



universität
wien

MASTERARBEIT

Titel der Masterarbeit

„Nuklearpolitik in Ostasien“

Verfasser

Julian Stefan, Bakk phil.

angestrebter akademischer Grad

Master of Arts (MA)

Wien, 2012

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 066 864

Studienrichtung lt. Studienblatt: Wirtschaft und Gesellschaft Ostasiens

Betreuer: Univ.-Prof. Mag. Dr. Rüdiger Frank

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	i
Abkürzungsverzeichnis.....	iv
1. Einführung.....	1
1.1 Einführung.....	1
1.2 Aufbau, Fragestellung, Methodik und Ziele.....	2
2. Theorie.....	4
2.1 Energie in den verschiedenen Theorien der internationalen Beziehungen.....	4
2.2 Die neue globale Energiedeckschaft.....	6
3. Methodik – Allgemeine Charakteristika von Energietechnologien und Eigenschaften von Nuklearenergie im Speziellen.....	8
3.1 Überblick.....	8
3.2 Grundauslastung und Belastungsspitzen.....	8
3.3 Einbindungsmöglichkeiten in bestehende Energiesysteme.....	9
3.4 Technologischer Stand.....	10
3.5 Vorlaufzeiten.....	11
3.6 Wirtschaftliche Aspekte.....	11
3.6.1 Kosten und Potential zur Kostenreduzierung.....	11
3.6.2 Wettbewerbsfähigkeit und benötigte Subventionen.....	11
3.6.3 Externe Kosten.....	12
3.7 Ökologische Aspekte.....	12
3.7.1 Einfluss auf Umgebung und Menschen.....	12
3.7.2 Kontaminierung während der Laufzeit.....	13
3.8 Unabhängigkeit.....	13
3.8.1 Übersicht.....	13
3.8.2 Abhängigkeit von Treibstoffimporten.....	14
3.8.3 Abhängigkeit von erschöpfbaren Treibstoffen.....	14
3.9 Politische Stabilität.....	14
3.9.1 Sicherheit der Infrastruktur.....	14
3.9.2 Potential Ressourcenkonflikte zu vermindern.....	15
3.9.3 Beitrag zur transnationalen Vertrauensbildung.....	16
3.9.4 Militärische Harmlosigkeit.....	16
3.10 Klimapolitische Vorteile.....	17
3.10.1 Reduzierung von Treibhausgasen.....	17
3.10.2 CDM Eignung.....	17
3.10.3 Anpassungsfähigkeit an klimatische Veränderungen.....	17
3.11 Zusammenfassung.....	18

4. China.....	20
4.1 Produktion und Verfügbarkeit von Energieressourcen.....	20
4.1.1 Produktion und Reserven von Rohöl und Erdgas.....	20
4.1.2 Kohleressourcen	20
4.1.3 Uranressourcen.....	21
4.2 Nationaler Energieverbrauch: Vergangenheit und Gegenwart.....	21
4.2.1 Deckung des Energiebedarfs.....	21
4.2.2 Ausbaupläne und Bauprojekte im Nuklearenergiebereich.....	22
4.3 Zukünftige Energieintensität und Pläne zur Effizienzsteigerung.....	22
4.4 Energiepolitik Chinas.....	23
4.4.1 Besonderheiten der chinesischen Energiepolitik.....	23
4.4.2 Nuklearpolitik in China – Geschichte, Kompetenzen und Abkommen.....	24
4.5 Systemanalyse - Nuklearpolitik in China.....	26
4.5.1 Stabilität des Ökosystems.....	26
4.5.2 Mikro- und makroökonomische Vorteile von Nuklearenergie und Auswirkungen auf China.....	28
4.5.3 Technische Integrierbarkeit in das bestehende und wachsende Energiesystem	30
4.5.4 Beitrag zur politischen Stabilität und Auswirkungen auf China.....	33
4.5.5 Unabhängigkeit der Technologie und Auswirkungen auf China.....	36
4.5.6 Klimapolitische Vorteile von Nuklearenergie und Auswirkungen auf China	36
4.6 Chinas Nuklearenergieprofil.....	38
5. Japan.....	41
5.1 Produktion und Verfügbarkeit von Energieressourcen.....	41
5.1.1 Produktion und Reserven von Rohöl und Erdgas.....	41
5.1.2 Kohle- und Uranressourcen	41
5.2 Nationaler Energieverbrauch: Vergangenheit und Gegenwart.....	42
5.2.1 Deckung des Energiebedarfs.....	42
5.2.2 Ausbaupläne und Bauprojekte im Nuklearenergiebereich.....	42
5.3 Zukünftige Energieintensität und Pläne zur Effizienzsteigerung.....	43
5.4 Energiepolitik Japans.....	44
5.4.1 Besonderheiten der japanischen Energiepolitik.....	44
5.4.2 Nuklearpolitik in Japan – Geschichte, Kompetenzen und Abkommen.....	44
5.5 Systemanalyse - Nuklearpolitik in Japan.....	47
5.5.1 Stabilität des Ökosystems.....	47
5.5.2 Mikro- und makroökonomische Vorteile von Nuklearenergie und Auswirkungen auf Japan.....	49

5.5.3 Technische Integrierbarkeit in das bestehende und wachsende Energiesystem	51
5.5.4 Beitrag zur politischen Stabilität und Auswirkungen auf Japan.....	53
5.5.5 Unabhängigkeit der Technologie und Auswirkungen auf Japan.....	54
5.5.6 Klimapolitische Vorteile von Nuklearenergie und Auswirkungen auf Japan	55
5.6 Japans Nuklearenergieprofil.....	56
6. Südkorea.....	59
6.1 Produktion und Verfügbarkeit von Energieressourcen.....	59
6.1.1 Produktion und Reserven von Rohöl und Erdgas.....	59
6.1.2 Kohle- und Uranressourcen	59
6.2 Nationaler Energieverbrauch: Vergangenheit und Gegenwart.....	59
6.2.1 Deckung des Energiebedarfs.....	59
6.2.2 Ausbaupläne und Bauprojekte im Energiebereich.....	60
6.3 Zukünftige Energieintensität und Pläne zur Effizienzsteigerung.....	60
6.4 Energiepolitik Südkoreas.....	61
6.4.1 Besonderheiten der südkoreanischen Energiepolitik.....	61
6.4.2 Nuklearpolitik in Südkorea – Geschichte, Kompetenzen und Abkommen...61	
6.5 Systemanalyse - Nuklearpolitik in Südkorea.....	64
6.5.1 Stabilität des Ökosystems.....	64
6.5.2 Mikro- und makroökonomische Vorteile von Nuklearenergie und Auswirkungen auf Südkorea.....	66
6.5.3 Technische Integrierbarkeit in das bestehende und wachsende Energiesystem	68
6.5.4 Beitrag zur politischen Stabilität und Auswirkungen auf Südkorea.....	70
6.5.5 Unabhängigkeit der Technologie und Auswirkungen auf Südkorea.....	71
6.5.6 Klimapolitische Vorteile von Nuklearenergie und Auswirkungen auf Südkorea.....	72
6.6 Südkoreas Nuklearenergieprofil.....	73
7. Konklusion.....	77
8. Quellenverzeichnis.....	80
Zusammenfassung (deutsch).....	87
Abstract (english).....	88
Lebenslauf.....	89

Abkürzungsverzeichnis

- ABWR - *Advanced Boiling Water Reactor*
AEA - *Atomic Energie Commission*
AEA - *Atomic Energy Act*
ANRE - *Agency for Natural Ressources and Energy*
BAU - *Business as Usual*
BIP - Bruttoinlandsprodukt
BWR - *Boiling Water Reactor*
CAEA - *China Atomic Energy Authority*
CDM - *Clean Development Mechanism*
CIA - *Central Intelligence Agency*
CNIC - *Citizens' Nuclear Information Center*
CO₂ - Kohlendioxid
DRL - Institut für Technische Thermodynamik
EPR - *European Pressurized Water Reactor*
EUIL - *Electricity Utilities Industry Law*
FNCA - *Forum for Nuclear Cooperation in Asia*
GW - Gigawatt
IAEA - *International Atomic Energy Agency*
IEA - *International Energy Agency*
INES - *International Nuclear Event Scale*
IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change*
ISI - Fraunhofer Instituts für System- und Innovationsforschung
JORC - *Joint Ore Reserves Committee*
KAERI - *Korean Atomic Energy Research Institute*
KEPCO - *Korea Electric Power Company*
KHNP - *Korea Hydro and Nuclear Power*
kWh - Kilowattstunde
LNG - *Liquid Natural Gas*
LRNR - *Law for Regulation of Nuclear Source Materials, Nuclear Fuel Materials and Reactors*
MAX - *Maximum Nuclear*
MED - *Multi Effect Distillation*
MEST - *Ministry of Education, Science and Technology*
METI - *Ministry of Economics, Trade and Industry*
MEXT - *Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology*
MIN - *Minimum Nuclear*

MIT - *Massachusetts Institute of Technology*
MITI - *Ministry of International Trade and Industry*
MKE - *Ministry of Knowledge Economy*
MoFA - *Ministry of Foreign Affairs*
Mt - Megatonne
MWe - Megawatt Energie
NEA - *Nuclear Energy Agency*
NEC - *National Energy Committee*
NISA - *Nuclear and Industrial Safety Agency*
NNSA - *National Nuclear Safety Administration*
NPR - *Non-Proliferation-Treaty*
NSC - *Nuclear Safety Commission*
OECD - *Organisation for Economic Co-operation and Development*
OPEC - *Organisation of Petroleum Exporting Countries*
RCA - *Regional Cooperation Agreement for Research, Development, and Training in Nuclear Science and Technology for the Asia and Pacific Region*
RO - *Reverse Osmosis*
SEPA - *State Environmental Protection Administration*
SMART - *System-integrated Modular Advanced Reactor*
TEPCO - *Tokyo Electric Power Company*
TMI - *Three Miles Island*
U - Uran
UNEP - *United Nations Environment Programmes*
WNA - *World Nuclear Association*

1. Einführung

1.1 Einführung

Die Sicherung des nationalen Energiebedarfs und gezielte Schritte gegen den zunehmenden Klimawandel stellen zwei der Hauptherausforderungen des 21. Jahrhunderts dar. Der weltweit steigende Bedarf an Energie gepaart mit der Abhängigkeit von schwindenden fossilen Brennstoffvorkommen zwingt die Staaten nach entsprechenden Alternativen zu suchen. Wir befinden uns somit in einer Zeit, in der ein weltweites Umdenken und das Streben nach alternativen Energiequellen begonnen hat, da die so dringend benötigten fossilen Ressourcen in wenigen, politisch teils höchst instabilen Regionen gebündelt sind und gleichzeitig stetig abnehmen.

Unter den verfügbaren alternativen Energieoptionen besteht keine Technologie, die so kontrovers betrachtet wird wie Nuklearenergie. Während Befürworter¹ die Nuklearoption als den Weg aus der Energieabhängigkeit und die Lösung für das zunehmende Treibhausgasproblem preisen, fürchten die Gegner Gefahren für die Umwelt und kritisieren die massiven versteckten Kosten der Technologie. In den letzten Jahrzehnten kam es trotz der Vorbehalte zu einem weltweiten Ausbau im Nuklearbereich und die Technologie spielt insbesondere in der Region Nordostasien eine ausgesprochen wichtige Rolle. Japan und die Republik Korea gelten als Vorreiterländer im Bereich der Nuklearenergie und auch die Volksrepublik China² plant einen massiven Ausbau in diesem Bereich.

Mit der Nuklearkatastrophe von Fukushima im März 2011 sind die, während der letzten Jahre in den Hintergrund getretenen Kritikpunkte schlagartig wieder von höchster Aktualität und weltweit wurden Konsequenzen aus den Ereignissen gezogen. So gab beispielsweise die Bundesrepublik Deutschland erneut ihren Ausstieg aus der Nuklearenergie bekannt und auch Japan hat eine Kehrtwende der nationalen Energiepolitik angekündigt. Angeregt durch die jüngsten Entwicklungen in diesem Bereich ist es das Ziel dieser Arbeit einen besseren Einblick in die Nuklearenergiesysteme in Nordostasien zu vermitteln und internationale Kooperationsmöglichkeiten in diesem Bereich aufzuzeigen.

¹ Obwohl aus Gründen der Lesbarkeit im Text die männliche Form gewählt wurde, beziehen sich die Angaben auf Angehörige beider Geschlechter.

² Wird in dieser Masterthesis über China geschrieben, so ist immer die Volksrepublik gemeint.

1.2 Aufbau, Fragestellung, Methodik und Ziele

Im ersten Teil dieser Masterarbeit wird Energie in den verschiedenen theoretischen Strömungen der internationalen Beziehungen betrachtet. In weiterer Folge wird näher auf die Sichtweise des Realismus eingegangen und es wird die neue globale Landschaft der internationalen Beziehungen, in denen Energie einen essentiellen Faktor ausmacht, beleuchtet.

Im nächsten Schritt werden die Kategorien ausformuliert, welche die Grundlagen dieser Arbeit darstellen. Die Methodik dieser Masterarbeit baut dabei auf einer Projektstudie des Wuppertal Institutes auf. Die Arbeit des Wuppertal Institutes in Kooperation mit *Adelphi Consult*, unter der Leitung von Dr. Nikolaus Supersberger, behandelt die Energiesysteme in den *Organisation of Petroleum Exporting Countries* (OPEC)-Ländern Algerien, Iran und den Vereinigten Arabischen Emiraten. Anhand erarbeiteter Kategorien wurden Basismodelle der verschiedenen Energieoptionen (Nuklearenergie, erneuerbare Energiequellen und Energieeffizienz) erstellt, ausgewertet und verglichen. Das erstellte Basismodell für Nuklearenergie dient dieser Masterarbeit als Ausgangspunkt. In einem ersten Schritt werden die allgemeinen Eigenschaften und Implikationen von Nuklearenergie als Energiesystem, entsprechend der Kategorien von Supersberger et al. beschrieben.³ Im zweiten Schritt werden die von Supersberger et al. abgegebenen Bewertungen und Einschätzungen zu Nuklearenergie beschrieben.

Im dritten Schritt wird durch die Untersuchung länderspezifischer Fachliteratur und Statistiken zu den Ländern China, Japan und Südkorea zuerst ein Einblick in folgende Bereiche der Energiepolitik gegeben: Verfügbarkeit von Energieressourcen, nationaler Energieverbrauch, zukünftige Ausbaupläne im Nuklearbereich sowie Besonderheiten der nationalen Energiepolitik. Im Anschluss werden folgende drei Forschungsfragen beantwortet⁴:

1. In welchen Aspekten und Kategorien stimmt die herangezogene länderspezifische Fachliteratur mit dem Basismodell von Supersberger et al. zu Nuklearenergie überein?
2. In welchen Aspekten und Kategorien weicht die herangezogene länderspezifische Fachliteratur von dem erstellten Grundmodell ab – wo gibt es dementsprechend länderspezifische Besonderheiten?

³ Dort wo es möglich war, wurde dabei direkt auf die von Supersberger et al. verwendete Literatur zurückgegriffen.

⁴ In der Studie von Supersberger et al. wurden die Ergebnisse von Experteninterviews und Literaturrecherchen durch arithmetische Auswertung in Bewertungen verwandelt. Die Bewertungen reichen von niedrig über mittel bis hoch und beleuchten die Vor- und Nachteile der einzelnen Energieoptionen in den entsprechenden Bereichen. Eine solche Auswertung und Bewertung ist im Rahmen dieser Masterarbeit nicht möglich. Aus diesem Grund beschränkt sich diese Arbeit auf die genannten Forschungsfragen und stellt keine eigene Bewertung zu den einzelnen Kategorien auf.

3. Stimmen die in der herangezogenen länderspezifischen Fachliteratur vertretenen Meinungen zu einzelnen Aspekten und Kategorien der Nuklearenergie grundsätzlich überein oder werden verschiedene Meinungen vertreten?

Im vierten und letzten Schritt werden die Ähnlichkeiten und Gemeinsamkeiten der einzelnen Länder im Bereich der Nuklearpolitik hervorgehoben. Dadurch wird die vierte Forschungsfrage beantwortet:

4. Welche Übereinstimmungen gibt es bei den Nuklearpolitiken von China, Japan und Südkorea und welche Implikationen können diese Übereinstimmungen haben?

Das Ziel dieser Arbeit ist es, anhand der Literaturrecherche und der Sichtung von vorhandenen länderspezifischen Daten einen Einblick in die Nuklearenergiesysteme in Nordostasien zu vermitteln. Entsprechende Unterschiede zwischen den einzelnen Ländern und dem Grundmodell von Supersberger et al. werden am Ende der entsprechenden Länderkapitel (Kapitel 4.6, 5.6, 6.6) hervorgehoben. Die Übereinstimmungen zwischen den Nuklearpolitiken der drei Länder werden in der Konklusion (Kapitel 7) zusammengefasst.

2. Theorie

2.1 Energie in den verschiedenen Theorien der internationalen Beziehungen

Zum Thema Energie und Internationale Beziehungen zeigt sich bei der Literaturrecherche, dass eine Fülle an theoretischen Ansätzen beschrieben wird und dass das Thema Energie in den internationalen Beziehungen eine wichtige Rolle spielt. Dannreuthers Recherchen zufolge werden Theorien der Internationalen Beziehungen jedoch nur selten direkt auf energiebezogene Konflikten angewandt um besseres Verständnis in diesem Bereich zu erlangen. Journals wie *Foreign Affairs*, *Foreign Policy*, *International Affairs* und *Washington Quarterly* publizieren Artikel zum Thema Energie, diese sind nach Dannreuther jedoch primär politik- und weniger theorieorientiert. Die vorgefundene Literatur der Internationalen Beziehungen, insbesondere in Bezug auf Erklärungen von Konflikt- und Kooperationspotential ist zumeist implizit theoretisch. Die Hauptargumente der verschiedenen Strömungen und die entsprechenden Vorschläge zu Maßnahmen unterliegen hierbei bestimmten fundamentalen theoretischen Annahmen. Dannreuther zeigt in seinem Artikel zu *International Relations Theories: Energy, Mineral and Conflict* die verschiedenen theoretischen Strömungen und ihre Implikationen für Energie auf.⁵

Dannreuther zufolge stellen der Zugang und die Kontrolle von natürlichen Ressourcen die Basis von Realismus und Neo-Realismus in Bezug auf Energie dar. Unter diesen Ressourcen ist Energie die wichtigste und sie nimmt somit eine der Schlüsselrollen hinsichtlich nationaler Macht und Interessen ein. Da Energieressourcen immer stärker abnehmen und die Beschaffung dementsprechend schwieriger und unsicherer wird, geraten die verschiedenen Staaten nach und nach in einen Wettkampf um Schlüsselressourcen. Dementsprechend vertreten Realisten die Meinung, dass Konflikte und Kriege über Ressourcen weiter zunehmen, bzw. letztlich unvermeidbar sind.⁶

Liberalismus konzentriert sich nach Dannreuther im Energiebereich primär auf zwei Ansätze: Der erste Ansatz bezieht sich auf den Versuch, die Schattenseiten (*dark underbelly*) der internationalen Energieindustrie aufzuzeigen. Der zweite Ansatz bezieht

⁵ Dannreuther, Roland (2010): *International Relations Theories: Energy, Minerals and Conflict*, online verfügbar unter: http://www.polinares.eu/docs/d1-1/polinares_wp1_ir_theories.pdf (zuletzt aufgerufen am 28.02.2012), S. 1

⁶ Dannreuther (2010), S. 3

sich auf Maßnahmenvorschläge um offenere und kooperativere Rahmenbedingungen für die Verwaltung der internationalen Energieindustrie festzulegen (*what needs to be done*). Der *dark underbelly* Ansatz konzentriert sich darauf, die als antiliberal gesehen Methoden aufzuzeigen sowie die Perversionen von Politik, Wirtschaft und den internationalen Beziehungen der Energieindustrie hervorzuheben. Dazu zählen der Fluch der Ressourcen, demzufolge es ressourcenreiche Entwicklungsstaaten nicht schaffen, andere Bereiche der Wirtschaft zu entwickeln. Der Ansatz des Rentierstaats zeigt auf, dass in ressourcenreichen Ländern oft neo-patrimonial autoritäre Strukturen herrschen. Literatur zu Ressourcenkriegen zeigt weiters, wie Kriege durch den Raub von Ressourcen entstehen und die neo-patrimonialen Staaten in kriegerische Fraktionen zersplittern. Der *what needs to be done* Ansatz spiegelt die Gegenseite des *dark underbelly* Ansatzes wieder und identifiziert die liberalen Maßnahmen, die notwendig sind um die antiliberalen Praktiken und Institutionen des internationalen Energiesektors zu überwinden. Die wichtigsten Punkte diesbezüglich sind mehr Transparenz, internationale Regulationen, *Corporate Social Responsibility*, „gute“ Governance, eine Stärkung regionaler und internationaler Energieinstitutionen sowie wirtschaftliche Liberalisierung.⁷

Als dritte Theorieströmung beschreibt Dannreuther Marxismus bzw. Radikalismus. Radikale Strömungen kritisieren realistische Ansätze, da diese keine radikalen Änderungen zulassen und dementsprechend die ungerechten Zustände dulden. Die Kritik am Liberalismus bezieht sich darauf, dass dieser die grundlegenden ungerechten Strukturen von internationaler Macht und Dominierung in Wahrheit implizit aufrechterhält.⁸

Die Kritiken hinsichtlich der Art und Weise, in der die liberale Wirtschaftsordnung bestimmte historisch konstruierte Wirtschaftsstrukturen aufrecht erhält, stammen aus verschiedenen disziplinären Hintergründen und verwenden eine Vielzahl von Theorien und Methoden. Was die verschiedenen Ansätze gemeinsam haben, ist die Unzufriedenheit mit dem Fluch der Ressourcen und der Ressourcenabhängigkeit, die im Zentrum der liberalen Analyse von Konflikten im internationalen Energiebereich stehen. Das Argument des Radikalismus ist, dass der Liberalismus daran scheitert, die größeren Zusammenhänge und die Komplexität, welche Energie, Mineralien und die sich verändernde Dynamik von globalem Kapitalismus ausmachen, zu identifizieren.⁹

⁷ Dannreuther (2010), S. 6f.

⁸ Dannreuther (2010), S. 9f.

⁹ Dannreuther (2010), S. 11

2.2 Die neue globale Energielandschaft

Dannreuther zufolge ist Michael Klare einer der wichtigsten und bekanntesten Autoren im Bereich der internationalen Beziehungen und Energie.¹⁰

Klare beschreibt, dass in der heutigen politischen Landschaft mehrere Faktoren existieren, die neben militärischer Macht an Wichtigkeit stark zugenommen haben. Einer der wichtigsten Faktoren ist dabei Energie. Klare zufolge werden militärische Arsenale in dieser veränderten politischen Landschaft durch den Zugang zu weitgehenden Reserven an Öl, Erdgas und anderen Ressourcen von Primärenergie immer stärker in den Hintergrund gedrängt. So steigt beispielsweise in China, das enormen wirtschaftlichen Einfluss genießt, gleichzeitig stetig die Abhängigkeit von importierten Rohstoffen. Japan, ein Land das noch stärker von Rohstoffimporten abhängig ist, findet sich in dieser neuen Energielandschaft in einem Wettbewerb mit Beijing um dieselben Reserven an Überseeressourcen.¹¹

Nach Klare nimmt jede Nation, die in starkem Ausmaß auf importierte Energie angewiesen ist, an diesem globalen Wettstreit um die verbliebenen Ressourcen teil. Kein anderes Land hat ihm zufolge jedoch einen so dramatischen Einfluss auf den Wettbewerb wie China mit seinen enormen Wachstumsraten. Die große zukünftige Herausforderung Chinas wird es sein, die benötigte Energie zu sichern und dementsprechend den weiteren Ausbau seines Wirtschaftswachstums zu gewährleisten. Um diese Aufgabe zu bewältigen wird die chinesische Führung zum einen eine substantielle Erhöhung der heimischen Energieproduktion forcieren und zum anderen entsprechend erhöhte Treibstoffimporte sicherstellen müssen. Letzteres passiert nach Klare unweigerlich auf Kosten anderer energiehungriger Nationen, weshalb es nur wenig verwunderlich ist, dass Chinas Aufstieg bei älteren Industrienationen die Alarmglocken schrillen lässt.¹²

Klare beschreibt weiters, dass eine zunehmende Anzahl an Fakten dafür spricht, dass die Ära des „einfachen Öls“ („easy oil“) vorbei ist und wir uns bereits in einer neuen Zeit des „schwierigen Öls“ („tough oil“) befinden. Experten zufolge wird dementsprechend jedes neue Barrel Öl, das den globalen Reserven hinzugefügt wird, zu schwierigeren und kostenintensiveren Förderungen führen.¹³

Im neuen internationalen Staatensystem wird nach Klare zwischen Energieüberschuss- und Energiedefizitstaaten unterschieden. In dieser neuen globalen Landschaft werden Staaten mehr und mehr danach bewertet, ob sie Quellen von Reichtum mobilisieren können, um die Ressourcen der energiereichen Länder zu kaufen, oder anderweitig zu

¹⁰ Dannreuther (2010), S. 3

¹¹ Klare, Michael T. (2008): *Rising Powers, Shrinking Planet*, New York: Metropolitan Books, S. 9f.

¹² Klare (2008), S. 12

¹³ Klare (2008), S. 13

erstehen. Dieses neue System hat offensichtliche wirtschaftliche Implikationen, denn Defizitstaaten wie China, Japan oder die Vereinigten Staaten werden gezwungenermaßen immer höhere Preise für importierte Treibstoffe zahlen müssen, da sie miteinander konkurrieren. Die Überschussstaaten werden im Gegensatz dazu stetig reicher werden. Nach Klare werden es reiche Länder wie China, Japan oder die Vereinigten Staaten zwar schaffen, sich durch den Ankauf von Ressourcen aus ihren Rohstoffmängeln zu befreien. Dieser Prozess wird jedoch unweigerlich zu wirtschaftlichen Schäden bei den betroffenen Ländern führen.¹⁴

Auf der Suche nach Alternativen zu fossilen Brennstoffen wird nach Klare zwar in neue Energiequellen wie Biotreibstoffe, Wasserkraft, Gezeitenkraft und ähnliches investiert, die größten Subventionen fließen jedoch in zwei alte Energiesysteme: Kohle- und Nuklearkraft. Klare geht davon aus, dass die versuchte Diversifizierung von Energieproduktionen durch Kohle- und Nuklearkraft in naher Zukunft dazu führen wird, dass die entsprechend benötigten Treibstoffe ebenfalls die globalen Limits erreichen.¹⁵

¹⁴ Klare (2008), S. 15f.

¹⁵ Klare (2008), S. 49

3. Methodik – Allgemeine Charakteristika von Energietechnologien und Eigenschaften von Nuklearenergie im Speziellen

3.1 Überblick

Supersberger et al. analysieren in ihrer Studie die verschiedenen Energieoptionen anhand folgender Bereiche:¹⁶

- ▲ Stabilität des Ökosystems
- ▲ Mikro- und makroökonomische Vorteile
- ▲ Technische Integrierbarkeit in bestehende und wachsende Energiesysteme
- ▲ Beitrag zur politischen Stabilität
- ▲ Unabhängigkeit von erschöpfbaren und importierten Treibstoffen
- ▲ Klimapolitische Vorteile

Diese Bereiche bestehen aus einer Reihe von Sub-Kategorien, die in den folgenden Kapiteln beschrieben werden. Weiters wird dargestellt, welche Einschätzungen Supersberger et al. in den einzelnen Kategorien bezüglich der Energieoption Nuklearenergie treffen.

3.2 Grundauslastung und Belastungsspitzen

Als ersten Punkt beschreiben Supersberger et al. das Potential des Spitzenlastbetriebs von Nuklearkraftwerken. Aufgrund der hohen Investitionskosten sind Nuklearkraftwerke nur dann wirtschaftlich rentabel, wenn sie unter voller Auslastung arbeiten. Nuklearreaktoren verfügen jedoch nur über sehr niedrige Laständerungsgeschwindigkeiten, weshalb sie keinen flexiblen Betrieb zulassen. Dementsprechend können Nuklearkraftwerke nur im Grundlastbetrieb Elektrizität erzeugen, sind jedoch nicht für den Spitzenlastbetrieb ausgestattet.¹⁷

¹⁶ Supersberger, Nikolaus et al. (2009): *Energy Systems in OPEC Countries of the Middle East and North Africa – System Analytic Comparison of Nuclear Power, Renewable Energies and Energy Efficiency*, online verfügbar unter http://personal.lse.ac.uk/kumetat/pdfs/OPEC-Energy-Systems_report.pdf (zuletzt aufgerufen am 27.02.2012), S. 24

¹⁷ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2007): *Streiffall Kernenergie*, online verfügbar unter: http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/broschuere_streiffall_kernenergie.pdf (zuletzt aufgerufen am 15.03.2012), S. 16

3.3 Einbindungsmöglichkeiten in bestehende Energiesysteme

Energietechnologien können grundsätzlich in zwei Klassen unterteilt werden: zentralisierte und dezentralisierte Technologien (mit überlappenden Anteilen). Zentralisierte Technologien lassen sich durch den Bau von wenigen, jedoch großen Energieeinheiten charakterisieren. Klassische Beispiele für zentralisierte Energietechnologien sind Nuklear- oder Kohlekraftwerke. Erneuerbare Energiesysteme zählten früher großteils zu dezentralisierten Technologien. Heute bestehen allerdings bereits Wind- und Solaranlagen, die eine Größe erreicht haben, welche durchaus als zentralisiert klassifiziert werden können.¹⁸

Klassische Interessenvertreter für zentralisierte Technologien sind Großversorger, Bauunternehmer von Kraftwerken, Kohleerzeuger, diverse Lobbyvereinigungen, Forschungseinrichtungen, Banken, sowie Investorengruppen. Zu den Interessenvertretern von dezentralisierten Energietechnologien zählen unter anderen Gemeindeversorger, Kommunal- und Gebäudegesellschaften, Produzenten und Bauunternehmer von Kraftwerken, diverse Organisationen, Handwerker, Bauern sowie Bewohner.¹⁹

Beide Systeme verfügen über verschiedene Vor- und Nachteile. Großflächige Energiekraftwerke in zentralisierten Systemen haben den Vorteil einer höheren Energieleistung. Dies führt zu einer effizienteren Verwertung der Treibstoffressourcen und dementsprechend auch zu einer günstigeren Energiegewinnung. Gleichzeitig ist das benötigte Kapital für den Bau solcher zentralisierter Systeme jedoch weitaus höher als bei kleinen dezentralisierten Systemen, da letztere in Modulen aufgebaut und schrittweise finanziert werden können. Der Nachteil der geringeren Effizienz kann hierbei teilweise durch die niedrigeren Nettoverluste bei den Übertragungen und Transformationen wettgemacht werden. Aufgrund ihrer hohen Redundanz schaffen mehrere kleine Energiesysteme in der Regel größere Energiesicherheit als wenige große zentralisierte Systeme. Während zentralisierte Systeme im Effizienz- und Kostenbereich gewinnen, sind dezentralisierte Systeme nach Schneider die bessere Wahl, wenn es sich um Aspekte der Integration in das bestehende System sowie gesellschaftliche Vereinbarkeit handelt.²⁰ Aufgrund ihrer langen Laufzeit sind zentralisierte Systeme zusätzlich weniger flexibel in ihren Reaktionen auf wechselnde energiepolitische Konditionen. Zentralisierte Systeme sind weiters anfälliger hinsichtlich Sabotage- oder Terrorangriffen und es besteht eine höhere Gefahr für die Bildung von Monopolstrukturen.²¹

¹⁸ Supersberger et al. (2009), S. 25

¹⁹ Supersberger et al. (2009), S. 26

²⁰ Schneider, Mycle (2000): *Climate Change and Nuclear Power*, zitiert nach: Supersberger et al. (2009), S. 26

²¹ Supersberger et al. (2009), S. 26

3.4 Technologischer Stand

Nuklearreaktoren basieren auf der Spaltung von Atomkernen: Wenn der Kern von instabilen Elementen, wie Plutonium oder Uran durch ein Neutron zusammengepresst wird, dann spaltet sich das Element in zwei Teile und setzt gleichzeitig Energie und weitere Neutronen frei. Dadurch entsteht eine Kettenreaktion. Die ausstrahlende Thermalenergie wird verwendet, um in einem Dampfturbinenprozess Elektrizität zu erzeugen.²²

Obwohl im Bereich der Nuklearenergie viele verschiedene Technologien und entsprechend verschiedene Reaktorbauten bestehen, sind die meisten Reaktoren, die sich derzeit in Betrieb befinden, Leichtwasserreaktoren. Von den weltweit betriebenen kommerziellen Nuklearreaktoren werden in etwa 82 Prozent durch Leichtwasser gekühlt, zehn Prozent der Reaktoren sind schwerwasserbetrieben, vier Prozent werden durch Gas gekühlt und drei Prozent werden durch Grafit reguliert.²³

In etwa drei Viertel aller derzeit betriebenen Reaktoren sind mehr als 20 Jahre alt. Ein Viertel der Reaktoren ist älter als 30 Jahre. Der *International Atomic Energy Agency* (IAEA) zufolge können die meisten Nuklearreaktoren durch entsprechende Programme, die auf die Lebensdauer abzielen, auch nach ihrem ursprünglich vorgegebenen Verfallsdatum, weitere 20 Jahre aktiv bleiben.²⁴

Die ersten kommerziellen Reaktoren, die in den 50er Jahren in Betrieb gingen, hatten eine Leistung von maximal 50 MWe. Im Jahr 2010 betrug die durchschnittliche Reaktorgröße bereits 850 MWe. Die heute produzierten Reaktoren orientieren sich der IAEA zufolge insbesondere an folgenden Zielvorgaben: 1) Sechzig Jahre Laufzeit, 2) Einfache Wartungsmöglichkeit, 3) Einfacherer und kurzfristigerer Aufbau als früher, 4) Sicherheitsvorkehrungen, die bereits in den ersten Aufbauschritten in die Planung der Reaktoren einfließen, 5) Moderne Technologien zur Kontrolle, 6) Sicherheitssysteme, 7) Einfachheit durch Reduzierung der zu erneuernden Komponenten, 8) Verstärktes Verlassen auf passive Systeme, 9) Equipment für ernsthafte Schadensfälle, 10) Vollständige und standardisierte Designs mit Vorablizenzen.²⁵

Während sich die Kapazitäten von Nuklearreaktoren stetig weiterentwickeln, werden kleine und mittlere Reaktoren nach wie vor für bestimmte Aufgabenbereiche verwendet. Dazu zählen: 1) kleine Netze mit limitierten Verbindungen, insbesondere in Entwicklungsländern, 2) als Energiequelle und Mehrzweckquelle in isolierten Gebieten, 3) für schrittweise Investitionen um die Risiken zu vermindern.²⁶

²² Supersberger et al. (2009), S. 28

²³ International Atomic Energy Agency (2011a): *International Status and Prospects of Nuclear Power*, Vienna: IAEA Publishing Section, S. 6

²⁴ IAEA (2011a), S. 6f.

