

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 57 (1966)  
**Heft:** 3  
  
**Rubrik:** Mitteilungen SEV

### **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:** 03.04.2026

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

eine Angelegenheit der Wirtschaftlichkeit. Wenn man sich aber vergegenwärtigt, dass die PCM im allgemeinen über eine vorgängige PAM gewonnen wird, kann man sich vorstellen, dass der elektronische Leitungsdurchschalter bereits teilweise in der PCM-Endausrüstung enthalten ist. Es handelt sich nur darum, die einzelnen eine Verbindung wünschenden Teilnehmer zeitlich richtig an die Codierungseinrichtung anzuschalten. Wieviele Teilnehmer angeschlossen werden können, hängt vom Verkehrswert und dem in Kauf genommenen Verlust ab. Hundert dürfte in vielen Fällen eine vernünftige Zahl sein.

In Fig. 9 ist schliesslich angedeutet, wie eine grössere Zentrale realisiert werden könnte, indem man die Zahl der PCM-Systeme anwachsen lässt. Natürlich wird in diesem Falle die reine Zeitmultiplex-Vermittlung in der Zentrale wesentlich schwieriger, da mit zunehmendem Verkehr die pro Kanal zur Verfügung stehende Zeit kleiner wird. Unter Umständen wird man bei sehr grossen Zentralen wieder teilweise auf das Raummultiplexprinzip zurückgreifen, allerdings ohne dabei die Einzelkanäle zu decodieren und neu zu codieren.

Es würde den Rahmen dieser Ausführungen sprengen, wollte man auf die vielfältigen Probleme näher eingehen,

die sich bei der Realisierung solcher integrierter Systeme stellen. Auch fehlt ja im heutigen Zeitpunkt die praktische Erfahrung, denn es ist nicht anzunehmen, dass sich irgendwo auf der Welt derartige Systeme bereits im praktischen kommerziellen Einsatz bewährt haben. Aber die Möglichkeiten, die sich eröffnen, rechtfertigen einen intensiven Forschungs- und Entwicklungsaufwand. PCM ist sicher eines der Mittel, um die eingangs erwähnten Ziele zu verwirklichen.

#### Literatur

- [1] *W. Neu*: Some Techniques of Pulse Code Modulation. Bull. SEV 51(1960)20, S. 978...987.
- [2] *C. G. Davis*: An Experimental Pulse Code Modulation System for Short-Haul Trunks. Bell Syst. techn. J. 41(1962)1, S. 1...24.
- [3] *W. Bleickardt*: Der Einfluss der Quantisierung in PCM-Systemen. Dissertation ETH 3425, Zürich 1963.
- [4] *P. Mornet, A. Chatelon und J. Le Corre*: Anwendung der Pulscode-modulation in einem integrierten Fernsprechnetz. 1. Teil: Vorteile der Pulscode-modulation. 2. Teil: Übertragungstechnik — Codierung. 3. Teil: Vermittlungstechnik. Elektr. Nachr.wesen 38(1963)1, S. 5...37.
- [5] *E. M. Deloraine und A. H. Reeves*: The 25th anniversary of pulse code modulation. Part 1: Historical Background. Part 2: The Past, Present and Future of PCM. IEEE Spectrum 2(1965)5, S. 56...63.

#### Adresse des Autors:

Dr. sc. techn. *J. Bauer*, Direktor der Hasler AG, Belpstrasse 23, 3000 Bern 14.

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Gewässerschutz und Abwasserreinigung

[Nach *W. von der Emde*: Gewässerschutz und Abwasserreinigung, Österr. Wasserwirtschaft 17(1965)7/8, S. 165...170]

