

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 52 (1961)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Eindrücke von einem Studienaufenthalt bei der Electricité de France [Fortsetzung]  
**Autor:** Oester, Ch.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-916814>

### **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>**

Verbesserung unserer automatischen Stromverrechnung in Genf ein Rechenautomat installiert, welcher uns eine Reihe von weiteren Möglichkeiten für statistische Untersuchungen gibt. Es wird unsere Aufgabe sein, daraus den vollen Nutzen zu ziehen, um den Be-

trieb mit ständig grösserer Sicherheit, Voraussicht und besserem Wirkungsgrad zu führen.

D. : Tr.

Adresse des Autors:

E. Dufour, Ingenieur für Tarife und Energieverkehr, Elektrizitätswerk Genf, Genf.

## Eindrücke von einem Studienaufenthalt bei der Electricité de France

von Ch. Oester, Bern

(Fortsetzung aus Nr. 2, S. 56)

Anlässlich seines Studienaufenthaltes bei der Electricité de France<sup>1)</sup> hatte der Autor Gelegenheit, mehrere neue Unterwerke der EDF zu besichtigen; er berichtet hier über das moderne gekapselte Material, das heute in Frankreich beim Bau von Unterwerken und Transformatorstationen verwendet wird.

Au cours de son récent séjour d'études auprès de l'Electricité de France<sup>1)</sup>, l'auteur a eu l'occasion de visiter plusieurs sous-stations nouvelles de cette entreprise nationalisée. Il consacre l'article suivant au matériel blindé moderne, utilisé actuellement en France pour équiper les sous-stations et les postes de transformation.

061.1(44) EDF : 621.311

### III. Die modernen gekapselten Anlagen der EDF

#### Einführung

Man ist heute allenthalben bestrebt, die Zollschranken abzubauen und den Güter Austausch mit anderen Ländern zu intensivieren; neue Absatzmärkte für die eigenen Produkte können jedoch nur dann gefunden werden, wenn diese in bezug auf Preis und Qualität konkurrenzfähig sind. Eine Kosten- bzw. Preissenkung kann nun u. a. durch eine Normalisierung – in unserem Fall der elektrischen Apparate und Ausrüstungen – erzielt werden.

Die normalisierten Ausrüstungen werden in ihrer konstruktiven Gestaltung, in ihren Abmessungen, auf die Bedürfnisse der Praxis abgestimmt. Der Aufwand für die Lagerhaltung, die Auswechslung und Reparatur einzelner Anlageteile lässt sich erheblich vermindern. Es können, mit andern Worten, die Kosten für den Bau und den Unterhalt der Verteilanlagen gesenkt und damit die Wirtschaftlichkeit der Energieverteilung verbessert werden.

Gerade bei den gekapselten Anlagen und Anlageteilen sind nun die Voraussetzungen für eine Normung besonders günstig. Wenn die Werkleiter das notwendige Verständnis zeigen und bereit sind, auf Sonderwünsche zu verzichten, sollte es möglich sein, gekapseltes Material in Zukunft in vermehrtem Mass als Serienerzeugnis herzustellen; die Vorteile der rationellen Fertigung sowie die Verkürzung der Lieferfristen kämen den Elektrizitätswerken und den Abonnenten zugute.

Der nachfolgende Beitrag gibt einen Überblick über die Anstrengungen und Erfolge der EDF auf diesem Gebiet.

#### Vereinheitlichung der Anlagenschemata

Eine Kommission hat die Frage der Schaltschemata sehr sorgfältig geprüft. Um die Betriebsführung zu erleichtern und die Anlagekosten senken zu können, wählte man ein einfaches Bauelement: den gekapselten *Einsammelschienen-Schaltwagen*. Detaillierte Angaben über die Konstruktion dieser Bauelemente würden den Rahmen dieser Ausführungen sprengen:

wir verweisen den Leser auf die Veröffentlichungen anderer Autoren in der in- und ausländischen Fachpresse. Wie mit Hilfe der Einsammelschienen-Schaltwagen eine den betrieblichen Anforderungen gerecht werdende Anlage geschaffen werden kann, zeigen die nachfolgenden Darlegungen.

