

Institut für Energetik und Umwelt
gemeinnützige GmbH

Institute for Energy and Environment



Risiken bei Energierohstoffen

Bearbeitung:

Werner Bohnenschäfer

Nicolle Fröhlich

Dr. Klaus Lindner

Markus Müller



Institut für Energetik und Umwelt gGmbH

Torgauer Str. 116

04347 Leipzig

Telefon: 03 41 – 24 34 - 4 12

Telefax: 03 41 – 24 34 - 4 33

www.ie-leipzig.de

Projektbearbeitung:

Werner Bohnenschäfer

(Projektleitung)

Telefon: 03 41 – 24 34 - 4 21

eMail: Werner.Bohnschaefer@ie-leipzig.de

Nicolle Fröhlich

Telefon: 03 41 – 24 34 - 4 29

eMail: Nicolle.Froehlich@ie-leipzig.de

Dr. Klaus Lindner

Telefon: 03 41 – 24 34 - 4 17

eMail: Klaus.Lindner@ie-leipzig.de

Markus Müller

Telefon: 03 41 – 24 34 - 4 28

eMail: Markus.Mueller@ie-leipzig.de

Erarbeitung der Untersuchung mit finanzieller
Unterstützung der RAG Aktiengesellschaft, Essen.

Leipzig, 3. März 2005



Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
1 Einleitung	6
2 Weltmarkt für Energierohstoffe	8
2.1 Bisherige Nutzung von Energierohstoffen	8
2.2 Künftiger Bedarf an Energierohstoffen	18
2.3 Perspektiven der Versorgung mit Energierohstoffen	25
3 Energierohstoffe in Deutschland	37
3.1 Nutzung von Energierohstoffen in Vergangenheit und Zukunft.....	37
3.2 Stellenwert heimischer und importierter Energierohstoffe	43
3.3 Bedeutung von Energierohstoffen für die industrielle Wertschöpfung.....	51
3.4 Perspektiven der Versorgungssicherheit	58
Literaturverzeichnis.....	64



Zusammenfassung

Der steigende **Weltenergiebedarf**, die Konzentration der Lagerstätten und die Abhängigkeit des Preises von der Versorgungslage rückt die Frage nach der künftigen **Versorgungssicherheit für Energierohstoffe** immer mehr in den Vordergrund. Vor diesem Hintergrund hat das Institut für Energetik und Umwelt eine eigenständige Untersuchung mit dem Ziel durchgeführt, folgende **Fragen** zu beantworten bzw. zur **Diskussion** hierüber anzuregen:

- Sind künftig noch alle Energierohstoffe in ausreichendem Maße verfügbar?
- Wie entwickelt sich die Versorgung mit Energierohstoffen in Deutschland?

Nachfolgend werden die Ergebnisse dieser Untersuchung im Überblick dargestellt. Die angeführten **Perspektiven für die Versorgung mit Energierohstoffen in Deutschland** bieten keine abschließenden Antworten, sondern sollen zur Diskussion mit der Thematik anregen.

Der Weltmarkt für Energierohstoffe hat sich im Zeitraum von 1970 bis 2003 annähernd verdoppelt.

- Die **Weltenergienachfrage** war durch ein **stetiges Wachstum** (2 %/Jahr) gekennzeichnet. Es ist annähernd eine **Verdoppelung** der Energienachfrage eingetreten.
- Die **Bedeutung der Industrieländer** (OECD) für dem Weltenergieverbrauch hat kontinuierlich mit Anteilen von 70 % im Jahr 1970 auf 55 % bis 2003 abgenommen.
- Die zunehmende Energienachfrage der **Schwellen- und Entwicklungsländer** wurde von diesen zum Teil durch heimische Energievorkommen abgedeckt, so dass bisher nur relativ geringe – aber gerade in jüngerer Vergangenheit spürbare – Auswirkungen für die **Versorgungssicherheit auf dem Weltmarkt** auftraten.
- Der **Wachstumsmarkt Asien** führt sowohl im Hinblick auf die Wirtschaft wie auch den Energieverbrauch zu einer **Neuorientierung auf dem Weltmarkt für Energierohstoffe** mit veränderten Handelsströmen zu Lasten der klassischen Industrieländer.
- Bei einem durchschnittlichen jährlichen **Energiewachstum in China und Indien** mit dem **Faktor 5** über den klassischen Industrieländern haben sich neue Schwerpunkte der Energienachfrage herausgebildet.



Der künftige weltweite Bedarf an Energierohstoffen bis 2030 führt zu einer Neuordnung bei den Nachfrageschwerpunkten.

- Die **Weltenergienachfrage** wird weiterhin durch ein **stetiges Wachstum** (1,7 %/Jahr) gekennzeichnet sein und sich um fast 60 % erhöhen.
- Der **Mengenzuwachs** bis 2030 wird mit 7,8 Mrd. t SKE noch um 15 % höher ausfallen als im Zeitraum von 1970 bis 2003 (6,7 Mrd. t SKE).
- Die **Bedeutung der Industrieländer** (OECD) für dem Weltenergiemarkt wird weiter kontinuierlich sinken. Ihr Anteil am Energieverbrauch wird von 55 % in 2003 auf etwa 44 % bis 2030 abnehmen.
- Der **zusätzliche Energiebedarf** bis 2030 wird in der gesamten OECD genauso groß sein wie der von China alleine.
- Sowohl **China** als auch **Indien** werden künftig bei **allen Energieträgern** als zusätzliche große Nachfrager auf dem Markt auftreten, während sie in der Vergangenheit nur bei einzelnen Energieträgern die zusätzliche Nachfrage dominierten.

Die Perspektiven der weltweiten Versorgung mit Energierohstoffen werden durch einen Nachfragemarkt geprägt sein.