²⁵ IAEA (2011a), S. 7-11

²⁶ IAEA (2011a), S. 11

3.5 Vorlaufzeiten

Neben wirtschaftlichen und ökologischen Aspekten ist auch die Vorlaufzeit beim Bau von Kraftwerken ein wichtiges Kriterium. Unter Vorlaufzeit wird in diesem Zusammenhang die Zeit verstanden, die zwischen der Entscheidung für ein Energieprojekt und der tatsächlichen Nutzung der gewonnenen Energie durch das Projekt vergeht. Als Regel gilt, dass die finanziellen Risiken sowie die Risiken der Energieversorgung mit der Länge der Vorlaufzeit steigen. Durch eine höhere Vorlaufzeit ist die Integration in das bestehende Energiesystem somit weniger flexibel.²⁷ Nukleare Energieprojekte haben mit mehr als zehn Jahren eine sehr hohe Vorlaufzeit.²⁸

3.6 Wirtschaftliche Aspekte

3.6.1 Kosten und Potential zur Kostenreduzierung

Nach Supersberger et al. betrugen die ursprünglich geschätzten Investitionskosten im Bereich der Nuklearennergie 4.730 Millionen US-Dollar für den 1,600 MWnet *European Pressurized Water Reactor* (EPR) in Finnland. Diese Kosten wurden jedoch revidiert und auf bis zu 6.655 Millionen US-Dollar bis 2008 festgesetzt. Weitere Erhöhungen sind wahrscheinlich. Umgerechnet auf ein Kilowatt betragen die Kosten 3.000 bis 4.200 US-Dollar. Die Investitionskosten von Nuklearennergie sind heutzutage demnach teurer als die Investitionskosten der meisten erneuerbaren Energiequellen und fossilen Technologieoptionen.²⁹

Supersberger et al. zufolge tendieren die Betreiber von Nuklearkraftwerken dazu, die Investitionskosten zu unterschätzen. Sie nennen das Tarapur Nuklearkraftwerk in Indien als Beispiel, welches die geplanten Kosten um 255 Prozent überstieg. Als weitere Beispiele werden Nuklearkraftwerke in den USA, Tschechien, dem Vereinigten Königreich und Finnland genannt.³⁰

3.6.2 Wettbewerbsfähigkeit und benötigte Subventionen

Nukleare und fossile Brennstoffe benötigen in der Regel langfristige Subventionen um wettbewerbsfähig zu bleiben. Bei Nuklearenegie werden die Preise pro Kilowattstunde stark durch Erträge bei *Back-End* Geldmitteln subventioniert. Unter *Back-End* Geldmitteln werden beispielsweise der verbrauchte Treibstoff, Plutonium oder die

²⁷ Supersberger et al. (2009), S. 34

²⁸ Schneider, Mycle und Mez, Lutz (2008): *Die Mär von der Renaissance der Nuklearenegie*, zitiert nach: Supersberger et al. (2009), S. 34

²⁹ Supersberger et al. (2009), S. 35f.

³⁰ Supersberger et al. (2009), S. 38

Entsorgung des verbrauchten Treibstoffs verstanden.³¹ Supersberger et al. verweisen in Bezug auf die hohen benötigten Subventionen auf den Chefökonom der *International Energy Agency* (IEA) Fatih Birol, der sich dazu mit folgenden Worten äußerte: „*If governments do not facilitate the investment, I don't think nuclear will fly.*“³²

3.6.3 Externe Kosten

Unter externen Kosten werden die finanziellen Belastungen verstanden, die durch die Energiegewinnung entstehen. Diese Kosten können beispielsweise durch Effekte im Klimasystem, der Gesundheit oder dem Ausfall von landwirtschaftlicher Produktion entstehen. Obwohl es schwierig ist, solche Kosten vorauszusagen, existieren Studien, die eine solche Aufrechnung der externen Kosten versuchen. Nach einer Studie des Instituts für Technische Thermodynamik (DRL) und des Fraunhofer Instituts für System- und Innovationsforschung (ISI) verursachen konventionelle Kraftwerke, die mit fossilen Brennstoffen betrieben werden, in etwa drei bis acht Euro-Cent pro erzeugter Kilowattstunde elektrischer Energie.³³ Das bedeutet, dass die Kosten von Energie, die von fossilen Brennstoffen gewonnen wird, zwischen 100 und 200 Prozent teurer wäre, würden die externen Kosten ebenfalls zu dem Erzeugungspreis hinzugezählt werden.³⁴

Die externen Kosten von Nuklearenergie wurden von DLR/ISI nicht untersucht, die Projektgruppe um Supersberger geht jedoch davon aus, dass alleine eine adäquate Risikoversicherung zu externen Kosten von ca. fünf Euro-Cent pro erzeugter Kilowattstunde Energie führen würde.³⁵

3.7 Ökologische Aspekte

3.7.1 Einfluss auf Umgebung und Menschen

Im Vergleich zu Technologien, die fossile Brennstoffe als Treibstoff verwenden, sind die CO₂-Emissionen durch erneuerbare Energiequellen und Nuklearkraftwerke wesentlich niedriger. Während jedoch angenommen wird, dass die CO₂-Intensität für erneuerbare Technologien weiter zurückgeht, rechnen Supersberger et al. damit, dass der CO₂-Fußabdruck von Nuklearenergie in Zukunft steigen wird. Dies basiert auf dem

³¹ Schneider, Mycle (2000): *Climate Change and Nuclear Power*, zitiert nach: Supersberger et al. (2009), S. 40f.

³² The Economist (2006): *Half Life*, online verfügbar unter: <http://www.economist.com/node/8140053> (zuletzt aufgerufen am 28.02.2012)

³³ Krewitt, Wolfgang und Schlomann, Barbara (2006): *Externe Kosten der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Vergleich zu Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern*, online verfügbar unter: <http://tinyurl.com/7sc76ly> (zuletzt aufgerufen am 13.03.2012), S. 38, Abbildung 3.1

³⁴ Supersberger et al. (2009), S. 41

³⁵ Supersberger et al. (2009), S. 42

steigenden Energiebedarf für die Förderung und Aufbereitung von Uran.³⁶ In Bezug auf Strahlung wird es trotz aller Sicherheitsvorkehrungen bei der Produktion von Elektrizität in Nuklearkraftwerken in begrenztem Ausmaß immer zu radioaktiven Ausstrahlungen kommen.³⁷ Dementsprechend besteht ein Risiko für radiologische Gesundheitsschädigungen, beispielsweise bei Routinearbeiten oder wenn sich die Angestellten unbeabsichtigt radioaktiver Strahlung aussetzen.³⁸

3.7.2 Kontaminierung während der Laufzeit

Radioaktiver Abfall (verbrauchte Brennstäbe, radioaktiver Stahl- und Betonschrott sowie hochradioaktiver flüssiger Abfall) strahlt für mehrere 10.000 Jahre Radiation und Hitze aus. Dementsprechend muss dieser Abfall für sehr lange Zeit sicher gelagert werden. Bis heute existiert weltweit kein entsprechender Ort zur Sicherung von radioaktivem Abfall.³⁹ Der Ökobilanz zufolge kommt es durch die Urananreicherung und den Bau von Nuklearkraftwerken insgesamt zu 8 bis 32 Gramm an CO₂-äquivalenten Emissionen pro kWh.⁴⁰ Uranproduktion ist sehr energieintensiv und die benötigte Energie bei der Förderung erhöht sich exponentiell mit der abnehmenden Urankonzentration in Erzen. Da die Erze mit hohen Urankonzentrationen immer stärker abnehmen, wird es zukünftig notwendig sein, Uran von Lagerstätten zu fördern, bei denen Erze nur geringe Konzentrationen vorweisen. Dies führt wiederum zu einer höheren Energieintensität und entsprechenden Auswirkungen auf die Umwelt.⁴¹

3.8 Unabhängigkeit

3.8.1 Übersicht

Das Energieprofil eines Landes basiert stark auf dem Faktor, ob ein Import fossiler Brennstoffe notwendig ist. In Anbetracht der schwindenden Öl- und Gasressourcen und den daraus folgenden steigenden Preisen am Weltmarkt, können solche Importe zu einer höheren wirtschaftlichen Verwundbarkeit führen. Dementsprechend betrachtet das

³⁶ Supersberger et al. (2009), S. 42f.

³⁷ BMU (2007), S. 3

³⁸ Institut für Technische Thermodynamik (2005): *Concentrating Solar Power for the Mediterranean Region*, online verfügbar unter:

http://www.dlr.de/Portaldata/1/Resources/portal_news/newsarchiv2008_1/algerien_med_csp.pdf (zuletzt aufgerufen am 15.03.2012), S. 164, Table 7-1

³⁹ BMU (2007), S. 32

⁴⁰ Fritzsche, Uwe R. (2007): *Treibhausgasemissionen und Vermeidungskosten der nuklearen, fossilen und erneuerbaren Strombereitstellung*, online verfügbar unter: <http://www.eko.de/okeodoc/318/2007.008-de.pdf> (zuletzt aufgerufen am 15.03.2012), S. 6, Tabelle 2

⁴¹ Diehl, Peter (2006): *Reichweite der Uran-Vorräte der Welt*, online verfügbar unter:
<http://www.akwnein.ch/uranreport.pdf> (zuletzt aufgerufen am 15.03.2012), S. 66

Kapitel „Unabhängigkeit“ die Abhängigkeit eines Landes vom Energieressourcenimport und den Anteil der nationalen erschöpfbaren Ressourcen im Energieprofil des Landes.⁴²

3.8.2 Abhängigkeit von Treibstoffimporten

Die Diskussion über Auswirkungen von Energie in der Außenpolitik betrachtet primär die Abhängigkeit eines Landes von Öl und inwiefern sich diese Abhängigkeit negativ auf diverse außenpolitische Ziele auswirken kann. Die Abhängigkeit kann sich beispielsweise durch die wirtschaftliche Abhängigkeit von einem speziellen Treibstoff (z.B. bei der Betrachtung der Ölnachfrage in Bezug auf das BIP) oder im Anteil der Nettoimporte im Bereich des entsprechenden Treibstoffkonsums zeigen. Eine zusätzliche Dimension der Abhängigkeit ist die Untersuchung der politischen Stabilität in den Zulieferländern. Abhängigkeiten von Energiequellen haben sich in den letzten Jahren neben Ölimporten auch auf Kohle- und Gasimporte ausgeweitet. Im Bereich der Nuklearenergie und erneuerbarer Energiequellen wird die Abhängigkeit von den oben erwähnten fossilen Brennstoffen zwar geringer, eingeschätzt durch den dynamischen Entwicklungsprozess der Technologien kann es jedoch zu temporären Engpässen kommen, wenn die benötigten Ressourcen lokal nicht verfügbar sind. Bei Nuklearenergie trifft dies insbesondere auf Uran zu, auf dessen Import die meisten Länder angewiesen sind.⁴³

3.8.3 Abhängigkeit von erschöpfbaren Treibstoffen

Selbst wenn das Land über die benötigten Ressourcen verfügt, kann es mittel- bis langfristig zu Abhängigkeiten kommen, wenn die Ressourcen erschöpfbar sind. Nachhaltige Produktionsprozesse können demnach auch bei derzeitiger Importunabhängigkeit nur dann gewährleistet werden, wenn eine entsprechende Vielfalt bei den Energiequellen im wirtschaftlichen Bereich gegeben ist.⁴⁴

3.9 Politische Stabilität

3.9.1 Sicherheit der Infrastruktur

Eine konstante Energieversorgung gehört zu den Schlüsselementen für politische und wirtschaftliche Stabilität. Nachdem die Energieinfrastruktur das Ziel von geplanten Attacken (z.B. terroristische Anschläge oder Angriffe feindlicher Truppen) sein kann, ist es essentiell, diese entsprechend zu sichern. Supersberger et al. zufolge sind zentralisierte Energieinfrastrukturen, aufgrund ihres konzentrierten Aufbaus, in der

⁴² Supersberger et al. (2009), S. 45

⁴³ Supersberger et al. (2009), S. 45f.

⁴⁴ Supersberger et al. (2009), S. 46

Regel anfälliger für Schocks oder Störungen, als dezentralisierte Energieinfrastrukturen. Gezielte Angriffe auf lokaler Ebene haben demnach einen geringeren Einfluss auf das gesamtpolitische und -ökonomische System, als Angriffe, die auf die Störung der großflächigen Energiestrukturen abzielen. Diese Umstände zeigen, dass die Sicherheit der Infrastruktur, politische Stabilität und die Größe der Produktionseinheiten in enger Verbindung zueinander stehen.⁴⁵

Aufgrund der hohen Investitionskosten im Bereich der Sicherheitstechnologien, sind moderne Nuklearkraftwerke in der Regel nur dann wirtschaftlich praktikabel, wenn sie unter hoher Leistung laufen. Große zentralisierte Kraftwerke benötigen aber dementsprechend hohe und dadurch teure Notstromsysteme. Ohne entsprechende Notstromreserven können Stromausfälle in Nuklearkraftwerken zu ernsthaften Energieversorgungsproblemen führen.⁴⁶

3.9.2 Potential Ressourcenkonflikte zu vermindern

Derzeit verfügt ein Viertel der weltweiten Bevölkerung (in etwa 1,6 Milliarden Menschen) über keinen Zugang zu Elektrizität. Als struktureller Faktor könnte dieser Umstand das Potential für Krisen in verschiedenen Formen erhöhen. In etwa zwei Dritteln des wachsenden Energieverbrauchs in den nächsten beiden Jahrzehnten fällt dem massiven Wachstum der Wirtschaft und Bevölkerung in Entwicklungsländern und neuen Industrieländern zu. Mittelfristig kann dieser erhöhte Energiebedarf nicht mehr durch ein entsprechendes Wachstum im Bereich der Versorgung mit fossilen Brennstoffen ausgeglichen werden. Als Ergebnis dieser Entwicklungen wird erwartet, dass der Wettbewerb um Ressourcen steigen wird, was wiederum zu Spannungen und inneren Unruhen führen kann, wenn keine alternativen Energiequellen genutzt werden.⁴⁷

Supersberger et al. nehmen dementsprechend an, dass der Einsatz von alternativen Energiequellen (im Gegensatz zu fossilen Energiequellen) zur Minimierung von Ressourcenkonflikte führen kann. Auch alternative Energiequellen sind jedoch nicht vor potentiellen Ressourcenknappheiten gefeit. Im Bereich der Nuklearenergie bestehen, der *Nuclear Energy Agency* (NEA) zufolge, genügend globale Uranreserven um den erwarteten Bedarf auch in Zukunft abdecken zu können. Die herkömmlichen Uranreserven werden auf ca. 5,4 Millionen Tonnen geschätzt.⁴⁸ Da sich die Uranförderung auf wenige Produktionsländer beschränkt, vermuten Supersberger et al.

⁴⁵ Supersberger et al. (2009), S. 46

⁴⁶ Supersberger et al. (2009), S. 47

⁴⁷ Supersberger et al. (2009), S. 48

⁴⁸ Organisation for Economic Co-Operation and Development/IAEA (2010): *Uranium 2009: Resources, Production and Demand*, Paris: OECD Publishing, S. 15

jedoch, dass es sich bei Uran um eine Ressource handelt, die in Zukunft möglicherweise stärkerem Wettbewerb unterliegt.⁴⁹

3.9.3 Beitrag zur transnationalen Vertrauensbildung

Gemeinsame grenzübergreifende Energieprojekte können zur Vertrauensbildung und damit zur Stabilität der Region beitragen. In dieser Hinsicht sind große Energieinfrastrukturen, die mehr als ein Land mit Energie versorgen können, von größerer Relevanz als kleine dezentralisierte Energieerzeugungsanlagen. Die Erschaffung einer grenzüberschreitenden Energienetzinfrastruktur kann weiters zu einer Stabilisierung von regionalen Beziehungen führen. Eine solche Kooperation von mehreren Ländern kann auch dabei helfen, die notwendigen Investitionskosten zu decken. Strategische Kooperationen in diesem Bereich können dabei unterstützen, die Frage nach Energiesicherheit von einem primär nationalen Fokus wegzubewegen. Ein regionaler Kooperationsrahmen kann zu Informationsaustausch, Dialogförderung und verstärkter regionaler Integration führen. In dieser Hinsicht sind Nuklearkraftwerke nach Supersberger et al. besser für transnationale Kooperationen geeignet, wodurch gewisse Vorteile von dezentralisierter Energieerzeugung ausgeglichen werden können.^{50f}

3.9.4 Militärische Harmlosigkeit

Als letztes Element im Bereich der politischen Stabilität sollte nach der hier zugrundeliegenden Methodik die militärische Relevanz einer Energiequelle beachtet werden. Inwiefern können verschiedene Energiequellen dazu führen militärische und strategische Ziele voranzutreiben und welche negativen Auswirkungen können Energiequellen auf die Beziehungen zu den Nachbarstaaten haben? Sogenannte *dual use technologies* (Technologien mit Mehrzweck) bezeichnen Technologien die sowohl im zivilen, als auch im militärischen Bereich genutzt werden können. Da die Natur der Nukleartechnologie es unmöglich macht, sicherzustellen, dass die Technologie ausschließlich für den zivilen Bereich genutzt wird, wurden internationale Sicherheitsmechanismen geschaffen, die dafür sorgen sollen, dass die Aktivitäten des nuklearen Treibstoffzyklus nicht militärisch verwendet werden. Die Frage, wie der freie Zugang zu den friedlichen Vorteilen von Energietechnologien gewährleistet werden kann, während militärischer Missbrauch vermieden wird, betrifft nach Supersberger et al. primär Nuklearenergie und weniger andere Energiequellen. Das militärische Potential von Nuklearenergie birgt demnach höhere Gefahren die politische Stabilität sowie den Vertrauensbildungsprozess im Bereich der Energiekooperation zu stören.⁵¹

⁴⁹ Supersberger et al. (2009), S. 48

⁵⁰ Supersberger et al. (2009), S. 49

⁵¹ Supersberger et al. (2009), S. 49

3.10 Klimapolitische Vorteile

3.10.1 Reduzierung von Treibhausgasen

Nuklearenergie kann, verglichen mit der Verwendung von fossilen Brennstoffen, zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen beitragen. Der tatsächliche Beitrag hängt jedoch von den länderspezifischen Rahmenbedingungen ab. Wie bereits erwähnt ist es wichtig, die Emissionsreduzierungen im Kontext der wirtschaftlichen und ökologischen Kosten zu betrachten.⁵²

3.10.2 CDM Eignung

Einer der Schlüsselansätze zur Unterstützung von Klimaschutz auf globaler Ebene ist der *Clean Development Mechanism* (CDM). Dieser ist dem Kyoto Protokoll zufolge die wichtigste Möglichkeit für Entwicklungsländer, um eine aktive Rolle im Kampf gegen den Klimawandel einzunehmen. Durch gemeinsame Projekte wurde ein Markt geschaffen, der große Mengen an Emissionsreduktionen möglich macht. Im Mai 2009 befanden sich mehr als 4.000 CDM Projekte in Überprüfung und Registrierung. Im Jahr 2007 umfassten die CDM Projekte 551 Millionen Tonnen Kohlendioxid-Äquivalent. Nuklearenergie wurde allerdings bei der Konferenz der Vertragsparteien als Möglichkeit der Verpflichtung nach Art. 3.1 des Kyoto Protokolls von 2001 ausgeschlossen. Dementsprechend wird die nukleare Energieoption seitens der internationalen Klimagesellschaft nicht als klimapolitischer Vorteil eingeschätzt.⁵³

Aus diesem Grund wird diese Kategorie bei den Länderuntersuchungen nicht weiter untersucht.

3.10.3 Anpassungsfähigkeit an klimatische Veränderungen

Die allgemeine Struktur eines Energiesystems hat mehrere Implikationen, wenn es zu den Herausforderungen der Anpassung hinsichtlich der Auswirkungen des Klimawandels kommt. Supersberger et al. verweisen auf einen Bericht des *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), wonach Klimaveränderungen beträchtliche Auswirkungen auf den Energiesektor haben können.⁵⁴ Grundsätzlich werden dezentralisierte Energiesysteme in dieser Hinsicht, verglichen mit zentralisierten Systemen, als anpassungsfähiger betrachtet. Die Erzeugung von Nuklearenergie ist anfällig für Kühlwasserknappheiten, beispielsweise aufgrund von Hitzewellen, die auf

⁵² Supersberger et al. (2009), S. 50

⁵³ Supersberger et al. (2009), S. 50

⁵⁴ Intergovernmental Panel on Climate Change (2007): *Climate Change 2007: Impacts, Adaption and Vulnerability*, online verfügbar unter:

http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg2_report_imacts_adaptation_and_vulnerability.htm (zuletzt aufgerufen am 18.03.2012), S. 790

hohen Umgebungstemperaturen basieren. Supersberger et al. beziehen sich hierbei auf einen Bericht im Magazin *Spiegel*.⁵⁵ Sie nehmen an, dass sich dieses Problem in Zukunft aufgrund der zunehmenden Klimaerwärmung und den damit einhergehenden klimabezogenen Ereignissen weiter verstärken wird. Dadurch könnten auch die Leistungsfähigkeiten von Nuklearkraftwerken als Quelle von Meerwasserentsalzung eingeschränkt werden.⁵⁶

3.11 Zusammenfassung

Im folgenden Teil wird zusammengefasst, wie und mit welchen Argumenten Supersberger et al. die Effekte von Nuklearenergie auf die ausgewählten Kriterien bewerten:

Im Bereich der Stabilität des Ökosystems wird festgehalten, dass die Gefahr des gesamten Lebenszyklus (inklusive Produktion und Entsorgung) für Menschen und Umwelt sehr hoch ist. Nuklearenergie hat aufgrund der Förderung von entsprechenden Erzen große Einwirkungen auf die Umwelt und die Entsorgung ist nach wie vor ungeklärt. Hinsichtlich der Gefahr von Nuklearenergie auf die unmittelbare Umwelt und die Kraftwerksmitarbeiter wird festgehalten, dass erhöhtes Risiko auf Krebserkrankungen in der Umgebung von Nuklearkraftwerken existiert.⁵⁷

Im Bereich der mikro- und makroökonomischen Aspekte werden das Arbeitsplatzpotential und das Potential für Forschung und Entwicklung im nationalen Raum als niedrig eingeschätzt. Die Kostenreduzierung in mittel- und langfristigem Rahmen wird als nicht existent eingeschätzt. Weiters wird darauf verwiesen, dass die Kosten grundsätzlich höher als erwartet sind und dass es zu kostenrelevanten Verzögerungen sowie hohen Abhängigkeiten von Diskontsätzen kommt. Bei der Abhängigkeit von Subventionen wird darauf verwiesen, dass es speziell bei Nuklearenergie weltweit zu direkten bzw. versteckten Subventionen kommt.⁵⁸

Im Bereich der technischen Integrierbarkeit in das bestehende und wachsende System wird darauf verwiesen, dass es keine Flexibilität bei der Betriebsart gibt. Hinsichtlich der schnellen Verfügbarkeit der Technologie im Sinne von kurzer Planungs- und Bauzeit sehen Supersberger et al. sehr lange Planungs- und Bauzeiten. Die Kontinuität und Permanenz der Energieerzeugung wird als hoch eingeschätzt. Die Möglichkeit das

⁵⁵ Spiegel Online (2003): *Verheerende Feuer, Verbogene Eisenbahnschienen*, online verfügbar unter: <http://www.spiegel.de/panorama/0,1518,260031,00.html> (zuletzt aufgerufen am 18.03.2012)

⁵⁶ Supersberger et al. (2009), S. 51

⁵⁷ Supersberger et al. (2009), S. 52, Table 3-4

⁵⁸ Supersberger et al. (2009), S. 52, Table 3-4

Energiesystem in bestehende Systeme zu integrieren wird ebenfalls als hoch eingeschätzt, jedoch nur in großen Energiesystemen. Beim technologischen Stand in Bezug auf die Bereitschaft des Marktes und der Technologie wird darauf verwiesen, dass Nukleartechnologie (im Gegensatz zu anderen Technologien) für die kommerzielle Verwendung fertigentwickelt und somit anwendungsbereit ist. Es wird jedoch darauf verwiesen, dass bestimmte Reaktorkonzepte teilweise hohe Forschungs- und Entwicklungsunterstützung benötigen.⁵⁹

Hinsichtlich der politischen Stabilität wird das Potential von Nuklearenergie zur Reduktion von Ressourcenkonflikten als niedrig eingeschätzt. Den Beitrag zu transnationaler Vertrauensbildung machen Supersberger et al. von den entsprechenden Ländern abhängig. Die Sicherheit der Infrastruktur und den Schutz vor Schocks bewerten Supersberger et al. als niedrig, da es zu Importabhängigkeiten seitens der Produzenten, zu technischem und menschlichem Versagen sowie zu Sabotage oder terroristischen Angriffen kommen kann. Die militärische Harmlosigkeit wird aufgrund des möglichen *Dual-Use* ebenfalls als niedrig eingeschätzt.⁶⁰

Im Bereich der Unabhängigkeit wird zusammengefasst, dass die Abhängigkeit von endenden Ressourcen stark ist und die benötigten Ressourcen in wenigen Ländern gebündelt sind. Hinsichtlich der Reduktion von Importabhängigkeiten wird darauf verwiesen, dass die meisten Länder mit Nuklearkraftwerken den entsprechenden Treibstoff importieren müssen.⁶¹

Im Bereich der klimapolitischen Vorteile wird Nuklearenergie nicht als CDM-geeignet bezeichnet. Der Beitrag zur Reduktion von Wasserknappheit wird als nicht vorhanden eingeschätzt. Diese Bewertung basiert auf dem hohen Kühlwasserbedarf bei Nuklearkraftwerken. Es wird jedoch erwähnt, dass ein möglicher Beitrag durch die Entsalzung von Meerwasser besteht.⁶²

⁵⁹ Supersberger et al. (2009), S. 52f., Table 3-4

⁶⁰ Supersberger et al. (2009), S. 53, Table 3-4

⁶¹ Supersberger et al. (2009), S. 52, Table 3-4

⁶² Supersberger et al. (2009), S. 53, Table 3-4

4. China

4.1 Produktion und Verfügbarkeit von Energieressourcen

4.1.1 Produktion und Reserven von Rohöl und Erdgas

Die Volksrepublik China verfügt der OPEC zufolge über Öl-Reserven im Ausmaß von 18 Giga-Barrel Rohöl.⁶³ Die tägliche Rohölproduktion betrug im Jahr 2010 4.076,6 Barrels. Im Vergleich zum Jahr 2009 ist dies ein Anstieg von 7,4 Prozent.⁶⁴ Chinas Exporte im Bereich Rohöl und Petroleumprodukte betrugen im Jahr 2010 täglich 623,3 Barrels.⁶⁵

Die Erdgasreserven der Volksrepublik China betragen der OPEC zufolge 2,75 Trillionen m³. Die OPEC verzeichnet zwischen den Jahren 2009 und 2010 einen Rückgang der Reserven um 11 Prozent.⁶⁶ Die Gesamtproduktion für 2010 betrug der OPEC zufolge 93 Milliarden m³ Erdgas.⁶⁷ Die IEA spricht von 96 Milliarden m³.⁶⁸ Die VR China importierte im Jahr 2010 16,41 Milliarden m³ Erdgas.⁶⁹ Die Exporte beliefen sich auf 3,21 Milliarden m³.⁷⁰

4.1.2 Kohleressourcen

Chinas nachgewiesene Kohlereserven betragen 184,2 Milliarden Tonnen. Diese Reserven befinden sich jedoch hauptsächlich in unfruchtbaren Gegenden in West- und Zentralchina, weit von den Konsumzentren entfernt. Dadurch sind die allgemeinen Voraussetzungen für den Abbau dieser Kohleressourcen unvorteilhaft.⁷¹

⁶³ Organisation of the Petroleum Exporting Countries (2011): *Annual Statistical Bulletin 2010/2011*, Vienna: OPEC, online verfügbar unter:

http://www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/publications/ASB2010_2011.pdf (zuletzt aufgerufen am 17.01.2012), S. 22, Table 3.1

⁶⁴ OPEC (2011), S. 30, Table 3.7

⁶⁵ OPEC (2011), S. 55, Table 3.21

⁶⁶ OPEC (2011), S. 23, Table 3.2

⁶⁷ OPEC (2011), S. 34, Table 3.9

⁶⁸ International Energy Agency (2011a): *Natural Gas Information 2011*, Paris: OECD Publishing, S. II.5, Table 1

⁶⁹ IEA (2011a), S. II.17, Table 7

⁷⁰ IEA (2011a), S. II.20, Table 9

⁷¹ Jiang, Zemin (2008): *Research on Energy Issues in China*, Shanghai: Shanghai Jiao Tong University Press, S. 20

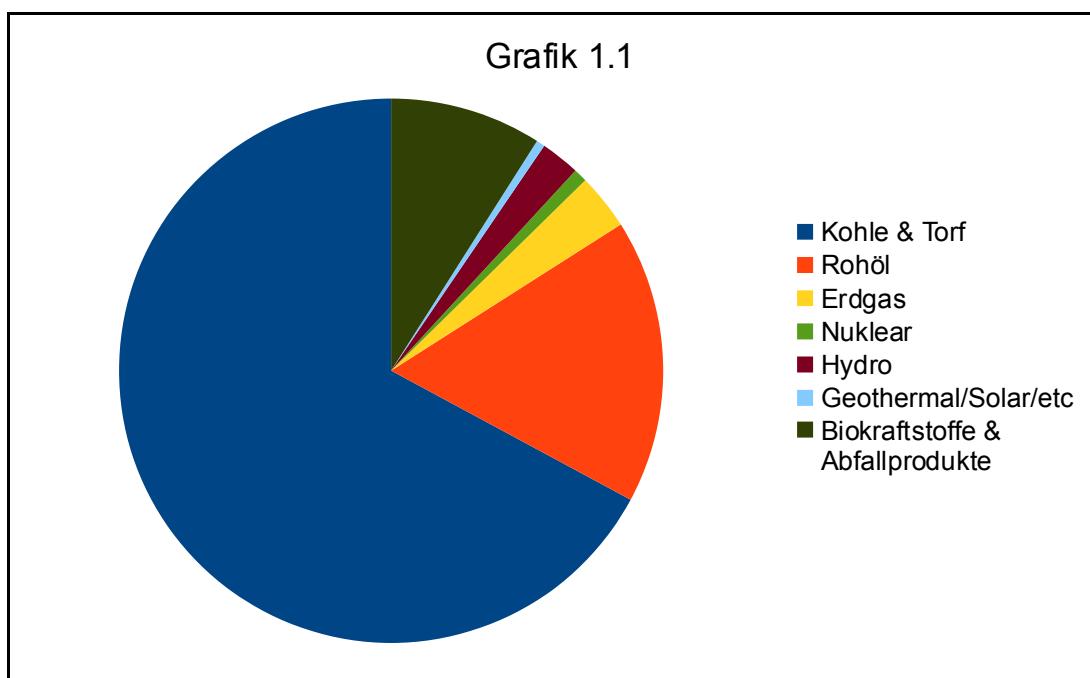
4.1.3 Uranressourcen

Die Uranressourcen der Volksrepublik China betragen im Jahr 2009 der *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) zufolge 171.400 Tonnen. Die unentdeckten Uranressourcen werden den verschiedenen chinesischen Instituten zufolge auf ca. 1,2 bis 1,7 Millionen Tonnen geschätzt. Favorisierte Regionen sind hierbei das Er'lian Becken, das Erdos Becken und die autonome Region der Inneren Mongolei. In den letzten zwei Jahren wurden zusätzlich das Tarim Becken, das Junggar Becken in der autonomen Region Xinjiang und das Songliao Becken in Nordostchina als potentielle Zielregionen identifiziert. Weitere Uranressourcen könnten sich im Süden Chinas befinden. Entsprechende Schurf- und Forschungsarbeiten wurden erneut aufgenommen.⁷²

4.2 Nationaler Energieverbrauch: Vergangenheit und Gegenwart

4.2.1 Deckung des Energiebedarfs

Der IEA zufolge setzte sich Chinas primäre Energieversorgung im Jahr 2009 wie in Grafik 1.1 und Tabelle 1.1 ersichtlich zusammen⁷³:



⁷² OECD/IAEA (2010), S. 169

⁷³ IEA (2011b): *Energy Balances of non-OECD Countries 2011*, Paris: OECD Publishing, S. II.100

Tabelle 1.1 – Prozentuale Zusammensetzung der Energiebalance in China						
Kohle & Torf	Rohöl	Erdgas	Nuklear	Hydro	Geothermal/Solar/etc	Biokraftstoffe & Abfallprodukte
67,14%	16,88%	3,32%	0,81%	2,34%	0,50%	9,01%

4.2.2 Ausbaupläne und Bauprojekte im Nuklearenergiebereich

China verfügte Ende 2010 über 13 Nuklearreaktoren mit einem durchschnittlichen Alter von acht Jahren. Im Aufbau befanden sich zu diesem Zeitpunkt 28 neue Reaktoren. In Folge des Fukushima Daiichi Unfalls wurden seitens der Regierung temporär die Genehmigungen für neue Bauprojekte von Nuklearreaktoren eingestellt. Im 12. Fünf-Jahres-Plan (2011) wurde das Ziel jedoch erneut bestätigt, zwischen 2011 und 2015 mit den Arbeiten an zusätzlichen 40 GW nuklearer Kapazität zu beginnen.⁷⁴ Mit Juni 2011 wurde verkündet, dass alle gewarteten Nuklearreaktoren die Sicherheitsüberprüfungen bestanden haben.⁷⁵

4.3 Zukünftige Energieintensität und Pläne zur Effizienzsteigerung

Nach Angaben der IEA wird China 2035 3.835 Millionen Öleinheiten an Energie benötigen. Dies entspricht einer durchschnittlichen Wachstumsrate von zwei Prozent jährlich zwischen den Jahren 2009 und 2035. Im Vergleich dazu beträgt der prognostizierte Verbrauch der gesamten Europäischen Union für 2035 1.731 Millionen Öleinheiten, weniger als die Hälfte, bei einem durchschnittlichen Wachstum von 0,2 Prozent jährlich.⁷⁶

Der *World Energy Outlook 2011* der IEA untersucht primär folgende drei mögliche Szenarien für die zukünftige Energieintensität und Pläne zur Effizienzsteigerung:

Das Szenario „Weiterführung der derzeitigen Politik“ (*Current Policy Scenario*) geht davon aus, dass die verschiedenen Länder ihre derzeitigen Energiepolitiken (Stand Mitte 2011) ohne Veränderungen weiterführen.⁷⁷ Für China sieht das Szenario einen Ausbau im Energiebereich entsprechend des 12. Fünf-Jahres-Plans vor.⁷⁸ Dieser umfasst die Periode 2011-2015 und hat neben den nationalen Auswirkungen auch weitläufige Effekte auf die globale Energiewirtschaft. Im Mittelpunkt des Plans stehen die erhöhte Energieeffizienz und sauberere Energiequellen. Dadurch soll der massiv ansteigende Energiehunger Chinas gesättigt werden. Ohne erhöhte Energieeffizienz und sauberere Energiequellen würden sich sowohl die Abhängigkeit von Importen, als auch die

⁷⁴ IEA (2011c): *World Energy Outlook 2011*, Paris: OECD Publishing, S. 451f.

