Prof. Dr. Mohssen Massarrat
UNIVERSITÄT OSNABRÜCK
FB Sozialwissenschaften
49069 Osnabrück

Telefon: 0541/969-4156
Fax: 0541/969-4600
Email: Mohssen.Massarrat@uos.de

Irans Energieversorgung

Kapazitäten, Bedarf und Optionen für die Zukunft

vorgelegt von

Mohssen Massarrat

Juni 2007

im Auftrag von

Angelika BEER

The Greens | European Free Alliance
in the European Parliament

Inhaltsverzeichnis

Abstract

I. Irans fossile Kapazitäten und bisherige Energieversorgung

1. Historische Entwicklung des Energieangebots im Iran
2. Historische Entwicklung des inländischen Primärenergieverbrauchs und Ursachen der rasant steigenden Energienachfrage
   - Bevölkerungswachstum und Verstädterung
   - Hohe Subventionierung des Energieverbrauchs
3. Strukturwandel des Energieverbrauchs
4. Expandierende Stromproduktion
5. Sinkende Exportkapazität

II. Entwicklung des künftigen Energieangebots und der Exportkapazität Irans anhand eines business as usual (BAU)-Szenarios bis 2050

1. Öl- und Gasproduktion 2004 – 2050
2. Künftiger Primärenergieverbrauch
3. Iran wird zum Importeur fossiler Energien
4. Künftige Entwicklung des Strombedarfs

III. Alternativen für Irans künftige Energieversorgung

1. Ausbau der nuklearen Kraftwerkskapazität
2. Steigerung der Energieeffizienz
3. Ausbau er erneuerbaren Energien
4. Resümee

Literaturquellen

Abstract

Irans gegenwärtiges Energieversorgungssystem ist höchst ineffizient. Es verursacht hohe CO_2-Emissionen und Schadstoffe mit erheblichen gesundheitlichen Folgen für die Bevölkerung in Ballungszentren, somit langfristig auch beträchtliche volkswirtschaftliche Folgekosten. Zudem belasten die gegenwärtig beträchtlichen Subventionen für die Energieversorgung den iranischen Staatshaushalt. Insofern steht Iran heute vor einer großen energiepolitischen Herausforderung, die zu einem Umbau des Energieversorgungssystems unter Berücksichtigung von ökonomisch vernünftigen und technologisch realisierbaren Alternativen dringenden Anlass gibt. Diese Alternativen gibt es bereits und Iran hätte die realistische Chance, sie im Interesse der eigenen Bevölkerung und Volkswirtschaft, aber auch im Interesse des Klimaschutzes zu nutzen.

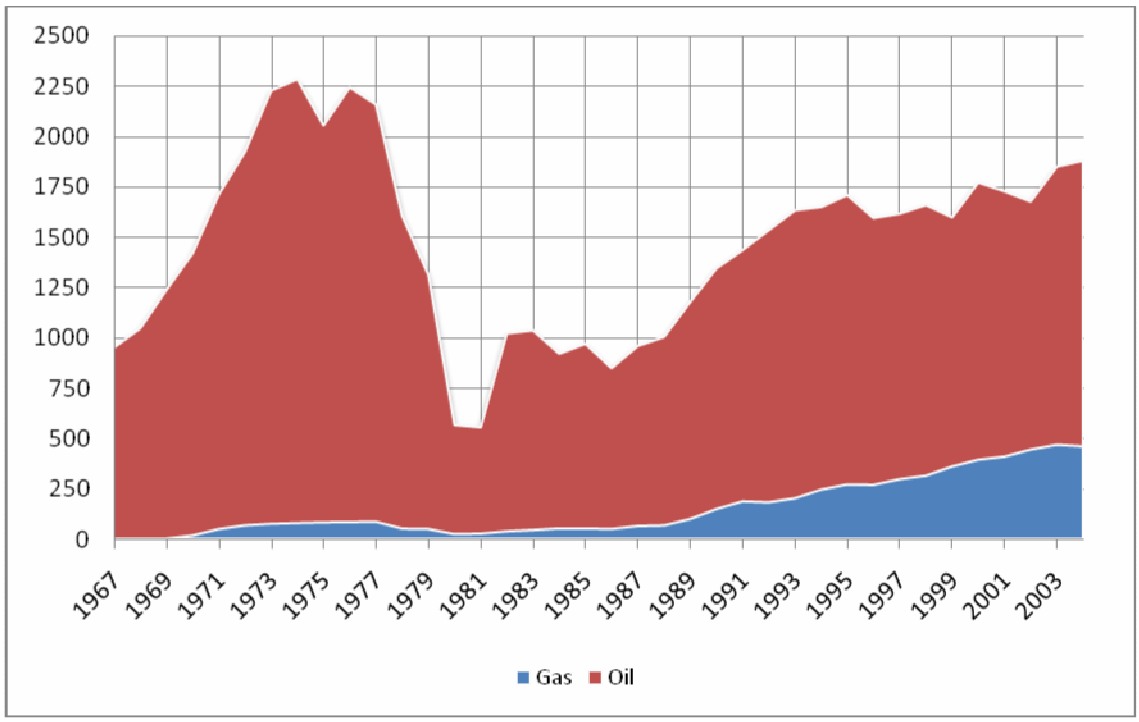
I. Irans fossile Kapazitäten und bisherige Energieversorgung

1. Historische Entwicklung des Energieangebots im Iran

Iran verfügt mit 18,9 Mrd. Tonnen Öläquivalent (toe) nach Saudi-Arabien mit 36,3 Mrd. toe die zweitgrößten Ölressourcen und mit 24,07 Mrd. toe nach Russland (43,02 Mrd. toe) die zweitgrößten Gasressourcen der Welt. Öl- und Gasressourcen zusammen genommen verfügt Iran mit 42,97 Mrd. toe (nach Russland 53,22 und vor Saudi-Arabien 42,44 Mrd. toe) insgesamt über die zweitgrößten fossilen Ressourcen der Welt.[1] Irans Ölproduktion begann bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts. Die Gasproduktion wurde dagegen erst Anfang der 1960er Jahre begonnen, in den 1990er Jahren expandierte sie jedoch deutlich. Während das Öl von Anfang an exportiert wurde, wird das produzierte Gas bisher für den Eigengebrauch verwendet, aber auch zwecks Steigerung der Ölausbeute zu einem erheblichen Teil in die Ölquellen eingepresst. Die folgende Abb. 1 zeigt die historische Entwicklung der Öl- und Gasproduktion.

[1] Eigene Berechnung nach BP Statistical Review, June 2006.