628.3

Zwischen Abwasserreinigung und Gewässerschutz bestehen enge Beziehungen, da durch die Reinigung der Abwässer ein wesentlicher Beitrag zum Schutz der Gewässer geleistet wird. In fliessenden Gewässern, in welchen genügend gelöster Sauerstoff zur Verfügung steht, erfolgt eine natürliche Selbstreinigung in Form eines aeroben biologischen Umbaus. Dabei wird der vorhandene organische Kohlenstoff der Schmutzstoffe von Bakterien unter Verwendung von Sauerstoff zum Zellaufbau verwendet. Die Verbrennung eines Teiles des Kohlenstoffes liefert gleichzeitig die für diese Arbeit nötige Energie. Sobald die verwertbaren organischen Abwasserbestandteile in lebende Bakterienmasse übergeführt sind, beginnt der Zellaufbau. Jetzt wird die körpereigene Zellsubstanz oxydiert und Kohlendioxyd ausgeschieden, bis die nicht abbaubaren Reste übrigbleiben, welche nur noch etwa ein Fünftel des ursprünglichen Kohlenstoffes enthalten. Trotzdem von den gewöhnlichen Bakterien nur der Kohlenstoff umgebaut wird, welcher für den Zellaufbau verwendet werden kann, so werden manche Industrieabwässer auch von speziellen Mikroorganismen abgebaut unter der Voraussetzung, dass die Umweltbedingungen stabil sind und die Fliesszeit genügend gross.

Wenn es bei sehr langsam fliessenden Gewässern zum eigentlichen Absetzen von Schmutzstoffen kommt, tritt in der Schlamm-schicht am Boden sehr rasch der Fall ein, dass kein gelöster Sauerstoff mehr zum Umbau zur Verfügung steht. Dieser kann daher nur unter anaeroben Verhältnissen erfolgen. Dabei werden die organischen Bestandteile des Schlammes durch Bakterien verflüssigt und in organische Säuren übergeführt. Dann werden die organischen Säuren abgebaut und es entstehen die Gase Methan und Kohlendioxyd. Der anaerobe biologische Umbau dauert länger als der aerobe und ist wie dieser stark temperaturabhängig.

Beide Verfahren der Natur werden bei den künstlichen Abwasserreinigungsanlagen angewendet. Nach einer mechanischen Reinigung in Absetzbecken wird der aerobe biologische Umbau

vor allem in Belebungsbecken und Tropfkörperanlagen vorgenommen. Auf den Steinen des Tropfkörpers siedeln sich Mikroorganismen an, welche einen biologischen Rasen bilden. In diesem findet auch ein weitgehender Zellaufbau statt. Die entstandenen Schlammstoffe werden dann in beheizte Faulbehälter gepumpt, wo die anaeroben Prozesse stattfinden. Eine hohe Schlammkonzentration im Wasser ist erwünscht, denn sie fördert den Umbau und verkürzt die Aufenthaltszeit in den verschiedenen Stufen. Die Schlammmineralisation benötigt mit einer Faulzeit von etwa 10 Tagen am längsten und erfordert entsprechend grosse und teure Anlagen. Durch verschiedene Verfahren wie Schlamm-trocknung im Vakuum oder Nassverbrennung wurde versucht, die Wirtschaftlichkeit zu erhöhen. Durch geschickte Aufeinanderfolge der verschiedenen Reinigungsstufen gelingt es heute Anlagen zu bauen, deren Kosten bei weitem nicht proportional mit dem erzielten Reinigungsgrad steigen. Das grösste Problem bilden immer noch die Industrieabwässer, welche am besten direkt an der Anfallstelle gereinigt werden.

*A. Baumgartner*

### Kernkraftwerk MZFR mit Mehrzweckforschungsreaktor in Karlsruhe

621.039.577 : 621.311.25

[Nach einer Presseorientierung der Siemens-Schuckertwerke AG, Erlangen]

#### 1. Einleitung

Im Kernforschungszentrum Karlsruhe-Leopoldshafen ist am 29. September 1965 der Mehrzweckforschungsreaktor (MZFR) zum ersten Male kritisch geworden. Dieser Forschungsreaktor, der für eine elektrische Nennleistung von 50 MW ausgelegt wurde, ist der z. Z. weltgrösste, betriebsbereite Natururan-Druckkesselreaktor mit Schwerwassermoderierung und -Kühlung. Der MZFR soll primär als Forschungswerkzeug für die Wissenschaft dienen, was durch die Wahl seines Standortes auf dem Areal des Kernforschungszentrums Karlsruhe klar dokumentiert ist. Er soll aber auch als Produzent elektrischer Energie einsetzbar sein, die – soweit sie nicht für das Forschungszentrum verwendet wird – an die staatliche Badenwerk AG geliefert und in deren Verbundnetz gehen wird.