⁷⁵ IEA (2011c), S. 455

⁷⁶ IEA (2011c), S. 81, Table 2.3

⁷⁷ IEA (2011c), S. 70

⁷⁸ IEA (2011c), S. 51, Table 1.1

Umweltschäden immer stärker erhöhen. Die Reduktion der Intensität von Energie und CO₂ gelten als zwei der Kernziele des 12. Fünf-Jahres-Plans. Geplant ist, den Energiekonsum bis 2015 auf 16 Prozent des BIP und die CO₂ Emissionen auf 17 Prozent des BIP zu reduzieren.⁷⁹

Im Szenario der „neuen Politikansätze“ (*New Policies Scenario*) wird davon ausgegangen, dass die formulierten Pläne der einzelnen Länder entsprechend umgesetzt werden.⁸⁰ Für China würde dies eine 40 prozentige Reduktion von CO₂-Emissionen bis 2020 (im Vergleich zu den Werten von 2005) bedeuten. Im Gesamtenergiemix werden bis 2020 mindestens 15 Prozent an nichtfossilen Energiequellen enthalten sein. 70-80 GWe werden aus Nuklearquellen bezogen werden. Die Ziele des Fünfjahresplans für erneuerbare Energiequellen werden in diesem Szenario übertroffen. Weiters wird mit einer Besteuerung von CO₂ ab 2020 gerechnet.⁸¹

Das 450 Szenario (*450 Scenario*) sieht weitgehende politische Maßnahmen zur Einschränkung des Klimawandels bei entsprechendem Kostenaufwand vor. Im 450 Szenario kommt es, verglichen mit dem Szenario der „neuen Politikansätze“, zu niedrigeren Importkosten von fossilen Brennstoffen, reduzierter Umweltverschmutzung und Verbesserungen im Gesundheitsbereich.⁸² Für China sieht die IEA im 450 Szenario eine 45-prozentige Reduktion an CO₂-Emissionen bis 2020 vor. Entsprechend stärker werden erneuerbare Energiequellen gefördert. Im 450 Szenario wird mit einer stärkeren Besteuerung von CO₂ gerechnet.⁸³

4.4 Energiepolitik Chinas

4.4.1 Besonderheiten der chinesischen Energiepolitik

Chinas Energiepolitik zeichnet sich vor allem dadurch aus, dass ein weiterhin konstanter wirtschaftlicher Aufschwung mit der notwendigen Energieversorgung steht und fällt. Wirtschaftliche, geostrategische und ökologische Aspekte haben durch die globale Omnipräsenz Chinas längst nicht mehr rein nationale Auswirkungen.⁸⁴ Dementsprechend schreibt Mayer:

⁷⁹ IEA (2011c), S. 78

⁸⁰ IEA (2011c), S. 70

⁸¹ IEA (2011c), S. 51, Table 1.1

⁸² IEA (2011c), S. 205

⁸³ IEA (2011c), S. 51, Table 1.1

⁸⁴ Mayer, Maximilian (2006): *Die Energiepolitik Chinas*, in Gu, Xuewu (Hrsg.): *Die Energiepolitik Ostasiens: Bedarf, Ressourcen und Konflikte in globaler Perspektive*, Frankfurt/Main: Campus Verlag GmbH, S. 17

„Die Gestaltung der chinesischen Energiepolitik ist folglich nicht nur für Chinas eigene Energiesicherheit, sondern auch für alle Länder der Region und weit darüber hinaus von größter Bedeutung.“⁸⁵

Ein weiterer wichtiger Aspekt der chinesischen Energiepolitik ist die Vorreiterrolle bei der Nutzung erneuerbarer Energiequellen. So kommt in etwa ein Sechstel der weltweit aus erneuerbaren Energiequellen gewonnenen Energie aus China.⁸⁶

4.4.2 Nuklearpolitik in China – Geschichte, Kompetenzen und Abkommen

Die ersten Schritte im Bereich der Nuklearenergie wurden in China in den 1970er Jahren durch den damaligen Premierminister Zhou Enlai gesetzt, der die Notwendigkeit der friedlichen Nutzung und Entwicklung dieser Technologie hervorhob. Im November 1981 wurde das erste Nuklearprojekt, der Winshan 310 MW Druckwasserreaktor, untersucht und genehmigt. Im Juni 1983 begann der Bau des Kraftwerks. Im Dezember 1991 wurde das Qinshan Nuklearkraftwerk erstmals mit dem chinesischen Stromnetz verbunden. Damit begann die Energiegewinnung aus Nuklearreaktoren in China. Unterdessen wurde ein Projekt zum Bau eines Nuklearkraftwerks mit zwei 984 MW Druckwasserreaktoren in der Daya Bucht vorgestellt und seitens der chinesischen Regierung 1982 genehmigt. Im Februar 1985 wurde unter dem Namen *Guangdong Nuclear Power Joint Venture Company* von der *Guangdong Electricity Power Company* und der *China Light and Power Company Limited* ein Joint Venture gegründet. Diese neue Gruppe begann mit dem Bau des Nuklearkraftwerks in der Daya Bucht. Der Bau begann im August 1987 und die beiden Reaktoren wurden im Februar und Mai 1994 in Betrieb genommen. Chinas Nuklearenergieentwicklung konzentriert sich primär auf Druckwasserreaktoren. Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten im Bereich der fortgeschrittenen Druckwassergeneratoren wurden 1986 begonnen. Die Entwicklung von flüssigmetallgekühlten schnellen Reaktoren wurde bereits 1964 gestartet.⁸⁷

In China ist die *China Atomic Energy Authority* (CAEA) mit der kurz- und langfristigen Planung von Entwicklungen im Bereich der Nuklearenergie, entsprechend dem nationalen Elektrizitätsbedarf, betraut. Zusätzlich ist die CAEA für die Entwicklung der Nuklearindustrie zuständig. Hinsichtlich neuer Nuklearprojekte, sind die Aufgaben der CAEA den vorausgehenden Report über die Durchführbarkeit (*Preliminary Feasibility Study Report*), das Projektvorhaben und den Report über die Durchführbarkeit des Projekteigentümers zu überprüfen und dann die Kommentare und Entscheidungen an

⁸⁵ Mayer (2006), S. 17f.

⁸⁶ IEA (2011d): *Renewables Information 2011*, Paris: OECD Publishing, S. 53, Table 1

⁸⁷ IAEA (2003): *Country Profiles - China*, online verfügbar unter: http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/CNPP2011_CD/countryprofiles/China/China2011.htm (zuletzt aufgerufen am 05.02.2012), Sektion 2.1.1 Overview

die *National Development and Reform Commission* weiterzugeben, damit diese dem Projekt die endgültige Bestätigung gibt.⁸⁸

In der VR China sind die *National Nuclear Safety Administration* (NNSA), die *State Environment Protection Administration* und das Ministerium für Gesundheit für die Sicherheitsüberwachung der Nuklearkraftwerke, den Umweltschutz, die Überwachung der individuellen Strahlendosis, sowie Hygiene- und Gesundheitsbestimmungen zuständig. Regulierungen hinsichtlich der zivilen Nuklearnutzung sowie hinsichtlich der Kontrolle von nuklearem Material wurden durch den Staatsrat 1986 und 1987 verabschiedet. Diese Regulierungen setzten den Nutzen und die Installation von Nuklearmaterial fest, begründeten ein Lizenzsystem zur Klassifizierung nuklearer Sicherheit und definierten die Aufgaben und Pflichten der Kontrollorgane sowie die rechtlichen Verantwortungen der mitwirkenden Organisationen. 1993 wurde eine Regulierung zu Notfallplänen im Falle eines Nuklearunfalls in einem der Nuklearkraftwerke veröffentlicht. Diese legte Prinzipien, Gegenmaßnahmen und Maßnahmen fest, welche die Reaktionsbereitschaft für den Fall eines Nuklearunfalls erhöhen sollten. Standards zur Sicherheit der Standorte, des Betriebs und der Qualitätskontrolle der Nuklearkraftwerke, wurden seitens der NNSA 1986 formuliert. 1990 wurde von der *State Environmental Protection Administration* (SEPA) das *Management of Radioactive Environment* veröffentlicht. Standardisierte Vorgehensweisen hinsichtlich dem Schutz vor Radioaktivität wurden unter anderem durch die NNSA und das Gesundheitsministerium ausgeführt. 1991 veröffentlichte die NNSA Standards zu Sicherheitsvorkehrungen bei der Handhabung von radioaktivem Abfall von Nuklearkraftwerken. Die oben genannten Regeln und Regulierungen formulierte die grundsätzlichen Sicherheitsvoraussetzungen der Nuklearkraftwerke. Zusätzlich wurden seitens der NNSA, der SEPA und dem Gesundheitsministerium nach und nach Standards veröffentlicht, welche Praxis und Sicherheitsvorkehrungen vorschrieben und somit eine systematische Hierarchie an Regeln und Regulierungen zu Sicherheit im Nuklearbereich festlegten. Der IAEA zufolge hat die VR China seit 1982 weitreichende Daten über Gesetze und Regulierungen von nuklearer Sicherheit aus anderen Ländern zusammengetragen und studiert. Aus diesen Regelwerken und den Vorgaben der IAEA beim Umgang mit Nuklearenergie wurden entsprechende administrative Regeln, Staatsgesetze, Sicherheitshandbücher, Standards und Spezifizierungen geschaffen. Dazu zählen unter anderem der *Atomic Energy Act*, der *Environment Protection Act*, der *Act of Prevention and Remedy of Radioactive Contamination* sowie die *Nuclear Safety Control Regulations*.⁸⁹

Zwischen der VR China und der IAEA gibt es zu folgenden Bereichen Abkommen:

⁸⁸ IAEA (2003), Sektion 2.1.1 Current Organizational Chart(s)

⁸⁹ IAEA (2003), Sektion 3.2 Main National Laws and Regulations in Nuclear Power

- ▲ Abkommen über Privilegien und Immunitäten
- ▲ Abkommen für die Anwendung von Sicherheitsmaßnahmen, sowie ein Zusatzprotokoll
- ▲ Abkommen über verbessertes Vorgehen bei der Ernennung von Sicherheitsinspektoren
- ▲ Ergänzendes Abkommen über die Bereitstellung von technischer Unterstützung seitens der IAEA
- ▲ *Regional Cooperation Agreement for Research, Development, and Training in Nuclear Science and Technology for the Asia and Pacific Region (RCA)*

Zu den wichtigsten internationalen Abkommen zählen:

- ▲ *Non-Proliferation Treaty*
- ▲ *Convention on physical protection of nuclear material*
- ▲ *Convention on early notification of a nuclear accident*
- ▲ *Convention on assistance in the case of a nuclear accident or radiological emergency*
- ▲ *Convention on nuclear safety*

Die VR China hält nach Angaben der IAEA bilaterale Abkommen zur Kooperation bei der friedlichen Nutzung von Nuklearenergie mit folgenden 16 Ländern: Deutschland, Brasilien, Argentinien, Belgien, USA, UK, Japan, Pakistan, der Schweiz, Iran, Kanada, Südkorea, Russland, Frankreich, Vietnam und Ägypten. Zusätzlich besteht eine Vielzahl von Verträgen zwischen der NNSA und den verschiedenen Partnerinstitutionen in anderen Ländern.⁹⁰

4.5 Systemanalyse - Nuklearpolitik in China

4.5.1 Stabilität des Ökosystems

Harmlosigkeit des gesamten Lebenszyklus für Umwelt und Menschen

Supersberger et al. gehen in ihrem Modell davon aus, dass der Abbau von Uranressourcen einen Eingriff in die Umwelt darstellt. Dementsprechend ist zu untersuchen ob heimische Uranressourcen gefördert werden. Die VR China verfügt über eigene Uranressourcen, die auch abgebaut werden.⁹¹

Entsprechende Minenoperationen können stärkere bzw. weniger starke Eingriffe in die Natur darstellen. Seitens der NEA wird festgehalten, dass China neue Regulierungen entwickelt hat, um die Umwelteffekte der Uranproduktion besser zu kontrollieren und zu reduzieren. Diese Maßnahmen führten zu Rückfüllungen von Abfallgestein in

⁹⁰ IAEA (2003), Appendix 1: International, Multilateral and Bilateral Agreements

⁹¹ OECD/IAEA (2010), S. 168

Minengebiete sowie einer Behandlung des Minenwassers und des zum Abbau benutzten Wassers. Zusätzlich wurde Abfallstapel überdeckt um die Freisetzung von Radon zu reduzieren. Elektrostatische Filter zur Einschränkung von Flugstaub wurden in den Erzaufbereitungsanlagen Fuzhou und Hengyang installiert. Zusätzlich wurden fünf kleine Uranminen komplett abgeschaltet, sieben weitere Minen befanden sich 2006 bereits in verschiedenen Stadien der Abschaltung.⁹²

Ein weiterer wichtiger Aspekt bezüglich der Gefahren, die durch Nuklearenergie für die Umwelt entstehen ist die Frage der Endlagerung von verbrauchtem Nuklearabfall. Ein Programm zur Endlagerung von nuklearen Abfallprodukten wurde in China bereits initiiert. Derzeit sind die Abfallprodukte, entsprechend Chinas Nuklearproduktion, noch niedrig. Es wird jedoch erwartet, dass die Menge der nuklearen Abfallprodukte in Zukunft dramatisch steigen wird, was China vor schwierige Herausforderungen stellen könnte.⁹³

Zhou Yun kommt zu dem Ergebnis, dass China in den nächsten drei Jahrzehnten vergleichsweise wenig Druck hinsichtlich der Notwendigkeit der Endlagerung von Nuklearabfall verspüren wird, da die diversen Trockenlagerungsanlagen über genügend Platz verfügen um den Bedarf zu decken.⁹⁴

Wang ist der Meinung, dass fortgeschrittene Nukleartechnologie die nötigen Möglichkeiten liefert, um mit dem Urankonsum und radioaktivem Abfall umzugehen, Chinas Nukleartechnologie ist für ihn allerdings mehr Propaganda als Realität. Die Entwicklungsgeschwindigkeit, mit der China derzeit sein Nuklearprogramm verfolgt, kann seiner Meinung nach nicht mit dem aktuellen Stand an eigenen Uranressourcen oder der Behandlung abgebrannter Brennelemente mithalten. Wang bezeichnet die derzeitige Ausbaugeschwindigkeit dementsprechend als nicht erstrebenswert.⁹⁵

Harmlosigkeit von Nuklearenergie auf die unmittelbare Umwelt und die unmittelbar betroffenen Menschen

Gefahren durch Energietechnologien können nicht nur für die allgemeine Umwelt, sondern auch für die unmittelbare Umgebung und das Personal der entsprechenden Kraftwerke entstehen. Nachdem sich Chinas kommerzielle Nukleartechnologie Wang zufolge auf einem relativ rückständigen Niveau befindet, wurde versucht, die Technologie weiterzuentwickeln und moderne Technologieoptionen einzuführen. Aus

⁹² OECD/Nuclear Energy Agency (2006): *Forty Years of Uranium Resources, Production and Demand in Perspective: The Red Book Retrospective*, Nuclear Development, Paris: OECD Publishing, S. 155

⁹³ Zhou, Sheng und Zhang, Xiliang (2010): *Nuclear energy development in China: A study of opportunities and challenges*, in Energy, Band 35, Heft 11, S. 4285

⁹⁴ Zhou, Yun (2011): *China's spent nuclear fuel management: Current practices and future strategies*, in Energy Policy, Band 39, Heft 7, S. 4368

⁹⁵ Wang, Qiang (2009): *China needing a cautious approach to nuclear power strategy*, Energy Policy, Band 37, Heft 7, S. 2491

mehreren Gründen sind die Arten der importierten Reaktortechnologien jedoch zu unterschiedlich, was sich auf die Effizienz der Anwendung und die heimische Produktion auswirkt. Die großen Verschiedenheiten der Technologieimporte stellen auch eine schwierige Herausforderung für den Forschungs- und Entwicklungsbereich der chinesischen Nuklearindustrie und Chinas Nuklearsicherheit dar.⁹⁶

Nach Zhou et al. haben die chinesischen Nuklearkraftwerke seit dem ersten Anschluss an das Energienetz 1991 ohne größere Sicherheitszwischenfälle gearbeitet. Darunter ist zu verstehen, dass es in der Vergangenheit zu keinen Zwischenfällen der Stufe Zwei oder höher, nach den Klassifizierungen der IAEA (Die *International Nuclear Event Scale* – kurz INES-Skala reicht von null bis sieben, wobei sieben einen katastrophalen Unfall darstellt), gekommen ist. Persönlichen Gesprächen mit Kraftwerksmitarbeitern zufolge, schließen Zhou et al. darauf, dass Sicherheitsregulierungen seitens der Mitarbeiter zwar befolgt werden, die Notwendigkeiten der Bestimmungen möglicherweise jedoch nicht gänzlich verstanden werden, weshalb sich die Mitarbeiter weniger darum bemühen, aktiv das System vor Ort zu verbessern. Zu zukünftigen Sicherheitsproblemen könnte auch die schlechte Bauweise der Nuklearreaktoren führen. Nach Zhou et al. stellt die mangelnde Qualität von Nuklearkraftwerksbauten ein chronisches Problem in China dar. Dieses betrifft die Planung, Qualitätskontrollen, schlecht ausgebildete Bauarbeiter, Korruption und Schmiergelder sowie den Diebstahl von Baumaterialien. Zhou et al. vermuten, dass sich diese Probleme in Zukunft noch stärker zuspitzen könnten.⁹⁷

4.5.2 Mikro- und makroökonomische Vorteile von Nuklearenergie und Auswirkungen auf China

Arbeitsplatzpotential und Potential für Forschung und Entwicklung auf nationaler Ebene

Hinsichtlich des Arbeitspotentials ist zu betrachten welche Ausprägung der nationale Forschungs- und Entwicklungssektor im Bereich Nuklearenergie hat. Chinas ambitionierte Pläne im Nuklearbereich führen zu einem entsprechend hohen Bedarf an ausgebildeten Spezialisten. In den 1950er Jahren hatte China, auf Basis seines militärischen Nuklearprogramms, eine starke technologische Arbeiterschaft, die aus Technokraten, Ingenieuren, Konstrukteuren und Wissenschaftlern bestand. In den 1960er Jahren entwickelte sich dementsprechend eine hohe Anzahl an Universitätsinstituten in diesem Bereich. Chinas beschränktes ziviles Nuklearenergieprogramm konnte jedoch nur wenig Interesse akkumulieren, weshalb

⁹⁶ Zhou und Zhang (2010), S. 4285

⁹⁷ Zhou, Yun et al. (2011): *Is China ready for its nuclear expansion?*, in Energy Policy, Band 39, Heft 2, S. 778

heute nur noch wenige Universitäten über entsprechende Institute verfügen. Folglich besteht heute in China ein starker Mangel an ausgebildeten Spezialisten. Derzeit wird geschätzt, dass China rund 6.000 nukleare Ingenieure für den bis 2020 geplanten Ausbau benötigen wird.⁹⁸

Trotz der ambitionierten Ausbaupläne ist Chinas Forschungs- und Entwicklungsbereich, verglichen mit anderen Entwicklungsländern, unterfinanziert. Im Jahr 2000 machten die Ausgaben für die Erforschung und Entwicklung von Nuklearenergie 6,4 Prozent der Gesamtausgaben im Forschungs- und Entwicklungsbereich aus.⁹⁹

Potentiale zur mittel- und langfristigen Reduktion von Kosten

Beim Bau von Nuklearkraftwerken kann es zu Kostenexplosionen kommen, wodurch die ursprünglich erwarteten Kostenreduktionen in der Praxis stark eingeschränkt werden. Durch die Untersuchung von etwaigen Kostenanstiegen in der Vergangenheit lassen sich Rückschlüsse auf mittel- bis langfristige Kostenreduktionsmöglichkeiten ziehen. Nach Kessides liegen die Baukosten von Nuklearkraftwerken in China in etwa 40 Prozent unter dem OECD-Durchschnitt. Weiters sind die Kosten unüblich stabil im Vergleich zu anderen OECD-Ländern, bei denen es zwischen 2006 und 2009 zu erheblichen Preiserhöhungen (25-30 Prozent) gekommen ist. Kessides verweist jedoch auch darauf, dass der Grund für diese stabilen Preise bei einer entsprechenden Wechselkurskontrolle und etwaigen Preisverzerrungen liegen könnte.¹⁰⁰

Weiters befindet sich Chinas Kohleindustrie nach Zhang und Zhou, verglichen mit der Nuklearindustrie, auf einem technologisch äußerst fortschrittlichen Stand. Mit entsprechend niedrigen Investitionskosten und kurzen Bauzeiten kann die Nuklearindustrie Zhang und Zhous Meinung nach daher zumindest kurzfristig nicht konkurrieren.¹⁰¹

Unabhängigkeit von Subventionen

Einer der Hauptkritikpunkte gegenüber Nuklearenergie ist, dass hohe Subventionen benötigt werden um die Technologie marktfähig zu halten. Nach einer Studie von Lin und Jiang ist der allgemeine chinesische Energiebereich bereits erheblich

⁹⁸ Li, G.J. und Ding, Z.Z. (2006): *Analyses and perspectives on key issues in China's nuclear energy development*, in Chinese Journal of North Electric Power University, Band 1, S.1-7, zitiert nach: Zhou et al. (2011), S. 779

⁹⁹ Gao et al. (2004): *Research study on China's energy R&D expenditure policy*, in Studies in International Technology and Economy, Band 7 Heft 4, S. 1-6, zitiert nach: Zhou et al. (2011), S. 780

¹⁰⁰ Kessides, Ioannis (2010): *Nuclear power: Understanding the economic risks and uncertainties*, Energy Policy, Band 38, Heft 8, S. 3852

¹⁰¹ Zhou und Zhang (2010), S. 4285

subventioniert. Ihrer Meinung nach ist eine Reform dieser Subventionen dringend notwendig, um die wirtschaftliche Nachhaltigkeit zu gewährleisten.¹⁰²

Die stärkste Subventionierung findet nach Lin und Jiang im Bereich der Ölprodukte statt. Die staatliche Unterstützung macht in diesem Bereich 53 Prozent der Gesamtsubventionen für Energie aus. Die zweitgrößten Energiesubventionen erhielt Nettostrom mit 21,43 Prozent. Die Subventionen von Kohle beliefen sich 2007 auf 14,91 Prozent der Gesamtenergiesubventionen.¹⁰³

Im Bereich der Nuklearenergie unterstützt die chinesische Regierung die Entwicklung seit 1998 mit einer bevorzugten Steuerpolitik. So erhalten Nuklearkraftwerksfirmen einen Steuernachlass von 75 Prozent pro Jahr für die ersten fünf Jahre des Reaktorbetriebs. In den weiteren fünf Jahren sinkt der Nachlass auf 70 Prozent, in der dritten Fünf-Jahres-Periode auf 55 Prozent. Die Nuklearindustrie profitiert in folgenden drei Bereichen von Steuerentlastungen: Begünstigungen beim Import von nuklearer Ausstattung und Rohmaterialien, die nicht heimisch produziert werden können, Begünstigungen bei der Nutzung von Land sowie Begünstigungen bei der Ertragssteuer.¹⁰⁴

4.5.3 Technische Integrierbarkeit in das bestehende und wachsende Energiesystem

Flexibilität bei der Betriebsart

Nuklearkraftwerke sind nach Supersberger et al. aufgrund von technischen (langsame Reaktionssysteme) und wirtschaftlichen (hohe Investitionskosten) Beschränkungen nur für Grundlastkapazitäten ausgelegt. Bei der Flexibilität der Betriebsart ist deshalb darauf zu achten, welchen Anteil die Nuklearkraftwerke bei Energieerzeugung haben bzw. haben werden. Daraus lässt sich erkennen, ob Konflikte mit erneuerbaren Energien oder schwankenden Zuläufen entstehen.¹⁰⁵

In China betrug die Energieerzeugungskapazität Ende 2010 962 GWe. Die Nuklearkapazität lag bei 10,8 GWe und machte damit 1,12 Prozent aus.¹⁰⁶ Werden die Bewertungen von Supersberger et al. zu den Ländern Algerien, Iran und den Arabischen Emiraten betrachtet, kann darauf geschlossen werden, dass Chinas Anteil an Nuklearstrom kaum zu Konflikten bei der Integration von erneuerbaren Energiequellen mit fluktuierender Einspeisung führt. (Diese Bewertung wurde von Supersberger et al.

¹⁰² Lin, Boqiang und Jiang, Zhujun (2011): *Estimates of energy subsidies in China and impact of energy subsidy reform*, in Energy Economics, Band 33, Heft 2, S. 282f.

¹⁰³ Lin und Jiang (2011), S. 281

¹⁰⁴ Zhou et al. (2011), S. 776

¹⁰⁵ Supersberger et al. (2009), S. 76

¹⁰⁶ World Nuclear Association (2012a): *Nuclear Power in China*, online verfügbar unter: <http://www.world-nuclear.org/info/inf63.html> (zuletzt aufgerufen am 01.03.2012)

auch für den Iran abgegeben, dessen vorausgesagter Nuklearanteil bei 1,7-1,9 Prozent, und damit über dem Anteil von China, liegt).¹⁰⁷

Rasche Verfügbarkeit der Technologie

Hinsichtlich der raschen Verfügbarkeit von Nuklearkraftwerken ist zu untersuchen, inwiefern es zu Verzögerungen bei Bauvorhaben kommt. Schneider et al. zufolge befanden sich im Mai 2011 64 Reaktoren in 14 Ländern im Bau. Bei den meisten dieser Bauprojekte kommt es zu maßgeblichen und sehr teuren Verzögerungen. 35 Nuklearprojekte haben der IAEA zufolge keinen offiziellen Betriebstermin. Nach Schneider et al. trifft dieser Umstand auf 25 der insgesamt 27 in China geplanten Reaktoren zu. Schneider et al. zufolge ist es weiters schwer einschätzbar, ob sich Reaktoren, welche die IAEA als im Bau befindlich beschreibt, noch tatsächlich innerhalb der regulären Zeitpläne befinden. Mehr als zwei Drittel der derzeitigen Nuklearkraftwerke werden in den Ländern China, Indien, Russland und Südkorea gebaut. Schneider et al. verweisen diesbezüglich darauf, dass historisch gesehen keines dieser Länder in Bezug auf Informationen zu Reaktorbauzeiten sehr transparent oder vertrauenswürdig vorgegangen ist. Dementsprechend schwierig ist es, genauere Informationen zu diesem Bereich zu finden.¹⁰⁸

Hinsichtlich der Ausbaupläne lässt sich weiters vermerken, dass Chinas rasanter Neubau von Nuklearkraftwerken dazu geführt hat, dass die *National Development and Reform Commission* ihre offiziellen Schätzungen zur betriebenen Nuklearkapazität für das Jahr 2020 von 40 GWe auf mögliche 70-80 GWe erhöht hat. Die meisten Nuklearkraftwerke in China besitzen Kapazitäten für sechs ein-GWe starke Reaktoreinheiten. Für die nächsten Jahrzehnte wird angenommen, dass ein GWe die Zielgröße für chinesische Nuklearkraftwerke bleiben wird.¹⁰⁹

Nach Meinung der *World Nuclear Association* (WNA) ist in China bis 2030 bei einem ‚niedrigen‘ Szenario mit 50 GWe, bei einem ‚hohen‘ Szenario mit bis zu 200 GWe aus Nuklearenergie zu rechnen.¹¹⁰

Zhou et al. gehen davon aus, dass China sein geplantes Ziel von 40 GWe an Nuklearenergiekapazität bis 2020 erreichen wird. Sie vermuten weiters, dass diese Kapazität bereits 2015 erreicht sein wird. Ob die Kapazität auf die vorausgesagten mehr als 70 GWe steigen wird, bleibt jedoch fraglich. Dies hängt nach Zhou et al. unter anderem von der Fertigstellung des geplanten CAP-1400 Projekts ab, da dieses ein

¹⁰⁷ Supersberger et al. (2009), S. 106

¹⁰⁸ Schneider, Mycle et al. (2011): *2010-2011 World Nuclear Industry Status Report*, in Bulletin of the Atomic Scientists, Band 67, Heft 4, S. 67-69

¹⁰⁹ Zhou et al. (2011), S. 777

¹¹⁰ WNA (2009): WNA Nuclear Century Outlook Data, online verfügbar unter: http://www.world-nuclear.org/outlook/nuclear_century_outlook.html (zuletzt aufgerufen am 01.03.2012)

großer Schritt in Richtung der 70 GWe Kapazität wäre. Die finanziellen Ressourcen sind der Schlüssel zu Chinas Nuklearexpansion und bisher existieren keine entsprechenden Anzeichen dafür, dass die finanzielle Unterstützung für den Ausbau auf Einschränkungen stößt.¹¹¹

Kontinuität und Permanenz bei der Energieerzeugung

Nach Supersberger et al. ist die Kontinuität der Energieerzeugung durch Nuklearkraftwerke nur dann gefährdet, wenn es sich um ein kleines Netz handelt, bei dem ein großer Teil des Stroms zentralisiert hergestellt wird. In solchen Fällen könnten Betriebsstörungen oder Wartungsarbeiten zu Strommängeln führen. Solange das Energienetz jedoch groß genug ist, sehen Supersberger et al. keine Gefahr für die Kontinuität der Energieerzeugung durch Nuklearkraftwerke.¹¹²

Da in China nur ein sehr geringer Teil der Kapazität von mehreren separaten Nuklearkraftwerken erzeugt wird, ist die Gefahr des Energiemangels bei Wartungsarbeiten oder Betriebsstörungen einzelner Reaktoren demzufolge als gering einzustufen.