#### a) Verteilanlage mit einer Sammelschiene

Die genormten Schaltschränke, bestehend aus den beiden festen Teilen – Sammelschiene und Kabelanschluss – und dem beweglichen, ausfahrbaren Schal-

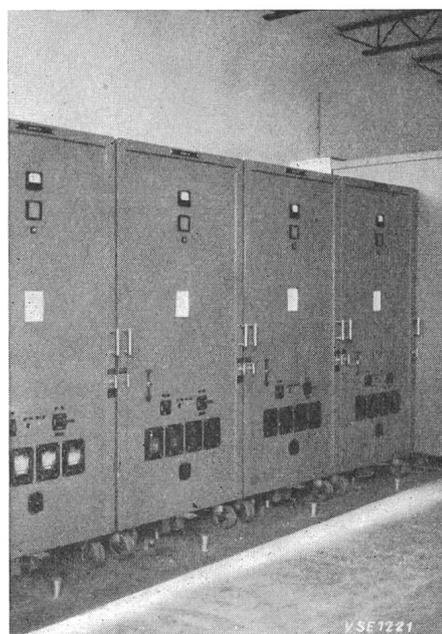


Fig. 1

Gekapselte Verteilanlage mit einer Sammelschiene in einem Unterwerk

ter, werden zu einer Schrankreihe aneinander gereiht. Diese Anordnung ist jedoch im allgemeinen nur bei Anlagen mit einem Speisetransformator gebräuchlich. Muss ein Schalter revidiert werden, so wird die Ener-

<sup>1)</sup> s. Bull. SEV, «Seiten des VSE», Bd. 52(1961), Nr. 2, S. 49...56.

<sup>1)</sup> Bull. ASE. «Pages de l'UCS», t. 52(1961), n° 2, p. 49...56.

gieversorgung – sofern es sich nicht um ein vermaschtes Netz handelt – kurz unterbrochen. Der Unterbruch erfolgt gewöhnlich nachts und nur während sehr kurzer Zeit. In einem Ringnetz hingegen muss die Energielieferung wegen Schalterrevisionen in der Regel nicht unterbrochen werden, da das Versorgungsgebiet von einer andern Seite her gespeist werden kann.

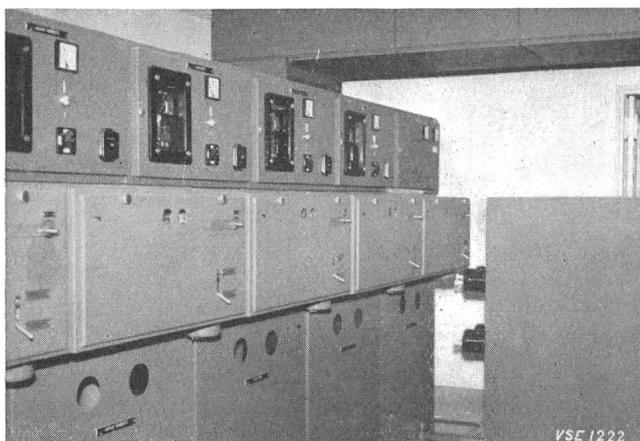


Fig. 2

**Gekapselte Verteilanlage für eine Sammelschiene mit Sammelschienenentrennung**

Die Sammelschienen-Überführung (an der Decke) ist ebenfalls gekapselt. Auf dem Bild ist ferner ein herausgezogener Schalterwagen zu sehen (rechts)

In bezug auf *Betriebssicherheit* ist die gekapselte Verteilanlage – da keine Trennmesser vorhanden sind – den konventionellen Anlagen überlegen, wurden doch die meisten Störungen, die sich bis anhin in den Mittelspannungsanlagen der Unterwerke ereigneten, erwiesenermassen durch das ungewollte Öffnen von Trennmessern unter Last verursacht.

**b) Verteilanlage für eine Sammelschiene mit Sammelschienenentrennung**

Die Anlage ist in diesem Fall im Prinzip gleich aufgebaut, jedoch meist für zwei Speisetransformatoren vorgesehen. Die beiden Sammelschienen sind in der



Fig. 3

**Grosse gekapselte Anlage in einem Unterwerk in Paris**  
Die Schalter werden mit Druckluft betätigt

Regel mit einem Lasttrennschalter miteinander verbunden. In Schwachlastzeiten kann die eine oder andere Gruppe zu Revisionszwecken ausser Betrieb gesetzt

werden, indem die beiden Sammelschienen vorher über den Lastschalter miteinander verbunden werden.