Tabelle I

<i>Allgemeine Daten</i>	
1. Reaktortyp	Natururan, schwerwassermoderiert und gekühlt, Druckkessel
2. Anlagezweck	Forschung und elektrische Energieerzeugung
3. Nennleistung:	
Thermische Leistung des Reaktors	200 MW
Elektrische Nettoleistung, gemessen an den Spannungsklemmen des Maschinentransformators	50 MW
4. Anlagewirkungsgrad	?
5. Standort	Kernforschungszentrum Karlsruhe bei Leopoldshafen (Westdeutschland)
6. Besitzer und Betreiber der Anlage	Gesellschaft für Kernforschung mbH/MZFR
7. Reaktorplanung und Ausführung	Siemens-Schuckertwerke Berlin-Erlangen
8. Betriebszustand heute	Vorbereitung auf Lastbetrieb
9. Baugeschichte	Vertragsabschluss: 22. Dezember 1961 Reaktor kritisch: 29. September 1965
<i>Reaktorkern</i>	
10. Anzahl der Kühlkanäle (je 2 Brennelemente)	121
11. Anzahl der Versuchskanäle Bestrahlungskanal	6 1
12. Kernladung	13,5 t
13. Brennstoffwechsel	im Betrieb
14. Moderator	D <sub>2</sub> O
<i>Brennelement</i>	
15. Brennstoff	UO <sub>2</sub> -Natururan
16. Brennelementhülle	?
17. Brennelementaufbau	
Anzahl Brennelementsäulen	115
Anzahl gekoppelte Brennelemente pro Säule	2
Anzahl Brennelementstäbe pro Brennelement	37
18. Leistungsdichte	14,8 kW/kg Uran
<i>Regulierung</i>	
19. Zahl der Kontrollstäbe	17
20. Zahl der Kontrollstäbe bei Normalbetrieb	1
<i>Reaktordruckgefäß</i>	
21. Lichter Durchmesser	4,10 m
22. Höhe	7,85 m
23. Betriebsdruck	90 kg/cm <sup>2</sup>
<i>Reaktorkühlkreisläufe</i>	
24. Anzahl der Hauptkreisläufe	2
25. Getrennter Moderatorkreislauflauf	1
26. Betriebsdruck des Reaktorkühlsystems	90 kg/cm <sup>2</sup>
27. Kühlmittel-Eintrittstemperatur in den Reaktor	254 °C
28. Kühlmittel-Austrittstemperatur aus dem Reaktor	280 °C
29. Gesamter Kühlmitteldurchsatz	4650 t/h
<i>Turbogeneratorgruppe</i>	
30. Frischdampfdruck vor Turbine (Sattdampf)	33 kg/cm <sup>2</sup>
31. Frischdampfdrucktemperatur vor Turbine	238,0 °C

32. Kühlwassertemperatur	21 °C
33. Kühlwasserdurchsatz im Kondensator	17 200 m <sup>3</sup> /h
34. Scheinleistung des Drehstrom-Synchrongenerators	71 700 kVA bei cos φ = 0,8
35. Nennspannung	10 500 V ± 5 %
36. Wasserstoffkühlung des Generators	3 kg/cm <sup>2</sup>
<i>Kosten</i>	
37. Investition total	157 Mill. DM
davon vom:	
Bund	127 Mill. DM
Land Baden-Württemberg	20 Mill. DM
Badenwerk AG	5 Mill. DM
Energieversorgung Schwaben AG	5 Mill. DM

Ausgehend von ähnlichen Überlegungen wie in der Schweiz, hat man sich in der Bundesrepublik schon seit längerer Zeit mit der Entwicklung von Natururanreaktoren des Schwerwassertypes abgegeben. Angestrebt wurden: Eigenentwicklung eines Reaktors mit gutem Konversionsverhältnis, Unabhängigkeit von ausländischen Anreicherungsanlagen und Freiheit in der Wahl des Brennstofflieferanten. Nur temporär gelöst ist die Versorgung mit Schwerem Wasser. Zur Kompensation der bei Schwerwassertypen zu erwartenden, verhältnismässig hohen Investitionskosten wurde ein günstiger Abbrand und hohe Leistungsdichte des Natururans angestrebt.