Möglichkeit, die Technologie in das bestehende Stromnetz zu integrieren

Supersberger et al. sehen die Möglichkeit, neue Nuklearreaktoren in das bestehende Stromnetz zu integrieren, dann gegeben, wenn dieses groß genug ist. Sie sehen jedoch Schwierigkeiten für die Entwicklung erneuerbarer Energiequellen und Energieeffizienzstrategien, wenn der Anteil von Nuklearennergie bei der Stromerzeugung eines Landes zu hoch wird.¹¹³

Nach Zhou und Zhang machte Chinas Energieproduktionsanteil durch Nuklearennergie im Jahr 2007 nur 1,9 Prozent aus und lag damit deutlich unter dem weltweiten Durchschnitt von 16 Prozent.¹¹⁴

Bei den Ausbauplänen im Energiebereich bis 2030 sagen Zhou und Zhang einen anhaltenden Fokus auf durch Kohle gewonnene Energie voraus, der stückweise, in begrenztem Ausmaß und in ausgeglichenen Anteilen sowohl durch erneuerbare Energiequellen als auch durch Nuklearennergie diversifiziert wird.¹¹⁵

¹¹¹ Zhou et al. (2011), S. 780

¹¹² Supersberger et al. (2009), S. 107

¹¹³ Supersberger et al. (2009), S. 108

¹¹⁴ Zhou und Zhang (2010), S. 4283

¹¹⁵ Zhou und Zhang (2010), S. 4286

Technologischer Status und Verfügbarkeit

Nuklearkraftwerke sind grundsätzlich seit Jahrzehnten marktbereit. Die Fähigkeiten von Reaktortypen dritter und vierter Generation in den Bereichen Technik, Wirtschaftlichkeit und Sicherheit müssen sich nach Supersberger et al. erst erweisen.¹¹⁶

4.5.4 Beitrag zur politischen Stabilität und Auswirkungen auf China

Potentiale, Ressourcenkonflikte zu reduzieren

Da Nuklearenergie auf Uran angewiesen ist, können Ressourcenkonflikte primär dann eingeschränkt werden, wenn das Verbrauchsland über eigene Uranressourcen verfügt. In China ist dies der Fall, die Uranvorkommen sind jedoch hauptsächlich klein bis mittelgroß und von geringer Anreicherung. Die meisten Uranerze haben eine durchschnittliche Anreicherung von 0,1 bis 0,2 Prozent. In der vorhergesehenen Marktumgebung wird es deshalb für China nicht möglich sein, großflächig angelegte Förderungen zu starten. Die heimische Produktion von Uran reicht demnach nur für Teile des eigenen Bedarfs aus. Derzeit sind Chinas Nuklearkraftwerke noch vergleichsweise klein und der Uranverbrauch ist kurzfristig gesehen eher gering. Langfristig wird der Import von Uran jedoch notwendig sein um den Bedarf zu decken.¹¹⁷

Militärische Harmlosigkeit

Ein weiterer Hauptkritikpunkt gegenüber Nuklearenergie ist der mögliche *dual-use* der Technologie. Dementsprechend ist es relevant zu untersuchen, inwiefern militärisches Potential besteht und wie die Bereitschaft zur Nutzung eines solchen Atomwaffenarsenals eingeschätzt wird. Der Nukleartreibstoff Uran-235, der in den chinesischen Nuklearkraftwerken verwendet wird, ist zu ca. 3 Prozent angereichert. Dieser Grad liegt nach Zhou und Zhang weit unter der Anreicherung, die für Nuklearwaffen benötigt wird (mehr als 90 Prozent). Zusätzlich unterscheiden sich die Kontrolltechnologien von Kernspaltungsreaktionen in Nuklearkraftwerken komplett von denen nuklearer Waffen. Dementsprechend führt die Erzeugung von Nuklearenergie nach Zhou und Zhang nicht zur Erzeugung nuklearer Waffentechnologien. Sie verweisen jedoch darauf, dass die Öffentlichkeit diesen Umstand zumeist anders betrachtet und nach wie vor Ängste bezüglich der nuklearen Aufrüstung bestehen. Zhou und Zhang erklären weiter, dass China voll und ganz hinter seiner Zusage zum *Non-*

¹¹⁶ Supersberger et al. (2009), S. 78

¹¹⁷ Zhou und Zhang (2010), S. 4285

Proliferation-Treaty (NPR) steht und große Anstrengungen unternommen hat, die definierten Ziele des Abkommens zu realisieren.¹¹⁸

Dem chinesischen Außenministerium zufolge ist China der Staat mit Nuklearwaffen, der über das kleinste Arsenal verfügt. Weiters wird darauf verwiesen, dass China unter den Staaten mit Nuklearwaffen, die wenigsten Nuklearwaffentests durchgeführt hat und es keine Beteiligung an irgendeiner Art von nuklearem Wettrüsten gegeben hat. Darüber hinaus wurden dem Außenministerium zufolge nie Nuklearwaffen außerhalb des chinesischen Territoriums stationiert.¹¹⁹

Auch Bluth et al. sind der Meinung, dass China hinter dem NPT steht und darum auch bemüht ist, die entsprechenden Abkommen in die nationalen Politiken aufzunehmen. China erhofft sich dadurch, von der internationalen Gemeinschaft als verantwortungsvolle und integrationswillige Nuklearmacht anerkannt zu werden.¹²⁰

Beitrag zur transnationalen Vertrauensbildung

Eine Möglichkeit, den allgemeinen Bedenken hinsichtlich der Proliferation von Atomwaffen sowie den Umwelt- und Sicherheitsrisiken entgegenzutreten, stellt die regionale Kooperation bei Aktivitäten des nuklearen Treibstoffzyklus dar. Diese ermöglicht unter Umständen auch eine Kostenreduktion bei Anwenderländern von Nuklearenergie. Über die Jahre hinweg wurden mehrere Vorschläge zu regionaler Kooperation in den Bereichen Sicherheit, Anreicherung, Nuklearabfallbehandlung und anderen Problemen unterbreitet. Teilweise kamen diese Vorschläge aus der Region selbst, teilweise von außerhalb.¹²¹

Regionale Kooperationen im Nuklearbereich werden allerdings durch Hindernisse, wie Vertrauensprobleme in der Region, komplizierte nationale Regelungen hinsichtlich der Handhabung von radioaktivem Abfall oder unzureichende Transportvoraussetzungen eingeschränkt.¹²²

Von Hippel et al. kommen bei den Auswertungen der möglichen Kooperationsszenarien ihrer Studie zu dem Ergebnis, dass die nationalen Entscheidungen bei Nuklearpolitiken starke Verbindungen zu anderen Energiepolitiken, aber auch zu Themen der Sicherheitspolitik haben. Eine regionale Kooperation im Bereich der nuklearen Treibstoffzyklen hätte ihnen zufolge, trotz Schwierigkeiten bei der Umsetzung, bedeutende Vorteile für die gesamte Region. Nach von Hippel et al. besteht auch ein

¹¹⁸ Zhou und Zhang (2010), S. 4285

¹¹⁹ Ministry of Foreign Affairs, the People's Republic of China (2004): *Nuclear Disarmament and Reduction of*, online verfügbar unter: <http://www.fmprc.gov.cn/eng/wjb/zzjg/jks/cjlk/2622/t93539.htm> (zuletzt aufgerufen am 27.02.2012)

¹²⁰ Bluth, Christoph et al. (2010): *Civilian Nuclear Cooperation and the Proliferation of Nuclear Weapons*, in International Security, Band 35, Heft 1, S. 187f.

¹²¹ von Hippel, David et al. (2011): *Future regional nuclear fuel cycle cooperation in East Asia: Energy security costs and benefits*, in Energy Policy, Band 39, Heft 11, S. 6867

¹²² von Hippel et al. (2011), S. 6871

erheblicher ursächlicher Zusammenhang zwischen den nationalen Entscheidungen im Bereich der nuklearen Treibstoffzyklen und der Gefahr der Proliferation nuklearer Waffen. In Ostasien ist diese Gefahr, basierend auf Nordkoreas Nuklearplänen, von besonderer Relevanz. Die Wahl der Maßnahmen hinsichtlich der nuklearen Treibstoffzyklen wird deshalb sowohl auf die nationalen, als auch auf die internationalen Sicherheitsvereinbarungen Auswirkungen haben. Kooperation im Bereich der Treibstoffzyklen wird demzufolge ein integraler Bestandteil der zukünftigen Sicherheitsdiskussionen in der Region sein.¹²³

Als Beispiele für Kooperationen in der Region, die bereits eingeführt wurden kann das RCA genannt werden, welches unter der Leitung der IAEA 1972 in Nordostasien ins Leben gerufen wurde. Das RCA agiert als Repräsentant der Region und wendet sich mit Anfragen um technische Unterstützung und Kooperation sowie Ressourcen für Projekte direkt an die IAEA. Weiters wurde 1999 das *Forum for Nuclear Cooperation in Asia* (FNCA) etabliert, in dessen Rahmen die Nuklearminister der Region weitere Kooperationsmöglichkeiten diskutieren können.¹²⁴

Sicherheit der Infrastruktur

Ein weiterer Hauptkritikpunkt gegenüber Nuklearenergie ist, dass Ausfälle, Angriffe oder sonstige Schäden zu katastrophalen Auswirkungen führen können. Dementsprechend ist es wichtig zu untersuchen inwiefern die Sicherheit der Nuklearinfrastruktur gewährleistet wird.

Tu ist der Meinung, dass Chinas nukleare Sicherheit in mehreren Bereichen Mängel aufweist. Unfälle wie im japanischen Fukushima Daichii Nuklearwerk haben gezeigt, dass auch fortschrittlichste Technologien die Risiken von menschlichen Fehlern in Bezug auf Design, Konstruktion, Betrieb, Überprüfungen, Stilllegungen sowie den Reaktionen im Katastrophenfall nicht komplett ausschließen können. Dies gilt insbesondere für nukleare Sicherheit, bei der China lange Zeit nicht über genügend personelle und finanzielle Ressourcen verfügte. China erhöht derzeit sein Budget und Personal im Nuklearbereich. Das Personal bleibt jedoch nach Tu vergleichsweise jung und unerfahren. Eine weitere Gefahr sind die ausgesprochen starken Erdbeben in China und mögliche Tsunamis entlang der Ostküste, an der sich derzeit fast alle Nuklearwerke befinden. Beim Ausbau innerhalb des Landes sieht Tu eine Gefahr

¹²³ von Hippel et al. (2011), S. 6880

¹²⁴ Bae, Young-Ja (2007): *The Case of Radioactive Waster Management in East Asia*, in Hyun, In-Taek und Schreurs, Miranda A. (Hrsg.): *The Environmental Dimension of Asian Security – Conflict and Cooperation over Energy, Resources, and Pollution*, Washington, DC: United States Institute of Peace, S. 86f.

für Chinas Frischwasserressourcen und ein unbewältigbares Chaos im Fall eines nuklearen Unfalls.¹²⁵

4.5.5 Unabhängigkeit der Technologie und Auswirkungen auf China

Unabhängigkeit von erschöpfbaren Ressourcen (geologischer Aspekt)

Uran zählt zu erschöpfbaren Ressourcen. Weiters sind sich Ressourcenökonomen einig, dass die Erschöpfung von Ressourcen langfristig dazu führen wird, dass die entsprechenden Rohstoffpreise steigen werden. Befürworter von Nuklearenergie verweisen jedoch darauf, dass mineralische Rohstoffe im Laufe der Zeit einfacher verfügbar sein können. Dies ist dann der Fall, wenn die kostenreduzierenden Effekte neuer Technologien und Erkundungen höher sind als die kostensteigernden Effekte von Erschöpfungen der Ressourcen. Befürworter von Nuklearenergie gehen von genügend global verfügbaren Uranressourcen aus. Gegner der Nuklearenergie sehen die Prognosen der zukünftig möglicherweise verfügbaren Uranressourcen in der Regel kritisch.¹²⁶

Potential zur Reduktion der Abhängigkeit von importierten Treibstoffen (politischer Aspekt)

Nuklearenergie ermöglicht einem Land dann die Möglichkeit Importabhängigkeiten zu reduzieren, wenn eigene Uranvorkommen vorhanden sind und abgebaut werden können. Nach Zhou und Zhang verfügt China zwar derzeit über Uranressourcen, langfristig wird sich der Import von Uran jedoch nicht verhindern lassen.¹²⁷

4.5.6 Klimapolitische Vorteile von Nuklearenergie und Auswirkungen auf China

Anpassungsfähigkeiten an klimatische Veränderungen

Da Nuklearenergie zu den zentralisierten Energiesystemen zählt, die in der Regel anfälliger für klimatische Veränderungen und deren Effekte sind, ist zu untersuchen inwiefern klimatische Veränderungen in dem entsprechenden Land festgestellt werden und welche Implikationen diese Veränderungen für Nuklearkraftwerke haben können. Jüngsten wissenschaftlichen Forschungsergebnissen zufolge ist die Temperatur der Erdoberfläche in den letzten 100 Jahren um 0,74° Celsius angestiegen. Für das 21. Jahrhundert wird ein Anstieg zwischen 1,1 und 6,4° Celsius prognostiziert. Dem

¹²⁵ Tu, Kevin (2011): *Nuclear Crisis in Japan: Preliminary Policy Implications for China*, online verfügbar unter <http://www.carnegieendowment.org/2011/04/01/nuclear-crisis-in-japan-preliminary-policy-implications-for-china/2e6> (zuletzt aufgerufen am 27.02.2012)

¹²⁶ WNA (2011a): *Supply of Uranium*, online verfügbar unter: <http://www.world-nuclear.org/info/inf75.html> (zuletzt aufgerufen am 06.03.2012)

¹²⁷ Zhou und Zhang (2010), S. 4285

chinesischen Weißbuch zu Politik und Maßnahmen gegen den Klimawandel zufolge, hält die Erderwärmung in China mit dem globalen Temperaturwandel Schritt und betrug in den letzten 100 Jahren 1,1° Celsius.¹²⁸

China gilt als eines der anfälligsten Länder für die durch den Klimawandel hervorgerufenen Effekte, insbesondere in den Bereichen der Landwirtschaft, Viehzucht, Forstwirtschaft, natürlichen ökologischen Systemen, Wasserressourcen und Küstengebieten.¹²⁹

Dementsprechend haben die klimatischen Veränderungen bereits in ganz China zu Veränderungen bei Wasserressourcen geführt. In den letzten zwei Jahrzehnten sind die Bruttobeträge der Wasserressourcen im Gelben-, Huaihe-, Haihe- und Liaohefluß in Nordchina beträchtlich zurückgegangen, während die Bruttobeträge in Flüssen in Südchina leicht angestiegen sind. Zusätzlich kommt es zu häufigeren und stärkeren Überschwemmungen. Im Bereich der Küstenregionen kam es in den letzten 30 Jahren zu einem stetigen Anstieg des Meeresspiegels. Dies kann zu Einschränkungen und Beschädigungen von Anlagen in Küstenbereichen führen.¹³⁰

Trinkwasserknappheit als Folge von klimatischen Veränderungen kann durch die Entsalzung von Meerwasser, mithilfe von Nuklearkraft eingeschränkt werden. In diesem Bereich untersucht China derzeit die Möglichkeiten einer Entsalzungsanlage in der Yantai Region der Shandong Halbinsel. Mittels eines 200 MWt NHR-200 Reaktors sollen 80.000-160.000 m³ Wasser pro Tag durch einen *Multi Effect Distillation* (MED) Prozess gewonnen werden. Die WNA schreibt von einem weiteren Projekt in der Nähe der Daya Bucht, das 330.000 m³ pro Tag umfasst.¹³¹

Potentiale zur Reduktion von Treibhausgasen

Einer der Vorteile von Nuklearenergie ist der, verglichen mit fossilen Brennstoffen, niedrige Ausstoß von Treibhausgasen. Das Potential zur Reduktion von Treibhausgasen hängt dabei vom Energiemix des entsprechenden Landes ab. China zählt zu den größten Erzeugern von Kohlendioxid und es wird davon ausgegangen, dass China im Jahr 2007 für zwei Drittel des Anstiegs an anthropogenen Kohlendioxidemissionen weltweit verantwortlich war. Es wird weiters angenommen, dass sich Chinas Kohlendioxidemissionen in Zukunft noch stärker erhöhen werden.¹³²

¹²⁸ Information Office of the State Council of the People's Republic of China (2008): *White Paper on China's Policies and Actions for Addressing Climate Change*, online verfügbar unter: <http://www.ccchina.gov.cn/WebSite/CCChina/UpFile/File419.pdf>, S. 3

¹²⁹ Information Office of the State Council of the People's Republic of China (2008), S. 7

¹³⁰ Information Office of the State Council of the People's Republic of China (2008), S. 9f.

¹³¹ WNA (2011b): *Nuclear Desalination*, online verfügbar unter: <http://world-nuclear.org/info/inf71.html> (zuletzt aufgerufen am 26.02.2012)

¹³² Chen, G.Q. und Zhang, Bo. (2010): *Greenhouse gas emissions in China 2007: Inventory and input-output analysis*, in Energy Policy, Band 38, Heft 10, S. 6180

Die Schätzung hinsichtlich der gesamten direkten Treibhausgasemissionen belief sich 2007 auf 7456.12 Mt CO₂-Equivalent. Dieser Betrag ist wesentlich höher als in vielen anderen Entwicklungsländern. Der enorme Bedarf an durch Kohle erzeugter Elektrizität und schweren Industrieprodukten wie Stahl und Zement sind hierbei wesentliche Bestandteile der hohen Emissionsausstöße.¹³³

4.6 Chinas Nuklearenergieprofil

In diesem Kapitel werden die einzelnen Aspekte von Nuklearenergie in China zusammengefasst. Die länderspezifischen Aspekte, bei denen ein Vergleich möglich ist, werden dem Grundmodell von Supersberger et al. gegenübergestellt. Dadurch werden die ersten drei Forschungsfragen in Bezug auf China beantwortet (Wo stimmt die herangezogene Fachliteratur für China mit dem Grundmodell für Nuklearenergie von Supersberger et al. überein? Wo stimmt sie nicht mit dem Modell überein? Unterscheiden sich die Aussagen der verschiedenen herangezogenen Quellen voneinander?)

Die Stabilität des chinesischen Ökosystems und der Einfluss von Nuklearenergie lässt sich wie folgt zusammenfassen:

Der von Supersberger et al. beschriebene Eingriff in die Natur durch den Abbau von Uranressourcen ist in China gegeben. Hinsichtlich der Endlagerung bestehen, den herangezogenen Quellen zufolge, derzeit aber noch keine Probleme. Die aktuelle Ausbaugeschwindigkeit des Nuklearprogramms könnte jedoch in naher Zukunft zu einem Entsorgungsproblem führen.

Hinsichtlich der Gefahren für die unmittelbare Umgebung kann gesagt werden, dass die chinesischen Nuklearkraftwerke bisher fehlerfrei gearbeitet haben, jedoch einige Mängel aufweisen, die sich in Zukunft weiter zuspitzen könnten. Dadurch könnte die unmittelbare Umgebung den von Supersberger et al. beschriebenen Gefahren ausgesetzt sein.

Die mikro- und makroökonomischen Aspekte von Nuklearenergie in China lassen sich wie folgt zusammenfassen:

China hat aufgrund seiner ambitionierten Ausbaupläne im Nuklearbereich einen vergleichsweise hohen Bedarf an ausgebildeten Fachkräften. Der Forschungs- und Entwicklungsbereich ist allerdings unterfinanziert.

Die Baukosten von Nuklearkraftwerken sind in China, verglichen mit anderen Nuklearnationen, günstig und stabil. Der herangezogenen Literatur zufolge ist China

¹³³ Chen und Zhang (2010), S. 6191f.

demnach nicht von den durch Supersberger et al. beschriebenen Kostenexplosionen betroffen. Mit der fortgeschrittenen Kohleindustrie kann der Nuklearbereich derzeit jedoch nicht konkurrieren.

Der allgemeine Energiebereich ist in China bereits erheblich subventioniert. Ein Großteil dieser Subventionen fließt in Ölprodukte. Die Nuklearindustrie profitiert jedoch ebenfalls von einer bevorzugten Steuerpolitik. Der von Supersberger et al. beschriebene Subventionsbedarf der Nuklearindustrie trifft für China demnach zu.

Die technische Integrierbarkeit von Nuklearenergie in das chinesische Energiesystem lässt sich wie folgt zusammenfassen:

Verglichen mit den Forschungsergebnissen von Supersberger et al. wird es bei Chinas Nuklearenergieanteil kaum zu Konflikten bei der Integration von erneuerbaren Energiequellen mit fluktuierender Einspeisung kommen.

Ein Großteil der chinesischen Nuklearreaktoren hat derzeit noch keinen offiziellen Betriebstermin. Zhou et al. gehen dennoch davon aus, dass China den Ausbau auf 40 GWe bis 2020 schaffen wird.

China verfügt über ein sehr großes Energiesystem, in dem nur ein geringer Anteil durch Nuklearkraft abgedeckt wird, weshalb es zu keinen Konflikten bei der Kontinuität der Energieerzeugung kommen sollte. Dies entspricht der Einschätzung von Supersberger et al., wonach die Kontinuität in großen Systemen gegeben ist.

Der Beitrag zur politischen Stabilität durch Nuklearenergie in China lässt sich wie folgt zusammenfassen:

Aufgrund zukünftiger Importabhängigkeiten Chinas werden sich Ressourcenkonflikte durch Nuklearenergie für das Land nicht vermeiden lassen. Dies entspricht dem Modell von Supersberger et al.

Da China über Nuklearwaffen verfügt, besteht die von Supersberger et al. beschriebene *dual use* Möglichkeit. Das chinesische Außenministerium versichert jedoch, dass China voll und ganz hinter seinen Zusagen zum NPT steht. Sowohl Zhou und Zhang, als auch Bluth et al. stimmen mit diesen Aussagen überein.

In Hinblick auf den Beitrag von Nuklearenergie zur transnationalen Vertrauensbildung sieht von Hippel die zukünftige Kooperation bei Treibstoffzyklen als zentralen Bestandteil der zukünftigen Sicherheitsdiskussion in Ostasien.

Tu sieht bei der Sicherheit der Nuklearinfrastruktur in China eine Vielzahl von Mängeln, die in Zukunft zu weitgehenden Problemen, wie von Supersberger et al. beschrieben, führen könnten.

Die Unabhängigkeit in Bezug auf Nuklearenergie in China lässt sich wie folgt zusammenfassen:

Die zukünftige Verfügbarkeit von Nukleartreibstoffen ist einer der Hauptstreitpunkte zwischen Vertretern und Gegnern von Nuklearkraft. Welche der beiden Seiten letztendlich recht behält, kann zum derzeitigen Punkt nicht beurteilt werden.

In Bezug auf Importabhängigkeiten kann jedoch festgehalten werden, dass Chinas Uranressourcen den derzeitigen Bedarf noch decken können. Zhou und Zhang sehen in Zukunft jedoch unvermeidbare Importabhängigkeiten für China. Die von Supersberger et al. beschriebenen Importabhängigkeiten sind demnach in Zukunft für China gegeben.

Die klimapolitischen Vorteile von Nuklearenergie in China lassen sich wie folgt zusammenfassen:

China ist eines der anfälligsten Länder für Effekte von Klimawandel. Dementsprechend könnte die Nuklearinfrastruktur in Bezug auf Natureinwirkungen zukünftig vor diversen Herausforderungen stehen.

Der von Supersberger et al. beschriebene Beitrag zur Reduktion von Wasserknappheit durch Entsalzung in Verbindung mit Nuklearkraft ist durch zwei Entsalzungsprojekte (teilweise) gegeben.

China zählt zu den größten Erzeugern von CO₂-Emissionen. Dies basiert unter anderem auf der starken Abhängigkeit von Kohlekraft. Dementsprechend besteht Potential für die Verringerung von CO₂-Emissionen durch den Ausbau von Nuklearenergie.

5. Japan

5.1 Produktion und Verfügbarkeit von Energieressourcen

5.1.1 Produktion und Reserven von Rohöl und Erdgas

Dem *World Factbook* der *Central Intelligence Agency* (CIA) zufolge beliefen sich Japans Rohölreserven Anfang 2011 auf 44,12 Millionen Barrel.¹³⁴ Japan importierte, den Daten der OPEC zufolge, im Jahr 2010 3.469,9 Barrels täglich.¹³⁵ Japans Exporte im Bereich von Rohöl und Petroleumprodukten betrugen im Jahr 2010 368,5 Barrels täglich.¹³⁶ Mehr als 85 Prozent der japanischen Rohölimporte wurden aus dem Nahen Osten bezogen.¹³⁷

Die IEA verweist in ihrem Erdgasreport auf Daten der *Cedigaz* sowie des *Oil and Gas Journal*. *Cedigaz* zufolge beliefen sich Japans Erdgasreserven Ende 2010 auf 37 Milliarden m³. Dem *Oil and Gas Journal* zufolge handelt es sich um Reserven im Ausmaß von 21 Milliarden m³.¹³⁸ Japan produzierte der IEA zufolge im Jahr 2010 3,34 Milliarden m³ Erdgas. Im Jahr zuvor (2009) wurden 3,56 Milliarden m³ gefördert.¹³⁹ Japan importierte im Jahr 2010 98,79 Milliarden m³ Erdgas.¹⁴⁰

5.1.2 Kohle- und Uranressourcen

Japan produziert der IEA zufolge seit 2005 keine Kohle mehr.¹⁴¹

In Japan wurden ca. 6.600 Tonnen abbaubares Uran unter einem Preis von 130 US-Dollar pro Kilogramm identifiziert.¹⁴²

¹³⁴ Central Intelligence Agency (2011): *The World Factbook: Oil - Proved Reserves*, online verfügbar unter: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2178rank.html> (zuletzt aufgerufen am 25.01.2012)

¹³⁵ OPEC (2011), S. 57, Table 3.21

¹³⁶ OPEC (2011), S. 55, Table 3.21

¹³⁷ IEA (2011e): *Oil Information 2011*, Paris: OECD Publishing, S. III.338, Table 7A

¹³⁸ IEA (2011a), S. II.66, Table 30

¹³⁹ IEA (2011a), S. II.4, Table 1

¹⁴⁰ IEA (2011a), S. II.16, Table 7

¹⁴¹ IEA (2011f): *Coal Information 2011*, Paris: OECD Publishing, S. III.5, Table 1.1

¹⁴² OECD/IAEA (2010), S. 247

5.2 Nationaler Energieverbrauch: Vergangenheit und Gegenwart

5.2.1 Deckung des Energiebedarfs

Der IEA zufolge setzte sich Japans primäre Energieversorgung im Jahr 2009 wie in Grafik 1.1 und Tabelle 1.1 ersichtlich zusammen¹⁴³:

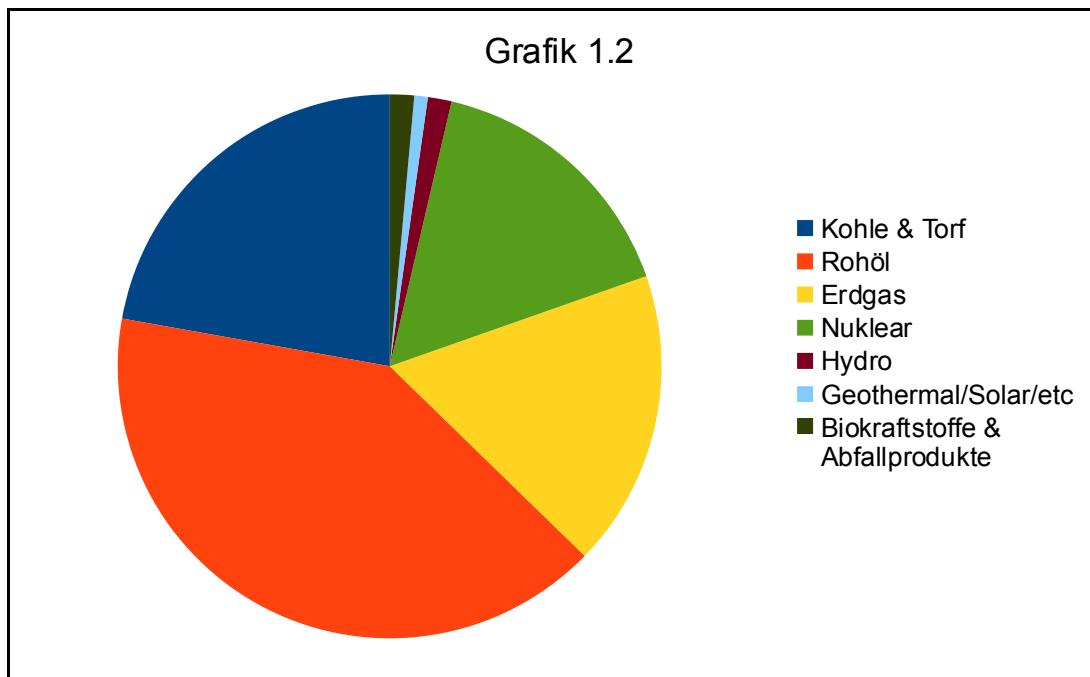


Tabelle 1.2 – Prozentuale Zusammensetzung der Energiebalance in Japan¹⁴⁴

Kohle & Torf	Rohöl	Erdgas	Nuklear	Hydro	Geothermal/Solar/etc	Biokraftstoffe & Abfallprodukte
21,46%	39,23%	17,09%	15,45%	1,37%	0,78%	1,39%

5.2.2 Ausbaupläne und Bauprojekte im Nuklearenergiebereich

Japan verfügte Mitte 2010 über 54 betriebsfähige Reaktoren, die ein durchschnittliches Alter von 25 Jahren hatten. Zwei neue Reaktoren befanden sich in der Bauphase. Nach dem Fukushima-Daiichi-Unfall 2011 kündigte die japanische Regierung an, den bestehenden Plan, wonach die nukleare Kapazität bis 2030 auf 53 Prozent gesteigert werden sollte, zu überprüfen.¹⁴⁵ Im September 2011 befanden sich nur noch 11 der 54 Reaktoren in Betrieb. Japans Nuklearreaktoren müssen mindestens einmal alle 13 Monate vom Netz gehen, damit Sicherheitsinspektionen durchgeführt werden können.

¹⁴³ IEA (2011g): *Energy Balances of OECD Countries 2011*, Paris: OECD Publishing, S. II.103

¹⁴⁴ Weitere 3,24 Prozent fallen auf Ölprodukte, die in der Tabelle/Grafik jedoch nicht erwähnt wurden.

¹⁴⁵ IEA (2011c), S. 451f.