Die sogenannten «Truks» präsentieren sich mit ihren glatten Blechfronten wie Schalttafeln in einem Kommandoraum. An den einzelnen Zellen ist oft ein Bildschema der internen Schaltung angebracht. Dank dieser Massnahme und auch deshalb, weil der Aufbau der Anlagen sehr einfach ist (keine Trennschalter!), kann auf ein zusätzliches Blindschema im Kommandoraum und damit auch auf eine «Nahfernsteuerung» verzichtet werden.

**c) Verteilanlage für zwei Sammelschienen nach der Zweischaltermethode**

Die Zweischaltermethode findet vor allem dort Anwendung, wo die Möglichkeit vorhanden sein muss, Leitungsabgänge während des Betriebes von einem System auf das andere umzuschalten, oder wenn in einem Strahlennetz bei Revisionen von Schaltern die Energielieferung nicht unterbrochen werden darf.

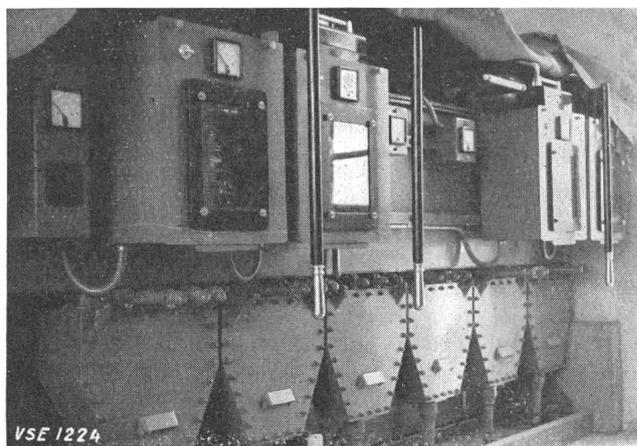


Fig. 4

**«Matériel de coq» in einer neuen Schaltstation**

Auf dem Bild erkennt man die Betätigungshebel und die angebauten Netzrelais

Bei der Zweischaltermethode schaltet man zwei Einsammelschienen-Schrankreihen parallel. Diese Massnahme trägt nicht nur wesentlich zur Typenverminderung, sondern auch zur Erhöhung der Betriebssicherheit bei, und zwar deshalb, weil bei der Umschaltung eines Feeders von einem System auf das andere keine Sammelschienenentrennschalter betätigt werden müssen; die beiden Leistungsschalter übernehmen diese Funktion. Dank dieser Anordnung fallen etwa 90 % aller Schalthandlungen an Trennschaltern weg; Fehlschaltungen und damit Unfälle durch Lichtbögen sind fast ausgeschlossen. Das gekapselte Material schützt ferner die Bedienungsmannschaft vor gefährlichen, spannungsführenden Teilen und die Anlage vor Lichtbogenwanderung und Staubansammlung.

**Das «matériel de coq»**

Verfügt die EDF über einen noch gut erhaltenen Hochspannungsverteilsraum, der aber für eine neue erweiterte Anlage – in bezug auf den Raumbedarf – nicht genügt, so wird das sog. «matériel de coq» verwendet. Wie die folgenden Bilder zeigen, handelt es sich um eine äusserst gedrängte Ausführung in Öl. Die

Teilung eines Feldes ist nicht grösser als ca. 30 cm, und die Gesamthöhe der Anlage – inkl. Kabelndverschluss – beträgt ca. 100 cm. Die Betätigung der Schalter erfolgt von Hand mit Hebeln.

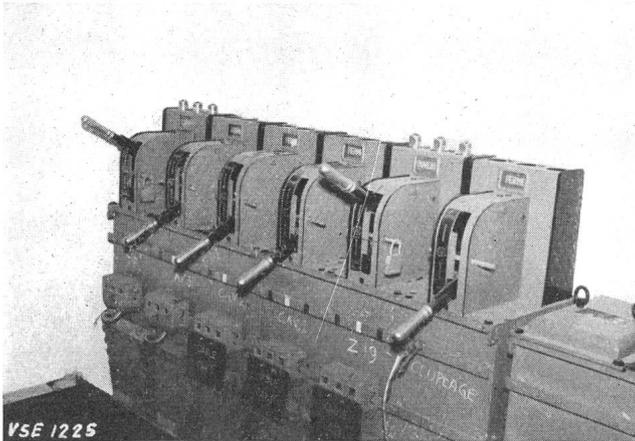


Fig. 5

«Matériel de coq» in einer Transformatorstation  
Die Gesamtbreite von sechs Schaltfeldern beträgt 1,8 m

