

Antwort
der Bundesregierung

auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Stahl (Kempen), Amling, Grunenberg, Mahne, Scheffler, Stockleben, Dr.-Ing. Laermann, Hoffie, Frau Schuchardt, Zywietz und der Fraktionen der SPD und FDP

– Drucksache 8/772 –

Energiespeicherung

Der Bundesminister für Forschung und Technologie hat mit Schreiben vom 11. August 1977 die Kleine Anfrage im Einvernehmen mit dem Bundesminister für Wirtschaft wie folgt beantwortet:

Allgemeine Bemerkungen

Energiespeicherung ist eine wesentliche Voraussetzung für eine rationelle, kostengünstige und versorgungssichere Auslastung von Energieversorgungssystemen. Sie hat bei unterschiedlichem Zeitverhalten von Energiebedarf und Energieangebot eine ausgleichende Pufferfunktion. Umwandlungs- und Verteilerkapazitäten werden gleichmäßiger ausgelastet und damit bessere Wirkungsgrade erreicht. Durch das ausgeglichenere Belastungsbild entfallen u. a. Überdimensionierungen von Anlagen, was sich z. B. auf die Investitions- und Betriebskosten günstig auswirken kann.

Besonders ausgeprägt ist das unterschiedliche Zeitverhalten zwischen Energieangebot und Energieentnahme bei der typischen nichtnuklearen Energiegewinnung wie Wind- und Sonnenenergie. Sie werden daher nur dann optimal genutzt werden können, wenn eine ausgereifte Speichertechnik zur Verfügung steht.

Zur Beurteilung einer Speicheranlage ist die Höhe der spezifischen Investitions- und Betriebskosten entscheidend. Sie werden durch die folgenden technischen Größen bestimmt, die daher auch die Ansatzpunkte der einzelnen Förderungsmaßnahmen im Forschungs- und Entwicklungsbereich sind:

- Energiedichte (spezifische Speicherfähigkeit auf Volumen- oder Gewichtseinheit bezogen)
- Wirkungsgrad (Verhältnis von abgegebener Energie zu zugeführter Energiemenge)
- maximale Speicherkapazität
- Lade- und Entladegeschwindigkeit
- Lebensdauer, Zahl der Speicherzyklen
- Zuverlässigkeit und Wartungsfreiheit.

Mit welchem Gewicht diese Bewertungsgrößen für einen Speicher zu belegen sind, hängt natürlich auch von den Betriebs erfordernissen des speziellen Energieversorgungssystems ab, in dem der Speicher arbeitet. Aus diesem Grunde wurden diese Fragen für die verschiedenen Speichermethoden im Zusammenhang mit speziellen Anwendungsmodellen untersucht. Eine diesbezügliche, vor dem Abschluß stehende Studie hat zu diesem Zweck ca. 900 Betriebsvarianten rechnerisch durchgespielt. Diese Untersuchung soll eine technische Orientierungshilfe sein für Wahl und Auslegung eines Speichers für spezielle Betriebs erfordernisse. Darüber hinaus soll sie technologische Probleme aufzeigen und präzisieren als Ansatzpunkt für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten.

1. Welche Verfahren der Energiespeicherung – getrennt nach Energiearten – sind bereits entwickelt, und wie sind sie zu bewerten?

Neben der unmittelbaren Energiespeicherung in Form fester, flüssiger oder gasförmiger Energieträger gibt es im wesentlichen folgende Möglichkeiten, Energie zu speichern:

- Speicherung in Form potentieller Energie (Pumpspeicherwerke)
- Speicherung in Form von Wärmeenergie (thermische Speicher)
- Speicherung in Form von Druckenergie (Luft-Pumpspeicher)
- Speicherung in Form von Rotationsenergie (Gyrospeicher).

Es ist nicht möglich, bei den bisher bekannten Energiespeicher möglichkeiten von einem abgeschlossenen Entwicklungsstand zu sprechen. Auch dort, wo Speicher technisch vom Prinzip her ausgereift sind, müssen sie oft unter den speziellen Bedingungen des Gesamtenergiesystems, in das sie integriert werden sollen, weiterentwickelt werden. Eine Speicherentwicklung muß daher praktisch in allen Fällen als Komponentenentwicklung einer Energieversorgung begriffen werden, die die jeweiligen technischen und wirtschaftlichen Anforderungen festlegt.