Abb. 1 Historische Entwicklung der Öl- und Gasproduktion zwischen 1967 und 2004 im Iran in mboe/a



mboe: million barrel oilequivalent

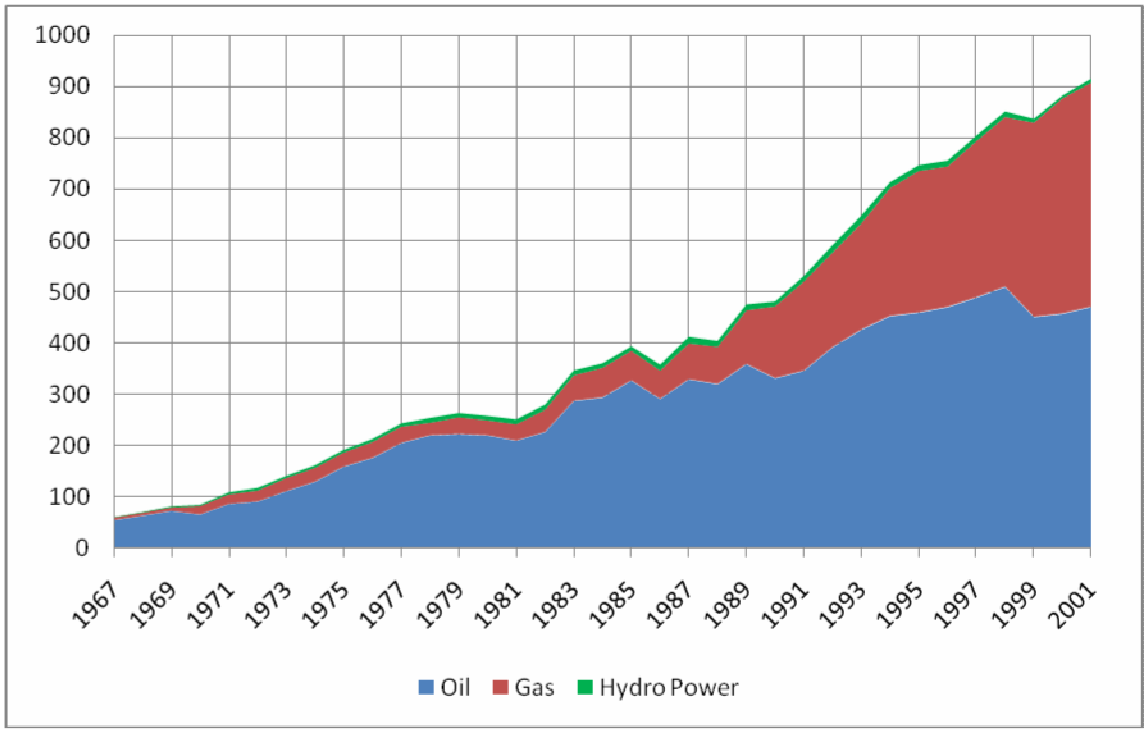
Quelle: Eigene Berechnungen nach Ministery of Energy – Islamic Republik of Iran, 2005. Vgl. auch Massarrat 2004 und Supersberger 2007.

Die Ölproduktion wurde in den 1960er Jahren dank umfangreicher Investitionen der multinationalen Ölkonzerne im großen Stil ausgeweitet und erreichte in den 1970er Jahren den historischen Höchststand aller Zeiten von 2,25 Mrd. toe/Jahr (45,18 mb/Tag). Als Folge der Massenstreiks iranischer Ölarbeiter in den Jahren 1977-79 vor der islamischen Revolution und des iranisch-irakischen Krieges (1981-1988) sank jedoch die Ölproduktion unterhalb von 1 Mrd. toe/Jahr (20,08 mb/Tag). Gegenwärtig bewegt sich die Ölproduktion zwischen 1,5 und 1,75 Mrd. toe/Jahr (30,12 – 35,14 mb/Tag). Aller Wahrscheinlichkeit nach dürfte die künftige Ölproduktion wegen Erschöpfungserscheinungen über dieses Niveau nicht hinausgehen. Dagegen könnte die Kapazität der Gasproduktion angesichts der reichen Gasvorkommen erheblich ausgeweitet werden.

2. Historische Entwicklung des inländischen Primärenergieverbrauchs und Ursachen der rasant steigenden Energienachfrage

Der Energieverbrauch stieg im Zeitraum 1971-2001 im Iran mit durchschnittlich hohen Wachstumsraten von 7,8 Prozent im Jahr. Vor allem nach der Revolution stieg die Energienachfrage, und zwar mit jährlichen Wachstumsraten von teilweise über 10 Prozent. Die Abbildung 2 zeigt, dass die steigende Inlandsnachfrage in den 1990er Jahren vor allem durch die Ausweitung der Gasproduktion gedeckt wurde. Dazu wurde das inländische Gaspipelinenetz erheblich ausgebaut und einen Großteil des Wärmebedarfs für Haushalte und den Handel sowie für die Industrie auf Gas umgestellt. Auch der Kraftwerkpark für die Stromproduktion wurde inzwischen weitgehend auf Gas umgestellt.

Abb. 2 Historische Entwicklung des inländischen Primärenergieverbrauchs 1969 bis 2001 im Iran in mboe/a



Quelle: Eigene Berechnungen nach Ministery of Energy – Islamic Republik of Iran, 2005. Vgl. auch Massarrat 2004 und Supersberger 2007.

Für die rasant steigende Energienachfrage gibt es außer dem mit der begonnenen Industrialisierung einhergehenden steigenden Energiebedarf auch demographische und energiepolitische Ursachen. Auf die letzten zwei Gründe soll im Folgenden näher eingegangen werden.

Bevölkerungswachstum und Verstädterung

Für Iran – wie für alle Entwicklungsgesellschaften – sind zwei sich verstärkende Ursachen des wachsenden Energieverbrauchs zu unterscheiden: zum einen das Bevölkerungswachstum und zum anderen die Verstädterung. Zwar stieg die Zahl der Bevölkerung Irans seit der ersten Volkszählung in 1956 von 19 Millionen auf ca. 64,5 Millionen in 2001, im letzten halben Jahrhundert also auf mehr als das Dreifache. Entscheidend für die unverhältnismäßig hohen Wachstumsraten des Energieverbrauchs im Iran war allerdings die beschleunigte Verstädterung. Lebten 1956 nur 31 Prozent der iranischen Bevölkerung in den Städten, so erhöhte sich dieser Anteil 1976 auf 46 Prozent und 2001 auf beinahe 65 Prozent. 1986 gab es 41 Großstädte mit mehr als 100.000 Einwohnern. Zehn Jahre später (1996) wurden 59 Städte mit einer Bevölkerung von mehr als 100.000 registriert.[2] Die Verdreifachung der Bevölkerung in Verbindung mit einer raschen Verstädterung und steigendem Wohlstand[3] erklären nur zum Teil das überproportionale Wachstum des Energiekonsums. Mitverantwortlich für energiepolitische Fehlentwicklungen sind in hohem Maße auch Strukturen, die im politischen Bereich liegen.

[2] Vgl. Confederation of Iranian Industry (ed.), 2002: 4.
[3] Massarrat 2004.