### Schrank-Netztransformatorstationen

Für die Serienfertigung eignen sich die Schrank-Netztransformatorstationen besonders gut. Die EDF verfolgt dabei zur Hauptsache zwei Ziele:

- A) Normalisierung und dadurch Verbilligung der Stationsausrüstung. (Die normalisierten Ganzmetallschalterschranke werden serienmässig in modernen Werkstätten der Elektroindustrie hergestellt)
- B) Raumgewinnung bei Spannungsbau  
Umbauten auf eine höhere Spannung können bei Verwendung von gekapseltem Material ohne Raumvergrößerung durchgeführt werden.

Die Netztransformatorstation besteht aus drei Bestandteilen: dem Hochspannungsteil, dem Transformator und dem Niederspannungsteil.

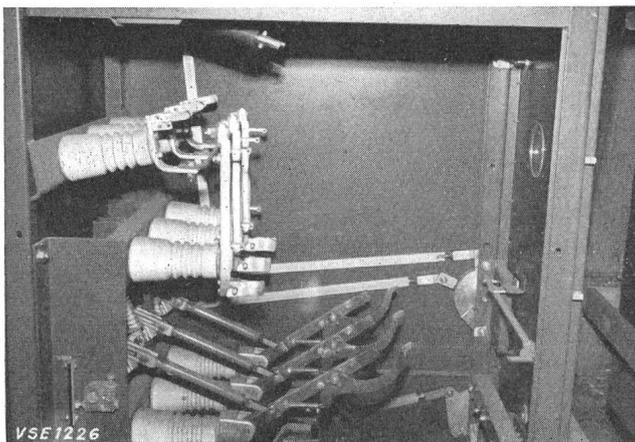


Fig. 6

Innenteil eines gekapselten Schalterschrankes

- a) *Der Hochspannungsteil.* Da in einer Transformatorstation in der Regel kein Schalter eingebaut ist, fällt der ausfahrbare Teil der gekapselten Zelle weg. Trennschalter, Sicherungen und Isolatoren sind wie in einer offenen Anlage auf einen Rahmen

montiert, der seitlich und vorn durch Blechwände abgeschlossen ist.

Die Poldistanzen für 20-kV-Material (Fig. 6) betragen nur 20 cm. Diese Distanz soll in einem Kabelnetz vollständig genügen.

Fig. 7 zeigt das Äussere der Schalterschranke. Die Trennschalter sind von aussen mit einem Gestängeantrieb bedienbar. Durch zwei kleine Fenster lässt sich das Innere der Zelle leicht überblicken. Die Schränke sind abgeschlossen und können vom Betriebspersonal nur dann geöffnet werden, wenn sie nicht unter Spannung sind.



Fig. 7

Frontansicht eines Schalterschrankes

- b) *Der Transformator.* Der Transformator wird im Schranke oder in einem separaten, der Lüftung besonders zugänglichen Raumteil aufgestellt. Die Transformatoren können mit einem Kontaktthermometer ausgerüstet sein, das bei unzulässiger

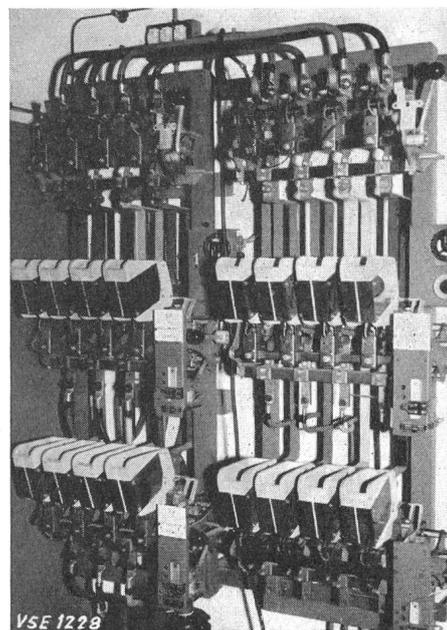


Fig. 8

Niederspannungsverteilung mit Lastschaltern und Bimetallrelais

Erwärmung des Öls oder der Wicklungen den entsprechenden Lastschalter auslöst.