Primärenergiespeicherung

Ein Teil der Energieträger, insbesondere die fossilen Energieträger, sind in ihrem festen, flüssigen oder gasförmigen Aggregatzustand ohne grundsätzliche technische Schwierigkeiten lagerbar. Insoweit ist eine Energiespeicherung praktisch in unbegrenzten Mengen möglich. Die Speicherprobleme sind – von

Sonderfällen abgesehen – nicht technischer, sondern ökonomischer Art.

Bei der Speicherung flüssiger Brennstoffe werden die Probleme von Art, Umfang und Ort der Lagerhaltung wesentlich bestimmt. Insofern ist die Frage nach der technischen Reife, besonders bei großer Speicherkapazität, nur anhand der speziellen Erfordernisse zu beantworten. Soweit die Lagerung in Speicherseen oder Kavernen in Frage kommt, wird das technische Problem von den topographischen Bedingungen her gestaltet (siehe Frage 9). Differenzierter sind die Speicherverhältnisse für den gasförmigen Energieträger.

Um den hohen Aufwand für die Erschließung der Erdgasvorkommen und die zum Teil langen Transportwege zwischen Gewinnung und Verbrauch wirtschaftlich zu gestalten, ist ein hoher Ausnutzungsgrad dieser Anlagen notwendig. Er kann zunehmend nur durch einen Ausgleich der jahres- und tageszeitlichen Abnahmeschwankungen mit Hilfe von großvolumigen Speichern erreicht werden.

Oberirdische Nieder- und Hochdruckgasbehälter bieten keine grundsätzlichen technischen Probleme. Es sind allenfalls Fragen betriebs- und systemtechnischer Art zu lösen. Das trifft auch weitgehend für die Speicherung verflüssigter Gase zu.

Zur Frage der unterirdischen Speichermöglichkeiten wird auf Frage 9 verwiesen.

Sekundärenergiespeicherung

a) Mechanische Energiespeicher nutzen die einfachste Möglichkeit der Speicherung von Energie in Form von Rotationsenergie (Schwungräder-Gyrospeicher). Es existieren Schwungräder, die bei einer Masse von 60 kg etwa 30 kWh speichern können. Neben den Problemen der Lagerung (Magnetlagerung), sind hauptsächlich Festigkeitsprobleme – also Werkstoffprobleme – und Fragen der Energie – Ein- und Auskopplung – die Ursache, die den erzielbaren Energie-dichten Grenzen setzten.

In der maschinentechnischen Praxis werden Speicher dieser Art für spezielle Zwecke genutzt, z. B. kleinere Schwungräder als Energiepuffer, um den Ungleichförmigkeitsgrad bei Antrieben der verschiedensten Arten zu dämpfen.

Im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung und Technologie wird zur Zeit ein Anlagenkonzept erarbeitet für eine stationäre Schwungrad-Anlage zur Rückgewinnung von Bremsenergie an einer U-Bahn-Tunnelgefäßstrecke (siehe Frage 2).

Das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik in München hat für den Kurzzeitbetrieb eine große Schwungrad-Speicheranlage errichtet (240 t Schwungradmasse, ca. 1600 Umdrehungen pro Minute). Bei einer Pulszeit von 10 sec ist eine Leistungsentnahme von 150 Megawatt möglich. Die Speicherfähigkeit beträgt ungefähr das 10fache der Entnahme.

b) Hydraulische Pumpspeicher sind zur Zeit die einzige Möglichkeit, elektrische Energie auf wirtschaftliche Weise in großen Mengen zu speichern und wieder in Form von Elektrizität zurückzuführen. Ein überschüssiges Angebot elektrischer Energie in Schwachlastzeiten wird genutzt, um Wasser in höher gelegene Becken zu pumpen, also elektrische Energie in Form potentieller Energie zu speichern. Diese Speichermethode erfüllt, verglichen mit anderen Speichermöglichkeiten, praktisch alle in den Vorbemerkungen genannten Bewertungsparameter in sehr günstigem Maße. Der Wirkungsgrad liegt in der Größenordnung von 70 v. H. bis 80 v. H. Pumpspeicherwerke sind technisch ausgereift. Die Problematik liegt darin, daß ihre Verwendung von den topographischen Verhältnissen (große Fallhöhen, große Wasserbecken) abhängt. Es existieren Überlegungen, in begrenztem Umfang auch im flachen Land Pumpspeicherwerke durch unterirdische Hohlräume als unteres Auffangbecken zu ermöglichen.

