

Standortprobleme von Kernkraftwerken in der Schweiz

Autor(en): **Klaentschi, M.J.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **83 (1965)**

Heft 31

PDF erstellt am: **29.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-68220>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Zur Entlastung der Gemeinschaftsstrecke Olten-Rupperswil sehen wir vor, in Zukunft einen Teil des Südbahnverkehrs über die Bözberglinie zu führen. Wir haben den Bau eines Viaduktes über den Westkopf des Bahnhofes Brugg eingeleitet, welcher die Bözberglinie mit der Linie nach Birrfeld direkt verbindet. Auf diese Weise soll die aargauische Südbahn (die stärkstenbelastete Zufahrtslinie zum Gotthard) von Wohlen über Othmarsingen-Birrfeld und den Bözberg eine neue Verbindung mit Basel erhalten, die von der Ost-West-Transversale vollständig unabhängig ist. In dieses Programm gehört auch der Ausbau der Strecke Wohlen-Rotkreuz auf Doppelspur und die Beseitigung ihrer niveaugleichen Kreuzung mit der Linie Zug-Luzern in Rotkreuz. Mit dieser Umleitung eines Teiles des Nord-Süd-Verkehrs und insbesondere der direkten Gotthardgüterzüge über den Bözberg erfährt die heute wesentlich stärker belastete Hauensteinbasislinie eine Entlastung, die nicht nur dem Knotenpunkt Olten und der Gemeinschaftsstrecke Olten-Rupperswil, sondern auch dem Verkehr Basel-Olten-Bern-Lötschberg und Basel-Olten-Luzern zugute kommen wird.

Der Abschnitt Brugg-Zürich schliesslich kann entlastet werden durch den Bau der neuen Heitersberglinie mit der neuen zweiten Doppelspur Killwangen-Zürich.

Damit komme ich zu den Ausbauprojekten im Zürcher Raume. In Zürich selbst wird der erste Schritt darin bestehen, den mit dem Personenbahnhof eng verzahnten Rangierbahnhof herauszulösen und im Limmattal eine neue Anlage zu erstellen. Die damit in Aussicht genommene Auflockerung im Raume von Zürich, durch die neue Leitung der Güterverkehrsströme von und nach der Ostschweiz einerseits sowie von und nach der Zentralschweiz andererseits, ist ein weiteres typisches Beispiel für die angestrebte Entflechtung in stark belasteten Knoten.

Damit im Zusammenhang steht die eingeleitete Netzerweiterung durch den Bau einer neuen Verbindungslinie zwischen Oerlikon und Altstetten und den neuen geplanten Durchstich durch den Heitersberg für die direkte Verbindung von Killwangen nach Mägenwil mit anschliessendem Ausbau der alten Nationalbahnstrecke bis in den Raum von Lenzburg. Dadurch werden wir einen leistungsfähigen Anschluss aus dem Raum Limmattal an die Südbahn und an die Bözberglinie erhalten, und wir können dann den stark belasteten Abschnitt Baden-Brugg mit jenen Zügen umfahren, die dort keine Aufgaben zu erfüllen haben. Bis die Entlastung des Knotens Zürich Wirklichkeit wird, soll auch hier die neue Sicherungsanlage, die nächstes Jahr in Betrieb genommen werden soll, mithelfen, mehr als bisher aus den bestehenden Anlagen herauszuholen.

Gestatten Sie mir zum Abschluss noch einige allgemeine Bemerkungen: Ich habe einleitend darauf hingewiesen, dass die Betriebsführung als diejenige Tätigkeit eines Verkehrsunternehmens bezeichnet werden muss, welche die zur Verfügung stehenden Mittel personeller, organisatorischer und technischer Art zum Zwecke der Raumüberwindung einsetzt. Die Betriebsführung ist damit ein sehr wichtiges Teilgebiet unternehmerischer Tätigkeit. Sie bedarf der sinnvollen Ergänzung durch eine Tarifpolitik, welche den Absatz jener Leistungen fördert, die ertragreich sind und die uns die Mittel liefern, um den gemeinwirtschaftlichen Verpflichtungen, die uns auferlegt sind, genügen zu können, ohne die Eigenwirtschaftlichkeit des Gesamtunternehmens in Frage zu stellen. Das hat mit Technik nun aber nichts mehr zu tun, ist aber für das gesunde Gedeihen der Bundesbahnen von nicht geringerer Wichtigkeit.

Adresse des Verfassers: Otto Wichser, dipl. Ing. ETH, Generaldirektor SBB, Bern.

