

**Zeitschrift:** Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie

**Herausgeber:** Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel

**Band:** 23 (1982)

**Heft:** 3

**Artikel:** Kernenergienutzung in Frankreich : vom Uranerz bis zur Wiederaufbereitung

**Autor:** Klasen, Jürgen

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1088807>

#### **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:** 16.01.2026

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

# Kernenergienutzung in Frankreich

Vom Uranerz bis zur Wiederaufarbeitung

JÜRGEN KLASEN

Kurz nach Kriegsende, am 18. Oktober 1945, gründete die provisorische Regierung Frankreichs unter General de Gaulle ein Atomenergiemissariat (CEA). Mit ihm sollte das Ziel verfolgt werden, Kernenergie alsbald für militärische Zwecke, für die Energieversorgung, für die wissenschaftliche Grundlagenforschung ganz allgemein und damit auch für weitere technische Anwendungsbereiche nutzbar zu machen. Das CEA erhielt als Anstalt des öffentlichen Rechts einen juristischen Sonderstatus und wurde dem Premierminister als oberstem Dienstherrn unterstellt. Als Verwaltungsgremium setzte man eine Kommission ein, die bis heute besteht und sich aus Persönlichkeiten des Staates, der Wissenschaft und der Industrie zusammensetzt. Nach wie vor nimmt das CEA eine Schlüsselstellung in der Kernenergienutzung des Landes ein. Diese soll im folgenden – unter Verzicht auf den militärischen Sektor und im wesentlichen dem Brennstoffzyklus folgend – untersucht werden.

## 1 Uranerze: Lagerstätten, Prospektion, Förderung und Reserven

Als Rohstoff für die Erzeugung der Kernenergie kommt neben Uran theoretisch auch Thorium in Betracht (Schönenberg, 1979, 151). Der Einsatz von Thorium wäre beim derzeitigen Stand der Technik aber noch zu teuer, so dass wir uns bezüglich der Versorgung der französischen Kernkraftwerke (KKW) auf die Uranlagerstätten beschränken können.

Uran gehört zwar nicht zu den seltenen Elementen (Bischoff u. Gocht 1979, 47) und kommt auch in sehr vielseitigen Lagerstättentypen vor. Aber es ist in der Erdkruste im allgemeinen sehr fein verteilt und so doch nur begrenzt nutzbar. Uranerz-Lagerstätten sind Vorkommen, die das Metall in gewinnbarer Form und Konzentration enthalten. Mehrere hundert Minerale sind festgestellt, in denen Uran (U) als wichtiger Bestandteil auftritt. Nur ein kleiner Teil von ihnen jedoch führt das Metall in akzeptabler Anreicherung, so besonders Uraninit (Pechblende), Coffinit und Carnotit.

In Frankreich konzentrieren sich die Lagerstätten besonders auf das variszisch aufgefaltete Orogen und finden sich in erster Linie in Graniten des Zentralmassivs und des Armorikanischen Massivs (Bretagne, Vendée, Marche, Limousin, Forez, Morvan, Margeride). Sie entstanden hier bei der Differentiation silikatischer Magmen. Die Mineralisationen sind gangförmig und hydrothermal, oft in mehreren Stockwerken übereinander bekannt und besonders abbauwürdig an «tektonischen Knoten», d.h. Aufspaltungen und Kreuzungen von Störungen.

Aber auch linsenförmige Einschlüsse kommen in abbauwürdiger Form vor. Der Bergbau erfolgt teils über, teils unter Tage, z.Zt. bis in Teufen von ca. 200 m. Die Hauptmasse der Erze besteht in Frankreich aus Pechblende und sekundärer Pechblende.

Das bekannteste Revier im Zentralmassiv ist das im Limousin gelegene von Le Brugeaud, Le Bernardan, Bellezanne, Fanay und Margnac (vgl. *Rouveyrol und Bornuat 1980*), bekannt unter dem Namen La Crouzille (Monts d'Ambazac), wo 1948 in einer Kaolingrube die erste französische Pechblende entdeckt wurde (*Peyrat 1959, 148*) und wo es schon 1958 über 200 Abbaustellen gab (ebd.). In der Grube Henriette von La Crouzille selbst waren die U-Gehalte zwar ungewöhnlich hoch, und es wurden insgesamt ca. 250 t U gewonnen, doch musste der Abbau 1957 wegen Erschöpfung eingestellt werden (*Dahlkamp 1979, 52*).

Im zweiten Bergbaurevier des Massif Central, dem Forez und der Montagne Bourbonnaise, ist die Hauptlagerstätte unter dem Namen Les Bois Noirs bekannt, jedoch auch als Limouzat. Sie befindet sich etwa 30 km südöstlich von Vichy. Im Südosten des Massivs ist weiterhin der nahezu 3000 km<sup>2</sup> grosse Granitkomplex der Margeride zu erwähnen. Wichtige Lagerstätten sind hier Le Cellier und Les Pierres Plantées (Dép. Lozère) westlich von Langogne.

Im Armorikanischen Massiv konzentrieren sich die Funde bislang, abgesehen von einer kleinen Lagerstätte bei Lignol (Morbihan, Bretagne) auf den südöstlichen Teil des Sockels, die Vendée. Wiederum sind sie vorrangig an Granite gebunden und häufen sich um La Commanderie, Le Chardon und L'Ecarpière südöstlich von Nantes. Höflich sind hier jedoch auch metamorphe Schiefer im Kontaktbereich der Granite (La Dorgissière, Le Rousset).

Den zweiten wichtigen Lagerstättentyp stellen in Frankreich die grossen Becken dar, in denen die Abtragungsprodukte des Kristallins sedimentiert wurden. Am wichtigsten sind die tonig-sandigen Sedimente des Perm um Lodève (Hérault), ungefähr 50 km nordwestlich von Montpellier am Südrand des Zentralmassivs. Hinzu kommen gleichaltrige intramontane und peripherie Sedimentationen z.B. bei Brive und Saint-Affrique sowie oligozäne klastische Sedimente um Saint-Pierre-du-Cantal (Corrèze). Ins Tertiär gehört auch die Lagerstätte von Coutras (Dép. Gironde). Andere derartige sedimentäre U-Konzentrationen sind zwar nachgewiesen, bisher aber nicht abbauwürdig. In diese Kategorie fallen beispielsweise die Anreicherungen in den bituminösen Schiefern von Saint-Hippolyte in den Vogesen (Oberelsass), die ins Stefan, d.h. in das jüngere Oberkarbon, gestellt werden.

In den Alpen prospektiert man seit 1975 sowohl in Graniten als auch in permischen und anderen Schichtgesteinen, hat jedoch noch keine überzeugenden Erfolge zu erzielen vermocht (*Menuccci u. Aumaître 1980*).

Die Uranprospektion setzte in Frankreich schon 1946 ein, etwa ein halbes Jahr nach der Gründung des CEA. Man begann mit der Suche in Gebieten, deren erhöhte natürliche Strahlung bereits bekannt war, vor allem im Zentralmassiv. So dauerte es nicht lange, bis sich drei der noch heute wichtigsten Reviere als abbauwürdige Areale abzeichneten: Limousin, Forez und Vendée. Anfang der fünfziger Jahre wurde man in Saint-Hippolyte fündig. Erfolgreicher gestaltete sich die Lagerstättenerforschung dann wieder bei Lodève, wo sich erste gute Ergebnisse 1957 einstellten und wo der Abbau im Jahre 1980 einsetzte. Die jüngstgefundene Lagerstätte ist die

von Coutras, etwa 40 km nordöstlich von Bordeaux und 15 km nördlich von Libourne. Hier begannen die Prospektionen 1974 und wurden 1980 als erfolgreich bekanntgegeben.

Auch im Ausland entwickelte das CEA seit 1946 Aktivitäten, und zwar in Madagaskar, in Nord-, West- und Zentralafrika. Vor allem gelangen Funde in Gabun (1956), in Zentralafrika (1961) und im Niger (1964), wo dann vier Jahre später die Förderung aufgenommen wurde.

Seit 1954 engagierten sich bei der Prospektion im In- und Ausland neben dem Staat zunehmend private Firmen. Zu ihnen zählt gegenwärtig z.B. die 1975 gegründete MINATOME, eine je fünfzigprozentige Tochter der Compagnie Française des Pétroles (CFP) und von Pechiney-Ugine-Kuhlmann (PUK). Sie entwickelt im Inland beachtliche Aktivitäten bei Saint-Pierre-de-Cantal und verfügt dort über eine eigene Aufbereitungsanlage. Erwähnt sei weiter die Compagnie Minière de Dong-Trieu (CMDT), eine Tochter der Gruppe Schneider, die im nordwestlichsten Teil des Zentralmassivs den Abbau von Le Bernardan und ebenfalls eine zugehörige Aufbereitungsanlage betreibt. Konzessionen auf dem Plateau de Millevaches befinden sich in grösster Zahl in Händen dieses Unternehmens.

1976 übertrug das CEA seine Bergbauaktivitäten auf die 100%ige Tochter COGEMA. Diese verfügt auf dem Uranerz-Sektor des französischen Inlandes über den weitaus grössten Teil aller Gruben im Limousin, im Forez, in der Vendée und im Hérault, prospektiert aber auch im Languedoc, der Rouergue, dem Morvan und dem Limagne-Becken.

Insgesamt waren in Frankreich Ende 1980 1 250 km<sup>2</sup> Abbaufäche und, in 170 Einzelverträgen, 10 600 km<sup>2</sup> Prospektionsareal vergeben. Ziel der wegen des Ölbooms zwischen 1963 und 1973 verlangsamten, dann aber wieder beschleunigten Arbeiten ist ein möglichst vollständiges Inventar aller innerfranzösischen Lagerstätten. Aufgrund des «Olschocks» von 1973 setzten auch im Ausland erneut verstärkte Aktivitäten französischer Gesellschaften oder Beteiligungsunternehmen ein, so in den USA, Kanada, in Australien, Indonesien, dem Iran, Kolumbien und Guayana, ja selbst in Europa (Irland). Vielversprechende Funde zeichnen sich dabei in erster Linie in Kanada und Australien (Queensland) ab.

Seit 1977 fördert der Staat die Prospektion französischer Gesellschaften im In- und Ausland durch öffentliche Mittel. Das allgemein «Plan Uranium» genannte Gesetz sieht zwar für die nähere Exploration vielversprechender Funde Beihilfen von im allgemeinen 35 und maximal 50% der Kosten vor, die im Falle eines Abbaus zurückzuzahlen sind. Der Förderungsfonds war im Jahre 1980 jedoch nur unzureichend dotiert und nur mit 5% an der Gesamtsumme aller entsprechenden Investitionen französischer Gesellschaften beteiligt<sup>1</sup>.

Zahlreiche finanzielle Engagements (mehr als jedes andere Unternehmen auf dem Uransektor) ist die COGEMA in anderen Kontinenten eingegangen, in erster Linie in West- und Äquatorialafrika (Niger, Mali, Senegal), in Australien sowie in Nord- und Südamerika. Assoziiert ist sie dabei sowohl mit staatlichen als auch mit Privatunternehmen. An den beiden Niger-Gesellschaften SOMAIR und COMINAK hält sie z.B. Anteile von 26,96 bzw. 34%, woraus im Jahre 1980 Importe von 1083 bzw. 672 t U zugunsten der französischen Kernenergiewirtschaft resultierten. Die Beteiligungsgesellschaft in Gabun (COMUF) förderte für Frankreich im gleichen Jahr 807 t U. Für 1973 wurde ermittelt (Michel 1978, 398 ff.), dass 35% aller französischen Bergbauexplorationskosten für die Suche nach Uran investiert wurden, und im Jahre 1979 gaben französische Gesellschaften 17% aller U-Prospektionskosten aus, die in der westlichen Welt verzeichnet wurden (vgl. auch Barth 1981, 253).