c) Luft-Pumpspeicherwerke arbeiten in Verbindung mit einem Gasturbinensatz, bestehend aus Gasturbine, Generator und Verdichter. Im Normalbetrieb erbringt die Gasturbine die Arbeitsleistung für den Generator und den Verdichter. Wird aus dem Druckluftspeicher der Gasturbinenbrennkammer komprimierte Luft zugeführt, so kann dem Generator die volle Gasturbinenleistung zugeführt werden, weil die Gasturbine dadurch vom Verdichteranteil entlastet wird. Der Generator kann also um den eingesparten Verdichteranteil höher ausgelegt werden. Auf diese Weise wird bei gleichem Gasturbinenmodell eine zwei- bis dreifache Leistungssteigerung erzielt. In Zeiten geringen Energiebedarfs arbeitet der Generator als Motor, der den Verdichter antreibt und den Luftspeicher füllt. Es wird also mittelbar elektrische Energie gespeichert in Form von Druckenergie. Energiedichte 10 kWh/m³, Energieinhalt bis 10⁶ kWh, Wirkungsgrad 80 v. H.

Anlagen dieser Art können als technisch beherrscht angesehen werden. Die Probleme sind anlagentechnischer Art in Verbindung mit den speziellen Spezifikationen des Energiesystems, in dem der Speicher arbeitet. Ihre Anwendung ist auf Grund fehlender Speichervolumina auf wenige Anwendungsfälle beschränkt.

d) Thermische Speicherung. Während der elektrischen Schwachlastzeit kann Entnahmedampf gespeichert werden, der bei Spitzenbedarf über eine Kondensationsturbine zusätzlich elektrische Leistung erzeugt. Auf diese Weise kann eine Momentanreserve bereitgestellt werden. Diese Speicherung bietet keine Probleme grundsätzlicher Art; allenfalls Integrations- bzw. Adoptionsprobleme.

Diese Art der Speicherung wird seit vielen Jahrzehnten auch im Zusammenhang mit Fernwärmennetzen praktiziert. Auf Grund von wirtschaftlichen Randbedingungen ist der Anwendungsbereich begrenzt.

Zur Kategorie der thermischen Speicher zählen auch die Nacht-Strom-Speicher-Öfen sowie Brauchwasserspeicher, die seit langer Zeit im Handel sind.

Bei der Nutzung von Sonnenenergie für Warmwasserbereitung werden ebenfalls Warmwasserspeicher eingesetzt. Speziell für Heizzwecke, wo große Kapazitäten benötigt werden, sind die Anlagenkosten noch sehr hoch, so daß die wirtschaftliche Nutzung nur in seltenen Fällen gegeben ist.

2. Welche Techniken werden von der Bundesregierung zur Speicherung von Strom und Wärme gefördert, und welche Ergebnisse lassen sich im Augenblick für die Speicherung erwarten?

a) Die Speicherung elektrischer Energie ist besonders für die typischen Anwendungszwecke, Puffer bei kurzzeitigen Spitzenbelastungen, Versorgung netzunabhängiger Verbraucher, mobile Zwecke z. B. für Nahverkehr von Bedeutung. Hierfür kommt praktisch nur die elektrochemische Speicherung in Frage. Um für die genannten Anwendungsmöglichkeiten wirtschaftlich günstigere Elektrospeicher zu schaffen, ist vor allem notwendig, die elektrochemische Speicherung (Batterien) hinsichtlich Steigerung der Energiedichte, Lebensdauer, schnellerer Aufladefähigkeit, höherer Zyklenzahl erheblich weiterzuentwickeln. Aus diesem Grunde konzentrieren sich die Förderungsmaßnahmen zur Speicherung elektrischer Energie vorrangig auf die Ausschöpfung der Möglichkeiten der elektrochemischen Energiespeicherung.

Die ursprünglich breit angelegte Förderung wurde nach und nach auf die Systeme Natrium-Schwefel-Batterie, Nickel-Eisenbatterie, Bleibatterie und Brennstoffzellen konzentriert. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf dem Natrium-Schwefelsystem. Gerade diese Arbeiten haben sich sehr günstig entwickelt. Nach der laufenden Projektphase, die den Bau und Test einer 10 kWh-Einheit bis 1980/1981 vorsieht, wird man abschätzen können, in welchem Maße diese Batterie erweiterungsfähig ist in Richtung einer elektrochemischen Großspeicheranlage. Für die Option auf Schwefelsysteme war die Rohstoffsituation mitbestimmend.

Da die Bleibatterie unverändert als sehr vorteilhaft zu bewerten ist, wird u. a. im Hinblick auf die in der Zukunft zu erwartenden hohen Bleikosten versucht, bleisparende Elektroden zu entwickeln und die Energiedichte zu steigern, um den Einsatz für mobile Zwecke günstiger zu gestalten.