- Die bekannten **Reserven und Ressourcen** reichen für eine gesicherte Versorgung bis 2030 und darüber hinaus aus.
- Der **steigende Energiebedarf** und die zum Teil abnehmenden Vorräte in den Verbrauchsschwerpunkten führen zu einem **deutlichen Anstieg des weltweiten Handels mit Energierohstoffen**.
- Die **Konzentration auf der Angebotsseite** (Förderregion und Anbieter) nimmt **bei allen Energieträgern** deutlich zu.
- Die **Abhängigkeit der Länder der OECD** von der Versorgung aus geopolitisch unsicheren Regionen nimmt dramatisch zu.
- **Neue Marktteilnehmer**, wie China, versuchen sich bereits heute, künftige Förderstätten zu sichern. **China** besitzt zudem die **wirtschaftliche Leistungsfähig-**



keit, auch bei hohen Energiepreisen seine Versorgung mit Energierohstoffen zu gewährleisten.

- Die **Energiepreise** werden nicht mehr auf das niedrige Niveau der 90er-Jahre zurückfallen. Für **Rohöl** muss mit einem realen Preis um 30 US\$/barrel gerechnet werden. Die zunehmende weltweite Nachfrage nach **Gas** und **Kohle** wird auch diese beiden Energieträger nicht zu kostengünstigen Alternativen zum Rohöl machen.

Der Stellenwert heimischer und importierter Energierohstoffe beeinflusst die Energieversorgungssicherheit in Deutschland.

- Die Energieversorgung in Deutschland beruht **heute** bereits zu über **60 %** auf **Importenergien**.
- Aufgrund rückläufiger heimischer Förderungen und vor allem Veränderungen in der Energieträgerstruktur der Stromerzeugung (keine Kernenergie, mehr Importerdgas und –steinkohle) wird der **Importanteil** bis 2030 auf **75 % des Primärenergieverbrauchs** ansteigen.
- Vom geopolitisch als unsicher einzuschätzenden **Mittleren Osten** ist die Energieversorgung in Deutschland mit einem Importanteil von 6 % bzw. 3 % des Primärenergieverbrauchs zurzeit nur im geringen Maße abhängig.
- Von den **Energieimporten** werden **zurzeit 30 % aus Russland** bezogen und damit besteht eine dominante Abhängigkeit von einem Land.
- Der als sicher anzusehende **Energieimport aus EU-Ländern** (40 % der Importe) wird sich bis 2030, aufgrund ausgeschöpfter Vorkommen, deutlich verringern.
- Die **Importabhängigkeit** wird sich bis 2030 bei allen Importenergieträgern weiter erhöhen. Die größte Steigerung wird bei der Steinkohle durch den Rückgang der heimischen Förderung eintreten.
- Der **ImportEnergieKoeffizient** ist in den 90er Jahren (1991 bis 2003) vor allem in der **Stromerzeugung** mit **67 %** am deutlichsten angestiegen.
- Künftig wird der **ImportEnergieKoeffizient** in allen Sektoren weiter ansteigen. Mit einem **Anstieg von 40 %** (2002 bis 2030) wird wiederum die **Stromerzeugung** in besonderem Maße von der Zunahme der Importabhängigkeit betroffen sein.



Für die industrielle Wertschöpfung in Deutschland hat die Sicherung von Energierohstoffen eine besondere Bedeutung.

- Die Sicherung von etwa einem Drittel der **Beschäftigung** in Deutschland beruht direkt auf den wirtschaftlichen Aktivitäten der Industrie.
- Die vier wichtigsten **Basisindustrien** (Metallerzeugung und -bearbeitung; Papiergewerbe; Glasgewerbe, Herstellung von Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden; Chemische Industrie) mit hoher Energieintensität erreichen etwa einen Anteil von 70 % am industriellen Energieverbrauch und sind eine wichtige Voraussetzung für die Wertschöpfungskette in Deutschland.
- Mit **Energiekostenanteilen** von bis zu 23 % an der Bruttowertschöpfung ist nicht nur eine sichere, sondern auch eine preisgünstige Energieversorgung eine Voraussetzung für eine abgesicherte industrielle Wertschöpfungskette.
- Der **ImportEnergieKoeffizient** in der Industrie hat sich zwischen 1991 und 2002 um 35 % erhöht und wird sich künftig nochmals um 27 % steigern.
- In der **Metallerzeugung und -bearbeitung** hat der **ImportEnergieKoeffizient** um fast 60 % zugenommen (zwischen 1993 bis 2002) und hatte damit neben der Stromerzeugung die zweithöchste Steigerungsrate.
- Der **ImportEnergieKoeffizient** der energieintensiven Branchen wird in Zukunft weiter steigen und damit der Einfluss externer Faktoren auf die wirtschaftliche Entwicklung weiter zunehmen.

Aus den Perspektiven für die Versorgungssicherheit in Deutschland ergibt sich ein dringender Handlungsbedarf.

- Für Deutschland, wie auch die übrigen weltweiten Energieverbraucher, stehen langfristig **ausreichende Energierohstoffe** zur Verfügung. Allerdings werden hierfür **steigende Preise** gezahlt werden müssen.
- Die vorhandenen Einsparpotenziale der **Energieeffizienz** können trotz aller Probleme einen Beitrag zur Versorgungssicherheit leisten und die Realisierung dieser Potenziale erfordert eine langfristige Energiepolitik.



- Durch einen **Energieträgerwechsel bei den Endverbrauchern** ist realistischerweise nur ein geringer Beitrag zur Versorgungssicherheit zu erwarten.
- Die **erneuerbaren Energien** stellen ein wichtiges Potenzial zur künftigen Versorgungssicherheit dar. Ihr Beitrag ist langfristig deutlich steigerbar, erfordert aber ebenso langfristig finanzielle Unterstützung.
- Für die **Stromerzeugung** aus erneuerbaren Energien wäre zu prüfen, ob nicht stärker auf eine kontinuierliche und planbare Stromerzeugung wie aus Biomasse oder Geothermie gesetzt werden sollte.
- Aus Gründen der Versorgungssicherheit ist es nicht zielführend, die **heimische Braun- und Steinkohle**, zum Beispiel durch eine CO₂-Steuer, zu Gunsten von importiertem Erdgas zu verdrängen.
- Längerfristig wird nur eine sinnvolle **Kombination aller Energieträger** zur Versorgungssicherheit in Deutschland beitragen können. Für fossile und erneuerbare Energieträger müssen die bestehenden Zielkonflikte mittels einer **Integrationsstrategie** gelöst werden.
- Als Instrument zur Schaffung verlässlicher Rahmenbedingungen für Investoren in fossile wie auch erneuerbare Energietechnologien könnte ein nationales **Energieprogramm** dienen.