Obschon z. Z. im Kernkraftwerkbau die Leichtwasserreaktoren, die den Brennstoff relativ schlecht auswerten, von den Elektrizitätswerken bevorzugt werden, ist zu erwarten, dass in absehbarer Zeit Typen fortgeschrittener Konverter wie der Hochtemperaturgasreaktor (HGTR) und der Schwerwasserreaktor konkurrenzfähig werden. Die Erfahrungen, die mit dem Betrieb des Schwerwasser-MZFR anfallen werden, können gute Hinweise dafür geben, wie rasch eine derartige Entwicklung vom Prototyp zum marktgängigen, konkurrenzfähigen Produkt erwartet werden darf.

## 2. Das MZFR-Kernkraftwerk

In Tabelle I sind einige Hauptdaten des MZFR-Kernkraftwerkes zusammengestellt.

### 2.1 Auslegung der Kreisläufe

Das Schema des Reaktorkreislaufes, des Dampf- und Speisewasserkreislaufes ist in Fig. 1 dargestellt.

Der MZFR-Schwerwasserteil ist aufgebaut aus dem Druckkesselreaktor, zwei parallelgeschalteten D<sub>2</sub>O-Hauptkühlkreisläufen, dem D<sub>2</sub>O-Moderatorkreislauf sowie einigen Hilfskreisläufen. Diese Kreisläufe bilden im wesentlichen das Primärsystem. Die vom Primärsystem dem Reaktor entzogene Wärmemenge wird in den Dampferzeugern und Moderatorkühlern an den Sekundärkreislauf abgegeben. Der sekundärseitige Dampf- und Speisewasserkreislauf ist ein Leichtwassersystem.

In den Hauptkühlkreisläufen wird das schwere Wasser im Reaktor von 251,5 °C auf 280 °C erwärmt, gelangt in die Dampferzeuger, gibt seine Wärme an den Sekundärteil ab, wobei es sich auf 254 °C abkühlt. Über die Hauptkühlmittelpumpen wird das Primärwasser zum Reaktor zurückgeführt; der Eintrittsdruck beträgt hier 90 kg/cm<sup>2</sup>.

Der Moderator hat seinen eigenen, zum Primärkreislauf parallelgeschalteten Kühlkreislauf. Die in den Moderatorkühlern abgeführte Wärmemenge dient zur Endvorwärmung des sekundärseitigen Speisewassers. Die Speisewassermenge kann variiert werden, was eine stufenlose Regelung der Moderatoreintrittstemperatur im Reaktor von etwa 80...200 °C ermöglicht. Die Reaktivitätsüberwachung ist dadurch ohne Eingriff auf der Primärseite durchführbar.

In den beiden Dampferzeugern wird Arbeitsdampf im Sättigungszustand von etwa 33 kg/cm<sup>2</sup> erzeugt. Dieser Frischdampf weist beim Eintritt in die Turbine eine Temperatur von 238 °C auf. Der Dampfdruck der Turbogruppe beträgt im Nennlastfall 308 t/h. Die für Sattdampfbetrieb nötigen Elemente, wie