Hohe Subventionierung des Energieverbrauchs

Der Energieverbrauch wird im Iran stark subventioniert. Kraftstoffe für den Verkehrssektor, Gas und Strom für Haushalte und Handel sowie für die Industrie und Landwirtschaft, somit der gesamte Energieverbrauch wird flächendeckend subventioniert. Im Haushaltsjahr 1381 (21.03.2002-20.03.2003) waren beispielsweise ca. 13 Mrd. US-Dollar für Energiesubventionen vorgesehen. Sie verschlingen den Löwenanteil der Öleinnahmen, die im Zeitraum 1977-2001 jährlich zwischen 10 und 24 Mrd. US-Dollar betrugen. Die Energiesubventionen sind in jeder Hinsicht kontraproduktiv, denn sie

- sind ein wirkungsvoller Anreiz für einen verschwenderischen Energieverbrauch und beschleunigen die Erschöpfungstendenzen eigener fossiler Energien;
- verursachen durch den hohen Verbrauch die Entstehung zusätzlicher Schadstoffe und Treibhausgase;
- schmälern die Ölexportkapazität und Ölexporteinnahmen;
- verhindern kostendeckende Preise und die Rentabilität von umweltfreundlichen regenerativen Energien;
- sind schließlich auch höchst unsozial, da sie um ein Vielfaches stärker Reiche mit vergleichsweise höherem Energieverbrauch finanziell entlasten als Arme mit vergleichsweise geringerem Energieverbrauch.

Das Problem des verzerrten Preissystems durch Subventionierung ist allen verantwortlichen Stellen seit längerem bekannt und ist ein Dauerthema im iranischen Parlament. Dennoch sind alle Initiativen, die Energieverbrauchssubventionen, und damit die Preisverzerrung abzubauen, aus unterschiedlichen Gründen bisher gescheitert.

2. Strukturwandel des Energieverbrauchs

Wie der Tabelle 1 zu entnehmen ist, stieg der Energieverbrauch innerhalb von 25 Jahren in den Bereichen Haushalte und Handel um 558 Prozent, im Verkehrssektor um 353 Prozent, dagegen in der Industrie um 385 Prozent und im Agrarsektor - auf sehr niedrigem Niveau - um 254 Prozent. Klar erkennbar ist auch die Verlagerung des Energieverbrauchs von den produktiven Sektoren Industrie und Landwirtschaft in unproduktive Sektoren Haushalt und Handel sowie Verkehr. Der Anteil dieser Sektoren am Energieverbrauch ist in 2000 mit 62,8 Prozent beträchtlich höher als ihr Anteil 1976 mit 39,3 Prozent. Das Energieverbrauchsmuster Irans ist zweifelsohne nicht nachhaltig und typisch für Konsum orientierte, bevölkerungsreiche, Öl produzierende Länder mit niedriger Produktivität.

Tab. 1 Strukturwandel des Energieverbrauchs im Iran

Endenergieverbrauch/ Jahr	1976		1991		2000	
	mboe*	%	mboe	%	mboe	%
Haushalte und Handel	50,570	20,7	134,400	30,9	282,360	40,0
Industrie	49,400	20,2	125,600	28,9	190,320	27,0
Verkehr	45,400	18,6	102,400	23,6	160,510	22,8
Landwirtschaft	9,760	4,0	31,350	7,2	24,820	3,5
Sonstige	89,300	36,5	40,850	9,4	47,270	6,7
Total	244,430	100,0	434,600	100,0	705,280	100,0

*mboe = million barrel oil equivalent
Quelle: Eigene Berechnungen nach Angaben von Institut of International Energy Studies, 2001.

3. Expandierende Stromproduktion

Der Stromverbrauch im Iran stieg zwischen 1967 und 2000 von 2.220 GWh auf ca. 100.000 GWh, somit um das 45-fache an.[4] Die Kraftwerkskapazität wurde dafür von ca. 1.000 MW auf 28.000 MW mit hohem Tempo ausgebaut. Die jährliche Wachstumsrate der Stromproduktion in diesem Zeitraum wird auf 12,78 Prozent beziffert.[5] Angesichts dieser besonders hohen Wachstumsraten erhöhte sich auch der Anteil des Stromverbrauchs am Endenergieverbrauch - wie der Tabelle 2 zu entnehmen ist - im Zeitraum 1976-2000 von 3,5 auf 8,6 Prozent.

Tab. 2 Stromanteil am Endenergieverbrauch

Endenergie-verbrauch/ Jahr	1976		1991		2000	
	mboe*	%	mboe	%	mboe	%
Strom	8,623	3,5	31,553	7,3	61,000	8,6
Gesamt	244,431	100,0	434,599	100,0	705,277	100,0

* mboe = million barrel oil equivalent
Quelle: Institut of International Energy Studies, 2001

Hauptstromverbraucher ist gegenwärtig nicht - wie man annehmen könnte - der Industriesektor, sondern Haushalte und Handel. Das ineffiziente und Konsum orientierte Energieverbrauchsmuster spiegelt sich auch in der Veränderung der Struktur des Stromverbrauchs wider. Hatte 1976 die Industrie einen Anteil von immerhin 58 Prozent, Haushalte und Handel einen Anteil von 40 Prozent am Stromverbrauch, so verlagerten sich die Schwerpunkte des Stromverbrauchs bis 2000 von der Industrie mit einem Anteil von nur 35 Prozent auf Haushalte und Handel mit einem Anteil von mittlerweile 54 Prozent. Diese Entwicklung ist vor al-

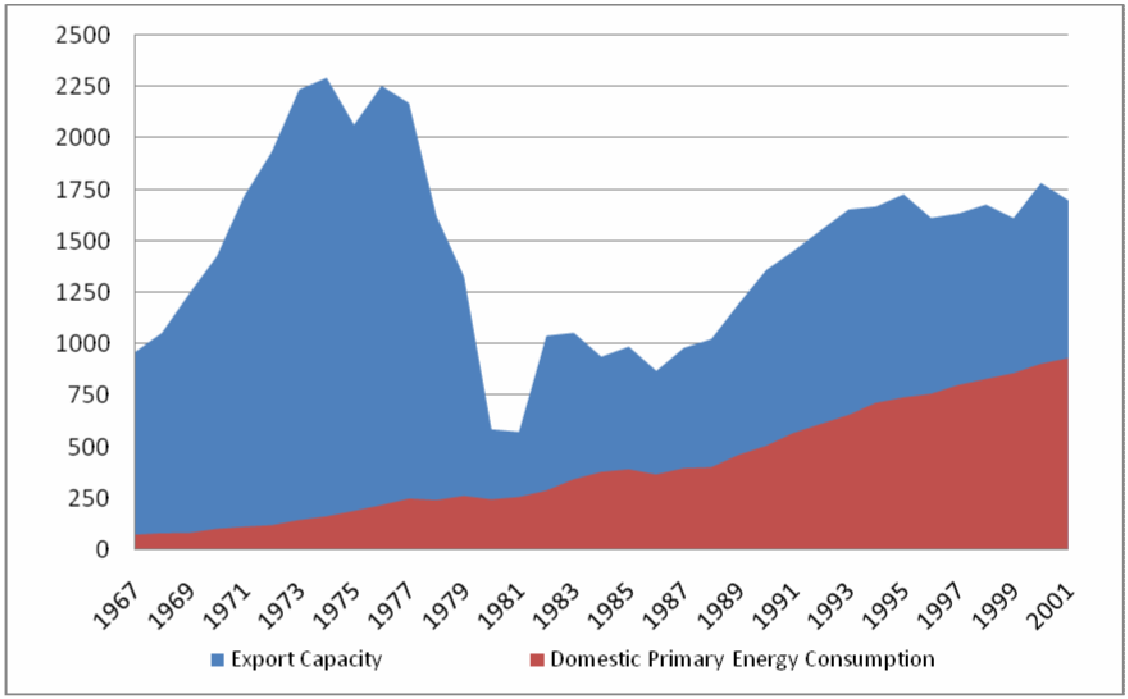
[4] Ministery of Energy, 2003.
[5] Assali, 2003: 55.

len Dingen auf den Einsatz von Strom intensiven Haushaltsgeräten und Kühlaggregaten zurück zu führen, deren Zahl in den Städten im Dienstleistungsbereich und bei den Haushalten von höheren Einkommensgruppen drastisch angestiegen ist.