1 Einleitung

Mit der Energieversorgung sind die **Ziele einer wirtschaftlichen, sicheren und umweltverträglichen Versorgung** verbunden. Während über die künftige umweltverträgliche Ausrichtung der Energieversorgung – und damit im Zusammenhang über die wirtschaftlichen Effekte – in Deutschland seit längerem intensiv diskutiert wird, war die **Versorgungssicherheit** bisher eher ein Randthema. Die sichere Versorgung mit Energierohstoffen wurde weitgehend als selbstverständlich erachtet. Eine solche Einschätzung erfährt dann eine sensiblere öffentliche Auseinandersetzung in Politik, Wirtschaft und Haushalten, wenn insbesondere aufgrund externer Einflüsse die Energiepreise über das von den Unternehmen und privaten Verbrauchern als verträglich empfundene Maß hinausgehen.

Für Energierohstoffe ist der Rohölpreis die Leitwährung. Das Rohölpreinsniveau hat entsprechend mehr oder weniger deutliche Wirkungen auf andere Energieträgerpreise. Der Rohölpreis wird allerdings nur zum Teil über die Angebots- und Nachfragemechanismen nach rein ökonomischen Kriterien bestimmt. Vor allem Einflüsse im Zusammenhang mit der politischen Entwicklung im Mittleren Osten sowie die in den vergangenen Monaten in stärkerem Maße finanzpsychologischen sowie spekulativen Einflüsse an den Börsen sind wichtige Faktoren der Preisbildung. Die finanzpsychologischen Einflüsse sind aber auch ein Indikator für die reale Einschätzung zur Versorgungssicherheit, die in Bezug auf die Rohölreserven die Lagerstättenkonzentration im Mittleren Osten berücksichtigen. Trotz dieser Preissignale war **bisher keine Knappheit an Energierohstoffen** zu verzeichnen.

Diese über lange Zeit gültige Situation zur sicheren Versorgung mit Energierohstoffen hat sich in den zurückliegenden Monaten allerdings zum Teil anders dargestellt. Der wachsende weltweite Bedarf an Energierohstoffen – vor allem im asiatischen Raum mit der prosperierenden Wirtschaft in China – hat als Ausdruck von **Verknappungstendenzen** zu drastischen Preissteigerungen, unter anderem auch auf den internationalen Kohlemärkten, geführt. Einhergehend mit der stetig steigenden Stahlproduktion sind bei Kokskohle und Koks nicht nur Preisexplosionen, sondern in Teilmärkten sogar **Versorgungsengpässe** aufgetreten. Dies hat aus dem Blickwinkel der Versorgungssicherheit eine besondere Brisanz, da von allen weltweit gehandelten Energieträgern für Kohle bisher die höchste Versorgungssicherheit angenommen wurde. In Deutschland – aber auch in der Europäischen Union (EU) – wird unter



dem Eindruck der rückläufigen heimischen Steinkohlenförderung meist übersehen, dass Kohle weltweit eine Zukunftsenergie ist, die eine wachsende Nachfrage erfährt.

Die aufgetretenen Engpässe bei der Kokskohle- und Koksversorgung haben zudem deutlich vor Augen geführt, dass nicht allein die Energieversorgung an sich, sondern auch die **industrielle Produktion** direkt von einer unzureichenden Versorgung mit Energierohstoffen betroffen ist. Wenn die Versorgung mit einem bestimmten Energierohstoff – wie für die Roheisenherzeugung – eine notwendige Voraussetzung ist, kann kein Energieträgerwechsel in Betracht kommen. Die Sicherung der Versorgung mit entsprechenden Energierohstoffen ist für die Aufrechterhaltung der Produktion sowohl im direkt einsetzenden Unternehmen wie auch für die nachgelagerte weiterverarbeitende Industrie eine überlebenswichtige Voraussetzung.

Vor dem Hintergrund dieser Entwicklungen hat das Institut für Energetik und Umwelt eine eigenständige Untersuchung mit dem Ziel durchgeführt, folgende **Fragen** zu beantworten bzw. zur **Diskussion** hierüber anzuregen:

- **Sind künftig noch alle Energierohstoffe in ausreichendem Maße verfügbar?**
- **Wie entwickelt sich die Versorgung mit Energierohstoffen in Deutschland?**

Der Bericht stellt die Ergebnisse der Untersuchung zur derzeitigen und künftigen Versorgung mit Energierohstoffen in Deutschland dar. Bei der hohen **Importabhängigkeit für Energierohstoffe** in Deutschland ist ein Blick über die Grenzen eine notwendige Voraussetzung zur Bewertung der Situation, so dass die Analyse eine Betrachtung des Weltmarktes für Energierohstoffe einschließt. Der Bericht gliedert sich in folgende **Teile**:

- Zunächst wird der **Weltmarkt für Energierohstoffe** dargestellt, um die weltweiten Rahmenbedingungen aufzuzeigen, in denen sich die Versorgung mit Energierohstoffen in Deutschland künftig bewegen wird (Kapitel 2).
- Die Situation der Versorgung mit **Energierohstoffen in Deutschland** wird im Kapitel 3 dargestellt. Die Schwerpunkte der Analyse liegen in der Betrachtung der generellen Importabhängigkeit sowie der speziellen Importabhängigkeit der deutschen Industrie. Es wird der Frage nachgegangen, mit welchen künftigen Risiken der Versorgung mit Energierohstoffen in Deutschland gerechnet werden muss und stellt den möglichen Beitrag erneuerbarer Energien zu Diskussion?