Die innerfranzösische Uranförderung entwickelte sich wie folgt:

Tab. 1 Innerfranzösische Uranförderung (in 1000 t U)<sup>2</sup>

1969	1,36	1972	1,43	1975	1,77	1978	1,91
1970	1,34	1973	1,44	1976	1,78	1979	2,36
1971	1,30	1974	1,63	1977	2,08	1980	2,63

Bezüglich der U-Förderung aller Staaten der nichtkommunistischen Welt ergab sich 1980 folgendes Bild<sup>3</sup>:

Tab. 2 Uranförderung in der Welt (1980)

	t U	%
USA	16 800	38,6
Kanada	7 050	16,2
Südafrika	6 146	14,1
Niger	4 170	9,6
Namibia	4 040	9,3
Frankreich	2 634 <sup>4</sup>	6,0
Andere	2 718	6,2
Insgesamt	43 558	100,0

Frankreich nahm damit also mit rd. 2600 t U-Förderung den 6. Platz der Weltrangliste ein, nachdem es 1960 und 1970 noch den 4. besetzt hatte<sup>5</sup>. Zu berücksichtigen ist bei der Erstellung dieser Hierarchie jedoch, dass aus dem Betrieb von SOMAIR, COMINAK und COMUF für die Versorgung der KKW etwa noch einmal die gleiche Menge wie aus der innerfranzösischen Produktion zur Verfügung stand<sup>6</sup>.

Rund 30 Tage- bzw. Tiefbaue auf Uran sind in Frankreich derzeit in Betrieb, und dabei müssen für den oben bezifferten U-Gehalt ca. 2 Mill. t Erz/Jahr gefördert werden (*Rouveyrol u. Bornuat 1980, 181 ff.*).

Für das Ende unseres Jahrzehnts wird eine landesinterne Förderung von 4300 t U/Jahr für wahrscheinlich angesehen (*Devilliers u. Ziegler 1980, 133*), was allerdings voraussetzt, dass die Marktlage von den beteiligten Unternehmen optimistisch betrachtet wird und die entsprechenden Erschliessungs- und Prospektionsmassnahmen weitergehen. Da auf jeden Fall die geologischen Probleme zunehmen werden und man in grösseren Teufen wird bohren und fördern müssen, haben CEA und interessierte private Firmen vor einiger Zeit ein eigenes Forschungsinstitut gegründet, das sich diesen Fragen widmen soll (CREGU). Jedenfalls besteht die berechtigte Erwartung, dass die jährliche Produktion im Inland und bei den ausländischen Beteiligungen den wahrscheinlichen Bedarf an Natururan (U) für die voraussehbare Zukunft abdecken können wird.

Wendet man (*Ziegler 1981, Man.*) bei der Schätzung der Uranreserven Frankreichs die Kostengewinnungsklassen an, die OECD und Internationale Atomenergieagentur ihren entsprechenden, regelmässig in zweijährigen Abständen erscheinenden Berichten zugrundelegen, so sind folgende Zahlen (Stand: 31.12. 1980) festzuhalten (in Klammern die Ziffern vom 3.12. 1978):

Tab. 3 Uranreserven in Frankreich (in 1000 t U; 1980 bzw. – in Klammern – 1978)

	Gewinnungskostenklasse unter 8 \$ / kg U	80–130 \$ /kg U
Hinreichend gesicherte Reserven	59,3 (39,6)	15,55 (15,7)
Zusätzliche vermutete Vorräte	28,4 (26,2)	18,05 (20)
Insgesamt	87,7 (65,8)	33,6 (35,7)

Mithin belaufen sich die mit heutigen Mitteln abbaubaren und sicherer oder mindestens auf der Basis indirekter Anzeichen und geologischer Extrapolationen vermuteten Reserven auf ca. 121 000 t. Trotz der Tatsache, dass seit dem zwei Jahre älteren gemeinsamen Bericht der beiden genannten Institutionen etwa 5000 t U abgebaut wurden, stellt sich die Situation somit inzwischen beträchtlich günstiger dar als Ende 1978. Zu verdanken ist dies der bedeutenden sedimentären Lagerstätte in Coutras (Dép. Gironde). Sie befindet sich etwa 40 km nordöstlich von Bordeaux und 15 km nördlich von Libourne, und ihr Gesamtgehalt wird auf 20 000 t U geschätzt. Der mittlere Urangehalt wird mit 0,7–0,8 kg/t Erz angegeben<sup>7</sup>.

85 Prozent der französischen Reserven befinden sich in den 38 Konzessions- und Explorationsgebieten der COGEMA.

Blicken wir auf die Uranreserven der Welt, hält Frankreich (ohne Berücksichtigung der Ostblockstaaten und Chinas) gemäss den OECD-Berichten bei der Vorratssumme beider Kostenkategorien unter allen Ländern mit einem Anteil von 2,2% (Barth 1981, 247) den 6. Platz. Mit weitem Abstand führen die USA vor Kanada, Südafrika, Australien und dem Niger<sup>8</sup>. Es fällt auf, dass die Uranreserven völlig anders verteilt sind als die Öl vorkommen der Welt, viel stärker gestreut und, wie es scheint, mit einem relativ hohen Grad an Versorgungssicherheit. Trotzdem hat Frankreich z.Zt. einen Fünfjahresbedarf an U als Reserve gelagert. Legt man die damit produzierbare Energiemenge zugrunde, so entsprechen die aufgewendeten Kosten denjenigen für die Lagerung eines Ölverrats für nur drei Monate<sup>9</sup>.

## 2 Weiterverarbeitung der Erze

Der Gehalt des Uran-Roherzes muss wie bei anderen Erzen (z.B. Zinn, Wolfram) auf das 200- bis 800fache angereichert werden, was die Entwicklung völlig neuer Technologien erforderte. Das ansonsten im Bergbau weit verbreitete Flotationsverfahren ist nur begrenzt verwendbar, während Prozesse der Laugung und des Ionenaustausches die wichtigste Rolle spielen. Aus den hochkonzentrierten Lösungen, die man bei diesen Verfahren gewinnt, wird dann mit Alkalien ein Diuranat gefällt (z.B.  $\text{Na}_2 \text{U}_2 \text{O}_7$  = «yellow cake»), das nach Filterung und Trocknung das übliche Handelsprodukt der Bergwerke mit Gehalten von 75–85%  $\text{U}_3 \text{O}_8$  ergibt (Bischoff u. Gocht 1976).

Diese «usines de concentration» müssen sich naturgemäß wegen des geringen U-Gehalts im Ausgangsmaterial in der Nähe der Lagerstätten befinden. In Frankreich werden heute folgende Anlagen betrieben:

Tab. 4 *Uran-Aufbereitungsanlagen in Frankreich (1981)*

Ort	Revier	Jahr der Fertigstellung
L'Ecarpière	Vendée (Loire-Atlantique)	1957
Bessines	La Crouzille (Hte-Vienne)	1958
Saint-Martin-du-Bosc	Lodève (Hérault)	1980
Le Cellier	Langogne (Lozère)	1977
Saint-Pierre-de-Cantal	Saint-Pierre (Cantal)	1977
Mailhac	Haute-Vienne	1979

Die grösste Durchsatzkapazität besitzt Bessines (1,1 Mill. t Erz im Jahre 1980). Jüngste Aufbereitungsanlage ist Saint-Martin-du-Bosc im neu erschlossenen Revier von Lodève mit einer Kapazität von 400 000 t Erz; stillgelegt wurde wegen Erschöpfung der Gruben 1980 Saint-Priest-la-Prugne im Forez-Revier (Dép. Loire), das man 1960 in Betrieb genommen hatte.

Unter den beteiligten Gesellschaften ist die SIMO die weitaus wichtigste. Insbesondere betreibt sie die Grossanlagen in L'Ecarpière (Kapazität 300 000 t Erz) und Bessines. 1909 t Konzentrat wurden in den Werken der SIMO 1980 gewonnen, darunter auch aus Erzen, die man von kleineren Bergbauunternehmen aufkauft. Für diese wären eigene Anlagen zu teuer. An der SIMO selbst hält die COGEMA einen Anteil von 81%<sup>10</sup>. Le Cellier ist im Besitz von CFMU, Mailhac gehört zu Dong-Trieu, Saint-Martin noch zum CEA.

Die Weiterverarbeitung des Urankonzentrats  $U_3O_8$  verläuft in zwei Formen, entweder über das grüne Salz Tetrafluorid (UF<sub>4</sub>) und eine anschliessende Raffination durch Magnesium oder Kalzium zu Uranmetall oder über das ebenfalls aus UF<sub>4</sub> gewonnene Gas Hexafluorid (UF<sub>6</sub>). Während das metallische Uran (Natururan) durch Formguss oder Strangpressen unmittelbar in die Form von Brennelementen überführt und dann in graphitmoderierten Reaktoren verwendet werden kann, reicht der Anteil von 0,7% des leichtspaltbaren Isotops <sup>235</sup>U am Natururan für Leichtwasserreaktoren nicht aus. Zur weiteren Anreicherung auf ca. 3,25% geht man deshalb vom Hexafluorid aus und trennt die Isotope mit Hilfe von Diffusionsvorgängen. Diese Technik wurde weitgehend vom CEA selbst entwickelt.

Beide Verarbeitungsprozesse betreibt in Frankreich vornehmlich die COMURHEX, deren Besitzanteile zu 39% bei der COGEMA, zu 51% bei der Gruppe PUK liegen. Ihre einzige Betriebsstätte für die Erzeugung des Tetrafluorids und des Natururans liegt in Malvési<sup>11</sup>. Die Hexafluoridproduktion ist in Pierrelatte und in der Anlage Tricastin konzentriert, wobei die erstgenannte und ältere hochangereichertes Uran für militärische Zwecke produziert und national von der COMURHEX, die zweite – mit internationaler Beteiligung – von der EURODIF geführt wird.

Malvési liegt nahe Narbonne, die 350 ha grosse Anlage Pierrelatte auf dem Gebiet der Gemeinden Bollène, Saint-Paul-Trois-Châteaux und Pierrelatte am Ufer eines Seitenkanals der unteren Rhone zwischen Donzère und Mondragon.

Dieser Kanal liefert auch das für die Kühlung notwendige Wasser. Tricastin, eigentlich eine Landschaftsbezeichnung für das rhonenahe Grenzgebiet der Départements Drôme und Vaucluse zwischen Montélimar und Orange, hat sich als Name der jüngsten Anlage eingebürgert. Ausschlaggebend für die Wahl des Standortes unmittelbar südlich von Pierrelatte war neben der natürlich auch hier sehr günstigen Kühlwasseraufbereitung die teilweise Mitbenutzung von dessen technischen Einrichtungen. Günstige Standortfaktoren sind jedoch auch die grosse ebene Baufläche, die guten Verkehrsmöglichkeiten und die zentrale geographische Lage des Tricastin im Hinblick auf die europäischen Partner.

Die Isotopentrennung mittels der Diffusion ist langwierig und teuer. Sie verlief zwar in Pierrelatte, das 1964 in Betrieb ging und 1967 erweitert wurde, mit einer Verfügbarkeit von über 99% außerordentlich zuverlässig und störungsfrei, doch reichte die Kapazität nicht aus für die Deckung des Bedarfs auf zivilem Gebiet. So beschloss die Regierung schon 1972 den Bau der Grossanlage Tricastin, der Baukosten und eines gesicherten Absatzes wegen auf europäischer Ebene.

Das am 25. 2. 1972 unterzeichnete Abkommen zwischen CEA sowie Unternehmen aus der Bundesrepublik Deutschland, Belgien, Grossbritannien, Italien und den Niederlanden führte zunächst zu einer Arbeitsgemeinschaft EURODIF. Spanien und Schweden schlossen sich ihr kurze Zeit später an. Noch während der Vorbereitungsphase wandten sich dann jedoch Grossbritannien, die Bundesrepublik und die Niederlande vom Diffusionsverfahren ab und dem Ultrazentrifugenverfahren zu. Dieses soll sich vor allem durch einen um etwa den Faktor 20 niedrigeren spezifischen Energieverbrauch auszeichnen. Prototypen und Demonstrationsanlagen gingen zwar auch in Betrieb (Almelo, Ndl.; Capenhurst, England), doch steht die grosstechnische Bewährung noch aus. Die oben erwähnte Arbeitsgemeinschaft wurde nun in einer AG französischen Rechts, die EURODIF SA, umgewandelt und der Bau der neuen Anreicherungsanlage endgültig beschlossen. Die französische Regierung übernahm die Bürgschaft. In der Folge verzichtete (April 1974) Schweden auf die weitere Mitarbeit und trat seine Aktien an die verbleibenden Partner (Frankreich, Belgien, Italien und Spanien) ab. Über die Gesellschaft SOFIDIF beteiligte sich indes noch im gleichen Jahr der Iran an dem Projekt.