4. Sinkende Exportkapazität

Die Abb. 3 veranschaulicht die kontinuierlich sinkende Ölexportkapazität Irans. Sie ist von ca. 90 Prozent in 1973 inzwischen auf deutlich unter 50 Prozent der gesamten Öl- und Gasproduktion gesunken. Nur durch drastische Erweiterung der Gasproduktion könnten die Exportkapazitäten, und damit die Einnahmen erhöht oder auf dem heutigen Stand gehalten werden. Doch bliebe es auch dann eine Frage der Zeit, wann der Iran sich bei weiterhin steigendem inländischem Energieverbrauch von einem Energieexportland zu einem Energieimportland verwandelt.

Abb. 3 Irans sinkende Exportkapazität in mboe/a



Quelle: Eigene Berechnungen nach Ministery of Energy – Islamic Republik of Iran, 2005.
Vgl. auch Massarrat 2004 und Supersberger 2007.

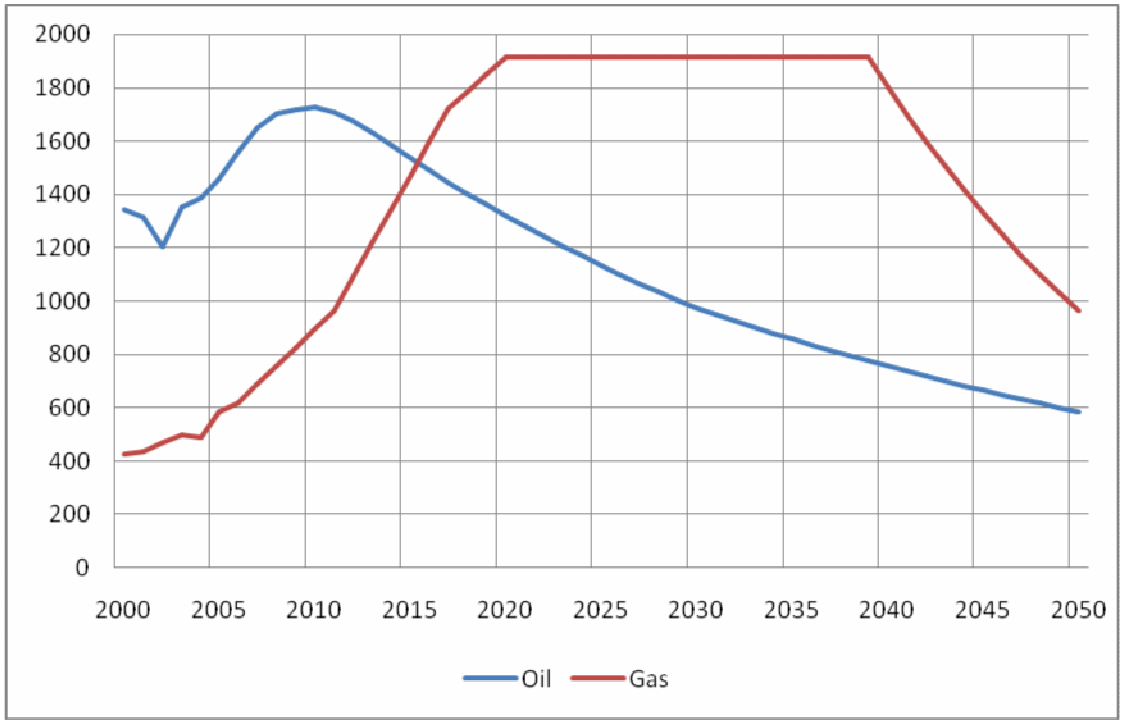
II. Entwicklung des künftigen Energieangebots und der Exportkapazität Irans anhand eines business as usual (BAU)-Szenarios bis 2050

1. Öl- und Gasproduktion 2004 – 2050

Die in der Abb. 4 für Irans Öl- und Gasproduktion dargestellte Prognose beruht auf Schätzungen der Association for the Study of Peak Oil and Gas (ASPO). Sie geht davon aus, dass der Iran bei Öl sein Fördermaximum im Jahre 2010 erreichen wird und nach diesem Datum gezwungen ist, die Produktion aufgrund von Erschöpfungstendenzen zu senken. Demge-

genüber könne die Kapazität für die Gasproduktion bis 2025 ausgeweitet und auf dem erreichten Niveau bis 2040 aufrechterhalten werden. Ab diesem Datum müsste die Produktion auch bei Gas ebenfalls aufgrund von Erschöpfungstendenzen gesenkt werden.

Abb. 4 Prognose für die Öl- und Gasproduktion in den Jahren 2004 bis 2050* in mboe/a