- c) *Der Niederspannungsteil.* In der Regel besteht der Niederspannungsteil aus normalisiertem Material. Der Transformator speist die Niederspannungssammelschienen über einen 3-poligen Hebelschalter, der mit dem hochspannungsseitig angeordneten Lastschalter verriegelt ist. Vor den Hochleistungsicherungen ist eine Plexiglasschutzhaube angebracht. (Berührungsschutz und Schutz vor gefährlichen Lichtbogenerscheinungen beim Einschalten auf Kurzschluss). Seltener werden niederspan-

nungsseitig Lastschalter mit Bimetallrelais verwendet.

In den neuen Verteilanlagen der EDF ist die Schrankbauweise heute allgemein üblich geworden. Sie ist keine Modeerscheinung, sondern eine Umwälzung, die sich durchsetzen wird, obwohl sie da und dort noch auf Widerstand stösst.

Adresse des Autors:

Ch. Oester, dipl. Elektrotechn., Bau- und Betriebsabteilung des Elektrizitätswerkes der Stadt Bern, Bern.

## Wirtschaftliche Mitteilungen

### Kleine Atomkraftwerke für die amerikanische Armee

Aus der Berichterstattung über die Madrider Tagung der Weltkraftkonferenz 1960 (vgl. z. B. Bulletin SEV, Nr. 24, S. 1262 ff.) geht deutlich hervor, dass für zivile Bedürfnisse voraussichtlich nur Kernkraftwerke mit sehr grosser Leistung (Grössenordnung 100 000 bis 500 000 kW pro Kraftwerk) konkurrenzfähig sein werden und dass diese Konkurrenzfähigkeit zuerst in Gegenden erreicht wird, in denen der Betrieb von konventionellen thermischen Kraftwerken mit Kohle oder Öl als Brennstoff sehr teuer oder umständlich ist.

Für die Armee der Vereinigten Staaten von Nordamerika, welche bei den heutigen Verhältnissen mit einem Einsatz in den verschiedensten Gebieten der Erde rechnen muss, stellt sich bei der heute erreichten starken Technisierung und Mechanisierung das Problem der Elektrizitätsversorgung an abgelegenen Stellen, z. B. für die Radarstationen in den arktischen Eisgebieten oder für wichtige Basen auf abgelegenen Inseln z. B. im pazifischen Ozean. Während die USA-Marine mit ihren atomangetriebenen Unterseebooten bereits spektakuläre Erfolge errungen hat, ist das Programm der Armee für Kernkraftwerke bisher weniger bekannt geworden. Major John P. Tyler berichtet über dieses Atomkraftwerkprogramm der USA-Armee in der offiziellen, in Washington (DC) erscheinenden Monatszeitschrift «Army» ziemlich ausführlich, ohne allerdings auf technische Details einzugehen.

Für militärische Bedürfnisse ist die Aussicht besonders verlockend, in absehbarer Zeit über kleinere und grössere leicht transportierbare Kraftwerke zu verfügen, welche vom Brennstoffnachschub unabhängig sind und während langer Zeit (ca. 1 bis 2 Jahre) Energie abgeben können. So kann z. B. ein kleines Kernkraftwerk von 2000 kW elektrischer Leistung mit einem Reaktorkern von ca. 400 kg Gewicht während 1 1/2 Jahren nachschubfrei eine Energiemenge abgeben, für welche ein gleichgrosses Dieselmotorkraftwerk bis zu 6000 Tonnen Dieselöl verbrennen würde.

Über den Stand dieses Atomkraftwerkprogramms und die bisherigen Versuchsausführungen entnehmen wir der oben erwähnten Zeitschrift Army die folgenden, stark gekürzten Angaben.

Die Studien der Atomic Energy Commission hatten bereits im Jahre 1952 gezeigt, dass die Kernenergie in bestimmten Gebieten der Erde mit den klassischen Brennstoffen Dieselöl, Kohle und Benzin konkurrenzfähig werden könnte. Im Jahre 1954 erhielt die USA-Armee den Auftrag, sich um die Entwicklung von Kernenergieanlagen für Lieferung von Wärme und elektrischer Energie in von den USA weit entfernten und schwer zugänglichen Gegenden zu kümmern. Das Corps of Engineers wurde für diese Aufgabe als zuständig und verantwortlich bezeichnet.