1979 konnte die Produktion aufgenommen werden, die 1982 ihre volle vorgesehene Leistung von 10,8 Mill. UTS erreichte. Das entspricht 2670 t auf 3,15% angereicherten Urans. 100 Druckwasserreaktoren der 900 MW-Klasse können nunmehr theoretisch von Tricastin aus, wo sich jetzt ein Viertel der entsprechenden Weltkapazität befindet, mit angereichertem Uran versorgt werden. Damit steht auch eine erhebliche Exportkapazität zur Verfügung, in erster Linie natürlich für die anderen europäischen Aktionäre Belgien, Italien und Spanien. Inzwischen wurden jedoch Abnahmeverträge auch mit Japan, der Schweiz und der Bundesrepublik abgeschlossen.

Nach teilweiser Anteilsübereignung durch die italienischen Partner hält an der EURODIF inzwischen die COGEMA 36,55% der Anteile und über die ursprünglich für die Kooperation mit dem Iran gegründete SOFIDIF weitere 25%. Damit ist fast die Kapitalsmehrheit erreicht. EURODIF beschäftigte übrigens Ende 1979 775 und Ende 1980 883 Personen.

Mit der Initiierung und Gründung dieser Gesellschaft hat sich Frankreich ein Instrument geschaffen, von der Lieferung angereicherten Urans durch die

Sowjetunion oder die USA unabhängig zu sein. Ansonsten wäre dies beim Betreiben von Druckwasserreaktoren unmöglich. Diese Importunabhängigkeit wird umso vorteilhafter empfunden, als sich die von den beiden Weltmächten beherrschten Märkte in den letzten 15 Jahren durch steile Teuerungsraten auszeichneten. Bewegten sich die Weltmarktpreise zwischen 1965 und 1975 zwischen 26 und 38 Dollar pro UTS, so liegen sie nunmehr (1982) bei 130–140 Dollar<sup>12</sup>.

Als man 1976 glaubte, dass auch die Kapazität der Trennanlage Tricastin in absehbarer Zeit nicht mehr ausreichen würde, um den ständig steigenden eigenen Bedarf an angereichertem Uran und denjenigen der mit Frankreich kooperierenden bzw. für den Export unter Umständen gewinnbaren Länder decken zu können, gründeten ERODIF, SOFIDIF und CEA gemeinsam eine neue Gesellschaft COREDIF. An ihr hält nach der Ausgliederung aus dem CEA nunmehr die COGEMA einen Kapitalanteil von etwas über 50%. Standort und Kapazität der neuen Anlage, die wieder nach dem Gasdiffusionsverfahren und nicht nach dem Ultrazentrifugensystem arbeiten sollte, sind aber wegen der nunmehr etwas zurückhaltenderen Nuklearpolitik der französischen Linkspolitik, wegen des langamer als erwartet steigenden gesamteuropäischen Bedarfs und nicht zuletzt wegen der politischen Umwälzungen im Iran bis heute nicht bestimmt worden und sicher für längere Zeit nicht mehr aktuell.

### 3 Reaktortypen und geographische Verteilung der Kernkraftwerke

Im letzten Abschnitt wurde bereits auf unterschiedliche Reaktortypen hingewiesen. Bevor im folgenden auf die Standorte der Kernkraftwerke etwas näher eingegangen werden kann, sind unter Verzicht auf physikalische Einzelheiten die in Frankreich vertretenen Typen kurz zu charakterisieren:

- a) *Graphitmoderierte Reaktoren*: Sie können mit natürlichem Uran betrieben werden, sind jedoch sehr voluminös und haben sich auch vor allem wegen geringerer spezifischer Leistung auf dem Weltmarkt nicht durchgesetzt. Als Kühlmittel dient Kohlendioxid. Die MW-Leistung ist beschränkt (vgl. Boiteux 1977, 104).
- b) *Schwerwasserreaktoren*: Auch hier kann Natururan verwendet werden, während man als Moderator D<sub>2</sub>O (D=Deuterium) benutzt und, jedenfalls in Frankreich, wiederum Kohlendioxid zur Kühlung.
- c) *Druckwasserreaktoren*: Zusammen mit den in Frankreich nicht verwirklichten Siedewasserreaktoren gehören sie zu den Leichtwasserreaktoren. Die Brennstäbe enthalten als Brennstoff gesinterte Tabletten mit etwa 3,25% <sup>235</sup>U-Gehalt (Pellets). Zur Kühlung dient normales Wasser, das bei einem Druck von ca. 150 at trotz Temperaturen von etwa 300°C nicht zum Sieden kommt. Die Bauweise kann dann mit rd. 10×10×10 m (vgl. Parreins 1979<sup>4</sup>, 57) sehr kompakt sein.
- d) *Schnelle Brüter*: Sie arbeiten mit nicht abgebremsten Neutronen und enthalten daher keinen Moderator. Unter bestimmten Voraussetzungen wird in ihnen Plutonium 239 erbrütet, und es kann neben Energie mehr Spaltstoff erzeugt werden, als bei den Kernspaltungen verbraucht wird. Dabei werden Plutonium aus konventionellen Reaktoren sowie <sup>238</sup>U, das in der Natur bei weitem häufigste Isotop des Urans, verwendet. Die Nutzung der Erzvorräte kann auf diese Weise um den Faktor 60–70 verbessert werden.

Die ersten Atomreaktoren Frankreichs wurden ab 1948 in den Forschungszentren Fontenay-aux-Roses und Saclay mit Schwerem Wasser in Betrieb genommen (EL 1–3). Sie sind heute längst ausser Betrieb, ebenso viele weitere. Zu diesen zäh-

len die frühen Verwirklichungen in Marcoule an der Rhone (Dép. Gard): die graphitmoderierten Reaktoren (Bauzeiten in Klammern) G 1 mit einer Nettoleistung von 5 MW (1954–56), G 2 mit 25 MW (1956–1959) und G 3 mit ebenfalls 25 MW (1956–60). G 1 verbrauchte noch mehr elektrische Energie, als er erzeugte.

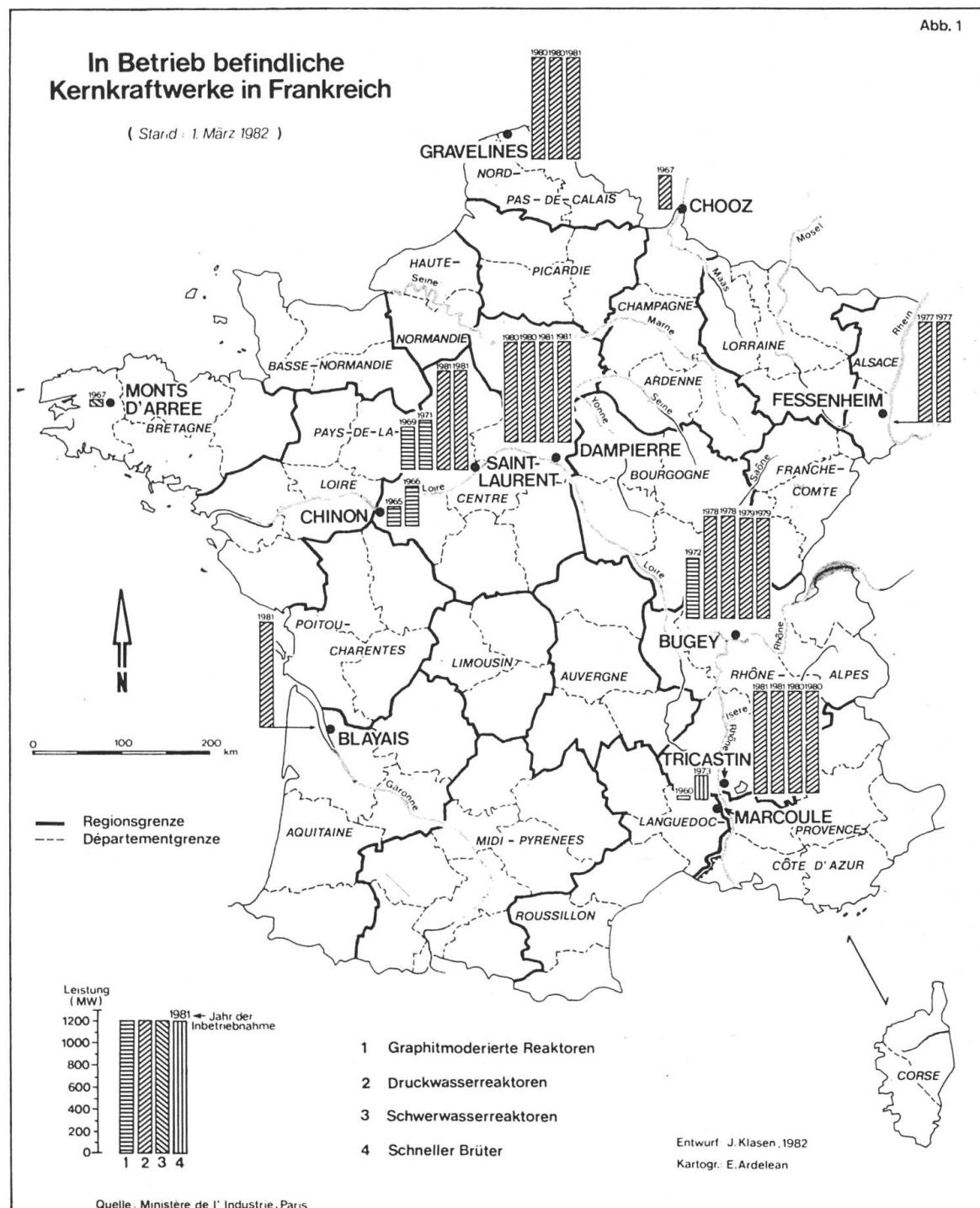
Zwischen dem CEA und der staatlichen Elektrizitätsgesellschaft EDF wurde 1955 eine Vereinbarung darüber abgeschlossen, dass letztere in Zukunft bei allen KKW als Bauherr und Betreiber auftreten würde, sofern es sich nicht um Versuchsreaktoren handle. Da die Reaktoren in Marcoule, wo auch die notwendigen Anlagen für die Graphitmoderierung gebaut wurden, erfolgreich waren, ging man bald zu entsprechenden grösseren Blöcken des gleichen Typs über. So entstanden bei Chinon die KKW EDF 1–3. Baubeginn waren die Jahre 1956, 1957 und 1959. Die verwendeten Drucke und Temperaturen wurden gesteigert, die Erträge besserten sich. Bemerkenswert ist aber rückschauend vor allem, dass bei EDF 1–3 zum ersten Mal nicht mehr versucht wurde, den engeren Kontaktbereich von Siedlungen zu meiden. EDF 2 und 3, fertiggestellt 1965 bzw. 1966 und mit 180 bzw. 360 MW Nettoleistung installiert, sind noch heute in Betrieb und damit neben G 3 in Marcoule (Betrieb seit 1960) die ältesten Blöcke, die auf dem Kernkraftsektor derzeit in Frankreich Strom erzeugen (s. Abb. 1). EDF 1 wurde 1973 stillgelegt.

Auf Chinon folgten die Blöcke 1 und 2 eines nahegelegenen Standorts an der Loire, Saint-Laurent 1 und 2, mit 390 bzw. 450 MW (fertig 1969 bzw. 1971), anschliessend ein praktisch baugleicher Block in Vandellós an der spanischen Mittelmeerküste, 40 km südlich von Tarragona. Letzter Bau nach dem Typus des graphitmoderierten Reaktors war dann der Block Bugey 1 an der Rhone (Dép. Ain). Er konnte mit 540 MW 1972 ans Netz gehen.