2 Weltmarkt für Energierohstoffe

Der Weltmarkt für Energierohstoffe ist ein komplexes Zusammenspiel von Angebot und Nachfrage mit interkontinentalen Austauschprozessen. Begleitet wird dieses verzweigte Handelssystem von politischen Aspekten mit zum Teil gegensätzlichen ideologischen Interessen der Beteiligten. Für die Zukunft der weltweiten Energieversorgung spielen alle diese Aspekte eine wichtige Rolle und führen zu einer starken oder schwachen Position der Marktteilnehmer. Nachfolgend werden die hiermit im Zusammenhang stehenden Entwicklungen in ihren wesentlichen Grundzügen dargestellt, um eine Einordnung der künftigen Versorgungssituation in Deutschland zu ermöglichen. Folgende Aspekte zum Weltmarkt für Energierohstoffe werden betrachtet:

- Die Darstellung der **Nutzung von Energierohstoffen in der Vergangenheit** stellt die Ausgangslage für den weiteren Blick nach vorne dar (Kapitel 2.1). Es lassen sich erste Tendenzen für alte und neue Schwerpunkte in der weltweiten Energieversorgung ableiten. Dies im Hinblick sowohl auf den Energieträgereinsatz als auch die Wachstumsmärkte beim Energieverbrauch.
- Der **künftige Bedarf an Energierohstoffen** in Kapitel 2.2 verdeutlicht das erwartete Nachfragevolumen, das etwa in den nächsten 30 Jahren zur Befriedigung der Lebensbedürfnisse der Weltbevölkerung erforderlich sein wird.
- Abschließend werden die weltweiten **Perspektiven der Versorgung mit Energierohstoffen** bewertet. Dies erfolgt vor allem vor dem Hintergrund der weltweiten Angebots- und Nachfragesituation sowie dem Aspekt der künftigen Versorgungssicherheit (Kapitel 2.3).

2.1 Bisherige Nutzung von Energierohstoffen

Eine Betrachtung zum Weltmarkt für Energierohstoffe wird – soll es nicht nur eine Momentaufnahme sein – beeinflusst von dem ausgewählten Zeithorizont und von der verwendeten Statistik.

Die nachfolgenden Ausführungen zur Entwicklung des weltweiten Energieverbrauches stützen sich auf die **Statistik** des Mineralölkonzerns BP [BP 2004]. Diese Statistik konzentriert



sich auf die an Märkten kommerziell gehandelten Energieträger, so dass vor allem die Nutzung von Holz und anderen erneuerbaren Energien nicht vollständig erfasst ist (⇒ Erläuterungen zur „Statistik der Weltenergie“). Für die hier zu behandelnde Thematik mit Blick auf den weltweiten Handel mit fossilen Energieträgern bietet diese Statistik jedoch aufgrund ihrer langjährigen Zeitreihen eine aussagefähige Datenbasis.

Hinsichtlich des **Zeithorizonts** wird der Blick zurück bis um Jahr 1970 gerichtet, um mit einer Zeitspanne von gut 30 Jahren eine annähernd gleiche Zeitspanne abzudecken, wie im nachfolgenden Kapitel mit dem Blick nach vorn bis zum Jahr 2030. Zudem werden die noch heute prägenden energiepolitischen Veränderungen der 70er Jahre im zeitlichen Rückblick erfasst.

Der weltweite **Primärenergieverbrauch** hat sich im Zeitraum von 1970 bis 2003 stetig erhöht und mit einem Zuwachs von 94 % ist fast eine Verdoppelung eingetreten (⇒ *Abbildung 1*). Das Verbrauchswachstum hat sich bei allen Primärenergieträgern entwickelt – allerdings in unterschiedlichem Maße – so dass sich die **Energieträgerverteilung** im Zeitablauf vor allem bis zur Mitte der 80er Jahre deutlich verschoben hat.

Erläuterungen zur „Statistik der Weltenergie“

Für die Statistik der Weltenergie kann nicht auf eine einheitliche und lückenlose Weltenergiestatistik zurückgegriffen werden. Ein Vergleich der Zahlenwerke bekannter Herausgeber wie BP, EIA, IEA oder Vereinte Nationen zeigt mehr oder weniger große Abweichungen. Zum Teil ist dies darauf zurückzuführen, dass vielfach nur die über Märkte gehandelten Energiemengen und Energieträger erfasst werden. So werden häufig Holz und andere erneuerbare Energien mit zum Teil hoher Bedeutung für einzelne Länder in vielen Statistiken nicht oder nur unzureichend berücksichtigt. Zudem beruht die Ermittlung des Energieverbrauchs nicht auf einheitlichen methodischen Grundlagen. So wird zum Beispiel von BP die Substitutionsmethode und von der IEA die Wirkungsgradmethode angewandt.

Bei der zeitlichen Verfügbarkeit ergeben sich zum Teil große Spannen zwischen der Veröffentlichung von privaten Unternehmen wie BP (zur Jahresmitte werden Energiedaten zum Vorjahr veröffentlicht) und den erst mit mehreren Jahren Verzug erscheinenden Statistiken der Vereinten Nationen.

Weitere Erläuterungen zur Weltenergiestatistik finden sich zum Beispiel in der Literaturquelle [RWE 2004].



Nach den beiden Ölpreiskrisen zu Beginn und zum Ende der 70er Jahre hat eine Ausweichbewegung zu Gunsten anderer Energieträger stattgefunden, die vor allem zu einem höheren Marktanteil des Gases führte. Mit dem in den 70er Jahren einsetzenden forcierten Ausbau der Kernenergienutzung hat sich dieser Energieträger neu auf dem Markt etabliert. Seit Mitte der 80er Jahre ist eine annähernd gleichbleibende Energieträgerverteilung zu beobachten.

Mit einem Anteil von fast 40 % ist Öl nach wie vor der wichtigste Primärenergieträger. Auf die Gas- und Kohlenutzung entfallen jeweils etwa 25 % des Primärenergieverbrauchs. Sowohl die Kernenergie als auch die Wasserkraft tragen je zu 6 % zum Primärenergieverbrauch bei.

Am **Zuwachs des Primärenergieverbrauchs** zwischen 1970 und 2003 waren die Energieträger in sehr unterschiedlichem Maße beteiligt.