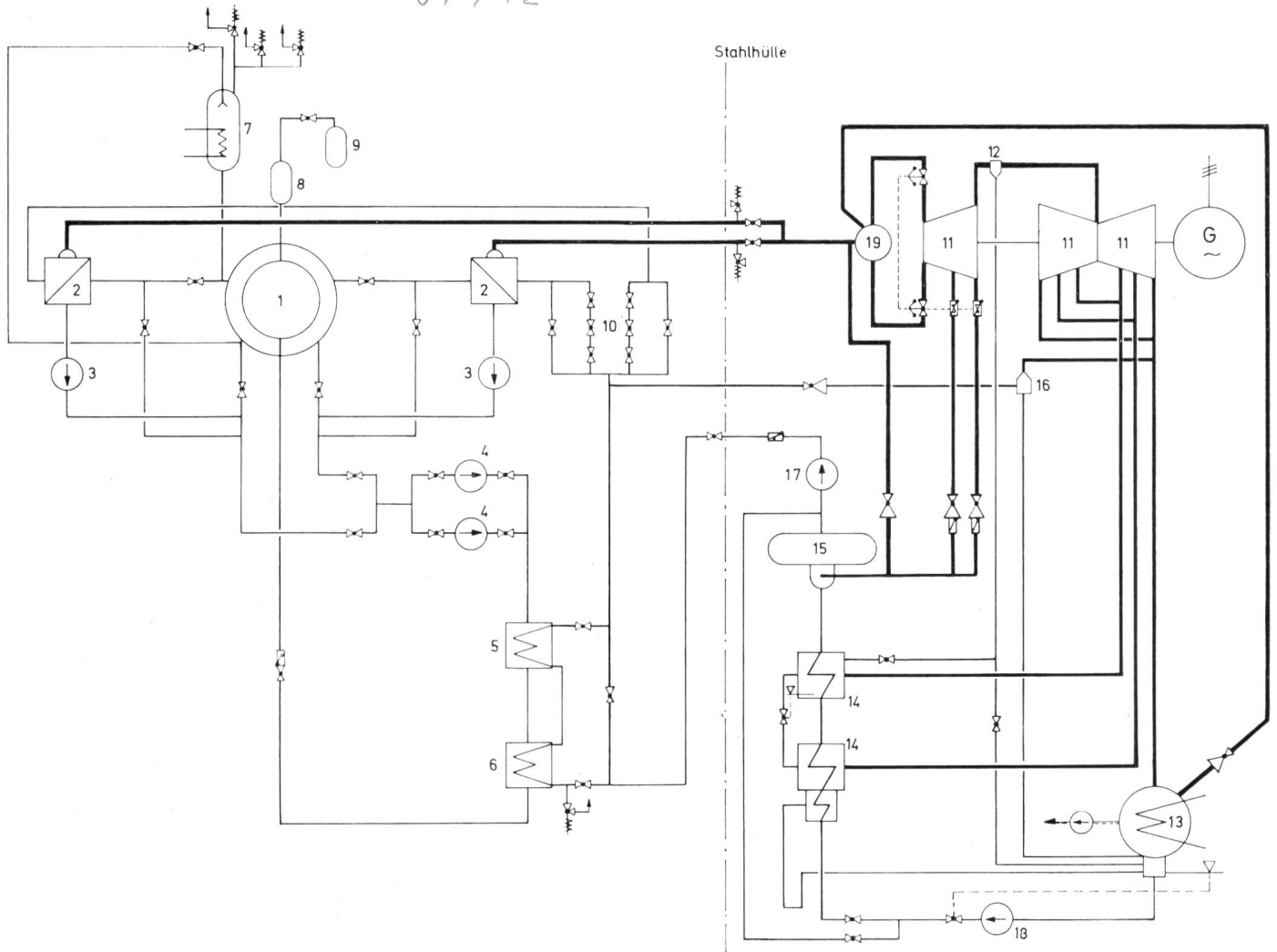


Fig. 1

**Prinzipschema des MZFR**

Reaktorkreislauf, Dampf- und Speisewasserkreislauf

Reaktorkreislauf: 1 Reaktor; 2 Dampfzeuger; 3 Hauptkühlmittelpumpen; 4 Moderatorpumpen; 5 Moderatorkühler I; 6 Moderatorkühler II; 7 Druckhalter; 8 Borsäurebehälter; 9 Stickstoffbehälter; 10 Speiseköpfe

Dampf- und Speisewasserkreislauf: 11 Turbine; 12 Zyklon-Wasserabscheider; 13 Kondensator mit Vakuumentgasung; 14 ND-Vorwärmer; 15 Speisewasserbehälter mit Entgaser; 16 Heisswasserentspannungsstation; 17 Speisewasserpumpe; 18 Kondensatpumpe; 19 Wasserabscheider

Zyklon-Wasserabscheider, Stufenentnahmen und Überströmleitungen ergänzen die Anlage. In zwei Kondensatoren wird der aus den ND-Turbinen austretende Dampf niedergeschlagen. Über die Kondensatpumpe, die ND-Vorwärmer und den Mischvorwärmentgaser gelangt das Speisewasser in den Speisewasserbehälter. Die Hauptspeisepumpe fördert das auf 111 °C vorgewärmte Speisewasser zur Endvorwärmung in die Moderatorkühler und zur Einspeisung in die Dampfzeuger.