Um diese Zeit war ein Wechsel des Reaktortyps jedoch längst beschlossene Sache. Neue Verfahren waren inzwischen erprobt worden, wobei man aus strukturpolitischen Gründen in Gebiete gegangen war, die grosse wirtschaftliche Probleme hatten, in die Ardennen und in die Bretagne. In Chooz an der Maas wurde durch ein französisch-belgisches Konsortium der erste Druckwasserreaktor realisiert, bei dessen Bau EURATOM aus politischen Gründen fördernd eingriff<sup>13</sup> und bei dem der belgische Wunsch, die amerikanische Entwicklungslinie zu verwenden, eine wichtige Rolle spielte. Chooz, an dessen Nettoleistung von 305 MW Frankreich ein Anteil von 50% zusteht, wurde so der erste Vorläufer einer Grossserie, die sich nicht nur dem graphitmoderierten Reaktor als überlegen erweisen sollte, sondern auch dem Schwerwasserreaktor. Dessen Grosserprobung in Brennilis (Monts d'Arrée, Dép. Finistère) in der Bretagne war nicht erfolgreich, und seither wird die Entwicklungslinie wie die der Graphit-CO<sub>2</sub>-Reaktoren nicht mehr weiter verfolgt. Das im natürlichen Wasser nur zu etwa 0,015% enthaltene Schwere Wasser ist in der Herstellung zu teuer. EL 4 in Brennilis ist mit 70 MW allerdings noch heute in Betrieb, nachdem der Reaktor 1966 kritisch und im Jahr darauf ans Netz geschaltet worden war.

Massgeblich beeinflusst wurde die Favorisierung des Druckwasserreaktors (in Frankreich als Leichtwasserreaktor) durch die PEON-Kommission. Präsident de Gaulle hatte sie im Hinblick auf die Existenz zweier diametral entgegen-

Abb. 1



stehender Auffassungen gegründet. Während nämlich das CEA für nationale Unabhängigkeit und damit weiter für Graphit-Gas-Reaktoren plädierte, musste die EDF mit Blick auf eine nicht nur sichere sondern auch kostengünstige Energieversorgung den Leichtwasserreaktor verlangen. Immer mehr zeichnete es sich ja in den sechziger Jahren ab, dass unter Verwendung angereichertens Urans arbeitende Reaktoren wirtschaftlicher sein können. Freilich standen die notwendig

gen Kapazitäten für eine zivile Anreicherung nicht zur Verfügung und mussten erst geschaffen werden (vgl. Kap. 2). Nach dem auf die politischen Ereignisse vom Mai 1968 folgenden Rücktritt de Gaulles im Jahre 1969 fiel die Entscheidung der PEON-Kommission zugunsten des Druckwasserreaktors. Auch die internationale Wettbewerbsfähigkeit der unterdes zu beachtlicher Grösse herangewachsenen kerntechnischen Industrie des Landes hatte man dabei im Auge, musste man doch nach den sich abzeichnenden Entwicklungen auf dem Kernkraftsektor in vielen wichtigen Staaten befürchten, anderenfalls vom künftigen Export weitgehend ausgeschlossen zu bleiben.

Obwohl ein erstes KKW in der Oberrheinebene (Fessenheim) für einen Graphit-Gas-Reaktor konzipiert worden war (Troér 1973), machte man diese Entscheidung nunmehr rückgängig. Fessenheim 1 und 2, beide im Jahre 1971 begonnen und 1977 fertiggestellt, wurden die ersten Beispiele einer langen Bauserie von Leichtwasserreaktoren mit rd. 900 MW Nettoleistung. 890 MW sind es jeweils in Fessenheim, 880–920 bei allen anderen (vgl. Abb. 1 und Kap. 6).

Die konsequente Standardisierung und die übliche Bauweise mit mehreren Blöcken an einem Standort hatte zur Folge, dass 90% aller erforderlichen Berechnungen und Zeichnungen identisch waren, wodurch nicht nur der Ingenieuraufwand relativ gering blieb, sondern auch eine schnelle, rationelle Fertigung und eine günstige Ersatzteilhaltung möglich wurden. Antragsteller für die Genehmigung von kommerziellen KKW war und ist ja ausschliesslich die EDF, so dass sich immer die gleichen Partner gegenüberstehen. Infolgedessen hat sich eine eingespielte Praxis entwickelt.

Mit Gravelines (Dép. Pas-de-Calais) wurde bald wegen der günstigen Kühlwassersituation ein erster Küstenstandort gewählt, während im übrigen (s. Abb. 1) jedoch nach wie vor die grossen Ströme standortbestimmend blieben. Das KKW Tricastin erklärt sich darüber hinaus in seiner Lage durch den gewaltigen Strombedarf der Anreicherungskomplexe am gleichen Ort (s. Kap. 2). Von der Nettoleistung in Höhe von  $4 \times 920$  MW benötigt EUROdif allein 3100 MW.

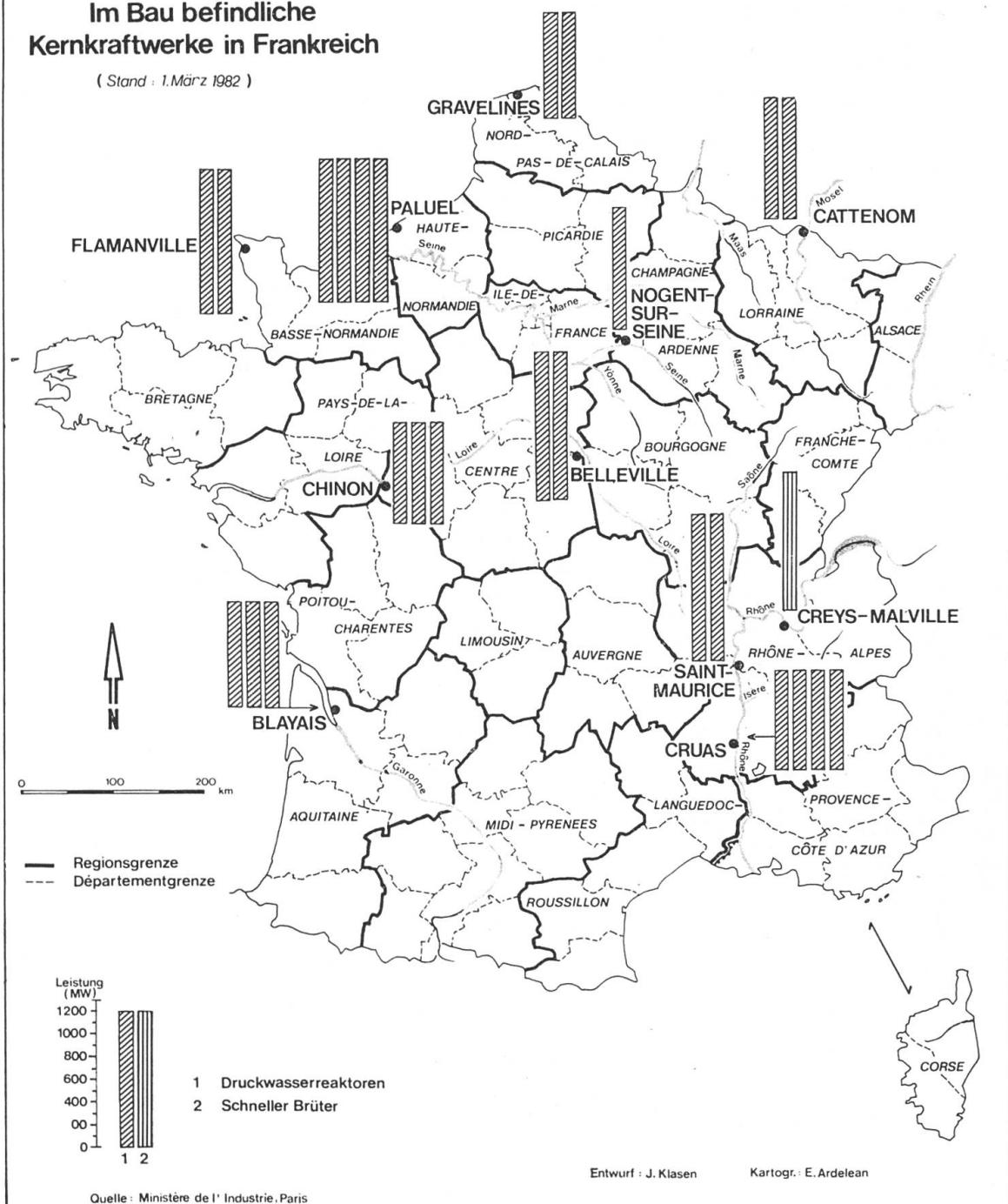
Der erste Schnelle Brüter war der Reaktor Rapsodie (Bauzeit 1962–67) im Kernforschungszentrum Cadarache nahe St.-Paul-lès-Durance, wo er zur Entwicklung der Technologie des flüssigen Natriums als Kühlmittel benutzt wurde und heute als Kernbrennstoff-Prüfstand dient. Die Leistung betrug zunächst 24 MW, seit 1970 etwa 40 MW. Eine Stromabgabe an das EDF-Netz erfolgt nicht. Zweite Entwicklungsetappe in dieser Richtung war das Experimentier- und Demonstrationskraftwerk Phénix (250 MW) in Marcoule bei Avignon. Begonnen wurde mit dem Bau dieses Prototyps 1968. Im August 1973 wurde der Reaktor kritisch, und im Dezember 1973 erfolgte die Kopplung an das Stromversorgungsnetz der EDF. 1974 war die volle Leistung erreicht. Der Wirkungsgrad beträgt 45%, während es bei einem herkömmlichen Wärmekraftwerk höchstens 38% sind. Die Brennelemente bestehen aus einem Gemisch von Uran- und Plutoniumoxid, so dass das in den Leichtwasserreaktoren in grosser Menge anfallende Plutonium als Brennstoff verwendet werden kann. Ausserdem ermöglichen diese Reaktoren, wie erwähnt, die Umwandlung von  $^{238}\text{U}$  in Plutonium und auf diese Weise die optimale Nutzung der im Natururan vorhandenen Spaltungsenergien.

Bei den im Bau befindlichen KKW (Abb. 2) fällt auf, dass nach wie vor eine

Abb. 2

**Im Bau befindliche  
Kernkraftwerke in Frankreich**

(Stand: 1. März 1982)



starke Konzentration auf wenige Standorte vorgenommen wird. So entstehen z.Zt. vier Blöcke in Cruas (Dép. Ardèche) an der Rhône nördlich von Montélimar und in Paluel in der Normandie (Dép. Seine-Maritime). Im Blayais, einem bislang als Weinbaugebiet bekannten Areal im Bordelais, Dép. Gironde, befinden sich die Blöcke 2-4 im Bau. Auch Chinon und Gravelines werden weiter stark ausgebaut.

Cattenom an der Mosel erhält zunächst eine installierte Leistung von  $2 \times 1270$  MW, doch ist für eine dritte von vier geplanten Einheiten inzwischen «grünes Licht» gegeben<sup>14</sup>. Wegen der geringen Wasserführung der Mosel muss hier auf Durchlaufkühlung verzichtet und auf Rückkühlung zurückgegriffen werden. Voraussetzung ist ausserdem der Bau eines Stausees im oberen Moselbecken<sup>15</sup>, dessen Volumen von 25 Mill. m<sup>3</sup> jedoch zum Teil auch für andere Verwendungszwecke bereitgestellt wird.

Wichtigster Einzelstandort in Frankreich wird nach der für 1985 vorgesehenen Fertigstellung des Blockes 4 mit  $4 \times 1285$  MW = 5140 MW Paluel sein. Der erste Reaktor, der in Frankreich nach der neuen, sogenannten 1300 er-Reihe begonnen wurde, war Paluel 1 (1975; Inbetriebnahme voraussichtlich 1983). Paluel soll nach 1985 im Jahr rd. 32 Mrd. kwh Strom produzieren, wobei eine Verfügbarkeit von 70% angesetzt wird. Dieser Wert scheint freilich angesichts der 1979 und 1980 im Landesdurchschnitt erreichten Ziffern (58,4% bzw. 62,2%) als zu optimistisch<sup>16</sup>. Wird er für eine Vergleichsrechnung dennoch zugrundegelegt, so ist bei einem Jahresbedarf von 830 t U davon auszugehen, dass in der Stromerzeugung des Landes 12 Mill. t Kohle ersetzt werden können. Noch eindrucksvoller wird der Vergleich, wenn man weiss, dass die Kohleförderung Frankreichs 1979 nur 23 Mill. t betrug.