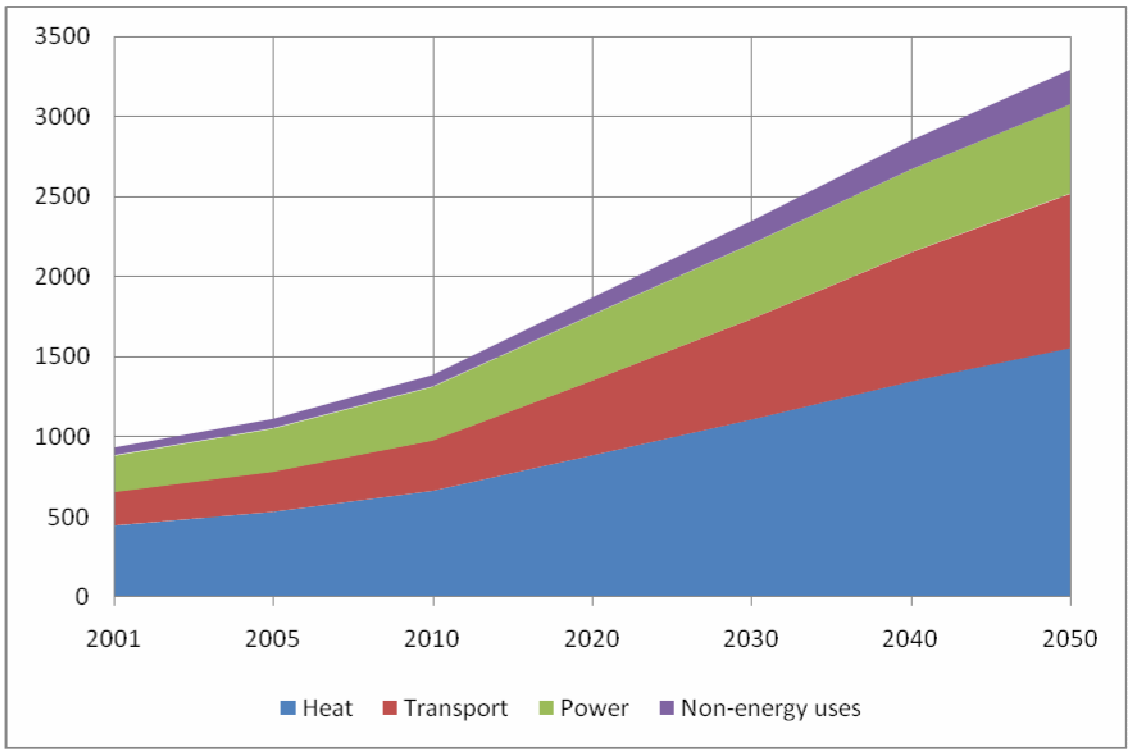


* bis 2004 tatsächliche Produktion
Quelle: Supersberger 2007: 31 ff.

2. Künftiger Primärenergieverbrauch

Demgegenüber wird der Primärenergieverbrauch Irans insgesamt und nach allen Energiearten (Antriebskraft im Verkehrssektor, Wärme und Strom in allen Sektoren) in einem BAU-Szenario zwischen 2001 und 2050 von 933 mboe auf 3.291 mboe um 350 Prozent steigen. In diesem Szenario ist die künftige Entwicklung unter der Annahme erfasst, dass sich der bisherige Trend sowohl auf der Angebots- wie auf der Nachfrageseite im Untersuchungszeitraum fortsetzt. Dabei wurden in diesem Szenario alle Variablen und die Interdependenzen zwischen ihnen berücksichtigt (Abb. 5).

Abb. 5 Primärenergiebedarf Irans bis 2050 in einem Business as Usual-Szenario (BAU-Szenario) in mboe/a



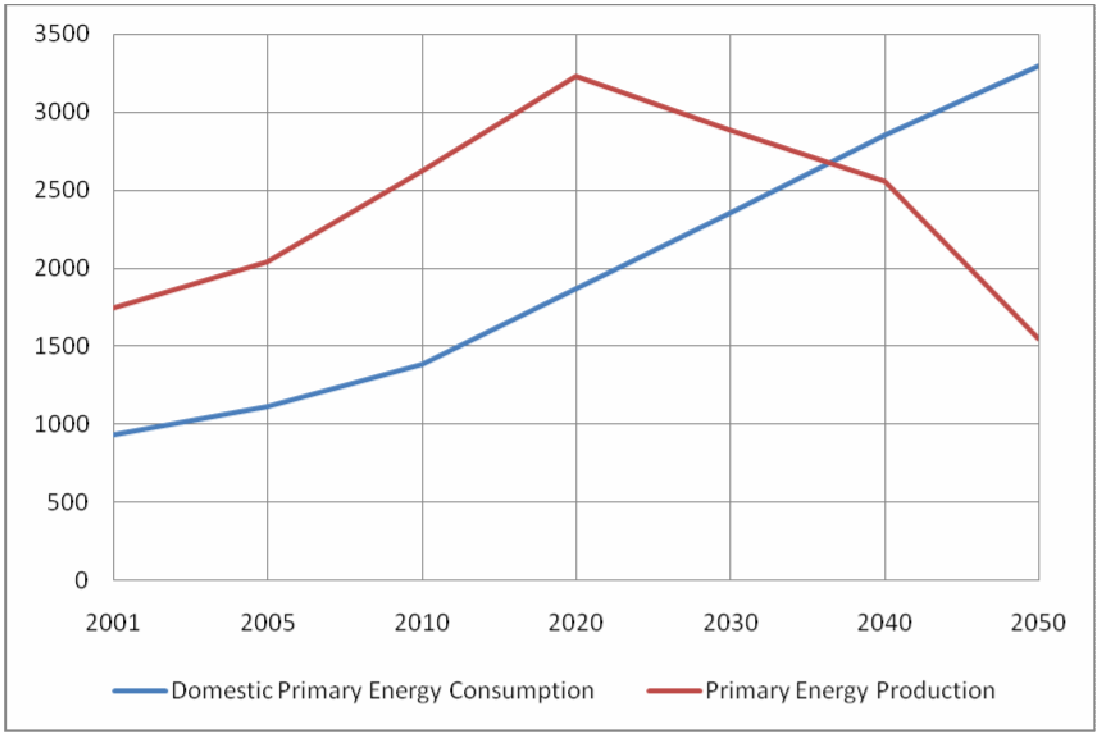
Quelle: Supersberger 2007: 49 ff.

3. Iran wird zum Importeur fossiler Energien

Blieben Irans gegenwärtige Verbrauchsmuster in der Industrie, im Verkehrssektor, bei den Haushalten und im Handels- und Dienstleistungssektor auch in Zukunft erhalten und setzten Irans Regierungen auch die bisherige Subventionspraxis fort, so stiege der Primärenergiebedarf bis 2050 im Verkehrssektor um 450 Prozent, im Wärmebereich um 348 Prozent und bei der Stromproduktion um 243 Prozent.[6] Bei einer Gegenüberstellung der Prognose der langfristigen Energieproduktion (Abb. 4) und des Energiebedarfs in einem business as usual (BAU)-Szenario (Abb. 5) stellt sich heraus, dass Irans Exportkapazitäten bis 2036 sukzessive sinken und Iran ab diesem Datum gezwungen sein würde, seinen Bedarf durch Energieimporte zu decken.

[6] Relevante Variablen wie demographische Entwicklung, steigender Verstädterungsgrad und systembedingte Abnahme der Energieintensität wurden für den Szenariozeitraum berücksichtigt. Ausführlicher zu Annahmen und Modellberechnungen vgl. Supersberger 2007.