Da zur tertiären Kühlung – Wärmeabfuhr für den Kondensator – nicht genügend Flusswasser vorhanden ist, sind zwei Kühlturmanlagen von 18 000 m<sup>3</sup>/h Gesamtkühlwasserbedarf aufgestellt worden.

**2.2 Elektrische Ausrüstung**

Die elektrische Energie für den Eigenbedarf des Kraftwerkes wird direkt von der Generatorableitung zum 12,5-MVA-Eigenbedarfstransformator geführt und der 6-kV-Eigenbedarfsanlage zugeleitet. Das Hochfahren der Anlage aus dem Stillstand geschieht über den Blocktransformator; im Normalbetrieb erfolgt die Einspeisung über den Transformator und die Freiluftschaltanlage in ein 100-kV-Netz.

Die Sicherstellung der Notstromversorgung wird durch 4 Diesel-Schwungradumformeraggregate von je 500 kVA gewährleistet. Sie speisen wichtige Drehstromverbraucher der 380-V-Notstromschiene, die auch in Normalbetrieb stets geschlossen bleibt. Sollte die Eigenbedarfsspannung ausfallen, so

werden die Dieselgruppen automatisch gekuppelt und mit Hilfe der kinetischen Energie des Schwungrades gestartet. Die Vollast kann nach 2 s übernommen werden.

Mess-, Steuer- und Regelkreise werden durch 220 und 24 V Gleichstrom gespeist. Bleibatterien arbeiten im Pufferbetrieb auf diese Sammelschienen. Ist Wechsel- oder Drehstrom erforderlich, so erfolgt der Anschluss an eine Meßspannungsschiene, die vom umlaufenden Umformer aus der 220-V-Gleichstromanlage versorgt wird. Da der Reaktorschutz ein 2- von 3-Koinzidenz-System darstellt, sind 3 Energieversorgungseinheiten notwendig. Ein weiteres Aggregat bildet die Reserve.

**2.3 Sicherheit**

Der gewählte Standort und Zweck des MZFR's erforderte äusserst sorgfältige Untersuchungen und Vorkehrungen im Hinblick auf evtl. Betriebsunfälle und Störungen. Für einen denkbaren hypothetischen Unfall ist die Anlage so ausgelegt, dass Personen, die sich im Kraftwerk oder ausserhalb desselben aufhalten, keine unzulässigen Strahlungsdosen erhalten können. Ein von einer druckfesten Stahlhülle umschlossenes Gebäude enthält sämtliche Anlageteile, in welchen Spaltprodukte oder radioaktive Stoffe entstehen könnten. Zudem bilden die in sich geschlossenen Systeme des Sekundär- und Primärkreislaufes zusätzliche Sperren gegen eine mögliche Verseuchung. Eine ständige Kontrolle sämtlicher potentiell radioaktiver Systeme vervollständigt die Sicherheitsüberwachung des Kernkraftwerkes.

M. J. Klaentschi

# Fluora- Leuchten... mehr Qualität zum gleichen Preis!

Haben Sie Fluora-Leuchten vergleichsweise schon einmal richtig <unter die Lupe> genommen?... Nein? Bitte holen Sie es nach, wenn Sie wieder ein Problem lichttechnischer Art zu lösen haben; es lohnt sich! Musterleuchten stellen wir Ihnen dazu gerne zur Verfügung ■

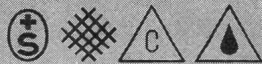
Fluora-Leuchten sind auf alle nur erdenklichen Erfordernisse moderner Innenraumbeleuchtung abgestimmt. Sie sind formschön, sinnvoll konstruiert, mit zuverlässigen Geräten ausgerüstet und durch und durch sauber gearbeitet ■ Und zudem: Fluora-Leuchten sind leicht zu montieren (was Installationskosten spart) und sie sind wirtschaftlich und sicher im Betrieb ■

Fluora-Leuchten bringen die Ideallösung für jeden noch so speziellen Fall. Bitte rufen Sie uns an, wir helfen Ihnen gerne bei der Planung.