Charakteristisch an den gesamten Förderungsmaßnahmen sind die sehr differenzierten Untersuchungen der Elektrolyt- und Elektrodenprobleme, die bis in die Untersuchung der Mikrostrukturen hineinreichen. Ferner werden eingehende Untersuchungen der elektrochemischen Leitungsmechanismen in verschiedenen Elektrolyten mit Einschluß von Festkörperelektrolyten durchgeführt.

Kurz vor dem Abschluß steht der Konstruktionsentwurf einer kinetischen Speicheranlage zur elektrischen Bremsenergierückgewinnung an einer U-Bahn-Tunnelgefäßstrecke. Die Schwinggradmasse beträgt hier 5 Mg, der Durchmesser 2,350 m, der Gesamtenergieinhalt 30 kWh bei 3000 Umdrehungen pro Minute. Dieser Speicher ist als Modellanlage gedacht zum Test der Anwendungsmöglichkeiten von Gyrospeichern für rationelle Energieverwendung in einem speziellen Energieverbraucher.

b) Wärmespeicher

Als Speichermedien kommen Flüssigkeiten (Wasser, Öl), Steinschüttungen, Metalle und hydrische Salze (Latentwärmespeicher) in Betracht.

Der einfachste Wärmeträger ist Wasser; es ist kostengünstig, hat eine große spezifische Wärme sowohl auf die Masse als auch auf das Volumen bezogen und ist in seinen Eigenschaften problemlos.

Von besonderem Interesse sind Niedertemperatur-Langzeit-Wärmespeicher auf Wasserbasis zur Speicherung großer Energiemengen. Für die Nutzung der Solarenergie ist die Entwicklung derartiger Speicher insbesondere für den Jahresausgleich zwischen Sommer und Winter von besonderer Bedeutung. Beim Betrieb von Fernheiznetzen könnten derartige Speicher zu einer besseren Auslastung der Heizkraftwerke führen. Die Problematik der Großwärmespeicher wurde in einem umfassenden Studienprogramm, das kurz vor dem Abschluß steht, untersucht. Die Untersuchung erfaßt die konstruktiven, betriebs- und systemtechnischen sowie wirtschaftlichen Aspekte von Großanlagen. Eine Bilanz hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit ergibt, daß zur Zeit Langzeitwärmespeicher mit großer Kapazität voraussichtlich nicht ökonomisch betrieben werden können (siehe Frage 8).

Die in Angriff genommenen Speicherprojekte sind konzeptionell so angelegt, daß die unterschiedlichen Betriebsverhältnisse (Lang-, Mittel-, Kurz-Zeitspeicherung) gleichzeitig erprobt werden können. Daneben läuft ein Experimentalprogramm über die wärmetechnischen Probleme von Langzeitwärmespeichern, das speziell Fragen der Übertragbarkeit von Modellergebnissen untersucht, wärmetechnische Berechnungsgrundlagen für Großspeicher, sowie Speicherbetriebsweisen erarbeitet.

Eine andere interessante Speichertechnik für Wärme bedient sich der Latentwärme eines geeigneten Phasenwechselmaterials und verspricht wegen ihrer charakteristischen Merkmale – modulare Bauweise, einfach herstellbar, in Sonnenenergieanlagen integrierbar, wirtschaftlich, zuverlässig – theoretisch gute Entwicklungsaussichten. Für diese Technik sind jedoch noch grundlegende Untersuchungen erforderlich.

3. Sind die finanziellen und personellen Aufwendungen für die Entwicklung neuer Speichertechniken ausreichend?

Die Aktivitäten der Bundesregierung auf dem Gebiet der Speichertechnik beruhen auf einer engen Kooperation von einschlägiger Industrie mit Forschungsinstituten. Die dieser Zusammenarbeit zugrundeliegenden personellen und finanziellen Aufwendungen werden von der Bundesregierung zur Zeit für ausreichend gehalten. Sie wird aber diese Einschätzung stets neu überprüfen anhand der Ergebnisse der einzelnen Förderungsmaßnahmen und im Zusammenhang mit Entwicklungsergebnissen auf dem Gebiet der übrigen nichtnuklearen und rationalen Energietechnik. Mit einer steigenden Tendenz der finanziellen Aufwendungen muß dann gerechnet werden, wenn sich aufgrund der Auswertung der Studienergebnisse Empfehlungen für weitere Entwicklungsprojekte oder der Bau von neuen größeren Versuchsanlagen ergeben.