Abb. 6 Prognose über die Primärenergieproduktion und den Primärenergieverbrauch im Iran 2001 bis 2050 in einem BAU-Szenario in mboe/a

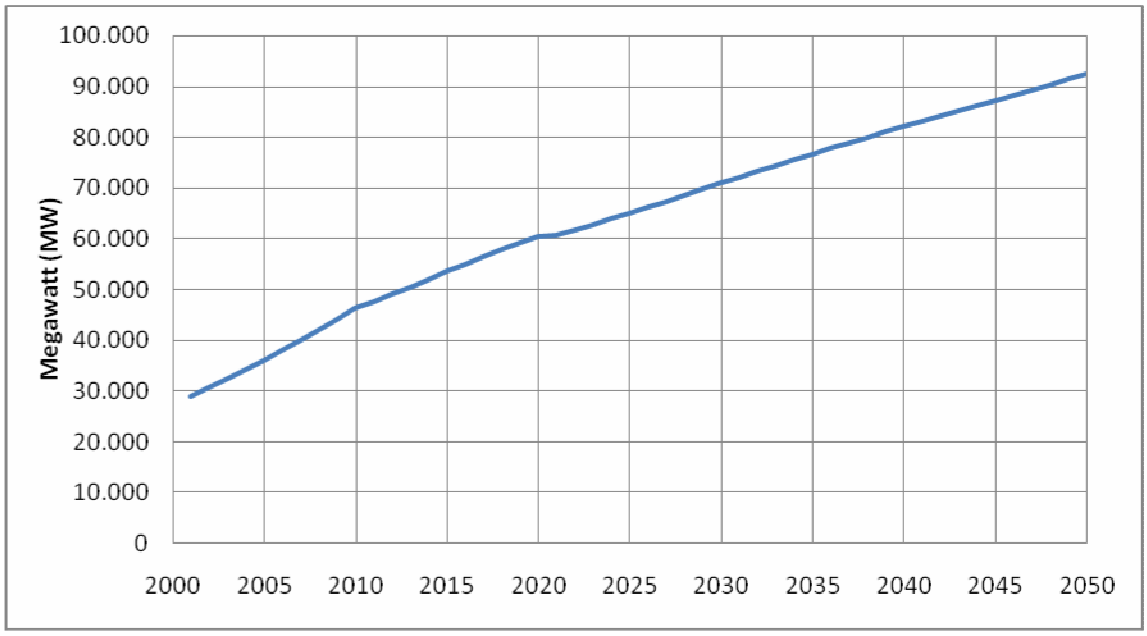


Quelle: Darstellung auf der Basis der Daten aus den Abb. 4 und Abb. 5

4. Künftige Entwicklung des Strombedarfs

Von besonderer Bedeutung ist der künftige Bedarf an elektrischem Strom und der notwendigen Kraftwerkskapazitäten, da das iranische Atomprogramm, das seit 2003 Gegenstand eines besorgniserregenden Dauerkonflikts zwischen Iran und den westlichen Staaten geworden ist, in diesem Zusammenhang gesehen werden muss. Wie die Abb. 7 veranschaulicht, müsste der Iran seine Kraftwerkskapazität von 28.900 MW in 2001 im Rahmen eines BAU-Szenarios bis 2050 um mehr als das Dreifache auf 90.000 MW erweitern, um den steigenden Strombedarf von 410 TWh in 2050 (2001 = 130 TWh) bereitstellen zu können.

Abb. 7 Irans Bedarf an Kraftwerkleistung in einem BAU-Szenario in MW



Quelle: Supersberger 2007: 66 f.

III. Alternativen für Irans künftige Energieversorgung

1. Ausbau der nuklearen Kraftwerkskapazität

Gegenwärtig werden in Bushir zwei Atomkraftwerke mit je 1.300 MW Kraftwerksleistung gebaut. Der erste Reaktor sollte bereits 2004 in Betrieb gehen, was bis heute durch Differenzen zwischen Iran und Russland, das diese Kraftwerke baut, noch nicht erfolgt ist. Durch den Bau weiterer Reaktoren soll die nukleare Kraftwerkskapazität Irans langfristig auf 6.000 MW erweitert werden. Des Öfteren wird aus dem Umfeld des Energieministeriums der Bedarf an Atomkraftkapazität mit dem nicht näher begründeten Gesamtbedarf von 100.000 MW bis 2020 begründet. Unabhängig davon, wie hoch der tatsächliche Bedarf ist, herrscht innerhalb der iranischen Regierung Konsens, dass der Ausbau von KKWs im Iran erforderlich ist. Der Direktor der iranischen Atomenergiebehörde, *Reza Aghazadeh,* führt für den Bau von KKWs im Iran folgende Gründe an:

(a) Diversifizierung der Energieversorgung angesichts wachsender Energienachfrage und Knappheit von fossilen Energien
(b) Aufrechterhaltung der Öl-Exportkapazität und Deviseneinnahmen und
(c) Umwelt- und Klimaschutz[7]

Der Ausbau der nuklearen Kraftwerkskapazität erscheint unter folgenden Bedingungen vorerst als eine langfristig denkbare Option:

(a) KKWs sind ökonomisch rentabel
(b) Die Entsorgung des nuklearen Mülls stellt für Iran kein Problem dar

[7] Aghazadeh 2003.

(c) Es gibt keine kostengünstigeren und technisch realisierbaren Möglichkeiten zur Erhöhung von Irans Primärenergieangebot
(d) KKWs erhöhen Irans energiepolitische Versorgungssicherheit und Unabhängigkeit

Eine sorgfältige Planung der künftigen Energieversorgung Irans und die überzeugende Begründung für den Ausbau der nuklearen Kraftwerkskapazität bedarf einer gründlichen Überprüfung der Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung und Reduzierung der Stromerzeugungskapazität durch den Einsatz moderner Technologien sowohl bei Stromverbrauchern wie bei der Stromerzeugung selbst. Des Weiteren müsste überprüft werden, inwiefern Kernkraftwerke unter Einbeziehung aller betriebswirtschaftlichen und volkswirtschaftlichen Kosten im Vergleich zu fossilen Kraftwerken, und vor allem zu erneuerbaren Technologien (Windkraft, solarthermische Kraftwerke etc.) rentabler sind.

Doch bleibt – selbst unter der optimistischen Annahme, dass die Option Kernenergie hinsichtlich der unter a – c aufgeführten Bedingungen im Vergleich zu den Alternativen besser abschneidet – die Frage nach der Versorgungssicherheit und energiepolitischen Unabhängigkeit (Annahme d) offen, die aus der Sicht der iranischen Regierung die zentrale Rolle einnimmt. Gerade deshalb wird die Überprüfung dieser Annahme hier in den Vordergrund gestellt. Sie setzt zuallererst voraus, dass der Iran in der Lage sein wird, die noch aufzubauenden Kernkraftwerke mit eigenen Uranvorkommen zu versorgen. Doch reichen die bisher bekannten eigenen Uranreserven nach Aussagen iranischer Experten lediglich dazu aus, um ganz wenige nukleare Kraftwerke zu versorgen.[8] Experten des Teheraner Instituts für Nuklearforschung vertraten bei einer öffentlichen Veranstaltung sogar den Standpunkt, dass die eigenen Uranvorkommen lediglich dazu ausreichen, um das Kernkraftwerk Bushir für 20 Jahre mit iranischem Brennmaterial zu versorgen.[9]

Hieraus folgt, dass der Iran für seinen nuklearen Kraftwerkspark darauf angewiesen sein würde, entweder Uran als Rohstoff zu importieren und im eigenen Brennstoffkreislauf zu Brennstäben zu verarbeiten oder aber direkt die notwendigen Brennstäbe auf dem Weltmarkt zu kaufen. Im ersten Fall stünde Iran im Dauerkonflikt mit USA und müsste die Risiken und Kosten der UN-Sanktionen für die iranische Volkswirtschaft in Kauf nehmen. In beiden Fällen würde sich der Iran jedoch in neue energiepolitische Abhängigkeiten begeben, entweder von Uran exportierenden Staaten oder aber von der internationalen Nuklearindustrie, d.h. von Russland oder gar von Staaten wie USA, die mit Iran nach der islamischen Revolution im Konflikt stehen und einen Regimewechsel im Iran anstreben. Resümierend kann somit festgestellt werden, dass der Ausbau der nuklearen Kapazität mit dem zentralen politischen Ziel der langfristigen Versorgungssicherheit und energiepolitischen Autonomie im Widerspruch steht und allein deshalb als Option für Iran ausscheidet.