- Mit je etwa 30 % waren **Öl** und **Gas** gleichermaßen die beiden **wichtigsten Energieträger** zur Deckung des steigenden Weltenergiebedarfs.
- Zu knapp 25 % wurde der Verbrauchszuwachs durch **Kohle** abgedeckt.
- Der Ausbau der **Kernenergie** und **Wasserkraft** hatte mit Anteilen von 12 % und 7 % hingegen ein weniger großes Gewicht für die Deckung des Bedarfszuwachses.

Im Zeitablauf hat sich die Nachfrage und das Angebot der einzelnen Primärenergieträger sehr unterschiedlich entwickelt. Für die **jährlichen Zuwachsraten** ist vor allem auf folgende Entwicklungen hinzuweisen (\Rightarrow *Abbildung 2*):

- Die Nachfrage am **Weltmarkt** für Energierohstoffe hat sich in den letzten drei Jahrzehnten um durchschnittlich 2 % jährlich erhöht. Nachdem in den 90er Jahren nur ein verhaltenes Wachstum zu beobachten war, ist in den ersten Jahren dieses Jahrhunderts nunmehr wieder ein Wachstum von mehr als 2 %/Jahr eingetreten.
- Das Verbrauchswachstum für **Öl** ist kontinuierlich zurückgegangen und weist von allen Energieträgern für den gesamten Betrachtungszeitraum mit durchschnittlich 1,5 % jährlich die niedrigste Wachstumsrate auf.
- Wenn auch schwankende, so aber doch positive, Wachstumsraten mit durchschnittlich 2,8 % jährlich sind für den **Gasverbrauch** eingetreten.

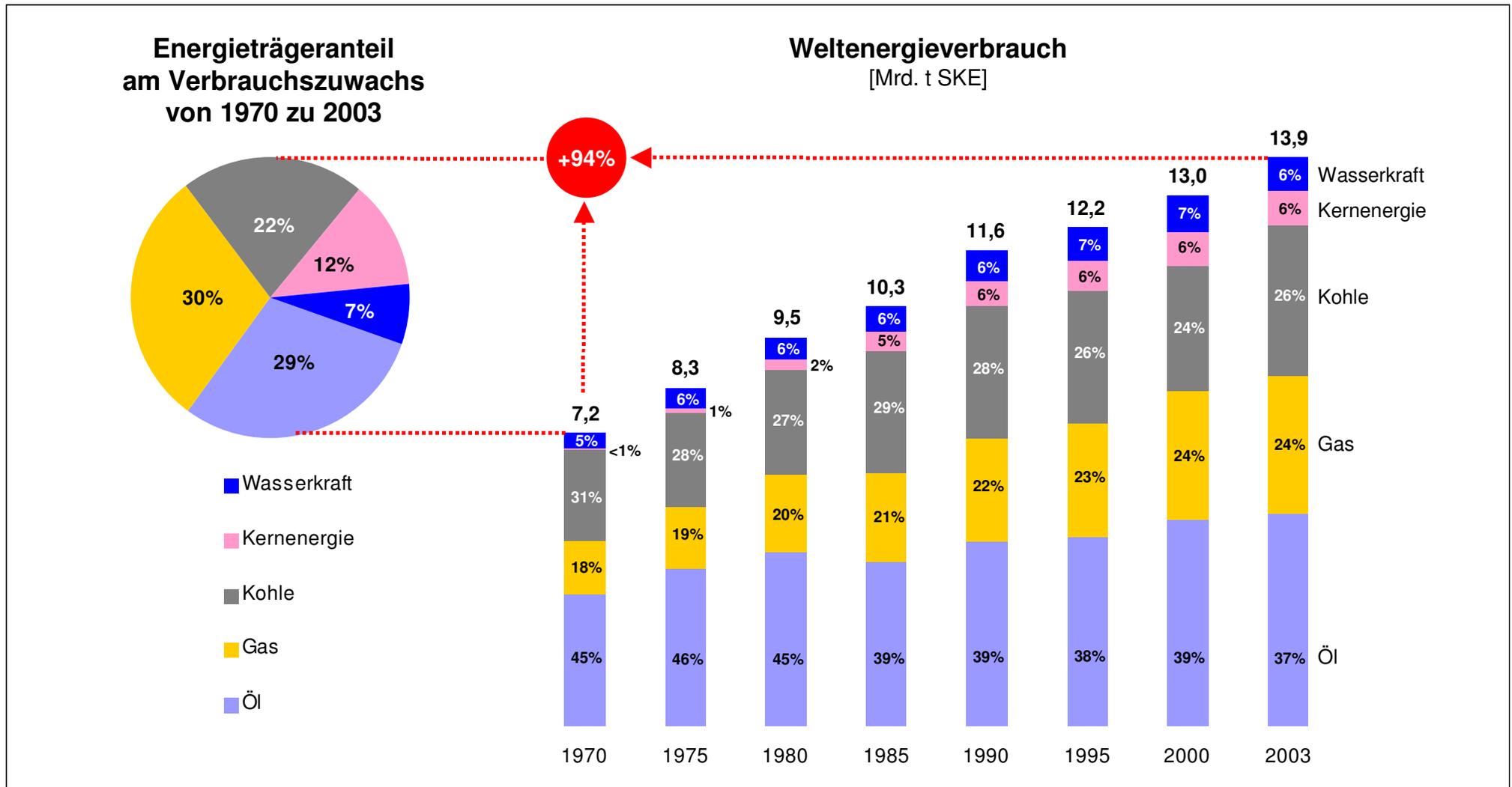


Abbildung 1: Primärenergieverbrauch nach Energieträgern

[Quelle: BP 2004 und eigene Berechnungen; Anmerkung: Darstellung für kommerziell gehandelte Energieträger]