4. Welche neuen Vorschläge für die Speicherung von Strom und Wärme sind der Bundesregierung außer den von ihr geförderten Vorhaben bekannt?

Die Bundesregierung fördert in ihrem Programm all jene Arten von Energiespeichern, die noch nicht technisch ausgereift sind, sofern diese vom Prinzip her Ergebnisse erwarten lassen, die auch wirtschaftlich vertretbar sind.

In einer kurz vor dem Abschluß stehenden Studie wurden alle bekannten Speichermöglichkeiten im Zusammenhang mit speziellen Betriebsmodellen rechnerisch durchgespielt. Es wurden ca. 900 Betriebsvarianten untersucht, um für spezielle Erfordernisse die sinnvollsten Speicher auswählen zu können.

Über die untersuchten Speichertypen hinaus sind keine prinzipiell neuen Speichermethoden bekannt.

5. Kann der wirtschaftliche Einsatz von Kurz- und Langzeitwärmespeichern im Bereich der Haustechnik schon beurteilt werden? Welche neuen Heizungssysteme sind auf den Einsatz von Wärmespeichern angewiesen?

Die Speicherung des Schwachlaststroms durch Nachtspeicherheizung wird in der Antwort zur Frage 6 behandelt. Abgesehen davon sind solare Heizungs- und Warmwasseranlagen und die Nutzung der Windenergie zu Heizzwecken auf den Einsatz von Wärmespeichern angewiesen.

Wärmepumpen, die in der Umgebungsluft, im Erdreich oder im Grundwasser gespeicherte Sonnenenergie nutzen, können im Prinzip ohne zusätzliche Speicher im Heizsystem betrieben werden. Wärmespeicher erhöhen jedoch unter bestimmten Bedingungen die Leistungsfähigkeit der Wärmepumpe und vermindern eine Vergrößerung des Spitzenbedarfs an Strom oder Gas.

Die Wirtschaftlichkeit von Wärmespeichern kann nur im Zusammenhang mit der jeweiligen Wärmeversorgung und ihrer

Nutzungsart beurteilt werden. Außerdem hängt sie natürlich vom jeweiligen Energiepreis ab. Bei der Warmwasserversorgung ist das zu speichernde und das zu nutzende Medium identisch, somit können die Anlagenkosten vergleichsweise niedrig gehalten werden. Daher steht auch die solare Warmwasserbereitung vor dem Durchbruch zur Wirtschaftlichkeit. Ungünstiger, wegen wesentlich höherer Kosten, zu denen auch der Wärmespeicher beiträgt, ist die Situation bei der solaren Raumheizung. Da bei isolierter Betrachtung des Wärmespeichers keine genauen Angaben zur Wirtschaftlichkeit gemacht werden können, sind nur folgende allgemeine Aussagen möglich:

Technisch möglich ist im Haushaltsbereich sowohl die Kurz- als auch die Langzeitwärmespeicherung. Die Grenze der Wirtschaftlichkeit scheint bei Speicherdauern von etwa einer Woche zu liegen.

Eine wesentlich längere Speicherung von Wärme oder gar ein Jahres-Wärmespeicher wird unter wirtschaftlichen Bedingungen bei heutigen Energiepreisen in absehbarer Zukunft nicht möglich sein.

6. Wie bewertet die Bundesregierung den Einsatz der elektrischen Nachspeicherheizung? Welche durchschnittliche Ausnutzung der Primärenergieträger ergibt sich dabei? In welchem Umfang soll durch die elektrische Nachspeicherheizung der Mineralölverbrauch zurückgedrängt werden?

Eine energiepolitische Wertung der elektrischen Nachspeicherheizung hat die Bundesregierung bereits in ihrer Antwort zur Großen Anfrage der Regierungskoalition bezüglich Energiepolitik vom Mai 1977 (Frage IV/7 auf Drucksache 8/570) vorgenommen.

