstufe wird der Bau einer Prototypenanlage von 20 MW(th) Leistung z.B. auf dem Gelände des EIR in Würenlingen angestrebt. Die weiteren Entwicklungsarbeiten und die Erarbeitung des Sicherheitsberichtes sollten einen Baubeginn Ende der achtziger Jahre erlauben. Sie soll auch wesentliche Voraussetzungen für eine Typengenehmigung im Hinblick auf eine Serienfertigung schaffen.

### Literatur

- [1] Seifritz, W.: Ein heterogener Heizreaktor kleiner Leistung (10–50 MW[th]) für die nukleare Nahwärmeversorgung. EIR-Bericht Nr. 526, September 1984. Eidg. Inst. für Reaktorforschung, Würenlingen.  
[2] Walter, R.: Refuna – Regionale Fernwärmeversorgung im unteren Aaretal. Schweizer Ing. und Arch. 102 (1984), H. 41, S. 787

Das vorgestellte Projekt fand bei den interessierten Industrie- und Ingenieur-Unternehmen günstige Aufnahme. Die Firmen Gebr. Sulzer AG, Brown Boveri & Cie., Elektrowatt, Motor-Columbus sowie Bonnard & Gradel haben eine informelle Gruppe gebildet, die zusammen mit dem EIR das weitere Vorgehen prüfen soll.

Mit Ausnahme der Brennstoffelemente könnten alle Komponenten in der Schweiz entwickelt und hergestellt werden. Für die Schweiz sowie für den Export könnten genügende Stückzahlen für eine Serienfabrikation – möglicherweise ab Mitte der neunziger Jahre – erreicht werden. BP

## Konzept des Normentwurfs SIA 160

### Einwirkungen auf Tragwerke

Von Manfred Hirt, Lausanne

Am 28. September 1978 hat die damals amtierende Normkommission SIA 160 einen Antrag zur Totalrevision der Belastungsnorm an die Zentrale Normenkommission (ZNK) des SIA gerichtet. Nach einer gründlichen Bedürfnisabklärung hat die ZNK am 12. September 1979 den Beschluss zur Totalrevision und zur Bildung einer neuen Kommission gefasst. Die erste Sitzung der neuen Kommission SIA 160 fand am 24. Januar 1980 statt; im Mai 1983 lag der erste und im November 1983 der zweite Gesamtentwurf vor. Der Vernehmlassungsentwurf ist Ende Januar 1985 erschienen und kann beim SIA-Generalsekretariat in Zürich bezogen werden.

### Einleitung

Die Totalrevision wurde vor allem deshalb notwendig, weil seit 1970 eine neue Generation von Bemessungsnormen im Entstehen begriffen ist: Das Konzept der zulässigen Spannungen wird verlassen und dafür der Tragfähigkeitsnachweis eingeführt. Dieser Nachweis gestattet jedoch keinen direkten Einblick in das Verhalten im Gebrauchszustand. Zusätzliche Überlegungen in bezug auf das Ziel des Nachweises der Gebrauchsfähigkeit und der damit verknüpften Kriterien und Beschränkungen des Tragverhaltens sind

notwendig. Diese Angaben sind im Normentwurf SIA 160 und SIA 162 enthalten; abgesehen von einigen Ausnahmen fehlen sie aber in den heute noch gültigen Normen. Das Ziel der neuen Norm SIA 160 besteht in erster Linie im Bereitstellen der Angaben für die rechnerischen Nachweise der Tragfähigkeit, der Gebrauchsfähigkeit und der Ermüdung.

Der Vernehmlassungsentwurf der Norm SIA 160 gliedert sich in fünf Kapitel. In den Kapiteln 0 und 1 sind, entsprechend der üblichen Normgliederung, Angaben über den Geltungsbereich und die Bezeichnungen zu finden.

Im Kapitel 2 sind die allgemein gültigen Grundsätze und die Anforderungen an die Sicherheit und Gebrauchsfähigkeit von Tragwerken definiert, wobei die Bemessung ein Teil des übergeordneten Konzeptes darstellt.

Im Kapitel 3 sind die Grundsätze für die Berechnung und Bemessung explizit formuliert. Das Konzept und die Form des Tragfähigkeitsnachweises werden ergänzt durch die ingenieurmässige Schreibweise der Gefährdungsbilder, welche die üblichen Lastkombinationsformeln ersetzen. Die Gebrauchsfähigkeit wird anhand der Nutzungsziele, der Nutzungskriterien und der damit verbundenen Einwirkungen umschrieben. Der Ermüdungsnachweis ist so angesetzt, dass verschiedene Stufen der Verfeinerung der Berechnung möglich sind.

Im Kapitel 4 sind die Lastmodelle und deren numerische Werte für die Eigenlasten und die verschiedenen Einwirkungen aus der klimatischen und der menschlich beeinflussten Umwelt gegeben. Entsprechend dem übergeordneten Konzept der Norm sind für alle Einwirkungen die Bemessungswerte definiert oder umschrieben, und zwar für die Nachweise der Tragfähigkeit, der Gebrauchsfähigkeit und, wo notwendig, der Ermüdung. Dynamische Vorgänge werden, soweit möglich, durch