Standortprobleme von Kernkraftwerken in der Schweiz

Von M. J. Klaentschi, dipl. Ing. ETH, Baden

DK 621.093.006

Zusammenfassung

Standortprobleme von Kernkraftwerken umfassen einen weiten Bereich von Fragen, die sich gegenseitig beeinflussen. Es wurde versucht, auf Grund von Annahmen über Reaktortyp, Art der Kühlung und unter Berücksichtigung der bekanntesten Sicherheitsempfehlungen für Kernkraftwerksstandorte, die Regionen in der Schweiz abzugrenzen, die für solche Standorte in Betracht gezogen werden könnten. Die Leistungsgrösse des Kernkraftwerkes wurde auf 200 MWe¹⁾ festgesetzt. Zusätzlich zu untersuchende Problemkreise werden kurz erwähnt.

Es zeigt sich, dass in der Schweiz bei Annahme von Flusswasserkühlung solche Standorte nur in beschränkter Zahl vorhanden sind. Werke mit einer Einheitsleistung von 1000 MWe sind nur an den Unterläufen von Rhein, Aare und Rhone möglich. Die Frage der Kraftwerksfolge am gleichen Flusslauf wird erwähnt und auf die Vorteile weniger Kernkraftwerke von möglichst grosser Gesamtleistung hingewiesen. Weiter werden Detailuntersuchungen verschiedener Fragenkomplexe im Rahmen von Standortsplanungen für Kernkraftwerke in der Schweiz angeregt.

1. Einleitung

In der kurzen Zeitspanne von zwanzig Jahren, die seit der Inbetriebsetzung der ersten Reaktoranlage verflossen sind, hat sich bereits eine ansehnliche Erfahrung im Betrieb solcher Anlagen angesammelt. Wie Tabelle 1 zeigt, erreichte Ende 1963 die Betriebszeit sämtlicher Reaktoranlagen über 500 Reaktorjahre. Fachleute und Öffentlichkeit sind sich der Möglichkeiten, die die Kernenergie zu bringen in der Lage ist, gewahr geworden und setzen sich mit den Fragen der Kernenergie auseinander. Mit der wachsenden Zahl von Reaktoranlagen wächst auch das Bedürfnis nach einer Überprüfung und Vereinfachung der Empfehlungen über die Reaktorsicherheit, der Umhüllung und der Standortvorschriften [1]. Die Zunahme der Reaktorbetriebszeit und die damit gegebene umfassendere Erfahrung bringen weitere wertvolle Grundlagen in dieser Hinsicht. Die bekannt gewordenen guten Erfahrungen mit Kernkraftwerken helfen, Vertrauen und Verständnis der Öffentlichkeit zu vertiefen und legen so Grundlagen für eine fruchtbare Mitarbeit. Die wirtschaftlichen Vorteile, die sich beim Bau von Kernkraftwerken ergeben, die keine Luftverschmutzung bringen, also nahe bei Lastzentren aufgestellt werden können, erwecken

das Interesse von weiten Bevölkerungskreisen. Trotzdem ist bei der Festlegung von Standorten immer wieder mit lokaler Opposition zu rechnen. Vermehrte Aufklärung über die Sicherheit von Kernkraftwerken und deren Standortmöglichkeiten erscheinen daher nötig. Die vorliegende Studie soll ein Beitrag zur Klärung der Frage nach den in der Schweiz möglichen Standorten von Kernkraftwerken sein.

Die Wahl des Standortes eines Kernkraftwerkes ist von einer Reihe von Grössen abhängig, die nachfolgend näher betrachtet werden sollen.

2. Leistung des Kraftwerkes bei Vollausbau und Inbetriebsetzungs-Termin

Die Gesamtleistung kann bestimmt werden auf Grund von Abschätzungen über den künftigen Strombedarf. Im Rahmen des gesamtschweizerischen Verbrauchs wurde, ausgehend von den vorhandenen statistischen Unterlagen, von der Motor-Columbus-Aktiengesellschaft in Baden eine derartige Prognose aufgestellt [2]. Das Resultat zeigte, dass abgesehen von kurzzeitigen, die Dauer von drei Jahren nicht übersteigenden Perioden, die Produktion elektrischer Energie in den letzten 50 Jahren eine jährliche Zuwachsrate von 5,9% aufweist. Dieser Wert ermöglichte die Abschätzung des zukünftigen Bedarfs. Unter Einschluss der bekannten thermischen Kraftwerkbauprojekte und der ausbauwürdigen Wasserkraftanlagen kann angenommen werden, dass in den nächsten 8 bis 10 Jahren drei Kernkraftwerke von 250 MWe Einheitsleistung zu bauen sein werden, dass diese in der Periode von 1973 bis 1980 durch drei weitere Einheiten von 500 MWe ergänzt werden müssen und dass bereits im Jahre 1980 Einheitsleistungen von 1000 MWe vorzusehen wären. Die für die Bestimmung des Standortes massgebende Einheitsleistung ist demnach heute etwa 250 MWe, mindestens aber 200 MWe, was der unteren Grenze der Wirtschaftlichkeit erprobter Reaktoren entspricht.