Die Effizienz des Primärenergieeinsatzes kann für elektrische Nachspeicherheizungen nicht generell, sondern nur aufgrund einer differenzierten Betrachtungsweise angegeben werden. Während der Umwandlungswirkungsgrad – Elektrizität – Wärme – beim Verbraucher ca. 100 v. H. beträgt, ergeben sich bei der Elektrizitätserzeugung je nach Kraftwerkskonzeption und Primärenergieeinsatz unterschiedliche Ausnutzungsgrade. Wird der Strom aus einem Heizkraftwerk (Kraft-Wärme-Kopplung) geliefert, so kann einschließlich der Leitungsverluste ein Gesamtwirkungsgrad von über 70 v. H. erreicht werden. Bei den überwiegend betriebenen Kondensationskraftwerken ist zunächst der physikalisch bedingte Wirkungsgrad von ca. 32 bis 40 v. H. zugrunde zu legen. Dabei ist zusätzlich zu berücksichtigen, daß durch Speicherheizungen eine kontinuierlichere Auslastung der Kraftwerke ermöglicht wird (Ausfüllung der Nachtäler), womit energetisch ungünstige An- bzw. Abfahrvorgänge sowie Leerlaufverluste im Kraftwerk vermieden werden. Aufgrund dieser Tatsache läßt sich aber die Primärenergieausnutzung nur im konkreten Einzelfall bestimmen, d. h. je Kraftwerk oder Kraftwerksgruppe.

Insgesamt ist hier mit einem etwas schlechteren Gesamtwirkungsgrad als bei Einzelheizanlagen auf der Basis Öl/Gas zu rechnen, die in der Praxis weit unter den theoretisch erreichbaren Wirkungsgraden arbeiten; dieser Nachteil wird aber durch die in der Antwort der Großen Anfrage angegebenen Vorteile, insbesondere durch den überwiegenden Einsatz heimischer Energieträger (Braunkohle, Steinkohle) kompensiert.

Die weitere Ausbreitung der Nachtstromspeicherheizung und damit verbundene Zurückdrängung anderer Energieträger, insbesondere Öl, ist nur unter dem Aspekt einer ausgeglichenen Belastungskurve der Kraftwerkskapazitäten vertretbar. Insofern geht die Bundesregierung davon aus, daß nur noch ein begrenzter, allerdings regional unterschiedlicher Zuwachs der Nachtstromspeicherheizung möglich ist.

7. Gibt es eine internationale Zusammenarbeit für die Entwicklung neuer Energiespeicher?

Es besteht eine enge Kooperation im Rahmen der Europäischen Gemeinschaft und der Internationalen Energieagentur (IEA), jeweils unter Beteiligung der Bundesrepublik Deutschland.

Die Förderung der Energiespeicherung ist eine Teilaufgabe des EG-Energieforschungsprogramms. Ein aus Experten der Mitgliederländer zusammengesetzter Programmausschuß berät die Kommission bei der Auswahl der Projekte.

Die EG strebt in einigen beispielhaft ausgewählten Sektoren der Energietechnik eine besonders enge Koordinierung der europäischen Forschung an. Die Bundesrepublik Deutschland hat dafür u. a. die elektrochemische Speicherung als besonders geeignet vorgeschlagen.

Der Arbeitsgruppe für Energieeinsparung der IEA liegt ein Vorschlag vor, unter deutscher Federführung verschiedene Techniken der Wärmespeicherung zu erproben. Vorgesehen ist in erster Linie ein Erfahrungsaustausch, eventuell aber auch eine unmittelbare Zusammenarbeit mit gemeinsamer Finanzierung bei Großprojekten.

8. Wie läßt sich die Energiespeicherung beim verstärkten Einsatz der Wärme-Kraft-Kopplung und der Bereitstellung von Fernwärme lösen?

In Systemen mit Wärme-Kraftkopplung zur Bereitstellung von Fernwärme ist die Energiespeicherung von besonderer Bedeutung, weil es dadurch möglich ist, die Strom- und Wärmeerzeugung und damit auch die Wärme- und stromseitige Höchstlast in einem gewissen Maße zeitlich voneinander zu entkoppeln. Dadurch könnte unter Beibehaltung eines optimalen Gesamtwirkungsgrads die Anpassung an den jeweiligen Bedarf erleichtert werden. Dieser Bedarf ist beim Strom vor allem durch Lastspitzen im Tagesverlauf und durch Belastungstäler während des Wochenendes, bei der Wärme durch tageszeitliche, vor allem aber jahreszeitliche Schwankungen charakterisiert.

Je nach technischer Auslegung des Heizkraftwerkes kann in unterschiedlichem Maße Wärme ausgekoppelt werden. Die Stromerzeugung sinkt mit wachsender Abgabe von Nutzwärme. Unter Ausnutzung der Wärme-Speicherkapazität des Fernwärmennetzes und der Hausanlagen können daher die Tages-Stromspitzen dadurch abgefangen werden, daß die Heizkraftwerke kurzzeitig nur zur Stromerzeugung genutzt werden.