2. Steigerung der Energieeffizienz

Der iranische Energiesektor ist im internationalen Vergleich höchst ineffizient. Während in allen Industrie- und den meisten Schwellenländern (z.B. China) die Energieintensität im Zeitraum 1976-2001 zwischen 28 Prozent (USA) und 94 Prozent (Japan) gesunken ist, stieg

[8] Salimi 2005.
[9] Diese Aussagen wurden bei einer öffentlichen Diskussionsveranstaltung am 6. März 2007 an der Fakultät für Politik und Wirtschaft der Shahid Beheshti Universität in Teheran gemacht.

Irans Energieintensität im selben Zeitraum um 280 Prozent.[10] Dies bedeutet, dass der Einsatz von Primärenergien Öl und Gas im Verkehrssektor, bei Bereitstellung von Wärme aber auch bei der Stromerzeugung langfristig zwischen 60-80 Prozent reduziert werden könnte, ohne dass deshalb Wohlstandsverluste entstünden.

Im Verkehrssektor liegt der derzeitige Treibstoffverbrauch bei 16 Litern pro 100 km[11] und damit doppelt so hoch wie in den Industrieländern. Somit könnte der Treibstoffverbrauch gegenüber dem BAU-Szenario um mindestens 50 Prozent und langfristig unter der Annahme veränderter Technologien sogar weit darüber hinaus gesenkt werden.

Maßnahmen: Einführung effizienter Antriebstechnik, soweit wie möglich Verlagerung der Personen- und Lasttransporte von der Straße auf die Schiene, Ausbau des kaum entwickelten schienengebundenen Verkehrs vor allem im Fernverkehrsbereich und Ausbau von Untergrundbahnen in Ballungszentren.

Im Wärmebereich für Industrie und Haushalte sind bei Anwendung hochwirksamer Effizienztechnologien (Hohe Effizienz-Szenario) Einsparpotentiale um 75 Prozent im Vergleich zum BAU-Szenario möglich.[12]

Maßnahmen: Verbesserung der Wärmedämmung im Gebäudebereich, effiziente Raumheizung, Kühlung und Warmwasserbereitstellung, Passivhaus sowie Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) im Industriesektor.

Im Bereich *Stromerzeugung* sind auf der Angebots- wie auf der Nachfrageseite ebenfalls beträchtliche Einsparpotentiale verfügbar: Bei der Stromerzeugung kann der Wirkungsgrad des Kraftwerksparks von gegenwärtig 26,8 Prozent auf 50 Prozent erhöht, d.h. mit der gegenwärtigen Kapazität fast doppelt soviel Strom erzeugt werden. Auch auf der Nachfrageseite kann der Stromverbrauch bis zu 60 Prozent im Vergleich zum BAU-Szenario reduziert werden.[13] Im Falle der Modernisierung der gegenwärtigen iranischen Kraftwerke und Effizienzsteigerung bei elektrischen Geräten auf der Verbraucherseite kann langfristig der Strombedarf sogar ohne den Zubau weiterer Kraftwerke gedeckt werden.

Maßnahmen: Einführung effizienter Beleuchtung und Haushaltsgeräte, Modernisierung der Pumpsysteme im Bereich Wasserver- und -entsorgung sowie der Bewässerungssysteme in der Landwirtschaft, Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung bei der Stromerzeugung und Modernisierung laufender Kraftwerke.

Außer den oben aufgelisteten Maßnahmen in den einzelnen Sektoren sind zur Effizienzsteigerung zwei strategische und sektorübergreifende Schritte erforderlich und auch möglich: *erstens* die sukzessive Reduzierung der Energiesubventionen und *zweitens* die Schaffung von Managementagenturen, die für Industriebetriebe, private Haushalte und öffentliche Einrichtungen Konzepte zur Energie- und Kosteneinsparung anbieten.

Resümee: Würden die oben aufgeführten strategischen Schritte und Einzelmaßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz durch den Einsatz hochwirksamer Effizienztechnologien umgesetzt, so könnte der Bedarf an fossilen Primärenergien (Öl und Gas) bis 2050 im Vergleich

[10] Massarrat 2004.
[11] IFCO 2004 (Sup.).
[12] Supersberger 2007: 56.
[13] Ebenda.

zum BAU-Szenario um über 70 Prozent gesenkt und gleichzeitig auch ein gesamtwirtschaftlicher Gewinn erzielt werden. Zu diesem Ergebnis kommt Nikolaus Supersberger in seiner noch nicht veröffentlichten Dissertation.[14] Demnach würde der Primärenergiebedarf bis 2010 zunächst steigen und dann jedoch bis 2050 auf das Niveau des Primärenergiebedarfs von 2001, der 933 mboe betrug, sinken. Gleichzeitig könnte ein gesamtwirtschaftlicher Gewinn von 1.527 Mrd. US-Dollar erzielt werden, der in diesem Zeitraum kumulativ entsteht.[15] Dieser Gewinn ergibt sich aus der Differenz zwischen höheren Einnahmen aus den beim Inlandsverbrauch eingesparten Öl- und Gasexporten und den Investitionskosten; die beim Einsatz von Effizienztechnologien zu erbringen sind. Dabei wird angenommen, dass die Bevölkerung von 65 Mio. in 2001 bis 2050 auf 105 Millionen ansteigt und dass das Bruttosozialprodukt von 112 Mrd. US-Dollar in 2001 im selben Zeitraum um beinahe das Fünffache auf 507,7 Mrd. US-Dollar gesteigert wird.[16]

3. Ausbau der erneuerbaren Energien

Der Iran verfügt über beträchtliche Potentiale erneuerbarer Energiequellen, die jedoch bisher nur durch den Einsatz von Wasserkraft zur Stromerzeugung im Umfang von lediglich 3.000 MW genutzt werden, die jedoch auf über 13.000 MW ausgebaut werden könnte. Der Iran verfügt auch über nennenswerte Mengen an geothermischen Energiequellen, mit einem geschätzten Potential von 5.000 – 6.000 MW zur Stromerzeugung. Bis jetzt ist jedoch erst eine Kraftwerksanlage von 100 MW zur Stromerzeugung auf geothermischer Basis im Bau.[17] Die solare Einstrahlung im Iran beträgt durchschnittlich 2.200 KWh/m^2 im Jahr.[18] Die Solarenergie könnte grundsätzlich zur Erzeugung von Warmwasser, Wärme und vor allem zur Stromerzeugung genutzt werden.