Tabelle 1. Reaktorbetriebsjahre

Jahr	Reaktorbetriebsjahre
1943	0
1950	25
1955	75
1960	250
1963	520

¹⁾ e weist hin auf elektrische Abgabeleistung.

Die Termine zur Inbetriebsetzung dieser 250 MWe-Anlagen werden also 1968/69 für das erste, 1971 bzw. 1973 für die zwei weiteren Kraftwerke sein. Diese relativ kurze Zeitspanne wird die Reaktorwahl massgebend beeinflussen. Für die Einheiten von 500 MWe, die zu einem späteren Zeitpunkt zum Einsatz kommen, ist die Wahl des Reaktors noch offen.

3. Reaktortyp

Die Auswahl bewährter Reaktoren für Kernkraftwerke ist heute noch sehr klein, wenn man sich dabei auf solche mit ausgewiesener Betriebsstatistik konzentrieren will. Einzig die amerikanischen Leichtwassertypen des Druckwasser- (PWR) und Siedewasser-Reaktors (BWR) sowie die gasgekühlten Reaktoren der Calderhall-Familie können dieser Anforderung genügen. Für schweizerische Verhältnisse kommt der kapitalintensive, gasgekühlte Typ aus wirtschaftlichen Gründen für die erste Phase von Kernkraftwerken kaum in Frage. Die Wahl wird sich also auf die beiden Leichtwasser-Typen beschränken. Welcher der beiden schliesslich zum Einsatz kommen wird, ist für unsere Betrachtung der Standortparameter weniger wichtig. Beide haben einen relativ bescheidenen thermischen Wirkungsgrad und benötigen ähnliche Kühlwassermengen, können also am gleichen Standort gebaut werden.

Der vorliegenden Betrachtung liegt eine Kraftwerkleistung von 200 MWe zugrunde. Vom Kühlwasser sind bei beiden Leichtwasser-Typen je insgesamt $3,6 \cdot 10^8$ kcal/h abzuführen.

4. Art der Kühlung

Grundsätzlich stehen verschiedene Kühlsysteme zum Abtransport der anfallenden Restwärme thermischer Kraftwerke zur Verfügung, von denen hier nur die direkte Kühlung mit Fluss- oder Seewasser und die kombinierte Kühlung Wasser-Luft im Kühlturm erwähnt seien. Wir haben uns vorerst auf die Flusswasserkühlung beschränkt. Die Flüsse sind weitgehend selbstreinigend. Die verfügbaren Wassermengen reichen für das Abführen der Verlustwärmern von thermischen Kraftwerken für eine längere Periode aus. Auf die Nutzung von Seewasser wurde verzichtet, da die Probleme der Wasserbiologie in Seen noch zu wenig geklärt sind.

In Rechnung gesetzt werden die nach dem «Hydrographischen Jahrbuch der Schweiz 1962» [3] ausgewiesenen *minimalen Tagesmittel* der gesamten Messperiode des jeweiligen Flusses. Es wurde also Ganzjahresbetrieb bei minimaler Wasserführung angenommen. Je nach geplantem Betriebsprogramm des zu erstellenden Kraftwerkes könnten andere Kriterien für die Wahl der Wassermenge am Platze sein, wie z. B. eine minimale mittlere Wasserführung über 90% der Jahresperiode usw. Das in dieser Betrachtung gewährte «Minimale Tagesmittel» ermöglicht aber, eine Abgrenzung von möglichen Standorten unter gleichen Voraussetzungen für die ganze Schweiz durchzuführen.