Neben dieser Ausnutzung des Speicherungsvermögens besteht grundsätzlich die Möglichkeit, die angestrebte Entkopplung sowohl durch Speicherung elektrischer Energie als auch durch Wärmespeicherung zu erreichen. Für die dafür erforderliche Speicherung im großen Maßstab kommen auf der Stromseite derzeit aus wirtschaftlichen Gründen nur die Pump- und Druckspeicherwerke in Betracht, die aber an besondere topographische oder geologische Gegebenheiten gebunden sind. In der Bundesrepublik Deutschland sind die bestehenden Möglichkeiten zur Errichtung von Pumpspeicherwerken bereits weitgehend aus stromwirtschaftlichen Gründen ausgenutzt, so daß für Fernwärmesysteme kaum freie Kapazitäten zur Verfügung stehen.

Zur Kurzzeit-Wärmespeicherung werden zur Zeit vorwiegend Druckbehälter verwandt. Eine vom Bundesministerium für Forschung und Technologie in Auftrag gegebene Studie und die Meßergebnisse einiger Versuchsanlagen haben jedoch gezeigt, daß dafür auch wesentlich kostengünstigere drucklose Behälter geeignet sind.

Für die Langzeit-Wärmespeicherung werden Speicherseen untersucht, die aber nach heutigem Stand der Technik und bei den jetzigen Energiepreisen nicht wirtschaftlich sind. Gerade diese Speicher wären besonders interessant, weil mit ihnen die jahreszeitlichen Bedarfsschwankungen ausgeglichen und damit die Kraftwerks-Abwärme kontinuierlich genutzt werden kann.

9. Welche Speicherprobleme würde ein zunehmender Einsatz von Gas als Energieträger – in Zukunft auch als künstliches Gas, gewonnen aus Kohle – bedeuten?

Mit zunehmendem Einsatz von Gas als Energieträger im Wäremarkt – sowohl Erdgas als auch u. U. in weiterer Zukunft auch synthetisches Gas aus Kohle – wachsen die tages- und jahreszeitlichen Schwankungen der Nachfrage nach Gas.

Der Gasspeicherung fallen daher vor allem folgende Aufgaben zu:

- Ausgleich zwischen den Verbrauchsschwankungen und den hohen Abnahmeverpflichtungen auf Grund bestehender und künftiger Importverträge, sowie den Erfordernissen möglichst gleichmäßiger Auslastung der Transportleitungen, um eine möglichst große Wirtschaftlichkeit der Investitionen zu erreichen.
- Ausgleich zwischen dem jeweils in großen Mengen diskontinuierlich angelandeten flüssigen Erdgas (LNG) und dem Verbrauch.
- Sicherung der Belieferung der Verbraucher.

Die traditionelle Gasspeicherung bedient sich oberirdischer metallischer Gasbehälter, den sog. Gasometern. Diese Art der Gasspeicherung ist wegen der geringen Volumina und des gestiegenen Gasverbrauchs nur für den örtlichen Ausgleich kurzzeitiger Bedarfsschwankungen geeignet. Für den regionalen und überregionalen, temperaturbedingten, saisonalen und tageszeitlichen Ausgleich verwendet man unterirdische Gasspeicher, wobei man folgende Arten unterscheidet:

- Erdöl-Erdgasfelder, die weitgehend entleert sind,
- künstlich angelegte Aquiferspeicher (Porenspeicher),
- Kavernenspeicher in Salzstöcken.

Die Verwendung ausgebeuteter Erdöl- und Erdgaslagerstätten als Speicher erfordert vergleichsweise geringere Investitionen. Zwar sind aus geologischen, technischen und wirtschaftlichen Erwägungen nicht alle deutschen Kohlenwasserstofflagerstätten geeignet, es kann jedoch davon ausgegangen werden, daß ausreichende Kapazitäten zur Verfügung stehen, um einen stark zunehmenden Speicherbedarf zu decken. Die ehemaligen Erdöl- und Erdgasfelder haben den Vorteil, daß ein großer Teil der bereits auf den Feldern vorhandenen Einrichtungen sowie die Gasreste in der Lagerstätte genutzt werden können. Probleme hinsichtlich der Dichtigkeit des Deckgebirges sind nicht zu erwarten, so daß aufwendige Untersuchungen entfallen können.

Die Aquiferspeicher, also Porenspeicher in ursprünglich wassergefüllten Strukturen, ähneln in vielem den Speichern auf der Basis von Kohlenwasserstofflagerstätten. Sie erfordern jedoch einen beträchtlich höheren Investitionsaufwand. Dazu kommt, daß etwa die Hälfte des bei der Erstbefüllung eingespeicherten Gases, das sogenannte Kissengas, nicht für die betriebliche Nutzung zur Verfügung steht.