## Fluora Herisau

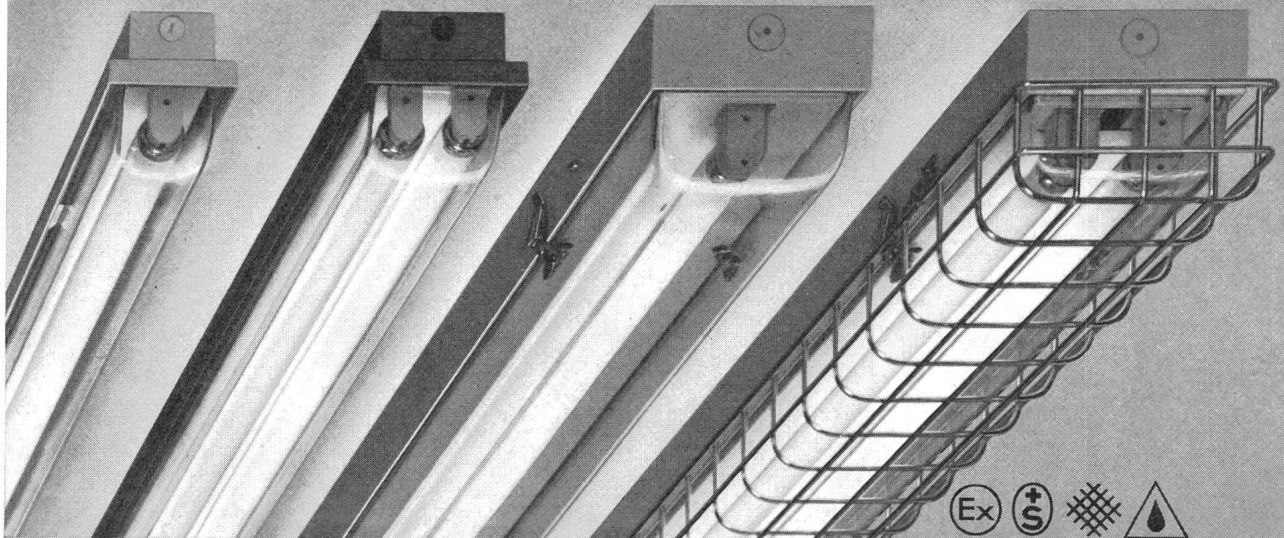
Spezialfabrik für Fluoreszenzleuchten, Telefon: 071 / 51 23 63, 9102 Herisau ■ Vertretung in Langenthal: Roman Schick, Telefon 063/2 33 39

Fluora-Kunststoffleuchten, staubgeschützt, spritzwassersicher, widerstandsfähig gegen aggressive Säure- und Alkaliendämpfe