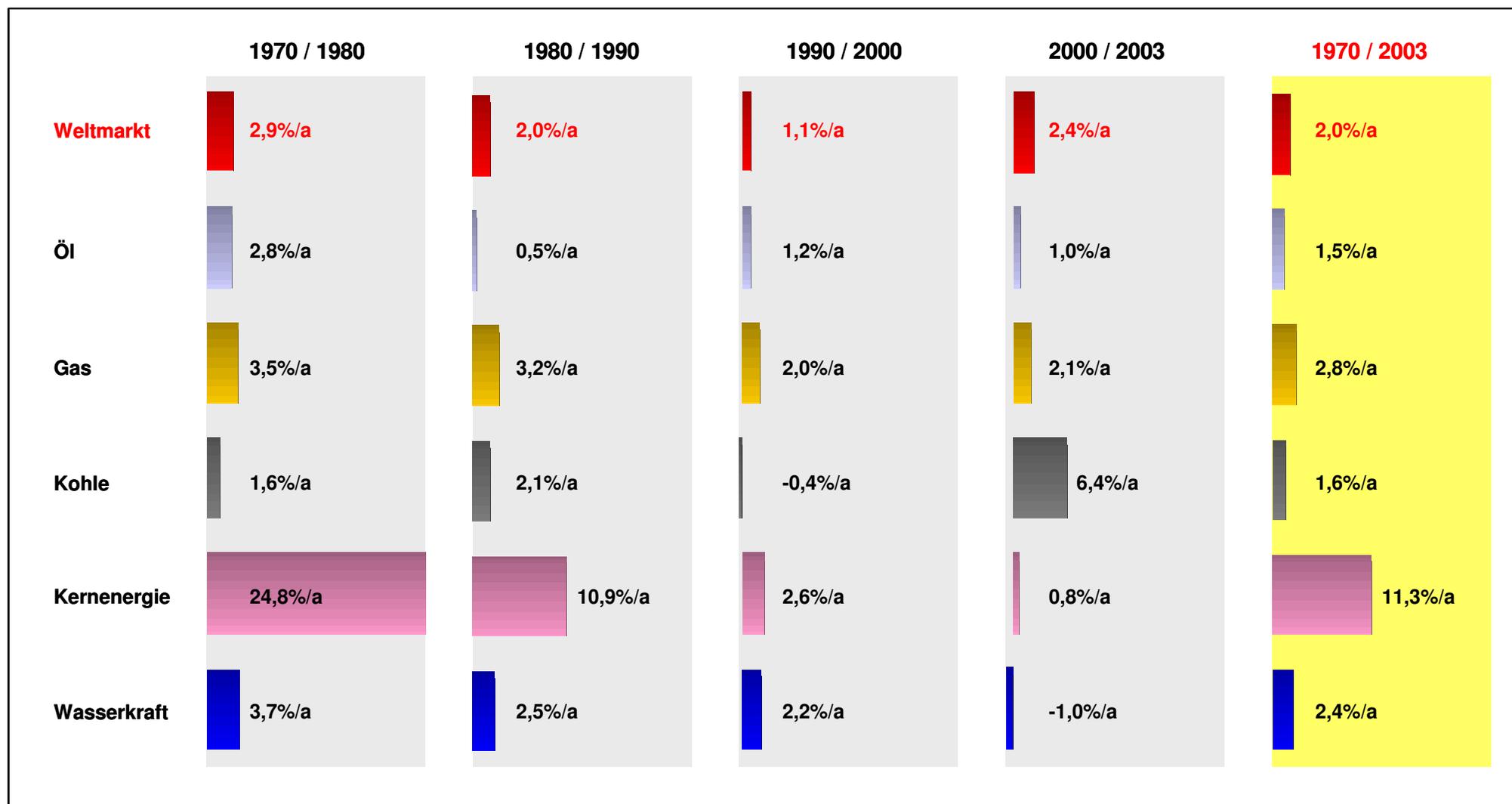
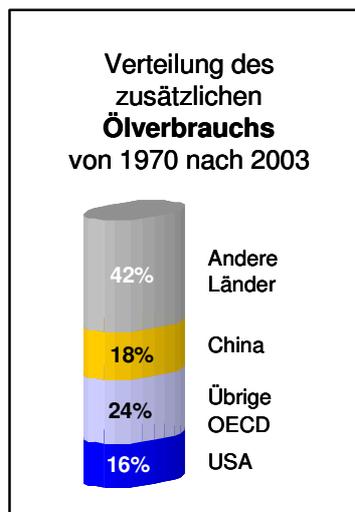


Abbildung 2: Jährliche Änderungsraten des Primärenergieverbrauchs nach Energieträgern in Zeitintervallen
 [Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von BP 2004; Anmerkung: Darstellung für kommerziell gehandelte Energieträger]

- Die Wachstumsraten für **Kohle** sind im Zeitablauf sehr schwankend und mit durchschnittlich 1,6 % jährlich auch nicht sonderlich hoch im Vergleich zu anderen Energieträgern. Interessant ist jedoch die jüngere Entwicklung seit 2000 mit der höchsten Wachstumsrate aller Energieträger von 6,4 %/Jahr. Hierzu hat vor allem die zunehmende Nachfrage nach Kesselkohlen mit einem entsprechenden Anstieg des Welthandels im Seeverkehr, insbesondere durch die VR China, beigetragen [Kohleimporteure 2003]. Diese Entwicklung wurde aber auch durch das kontinuierliche Zurückfahren der Kohleförderung in Europa beeinflusst.
- Für die **Kernenergie** und die **Wasserkraft** waren die großen Wachstumsphasen vor allem bis zur Mitte der 80er Jahre. In der jüngeren Vergangenheit sind nur noch geringe Veränderungsraten eingetreten.