Die japanische Regierung hat unterdessen angekündigt, dass die zukünftigen Ausbaupläne verstärkt auf die Nutzung von erneuerbaren Energiequellen sowie erhöhte Energieeffizienz abzielen werden.¹⁴⁶

Ende März 2012 befand sich nach jüngsten Medienberichten nur noch ein japanischer Reaktor in Betrieb, der ebenfalls mit Anfang Mai 2012 abgeschaltet werden soll.¹⁴⁷

5.3 Zukünftige Energieintensität und Pläne zur Effizienzsteigerung

Japan wird, der IEA zufolge, im Jahr 2035 478 Millionen Öleinheiten an Energie benötigen. Dies würde ab 2015 (498 Millionen Öleinheiten) einen Rückgang des Energieverbrauchs bedeuten.¹⁴⁸ Japans Energieprognosen wurden im letzten Jahr durch eine Reihe von Faktoren beeinflusst, die meisten davon in Zusammenhang mit dem Tōhoku-Erdbeben und dem darauf folgenden Tsunami, der in weiterer Folge zum Nuklearunfall im Fukushima Daiichi Kernkraftwerk führte. Es wird angenommen, dass der Anteil von fossilen Brennstoffen in Japans Energiemix bis 2035 auf 70 Prozent sinken wird. Diese Berechnung beinhaltet eine signifikante Reduktion von Öl- und Kohlebedarf, bei einem gleichzeitigen Anstieg des Erdgasbedarfs. Es wird weiters vorausgesagt, dass der Bedarf an Erdöl um mehr als ein Drittel sinken wird. Dies wird primär dem 31 Prozent Rückgang an Energiebedarf im Transportsektor zugeschrieben.¹⁴⁹

Der *World Energy Outlook 2011* der IEA untersucht primär folgende drei mögliche Szenarien für die zukünftige Energieintensität und Pläne zur Effizienzsteigerung:

Das Szenario „Weiterführung der derzeitigen Politik“ (*Current Policy Scenario*) sieht Reformen in der Stahlindustrie, stärkere Unterstützung für erneuerbare Energiequellen sowie erhöhte Treibstoffeffizienz für Fahrzeuge vor.¹⁵⁰

Unter dem Szenario der „neuen Politikansätze“ (*New Policies Scenario*) wird festgehalten, dass Japan als Folge des Fukushima Unfalls eine weitgehende Überprüfung und Überarbeitung seines strategischen Energieplans angekündigt hat. Entsprechende Resultate werden für 2012 erwartet.¹⁵¹

Im 450 Szenario (*450 Scenario*) wird von einer 25 prozentigen Reduktion an CO₂-Emissionen bis 2020 (Im Vergleich zu 1990) ausgegangen. Weiters wird mit einer Besteuerung von CO₂ ab 2020 gerechnet.¹⁵²

¹⁴⁶ IEA (2011c), S. 453f.

¹⁴⁷ Japan Today (2012): *Very high radiation, little water in Fukushima No. 2 reactor*, online verfügbar unter: <http://tinyurl.com/7ooouov> (zuletzt aufgerufen am 28.03.2012)

¹⁴⁸ IEA (2011c), S. 81, Table 2.3

¹⁴⁹ IEA (2011c), S. 84f.

¹⁵⁰ IEA (2011c), S. 52, Table 1.1

¹⁵¹ IEA (2011c), S. 52, Table 1.1

¹⁵² IEA (2011c), S. 52, Table 1.1

5.4 Energiepolitik Japans

5.4.1 Besonderheiten der japanischen Energiepolitik

Als Inselnation, deren Gesamtenergieversorgung zu einem großen Teil aus Importen besteht, von denen fossile Treibstoffe einen überwiegenden Anteil ausmachen, steht für Japan der Faktor Energiesicherheit an der Spitze der politischen Prioritäten. Das Land ist ein Vorreiter im Handel mit Flüssigerdgas (*liquid natural gas* – LNG) und es ist der größte LNG-Importeur weltweit. Japans Energiemix basierte vor dem Fukushima Unfall zu einem großen Teil auf Nuklearenergie.¹⁵³

5.4.2 Nuklearpolitik in Japan – Geschichte, Kompetenzen und Abkommen

Der Erlass des Atomenergiegesetzes im Jahre 1955 führte zum Aufstieg der friedlichen Entwicklung und Anwendung von Nuklearenergie, basierend auf folgenden drei Grundprinzipien: demokratische Verwaltung, freiwilliges Handeln und offene Information. Die Inauguration der *Atomic Energy Commission* (AEC) im Jahre 1956 etablierte ein beratendes Gremium für den Premierminister, in Bezug auf die Förderung von Entwicklung und Anwendung im Bereich der Nuklearenergie. Ein langfristiges Programm für Forschung, Entwicklung und die Anwendung von Nuklearenergie wurde ebenfalls 1956 erarbeitet. Dieser Plan wurde alle fünf Jahre überarbeitet und gegebenenfalls aktualisiert. Das *Ministry of International Trade and Industry* (MITI) wurde 1966 reorganisiert um auf die erhöhte Auslastung zu reagieren. Diese Veränderung führte zu zusätzlichen Regeln und Regulierungen für die Einführung von kommerziellen Leichtwasserreaktoren in Japan nach 1966. Im Jahre 1974 wurden die drei Grundgesetze für die Förderung der Entwicklung elektrischer Energie in folgende Gesetze umgewandelt: das *Law for Adjustment of Areas Adjacent to Power-Generating Facilities*, das *Electric Power Development Promotion Tax Law* und das *Special Account Law for Electric Power Promotion*. Diese Gesetze führten auch zu einer angemesseneren Standortbestimmung für Nuklearkraftwerke. 1978 entstand die *Nuclear Safety Commission* als separater Teil der AEC. Nach dem TMI-2 Unfall im Jahre 1979 wurden die Sicherheitsvorkehrungen 1980 verstärkt. Nach dem Tschernobyl Unfall im Jahr 1986 kam es zu einer erneuten Anhebung der Sicherheitsbestimmungen. Die Gesamtbewertung der *Vision of Nuclear Power* im Jahre 1986 formulierte langfristige Pläne und Ziele hinsichtlich der Verfügbarkeit und des Bedarfs an elektrischer Energie bis 2030 sowie ein Programm für erhöhte Sicherheit mit dem Namen *Safety 21*. 1990 korrigierte Japan die veranschlagten Bedarfszahlen und inkludierte alternative Energiequellen in die Gesamtrechnung. 2001 wurde die *Nuclear and Industrial Safety Agency* (NISA) als separater Teil der *Agency of Natural Resources*

¹⁵³ IEA (2008): *Energy Policies of IEA Countries – Japan*, Paris: OECD Publishing, S. 17

and Energy des *Ministry of Economics, Trade and Industry* (METI) gegründet. Ihre Aufgabe ist die Judikative hinsichtlich Angelegenheiten von nuklearer und industrieller Sicherheit.¹⁵⁴

Die japanische Regierung führte im Jänner 2001 eine administrative Reform durch. Die AEC und die *Nuclear Safety Commission* des Kabinetts geben hochrangige Richtungsvorgaben für andere Ministerien und Behörden. Im *Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology* (MEXT) gibt es drei Ämter und vier Abteilungen, die für Nuklearenergie zuständig sind. MEXT ist für die Administration von Nuklearenergie im Bereich von Technologie und Forschung zuständig. Die Hauptrollen des Ministeriums sind hierbei die Forschung und Entwicklung von Nuklearenergie (dies inkludiert den nuklearen Treibstoffzyklus, Schnellbrutreaktoren, Quantenforschung, Fusion sowie Beschleuniger), die Verwendung von Strahlung und Radioisotopen, Haftungen im Bereich der Nuklearenergie, Sicherheitsregulierungen und Vorbeugung von Katastrophen bei Nuklearreaktoren für Tests und Forschung, Nutzung von nuklearem Triebstoffmaterial sowie die Regulierung zur Gewährleistung von friedlichem Nutzen und Sicherheitsmaßnahmen. Das Ministerium ist außerdem für die Aufsicht des *National Institute of Radiological Sciences*, des *Japan Atomic Energy Research Institute* und des *Japan Nuclear Cycle Development Institute* zuständig. Das METI übernahm seine vorherigen Zuständigkeiten als MITI sowie Aufgaben der *Science and Technology Agency*. Diese Aufgaben beinhalten neben dem nuklearen Treibstoffzyklus (Raffinierung, Anreicherung, Herstellung, Aufarbeitung und Entsorgung von Abfall) auch Bereiche wie die Regulierung von Nuklearreaktoren. Fragen der Nuklearenergie sind in der *Agency of Natural Resources and Energy* angesiedelt. Zusätzlich wurde die NISA mit ihren zehn Sektionen für den Bereich Nuklearenergie als spezielle Institution hinzugefügt, die eine zentrale Rolle in den Sicherheitsregulierungen für industrialisierte Nuklearenergie spielt. Die Ausgestaltung von Sicherheitsregulierungen und Lizenzierungen im Bereich der Mahlung und Raffinierung, der Herstellung von Nukleartreibstoff, der Aufbewahrung und Aufbereitung von verbrauchtem Treibstoff, der Beseitigung von radioaktivem Abfall und der Stilllegung von Nuklearkraftwerken werden von der NISA übernommen. Das *Ministry of Foreign Affairs* (MoFA) ist für den internationalen Aspekt der Nutzung von Nuklearenergie zuständig. Dazu zählt die Implementierung von internationalen Abkommen und Versammlungen in diesem Bereich.¹⁵⁵

¹⁵⁴ IAEA (2004): *Country Profiles - Japan*, online verfügbar unter: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/CNPP2011_CD/countryprofiles/Japan/Japan2011.htm (zuletzt aufgerufen am 08.02.2012), 2.1.1 Overview

¹⁵⁵ IAEA (2004), 2.1.2 Current Organizational Chart

Die wichtigsten Gesetze und Regulierungen für den Nukleurbereich werden nach Organisation, Forschung und Entwicklung, Regulierungen und Abfindungen, basierend auf den Atomenergiegesetzen systematisiert. Gesetze bezüglich der Sicherheitsregulierungen von Reaktoren sind das *Law for Regulation of Nuclear Source Materials, Nuclear Fuel Materials and Reactors* (LRNR) sowie das *Electricity Utilities Industry Law* (EUIL). Das Ziel des LRNR ist es, die Regulierungen basierend auf potentiellen Gefahren von Nuklearreaktoren und nuklearen Substanzen zu vollziehen, während das EUIL darauf abzielt, Elektrizität in ausreichendem Maße zur Verfügung zu stellen, die Sicherheit von hydroelektrischen, thermoelektrischen und nuklearen Kraftwerken sowie den Stromübertragungsleitungen sicherzustellen. Dadurch soll eine stabile Versorgung an Elektrizität gewährleistet werden. Zu den wichtigsten Gesetzen im Nukleurbereich zählen: das *Atomic Energy Basic Law*, das *Law for the Regulation of Nuclear Source Material, Nuclear Fuel Material and Reactors*, das *Electricity Utilities Industry Law*, das *Law concerning Prevention of Radiation Hazards due to Radioisotopes*, das *Special Law for Nuclear Disaster Measures*, das *Law on Compensation for Nuclear Damage*, die *Electric Power Development Promotion Laws* sowie der *Specified Radioactive Waste Final Disposal Act*.¹⁵⁶

Zwischen Japan und der IAEA gibt es Abkommen zu folgenden Bereichen:

- ▲ Abkommen über Privilegien und Immunitäten
- ▲ Zusatzartikel zu Artikel VI & XIV der Behördenstatuten
- ▲ NPT-bezogene Schutzbestimmung INF/CIRC/255
- ▲ Zusätzliches Protokoll
- ▲ RCA

Zu den wichtigsten internationalen Abkommen zählen:

- ▲ NPT
- ▲ *Convention on physical protection of nuclear material*
- ▲ *Convention on early notification of a nuclear accident*
- ▲ *Convention on assistance in the case of a nuclear accident or radiological emergency*
- ▲ *Convention on nuclear safety*
- ▲ *Vienna Convention on civil liability for nuclear damage*
- ▲ *Protocol to amend the Vienna Convention on civil liability for nuclear damage*
- ▲ *Convention on supplementary compensation for nuclear damage*
- ▲ *Joint convention on the safety of spent fuel management and on the safety of radioactive waste management*

¹⁵⁶ IAEA (2004), 3.2 Main National Laws and Regulations Concerning Nuclear Power

Japan hält, der IAEA zufolge, bilaterale Abkommen im Nukleurbereich mit Australien, Kanada, China, Frankreich, dem Vereinigten Königreich sowie den USA.¹⁵⁷

5.5 Systemanalyse - Nuklearpolitik in Japan

5.5.1 Stabilität des Ökosystems

Harmlosigkeit des gesamten Lebenszyklus für Umwelt und Menschen

Supersberger et al. gehen in ihrem Modell davon aus, dass der Abbau von Uranressourcen einen Eingriff in die Umwelt darstellt. In Japan wurde eine Pilotanlage mit der Kapazität von ca. 50 Tonnen Erz pro Tag in der Ningyo-toge Mine 1969 gestartet und 1982 wieder beendet. Ein entsprechender *Vat Leaching Test* wurde 1987 beendet. Im Jahrbuch *Uranium 2009* der NEA ist kein Urangewinn durch Minenabbau innerhalb Japans erkennbar. Entsprechend ist der Eingriff in die Natur durch den Abbau von Uran in Minen, den verfügbaren Informationen zufolge, nicht gegeben.¹⁵⁸

Ein weiterer wichtiger Aspekt bezüglich der Gefahren, die durch Nuklearenergie für die Umwelt entstehen ist die Frage derendlagerung von verbrauchtem Nuklearabfall. Die Entsorgung von radioaktiven Abfallprodukten stellte, ab der Stilllegung des ersten Reaktors in Tokai im Jahr 1966, eine Herausforderung für Japans Nuklearpolitik dar. Japan ist im Besitz von ca. 17.000 Tonnen an Nuklearabfall und die diesbezügliche Strategie hat sich primär darauf konzentriert diese Restprodukte wieder aufzubereiten. Das Ziel ist hierbei die Schaffung eines geschlossenen Treibstoffzyklus. Die japanische Nuklearenergiepolitik betrachtet verbrauchten Nukleartreibstoff somit nicht als Abfall, sondern als recycelbare Energieressource. Japans erstes Langzeitprogramm für *Research, Development and Utilization of Nuclear Energy* wurde 1956 veröffentlicht und legte die nationale Nuklearenergiepolitik im Bereich des Treibstoffzyklus fest. Die darin festgelegten Prinzipien schlugen vor, sowohl in die Wiederaufbereitung, als auch in schnelle Brutreaktoren zu investieren. Diese schnellen Brutreaktoren wurden seither erforscht. Einschätzungen zufolge werden die ersten kommerziellen schnellen Brutreaktoren allerdings erst frühestens 2050 verfügbar sein. Bezuglich dieser Verzögerungen hat die japanische Regierung in das Programm *Pluthermal Power Generation* investiert, durch welches gemischte Oxidtreibstoffe von Reaktoren verbrannt werden können. Pluthermal wird allerdings als ineffiziente Methode

¹⁵⁷ IAEA (2004), Appendix 1: International (Multilateral and Bilateral) Agreements

¹⁵⁸ OECD/IAEA (2010), S. 247

angesehen, da nur weniger als 20 Prozent des Materials für eine Wiederverwendung aufbereitet werden können.¹⁵⁹

Harmlosigkeit von Nuklearenergie auf die unmittelbare Umwelt und die unmittelbar betroffenen Menschen

Bezüglich der Gefahren von Nuklearenergie auf die unmittelbare Umwelt und das in den Kraftwerken arbeitende Personal beschreibt die WNA, dass Japans Nuklearindustrie seit den 90er Jahren in eine Serie von Unfällen und Skandalen verwickelt war. Dazu zählen unter anderem ein Sodiumleck im Monju Schnellbrutreaktor im Jahr 1996, ein Feuer in der Abfallanlage des Wiederaufbereitungswerks in Tokai, sowie ein kritischer Unfall in der kleinen Treibstoffherzeugungsanlage in Tokai 1999. Letzterer führte zum Tod zweier Personen. Im Jahr 2002 kam es zu einem Skandal um Dokumentationen und Ausrüstungsüberprüfungen in den Reaktoren der *Tokyo Electric Power Company* (TEPCO). Im Juli 2007 führte das Niigata Chuetsu-Oki Erdbeben zu seismischen Aktivitäten, welche die vorgeschriebenen Höchstwerte des Kashiwazaki-Kariwa Nuklearkraftwerks überschritten.¹⁶⁰

Die Effekte einer Nuklearkatastrophe lassen sich anhand der Auswirkungen des Fukushima-Daiichi-Unfalls 2011 veranschaulichen. Medienberichten zufolge wurden zum Zeitpunkt dieser Arbeit drei tote Mitarbeiter des Fukushima Nuklearkraftwerks offiziell bestätigt. Von den 370 Mitarbeitern des Kraftwerks wurden bei 21 Personen Strahlungswerte über 100 Millisievert gemessen.¹⁶¹

Die Meinungen hinsichtlich der Strahlungsausmaße des Fukushima Unfalls unterscheiden sich sehr stark voneinander. Der IAEA zufolge breitet sich radioaktives Material seit dem 1. April 2011 in die globale Atmosphäre aus, dies passiert jedoch in extrem niedrigen Dosen.¹⁶²

Greenpeace spricht im Gegensatz dazu von 573 Toten in Zusammenhang mit den Auswirkungen des Fukushima Unfalls. Die Organisation verweist weiters auf hunderttausende Menschen innerhalb der Evakuierungszone, die stark erhöhter

¹⁵⁹ Pomper et al. (2010): *Nuclear Power and Spent Fuel in East Asia: Balancing Energy, Politics and Nonproliferation*, online verfügbar unter: http://www.japanfocus.org/-ferenc-dalnoki_veress/3376 (zuletzt aufgerufen am 20.02.2012)

¹⁶⁰ WNA (2012b): *Nuclear Power in Japan*, online verfügbar unter: <http://www.world-nuclear.org/info/inf79.html> (zuletzt aufgerufen am 20.02.2012)

¹⁶¹ World Nuclear News (2011): Deaths confirmed at Fukushima Daiichi, online verfügbar unter: http://www.world-nuclear-news.org/RS_Deaths_confirmed_at_Fukushima_Daiichi_0304111.html (zuletzt aufgerufen am 29.02.2012)

¹⁶² IAEA (2012): *Fukushima Nuclear Accident: Information Sheet*, online verfügbar unter: <http://www.iaea.org/About/japan-infosheet.html> (zuletzt aufgerufen am 29.02.2012)

radioaktiver Strahlung ausgesetzt sind. Die Langzeitfolgen sind laut Greenpeace nicht abschätzbar.¹⁶³

Von Hippel schätzt, dass von den zwei Millionen Menschen, die in der Region 80 km um das Fukushima Kraftwerk leben, sich in etwa die Hälfte in Gebieten befindet, deren Cäsium-137 Werte ein Curie pro Quadratkilometer übersteigen. Von Hippel geht dementsprechend von bis zu 1.000 Personen in der Region um Fukushima Daiichi aus, die an den Folgen des Unfalls voraussichtlich an Krebs sterben werden. Er vermerkt, dass diese Anzahl weit unter den Toten durch direkte Auswirkungen des Erdbebens und des Tsunamis liegt (Schätzungen zufolge 20.000 Tote).¹⁶⁴

5.5.2 Mikro- und makroökonomische Vorteile von Nuklearenergie und Auswirkungen auf Japan

Arbeitsplatzpotential und Potential für Forschung und Entwicklung auf nationaler Ebene

Hinsichtlich des Arbeitspotentials ist zu betrachten welche Ausprägung der nationale Forschungs- und Entwicklungssektor im Bereich Nuklearenergie hat. Japan verfügt über eine Nuklearindustrie, die prinzipiell den gesamten Treibstoffzyklus der Nuklearenergiegewinnung abdecken kann. Dazu zählen auch die Urananreicherung und Wiederaufbereitung von verwendetem Treibstoff. Die meisten Anreicherungsservices werden aber nach wie vor importiert.¹⁶⁵

Die Frage, wie Nukleartechnologie, -kompetenz und -expertise bestmöglich bewahrt und weitergegeben werden können, nimmt der IAEA zufolge in Japan einen ausgesprochen hohen Stellenwert ein. Der Fokus liegt hierbei insbesondere auf dem Zeitraum zwischen 2010 und 2030, in dem es zu weitgehenden Ersatz- und Auswechselungskonstruktionen kommen wird. In Anbetracht der rückläufigen Nuklearindustrien sind Diskussionen über die Wissensweitergabe im Nuklearbereich auch an den japanischen Universitäten von hoher Wichtigkeit.¹⁶⁶

Zwischen 1975 und 2001 investierte die japanische Regierung jährlich mehr als zwei Milliarden US-Dollar in die Erforschung von Nuklearenergie. Dementsprechend verfügt Japan über das größte Nuklearforschungsprogramm der Welt und die höchste nationale per Kopf Zahl an Forschern, Wissenschaftlern, Ingenieuren und Technikern weltweit.

¹⁶³ Greenpeace (2012): *Q&A on Fukushima*, online verfügbar unter: <http://www.greenpeace.org/international/en/campaigns/nuclear/safety/accidents/Fukushima-nuclear-disaster/Fukushima-QA/#8> (zuletzt aufgerufen am 29.02.2012)

¹⁶⁴ Von Hippel, Frank N. (2011): *The radiological and psychological consequences of the Fukushima Daiichi accident*, online verfügbar unter: <http://bos.sagepub.com/content/67/5/27.full.pdf> (zuletzt aufgerufen am 21.03.2012), S. 28

¹⁶⁵ WNA (2012): *Nuclear Power in Japan*

¹⁶⁶ IAEA (2006): *Managing Nuclear Knowledge: Strategies and Human Resource Development*, Vienna: IAEA Publishing Section, S. 41

Weiters kommen drei der global führenden Nuklearkraftwerksbaufirmen (Mitsubishi, Hitachi, Toshiba) aus Japan.¹⁶⁷

Potentiale zur mittel- und langfristigen Reduktion von Kosten

Beim Bau von Nuklearkraftwerken kann es zu Kostenexplosionen kommen, wodurch die ursprünglich erwarteten Kostenreduktionen in der Praxis stark eingeschränkt werden. Durch die Untersuchung von etwaigen Kostenanstiegen in der Vergangenheit lassen sich Rückschlüsse auf mittel- bis langfristige Kostenreduktionsmöglichkeiten ziehen. Eine Studie des *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) im Jahr 2003 untersuchte, inwiefern die neuen Reaktorkonzepte in Südkorea und Japan zu geplanten Kostenreduktionen führen. Für Japan wurden die Reaktoreinheiten 3 und 4 (beide 1.000 MWe Siedewasserreaktordesigns - BWR) welche 1993 und 1994 fertiggestellt wurden sowie die Reaktoreinheiten 6 und 7 (GE 1.356 MWe des fortschrittlichen Siedewasserreaktordesigns - ABWR) die 1996 und 1997 fertiggestellt wurden, untersucht. Die Auswertungen ergaben, dass die japanischen Reaktoreinheiten 3 und 4 Baukosten in der Höhe von 320-340 Milliarden Yen (2,9-3,1 Milliarden Euro) umfassten. Für die Reaktoreinheiten 6 und 7 betragen die Baukosten 400-420 Milliarden Yen (3,6-3,8 Milliarden Euro). Eine Umwandlung unter entsprechenden Koeffizienten ergab Werte zwischen 1.800 und 2.000 \$/kWh für die ABWR Reaktoreinheiten.¹⁶⁸

Eine Aktualisierung der MIT Studie ergab, dass die Kosten für alle Arten von großflächigen bautechnischen Projekten seit 2003 dramatisch angestiegen sind. Die geplanten Kosten für Nuklearkraftwerke haben sich um 15 Prozent pro Jahr erhöht. Das MIT hat diese Daten durch Auswertungen von tatsächlichen Baukosten japanischer und südkoreanischer Nuklearkraftwerke erstellt. Die Kapitalkosten für Kohle- und Erdgaskraftwerke sind ebenfalls angestiegen, jedoch weniger drastisch.¹⁶⁹

Die *Overnight Costs* für Nuklearenergie sind von 2.000 \$/kW im Jahr 2003 auf 4.000 \$/kW im Jahr 2007 angestiegen.¹⁷⁰

Unabhängigkeit von Subventionen

Einer der Hauptkritikpunkte gegenüber Nuklearenergie ist, dass hohe Subventionen benötigt werden um die Technologie marktfähig zu halten. Valentine und Sovacool

¹⁶⁷ Valentine, Scott V. und Sovacool, Benjamin K. (2010): *The socio-political economy of nuclear power development in Japan and South Korea*, in Energy Policy, Band 38, Heft 12, S. 7973

¹⁶⁸ Deutch, John et al. (2003): *The Future of Nuclear Power*, online verfügbar unter: <http://web.mit.edu/nuclearpower/pdf/nuclearpower-full.pdf> (zuletzt aufgerufen am 10.03.2012), S. 141f.

¹⁶⁹ Deutch, John et al. (2009): *Update of the MIT 2003 – Future of Nuclear Power*, online verfügbar unter: <http://web.mit.edu/nuclearpower/pdf/nuclearpower-update2009.pdf> (zuletzt aufgerufen am 10.03.2012), S. 6

¹⁷⁰ Deutch, John et al. (2009), S. 6, Table 1

zufolge wäre das japanische Nuklearenergieprogramm ohne staatliche Subventionen und zentralisierte Organisation mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht in dieser Form umgesetzt worden. Die japanische Regierung spielt, durch strategische Verwaltung und finanzielle Kontrolle, nach wie vor eine zentrale Rolle in der Entwicklung der nuklearen Energietechnologie. Seit den 60er Jahren rangiert Japans finanzielle Unterstützung für Forschung und Technologie durch Zuschuss- und Subventionsprogramme im globalen Spitzensfeld. Derzeit betragen die Investitionen in diesem Bereich drei Prozent des japanischen BIP.¹⁷¹

Das *Citizens' Nuclear Information Center* (CNIC) betrachtet die durch die *Agency for Natural Resources and Energy* (ANRE) vorausgesagten Kosten für Nuklearenergie in den nächsten 40 Jahren skeptisch. So wurde bei der Prognose 2003 angenommen, dass die Kosten von Nukleartreibstoffen weitgehend gleich bleiben. CNIC betont weiter, dass in den durch ANRE veröffentlichten Kosten folgende Aspekte nicht berücksichtigt wurden: Nuklearenergie erhält mit rund 64 Prozent den größten Anteil an Forschungsgeldern. Das Budget für Nuklearenergie beträgt in etwa 500 Milliarden Yen pro Jahr. Zwei Drittel von diesem Budget kommen von einer speziellen Steuer, der *Electric Power Development Tax*. Derzeit wird diese Steuer über die Stromrechnungen der Nutzer mit 400 Yen pro 1.000 kWh eingehoben. Weiters beliefen sich private Investitionen im Forschungs- und Entwicklungsbereich von Nuklearenergie auf deutlich weniger als zehn Prozent verglichen mit den Gesamtinvestitionen der japanischen Regierung in diesem Bereich. Das zeigt, nach CNIC, dass die Nuklearindustrie in Japan ohne diese massiven Subventionen nicht überlebt hätte.¹⁷²

5.5.3 Technische Integrierbarkeit in das bestehende und wachsende Energiesystem

Flexibilität bei der Betriebsart

Die WNA rechnet mit 55 bis 70 GWe nuklearer Kapazität in Japan bis 2030.¹⁷³ Ende 2009 machte die nukleare Kapazität in etwa 18 Prozent der Gesamtkapazitäten aus.¹⁷⁴ Nach Supersberger et al. handelt es sich dabei um einen Wert, der zu Konflikten mit der Integration von hohen Anteilen erneuerbarer Energien mit fluktuierender Einspeisung führt (Diese Bewertung wurde von Supersberger et al. für Algerien abgegeben, dessen vorausgesagter Nuklearanteil bei 7-12 Prozent bzw. im hohen Szenario bei 11-19 Prozent liegt).¹⁷⁵

¹⁷¹ Valentine und Sovacool (2010), S. 7973

¹⁷² Citizens' Nuclear Information Center (o. J.): *Cost of Nuclear Power in Japan*, online verfügbar unter: <http://cnic.jp/english/newsletter/nit113/nit113articles/nit113cost.html> (zuletzt aufgerufen am 10.03.2012)

¹⁷³ WNA (2009)

¹⁷⁴ WNA (2012b)

¹⁷⁵ Supersberger et al. (2009), S. 76

Rasche Verfügbarkeit der Technologie

Hinsichtlich der raschen Verfügbarkeit von Nuklearkraftwerken ist zu untersuchen, inwiefern es zu Verzögerungen bei Bauvorhaben in diesem Bereich kommt. In Japan haben zwei Reaktoren kein offizielles Betriebstermin, wobei Schneider et al. Zweifel hegen, ob diese Reaktoren, angesichts des Fukushima Unfalls, jemals in Betrieb gehen werden. Schneider et al. zufolge ist es schwer einschätzbar ob sich Reaktoren, welche die IAEA als im Bau befindlich beschreibt, tatsächlich noch innerhalb der regulären Zeitpläne befinden.¹⁷⁶

Kontinuität und Permanenz bei der Energieerzeugung

Da in der Vergangenheit ein großer Teil der japanischen Energieerzeugung mithilfe von Nuklearkraft stattgefunden hat, kommt es derzeit laut verschiedenen Medienberichten zu anhaltenden Stromknappheiten, da die japanische Regierung die meisten ihrer Nuklearreaktoren abgeschaltet hat. Experteninterviews der *New York Times* zufolge wird es voraussichtlich mehrere Monate dauern, bis die volle Energieleistung wiederhergestellt ist.¹⁷⁷

Möglichkeit die Technologie in das bestehende Stromnetz zu integrieren

Da sich die Ausbaupläne der japanischen Regierung im Bereich der Nuklearenergie derzeit in Schweben befinden, kann hinsichtlich der Realisierbarkeit geplanter Nuklearreaktoren zu diesem Zeitpunkt keine Aussage getroffen werden. Schneider et al. zweifeln daran, dass die japanischen Nuklearreaktoren, die sich derzeit in Bau befinden, tatsächlich an das Stromnetz angeschlossen werden.¹⁷⁸

Technologischer Status und Verfügbarkeit

Nuklearkraftwerke sind grundsätzlich seit Jahrzehnten marktbereit. Die Fähigkeiten von Reaktortypen dritter und vierter Generation in den Bereichen Technik, Wirtschaftlichkeit und Sicherheit müssen sich nach Supersberger et al. erst erweisen.¹⁷⁹

¹⁷⁶ Schneider, Mycle et al. (2011), S. 68f.

¹⁷⁷ New York Times (2011): *Japan's Electricity Shortage to Last Months*, online verfügbar unter: <http://www.nytimes.com/2011/03/29/business/global/29power.html?pagewanted=all> (zuletzt aufgerufen am 01.03.2012)

¹⁷⁸ Schneider, Mycle et al. (2011): *2010-2011 World Nuclear Industry Status Report*, in Bulletin of the Atomic Scientists, Band 67, Heft 4, S. 68f.

¹⁷⁹ Supersberger et al. (2009), S. 78

5.5.4 Beitrag zur politischen Stabilität und Auswirkungen auf Japan

Potentielle Ressourcenkonflikte zu reduzieren

Da Nuklearenergie auf Uran angewiesen ist, können Ressourcenkonflikte primär dann eingeschränkt werden, wenn das Verbrauchsland über eigene Uranressourcen verfügt. Nachdem Japan nur über spärliche heimische Uranressourcen verfügt, besteht eine hohe Abhängigkeit von Überseeimporten. Dem *Uranium 2009* Bericht der OECD und der IAEA zufolge wird die beständige Versorgung mit Uran durch langfristige Handelsverträge mit Übersee-Anbietern, direkte Teilnahme an der Entwicklung von Minenbauvorhaben und einer Diversifizierung bei Uran-Anbietern und Zulieferländern gewährleistet.¹⁸⁰

Militärische Harmlosigkeit

Ein weiterer Hauptkritikpunkt gegenüber Nuklearenergie ist der mögliche *dual-use* der Technologie. Dementsprechend ist es relevant zu untersuchen, inwiefern militärisches Potential besteht und wie die Bereitschaft zur Nutzung eines solchen Atomwaffenarsenals eingeschätzt wird. Unter den fortgeschrittenen Industrieländern ohne Nuklearwaffen wird Japan am öftesten von internationalen Sicherheitswissenschaftlern und Japanspezialisten als potentieller Kandidat für Proliferation genannt. Seit den 1950er Jahren gibt es jedoch nach Hymans eine zunehmende Zahl an Vetomächten, die eine Proliferation Japans erschweren. Diese Vetomächte machen es Japan extrem schwer, seine Nuklearpolitik im militärischen Bereich zu verändern und nahezu unmöglich, dies heimlich und rasch zu tun.¹⁸¹ Unter Vetomächten versteht Hymans nicht nur andere Staaten, sondern auch oppositionelle Parteien, Medienvertreter sowie Kapitalmärkte.¹⁸² Nach Hymans hat Japan in den letzten zwei Jahrzehnten nicht versucht, aus seiner eingeschränkten militärischen Nuklearoption auszubrechen, sondern diese stattdessen nur noch stärker festgelegt. Eine nukleare Wiederholung des Überraschungsangriffs auf Pearl Harbor hält er für ein Fantasieszenario. Hymans hält jedoch auch fest, dass immer die Möglichkeit eines großen externen Schocks besteht, der zu starken Veränderungen hinsichtlich Japans militärischer Nuklearpolitik führen könnte. Er bezeichnet die Wahrscheinlichkeit einer solchen Veränderung jedoch als sehr gering.¹⁸³

¹⁸⁰ OECD/IAEA (2010), S. 249

¹⁸¹ Hymans, Jaques E. (2011): *Veto Players, Nuclear Energy, and Nonproliferation: Domestic Institutional Barriers to a Japanese Bomb*, in International Security, Band 36, Heft 2, S. 160f.