Das heutige Programm umfasst ortsfeste, transportierbare und fahrbare Kernkraftwerke mit Leistungen von 100 kW bis zu 40 000 kW (vgl. Tab. I).

Ein wichtiger Grundsatz bei der Entwicklung dieser Armeen Anlagen war die Zusammenfassung der vielen, komplizierten Einrichtungen eines Kernkraftwerkes in einzelne Blöcke, welche einzeln fabriziert, geprüft, transportiert und am entfernten Aufstellungsort in kurzer Zeit zum betriebsfertigen Kraftwerk zusammengesetzt werden können.

### Gruppeneinteilung des amerikanischen Armeeprogramms für Atomkraftwerke

Tabelle I

Beweglichkeit	Elektrische Leistung des Kraftwerks		
	klein (low = L) 100 bis 1000 kW	mittel (medium = M) 1000 bis 10000 kW	gross (high = H) über 10 000 kW
<i>ortsfest</i> (stationary = S)	SL	SM	zivile Projekte
<i>transportierbar</i> (portable = P)	PL	PM	z. Z. kein Projekt
<i>fahrbar</i> (mobile = M)	ML	MM	MH

Die erste derartige, nach diesem Blocksystem gebaute Anlage mit einer elektrischen Leistung von 2000 kW kam im April 1957 in Betrieb, hat seither bereits mehr als 22 Millionen kWh erzeugt und arbeitet immer noch mit der ersten Reaktorfüllung. Diese Versuchsanlage entspricht in der Tabelle dem Typ SM, ist also eine ortsfeste Anlage mittlerer Leistung. An dieser Versuchsanlage sind bereits über 200 Betriebsleute für Kernreaktoren ausgebildet worden, u. a. auch die technische Zentralmannschaft für das erste grosse atomangetriebene Frachtschiff «Savannah» der amerikanischen Marine. Die Forschungen haben das Ziel, die Leistung pro Gewichtseinheit zu vergrössern. Als Ergebnis steht nun bereits die erste feldmässige Anlage mit einer elektrischen Leistung von 4000 kW (Typ SM) in Alaska vor der Inbetriebsetzung. Eine weitere transportierbare Anlage (Typ PM) ist im Staate New York fabriziert und durchgeprüft worden. Sie besteht aus 27 mit Flugzeugen transportierbaren Blöcken von max. 15 Tonnen Gewicht und ist im Sommer 1960 in Thule (Grönland) durch Armeemannschaften innert 6 Wochen betriebsbereit montiert worden. Diese «Grönlandanlage» liefert 1600 kW elektrische Leistung und dazu als Heizwerk noch eine beträchtliche Wärmemenge von 1 Million BThU pro Stunde (= 252 000 kcal/h). Da solche Anlagen vom Zufluss von Kühlwasser unabhängig sein müssen, sind Ventilator-Kühlgruppen installiert worden. Weitere, zurzeit noch nicht realisierte Projekte von kleinen Kernkraftwerken sind einerseits ein Typ mit ca. 200 kW elektrischer Leistung und zusätzlicher Wärmeabgabe für Heizzwecke für abgelegene Frühwarn-Radarstationen und ferner Anlagen für ca. 1000 kW elektrischer Leistung für die Forschungsstationen in der Antarktis.

Die Arbeiten für ein fahrbares, auf einen Sattelschlepper montiertes Kernkraftwerk der Gruppe ML mit 300 bis 500 kW elektrischer Leistung für die Feldarmee sind soweit fortgeschritten, dass die erste Versuchsanlage wahrscheinlich noch im Jahre 1961 in Betrieb kommen wird. Bei dieser fahrbaren Anlage wird im Reaktor erhitztes Gas direkt eine Gasturbine antreiben.

Aus der Literatur ist bekannt, dass die USA am Ende des zweiten Weltkrieges mehrere auf Schiffen montierte Kraftwerke besaßen, welche z. B. in teilweise zerstörten Hafenstädten wertvolle Dienste als Hilfskraftwerk geleistet haben. Es liegt nun ein Projekt vor, in ein Schiff ein fahrbares Atomkraftwerk von 10 000 bis 20 000 kW einzubauen (Typ MH in Tabelle I), welches