Im Jahre 1979, dem letzten, für das statistische Unterlagen derzeit verfügbar sind, stellte sich die Rangfolge der bedeutendsten Kraftwerke in Frankreich wie folgt dar (Tabelle 5):

Tab. 5 Bedeutendste französische Kraftwerke (1979)<sup>17</sup>

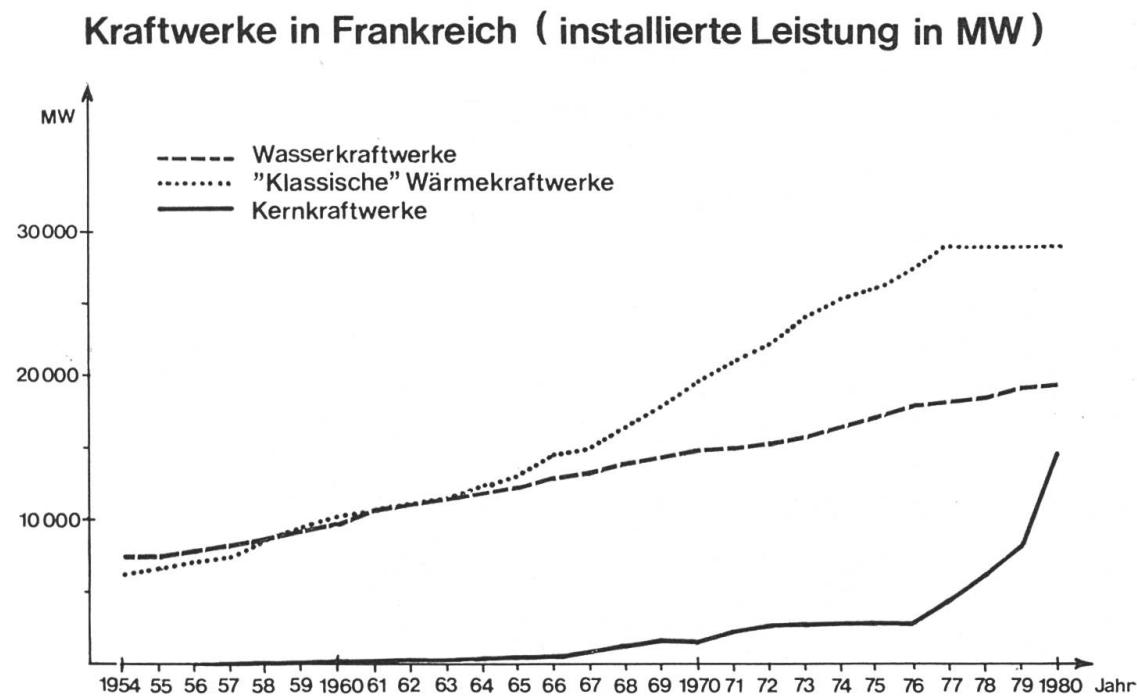
Platz	Typ	Betreiber	Werk	Lage an	GWh	Installierte Leistung (in MW)
1	K	EDF	Bugey	Rhone	15 686	4 180
2	K	EDF	Fessenheim	Rhein	9 052	1 780
3	T	EDF	Porcheville	Seine	7 529	2 340
4	T	EDF	Le Havre	Seinemündung	7 451	1 420
32	W	CNR	Bollène	Rhone	1 982	323
33	W	CNR	Génissiat	Rhone	1 875	405

Abkürzungen:

K=Kernkraftwerk; T=«Klassisches» thermisches Kraftwerk; W=Wasserkraftwerk; CNR=Compagnie Nationale du Rhône

Diese Reihenfolge, bei der also die wichtigsten Wasserkraftwerke erst die 32. und 33. Stelle, KKW aber bereits den ersten und zweiten Platz einnehmen, wird sich in den kommenden Jahren stark zugunsten der Kernkraftwerke akzentuieren (vgl. auch Abb. 1 mit Abb. 2). Derzeit liegt Saint-Laurent-des-Eaux als drittes Kernkraftwerk mit 6054 Gwh auf Platz 8. Insgesamt zeichnet sich eine grössere Diversifizierung der Standorte und eine stärkeres Zurücktreten der Standorte in den Kohlegebieten sowie in der Nähe der Verbraucherzentren ab. Bestimmend werden nunmehr die grossen Ströme und die Atlantikküste. An letzterer ist dabei

Abb. 3



Quelle: Institut de la statistique et des études économiques.

Tableaux de l'énergie française 1949 - 1979. Paris, 1981, S.117 ; Electricité de France, Annuaire Statistique 1980, S. 62, S. 76f

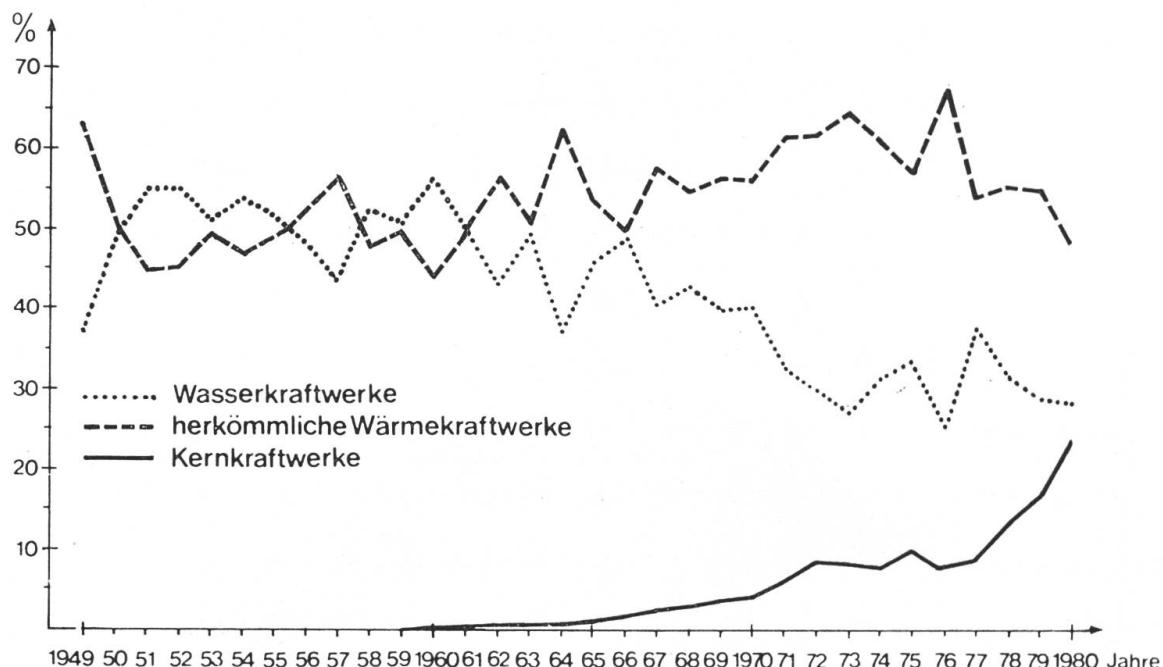
generell Durchlaufkühlung verwendbar, was dem erzeugten Strom gegenüber Rückkühlungsverfahren Kostenvorteile verschafft und keine geländeklimatischen sowie geringere ästhetische Probleme aufwirft.

An der zweiten Phénix-Generation, einem sogenannten Super-Phénix, wird in Zusammenarbeit mit der Bundesrepublik und Italien von der FRAMATOME für die Gesellschaft NERSA gebaut. 1984 soll der Brüter in Betrieb gehen. Als Standort wurde Creys-Malville (Abb. 2) gewählt, 60 km oberhalb Lyon. Die Leistung soll 1200 MW betragen und damit für die Schnellen Brüter zum ersten Mal in die Größenordnung der neueren Leichtwasserreaktoren hineinführen. Die Anlage wird bei Fertigstellung die grösste der Welt sein (vgl. Goussot 1980).

Blickt man auf die Entwicklung der installierten Kraftwerkskapazitäten in den letzten 25 Jahren (Abb. 3), so wird die frappierende jüngste Entwicklung bei den KKW sichtbar. Während die Leistung 1976 noch bei 2819 MW lag, stieg sie in den folgenden Jahren auf 4599, 6439 und 8034 MW, 1980 dann auf 14 394 MW. Dies entspricht bereits einem Anteil von 22,9%, während die Bedeutung der «klassischen» Öl- und Wärmekraftwerke und trotz noch leicht ansteigender absoluter Werte auch die der Wasserkraftwerke relativ zurückgeht. Bei der Stromerzeugung (Abb. 4) lässt sich dies, gegliedert nach den gleichen Gruppen, ebenfalls ablesen. Der Kernkraftanteil lag hier 1980 bei 23,5% nach Presseberichten in den ersten drei Monaten des Jahres 1982 übrigens bereits bei 40%.

Abb. 4

**Stromerzeugung in Frankreich**  
nach Energieträgern ( Angaben in % )



Quelle: Institut national de la statistique et des études économiques.  
Tableaux de l'énergie française 1949 - 1979. Paris, 1981, S.113 ; Electricité de France, Annuaire Statistique 1980

#### 4 Probleme der Entsorgung (Wiederaufarbeitung und Endlagerung)

Zum Betrieb von KKW gehört auch ihre Entsorgung, d.h. die Wiederaufarbeitung der abgebrannten Brennelemente, die Konditionierung und die Endlagerung radioaktiver Abfallstoffe. Das Gesamtkonzept muss also entweder eine unmittelbare Endlagerung des radioaktiven Abfalls vorsehen oder eine dieser vorgeschaltete Zwischenlagerung der abgebrannten Brennelemente in Wasserbecken und eine Wiederaufarbeitung in entsprechenden Anlagen.

Ein Konzept für die Endlagerung ist in Frankreich bislang nicht zu erkennen, trotz einer Reihe entsprechender Studien, trotz potentiell in Betracht kommender geologischer Strukturen (Salzlagerstätten, Granit) und trotz grösser werdender Dringlichkeit. Politischer Druck, der die Verantwortlichen drängen würde, Lösungen zu finden und Entscheidungen zu treffen, ist in nennenswertem Umfang nicht vorhanden. Im Vergleich zur Bundesrepublik fällt auch besonders auf, dass der Betrieb der KKW von der Bewältigung der Endlagerungsaufgaben weitgehend entkoppelt gesehen wird.

Anlagen für die Wiederaufarbeitung unterhält die COGEMA in Marcoule und La Hague. Das ältere Werk steht in Marcoule und hat eine Kapazität von 800 t

U/Jahr. Es trägt die Bezeichnung UP<sub>1</sub> (Usine Plutonium No 1). In unmittelbarer Nähe befindet sich der erste Schnelle Brüter Phénix. So wundert es nicht, wenn hier neben der Behandlung abgebrannter Brennstäbe aus konventionellen graphitmoderierten Reaktoren auch hochabgebrannte Brüter-Brennelemente (seit 1969) aufgearbeitet werden. Seit 1975 wird zudem Brennstoff der deutschen Kernforschungsanlage Karlsruhe aufgearbeitet. Angegliedert an UP<sub>1</sub> wurde 1978 eine Verglasungsanlage <sup>18</sup> für die im Prozess der Wiederaufarbeitung in Marcoule und La Hague angereicherten hochradioaktiven Abfälle, ohne dass jedoch (s. oben) über deren endgültige Lagerung entschieden wäre. Vorläufig werden sie zwischengelagert. Eine Lösung für dieendlagerung glaubt man bis zur Jahrhundertwende gefunden zu haben. Auf längere Sicht soll die Aufarbeitung des in den graphitmoderierten Reaktoren verwendeten Natururans auf Marcoule konzentriert werden, die des angereicherten Urans auf La Hague.

Die Wiederaufarbeitungsanlage (WAA) La Hague, UP<sub>2</sub> genannt, wurde geplant und entstand zwischen 1959 und 1966, also noch vor der Umstellung der französischen Nuklearpolitik auf die Druckwasserreaktoren (Leichtwasser). Der Standort befindet sich an der Spitze der Halbinsel Cotentin, ca. 40 km von Cherbourg entfernt. Da seit der Inbetriebnahme der beiden Blöcke in Fessenheim/Elsass in beträchtlichem Umfang auch stärker radioaktives Material aus Betrieben des neuen Reaktortyps anfiel, musste die seinerzeit für Brennstoffe aus den Graphit-Gas-Reaktoren konzipierte Anlage 1976 für Oxidbrennstoffe von 800 t U/Jahr auf 1200 t/Jahr erweitert werden.