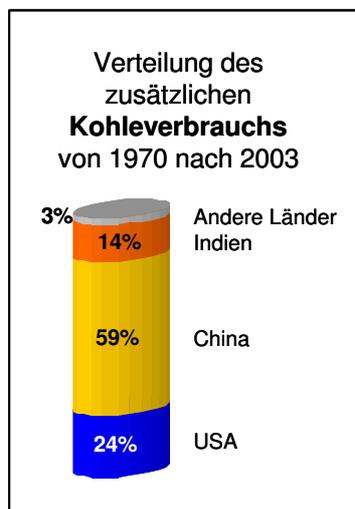
Der Verbrauchsanstieg bei den einzelnen Energieträgern hat sich zwischen 1970 und 2003 einerseits regional sehr unterschiedlich entwickelt und andererseits konzentriert er sich auf we-



nige Ländergruppen oder sogar nur auf einzelne Länder. Auf die Länder der OECD (⇒ *Erläuterungen zur OECD auf der Folgesseite*) und damit die führenden Industriestaaten entfallen 40 % des **Verbrauchsanstiegs beim Öl**. Die **USA und China** hatten als Einzelstaaten den größten Einfluss auf den



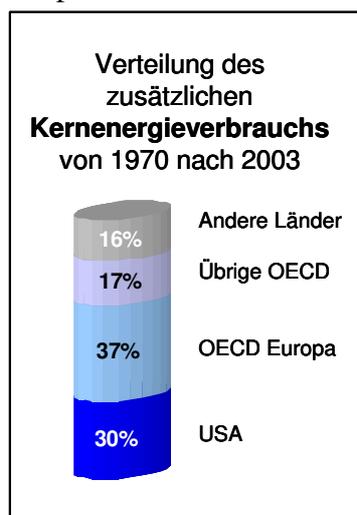
Anstieg des Ölverbrauchs. Der gestiegene **Gasverbrauch** konzentriert sich hingegen auf den europäischen Raum mit den Ländern der **OECD Europa** und **Russland** einschließlich Folgestaaten. Auf den zusätzlichen Gasverbrauch hatten die USA und China keinen nennenswerten Einfluss. Dies erfolgte zum einen, weil andere Energieträger wegen heimischer Vorkommen eine wichtigere Rolle spielten und zum anderen in China die notwendige Gasinfrastruktur erst entwickelt werden muss. Der zusätzliche **Kohlebedarf** verteilt sich mit 97 % fast ausschließlich auf die drei Länder **China, Indien** und **USA**. Alle drei



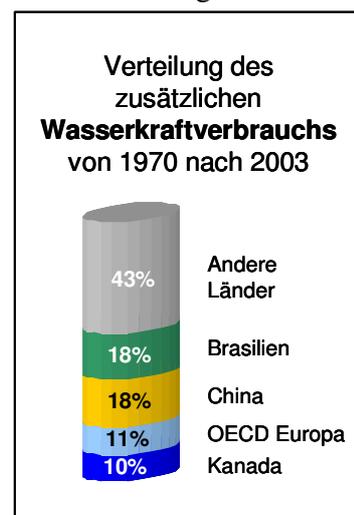


Länder konnten weitgehend auf heimische Vorkommen zurückgreifen. Die überwiegende Ausrichtung auf den Energieträger Kohle in China und Indien ist zudem typisch für Schwellenländer, da hierfür keine eigenständige Transportinfrastruktur, wie bei der Gasnutzung, vorhanden sein muss. Die **OECD Europa** ist neben Russland der einzige Wirtschaftsraum, in dem die Kohlenutzung zwischen 1970 und 2003 gesunken ist (- 30 %).

Der vor allem bis zur Mitte der 85er-Jahre erfolgte Ausbau der **Kernenergie** vollzog sich hauptsächlich in den industrialisierten Ländern der **OECD**. Neben dem notwendigen Technik-



Know-how verfügten diese Länder auch über die entsprechenden Investitionsmittel für diese kapitalintensive Technologie. Die zusätzliche Nutzung natürlicher Ressourcen in Form der **Wasserkraft** ist vor allem von den natürlichen Gegebenheiten abhängig. In der Gruppe der dominierenden Einzelländer mit be-



sonders hohen Ausbauanteilen ist wiederum **China** neben **Brasilien** und **Kanada** vertreten.

Erläuterungen zur OECD

Die OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) ist ein Zusammenschluss von 30 Ländern und verfolgt das Ziel der Schaffung leistungsfähiger Volkswirtschaften sowie effizienter Märkte und Verwaltungen. Zunehmend widmet sich die OECD auch Aufgaben in Entwicklungsländern und den Transformationsstaaten in Mittel- und Osteuropa [Quelle: www.oecd.org].

In Statistiken und Szenarien werden die Mitgliedsländer der OECD häufig als eine Gruppe oder in Teilgruppen ausgewiesen. Die Zuordnung der Mitgliedsländer zu Teilgruppen der OECD unterliegt nachfolgender Systematik.

OECD Amerika

- Kanada
- Mexiko
- USA

OECD Asien

- Japan
- Südkorea

OECD Europa

- EU-15-Länder
- Island
- Norwegen
- Polen
- Schweiz
- Slowakei
- Tschechien
- Türkei
- Ungarn

OECD Australien und Ozeanien

- Australien
- Neuseeland

In der Region **OECD Pazifik** sind die Mitgliedsländer der OECD Regionen Asien sowie Australien und Ozeanien zusammengefasst.



Der **Primärenergieverbrauch** ist in allen **Regionen** angestiegen (\Rightarrow *Abbildung 3*). In der Region Europa/Eurasien hat sich der Primärenergieverbrauch zwischen 1970 und 2003 vor allem durch die Situation in Russland und den Transformationsländern in Mittel- und Osteuropa lediglich um 36 % erhöht. In Asien hat sich der Verbrauch hingegen mehr als vervierfacht. Entsprechend entfällt gut die **Hälfte des Verbrauchsanstiegs** auf die Region **Asien**. Die wirtschaftliche Dynamik in **China** hat dazu geführt, dass **20 % des weltweiten Verbrauchsanstiegs** allein auf dieses Land entfallen.

Die durchschnittlichen jährlichen **Wachstumsraten** für den Energieverbrauch sind vor allem in den Schwellenländern **China und Indien** besonders hoch und liegen im Zeitraum von 1970 bis 2003 etwa um den **Faktor 5** über den entsprechenden Werten der klassischen Industrieländer (\Rightarrow *Abbildung 4*). Der Energieverbrauch in China ist allein im Zeitraum von 2000 bis 2003 um 54 % oder jährlich um gut 15 % gestiegen.