Die einfachste Möglichkeit, die solare Einstrahlung schon heute wirtschaftlich zu nutzen und dabei fossile Primärenergie einzusparen sowie CO_2-Emissionen zu vermeiden, ist die Anwendung von Solarkollektoren zur Erzeugung von Warmwasser. Dies ergab eine detaillierte Studie des Wuppertal-Instituts, die 2005 in Kooperation mit iranischen Experten durchgeführt wurde. Demnach würde Irans Volkswirtschaft durch die Umstellung der gegenwärtigen Warmwasserbereitstellung von 25 Prozent der Haushalte in Teheran auf Solarkollektoren selbst bei vollständiger staatlicher Subventionierung der gesamten Umstellungskosten im Amortisationszeitraum von 25 Jahren einen zusätzlichen Gewinn von 1,8 Mrd. US-Dollar für den Staatshauhalt erzielen und dabei auch die EO_2-Emissionen um 503.000 Tonnen im Jahr reduzieren.[19]

Maßnahme: Umsetzung der Empfehlungen dieser Studie.

Von Bedeutung für Iran ist auch der Einsatz von Windkraftanlagen, weit darüber hinaus jedoch der Einsatz von solarthermischen Kraftwerken. Es wird davon ausgegangen, dass die solarthermische Technologie in naher Zukunft das Stadium der Serienreife erreichen wird und bei den gegenwärtigen Weltmarktpreisen für Öl und Gas auch wirtschaftlich Strom produzieren könnte. Für 2008 ist der Bau des größten solarthermischen Kraftwerks mit einer

[14] Supersberger 2007: 174 ff.
[15] Ebenda: 92.
[16] Ebenda: 44 f.
[17] Supersberger 2007: 107 f.
[18] Deutsches Institut für Luft- und Raumfahrt 2005.
[19] Wuppertal-Institute for Climate, Environment and Energy 2005.

Leistung von 50 MW in Spanien geplant.[20] Grundsätzlich ist es technologisch möglich, den gesamten Strombedarf Irans mittel- und langfristig durch die Nutzung der oben genannten erneuerbaren Energiequellen zu decken. In der folgenden Tabelle 3 sind die Ergebnisse der bereits erwähnten Szenariostudie für die Umstellung der gesamten Stromerzeugung auf erneuerbare Energien nach Energieart zusammengestellt.

Tab. 3 Stromerzeugungsleistung auf der Basis erneuerbarer Energien bis 2050 in 1.000 MW

	2005	2050	
Szenario		BAU	HE
Gesamtleistung	36,0	87,6	36,2
Restkapazität fossiler Kraftwerke (2001)	32,1	0,0	0,0
Wasserkraft	4,0	13,4	13,4
Geothermie	0,0	5,0	3,7
Solarthermische Kraftwerke	0,0	69,1	19,1

BAU: business as usual
HE: Hohe Effizienz

Quelle: Supersberger 2007: 113 ff.

Für die vollständige Umstellung der Stromerzeugung auf erneuerbare Energiequellen bei Anwendung der in der obigen Tabelle aufgeführten Energiearten wären bis 2050 zwar Investitionen im Umfang von 44,5 Mrd. US-Dollar (in Preisen von 2005) erforderlich. Demgegenüber könnten jedoch Investitionen für die Effizienzsteigerung bei der konventionellen Stromerzeugung im Umfang von 36,8 Mrd. US-Dollar eingespart und zusätzliche Gewinne durch verstärkte Gasexporte im Umfang von 10,8 Mrd. US-Dollar erzielt werden, so dass die iranische Volkswirtschaft durch die Umstellung sogar einen volkswirtschaftlichen Gesamtgewinn im Umfang von 3,1 Mrd. US-Dollar (in Preisen von 2005) verbuchen würde.[21]

Maßnahmen: Sofortige Durchführung von Machbarkeitsstudien zum Bau von solarthermischen Kraftwerken. Nach heutigem Stand der technischen Entwicklung verspricht diese Technologie mit Abstand den größten Beitrag für die Erzeugung des Solarstroms und die Umstellung der iranischen Stromerzeugung auf erneuerbare Energiequellen zu liefern. Daher sollte dem Ausbau der Solarkraftwerke die höchste Priorität eingeräumt werden.

4. Resümee

Für einen tatsächlichen Wechsel Irans gegenwärtiger Energieversorgung zu neuen effizienten Energiesystemen mit sukzessiv steigendem Anteil an erneuerbaren Energietechnologien sind sicherlich detaillierte Untersuchungen erforderlich. Die obigen Zahlen belegen jedoch, dass durch den Wechsel nach dem heutigen Stand der Technik die iranische Wirtschaft ökonomisch keine Verluste erleiden würde, von den unbestreitbaren anderen Vorteilen, wie Vermeidung von CO_2-Emissionen, langfristige Versorgungssicherheit und energiepolitische Autonomie, Streckung der eigenen fossilen Energieressourcen um viele Jahrzehnte, Entlastung der Umwelt von anderen Schadstoffen und Dezentralisierung der Energieversorgung

[20] DIE ZEIT vom 22.06.2006.
[21] Supersberger 2007: 117 f.

u.a.m. einmal abgesehen. Allein die CO_2-Emissionen würden bei dem dargestellten Szenario in 2050 um 78 Prozent geringer sein, als bei einem BAU-Szenario zu erwarten wäre. Statt 1.040 Mio. t CO_2 betrüge in 2050 die Emissionsmenge lediglich 227 Mio. t – im Interesse Irans und der Menschheit.

Literaturquellen

Aghazadeh, Reza, 2003: Irans Nuclear Policy (Peaceful, Transparent, Independent), Wien: IAEA Headquarters, 06.05.2003

Confederation of Iranian Industry (ed.), 2002: Sakhtar-e Djam iati-e Iran wa Sanaat (Irans Bevölkerungswachstum und die Industrie), Teheran

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (ed.), 2005: Concentrating Solar Power for the Mediteranean Region, Stuttgart

Iranian Fuel Conservation Organization, 2004: Teheran

Massarrat, Mohssen, 2004: Irans Energiepolitik. Gegenwärtige Dilemmata und Perspektive einer nachhaltigen Energiepolitik, in: Nord-Süd aktuell, Bd. 14, Nr. 4

Ministry of Energy (ed.), 2005: Energy Balances of Islamic Republic of Iran, Teheran

Salimi, Hossein, 2005: Korrektur der Grundlagen des iranischen Nuklearkonflikts, in: Shargh (persische Tageszeitung) vom 27.08.2005

Supersberger, Nikolaus, 2007: Szenarien eines diversifizierten Energieangebots in OPEC-Staaten am Beispiel Irans (unveröffentlichte Dissertation), Universität Osnabrück

Wuppertal-Institute for Climate, Environment and Energy, 2005: Climate Policy and Sustainable Development – Case Study: Solar Thermal Energy in Iran, Wuppertal