Massgeblich für diese Vergrösserung und die Pläne, UP<sub>2</sub> auf eine Leistung von 1600 t zu bringen (*Lurf* 1979, 81) sowie, ebenfalls in La Hague, in zwei Abschnitten (UP<sub>3a</sub> und UP<sub>3b</sub>) eine weitere grosse WAA mit einem Durchsatz von abermals  $2 \times 800$  t/Jahr zu erstellen, sind auch Kontrakte, die mit Japan, den Niederlanden, Belgien, der Bundesrepublik, der Schweiz und Schweden geschlossen wurden. Die Erträge daraus sollen den weiteren Ausbau von La Hague zu wesentlichen Teilen finanzieren. Neuerdings verhandeln sogar US-amerikanische Firmen mit der COGEMA über die Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente. Schon das bisherige Auftragsvolumen für die achtziger Jahre entspricht einem Finanzrahmen von 7,5 Mrd. DM.

Bis 1985 wird La Hague z.B. 2300 t Brennelemente aus deutschen Atommeilern aufnehmen und später aufbereiten. Ohne die entsprechenden Verträge stünden die meisten deutschen Reaktoren zweifellos heute still.

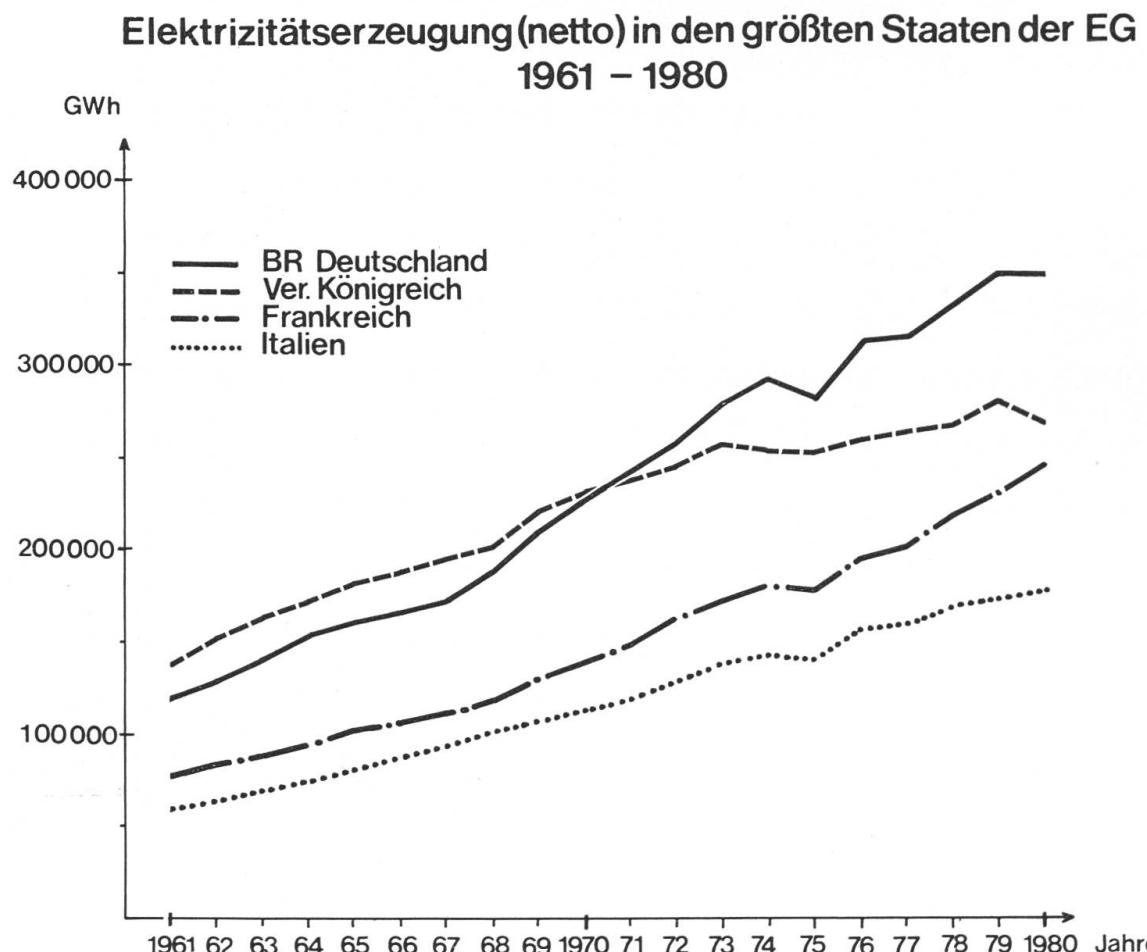
La Hague ist die einzige WAA der Welt (ausserhalb der USSR), die in grosstechnischem Massstab einwandfrei arbeitet. Sie gilt den Politikern aller Schattierungen <sup>19</sup> als wichtiger Devisenbringer und wegen der Arbeitsplätze auch regionalpolitisch als bedeutsam <sup>20</sup>.

Schwach- und mittelaktive Abfälle der WAA werden in La Hague konditioniert und an der Oberfläche oder in geringer Tiefe eingelagert <sup>21</sup>. Ein zweites derartiges Lager soll in der ehemaligen Uran-Tagebaugrube Saint-Priest-la-Prugne im Forez entstehen, doch ist darüber nach verschiedenen Einwendungen noch nicht entschieden <sup>22</sup>.

## 5 Kernenergiepolitik nach dem Regierungswechsel 1981

Nach dem Regierungswechsel und dem Beginn der Präsidentschaft von F. Mitterand hat zunächst der Ministerrat am 30. 6. 1981 über die neu zu treffenden energiepolitischen Massnahmen beraten, die endgültige Festlegung der künftigen Politik auf diesem Sektor jedoch der Parlamentsdebatte vom 7. und 8. Oktober 1981 vorbehalten<sup>23</sup>. Mit dieser verband Premierminister Mauroy dann die Vertrauensfrage, und mit 311 zu 67 Stimmen wurde das neue Energieprogramm der Regierung gebilligt. Sein zentrales Ziel bleibt unverändert<sup>24</sup> die möglichst grosse nationale Unabhängigkeit des Landes, d.h. eine Reduzierung des Energie-Einfuhrbedarfs von über 70% (vgl. *Debonneuil* 1979, 31) im Jahre 1981 auf 50% im Jahre 1990. Weiter wird ein starkes wirtschaftliches Wachstum für notwendig erachtet, um das Ziel der Vollbeschäftigung zu erreichen, und dafür sei reichlich verfügbare und wettbewerbsfähige Energie unerlässlich. An der Energiepolitik der früheren Regierung unter Premierminister R. Barre und Präsident Giscard d'Estaing wird zwar kritisiert, dass die Entscheidungsme-

Abb. 5



Quelle: Statistisches Amt d. EG. Statistische Grundzahlen d. Gemeinschaft 1981<sup>19</sup>, 87

chanismen autoritär, zentralistisch und technologisch, ja «bonapartistisch» gewesen sein, dass die Massnahmen bislang von «Nukleokraten» mit der Ideologie des «tout nucléaire» inspiriert und zu wenig am echten Bedarf orientiert gewesen seien. Auch müsse mehr auf die soziale Akzeptanz der neuen Technologie geachtet und die «enquête d'utilité publique» bezüglich der Gemeinnützigkeit durch eine Reihe öffentlicher Anhörungen (*Rapin 1982*) ersetzt werden. Als Ergebnis der Debatte sind jedoch im Vergleich zur bisherigen Energiepolitik Frankreichs mehr Nuancen als grundsätzliche Unterschiede zu erkennen:

- Die Notwendigkeit der Kernenergie wird von keinem Debattenredner bestritten<sup>25</sup>
- Zwischen- undendlagerung spielen in der Diskussion kaum eine Rolle. Man weiss, dass Zwischenlagerung notwendig ist, weil nicht so viel Brennstoff aufgearbeitet wird, wie anfällt. Der Zwischenlagerbedarf wird bis 1985 mit 6000 t und bis 1990 mit 10 000 t angegeben. Diese Mengen seien, wahrscheinlich für mehr als 10 Jahre, in Wasserbecken zu lagern. Der weitere Ausbau der Wiederaufarbeitungsanlage La Hague (UP<sub>3</sub>) wird ausdrücklich begrüßt
- Ein breiter Konsens besteht über die Fertigstellung des Super-Phénix und die Fortentwicklung der Technologie der Schnellen Brüter
- Die Risiken der Kernenergie werden stets wirtschaftlichen gegenübergestellt
- Der Anteil der Kohle soll bei der Deckung des Energiebedarfs 1990 mit 16% um 2% höher liegen, als es unter Giscard vorgesehen war.

Möglichkeiten von KKW-Überkapazitäten werden nicht ausgeschlossen, doch sei es besser, zu viel Strom zu haben als zu wenig<sup>26</sup>, und ausserdem könnten Überschüsse an die Nachbarländer exportiert werden<sup>27</sup>. Immerhin werden gegenüber der breiten Nutzungsmöglichkeit der Fortgeschrittenen Reaktorlinien, insbesondere des Schnellen Brüters, zum gegenwärtigen Zeitpunkt Vorbehalte deutlich. Super-Phénix sei ein Prototyp, und aus den Erfahrungen werde man erst 1984 oder 1985 Schlussfolgerungen bezüglich eines eventuellen Super-Phénix II zu ziehen haben.

In der Tat liegen die Anlagekosten für Super-Phénix I gut doppelt so hoch wie die von Druckwasserreaktoren vergleichbarer Grösse. Die kommerzielle Einführung Schneller Brüter hängt also u.a. davon ab, ob es gelingt, diesen Abstand zu verringern. Man nimmt an, diesem Ziel durch die Erhöhung der Blockgrössen und durch die eventuelle spätere Errichtung mehrerer Blöcke an einem Standort näher kommen zu können. Allein aus den französischen U-Lagerstätten könnte – ohne Berücksichtigung der Sicherheitsfragen und der noch nicht gegebenen Wettbewerbsfähigkeit – mit Hilfe der Schnellen Brüter mehr Energie gewonnen werden als aus dem gesamten Öl Saudi-Arabiens.

1982/83 soll sich die Auftragsvergabe für neue KKW auf sechs statt der ursprünglich vorgesehenen neun beschränken. Alle im Bau befindlichen KKW hingegen werden planmäßig fertiggestellt, so dass – wegen der langen Bauzeiten – die Kernenergielieistung bis 1986 voraussichtlich im bisher geplanten Umfang wachsen kann. Damit beläuft sich die neueste Zielprojektion der Regierung für die Kernenergie im Jahre 1990 auf 87–96 Mill. t SKE, d.h. 25,8–28,5% des Primärenergieverbrauchs. Berücksichtigt man Stilllegungen älterer Anlagen, soll dann in 56 Blöcken eine KKW-Kapazität von brutto 58,6 GW am Netz sein und zwischen 270 und 298 Mrd. kwh Strom erzeugen.

Die Entwicklung der Elektrizitätserzeugung ist ein gutes Mass für das wirtschaftliche Wachstum eines Landes. In diesem Sinn ist die Abb. 5 aufschlussreich, die die Stromerzeugung für die grössten EG-Staaten während der letzten zwei Jahrzehnte darstellt. Frankreichs Steigerungsraten sind auffallend. Verglichen mit der Nettoerzeugung der Bundesrepublik lag sein Anteil 1961 erst bei 64,3%, 1980 aber schon bei 71,0%. Ein Überholen Grossbritanniens schon in nächster Zukunft könnte bevorstehen.

Wie in den meisten anderen Ländern war die Entwicklung des Gesamtenergieverbrauchs bislang höher als die des Wirtschaftswachstums und der Konsumanstieg bei elektrischer Energie höher als die Steigerungsrate beim Energieverbrauch insgesamt. Indes liegt der französische Verbrauch pro Einwohner mit 3710 kwh (1976) z.B. noch sehr deutlich unter dem der Bundesrepublik (5109) oder dem der Schweiz (5197). Eine Verringerung dieses Abstandes ist wahrscheinlich. Begleitet sein wird sie in Frankreich von einer zunehmenden Entlastung der Handelsbilanz für Oleinfuhren und vermutlich auch von der Möglichkeit, nicht nur hohe Deviseneinnahmen aus verschiedenen Teilbereichen des Uran-Brennstoffzyklus zu erzielen, sondern auch elektrische Energie zu exportieren. Ein Netzausfall, wie er sich am 19. 12. 1978 in weiten Landesteilen bei plötzlich erhöhtem Verbrauchsanstieg ereignete, dürfte der Vergangenheit angehören.