Mit Ausnahme von § 2 des Eidg. Gewässerschutzgesetzes, der allerdings auch nur allgemeine Vorschriften enthält, bestehen keine Vorschriften oder Empfehlungen über die zulässige, lokale Temperaturerhöhung von Fluss- und Seewasser. Nach unserer Kenntnis aus Literatur und persönlichen Erkundigungen bei Fachleuten des Gewässerschutzes und der Planung [4] sind derartige Fragen noch offen. Ebenfalls offen sind die damit zusammenhängenden Probleme über biologische Änderungen, speziell über die Mikrobiologie, sowie über

Rückwirkungen auf die Grundwasserverhältnisse. Ob eine lokale Veränderung der Flusswassertemperatur auch klimatische Auswirkungen haben kann, sei auch offengelassen. Bei ruhendem Gewässer ist diesem Punkt vermehrte Aufmerksamkeit zu schenken. Es hat sich gezeigt, dass an den Grundlagen des gesamten Fragenkomplexes Gewässernutzung und Gewässerschutz intensiv gearbeitet wird, dass aber noch ausserordentlich viele Probleme unbearbeitet sind.

In unserem Falle der einfachen Entnahme und Rückgabe von nicht kontaminiertem Flusswasser wurde als zulässiger Wert für die lokale Erwärmung des Flusses 5°C angenommen. Dass dieser Wert nicht unvernünftig ist, sei an dem kürzlich bekanntgewordenen Wert von $9,8^\circ\text{C}$ für die effektive Flussaufwärmung im Falle des Kernkraftwerkes Oberrhein dokumentiert. Dort wird ein Druckwasserreaktor von 270 MWe gebaut. Das Werk bezieht sein Kühlwasser aus dem Neckar, dessen Mindestwasserführung $20\text{ m}^3/\text{s}$ beträgt. Mit der auf 5°C festgelegten zulässigen lokalen Flusswärmung und der oben zu $3,6 \cdot 10^8$ kcal/h angegebenen Wärmemenge ergibt sich eine minimal nötige Kühlwassermenge von $20\text{ m}^3/\text{s}$.

Die Abgrenzung der möglichen Gebiete der Schweiz für Kernkraftwerke von 200 MWe Leistung ist also festgelegt durch Flussregionen, deren minimales Tagesmittel $20\text{ m}^3/\text{s}$ nicht unterschreitet. In Bild 1 sind diese Grenzen für das Gesamtgebiet der Schweiz eingezeichnet. Sie liegen für die Aare bei Thun, den Rhein bei Ragaz, die Rhone bei Martigny, die Reuss bei Mühlau und für die Limmat bei Zürich. Näher der Quelle liegende Regionen sind für Flusswasserkühlung ungeeignet. Wie erwähnt, sind die Seen bei dieser Betrachtung nicht einbezogen worden.

Von den verschiedenen bei Flusswasserkühlung auftretenden Problemen sei hier lediglich die Frage betrachtet, wie gross der Abstand zwischen den am gleichen Flusslauf liegenden Werken sein muss, damit sich das Wasser dazwischen genügend abkühlen kann. Hiefür sollten Richtlinien über eine minimale Abkühlungsstrecke sowie eine Konvention über die maximal zulässige Übertemperatur zum Normalwert des Flusses aufgestellt werden. Analysen über den Wärmehaushalt einzelner Flussregionen wären nötig. Dass hier wiederum Arbeiten über Wasserbiologie und klimatische Rückwirkungen miteinzubeziehen wären, sei nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

Um eine Richtgrösse für diesen Problemkreis zu erhalten, wurden Überschlagsrechnungen über Abkühlungsstrecken für die Aare durchgeführt. Unter Berücksichtigung der Wärmeabgabe durch Abstrahlung, Konvektion und Verdunstung und unter der Annahme, dass die Flusstemperatur bei sich folgenden Kraftwerken jeweils auf den ursprünglichen Betrag abgeklingen sein muss, also keine Übertemperatur zulässig sei, ergaben sich die in Tabelle 2 zusammengestellten Richtwerte.

Diese sehr primitive Abschätzung weist bereits darauf hin, dass eine seriöse Abklärung der Abkühlungsverhältnisse notwendig sein wird, und dass eine beliebige Standortfolge nicht möglich ist. Ferner zeigt sich, dass die gesamte Ausbauleistung beschränkt ist, und zwar im obigen Fall zwischen 2600 und 600 MWe. Schliesslich ist festzustellen, dass die wirtschaftlichste Nutzung und damit auch der kleinste Eingriff in die Natur durch die Planung weniger, grosser Kraftwerke erreicht wird und nicht vieler kleiner. Eingehende Studien über diese Frage sind bei Motor-Columbus in Arbeit.