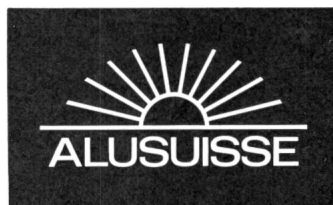
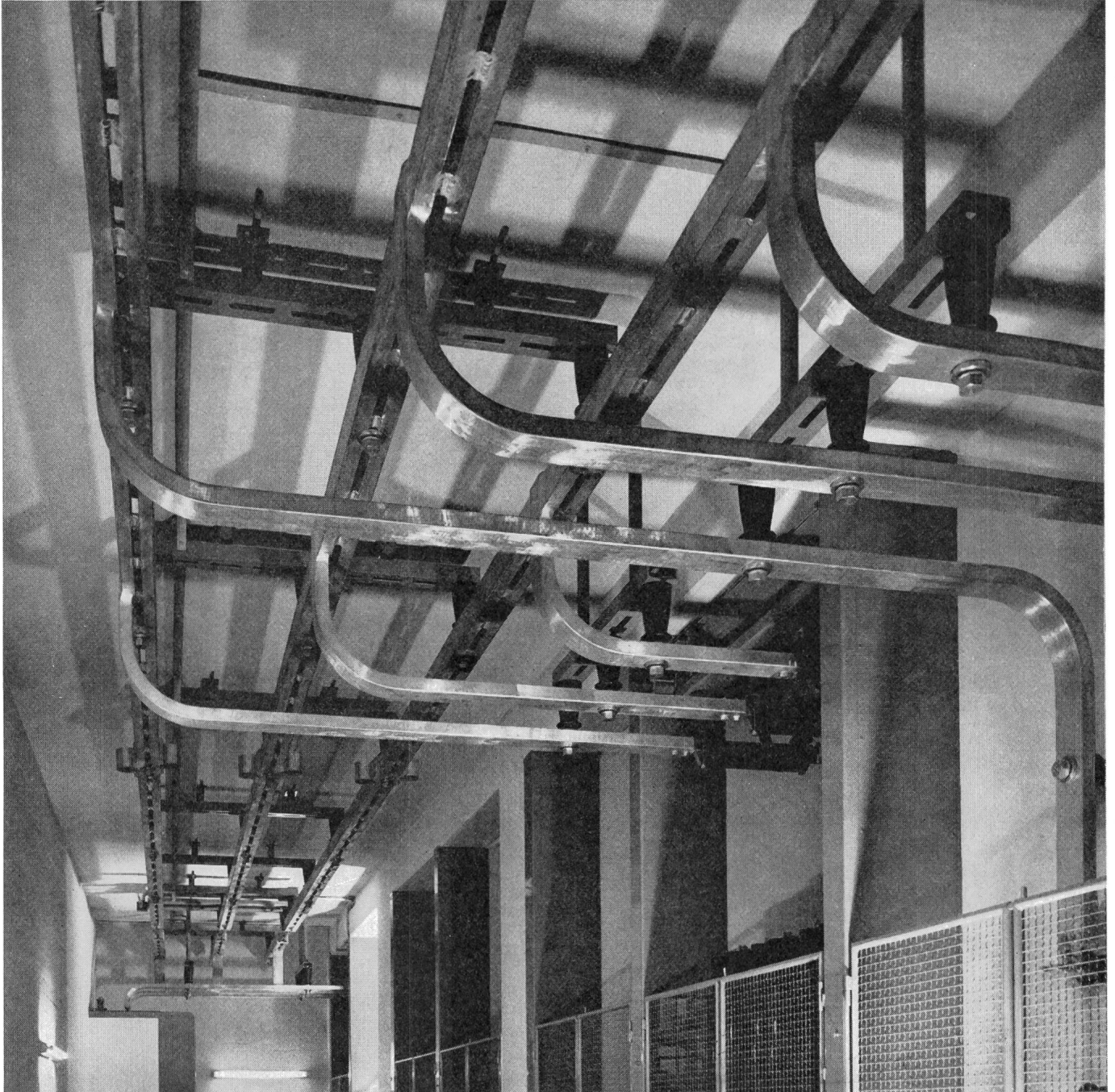
4

120/19 KU	1×20	Explosiongeschützte	120/19 ex	1×20 W	120/19 exSK	1×20 W
140/19 KU	1×40	Fluora-Leuchten	140/19 ex	1×40 W	140/19 exSK	1×40 W
165/19 KU	1×65	für erhöhte Sicherheit,	220/19 ex	2×20 W	220/19 exSK	2×20 W
220/19 KU	2×20	staubgeschützt,	240/19 ex	2×40 W	240/19 exSK	2×40 W
240/19 KU	2×40	spritzwassersicher	340/19 ex	3×40 W	340/19 exSK	3×40 W
265/19 KU	2×65					



# Elektrizität leichter transportieren

Das kleinere Gewicht des Aluminiums erlaubt grösste Spannweiten im Freileitungsbau. Für Stromschieneanlagen bringt die hohe Profilstabilität Vorteile. Hohe Leitfähigkeit, Korrosionsbeständigkeit und niedrigerer Preis sind die idealen Voraussetzungen, elektrische Energie im wahrsten Sinne des Wortes «leichter» zu transportieren. Auch hier leistet Alusuisse-Material hervorragende Dienste.



**Schweizerische Aluminium AG**

Verkaufsabteilung 8048 Zürich, Tel. 051/54 80 80