## 6 Kernenergienutzung am Oberrhein

Das elsässische KKW Fessenheim entstand am Rheinseitenkanal, nur wenig oberhalb des gleichnamigen Wasserkraftwerks aus dem Jahre 1952. Es liegt 26 km nordöstlich von Mülhausen. Als Kühlwasser (Durchlaufkühlung) werden dem Kanal ca. 100 m<sup>3</sup>/s entnommen und noch oberhalb der Staustufe grösstenteils wieder in ihn eingespeist. Für unterhalb der Stufe wird die durchschnittliche Erwärmung bei hoher Wasserführung mit 0,8° C, bei niedriger (370 m<sup>3</sup>/s) mit 2° C angegeben (*Andan* 1977, 267 ff.). Beschäftigt sind ca. 320 Personen.

Standortfaktoren waren neben der Wasserverfügbarkeit auch die Besitzverhältnisse, da sich das Gebäude bereits im Eigentum der EDF befand. Nicht zuletzt ist die günstige geographische Lage inmitten eines bedeutenden Wirtschaftsräumes immer wieder genannt worden. Gewissen lokalen Widerständen wurde u.a. mit der Herausstellung der Windverhältnisse begegnet, die bei Störungsfällen eine Tangierung der elsässischen Bevölkerung weitgehend ausschliessen werde.

Seit dem Jahre 1976 entwickelte sich die elsässische Produktion elektrischer Energie wie folgt:

Tab. 6 Produktion elektrischer Energie im Elsass (Mrd. kwh)

Jahr	Wasser- kraft	«Klassische» thermische Kraftwerke	KKW Fessenheim	Insgesamt
1976	5,8	0,6	—	6,4
1977	8,6	1,0	1,0	10,6
1978	8,3	1,2	11,8	21,3
1979	8,6	1,3	9,0	18,9
1980	8,8	1,0	11,2	21,0

Bis 1976 basierte die regionale Bereitstellung elektrischer Energie ausschliesslich auf dem in Strassburg mit Kohle betriebenen Wärmekraftwerk (250 MW) und der Kette der Kraftwerke am Rheinseitenkanal. Diese war mit Gambsheim auf 9 angestiegen und wuchs 1977 mit der Inbetriebnahme von Iffezheim auf 10. Sie stellte sich somit auf eine installierte Kapazität<sup>28</sup> von 1264 MW. Dazu kamen dann im gleichen Jahr die Blöcke des KKW Fessenheim, so dass nunmehr 3274 MW bereitstehen.

Mit einem Schlag produzierte das KKW Fessenheim 1978 (11,8 Mrd. kwh) über 50% der elsässischen Elektrizität und über 41% der französischen Kernenergie. Zur weiteren Charakterisierung seiner Bedeutung sei darauf hingewiesen, dass der Beitrag zum gesamtfranzösischen Elektrizitätsverbrauch im Jahre 1980 bei 4,5% lag. Da sich bundesrepublikanische und schweizerische Kapitalgeber an der Finanzierung von Fessenheim beteiligt haben, stehen dem Badenwerk und der schweizerischen Energieversorgung jeweils 17,5% der erzeugten Energie zur Verfügung.

Weil das Elsass nur etwa ein Drittel des produzierten Stroms selbst benötigt, kann also für den Bedarf der Hauptstadt und Lothringens ein erheblicher Teil der Produktion bereitgestellt werden. 1979 wurden in den beiden Départements (in 1000) zwar 4367 RÖE erzeugt, aber nur 1515 verbraucht<sup>29</sup>. Der Bedarf im Ober- und Unterelsass stieg dabei in den vergangenen Jahren nicht anders als im nationalen Durchschnitt. Es lässt sich also belegen, dass eine durch das KKW erhoffte verstärkte Anziehungskraft auf industrielle Investoren nicht eingetreten ist. Auch Befragungen bei neugegründeten Unternehmen zeigten, dass die Energiesituation bei den Standortfaktoren selten unter den ersten fünf genannt wurde (*Monnoyer 1981*). 1978 stand das Elsass mit einem Anteil von 10,2% an der Erzeugung elektrischer Energie unter allen französischen Regionen an vierter Stelle<sup>30</sup>. So ist derzeit keine Rede mehr davon, ursprünglich schon für die nähere Zukunft geplante weitere Blöcke (3 und 4) in Angriff zu nehmen. Es ist daran gedacht, diese bis gegen Ende des Jahrhunderts zurückzustellen. Dementsprechend gibt es erst recht keine Zeitvorstellungen bezüglich des Baus weiterer elsässischer Nuklearkraftwerke. Der Standortsicherungsplan vom Dezember 1974 sieht hierfür Lauterburg, Gerstheim, Sundhausen (Sundhouse) und Marckolsheim vor<sup>31</sup>.

Beim badischen KKW Wyhl in der Nähe von Breisach scheint nach Abschluss des Verfahrens vor dem Verwaltungsgerichtshof Mannheim mit dem Bau durch den Errichter (Kernkraftwerk Süd GmbH) bzw. dessen Gesellschafter (Badenwerk AG, Energieversorgung Schwaben AG) begonnen werden zu können. Im Fachlichen Entwicklungsplan «Kraftwerksstandorte» des Landes Baden-Württemberg sind für das Ober- und Hochrheingebiet ausserdem (alternativ und nicht konkretisiert) Standorte in Greffen, Freistett, Meissenheim und Schwörstadt vorgesehen.

Behält man neben den elsässischen und badischen KKW bzw. den dortigen potentiellen Standorten auch die schweizerischen Kernkraftwerke Beznau, Gösgen-Däniken und Leibstadt sowie die Diskussion um Kaiseraugst im Auge, so wird eine besondere Konzentration im weiteren Umfeld von Basel evident.

(Manuskript abgeschlossen am 21. 5. 1982)

## ABKÜRZUNGEN, ANSCHRIFTEN, ZUSÄTZLICHE INFORMATIONEN

ANDRA: Agence Nationale pour la gestion des déchets radioactifs. Die Zentralstelle für die Entsorgung aller in Frankreich anfallenden radioaktiven Abfälle. Adresse s. CEA

CEA: Commissariat à l'énergie atomique. 31, rue de la Fédération, F 75732 Paris Cedex 15.  
Lt. «Journal Officiel» vom 3. 4. 1981 wurde der Aufgabenbereich auch auf Kohle und andere Grundstoffe ausgedehnt (mit Ausnahme der Kohlenwasserstoffe)

CFMU: Compagnie française des minéraux d'uranium

CNRS: Centre nationale de la recherche scientifique

COGEMA: Compagnie générale des matières nucléaires. Die Allgemeine Gesellschaft für Kernbrennstoffe. Anschriften: 2, rue Paul-Dautier, F 78141 Vélizy-Villacoublay Cedex und 31-33, rue de la Fédération, F 75015 Paris. Zu 100% Tochter des CEA

COMINAK: Compagnie minière d'Akouta (Niger)

COMUF: Compagnie des mines d'uranium de Franceville (Gabun)

COMURHEX: Société pour la conversion de l'uranium en métal et hexafluore (Anteil der COGEMA: 39%)

COREDIF: Compagnie de réalisation d'usines de diffusion gazeuse

CREGU: Centre d'études et de recherches sur la géologie de l'uranium

EDF: Electricité de France. a) Direction de l'équipement. Division Information et Communication, 3, rue de Messine, F 75008 Paris; b) Direction des affaires extérieures et de la coopération, 68, rue du Fg. St.-Honoré, F 75008 Paris

EURODIF: Geschäftssitz ist 116, avenue Aristide Briand, F 92220 Bagneux. Fabrik im Tricastin: B. P. 11, F 26701 Pierrelatte Cedex. Anteile liegen zu 36,53% bei der COGEMA, zu 25% bei der SOFIDIF

FRAMATOME: Industriegesellschaft für Reaktorbau, einziger Hersteller von KKW in Frankreich. Anteil des CEA 30%

KKW: Kernkraftwerk(e)

NERSA: Centrale Nucléaire Européenne à Neutrons Rapides S.A. Tochter der EDF (51%), der Schnell-Brüter-Kernkraftwerk GmbH (16%) und der italienischen ENEL (33%)

PEON-Kommission: Commission consultative pour la production d'électricité d'origine nucléaire

SIMO: Société industrielle des minéraux de l'ouest. Adresse: siehe COGEMA. Erzaufbereitungsgesellschaft. Anteil der COGEMA: 81%

SKE: Steinkohleneinheit (1 SKE=2/3 Rohöleinheit=2/3 RÖE)

SOFIDIF: Société franco-iranienne pour l'enrichissement de l'uranium par diffusion gazeuse

SOMAIR: Société des mines de l'Aïr (Niger)

TAE: siehe UTS

UTS: Unité de travail de séparation (Trennungsarbeitseinheiten). Die Beziehung zwischen Energiebedarf und der Herstellung einer bestimmten Menge angereicherten Urans. Für die Produktion von 1 kg auf 3,25% angereicherten Urans aus 6,5 kg Natururan bestimmter Provenienz sind z.B. 4,3 UTS oder 10 500 kwh erforderlich

## ANMERKUNGEN

<sup>1</sup> CEA. Rapport Annuel 1980

<sup>2</sup> Annuaire Statistique de la France 1980, S. 298 f. und Ziegler 1981, unveröff. Ms.

<sup>3</sup> CEA. Quelques informations utiles 1982, S. 11

<sup>4</sup> 1909 t durch die COGEMA (vgl. Anm. 1), 528 t durch das CEA direkt (Lodève, Hérault)

<sup>5</sup> Ministère de l'Industrie. Les chiffres clés des matières premières minérales 1979, Paris, o. J., S. 78 f.

<sup>6</sup> Vgl. Anm. 3, S. 12

<sup>7</sup> Jahrbuch der Atomwirtschaft 12 (1981), S. 141

<sup>8</sup> Vgl. Anm. 3, S. 11

<sup>9</sup> Ebd., S. 12

<sup>10</sup> Vgl. Anm. 1, S. 19

<sup>11</sup> Die älteste Anlage (1948) in Bouchet, 50 km s. ö. von Paris bei Corbeil gelegen, ist stillgelegt.

<sup>12</sup> Informationsblätter der Französischen Botschaft Nr. 185; COGEMA. Exercice 1980, S. 35

- <sup>13</sup> Frankreichs Zusammenarbeit mit EURATOM war niemals sehr eng, ausser bei Festlegung der Normen im Gesundheitssektor (vgl. *Hébert* 1974, 17).
- <sup>14</sup> Saarwirtschaft 1982, H. 1
- <sup>15</sup> am Bach Vieux-Pré, der über die Plaine in die Meurthe mündet. Lage: 10 km flussaufwärts von Raon-l'Etape.
- <sup>16</sup> Statistisches Amt der EG. Operation of Nuclear Power Stations 1980, erschienen 1981.
- <sup>17</sup> Electricité de France. Entreprise nationale industrielle et commerciale. Paris, 1981<sup>2</sup>, S. 72 ff.
- <sup>18</sup> Ateliers de Vitrification de Marcoule (AVM). Die Glasblöcke werden drei bis vier Jahre oberirdisch gelagert und dann in Behältern rostfreien Stahls einem luftgekühlten unterirdischen Lager zugeführt. Die beanspruchte Fläche und das benötigte Volumen sind klein.
- <sup>19</sup> z.B. Porelli, Kommunistische Partei, in der Debatte der Nationalversammlung (7. u. 8.10.81).
- <sup>20</sup> Premierminister Mauroy, ebd.
- <sup>21</sup> Centre du Stockage de la Manche (CSM).
- <sup>22</sup> Siehe: Conseil de l'Information sur l'énergie électronucléaire. 3ème rapport annuel 1981, S. 17–60.
- <sup>23</sup> Vgl. Frankreich-Info. Französische Botschaft Bonn, Nr. 83/81.
- <sup>24</sup> Siehe ebf. *K.-P. Schmid*. Linke Liebe zum Atom. Paris setzt nach wie vor auf Kernenergie. In: *Die Zeit* vom 16. 10. 1981.
- <sup>25</sup> Débats parlementaires Assemblée Nationale, Compte rendu intégral, S. 1505–1604. Vgl. *M. Petroll* (1981), auch für das Folgende.
- <sup>26</sup> Forschungs- und Technologieminister Jean-Pierre Chevènement.
- <sup>27</sup> der kommunistische Abgeordnete Goeuriot beim zustimmenden Zitieren eines Expertenberichts.
- <sup>28</sup> o.V. L'énergie en Alsace. Dossier «Vivre en Alsace» 1980–81. CRDP, Strasbourg, S. M 127 N.
- <sup>29</sup> Les chiffres pour l'Alsace H. 3, 1981, S. 14 und 17.
- <sup>30</sup> Conjoncture alsacienne Nr. 66, Oktober 1981.
- <sup>31</sup> Vgl. u.a. Rencontre des aménageurs du Rhin supérieur. Le couloir rhénan. L'aménagement par delà les frontières. Bonn, 1979, Karten 5 und 11.