5. Einspeiseort ins Verbundnetz

Obschon die Netzzentren in der Schweiz weitgehend geplant sind, ist im Hinblick auf die zukünftige Energieverteilung die Frage des Einspeiseortes von Anlagen grosser Einheitsleistungen zu klären. In diesem Bericht wird sie nur erwähnt, nicht aber behandelt.

6. Sicherheitsfragen

Da über diese Fragen eingehende Berichte und zahlreiche Publikationen vorliegen, können wir uns auf die Wahl der Kriterien über die nukleare Sicherheit beschränken, die im vorliegenden Fall für die Standortsabgrenzung von Kraftwerken in der Schweiz massgebend waren. Als Unterlagen wurden Empfehlungen der USA [1], [5] und Kanadas [6] verwendet.

Bei einem Kernkraftwerk von 600 MWt (thermisch, d. h. rund 200 MW elektrisch) mit einfachem containment gilt zur Zeit als Radius der Sicherheitszone, in der nur eine kleine Bevölkerungsdichte zugelassen wird, 11,5 km. Weiter wird eine «Arealgrenze» von rund 610 m Radius festgelegt, die nicht besiedelt sein soll. Von jeder Re-

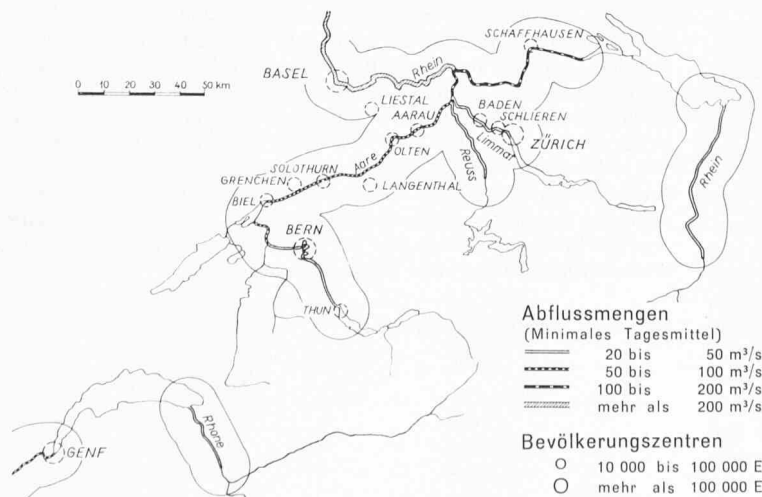


Bild 1 Mögliche Standorte für Kernkraftwerke von 200 MWe mit Flusswasserkühlung

Tabelle 2. Ungefähre Richtwerte für die Abkühlungsstrecke bei Kernkraftwerken von 200 MWe an der Aare von Thun bis Koblenz

Fall		A ¹⁾	B ²⁾
<i>Abkühlungsstrecken</i>			
zwischen Thun und Brugg	km	18	100
zwischen Brugg und Koblenz	km	10	50
<i>Anzahl Werke</i>			
Thun-Bern	—	1	1
Bern-Hagneck	—	3	
Biel-Brugg	—	7	1
Brugg-Koblenz	—	2	1
Total ³⁾	—	13	3

1) Fall A. Wassertemperatur 10 °C; Luft 15 °C; Luftfeuchtigkeit 0%

2) Fall B. Wassertemperatur 10 °C; Luft 11 °C; Luftfeuchtigkeit 100%

3) Bei minimalem Tagesmittel des Durchflusses und unveränderter Wassertemperatur vor jedem Kraftwerk

duktion dieser Werte wurde abgesehen. Es wird erst im konkreten Fall möglich sein, durch geeignete bauliche Mittel oder die Planung von Kavernen die Frage der nuklearen Sicherheit genauer zu beantworten.

Beim *Strahlenschutz* erscheinen vor allem drei Kriterien wichtig, die bei der Wahl des Standortes von Kernkraftwerken berücksichtigt werden müssen, nämlich der Schutz bei Normalbetrieb²⁾, der Fall des «grössten noch glaubhaften Unfalls» (Maximum credible Accident³⁾) und der Fall, wo Gefahrenmomente im Zusammenhang mit äusseren Ereignissen auftreten.