¹⁸² Hymans (2011), S. 189

¹⁸³ Hymans (2011), S. 188f.

Beitrag zur transnationalen Vertrauensbildung

In Hinblick auf den Beitrag von Nuklearenergie zur transnationalen Vertrauensbildung sieht von Hippel die zukünftige Kooperation bei Treibstoffzyklen als zentralen Bestandteil der zukünftigen Sicherheitsdiskussion in Ostasien. Die Kooperationsmöglichkeiten werden derzeit jedoch durch mehrere Aspekte eingeschränkt. Für weitere Informationen, siehe Kapitel 4.5.4.

Sicherheit der Infrastruktur

Ein weiterer Hauptkritikpunkt gegenüber Nuklearenergie ist, dass Ausfälle, Angriffe oder sonstige Schäden zu katastrophalen Auswirkungen führen können. Dementsprechend ist es wichtig zu untersuchen inwiefern die Sicherheit der Nuklearinfrastruktur gewährleistet wird. Der OECD zufolge gehört Japan zu in einer der erdbebenreichsten Regionen der Welt. Während das Land nur 0,25 Prozent der weltweiten Landmasse ausmacht, fanden zwischen 1997 und 2006 in etwa 18 Prozent aller Erdbeben mit einer Richterskala-Messung von Sieben oder mehr in Japan statt. Der Grund für diese Erdbebenhäufigkeit ist, dass Japan am Verbindungspunkt von vier tektonischen Platten liegt.¹⁸⁴ Japans nukleare Infrastruktur ist demnach anfällig für die Auswirkungen von Naturkatastrophen wie Erdbeben oder Tsunamis, ein Umstand der sich beim Fukushima Unfall im März 2011 deutlich gezeigt hat.

Die OECD verwies bereits in ihrem Bericht von 2009 darauf, dass Industrien, die im Fall von Flutschäden besonderen Schaden auslösen könnten (Chemie- und Nuklearanlagen) gesetzlich in sicherere Regionen verlagert werden sollten.¹⁸⁵

5.5.5 Unabhängigkeit der Technologie und Auswirkungen auf Japan

Unabhängigkeit von erschöpfbaren Ressourcen (geologischer Aspekt)

Uran zählt zu den erschöpfbaren Ressourcen. Befürworter von Nuklearenergie gehen von genügend global verfügbaren Uranressourcen aus. Gegner der Nuklearenergie sehen die Prognosen der zukünftig möglicherweise verfügbaren Uranressourcen in der Regel kritisch.¹⁸⁶ Für weitere Informationen, siehe Kapitel 4.5.5.

Potential zur Reduktion der Abhängigkeit von importierten Treibstoffen (politischer Aspekt)

Nuklearenergie ermöglicht einem Land dann die Möglichkeit Importabhängigkeiten zu reduzieren, wenn eigene Uranvorkommen vorhanden sind und abgebaut werden

¹⁸⁴ OECD (2009): *OECD Reviews of Risk Management Policies: Japan 2009: Large-Scale Floods and Earthquakes*, Paris: OECD Publishing, S. 192

¹⁸⁵ OECD (2009), S. 25

¹⁸⁶ WNA (2011a)

können. Japan verfügt der NEA zufolge über keine eigenen Uranressourcen. Sollte sich die japanische Regierung dazu entschließen die derzeit inaktiven Nuklearreaktoren erneut zu starten, wäre demnach eine Importabhängigkeit in Bezug auf Uranressourcen erneut gegeben.¹⁸⁷

5.5.6 Klimapolitische Vorteile von Nuklearenergie und Auswirkungen auf Japan

Anpassungsfähigkeiten an klimatische Veränderungen

Da Nuklearenergie zu zentralisierten Energiesystemen zählt, die in der Regel anfälliger für klimatische Veränderungen und deren Effekte sind, ist zu untersuchen inwiefern klimatische Veränderungen in dem entsprechenden Land festgestellt werden und welche Implikationen diese Veränderungen für Nuklearkraftwerke haben können. Der Temperaturanstieg in Japan betrug im letzten Jahrhundert, einer Studie des Ministeriums für Erziehung, Kultur, Sport, Wissenschaft und Technologie, der *Japan Meteorological Agency* sowie des Ministeriums für Umwelt zufolge, 1,1° Celsius. Jahre mit hohen Temperaturen traten ab den 90er Jahren häufiger auf.¹⁸⁸ Hinsichtlich der Häufigkeit von Niederschlägen in Japan lässt sich kein klarer Trend zu Erhöhungen oder Verringerungen erkennen.¹⁸⁹ Auch im Bereich von tropischen Zyklonen ist kein klarer Langzeit-Trend ersichtlich und es besteht ebenfalls kein erkennbarer Anstieg des Meeresspiegels entlang der japanischen Küstengebiete.¹⁹⁰ In den Meeresgebieten südlich von Japan hat sich die CO₂ Konzentration kontinuierlich erhöht. Eine Versauerung des Meeres ist deutlich erkennbar.¹⁹¹

Trinkwasserknappheit als Folge von klimatischen Veränderungen kann durch die Entsalzung von Meerwasser, mithilfe von Nuklearkraft eingeschränkt werden. In Japan sind ca. zehn Entsalzungsanlagen mit Druckwasserreaktoren verbunden. Diese Entsalzungsanlagen bringen in etwa 14.000 m³ pro Tag an Trinkwasser. Die WNA schreibt von mehr als 100 Reaktorjahren an Erfahrung mit nuklearer Entsalzung in Japan. Ursprünglich wurde das *Multi Stage Flash* Verfahren angewendet, im Laufe der Zeit erwiesen sich MED und das *Reverse Osmosis (RO)* Verfahren als effizienter. Das gewonnene Wasser wird für die Kühlungssysteme der Reaktoren verwendet.¹⁹²

¹⁸⁷ OECD/IAEA (2010), S. 247

¹⁸⁸ Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology und Japan Meteorological Agency und Ministry of Environment (2009): *Climate Change and Its Impacts in Japan*, online verfügbar unter: www.env.go.jp/en/earth/cc/report_impacts.pdf (zuletzt aufgerufen am 21.02.2012), S. 12

¹⁸⁹ MEXT, JMA, MOE (2009), S. 18

¹⁹⁰ MEXT, JMA, MOE (2009), S. 22f.

¹⁹¹ MEXT, JMA, MOE (2009), S. 24

¹⁹² WNA (2011b): *Nuclear Desalination*

Potentiale zur Reduktion von Treibhausgasen

Einer der Vorteile von Nuklearenergie ist der, verglichen mit fossilen Brennstoffen, niedrige Ausstoß von Treibhausgasen. Das Potential zur Reduktion von Treibhausgasen hängt dabei vom Energiemix des entsprechenden Landes ab. Verschiedenen Medienberichten zufolge steigen Japans Treibhausgasausstöße seit dem Fukushima Unfall. Der Grund dafür ist, dass Japans Nuklearreaktoren derzeit nach und nach vom Netz genommen werden und der notwendige Energiebedarf durch Kohlekraft gedeckt wird.¹⁹³

5.6 Japans Nuklearenergieprofil

In diesem Kapitel werden die einzelnen Aspekte von Nuklearenergie in Japan zusammengefasst. Die länderspezifischen Aspekte, bei denen ein Vergleich möglich ist, werden dem Grundmodell von Supersberger et al. gegenübergestellt. Dadurch werden die ersten drei Forschungsfragen in Bezug auf Japan beantwortet (Wo stimmt die herangezogene Fachliteratur für Japan mit dem Grundmodell für Nuklearenergie von Supersberger et al. überein? Wo stimmt sie nicht mit dem Modell überein? Unterscheiden sich die Aussagen der verschiedenen herangezogenen Quellen voneinander?)

Die Stabilität des japanischen Ökosystems und der Einfluss von Nuklearenergie lässt sich wie folgt zusammenfassen:

Der von Supersberger et al. beschriebene Eingriff in die Natur durch den Abbau von Uranressourcen ist in Japan nicht gegeben. Dieendlagerung stellt Japan seit Mitte der 60er Jahre vor Herausforderungen. Bisher wurde versucht, die Abfallprodukte durch diverse Verfahren neu aufzubereiten.

Die japanische Nuklearindustrie war bereits vor dem Jahr 2011 in eine Vielzahl von Skandalen und Zwischenfällen verwickelt. Der Fukushima-Daiichi-Unfall 2011 gilt neben dem *Three Miles Island* Zwischenfall und Tschernobyl als einer der schwerwiegendsten Nuklearunfälle in der Geschichte. Die von Supersberger et al. beschriebenen Gefahren für die Umwelt sind in Japan dementsprechend bereits eingetreten.

Die mikro- und makroökonomischen Aspekte von Nuklearenergie in Japan lassen sich wie folgt zusammenfassen:

¹⁹³ Shuichi, Ashina und Junichi, Fujino (2011): *Impacts of Post-Fukushima Nuclear Policies on Roadmaps towards a Low-Carbon Society in Japan*, online verfügbar unter:
http://eneken.ieej.or.jp/3rd_IAEE_Asia/pdf/abstract/033_ab.pdf (zuletzt aufgerufen am 27.02.2012), S. 1f.

Japan verfügt über das weltweit größte Nuklearforschungsprogramm. Dieses wird jährlich mit mehr als zwei Milliarden US-Dollar gestützt.

Eine Studie des MIT hat ergeben, dass es in Japan zwischen 2003 und 2009 zu rasanten Anstiegen bei den Kosten von Nuklearenergie gekommen ist. Die von Supersberger et al. beschriebenen Kostenexplosionen sind in Japan demnach gegeben.

Valentine und Sovacool zufolge ist das japanische Nuklearprogramm ohne weitreichende staatliche Subventionen nicht überlebensfähig. Das CNIC kommt ebenfalls zu diesem Ergebnis. Die von Supersberger et al. beschriebenen notwendigen Subventionen sind in Japan dementsprechend gegeben.

Die technische Integrierbarkeit von Nuklearenergie in das japanische Energiesystem lässt sich wie folgt zusammenfassen:

Verglichen mit den Forschungsergebnissen von Supersberger et al. kann es bei Japans Nuklearenergieanteil zu Konflikten bei der Integration von erneuerbaren Energiequellen mit fluktuerender Einspeisung kommen.

Die beiden japanischen Nuklearkraftwerke, die sich derzeit in der Bauphase befinden, verfügen nach wie vor über keinen offiziellen Betriebstermin. Im Zusammenhang mit Fukushima zweifeln Schneider et al. jedoch an einer Inbetriebnahme.

Laut Medienberichten kommt es derzeit aufgrund der Abschaltungen zu Stromengpässen. Die Kontinuität der Energieerzeugung ist demnach eingeschränkt.

Der Beitrag zur politischen Stabilität durch Nuklearenergie in Japan lässt sich wie folgt zusammenfassen:

Aufgrund von Importabhängigkeiten im Uranbereich werden sich die von Supersberger et al. beschriebenen Ressourcenkonflikte durch Nuklearenergie nicht vermeiden lassen, sollte Japan an seinem Nuklearprogramm festhalten.

Hinsichtlich der militärischen Harmlosigkeit kann zusammengefasst werden, dass Japan zwar oft als potentieller Proliferationskandidat gesehen wird, Hymans zufolge ist eine tatsächliche nukleare Aufrüstung jedoch nicht realitätsnahe. Der von Supersberger et al. beschriebene *dual use* ist Hymans zufolge für Japan derzeit nicht gegeben und auch in Zukunft unwahrscheinlich.

In Hinblick auf den Beitrag von Nuklearenergie zur transnationalen Vertrauensbildung sieht von Hippel die zukünftige Kooperation bei Treibstoffzyklen als zentralen Bestandteil der zukünftigen Sicherheitsdiskussion in Ostasien.

Aufgrund der großen Erdbebendichte ist die Sicherheit von Japans Nuklearinfrastruktur eingeschränkt. Japans Sicherheit der Nuklearinfrastruktur entspricht demnach dem Modell von Supersberger et al.

Die Unabhängigkeit in Bezug auf Nuklearenergie in Japan lässt sich wie folgt zusammenfassen:

Die zukünftige Verfügbarkeit von Nukleartreibstoffen ist einer der Hauptstreitpunkte zwischen Vertretern und Gegnern von Nuklearkraft. Welche der beiden Seiten letztendlich recht behält, kann zum derzeitigen Punkt nicht beurteilt werden.

In Bezug auf Importabhängigkeiten kann jedoch festgehalten werden, dass Japan nur über spärliche Uranressourcen verfügt und es dementsprechend weiterhin zu den von Supersberger et al. beschriebenen Importabhängigkeiten kommen wird, sollte Japan an seinem Nuklearprogramm festhalten.

Die klimapolitischen Vorteile von Nuklearenergie in Japan lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Studien japanischer Institutionen zufolge sind keine nennenswerten Veränderungen des Klimas zu erkennen, die negative Auswirkungen auf die japanische Nuklearindustrie haben könnten.

Es gibt in Japan ca. zehn Projekte zur Entsalzung von Meerwasser durch Nuklearkraft. Der Beitrag zur Reduktion von Wasserknappheit ist demnach (teilweise) gegeben.

Japans CO₂-Emissionsausstoß steigt seit den Abschaltungen der Nuklearkraftwerke, da der benötigte Strom durch Kohlekraft gedeckt wird. Dementsprechend besteht Potential für die Verringerung von CO₂-Emissionen durch den Ausbau von Nuklearenergie.

6. Südkorea

6.1 Produktion und Verfügbarkeit von Energieressourcen

6.1.1 Produktion und Reserven von Rohöl und Erdgas

Dem *World Factbook* der CIA zufolge verfügt Südkorea über keine Rohölreserven.¹⁹⁴ Südkorea importierte, den Daten der OPEC zufolge, im Jahr 2010 2.377,4 Barrels täglich.¹⁹⁵ Mehr als 81 Prozent der südkoreanischen Rohölimporte wurden aus dem Mittleren Osten bezogen.¹⁹⁶

Dem IEA Erdgasreport zufolge schätzt *Cedigaz* Südkoreas Erdgasreserven auf eine Milliarde m³.¹⁹⁷ Südkorea produzierte der IEA zufolge im Jahr 2010 0,46 Milliarden m³ Erdgas. Im Jahr zuvor (2009) wurden 0,50 Milliarden m³ gefördert.¹⁹⁸ Südkorea importierte im Jahr 2010 42,54 Milliarden m³ Erdgas.¹⁹⁹

6.1.2 Kohle- und Uranressourcen

Südkorea produzierte der IEA zufolge im Jahr 2010 2,1 Millionen Tonnen Kohle. Im Jahr zuvor (2009) wurden 2,5 Millionen Tonnen Kohle gefördert.²⁰⁰

Südkorea verfügt der IAEA und OECD zufolge derzeit über keine Uranressourcen.²⁰¹

6.2 Nationaler Energieverbrauch: Vergangenheit und Gegenwart

6.2.1 Deckung des Energiebedarfs

Der IEA zufolge setzte sich Südkoreas primäre Energieversorgung im Jahr 2009 wie in Grafik 1.1 und Tabelle 1.1 ersichtlich zusammen²⁰²:

¹⁹⁴ CIA (2011)

¹⁹⁵ OPEC (2011), S. 57, Table 3.23

¹⁹⁶ IEA (2011e), S. III.338, Table 7A

¹⁹⁷ IEA (2011a), S. II.66, Table 30

¹⁹⁸ IEA (2011a), S. II.4, Table 1

¹⁹⁹ IEA (2011a), S. II.16, Table 7

²⁰⁰ IEA (2011f), S. III.5, Table 1.1

²⁰¹ OECD/IAEA (2010), S. 270

²⁰² IEA (2011g), S. II.107

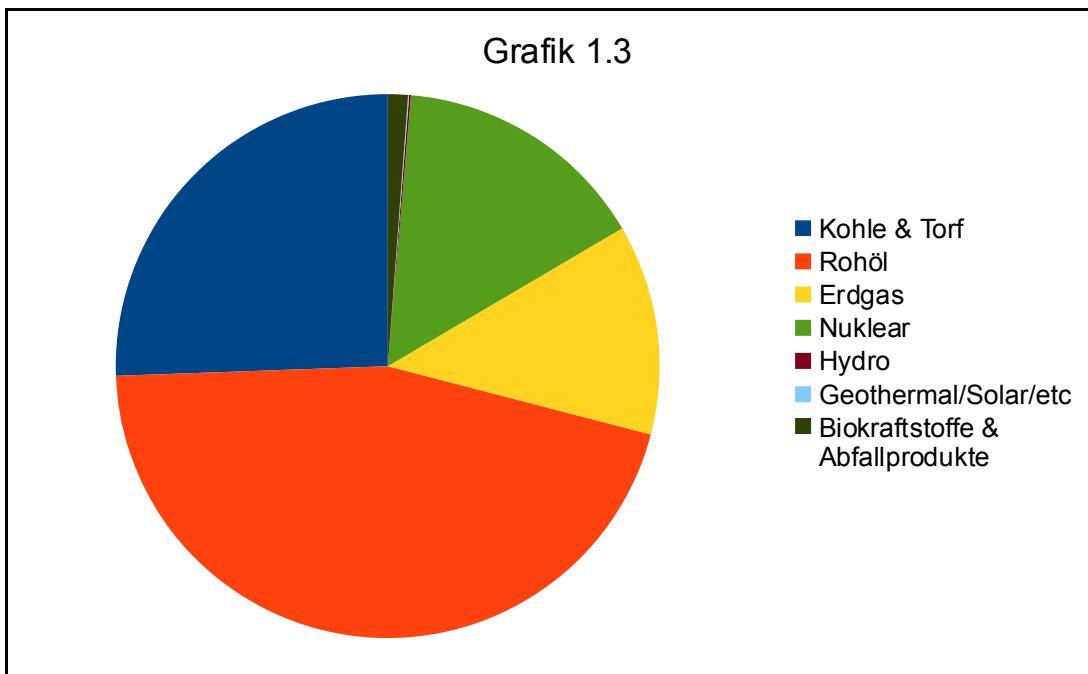


Tabelle 1.3 – Prozentuale Zusammensetzung der Energiebalance in Südkorea

Kohle & Torf	Rohöl	Erdgas	Nuklear	Hydro	Geothermal/Solar/etc	Biokraftstoffe & Abfallprodukte
25,58%	45,37%	12,50%	15,19%	0,09%	0,07%	1,20%

6.2.2 Ausbaupläne und Bauprojekte im Energiebereich

Südkorea verfügte Ende 2010 über 21 betriebsfähige Nuklearreaktoren mit einem durchschnittlichen Alter von 17 Jahren. In der Bauphase befanden sich zu diesem Zeitpunkt fünf neue Reaktoren. Nach dem Fukushima Daiichi Unfall bestätigte die südkoreanische Regierung die bisherigen Ausbaupläne im Nuklearbereich, kündigte jedoch Sicherheitsüberprüfungen an.²⁰³

6.3 Zukünftige Energieintensität und Pläne zur Effizienzsteigerung

Der *World Energy Outlook 2011* der IEA untersucht primär folgende drei mögliche Szenarien für die zukünftige Energieintensität und Pläne zur Effizienzsteigerung:

Unter dem Szenario der „neuen Politikansätze“ (*New Policies Scenario*) wird eine 30 prozentige Reduktion an CO₂-Emissionen bis 2020 prognostiziert. Gleichzeitig wird mit einer Besteuerung von CO₂ ab 2015 gerechnet.²⁰⁴

²⁰³ IEA (2011c), S. 451f.

²⁰⁴ IEA (2011c), S. 52, Table 1.1

Im 450 Szenario (*450 Scenario*) wird ebenfalls von einer 30 prozentigen Reduktion an CO₂-Emissionen bis 2020 ausgegangen. Gleichzeitig wird mit einer höheren Besteuerung von CO₂ gerechnet.²⁰⁵

Für das Szenario „Weiterführung der derzeitigen Politik“ (*Current Policy Scenario*) wird im *World Energy Outlook 2011* keine Stellung bezogen.²⁰⁶

6.4 Energiepolitik Südkoreas

6.4.1 Besonderheiten der südkoreanischen Energiepolitik

Südkoreas Energiepolitik ist dadurch gekennzeichnet, dass das Land vor einem der schwierigsten Energiedilemmas weltweit steht. Dies lässt sich auf mehrere Faktoren zurückführen. Das primäre Problem in der südkoreanischen Energieversorgung ist, dass Südkorea über keine bzw. kaum nationale Energieressourcen verfügt, um seine rasant wachsende und zunehmend energiehungrige Wirtschaft zu beliefern. Ein weiteres Problem ist, dass Südkorea sehr stark auf Ölimporte angewiesen ist, die zusätzlich zu einem Großteil aus politisch instabilen Regionen im Nahen Osten kommen. Weiters zählt die Industriestruktur Südkoreas zu einer der energieaufwendigsten weltweit.²⁰⁷

6.4.2 Nuklearpolitik in Südkorea – Geschichte, Kompetenzen und Abkommen

Südkorea begann seine Nuklearaktivitäten 1957 mit dem Eintritt in die IAEA. Im darauf folgenden Jahr verabschiedete Südkorea sein Atomenergiegesetz. 1959 wurde das *Office of Atomic Energy*, entsprechend dem globalen Trend zur friedlichen Nutzung von Nuklearenergie, gegründet. Südkorea verfolgte ab den 1970er Jahren ein sehr ehrgeiziges Nuklearenergieprogramm, das seither parallel zu der Industrialisierungspolitik des Landes läuft. Südkorea bekennt sich zu Nuklearenergie als wesentlichem Bestandteil seiner nationalen Energiepolitik. So soll versucht werden, externe Anfälligkeit im Energiebereich abzuschwächen und eine Absicherung für mögliche Knappheiten von fossilen Brennstoffen am globalen Markt zu schaffen. Derzeit verfügt Südkorea über eines der dynamischsten Nuklearenergieprogramme weltweit. Während den ersten Jahren der Nuklearenergieentwicklung wurden Kraftwerke hauptsächlich durch *Turn-Key* Verträge gebaut (Unter Turn-Key-Projekten werden nach Gablers Wirtschaftslexikon „schlüsselfertige, einsatzbereite Gesamtanlagen“ verstanden²⁰⁸) Diese Verträge ließen nur wenige Möglichkeiten für die heimischen Industrien zu, an den Bauarbeiten teilzunehmen. Seither hat sich die

²⁰⁵ IEA (2011c), S. 52, Table 1.1

²⁰⁶ IEA (2011c), S. 52, Table 1.1

²⁰⁷ Calder, Kent (2005): *Korea's energy insecurities: comparative and regional perspectives*, Washington, DC: Korea Economic Institute of America, S. 7

Einbindung der heimischen Industrie jedoch in den Bereichen Aufbau, Design, Ausrüstungsbereitstellung sowie zivilem Bau kontinuierlich erhöht. Dies basiert auf dem Umstand, dass immer stärker *Non-Turn-Key* Ansätze verfolgt wurden. Als Teil dieser Entwicklungen, bei dem ein hoher Grad an technologischer Eigenständigkeit in verschiedensten Bereichen der Nuklearindustrie erreicht werden konnte, gilt der Bau von *Yonggwang-3 & 4*. Derzeit werden die bestehenden Nuklearkraftwerktechnologien und dazugehörigen Technologien im Bereich des Treibstoffzyklus weiter ausgebaut. Die ersten heimischen Reaktoren waren *Ulchin-3 & 4* mit 1.000 MWe (ursprünglich *Korea Standard Nuclear Power Plant* genannt). Die heute OPR1000 genannten Reaktoren gingen 1998 in kommerziellen Betrieb. Die *Ulchin-3 & 4* Reaktoren wurden zu den Referenzkraftwerken für die späteren OPR1000 Kraftwerke. In Ulchin, Shin-Kori und Shin-Wolsong wurden seither sechs weitere OPR1000 Kraftwerke gebaut. Die neuen fortschrittlichen Reaktoren bei *Shin Kori-3 & 4* sind 1.400 MW(e) Kraftwerke, die unter dem Namen APR1400 laufen. Diese Reaktoren der dritten Generation befinden sich seit September 2007 in Bau und haben zu einem evolutionären Fortschritt in den Bereichen Technologie, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit geführt. Zwei weitere APR1400 Kraftwerke werden derzeit bei Shin-Ulchin gebaut.²⁰⁹

In Südkorea werden Aktivitäten im Energiebereich grundsätzlich vom *National Energy Committee* (NEC), alle fünf Jahre entsprechend dem *National Energy Fundamental Act* geplant und ausgeführt. Die Grundaufgaben der NEC sind die Etablierung einer langfristigen Energiestrategie und die Richtungsbestimmung der nationalen Energiepolitik. Nuklearbezogene Aktivitäten werden allerdings durch verschiedene Organisationen geplant und ausgeführt. Dazu zählen die *Atomic Energy Commission* (AEC), die *Nuclear Safety Commission* (NSC), das *Ministry of Education, Science and Technology* (MEST) sowie das *Ministry of Knowledge Economy* (MKE). Unter dem *Atomic Energy Act* ist die AEC das höchste Beschlussorgan im Bereich von Politikfragen und der Nutzung von Nuklearenergie. Die AEC besteht aus neun bis elf Mitgliedern, welche diverse Bereiche der Regierung, der Akademie und der Industrie repräsentieren. Der Vorsitzende der AEC ist der Premierminister. Dem MEST obliegt die Verantwortung für Nuklearforschung und Entwicklung sowie regulatorische und lizenzierende Bereiche. Um den hohen Anforderungen im Bereich der nuklearen Sicherheit gerecht zu werden, wurde im Dezember 1996 die NSC als Teil des MEST gegründet. Die NSC besteht aus sieben bis neun Mitgliedern und inkludiert unter anderem den Minister für Bildung, Forschung und Technologie, der den Vorsitz hält.

²⁰⁸ Gablers Wirtschaftslexikon (o. J.): *Turn-Key-Projekte*, online verfügbar unter: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/turn-key-projekte.html> (zuletzt aufgerufen am 21.03.2012)

²⁰⁹ IAEA (2011b): *Country Profiles – Korea, Republic of*, online verfügbar unter: http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/CNPP2011_CD/countryprofiles/Korea,Republicof/Korea,Republicof2011.htm (zuletzt aufgerufen am 08.02.2012), 2.1.1 Overview

Das MKE ist für den Bau und den Betrieb der Nuklearkraftwerke zuständig. Weiters obliegen dem MKE die Versorgung mit Nukleartreibstoff sowie die Handhabung von niedrigem und fortgeschritten radioaktivem Abfall.²¹⁰

Nationale Gesetze hinsichtlich der Sicherheit von verwendetem Treibstoff und der Handhabung von radioaktivem Abfall sind der *Atomic Energy Act* (AEA), der *Electricity Business Act*, der *Environmental Impact Assessment Act*, der *Korea Institute of Nuclear Safety Act*, der *Act on Physical Protection and Radiological Emergency*, der *Nuclear Liability Act*, der *Act on Indemnification Agreement for Nuclear Liability*, der *Electric Source Development Promotion Act*, der *Radioactive Waste Control Act*, das *Basic Law of Environmental Policy*, der *Act on Assessment of Impacts of Works on Environment, Traffic, Disasters, etc.*, der *Framework Act on Fire Services*, der *Basic Act on Civil Defence*, der *Framework Act on Management of Disasters and Safety*, der *Industrial Accident Com Industrialpension Insurance Act, Safety and Health Act* sowie der *Building Act*. Alle Bestimmungen bezüglich nuklearer Sicherheitsregulierungen und Strahlungsschutz sind im AEA enthalten. Der AEA ist das primäre Gesetz für Fragen zu Sicherheitsregulierungen von verwendetem Treibstoff und radioaktivem Abfall.²¹¹

Zwischen der Republik Korea und der IAEA gibt es Abkommen in folgenden Bereichen:

- ▲ Austausch von Informationen hinsichtlich technischer Unterstützung
- ▲ Austausch von Informationen für Dienste von Experten für technische Unterstützung (Anwendung von Radioisotopen in der Landwirtschaft)
- ▲ Austausch von Informationen für Dienste von Experten für technische Unterstützung (Experimentale Nuklearphysik)
- ▲ Austausch von Informationen für Dienste von Experten für technische Unterstützung (Radio-Chemie)
- ▲ Ergänzendes Abkommen zur Bereitstellung von technischer Unterstützung seitens der IAEA
- ▲ Abkommen über die Sicherheitsvorkehrungen in Bezug auf den Atomsperrvertrag
- ▲ Überarbeitetes ergänzendes Abkommen über die Bereitstellung technischer Unterstützung seitens der IAEA
- ▲ Zusatzprotokoll zu den Sicherheitsvorkehrungen in Bezug auf den Atomsperrvertrag

Zu den wichtigsten internationalen Verträgen zählen:

- ▲ Die Statuten der IAEA

²¹⁰ IAEA (2011b), 2.1.2 Current organizational chart(s)

²¹¹ IAEA (2011b), 3.2 Main national laws and regulations in nuclear power

- ▲ *Agreement on the Privileges and Immunities of the IAEA*
- ▲ *Amendment of Article VI. A.3 of the Statute of the IAEA*
- ▲ *Amendment of Article VI of the Statute of the IAEA*
- ▲ RCA und Abkommen zur Ausweitung des RCA
- ▲ *Convention on Assistance in the Case of a Nuclear Accident or Radiological Emergency*
- ▲ *Convention on Early Notification of a Nuclear Accident*
- ▲ *Agreement on the Establishment of the Korean Peninsula Energy Development Organization (KEDO)*
- ▲ *Convention on Nuclear Safety*
- ▲ *Agreement on Cooperation Among the Original Members of Korean Peninsula Energy Development Organization*
- ▲ *Protocol Amending the Agreement on the Establishment of the Korean Peninsula Energy Development Organization*
- ▲ *Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management*
- ▲ *Framework Agreement for International Collaboration on Research and Development of Generation IV Nuclear Energy Systems*
- ▲ *Agreement on the Privileges and Immunities of the ITER International Fusion Energy Organization for the Joint Implementation of the ITER Project*
- ▲ *Agreement on the Establishment of the ITER International Fusion Energy Organization for the Joint Implementation of the ITER Project*

Die Republik Korea verfügt weiters über bilaterale Verträge im Nuklearbereich mit den USA, Frankreich, Kanada, Spanien, Australien, Deutschland, Belgien, Japan, dem Vereinigten Königreich, der VR China, Vietnam, Argentinien, Russland, der Türkei, Tschechien, Ägypten, Rumänien, Kasachstan, Brasilien, der Europäischen Kommission als Repräsentant für die Europäische Atomgemeinschaft, Chile, Indonesien, der Ukraine, dem Königreich Jordanien, den Vereinigten Arabischen Emiraten sowie Südafrika.²¹²

6.5 Systemanalyse - Nuklearpolitik in Südkorea

6.5.1 Stabilität des Ökosystems

Harmlosigkeit des gesamten Lebenszyklus für Umwelt und Menschen

Supersberger et al. gehen in ihrem Modell davon aus, dass der Abbau von Uranressourcen einen Eingriff in die Umwelt darstellt. Dementsprechend ist zu

²¹² IAEA (2011b), Appendix 1: International, Multilateral and Bilateral Agreements

untersuchen ob heimische Uranressourcen gefördert werden. Südkorea verfügt bisher über keine heimischen Uranproduktionskapazitäten. Dementsprechend ist der Eingriff in die Umwelt durch Minenförderung von Uran bisher nicht gegeben.²¹³

2011 wurde allerdings seitens des *Joint Ore Reserves Committee* (JORC) bekanntgegeben, dass Uranressourcen im Ausmaß von ca. 25.000 Tonnen zu 0,027 Prozent U gefunden wurden. Der Beginn des Abbaus ist derzeit für 2015 geplant.²¹⁴

Ein weiterer wichtiger Aspekt bezüglich der Gefahren, die durch Nuklearenergie für die Umwelt entstehen ist die Frage derendlagerung von verbrauchtem Nuklearabfall. Südkoreas verwendeter Nukleartreibstoff betrug zu Beginn des Jahres 2010 10.761 Tonnen und okkupierte damit 79 Prozent der gesamten nationalen Lagerungskapazitäten. Es wird erwartet, dass die Nuklearanlagen Kori, Ulchin und Yonggwang mit 2018 ihre Kapazitäten erreichen werden. Damit wird die kumulative Gesamtzahl von verwendetem Treibstoff in der Republik Korea mit Ende des 21. Jahrhunderts 110.000 Tonnen überschreiten, vorausgesetzt, die geplanten Kernkraftwerke gehen tatsächlich in Betrieb. Um eine solche Menge an Nuklearabfall zu entsorgen, wäre ein Gelände von 80 km² notwendig. Die südkoreanische Regierung ist seit den späten 70er Jahren darum bemüht, dieses Problem zu lösen. Der Plan war, eine zentrale Lagerungsstätte zu errichten, da dies bei der Stilllegung von Reaktoren helfen würde. Durch den Mangel an öffentlicher Teilnahmemöglichkeit stießen diese Pläne allerdings auf breite Ablehnung in der Bevölkerung. Der Republik Korea wird durch Verträge mit den Vereinigten Staaten vorgeschrieben, wie mit dem verwendeten Nukleartreibstoff umgegangen werden muss. Der aktuelle Nuklearvertrag wird allerdings 2014 auslaufen. Derzeit versucht Südkorea, die Zustimmung der Vereinigten Staaten für weitere Pyroverarbeitungsteststellen zu erhalten. Durch Pyroverarbeitung werden die extrem radioaktiven, aber relativ kurzlebigen Beta-Emitter-Bestandteile des radioaktiven Abfalls entfernt. Das übriggebliebene radioaktive Uran soll danach durch schnelle Brennreaktoren, die jedoch noch nicht entwickelt sind, weiterverarbeitet werden.²¹⁵

Harmlosigkeit von Nuklearenergie auf die unmittelbare Umwelt und die unmittelbar betroffenen Menschen

Gefahren durch Energietechnologien können nicht nur für die allgemeine Umwelt, sondern auch für die unmittelbare Umgebung und das Personal der entsprechenden Kraftwerken entstehen. Schriftliche Anfragen an die IAEA, Greenpeace sowie das

²¹³ OECD/IAEA (2010), S. 270

²¹⁴ WNA (2012c): *Nuclear Power in South Korea*, online verfügbar unter: <http://www.world-nuclear.org/info/inf81.html> (zuletzt aufgerufen am 20.02.2012)

²¹⁵ Pomper et al. (2010)

Korean Atomic Energy Research Institute (KAERI) hinsichtlich nuklearer Zwischenfälle in der Republik Korea ergaben, dass die entsprechenden Berichte der Öffentlichkeit nicht zur Verfügung stehen bzw. gestellt werden können.