In letzter Zeit wird auch begonnen, Erdgas in künstlich ausgesolten Kavernen zu speichern. Ihr Standort ist – wie der von Felder- und Aquiferspeichern – an geologische Gegebenheiten gebunden. Diese Form der Speicherung ist kostspieliger als die Nutzung von Lagerstätten und Aquiferspeichern und in der Regel nur für geringere Gasvolumina geeignet. Dafür liegt die mögliche Entnahmemenge pro Tag wesentlich höher.

Erfahrungen mit dem Betrieb der drei genannten Speicherarten sind in der Bundesrepublik vorhanden. Welches Konzept jeweils zur Anwendung gelangt, richtet sich nach den jeweiligen gaswirtschaftlichen Bedürfnissen und nach den am vorgegebenen Standort vorliegenden geologischen Gegebenheiten. Eine überregionale Kombination der großvolumigen Porenspeicher mit der Spaltenkapazität der Kavernenspeicher wäre anzustreben. Technologische Probleme grundsätzlicher Art sind für die genannten Speichergruppen nicht erkennbar.

In der Zukunft wird auch flüssiges Erdgas (LNG) in der Bundesrepublik Deutschland angelandet werden. Die Speicherung kleinerer LNG-Mengen kann in oberirdischen Speichern erfolgen. Mit finanzieller Unterstützung der Bundesregierung wur-

den Forschungs- und Entwicklungsarbeiten durchgeführt, mit denen in einer ersten Phase die technischen Möglichkeiten der Speicherung großer Mengen LNG in Salzkavernen geprüft wurden. In einer demnächst anlaufenden zweiten Phase, die voraussichtlich gemeinsam durch die Bundesregierung und die Kommission der Europäischen Gemeinschaften gefördert werden wird, sollen Fragen der Wirtschaftlichkeit näher geprüft werden. Dieses Vorhaben ist vor allem im Hinblick auf die Versorgungssicherheit von großem Interesse, da einerseits eventuell große Gasmengen gespeichert werden können und andererseits der Erdgasbezug über den LNG-Import in größerem Maße diversifiziert werden könnte.

Für die ober- und unterirdische Speicherung von künstlichem Gas aus Kohle sind im Prinzip die gleichen Voraussetzungen gegeben wie für Erdgas. Auch hier sind grundsätzliche technologische Probleme nicht zu erwarten.

Die nutzbare Kapazität der Erdgasspeicher (Poren- und Kavernenspeicher) in der Bundesrepublik Deutschland beträgt zur Zeit etwa 0,9 Mrd. m³. Mitte der achtziger Jahre könnte die nutzbare Kapazität auf 4 bis 5 Mrd. m³ angestiegen sein. Die hierfür erforderlichen Investitionen können bei ca. 2 bis 2,5 Mrd. DM liegen.

10. Wie würden sich die Speicherprobleme beim Übergang auf Wasserstoff als Energieträger darstellen?

Wasserstoff ist ein einfach handhabbarer und umweltfreundlicher Sekundärenergieträger. Er verbrennt zu Wasser, wobei außer Stickoxiden keine weiteren Schadstoffe entstehen. In Verbindung mit Sonnenenergienutzung könnte sich unter Umständen ein weiterer Anwendungsaspekt ergeben. Seine Einführung als Sekundärenergieträger ist jedoch zur Zeit noch in keiner Weise absehbar, weil das Problem der wirtschaftlichen und energiesparenden Wasserstofferzeugung für Energieversorgungszwecke noch nicht gelöst ist. Dennoch laufen bereits Untersuchungen zur Wasserstoffspeicherung, die von der Bundesregierung und von der Kommission der Europäischen Gemeinschaften gefördert werden. Die Arbeiten zur Speicherung kleinerer Wasserstoffmengen vor allem für den mobilen Einsatz richten sich vorwiegend auf die Anwendung der Metallhydride.

Grundsätzliche technologische Probleme werden im Bereich des Transports und der Speicherung von Wasserstoff nicht gesehen. Die sich ständig erweiternden Erfahrungen aus der Anwendung des Wasserstoffs als Rohstoff in der chemischen Industrie stehen bei der eventuell notwendigen Einführung des Wasserstoffs als Energieträger voll zur Verfügung. Hinsichtlich der Speicherung gelten ähnliche Bedingungen wie für die übrigen Gasspeicherungen.