Es ist unerlässlich, dass diese Gesichtspunkte aufs gründlichste untersucht und ihre Rückwirkungen auf die Wahl des Standortes abgeklärt werden. Die beiden ersten Punkte stehen in engstem Zusammenhang mit dem Reaktortyp und sind in unserem Falle, wo nur die potentiellen Standortgebiete abzugrenzen sind, unwesentlich. Der letzte Punkt, die dem Kraftwerk von der Umgebung drohenden Ge-

²⁾ Die betriebsinterne Strahlenüberwachung muss funktionieren; Transporte zum und vom Kraftwerk müssen vorschriftsgemäss organisiert sein; die routinemässige Lagerung für kontaminierten Abfall muss vorhanden sein.

³⁾ Man versteht darunter den Unfall, der mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit noch eintreten könnte. (In den USA erteilt die AEC die Baubewilligung auf Grund dieses Kriteriums.) Die Annahme könnte dabei wie folgt formuliert sein: «Sehr unwahrscheinlicher aber nicht auszuschliessender Fall eines Bruches des Reaktorsystems mit Freiwerden von Spaltprodukten. Die Reaktorhülle (Containment) muss derart ausgelegt werden, dass sie einen derartigen Unfall unbeschädigt übersteht, auftretende Spaltprodukte zurückhält und sie nur in derart geringer Menge nach aussen abgibt, dass die Strahlendosis innerhalb der Toleranzgrenze bleibt.»

Tabelle 3. «Rangliste» möglicher Kernkraftwerkstandorte

Rang	Ort	S
1	Koblenz	2830
2	Chancy	1660
3	Kaiserstuhl	1042
4	Rheinfelden	1000
5	Stilli	377
6	Kallnach	296
7	Schaffhausen	213
8	Mumpf	201
9	Colombey	166
10	Arch	162
11	Brugg	161
12	Murgenthal	144
13	Ragaz	121
14	Basel	113
15	Rorschach/Rheineck	112
16	Biel	110
17	Sennwald	109
18	Mühlau	101
19	Gerzensee	94
20	Genf	76
21	Thun	54
22	Baden	43
23	Bern	14
24	Zürich	6

fahren, wie Überflutung, Erdbeben, Erdbeben usw., kann erst dann abgeklärt werden, wenn die Wahl des Standortes zur Diskussion steht, was ebenfalls ausserhalb des uns mit der vorliegenden Arbeit gesteckten Rahmens liegt.

Bei der Wahl des Standortes ist durch Kombination von geographischer Lage und konstruktiven Massnahmen diesen Kriterien Rechnung zu tragen. So sollten Kernkraftwerke wenn immer möglich nicht in Gebieten mit Grundwasserproblemen oder nicht in der Nähe von Wasserscheiden gebaut werden.

Die in Bild 1 abgegrenzten Gebiete möglicher Standorte für Kernkraftwerke wurden durch die oben erwähnten nuklearen Sicherheitsparameter ergänzt und vervollständigt. Als «Radius für kleine Bevölkerungsdichte» sind dabei 12 km angenommen worden. Es wurden dann für die in Bild 1 abgegrenzten Gebiete die Bevölkerungsdichten bestimmt und die günstigsten Gebiete für Kernkraftwerke mit Hilfe einer *spezifischen Kühlwasserrate S⁴⁾* zu klassieren versucht. Grösste Kühlwassermenge bei kleinster lokaler Bevölkerungsdichte⁵⁾ im Radius von 12 km wäre anzustreben. Eine Rangfolge der Gebiete, die für Kernkraftwerkstandorte geeignet wären, ist in Tabelle 3 zusammengestellt.

Mit Tabelle 3 ist somit eine gewisse Priorität für Untersuchungen spezifischer Standorte festgelegt. Dass hier Fragen politischer Natur, wie die Nähe der Grenze oder die Probleme der Distanz zu Gebieten hoher Bevölkerungsdichte usw. im einzelnen abzuklären sind, ist selbstverständlich, liegt aber ausserhalb des Rahmens dieser Betrachtung.

7. Gewässer- und Naturschutzfragen

Wie wir bereits im Abschnitt über Flusswasserkühlung erwähnt haben, ist bei der Planung von Kernkraftwerken engste Zusammenarbeit mit den für den mengen- und gütemässigen Schutz des Wassers verantwortlichen Ämtern unumgänglich. Dazu ist mit diesen frühzeitig Kontakt zu nehmen, um allfällig nötige Untersuchungen festzulegen und Planungsanpassungen besprechen zu können.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass sämtliches Abwasser, das ein Kernkraftwerk verlässt, unter besonders strenger Überwachung auf Kontamination steht, so dass von einer Verschmutzungsgefahr nicht die Rede sein kann. Ähnlich strenge Vorschriften müssen in Betracht gezogen werden, wenn der Standort des Kernkraftwerkes in unmittelbarer Nähe oder sogar im Gebiete der natürlichen Grundwasserströme liegt. Im engen Zusammenhang damit liegt die Berücksichtigung der vorhandenen oder geplanten Versickerungsgebiete. Mit der Aufzählung dieser wenigen Punkte ist bereits gezeigt, dass Gewässer- und Naturschutzfragen in der Gesamtplanung von Standorten für Kernkraftwerke einen massgebenden Einfluss haben werden.