Der IEA zufolge hat die südkoreanische Nuklearindustrie eine exzellente Sicherheitsbilanz.²¹⁶

6.5.2 Mikro- und makroökonomische Vorteile von Nuklearenergie und Auswirkungen auf Südkorea

Arbeitsplatzpotential und Potential für Forschung und Entwicklung auf nationaler Ebene

Hinsichtlich des Arbeitspotentials ist zu betrachten welche Ausprägung der nationale Forschungs- und Entwicklungssektor im Bereich Nuklearenergie hat. Die Republik Korea besitzt aufgrund der Verträge mit den Vereinigten Staaten keinen kompletten Treibstoffzyklus, da keine Möglichkeiten zur Wiederaufbereitung bestehen. In den letzten Jahren wurde jedoch versucht, diese diplomatischen Einschränkungen aufzuheben. Der WNA zufolge deuten die letzten Informationen auf eine südkoreanische Urananreicherungsanlage unter internationaler Kontrolle hin. Die Wiederaufbereitung könnte in einem Drittland, wie beispielsweise Japan, stattfinden.²¹⁷ Der IAEA zufolge wird die Wichtigkeit der Weitergabe von Wissen im Nuklearbereich in der Republik Korea von der Gesellschaft weitgehend anerkannt. Internationale Kooperationen und die Unterstützung von Mobilitätsprogrammen für nukleartechnisch geschulte Fachleute sollen dabei helfen, die jüngere Generation zu motivieren, die Karrieren von Nuklearfachpersonal voranzutreiben und die Trainingsmöglichkeiten im eigenen Land auf internationalen Standard zu heben. Die Republik Korea investiert in diesem Bereich insbesondere in internationale Zusammenarbeit. Das KAERI spielt hierbei, als staatlich beauftragte Organisation, bei der Vermittlung von internationaler Kooperation im Nuklearbereich eine besondere Rolle.²¹⁸

Das südkoreanische Ministerium für Wissenschafts- und Technologie schätzt, dass der südkoreanische Nuklearsektor bis 2020 zusätzliche 23.900 geschulte Fachpersonen benötigen wird.²¹⁹ Ein südkoreanisches Konsortium setzte sich 2009 in einem Verhandlungswettstreit mit den rivalisierenden Nuklearexportindustrien aus den USA und Frankreich durch und konnte in Folge einen der größten bisherigen Energieverträge in der Nahostregion sichern. Das Geschäft mit den Arabischen Emiraten, welches die *Korea Electric Power Company* (KEPCO) bis 2020 mit dem Bau von vier 1.400 MWe Nuklearreaktoren

²¹⁶ IEA (2006): *Energy Policies of IEA Countries – The Republic of Korea*, Paris: OECD Publishing, S. 14

²¹⁷ WNA (2012c)

²¹⁸ IAEA (2006), S. 42f.

²¹⁹ IEA (2011c), S. 463, Box 12.2

innerhalb der Emirate beauftragte, umfasst insgesamt rund 40 Milliarden Dollar. Seitens des südkoreanischen Präsidentschaftsbüros wurde das Geschäft als größtes Megaprojekt in der südkoreanischen Geschichte bezeichnet. KEPCO zufolge laufen ebenfalls Verhandlungen mit der Türkei über den Bau von zwei Nuklearreaktoren in der Region um das Schwarze Meer. Die südkoreanische Nuklearindustrie erhofft sich durch die Geschäfte mit den Arabischen Emiraten weitere Exportmöglichkeiten im Nuklearbereich.²²⁰

Potentiale zur mittel- und langfristigen Reduktion von Kosten

Beim Bau von Nuklearkraftwerken kann es zu Kostenexplosionen kommen, wodurch die ursprünglich erwarteten Kostenreduktionen in der Praxis stark eingeschränkt werden. Durch die Untersuchung von etwaigen Kostenanstiegen in der Vergangenheit lassen sich Rückschlüsse auf mittel- bis langfristige Kostenreduktionsmöglichkeiten ziehen. Die Auswertungen des MIT zu kostenreduzierenden Reaktorkonzepten in Südkorea ergaben, dass die Baukosten der Reaktoren 5 und 6, 1.000 MWe Druckwasserreaktoren (nach dem *Korean Standard Nuclear Reactor Design - KSNP*) mit 3,91 Billionen Won (2,61 Milliarden Euro) berechnet wurden. Die *Overnight Costs* waren äquivalent zu 1.800 \$/kWe und die Gesamtbaukosten beliefen sich auf 2.300 \$/kWe.²²¹

Wie die Aktualisierung der Studie aus dem Jahr 2009 zeigte, erhöhten sich die Kosten für alle Arten von großflächigen bautechnischen Projekten seit 2003 dramatisch.²²² Die *Overnight Costs* für Nuklearenergie sind somit von 2.000 \$/kW im Jahr 2003 auf 4.000 \$/kW im Jahr 2007 angestiegen.²²³

Unabhängigkeit von Subventionen

Einer der Hauptkritikpunkte gegenüber Nuklearenergie ist, dass hohe Subventionen benötigt werden um die Technologie marktfähig zu halten. Nach einer Studie des *United Nations Environment Programmes* (UNEP) ist der allgemeine südkoreanische Energiesektor erheblich subventioniert. Der Studie zufolge sind Kohlebergbau und erneuerbare Energiequellen die Hauptempfänger von Subventionen. Weiters gibt es weitreichende Quersubventionen in den Strom- und Erdgasindustrien. Subventionen im Nuklearbereich werden in der UNEP Studie nicht erwähnt.²²⁴

²²⁰ Reuters (2009): *South Korea wins landmark Gulf nuclear power deal*, online verfügbar unter: <http://www.reuters.com/article/2009/12/27/us-emirates-korea-nuclear-idUSLDE5BQ05O20091227> (zuletzt aufgerufen am 09.03.2012)

²²¹ Deutch et al. (2003), S. 142

²²² Deutch et al. (2009), S. 6

²²³ Deutch et al. (2009), S. 6, Table 1

²²⁴ United Nations Environment Programme (2003): *Energy Subsidies: Lessons Learned in Assessing their Impact and Designing Policy Reforms*, online verfügbar unter: <http://www.unep.ch/etb/publications/energySubsidies/Energysubreport.pdf> (zuletzt aufgerufen am

Nach Choi machte die südkoreanische Regierung Nuklearenergie jedoch bereits früh zu einer der wichtigsten Prioritäten des nationalen Entwicklungsprogramms. Die Regierung verabschiedete und erhielt das nationale Nuklearenergieprogramm dementsprechend sogar zu Zeiten, in denen mehr finanzielle Unterstützung notwendig war, als ohne Probleme zur Verfügung stand. Choi et al. zeigen zwei Phasen des langsameren Nuklearausbaus auf, die zum einen auf Widerstand in der Öffentlichkeit, zum anderen aber auch auf unzureichende finanzielle Unterstützung und Konjunkturabschwächungen zurückzuführen sind.²²⁵

6.5.3 Technische Integrierbarkeit in das bestehende und wachsende Energiesystem

Flexibilität bei der Betriebsart

Die WNA rechnet für Nord- und Südkorea gemeinsam mit 25 bis 50 GWe nuklearer Kapazität bis 2030.²²⁶

2008 lag die Gesamtkapazität zur Energieerzeugung in Südkorea bei 72,5 GWe. Die nukleare Kapazität machte 2008 mit 17,7 GWe in etwa 24 Prozent der Gesamtkapazitäten aus.²²⁷

Nach Supersberger et al. handelt es sich dabei um einen Wert, der zu Konflikten mit der Integration von hohen Anteilen erneuerbarer Energien mit fluktuierender Einspeisung führen kann (Diese Bewertung wurde von Supersberger et al. für Algerien abgegeben, dessen vorausgesagter Nuklearanteil bei 7-12 Prozent bzw. im hohen Szenario bei 11-19 Prozent liegt).²²⁸

Rasche Verfügbarkeit der Technologie

Hinsichtlich der raschen Verfügbarkeit von Nuklearkraftwerken ist zu untersuchen, inwiefern es zu Verzögerungen bei Bauvorhaben in diesem Bereich kommt. Schneider et al. zufolge ist es schwer einschätzbar ob sich Reaktoren, welche die IAEA als im Bau befindlich beschreibt, tatsächlich noch innerhalb der regulären Zeitpläne befinden. Mehr als zwei Drittel der derzeitigen Nuklearreaktoren werden in den Ländern China, Indien, Russland und Südkorea gebaut. Schneider et al. verweisen diesbezüglich darauf, dass historisch gesehen keines dieser Länder in Bezug auf Informationen zu Reaktorbauzeiten sehr transparent oder vertrauenswürdig vorgegangen ist.

14.03.2012), S. 96

²²⁵ Choi, Sungyeol et al. (2009): *Fourteen lessons learned from the successful nuclear power program of the Republic of Korea*, in Energy Policy, Band 37, Heft 12, S. 5499

²²⁶ WNA (2009)

²²⁷ WNA (2012c)

²²⁸ Supersberger et al. (2009), S. 76

Dementsprechend schwierig ist es, genauere Informationen zu diesem Bereich zu finden.²²⁹

Kontinuität und Permanenz bei der Energieerzeugung

Wie Japan vor dem Reaktorunfall in Fukushima, bezieht auch Südkorea einen großen Teil seiner Energie von einer limitierten Anzahl zentraler Nuklearkraftwerke. Im Extremfall könnten entsprechende Ausfälle bzw. notwendige Abschaltungen demnach ähnliche Stromuntermittlungen hervorrufen, wie sie in Japan nach dem Fukushima-Daiichi-Unfall 2011 stattgefunden haben. Siehe dazu Kapitel 5.5.3.

Möglichkeit, die Technologie in das bestehende Stromnetz zu integrieren

Für Südkorea stellt sich vor allem die Frage, inwiefern genügend Standorte für weitere Reaktoren zur Verfügung stehen. Nach Kim et al. existieren derzeit keine brauchbaren Bauplätze für neue Nuklearkraftwerke in Südkorea.²³⁰

Der Bau an neuen Nuklearstandorten wäre derzeit nur in einem geeinten Korea, nördlich der demilitarisierten Zone möglich. Abseits dieser Möglichkeit wird der Ausbau der südkoreanischen Nuklearkapazität stark davon abhängen, wann und ob weitere Reaktoren an den bestehenden Nuklearstandorten gebaut werden können, wann bestehende Reaktoren stillgelegt werden und ob diese alten Reaktoren durch neue ersetzt werden.²³¹

Kim et al. erstellen in ihrem Artikel Prognosen zu folgenden Szenarien: einem gleichbleibenden Nutzen von Nuklearenergie (*Business as Usual* - BAU), einem Abbau von Nuklearenergie und entsprechendem Ersatz durch Kohlekraftwerke (*Minimum Nuclear* - MIN) sowie einem maximalen Ausbau von Nuklearenergie (*Maximum Nuclear* - MAX). Die Veränderung des Energiemixes im BAU-Szenario sieht nach Kim et al. einen leichten Anstieg im Bereich der Energienutzung voraus, bei der die Energiegewinnung durch Kohle und fossile Brennstoffe stückweise durch Erdgas, Nuklearenergie und erneuerbare Energiequellen ersetzt wird.²³² Im MIN-Szenario wird von einer Reduktion der Nuklearkapazität von 29 GW im Jahr 2019/2020 auf 20 GW bis 2030 ausgegangen. Die entsprechende Energiedifferenz würde durch Kohleenergie kompensiert werden. Im MAX-Szenario würde es zu einem weiteren Ausbau der Nuklearreaktoren kommen, wodurch die Energiegewinnung durch Kohle und LNG-kombinierte Anlagen teilweise ersetzt werden würde. Im BAU-Szenario würden erneuerbare Energiequellen zwar ansteigen, bis 2030 aber dennoch weniger als 2

²²⁹ Schneider, Mycle et al. (2011), S. 69

²³⁰ Kim, Hoseok et al. (2011): *Energy demand and supply, energy policies, and energy security in the Republic of Korea*, in Energy Policy, Band 39, Heft 11, S. 6887

²³¹ Kim et al. (2011), S. 6889

²³² Kim et al. (2011), S. 6890

Prozent des Gesamtbedarfs abdecken.²³³ In ihrem Vergleich zeigen Kim et al. auf, dass die verschiedenen Szenarien keine nennenswerten Veränderungen des Anteils erneuerbarer Energiequellen auf die Energiebalance hätten. Veränderungen beim Ausbau der Nuklearkapazitäten haben in Südkorea demzufolge keine sichtbaren Auswirkungen auf den Ausbau von erneuerbaren Energiequellen.²³⁴

Technologischer Status und Verfügbarkeit

Nuklearkraftwerke sind grundsätzlich seit Jahrzehnten marktbereit. Die Fähigkeiten von Reaktortypen dritter und vierter Generation in den Bereichen Technik, Wirtschaftlichkeit und Sicherheit müssen sich nach Supersberger et al. erst erweisen.²³⁵

6.5.4 Beitrag zur politischen Stabilität und Auswirkungen auf Südkorea

Potentiale, Ressourcenkonflikte zu reduzieren

Da Nuklearenergie auf Uran angewiesen ist, können Ressourcenkonflikte primär dann eingeschränkt werden, wenn das Verbrauchsland über eigene Uranressourcen verfügt. Südkorea ist bisher vollständig auf Uranimporte angewiesen. Nach Angaben der OECD und IAEA wird die stabile und wirtschaftliche Versorgung mit Uran durch die Diversifizierungspolitik der *Korea Hydro and Nuclear Power* (KHNP) gewährleistet. Weiters wird darauf geachtet, dass langfristige Handelsverträge bestehen und in Minenoperationen im Ausland investiert wird.²³⁶

Militärische Harmlosigkeit

Ein weiterer Hauptkritikpunkt gegenüber Nuklearenergie ist der mögliche *dual-use* der Technologie. Dementsprechend ist es relevant zu untersuchen, inwiefern militärisches Potential besteht und wie die Bereitschaft zur Nutzung eines solchen Atomwaffenarsenals eingeschätzt wird. Nuklearenergie war in Südkorea bereits von Beginn an mit Visionen militärischer Autonomie und Stärke verbunden. Nukleartechnologie wurde nicht nur als Energiequelle, sondern auch als Möglichkeit zur Stärkung der nationalen Verteidigung gesehen. Als Zeichen der Stärke sowie als Mittel, um einen Krieg mit Nordkorea zu vermeiden, wurde die technologische Entwicklung von Nuklearenergie, aber auch von Nuklearwaffen, seitens der südkoreanischen Regierung begrüßt. Präsident Park Chung Hee etablierte 1969 ein geheimes Komitee zur Auswertung von Nuklearwaffen, welches das Ziel hatte, hoch angereichertes Uran sowie fortgeschrittene Nuklearwaffenkomponenten zu erstehen.

²³³ Kim et al. (2011), S. 6894f.

²³⁴ Kim et al. (2011), S. 6895, Fig. 19.

²³⁵ Supersberger et al. (2009), S. 78

²³⁶ OECD/IAEA (2010), S. 270f.

Nach 1976 wurden die militärischen Dimensionen des Nuklearprogramms seitens der USA beendet, da diese mit der Suspendierung der Exportlizenzen und Kredite drohten, die für den Erwerb der US-amerikanischen Nuklearreaktordesigns notwendig waren, sollte Südkorea seine Pläne für die Entwicklung von Nuklearwaffen nicht einstellen. Die nuklearen Ausbaupläne Südkoreas waren somit für mehr als zwei Jahrzehnte mit einer potentiellen militärischen Nutzung verbunden.²³⁷

Beitrag zur transnationalen Vertrauensbildung

In Hinblick auf den Beitrag von Nuklearenergie zur transnationalen Vertrauensbildung sieht von Hippel die zukünftige Kooperation bei Treibstoffzyklen als zentralen Bestandteil der zukünftigen Sicherheitsdiskussion in Ostasien. Die Kooperationsmöglichkeiten werden derzeit jedoch durch mehrere Aspekte eingeschränkt. Für genauere Informationen, siehe Kapitel 4.5.4.

Sicherheit der Infrastruktur

Ein weiterer Hauptkritikpunkt gegenüber Nuklearenergie ist, dass Ausfälle, Angriffe oder sonstige Schäden zu katastrophalen Auswirkungen führen können. Dementsprechend ist es wichtig zu untersuchen inwiefern die Sicherheit der Nuklearinfrastruktur gewährleistet wird. Sun et al. zufolge ist Südkorea, nach Belgien, das Land mit der höchsten installierten Nuklearkapazität pro Einheitsfläche. Nachdem Belgien nicht plant, weitere Reaktoren zu bauen, wird Südkorea in Zukunft die Nation mit der höchsten Nukleardichte sein. Diese hohe Dichte an Nuklearanlagen, kombiniert mit einer relativ hohen Bevölkerungsdichte führt Sun et al. zufolge unweigerlich zu einer höheren Gefährdung durch nukleare Zwischenfälle, sollten radioaktive Substanzen ausgesetzt werden. Solche Zwischenfälle sind sowohl durch natürliche Kräfte, als auch durch Angriffe (z.B. Terrorismus oder Sabotage) möglich.²³⁸

6.5.5 Unabhängigkeit der Technologie und Auswirkungen auf Südkorea

Unabhängigkeit von erschöpfbaren Ressourcen (geologischer Aspekt)

Uran zählt zu den erschöpfbaren Ressourcen. Befürworter von Nuklearenergie gehen von genügend global verfügbaren Uranressourcen aus. Gegner der Nuklearenergie sehen die Prognosen der zukünftig möglicherweise verfügbaren Uranressourcen in der Regel kritisch.²³⁹ Für weitere Informationen, siehe Kapitel 4.5.5.

²³⁷ Valentine und Sovacool (2010), S. 7975

²³⁸ Yun, Sun-Jin et al. (2011): *The Current Status of Green Growth in Korea: Energy and Urban Security*, online verfügbar unter: http://www.japanfocus.org/-Sun_Jin-YUN/3628 (zuletzt aufgerufen am 27.02.2012)

²³⁹ WNA (2011a)

Potential zur Reduktion der Abhängigkeit von importierten Treibstoffen (politischer Aspekt)

Nuklearenergie ermöglicht einem Land dann die Möglichkeit Importabhängigkeiten zu reduzieren, wenn eigene Uranvorkommen vorhanden sind und abgebaut werden können. Derzeit importiert Südkorea sämtliche benötigten Uranressourcen.²⁴⁰ Mit dem Abbau der neu entdeckten Uranressourcen ab 2015 könnten sich diese Importabhängigkeiten temporär verändern.²⁴¹

6.5.6 Klimapolitische Vorteile von Nuklearenergie und Auswirkungen auf Südkorea

Anpassungsfähigkeiten an klimapolitische Veränderungen

Da Nuklearenergie zu zentralisierten Energiesystemen zählt, die in der Regel anfälliger für klimatische Veränderungen und deren Effekte sind, ist zu untersuchen inwiefern klimatische Veränderungen in dem entsprechenden Land festgestellt werden und welche Implikationen diese Veränderungen für Nuklearkraftwerke haben können. Dem *Korean Climate Change Assessment Report 2010* zufolge, hat sich die Temperatur der Erdoberfläche insbesondere in größeren Metropolen (Seoul, Daejon, Daegu, etc.) extrem erhöht. Auch bei der Meerestemperatur ist es um die koreanische Halbinsel seit den 1990er Jahren zu einem stetigen Anstieg gekommen. Diese Veränderungen könnten direkt oder indirekt die Stärke extremer Wetterphänomene (Tropische Zyklone, starker Regenfall, etc.) beeinflussen.²⁴² Der Bericht verweist weiters darauf, dass ein Anstieg im Wasserkreislauf deutlich zu sehen ist.²⁴³ Beobachtungen in den Küstenregionen Koreas haben ergeben, dass der Anstieg des Meeresspiegels mit ca. 4,02 mm pro Jahr über dem globalen Durchschnitt (3,16 mm pro Jahr) liegt.²⁴⁴

Trinkwasserknappheit als Folge von klimatischen Veränderungen kann durch die Entsalzung von Meerwasser, mithilfe von Nuklearkraft eingeschränkt werden. Im Bereich der nuklearen Meerwasserentsalzung hat Südkorea ein Design für kleine Kernreaktoren entwickelt, die Elektrizität und Trinkwasser erzeugen. Der 330 MWt *System-integrated Modular Advanced Reactor* (SMART) produziert insgesamt 40.000 m³ Trinkwasser pro Tag.²⁴⁵

²⁴⁰ OECD/IAEA (2010), S. 270

²⁴¹ WNA (2012c)

²⁴² Ministry of Environment & National Institute of Environmental Research (2010): *Korean Climate Change Assessment Report 2010*, online verfügbar unter: <http://eng.me.go.kr/file.do?method=fileDownloader&attachSeq=2210> (zuletzt aufgerufen am 26.02.2012), S. 10f.

²⁴³ MoE & NIER (2010), S. 13

²⁴⁴ MoE & NIER (2010), S. 111

²⁴⁵ WNA (2011b)

Potentiale zur Reduktion von Treibhausgasen

Einer der Vorteile von Nuklearenergie ist der, verglichen mit fossilen Brennstoffen, niedrige Ausstoß von Treibhausgasen. Das Potential zur Reduktion von Treibhausgasen hängt dabei vom Energiemix des entsprechenden Landes ab. Aufgrund der knappen heimischen Energieressourcen galt Nuklearenergie bereits in der Vergangenheit als attraktive Option für Energiesicherheit und -stabilität. Mit der steigenden Wichtigkeit von Umweltbelangen wurde Nuklearenergie als noch wichtigere Energieoption angesehen, da sie es Südkorea ermöglichen sollte, Treibhausgasemissionen entsprechend zu reduzieren.²⁴⁶

Die Konklusion der Auswertungen von Kim et al. zu den BAU-, MIN- und MAX-Szenarien ist, dass es zwar starke Treibhausgasunterschiede zwischen den verschiedenen Ausbauoptionen gibt, das MAX-Szenario alleine jedoch ebenfalls nicht ausreicht, um Südkoreas Emissionen zu stabilisieren. Sie schließen dementsprechend, dass ein Ausbau von Nuklearenergie alleine nicht reichen wird, um Südkoreas Klimaziel, die Reduktion von Treibhausgasen, zu erreichen. Vielmehr wird Kim et al. zufolge ein aggressiver Ausbau im Bereich der Energieeffizienz und erneuerbarer Energiequellen notwendig sein, um diese Ziele zu erreichen.²⁴⁷

6.6 Südkoreas Nuklearenergieprofil

In diesem Kapitel werden die einzelnen Aspekte von Nuklearenergie in Südkorea zusammengefasst. Die länderspezifischen Aspekte, bei denen ein Vergleich möglich ist, werden dem Grundmodell von Supersberger et al. gegenübergestellt. Dadurch werden die ersten drei Forschungsfragen in Bezug auf Südkorea beantwortet (Wo stimmt die herangezogene Fachliteratur für Südkorea mit dem Grundmodell für Nuklearenergie von Supersberger et al. überein? Wo stimmt sie nicht mit dem Modell überein? Unterscheiden sich die Aussagen der verschiedenen herangezogenen Quellen voneinander?)

Die Stabilität des südkoreanischen Ökosystems und der Einfluss von Nuklearenergie lässt sich wie folgt zusammenfassen:

Der von Supersberger et al. beschriebene Eingriff in die Natur durch den Abbau von Uranressourcen ist in Südkorea derzeit nicht gegeben. Dies könnte sich jedoch durch den geplanten Abbau mit Beginn 2015 ändern. Die Endlagerung stellt derzeit ein großes Problem für Südkorea dar. Etwaigen Pyroverarbeitungsmöglichkeiten stehen nach momentanem Stand die Abkommen mit den Vereinigten Staaten im Weg.

²⁴⁶ Kim et al. (2011), S. 6889

²⁴⁷ Kim et al. (2011), S. 6894f.

Zu Zwischenfällen bei südkoreanischen Nuklearkraftwerken konnten/wollten sich weder die IAEA, KAERI noch *Greenpeace* äußern. Die IEA spricht von einer exzellenten Sicherheitsbilanz, die sinngemäß dem Modell von Supersberger et al. widersprechen würde. Trotz dieser Sicherheitsbilanz sind die von Supersberger et al. beschriebenen Gefahren jedoch im Bereich des Möglichen.

Die mikro- und makroökonomischen Aspekte von Nuklearenergie in Südkorea lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Südkoreanischen Schätzungen zufolge wird der nationale Nuklearenergiesektor bis 2020 23.900 Fachpersonen benötigen. Das Geschäft mit den Vereinigten Arabischen Emiraten über den Bau von vier Nuklearreaktoren gilt dem südkoreanischen Präsidentschaftsbüro zufolge als eines der größten Megaprojekte in der koreanischen Geschichte. Weitere Exportmöglichkeiten, wie beispielsweise in die Türkei, hätten zusätzliche ökonomische Vorteile für Südkorea. Das ökonomische Potential ist in Südkorea demnach höher als im Modell von Supersberger et al. angenommen.

Eine Studie des MIT hat ergeben, dass es in Südkorea zwischen 2003 und 2009 zu rasanten Anstiegen bei den Kosten von Nuklearenergie gekommen ist. Dies entspricht den von Supersberger et al. beschriebenen Kostenexplosionen.

Der südkoreanische Energiebereich ist erheblich subventioniert. Die südkoreanische Regierung unterstützt ihr Nuklearprogramm seit Beginn mit Subventionen. Reduktionen finanzieller Unterstützung führten zu entsprechenden Phasen des langsameren Nuklearausbaus. Die nach Supersberger et al. benötigten Subventionen sind in Südkorea demnach gegeben.

Die technische Integrierbarkeit von Nuklearenergie in das südkoreanische Energiesystem lässt sich wie folgt zusammenfassen:

Verglichen mit den Forschungsergebnissen von Supersberger et al. kann es bei Südkoreas Nuklearenergieanteil zu Konflikten bei der Integration von erneuerbaren Energiequellen mit fluktuierender Einspeisung kommen.

Schneider zufolge ist es schwierig, genaue Daten über Reaktorbauzeiten in Südkorea zu erhalten. Dieser Aspekt kann dementsprechend nicht mit dem Modell von Supersberger et al. verglichen werden.

Da Südkorea einen großen Teil seiner Energie aus Nuklearkraft bezieht, könnte es bei großflächigen Abschaltungen der Reaktoren zu Stromengpässen kommen.

Die verschiedenen Szenarien in den Studien von Kim et al. ergeben, dass eine Reduktion von Nuklearenergie zu keinen sichtbaren Veränderungen beim Ausbau von erneuerbaren Energiequellen führen würde. Im Bereich des Nuklearausbaus steht Südkorea derzeit vor einem Bauplatzproblem.

Der Beitrag zur politischen Stabilität durch Nuklearenergie in Südkorea lässt sich wie folgt zusammenfassen:

Aufgrund von Importabhängigkeiten im Uranbereich werden sich Ressourcenkonflikte durch Nuklearenergie für Südkorea nicht vermeiden lassen. Dies entspricht dem Modell von Supersberger et al.

Hinsichtlich der militärischen Harmlosigkeit lässt sich zusammenfassen, dass Südkorea Proliferationspläne hatte, deren Stilllegung jedoch seitens der Vereinigten Staaten durchgesetzt wurden. Der von Supersberger et al. beschriebene *dual use* ist dementsprechend derzeit nicht vorhanden, das Interesse an einem nuklearen Waffenprogramm existierte jedoch zumindest in der Vergangenheit.

In Hinblick auf den Beitrag von Nuklearenergie zur transnationalen Vertrauensbildung sieht von Hippel die zukünftige Kooperation bei Treibstoffzyklen als zentralen Bestandteil der zukünftigen Sicherheitsdiskussion in Ostasien.

Die hohe Dichte an Nuklearkraftwerken gepaart mit der hohen Bevölkerungsdichte in Südkorea führen nach Sun et al. unweigerlich zu höheren Gefahren im Fall von Nuklearunfällen. Terroristische Akte oder Sabotage der nuklearen Infrastruktur sind Gefahren, die durch den anhaltenden Konflikt mit Nordkorea weiter verstärkt werden. Südkoreas nukleare Infrastruktur entspricht somit dem Modell von Supersberger et al.

Die Unabhängigkeit in Bezug auf Nuklearenergie in Südkorea lässt sich wie folgt zusammenfassen:

Die zukünftige Verfügbarkeit von Nukleartreibstoffen ist einer der Hauptstreitpunkte zwischen Vertretern und Gegnern von Nuklearkraft. Welche der beiden Seiten letztendlich recht behält, kann zum derzeitigen Punkt nicht beurteilt werden.

In Bezug auf Importabhängigkeiten kann jedoch festgehalten werden, dass Südkorea derzeit sämtliche Uranressourcen importieren muss und es somit zu den von Supersberger et al. beschriebenen Importabhängigkeiten kommt.

Die klimapolitischen Vorteile von Nuklearenergie in Südkorea lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Studien koreanischer Institutionen zufolge, lassen sich die Effekte von Klimaveränderungen auf der koreanischen Halbinsel deutlich erkennen. Diese Veränderungen könnten direkt oder indirekt auch zur Verstärkung extremer Wetterphänomene führen, welche wiederum Auswirkungen auf zentralisierte Energiesysteme haben können.

Südkoreas 330 MWe SMART Reaktoren produzieren insgesamt 40.000 m³ Wasser pro Tag. Dies entspricht (teilweise) dem von Supersberger et al. beschriebenen Beitrag zur Reduktion von Wasserknappheit durch Entsalzungsanlagen.

Der Studie von Kim et al. zufolge führt selbst ein massiver Ausbau von Nuklearenergie nicht zur Erreichung der von Südkorea angepeilten Klimaziele. Um die CO₂-Emissionen entsprechend zu senken, reicht Kim et al. zufolge Nuklearenergie alleine nicht aus. Es bestehen allerdings starke Treibhausgasunterschiede zwischen den verschiedenen Szenarien, weshalb das Potential der Treibhausgasreduktion durch Nuklearenergie in Südkorea gegeben ist.

7. Konklusion

Die Systemanalysen der nordostasiatischen Staaten China, Japan und Südkorea zeigen eine Vielzahl von Übereinstimmungen zwischen den nationalen Nuklearenergiepolitiken auf. Bereiche, in denen die verschiedenen Nuklearpolitiken vor ähnlichen bzw. gleichen Problemen stehen, bieten sich für verstärkte Zusammenarbeit im bilateralen bzw. multilateralen Rahmen an. In Folge werden die einzelnen Aspekte analysiert und die vierte Forschungsfrage (Welche Übereinstimmungen gibt es zwischen den Nuklearpolitiken der Länder China, Japan und Südkorea?) wird beantwortet.