## LITERATUR

- Andan, O.* (1977): L'impact régional d'une centrale nucléaire: l'exemple de Fessenheim. In: Mosella 7, 267–90
- Andriot, J.* (1964): Economie et perspectives de l'énergie atomique. Paris
- Barbier, B.* (1956): Géographie de l'industrie atomique. In: L'Information géogr. 20, 169–75
- Barth, J.* (1981): 40 ans d'énergie nucléaire dans le monde. Palaiseau
- Bischoff, G., Gocht, W.* (hg. 1976<sup>2</sup>): Das Energiehandbuch. Braunschweig
- Bischoff, G., Gocht, W.* (1979): Energietaschenbuch. Braunschweig
- Boiteux, M.* (1977): L'énergie nucléaire: mythes et réalités. In: Journal de la société statistique de Paris 118, 93–104
- Borot, D.* (1981): Energie et développement régional. In: Sallez, Alain (éd.). L'énergie et les régions. Paris, 9–24
- Chardonnet, J.* (1973<sup>2</sup>): Les sources d'énergie. Paris
- Chevillard, N.* (1981): Afrique noire: mines et promesses. In: Le Moniteur du commerce international vom 5. 10. 1981. Wiederabdruck in: Problèmes Economiques 1751, 27–32
- Dahlkamp, F. J.* (1979): Uranlagerstätten. = Gmelin Handbuch der Anorganischen Chemie, Serie U (Uran); Ergänzungsband A 1. Berlin usw.
- Dahlkamp, F. J.* (1980): Typologie et répartition géographique/géotectonique des gisements d'uranium. In: Congrès géologique international 26 (1980) Paris. Orléans, 3, 1317
- Debonneuil, M.* (1979): Quelques données sur le coût énergétique. In: Economie et Statistique 115, 27–31
- Devilliers, J. P. et Ziegler, V.* (1980): L'industrie minière de l'uranium en France. Sa situation au début de 1980. In: Annales des Mines 186 (1980), 123–34. Wiederabdruck in: Les ressources minières françaises. Paris (Ministère de l'Industrie)
- Electricité de France (1981): Annuaire statistique 1980. Paris
- Electricité de France (1981<sup>2</sup>): Entreprise nationale industrielle et commerciale. Notes et Etudes Documentaires 4575–76. Paris

- Electricité de France (1981): Direction de l'équipement. L'énergie en France. Dossier de fiches. Paris
- Emangeard, Ph.* (1981): La consommation d'énergie en France. In: L'Information géographique 45, H. 2 (Beilage, ohne Seitenzählung)
- Energie et régions (1980): Production et consommation. Perspectives 1985/2000. Travaux et recherches de prospective. Paris
- Erdmann, B.* (1981<sup>2</sup>): Standortplanung für Kernkraftwerke. Thun und Frankfurt/M.
- Faberol, J.-Y.* (1979): Les économies d'énergie en France. Politique et moyens juridiques. Notes et Etudes Documentaires 4541–42. Paris
- Gauvenet, A.* (1981): Prinzipien des franz. Entsorgungskonzepts. In: Atomwirtschaft 26, 487–92
- Géologie de l'uranium dans le massif granitique de Saint-Sylvestre (Limousin – Massif central français), La (1969). In: Sciences de la Terre, Mémoires 15. Nancy
- George, P.* (1958): L'état actuel de la question de l'énergie atomique. In: Annales de géographie 67, 193–205
- George, P.* (1973): Géographie de l'électricité. Paris
- Ginier, J.* (1965): L'énergie nucléaire en France. In: L'Information géographique 29, 9–20
- Goudier, C.* (1981): La compétitivité de l'énergie nucléaire. In: L'Usine nouvelle vom 10. 9. 1981. Wiederabdruck in: Problèmes économiques 1751, 25–27
- Goussot, M.* (1980): La politique électronucléaire française. L'avènement de la troisième génération: les surrégénérateurs. In: Géographie et recherche 36, 25–35
- Grenon, M.* (1978): Réserves et ressources mondiales d'uranium. In: Revue de l'énergie 29, no 303, 196–204
- Guéron, J.* (1967<sup>2</sup>): L'énergie nucléaire. Paris
- Hébert, J.* (1974): Das französische Kernenergierecht. In: Studien zum internationalen Wirtschaftsrecht und Atomenergierecht 54. Göttingen
- Husson, C. et M.* (1981): Problématique de l'insertion des centrales et usines nucléaires dans la vallée du Rhône. In: Sallez, Alain (éd.). L'énergie et les régions. Paris, 106–22
- Informationsblätter der Französischen Botschaft, Bonn (div. Nummern)
- Institut National de la Statistique et de Etudes Economiques (1981): Tableaux de l'énergie française 1949–1979. Paris
- Jahrbuch der Atomwirtschaft 12 (1981) und 13 (1982)
- Kalthoff, B.* (1979): Die französische Privatindustrie im Kernbrennstoffkreislauf. In: Atomwirtschaft 24, 82–83
- Kraftwerk Union AG (Msgr., 1981): Deutschland–Frankreich. Elektrizitätsversorgung im Vergleich
- Lauer, H. und Cachera, P.* (1979): Etappen des französischen Kernenergieprogramms. In: Atomwirtschaft 24, 70–73
- Lerat, S.* (1978): Géographie de l'électricité. Paris
- Lurf, G.* (1979): Die franz. Aktivitäten im Brennstoffkreislauf. In: Atomwirtschaft 24, 76–82
- Maillard, D.* (1980): Les bilans de la politique énergétique de 1973 à 1978. Paris
- Mannhardt, K.-H.* (1981): Fachwörterbuch zur Energiewirtschaft. Nukleare und nichtnukleare Energieträger. Bd. 2: Deutsch–Französisch, Französisch–Deutsch. Köln usw.
- Menuccetti, S., Aumaître, R.* (1980): Les Alpes occidentales françaises: une nouvelle province uranifère? In: Congrès géologique international 26 (1980) Paris. Orléans, 3, 969
- Michaelis, H.* (1982): Handbuch der Kernenergie. 2 Bde., München
- Michel, M.* (1978): L'extraction de l'uranium. In: Annales de géographie 87, 398–434
- Ministère de l'Industrie (o.J., 1980): Les chiffres clés de l'énergie 1980. Paris
- Ministère de l'Industrie (o.J.,): Les chiffres clés des matières premières minérales 1979. Paris
- Ministère de l'Industrie (1977 bzw. 1980): Statistique de l'industrie minérale. Paris. Jg. 1975 bzw. 1977
- Ministère de l'Industrie, du Commerce et de l'Artisanat (1977): Les économies d'énergie dans l'industrie. Paris
- Monnoyer, C.* (1981): L'Alsace, région frontière européenne et l'impact des ressources énergétiques. In: Sallez, Alain (éd.). L'énergie et les régions. Paris. S. 94–105
- Müller, W. D.* (1979): Frankreich setzt auf Kernenergie. In: Atomwirtschaft 24, S. 69
- Parreins, G.* (1979<sup>4</sup>): Les centrales nucléaires. Paris
- Pecqueur, M.* (1981): L'offre mondial d'énergie nucléaire. In: Problèmes économiques 1751, 20–25

- Pelzer, N.* (1979): Genehmigungsverfahren für Hauptkernanlagen in Frankreich. In: Atomwirtschaft 24, 74–75
- Perspectives énergétiques françaises. Paris, 1979
- Petroll, M.* (1981): Eine Analyse der Energiedebatte in der französischen Nationalversammlung. Deutsches Atomforum (Manuskript), Bonn
- Peyrat, M.* (1959): Les gisements d'uranium du Limousin. In: Norois 6, 147–62
- Puiseux, L.* (1981): Le babel nucléaire. Paris
- Ranchin, G.* (1971): La géochimie de l'uranium et la différentiation granitique dans la province uranifère du Nord-Limousin. In: Sciences de la Terre, Mémoires 19. Nancy
- Rapin, M.* (1982): Dezentralisierung des französischen Genehmigungsverfahrens. In: Atomwirtschaft 27, 38–40
- Réal, B.* (1980): Structures et performances de l'industrie nucléaire. Une comparaison France-RFA. In: Revue d'économie industrielle, no 11, 78–92
- Rolen, C.* (1981): Les importations de matières premières. In: Economie et Statistique 138, 81–92
- Rouveyrol, P.* et *Bornuac, M.* (1980): La carte minière de la France au 1/500 000. In: Annales des Mines und in: Les ressources minières françaises. Paris, 177–191
- Schönenberg, R.* (1979): Geographie der Lagerstätten. Darmstadt
- Sevette, P.* (1976): Géographie et économie comparée de l'énergie. Grenoble
- Seyer, C.* (1980): L'évolution de la consommation et de la production des différentes sources d'énergie en France entre 1970 et 1980. In: Revue géographique de l'est 20, 43–64
- Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften (1980 bzw. 1981): Operation of Nuclear Power Stations 1979 und 1980
- Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften (1980): Jahrbuch Energiestatistik 1978
- Thiriet, L.* (1976): L'énergie nucléaire. Quelles politiques pour quel avenir? Paris
- Troér, Ch.* (1973): La centrale nucléaire de Fessenheim. In: Regio Basiliensis 14, 178–80
- United Nations (1981): Yearbook of World Energy Statistics 1979. New York
- Vendryes, G.* und *Hennies, H. H.* (1978): Französische Brüterentwicklung und deutsch-französische Zusammenarbeit. In: Atomwirtschaft 23, 448–51
- Vernet, P.* (1979): L'industrie nucléaire en France: peut-on éviter la crise? Université des Sciences Sociales de Grenoble, I.R.E.P. – Développement
- Ziegler, V.* (1981): Réflexions sur l'approvisionnement en uranium de la France. In: Commissariat à l'énergie atomique, Notes d'information 6
- Ziegler, V.* (1981): L'industrie minière française de l'uranium: de la prospection à l'entrée en usine des minerais. Unveröff. Man., o.J.
- o.V. Die neue Struktur des Kernenergiesektors in Frankreich (1976): In: Atomwirtschaft 21, 518–19
- o.V. L'énergie en Alsace. Dossier «Vivre en Alsace» 1980–81. CRDP, Strasbourg

## L'UTILISATION PACIFIQUE DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE EN FRANCE (RÉSUMÉ)

L'étude traite de l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire en France depuis la mise en place du CEA en 1945.

Elle examine d'abord (1) la localisation des gisements et la prospection des minerais d'uranium en France et à l'étranger depuis 1946, le développement de la production et les réserves en France et dans le monde. Puis on étudie le traitement des minerais d'uranium (2); on parle ensuite des différents types de réacteurs en exploitation en France avec un aperçu historique de leur mise en place et la répartition des centrales achevées ou en construction (3).

Dans le paragraphe suivant (4), l'auteur passe en revue les problèmes de l'approvisionnement, du stockage et du retraitement du minéral, en précisant, quelle est la nouvelle politique en matière d'énergie nucléaire depuis le changement de majorité en 1981 (5).

Pour terminer le paragraphe 6 traite plus spécialement de l'utilisation de l'énergie nucléaire dans la région du Rhin supérieur.

Un index contient, entre autres, une liste des principaux sigles et une liste d'adresses utiles.

Paul Meyer