8. Transportfragen

Die grösste Einheit, die bei einem Leichtwasserreaktor von 200 bis 250 MWe zu transportieren wäre, ist der Reaktorkessel. Dimensionen und Gewichte sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

Der für die Schweiz geplante *Exportweg* ist also genügend dimensioniert. Die Abklärung des Transportes bis zum effektiven Standort wird zusätzliche Untersuchungen nötig machen. Ganz allgemein ist für die Schweiz eine Beschränkung von Transporten durch die folgenden Gesichtspunkte gegeben:

a) *Bei der Bahn:* Einschränkung durch den maximalen Profildurchmesser von 4,27 m und die Wagenlänge von rund 20 m des vorhandenen, 18-achsigen Tiefladers für 262 t Transportgewicht.

b) *Für Strassentransport:* Durch maximale Tragkraft von 300 t oder 30 t/Achse für Einzelroller und die maximale Profilhöhe von 4,60 m sowie Strassenengpässe, Unterführungen, Brücken usw.

⁴⁾ Definition: $S = Q/d$ (l/s/10³ E/km²). Hierin bedeuten Q minimaler Tagesdurchfluss in l/s, d 1000 Einwohner pro km².

⁵⁾ Zum Teil sind Statistiken vorhanden, zum Teil mussten Schätzungen gemacht werden.

Tabelle 4. Dimensionen des Reaktorkessels, Leistung 200-250 MW

Reaktortyp		Siedewasser	Druckwasser
Durchmesser	m	4,9	3,7
Länge	m	16,0	11,2
Gewicht	t	250	200

c) Für die Rheinschiffahrt: Durch Entladekran von 300 t sowie die maximale Schlepperladebreite von 7,2 m bei rund 20 m Ladelänge.

Literaturverzeichnis

- [1] Reactor Site Criteria, 10 CFR 100, Federal Register Document 62-3523, April 11, 1962
- [2] La Production d'Énergie Électrique en Suisse, Transition hydraulique-nucléaire. MC 641130.

- [3] Eidg. Amt für Wasserwirtschaft, Hydrograph. Jahrbuch 1962
- [4] Auskünfte des Gewässerschutzamtes des Kantons Aargau.
- [5] Site Requirements for Large Nuclear Stations. ASME 62-WA-33.
- [6] Reactor Siting 64-CNA-116.
- [7] W. R. Kaegy, «Neue Technik», 10/1961, Economic & other Environmental considerations in Reactor evaluation.

Adresse des Verfassers: M. J. Klaentschi, dipl. Ing. ETH, Motor-Columbus AG, Baden AG.

Forschung in den USA über Verbindungsmittel des Holzbaues

DK 624.011.1.001.6

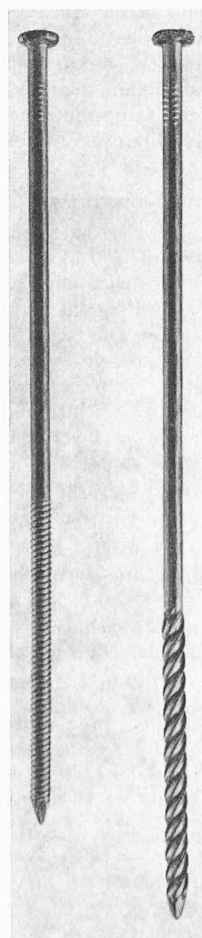
Von H. Strässler, dipl. Ing., EMPA, Dübendorf

Im Imperial College London fand Ende März 1965 die zweite internationale Diskussionstagung über Holzverbindungen statt. Einer der interessantesten Beiträge war derjenige von Prof. Stern (Virginia Polytechnic Institute, Blacksburg USA) über amerikanische Forschungsarbeiten. Viele der Untersuchungsergebnisse sind auch für die schweizerischen Holzkonstruktoren sehr aufschlussreich; es werden daher nachfolgend einige der wichtigsten Erkenntnisse zitiert und z.T. kurz kommentiert. Eine vollumfängliche Wiedergabe des Stern'schen Berichtes ist nicht möglich, denn dieser umfasste über 50 Seiten. Am 9. April 1965 trug Prof. Stern in der ETH Zürich eine Kurzfassung seines Londoner Beitrages vor.