Konklusion I

Alle drei Länder stehen in Zukunft vor dem gleichen massiven Problem: der Entsorgung von radioaktivem Abfall. Verschiedene Optionen der Endlagerung und Wiederaufbereitung werden innerhalb der Länder diskutiert. Eine Expertengruppe der IAEA gab bereits 1982 Empfehlungen für internationale Plutonium-Lagerungsstätten und Wiederaufbereitungsanlagen ab.²⁴⁸

Konklusion II

Chinas ambitioniertes Nuklearprogramm und dessen geplanter Ausbau werden in Zukunft eine große Anzahl an ausgebildeten Fachpersonen benötigen. In China existieren jedoch nur wenige Institute, die entsprechende Ausbildungen anbieten. Weiters befindet sich Chinas kommerzielle Nukleartechnologie auf einem vergleichsweise rückständigen Niveau. Im Gegensatz dazu übernehmen Chinas Nachbarländer Japan und Südkorea weltweite Vorreiterrollen im Bereich der Nukleartechnologie. Japan verfügt über das weltweit größte Nuklearforschungsprogramm und Südkoreas Nuklearindustrie setzte sich 2009 im Wettstreit um die Baulizenzen in den Vereinigten Arabischen Emiraten gegen Frankreich und die Vereinigten Staaten durch. Demzufolge besteht in der Region Nordostasien auf der einen Seite ein markanter Bedarf an Fachpersonal und Technologie, auf der anderen Seite stehen zwei Staaten, die zu den weltweit fortgeschrittensten Anbietern genau dieser Fachpersonen und Technologien zählen.

²⁴⁸ Bunn, Matthew et al. (2001): *Interim Storage of Spent Nuclear Fuel: A Safe, Flexible, and Cost-Effective Near-Term Approach to Spent Fuel Management*, online verfügbar unter: <http://www.whrc.org/resources/publications/pdf/BunetalHarvardTokyo.01.pdf> (zuletzt aufgerufen am 14.03.2012), S. 70

Konklusion III

In allen drei Ländern sind die Energiesektoren stark subventioniert. Dies trifft auch auf die Nuklearindustrie zu und entsprechende Reformen ließen Platz für Kooperationen zwischen den nordostasiatischen Ländern.

Konklusion IV

Japan und Südkorea sind bereits auf Uranimporte angewiesen, China wird es, den Prognosen zufolge, in Zukunft ebenfalls sein. Diese unweigerlichen Importabhängigkeiten bieten ebenfalls Platz für multilaterale Kooperationen und gemeinsame Vorgehensweisen.

Konklusion V

Die Nuklearinfrastrukturen sind in allen drei Ländern aus teilweise ähnlichen, teilweise verschiedenen Gründen gefährdet. Dementsprechend besteht Potential für Kooperationen hinsichtlich der Sicherheitserhöhung der Nuklearinfrastrukturen, gemeinsamen Sicherheitsübungen für Katastrophenfälle, Frühwarnsystemen, etc.

Konklusion VI

Alle drei Länder verfügen über Nuklearkraftwerke mit integrierten Entsalzungsanlagen. Dementsprechend existiert auch in diesem Bereich die Möglichkeit für verstärkte Zusammenarbeit hinsichtlich Konzepten, Technologien, Ausbildung von Fachpersonal, etc.

Die Konklusionen I-VI zeigen auf, dass innerhalb der Region Nordostasien eine Vielzahl an Kooperationsmöglichkeiten im Nuklearbereich existieren. Die seitens von Hippel et al. durchgeführte Studie zu Kooperationsszenarien im Nuklearbereich für die Region Ostasien kommt ebenfalls zu dem Ergebnis, dass in diesem Bereich ein breites Spektrum an Kooperationsmöglichkeiten mit hohem Potential existiert. Von Hippel et al. verweisen jedoch auch darauf, dass es gleichzeitig eine Vielzahl an Problemen gibt, die viele Kooperationsoptionen bisher eingeschränkt haben. Dazu zählen unter anderem die gesetzlichen und politischen Restriktionen in Bezug auf die regionale Verwaltung von verbrauchtem Nukleartreibstoff und gemeinsamen internationalen Anlagen.²⁴⁹ Ein weiteres Problem stellt das niedrige gegenseitige Vertrauen innerhalb der Region dar.²⁵⁰ Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Nuklearenergie und die entsprechenden Industrien der Länder über weitgehende Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung verfügen. Ein Jahr nach dem Reaktorunfall im Fukushima-Daiichi-Kraftwerk, zu einer

²⁴⁹ von Hippel, David et al. (2011), S. 6879

²⁵⁰ von Hippel, David et al. (2011), S. 6871

Zeit, in der viele Fachleute eine Wende und einen Abstieg von Nuklearenergie sehen, ist eine solche Effizienzsteigerung dringend notwendig. Ob die regionalen Nuklearindustrien es schaffen werden, die beschriebenen Probleme zu lösen, wird sich weisen.

8. Quellenverzeichnis

Bae, Young-Ja (2007): *The Case of Radioactive Waster Management in East Asia*, in Hyun, In-Taek und Schreurs, Miranda A. (Hrsg.): *The Environmental Dimension of Asian Security – Conflict and Cooperation over Energy, Resources, and Pollution*, Washington, DC: United States Institute of Peace, S. 63-88

Bluth, Christoph et al. (2010): *Civilian Nuclear Cooperation and the Proliferation of Nuclear Weapons*, in International Security, Band 35, Heft 1, S. 184-200

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2007): *Streiffall Kernenergie*, online verfügbar unter:
http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/broschuere_streiffall_kernenergie.pdf (zuletzt aufgerufen am 15.03.2012)

Bunn, Matthew et al. (2001): *Interim Storage of Spent Nuclear Fuel: A Safe, Flexible, and Cost-Effective Near-Term Approach to Spent Fuel Management*, online verfügbar unter: <http://www.whrc.org/resources/publications/pdf/BunnetalHarvardTokyo.01.pdf> (zuletzt aufgerufen am 14.03.2012)

Calder, Kent (2005): *Korea's energy insecurities: comparative and regional perspectives*, Washington, DC: Korea Economic Institute of America

Central Intelligence Agency (2011): *The World Factbook: Oil - Proved Reserves*, online verfügbar unter: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2178rank.html> (zuletzt aufgerufen am 25.01.2012)

Chen, G.Q. und Zhang, Bo. (2010): *Greenhouse gas emissions in China 2007: Inventory and input-output analysis*, in Energy Policy, Band 38, Heft 10, S. 6180-6193

Choi, Sungyeol et al. (2009): *Fourteen lessons learned from the successful nuclear power program of the Republic of Korea*, in Energy Policy, Band 37, Heft 12, S. 5494-5508

Citizens' Nuclear Information Center (o. J.): *Cost of Nuclear Power in Japan*, online verfügbar unter: <http://cnic.jp/english/newsletter/nit113/nit113articles/nit113cost.html> (zuletzt aufgerufen am 10.03.2012)

Dannreuther, Roland (2010): *International Relations Theories: Energy, Minerals and Conflict*, online verfügbar unter: http://www.polinares.eu/docs/d1-1/polinares_wp1_ir_theories.pdf (zuletzt aufgerufen am 28.02.2012)

Deutch, John et al. (2009): *Update of the MIT 2003 – Future of Nuclear Power*, online verfügbar unter: <http://web.mit.edu/nuclearpower/pdf/nuclearpower-update2009.pdf> (zuletzt aufgerufen am 10.03.2012)

Deutch, John et al. (2003): *The Future of Nuclear Power*, online verfügbar unter: <http://web.mit.edu/nuclearpower/pdf/nuclearpower-full.pdf> (zuletzt aufgerufen am 10.03.2012)

Diehl, Peter (2006): *Reichweite der Uran-Vorräte der Welt*, online verfügbar unter: <http://www.akwnein.ch/uranreport.pdf> (zuletzt aufgerufen am 15.03.2012)

The Economist (2006): *Half Life*, online verfügbar unter: <http://www.economist.com/node/8140053> (zuletzt aufgerufen am 28.02.2012)

Fritzsche, Uwe R. (2007): *Treibhausgasemissionen und Vermeidungskosten der nuklearen, fossilen und erneuerbaren Strombereitstellung*, online verfügbar unter: <http://www.oeko.de/oekodoc/318/2007.008-de.pdf> (zuletzt aufgerufen am 15.03.2012)

Gablers Wirtschaftslexikon (o. J.): *Turn-Key-Projekte*, online verfügbar unter: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/turn-key-projekte.html> (zuletzt aufgerufen am 21.03.2012)

Gao et al. (2004): *Research study on China's energy R&D expenditure policy*, in Studies in International Technology and Economy, Band 7, Heft 4, S. 1-6, zitiert nach: Zhou, Yun et al. (2011): *Is China ready for its nuclear expansion?*, in Energy Policy, Band 39, Heft 2, S. 771-781

Greenpeace (2012): *Q&A on Fukushima*, online verfügbar unter: <http://www.greenpeace.org/international/en/campaigns/nuclear/safety/accidents/Fukushima-nuclear-disaster/Fukushima-QA/#8> (zuletzt aufgerufen am 29.02.2012)

von Hippel, David et al. (2011): *Future regional nuclear fuel cycle cooperation in East Asia: Energy security costs and benefits*, in Energy Policy, Band 39, Heft 11, S. 6867-6881

Von Hippel, Frank N. (2011): *The radiological and psychological consequences of the Fukushima Daiichi accident*, online verfügbar unter: <http://bos.sagepub.com/content/67/5/27.full.pdf> (zuletzt aufgerufen am 21.03.2012)

Hymans, Jaques E. (2011): *Veto Players, Nuclear Energy, and Nonproliferation: Domestic Institutional Barriers to a Japanese Bomb*, in International Security, Band 36, Heft 2, S. 154-189

Hong, Sungook (2011): *Where Is the Nuclear Nation Going?: Hopes and Fears over Nuclear Energy in South Korea after the Fukushima Disaster*. in East Asian Science, Technology and Society: an International Journal, Band 5, Heft 3, S. 409-415

Kim, Hoseok et al. (2011): *Energy demand and supply, energy policies, and energy security in the Republic of Korea*, in Energy Policy, Band 39, Heft 11, S. 6882-6897

Krewitt, Wolfgang und Schlomann, Barbara (2006): *Externe Kosten der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Vergleich zu Stromerzeugung aus*

fossilen Energieträgern, online verfügbar unter: <http://tinyurl.com/7sc76ly> (zuletzt aufgerufen am 13.03.2012)

Information Office of the State Council of the People's Republic of China (2008): *White Paper on China's Policies and Actions for Addressing Climate Change*, online verfügbar unter: <http://www.ccchina.gov.cn/WebSite/CCChina/UpFile/File419.pdf>

Institut für Technische Thermodynamik (2005): *Concentrating Solar Power for the Mediterranean Region*, online verfügbar unter:
http://www.dlr.de/Portaldatal/1/Resources/portal_news/newsarchiv2008_1/algerien_med_csp.pdf (zuletzt aufgerufen am 15.03.2012)

Intergovernmental Panel on Climate Change (2007): *Climate Change 2007: Impacts, Adaption and Vulnerability*, online verfügbar unter:
http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg2_report_impacts_adaptation_and_vulnerability.htm (zuletzt aufgerufen am 18.03.2012)

International Atomic Energy Agency (2012): *Fukushima Nuclear Accident: Information Sheet*, online verfügbar unter: <http://www.iaea.org/About/japan-infosheet.html> (zuletzt aufgerufen am 29.02.2012)

International Atomic Energy Agency (2011a): *International Status and Prospects of Nuclear Power*, Vienna: IAEA Publishing Section

International Atomic Energy Agency (2011b): *Country Profiles – Korea, Republic of*, online verfügbar unter: http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/CNPP2011_CD/countryprofiles/Korea,Republic_of/Korea,Republicof2011.htm (zuletzt aufgerufen am 08.02.2012)

International Atomic Energy Agency (2006): *Managing Nuclear Knowledge: Strategies and Human Resource Development*, Vienna: IAEA Publishing Section

International Atomic Energy Agency (2004): *Country Profiles - Japan*, online verfügbar unter: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/CNPP2011_CD/countryprofiles/Japan/Japan2011.htm (zuletzt aufgerufen am 08.02.2012)

International Atomic Energy Agency (2003): *Country Profiles - China*, online verfügbar unter: http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/CNPP2011_CD/countryprofiles/China/China2011.htm (zuletzt aufgerufen am 05.02.2012)

International Energy Agency (2011a): *Natural Gas Information 2011*, Paris: OECD Publishing

International Energy Agency (2011b): *Energy Balances of non-OECD Countries 2011*, Paris: OECD Publishing

International Energy Agency (2011c): *World Energy Outlook 2011*, Paris: OECD Publishing

International Energy Agency (2011d): *Renewables Information 2011*, Paris: OECD Publishing

International Energy Agency (2011e): *Oil Information 2011*, Paris: OECD Publishing

International Energy Agency (2011f): *Coal Information 2011*, Paris: OECD Publishing

International Energy Agency (2011g): *Energy Balances of OECD Countries 2011*, Paris: OECD Publishing

International Energy Agency (2008): *Energy Policies of IEA Countries – Japan*, Paris: OECD Publishing

International Energy Agency (2006): *Energy Policies of IEA Countries – The Republic of Korea*, Paris: OECD Publishing

Japan Today (2012): *Very high radiation, little water in Fukushima No. 2 reactor*, online verfügbar unter: <http://tinyurl.com/7oouuov> (zuletzt aufgerufen am 28.03.2012)

Jiang, Zemin (2008): *Research on Energy Issues in China*, Shanghai: Shanghai Jiao Tong University Press

Kessides, Ioannis (2010): *Nuclear power: Understanding the economic risks and uncertainties*, Energy Policy, Band 38, Heft 8, S. 3849-3864

Klare, Michael T. (2008): *Rising Powers, Shrinking Planet*, New York: Metropolitan Books

Li, G.J. und Ding, Z.Z. (2006): *Analyses and perspectives on key issues in China's nuclear energy development*, in Chinese Journal of North Electric Power University, Band 1, S.1-7, zitiert nach: Zhou, Yun et al. (2011): *Is China ready for its nuclear expansion?*, in Energy Policy, Band 39, Heft 2, S. 771-781

Lin, Boqiang und Jiang, Zhujun (2011): *Estimates of energy subsidies in China and impact of energy subsidy reform*, in Energy Economics, Band 33, Heft 2, S. 273-283

Mayer, Maximilian (2006): *Die Energiepolitik Chinas*, in Gu, Xuewu (Hrsg.): *Die Energiepolitik Ostasiens: Bedarf, Ressourcen und Konflikte in globaler Perspektive*, Frankfurt/Main: Campus Verlag GmbH, S. 17

Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology und Japan Meteorological Agency und Ministry of Environment (2009): *Climate Change and Its Impacts in Japan*, online verfügbar unter: www.env.go.jp/en/earth/cc/report_impacts.pdf (zuletzt aufgerufen am 21.02.2012)

Ministry of Environment & National Institute of Environmental Research (2010): *Korean Climate Change Assessment Report 2010*, online verfügbar unter: <http://eng.me.go.kr/file.do?method=fileDownloader&attachSeq=2210> (zuletzt aufgerufen am 26.02.2012)

Ministry of Foreign Affairs, the People's Republic of China (2004): *Nuclear Disarmament and Reduction of*, online verfügbar unter: <http://www.fmprc.gov.cn/eng/wjb/zzjg/jks/cjjk/2622/t93539.htm> (zuletzt aufgerufen am 27.02.2012)

New York Times (2011): *Japan's Electricity Shortage to Last Months*, online verfügbar unter: <http://www.nytimes.com/2011/03/29/business/global/29power.html?pagewanted=all> (zuletzt aufgerufen am 01.03.2012)

Organisation for Economic Co-Operation and Development/International Atomic Energy Agency (2010): *Uranium 2009: Resources, Production and Demand*, Paris: OECD Publishing

Organisation for Economic Co-Operation and Development (2009): *OECD Reviews of Risk Management Policies: Japan 2009: Large-Scale Floods and Earthquakes*, Paris: OECD Publishing

Organisation for Economic Co-Operation and Development/Nuclear Energy Agency (2006): *Forty Years of Uranium Resources, Production and Demand in Perspective: The Red Book Retrospective*, Nuclear Development, Paris: OECD Publishing

Organisation of the Petroleum Exporting Countries (2011): *Annual Statistical Bulletin 2010/2011*, Vienna: OPEC, online verfügbar unter: http://www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/publications/ASB_2010_2011.pdf (zuletzt aufgerufen am 17.01.2012)

Pomper et al. (2010): *Nuclear Power and Spent Fuel in East Asia: Balancing Energy, Politics and Nonproliferation*, online verfügbar unter: http://www.japanfocus.org/-ferenc-dalnoki_veress/3376 (zuletzt aufgerufen am 20.02.2012)

Reuters (2009): *South Korea wins landmark Gulf nuclear power deal*, online verfügbar unter: <http://www.reuters.com/article/2009/12/27/us-emirates-korea-nuclear-idUSLDE5BQ05O20091227> (zuletzt aufgerufen am 09.03.2012)

Schneider, Mycle et al. (2011): *2010-2011 World Nuclear Industry Status Report*, in Bulletin of the Atomic Scientists, Band 67, Heft 4, S. 60-77

Schneider, Mycle und Mez, Lutz (2008): *Die Mär von der Renaissance der Nuklearenergie*, zitiert nach: Supersberger, Nikolaus et al. (2009): *Energy Systems in OPEC Countries of the Middle East and North Africa – System Analytic Comparison of Nuclear Power, Renewable Energies and Energy Efficiency*, online verfügbar unter http://personal.lse.ac.uk/kumetat/pdfs/OPEC-Energy-Systems_report.pdf (zuletzt aufgerufen am 27.02.2012)

Schneider, Mycle (2000): *Climate Change and Nuclear Power*, zitiert nach:
Supersberger, Nikolaus et al. (2009): *Energy Systems in OPEC Countries of the Middle East and North Africa – System Analytic Comparison of Nuclear Power, Renewable Energies and Energy Efficiency*, online verfügbar unter
http://personal.lse.ac.uk/kumetat/pdfs/OPEC-Energy-Systems_report.pdf (zuletzt aufgerufen am 27.02.2012)

Shuichi, Ashina und Junichi, Fujino (2011): *Impacts of Post-Fukushima Nuclear Policies on Roadmaps towards a Low-Carbon Society in Japan*, online verfügbar unter: http://eneken.ieej.or.jp/3rd_IAEE_Asia/pdf/abstract/033_ab.pdf (zuletzt aufgerufen am 27.02.2012)

Spiegel Online (2003): *Verheerende Feuer; Verbogene Eisenbahnschienen*, online verfügbar unter: <http://www.spiegel.de/panorama/0,1518,260031,00.html> (zuletzt aufgerufen am 18.03.2012)

Supersberger, Nikolaus et al. (2009): *Energy Systems in OPEC Countries of the Middle East and North Africa – System Analytic Comparison of Nuclear Power, Renewable Energies and Energy Efficiency*, online verfügbar unter
http://personal.lse.ac.uk/kumetat/pdfs/OPEC-Energy-Systems_report.pdf (zuletzt aufgerufen am 27.02.2012)

Tu, Kevin (2011): Nuclear Crisis in Japan: Preliminary Policy Implications for China, online verfügbar unter <http://www.carnegieendowment.org/2011/04/01/nuclear-crisis-in-japan-preliminary-policy-implications-for-china/2e6> (zuletzt aufgerufen am 27.02.2012)

United Nations Environment Programme (2003): *Energy Subsidies: Lessons Learned in Assessing their Impact and Designing Policy Reforms*, online verfügbar unter: <http://www.unep.ch/etb/publications/energySubsidies/Energysubreport.pdf> (zuletzt aufgerufen am 14.03.2012)

Valentine, Scott V. und Sovacool, Benjamin K. (2010): *The socio-political economy of nuclear power development in Japan and South Korea*, in Energy Policy, Band 38, Heft 12, S. 7971-7979

Wang, Qiang (2009): *China needing a cautious approach to nuclear power strategy*, Energy Policy, Band 37, Heft 7, S. 2487-2491

World Nuclear Association (2012a): *Nuclear Power in China*, online verfügbar unter: <http://www.world-nuclear.org/info/inf63.html> (zuletzt aufgerufen am 01.03.2012)

World Nuclear Association (2012b): *Nuclear Power in Japan*, online verfügbar unter: <http://www.world-nuclear.org/info/inf79.html> (zuletzt aufgerufen am 20.02.2012)

World Nuclear Association (2012c): *Nuclear Power in South Korea*, online verfügbar unter: <http://www.world-nuclear.org/info/inf81.html> (zuletzt aufgerufen am 20.02.2012)

World Nuclear Association (2011a): *Supply of Uranium*, online verfügbar unter: <http://www.world-nuclear.org/info/inf75.html> (zuletzt aufgerufen am 06.03.2012)

World Nuclear Association (2011b): *Nuclear Desalination*, online verfügbar unter: <http://world-nuclear.org/info/inf71.html> (zuletzt aufgerufen am 26.02.2012)

World Nuclear Association (2009): WNA Nuclear Century Outlook Data, online verfügbar unter: http://www.world-nuclear.org/outlook/nuclear_century_outlook.html (zuletzt aufgerufen am 01.03.2012)

World Nuclear News (2011): Deaths confirmed at Fukushima Daiichi, online verfügbar unter: http://www.world-nuclear-news.org/RS_Deaths_confirmed_at_Fukushima_Daiichi_0304111.html (zuletzt aufgerufen am 29.02.2012)

Yun, Sun-Jin et al. (2011): *The Current Status of Green Growth in Korea: Energy and Urban Security*, online verfügbar unter: http://www.japanfocus.org/-Sun_Jin-YUN/3628 (zuletzt aufgerufen am 27.02.2012)

Zhou, Sheng und Zhang, Xiliang (2010): *Nuclear energy development in China: A study of opportunities and challenges*, in Energy, Band 35, Heft 11, S. 4282-4288

Zhou, Yun (2010): *Why is China going nuclear?*, in Energy Policy, Band 38, Heft 7, S. 3755-3762

Zhou, Yun et al. (2011): *Is China ready for its nuclear expansion?*, in Energy Policy, Band 39, Heft 2, S. 771-781

Zhou, Yun (2011): *China's spent nuclear fuel management: Current practices and future strategies*, in Energy Policy, Band 39, Heft 7, S. 4360-4369

Zusammenfassung (deutsch)

Die Sicherung des nationalen Energiebedarfs und gezielte Schritte gegen den zunehmenden Klimawandel stellen zwei der Hauptherausforderungen des 21. Jahrhunderts dar. Der weltweit steigende Bedarf an Energie gepaart mit der Abhängigkeit von schwindenden fossilen Brennstoffvorkommen zwingt die Staaten nach entsprechenden Alternativen zu suchen. Wir befinden uns somit in einer Zeit, in der ein weltweites Umdenken und das Streben nach alternativen Energiequellen begonnen hat, da die so dringend benötigten fossilen Ressourcen in wenigen, politisch teils höchst instabilen Regionen gebündelt sind und gleichzeitig stetig abnehmen.

Unter den alternativen Energieoptionen besteht keine Technologie, die so umstritten ist wie Nuklearenergie. In den letzten Jahrzehnten kam es trotz verschiedener Vorbehalte zu einem weltweiten Ausbau im Nuklearbereich und die Technologie spielte insbesondere in der Region Nordostasien eine ausgesprochen wichtige Rolle. Japan und die Republik Korea gelten als Vorreiterländer im Bereich der Nuklearenergie und auch die Volksrepublik China plant einen massiven Ausbau in diesem Bereich.

Mit der Nuklearkatastrophe von Fukushima im März 2011 sind die, während der letzten Jahre in den Hintergrund getretenen Kritikpunkte schlagartig wieder von höchster Aktualität und weltweit wurden Konsequenzen aus den Ereignissen gezogen. Angeregt durch die jüngsten Entwicklungen in diesem Bereich ist es das Ziel dieser Arbeit einen besseren Einblick in die Nuklearenergiesysteme in Nordostasien zu vermitteln.

Im ersten Teil der Arbeit wird das von Supersberger et al. entwickelte Grundmodell zu Nuklearenergie als Energieoption untersucht und mit der länderspezifischen Fachliteratur zur Volksrepublik China, Japan und der Republik Korea verglichen. Dabei werden insbesondere die Bereiche Stabilität des Ökosystems, mikro- und makroökonomische Vorteile, technische Integrierbarkeit, Unabhängigkeit sowie klimapolitische Vorteile untersucht. Das Ergebnis des ersten Teils stellt die länderspezifischen Eigenheiten der nationalen Nuklearbereiche dar.

Im zweiten Teil der Arbeit werden die drei Systemanalysen zusammengefügt und miteinander verglichen. Dabei liegt der Fokus auf internationalen Gemeinsamkeiten, die verstärkte Kooperationsmöglichkeiten aufzeigen sollen.

Abstract (english)

Securing the national energy supply and providing steps towards climate change are two of the main challenges of the 21st century. The worldwide growth in energy demand paired with an increasing dependence on declining fossil fuels forces states to search for viable alternatives. We are therefore approaching an era of global re-orientation and the pursuit of alternative energy sources, since fossil fuels are bundled in a few, partly politically highly unstable regions, while they are steadily declining.

One of these alternative energy options and at the same time the most controversial is nuclear energy. During the last decades there has been a steady global build-up in nuclear energy and the technology plays a central role in North-East Asia today. Japan and the Republic of Korea are considered to be main players among the global nuclear industries and the Peoples Republic of China is planning a massive build-up in nuclear power as well.

However the nuclear catastrophe of Fukushima in march 2011 marks a major setback for the global nuclear industries. Inspired by recent events it is the goal of this masters thesis to provide a better understanding of nuclear energy systems in North-East Asia.

The first part of this thesis analyses a model for nuclear energy as energy option by Supersberger et al. Using country-specific literature and statistical data the thesis seeks to define country-specific features of nuclear energy in the following areas: stability of the ecosystem, micro- and macroeconomic advantages, technical integrability, independence and climatic advantages.

The second part of the thesis concentrates on bringing together the three country-specific analyses, comparing them and studying the similarities and common features of the different systems. As a result different areas of possible future co-operation are highlighted.

Lebenslauf

Angaben zur Person	
Nachname / Vorname	STEFAN, Julian
E-Mail	julians@gmx.net
Staatsangehörigkeit	Österreich
Geburtsdatum	15.08.1986
Studium	
Zeitraum	Oktober 2005 bis September 2009
Qualifikation	Studium Sinologie (Bakk. Phil.)
Ausbildungseinrichtung	Universität Wien
Zeitraum	August 2008 bis Juli 2009
Qualifikation	Sprachstudium Chinesisch im Ausland
Ausbildungseinrichtung	East China Normal University, Shanghai
Zeitraum	Oktober 2009 bis derzeit (voraussichtlicher Abschluss im Sommersemester 2012)
Qualifikation	Studium Wirtschaft & Gesellschaft Ostasiens (MA)
Ausbildungseinrichtung	Universität Wien
Berufserfahrung	
Zeitraum	Juni 2007 bis August 2008
Beruf oder Funktion	Ehrenamtlicher Mitarbeiter bei dem Verein Flüchtlingsprojekt Ute Bock
Tätigkeiten und Zuständigkeiten	Deutschkurse für chinesische AsylwerberInnen
Name und Adresse des Arbeitgebers	Ute Bock, Große Sperlgasse 4, 1020 Wien
Zeitraum	Dezember 2007 bis Mai 2008
Beruf oder Funktion	Callcenter Agent bei der Allianz Versicherungs-AG
Tätigkeiten und Zuständigkeiten	Statistische Erhebungen durch telefonische Gespräche mit Allianz-Kunden

Name und Adresse des Arbeitgebers	Allianz Elementar Versicherungs-Aktiengesellschaft, Hietzinger Kai 101-105, 1130 Wien
Zeitraum Beruf oder Funktion	Februar 2008 bis August 2008 Mitarbeiter des Konfuzius Instituts an der Universität Wien
Tätigkeiten und Zuständigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> ↗ Vorbereitende Buchhaltung ↗ Betreuung der eingeladenen Vortragenden ↗ Verwaltung der Bibliothek ↗ Ausarbeitung von Einladungen zu Veranstaltungen ↗ Vorbereitung von Veranstaltungen ↗ Verwaltung der Email-Verteiler und Newsletter ↗ Übersetzung eines Chinesisch-Deutschen Wörterbuchs
Name und Adresse des Arbeitgebers	Konfuzius-Institut an der Universität Wien, Spitalgasse 2, 1090 Wien
Zeitraum Beruf oder Funktion Tätigkeiten und Zuständigkeiten	Seit Mai 2010 bis heute Mitarbeiter des Europatelefons <ul style="list-style-type: none"> ↗ Beantwortung von telefonischen Anfragen zu Europa/EU an den Bundeskanzler ↗ Verfassen von Antwortentwürfen für das Kabinett des Bundeskanzlers ↗ Kooperationsarbeit mit den Fachabteilungen der Bundesministerien ↗ Recherchearbeit für das Kabinett des Bundeskanzlers ↗ Verfassen von Pressepiegeln ↗ Ausarbeitung von Informationskampagnen des BKA in Printmedien ↗ Verfassen von FAQs zur Europäischen Union ↗ Versand von Informationsmaterial
Name und Adresse des Arbeitgebers	Bundeskanzleramt, Sektion Bundespressedienst, Ballhausplatz 1, 1014 Wien
Zeitraum Beruf oder Funktion	Seit Juli 2010 bis heute Mitarbeiter des BürgerInnentelefons – Servicetelefon des Bundeskanzlers

	Tätigkeiten und Zuständigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> ↗ Beantwortung von telefonischen Anfragen an den Bundeskanzler ↗ Verfassen von Antwortentwürfen für das Kabinett des Bundeskanzlers ↗ Kooperationsarbeit mit den Fachabteilungen der Bundesministerien ↗ Recherchearbeit für das Kabinett des Bundeskanzlers ↗ Unterstützung der BürgerInnen im Rechtsinformationssystem des Bundes ↗ Mithilfe bei der Erstellung von Telefon- und Adresslisten anderer Behörden ↗ Ausarbeitung von Informationskampagnen des BKA in Printmedien
Name und Adresse des Arbeitgebers		<p>Zeitraum</p> <p>Beruf oder Funktion</p> <p>Tätigkeiten und Zuständigkeiten</p> <p>Seit Juli 2010 bis heute</p> <p>Mitarbeiter des Servicezentrum:help.gv.at</p> <ul style="list-style-type: none"> ↗ Betreuung der Telefonhotlines (Fragen zur Bürgerkarte und e-Government) ↗ <i>Registration Officer</i> ↗ Freischaltung der e-Card zur Bürgerkarte ↗ Unterstützung bei Problemen mit der Bürgerkarte ↗ Führen des Bestandsverzeichnisses und Kassabuchs ↗ Grundbuch-, Firmenbuchauszug und Auszug aus dem Gewerberegister
Name und Adresse des Arbeitgebers		<p>Zeitraum</p> <p>Beruf oder Funktion</p> <p>Tätigkeiten und Zuständigkeiten</p> <p>Seit Juli 2011 bis heute</p> <p>Mitarbeiter der ARGE Medienbeobachtung im Bundeskanzleramt</p> <ul style="list-style-type: none"> ↗ Durchsicht der Nachmittags- und Abendmedien (Zeitungen, TV-Nachrichtensendungen, etc.) ↗ Verfassen von kanzlerrelevanten Pressspiegeln für den Kanzler sowie seine MitarbeiterInnen
Name und Adresse des Arbeitgebers	Zeitraum	<p>Seit September 2011 bis heute</p>

Beruf oder Funktion	Mitarbeiter des Servicezentrums im österreichischen Verfassungsgerichtshof
Tätigkeiten und Zuständigkeiten	<ul style="list-style-type: none"> ↗ Verfassen von Antwortentwürfen für die Leiterin des Bürgerservice zu Anfragen an den Verfassungsgerichtshof ↗ Telefonische Hilfestellung für BürgerInnen bei Verfahrensanträgen und Anträgen auf Verfahrensbeihilfen ↗ Unterstützung der VerfassungsrichterInnen bei Kontaktrecherchen
Name und Adresse des Arbeitgebers	Verfassungsgerichtshof, Judenplatz 11, 1010 Wien
Schul- und Berufsbildung	
Zeitraum	September 2004 bis September 2005
Qualifikation	
Ausbildungseinrichtung	Zivildienst - Schülerlotse Polizeikommissariat Margareten, Viktor-Christ-Gasse 19, 1050 Wien
Zeitraum	September 1996 bis Juni 2004
Qualifikation	
Ausbildungseinrichtung	Matura Bundesgymnasium & Bundesrealgymnasium, Auf der Schmelz 4, 1150 Wien
Sprachen, weitere Auslandsaufenthalte und Fortbildungen	
Muttersprache	Deutsch
Sonstige Sprache(n)	<ul style="list-style-type: none"> ↗ Englisch ↗ Chinesisch ↗ Koreanisch ↗ Französisch

Weitere Studienaufenthalte im Ausland	<ul style="list-style-type: none">▲ Summerschool, Shaoxing - VR China (August 2006)▲ Wissenschaftliche Recherche, Columbia University, New York – USA (November 2011)
Fortbildungen	<ul style="list-style-type: none">▲ Verwaltungskademie des Bundes – Meetings and Negotiations (März 2011)▲ Verwaltungskademie des Bundes – Perfect Your Presentation (Mai 2011)▲ Verwaltungskademie des Bundes – Influencing across Cultures in the International Arena (Juni 2001)