Nach Schätzungen der Nationalökonomien müssen, um den jetzigen Lebensstandard der USA zu gewährleisten, in rund 30 Jahren von allen Bedarfsartikeln doppelt soviel wie heute zur Verfügung stehen. Diese Voraussage bezieht sich auch auf Nahrung, Kleidung und Wohnung. Jahr für Jahr müssen daher gegen 2 Millionen Wohnungen erstellt werden. Als Baumaterial wird Holz bevorzugt. Die einzelnen Elemente gelangen meist vorgefertigt auf die Baustelle und werden dort durch ungelernete Arbeitskräfte innert kurzer Zeit zusammengefügt. Tragfähigkeit und Stabilität von Holzbauten sind aber sehr wesentlich durch die Verbindungen bedingt; die technische Qualität einer Holzkonstruktion wird massgebend durch das Verbindungsmittel bestimmt. Nach Angaben Prof. Sterns würden zum Bau eines typischen amerikanischen Einfamilienhauses von rd. 110 m² Grundfläche, mit 3 Schlaf- und 2 Badzimmern, Garage und durchgehender Betonfundamentplatte i. M. 45000 Verbindungsmittel benötigt. Diese Holzverbinder kosten total rund 50 Dollars und ihre Montage erfordert knapp 70 Arbeitsstunden (was etwa 200 Dollars Lohnkosten entspricht). Im Einzelfall mögen diese Zahlen nicht stark beeindruckend sein, multipliziert man aber die Werte mit 1650000 (= Zahl der im Jahr 1964 in den USA erbauten Wohnungen in Holzbauweise), so wird deutlich, welchen Einfluss die Wahl des verwendeten Verbindungsmittels und die Art der Montage auf die totalen Bauzeiten und -kosten ausüben. In den letzten Jahren wurde daher die amerikanische Forschung an Holzverbindungen stark intensiviert und zwar auf breiter Basis.

Die Untersuchungen auf dem Gebiet der Nagelung sind wohl die umfangreichsten. Die im Polytechnic Institute entwickelten Schraubennägel (Bild 1) weisen gegenüber den Nägeln mit geradem Schaft und rundem Querschnitt einen ganz beträchtlich höheren Auszieh-widerstand auf, vor allem bei Hirnholz-nagelung. Dieser Widerstand wird beim

Trocknen des Holzes eher noch gesteigert, während bei den geraden Rundnägeln eine Einbusse bis 80% auftreten kann. In Amerika wird dem Auszieh-widerstand z. T. eher eine zu grosse Bedeutung beigemessen, in Europa kümmert man sich zu wenig darum. Es zeigt sich immer wieder, dass in der Baupraxis die Tragfähigkeit in Schaftrichtung zu hoch eingeschätzt wird. Dieser Optimismus hat schon zu manchen Bauschäden geführt. - Die Bestimmung des Auszieh-widerstandes ist aber nicht die einzige Versuchsart, welche die amerikanischen Laboratorien an Nägeln durchführen. Ermittelt werden z. B. auch die Tragfähigkeit und Steifigkeit bei seitlicher Beanspruchung, die Knick- und Biegefestigkeit der Nägel, der Widerstand gegen ein Durchziehen des Nagelkopfes usw. Es sind Forschungen hinsichtlich der Oberflächenbehandlung im Gange und man sucht nach demjenigen Mittel, das sowohl ein leichteres Einschlagen als auch eine höhere Haftkraft und einen ausreichenden Korrosionsschutz bietet. In Europa wurde zwar auch eine Unmenge von Versuchen an Nägeln durchge-



Links: Bild 1. Schraubennägel.
Rechts: Nagel mit grosser Gewindesteigung. Dieser Nagel schneidet beim Eintreiben Gewinderillen ins Holz; er lässt sich wieder herausdrehen
Links: Nagel mit geringer Gewindesteigung. Infolge des sog. «Schultereffekts» hält der Nagel fest im Holz. Ohne Beschädigung des Holzes ist kein Herausziehen möglich

Rechts: Bild 2. Metall-Formstücke der Timber Engineering Company («TECO») zur Verbindung von Holzteilen