Bisher hat sich dieser hauptsächlich durch die Schwellenländer verursachte „Energiehunger“ nur abgeschwächt auf dem Weltmarkt ausgewirkt, da bis auf eine Zunahme der Ölimporte vor allem der zunehmende Kohlebedarf weitgehend mittels heimischer Vorkommen gedeckt werden konnte (*vgl. hierzu auch Kapitel 2.3*). Die jüngeren Entwicklungen auf dem **Weltmarkt für Kokskohle und Koks** haben aber gezeigt, dass bei bisher als sicher geltenden Energieträgern auch Versorgungsengpässe auftreten können.

Für die Entwicklungen von 1970 bis 2003 ergibt sich als zusammenfassendes Fazit:

- Die **Weltenergienachfrage** war durch ein **stetiges Wachstum** (2 %/Jahr) gekennzeichnet. Es ist annähernd eine **Verdoppelung** eingetreten.
- Die **Bedeutung der Industrieländer** (OECD) für den Weltenergieverbrauch hat kontinuierlich mit Anteilen von 70 % im Jahr 1970 auf 55 % bis 2003 abgenommen.
- Die zunehmende Energienachfrage der **Schwellen- und Entwicklungsländer** wurde von diesen zum Teil durch heimische Energievorkommen abgedeckt, so dass bisher nur relativ geringe – aber gerade in jüngerer Vergangenheit spürbare – Auswirkungen für die **Versorgungssicherheit auf dem Weltmarkt** auftraten.
- Der **Wachstumsmarkt Asien** führt sowohl im Hinblick auf die Wirtschaft wie auch den Energieverbrauch zu einer **Neuorientierung auf dem Weltmarkt für Energierohstoffe** mit veränderten Handelsströmen zu Lasten der klassischen Industrieländer.
- Bei einem durchschnittlichen jährlichen **Energiewachstum in China und Indien** mit dem **Faktor 5** über den klassischen Industrieländern haben sich neue Schwerpunkte der Energienachfrage herausgebildet.

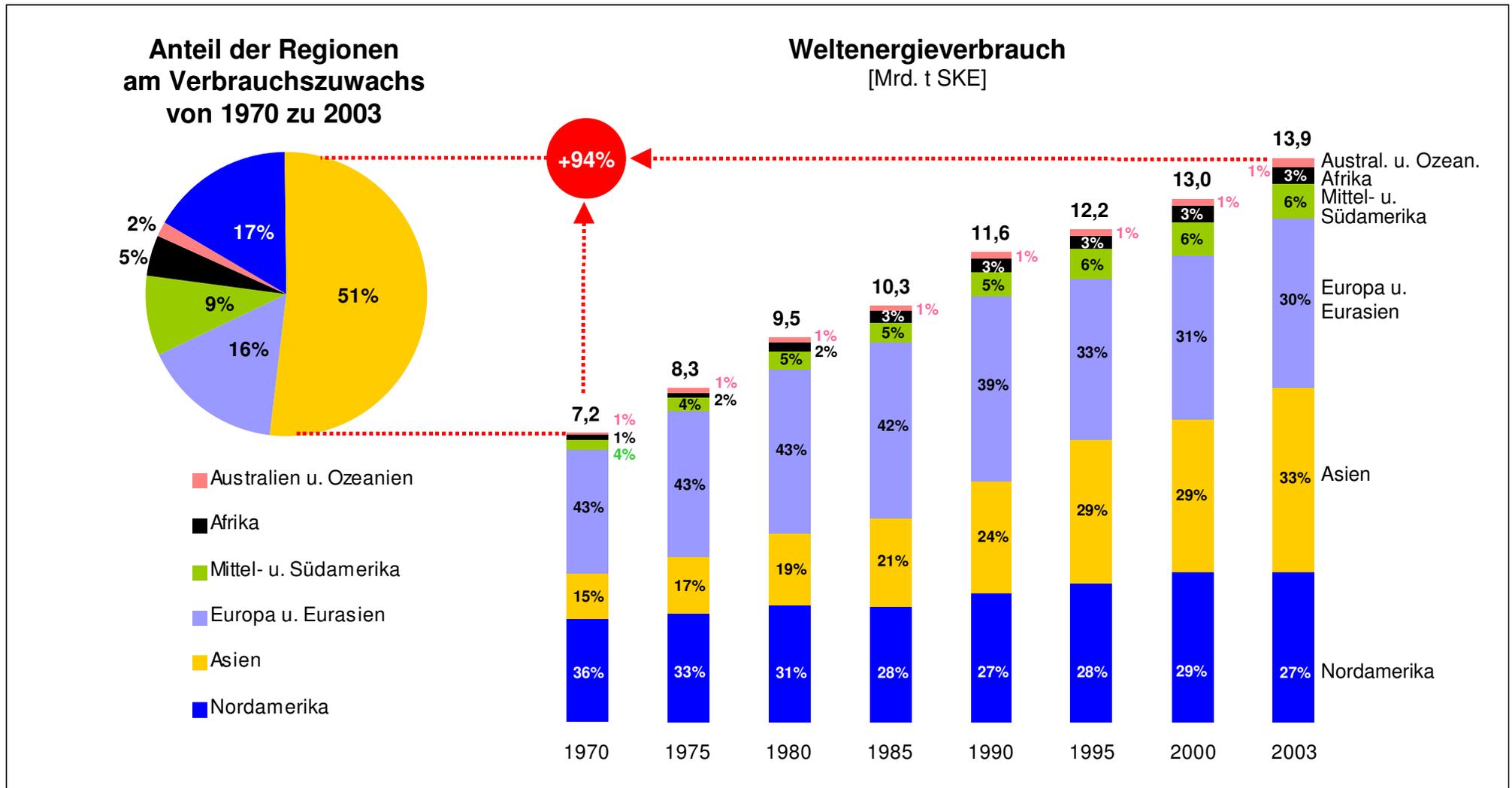


Abbildung 3: Primärenergieverbrauch nach Regionen

[Quelle: BP 2004 und eigene Berechnungen; Anmerkung: Darstellung für kommerziell gehandelte Energieträger]

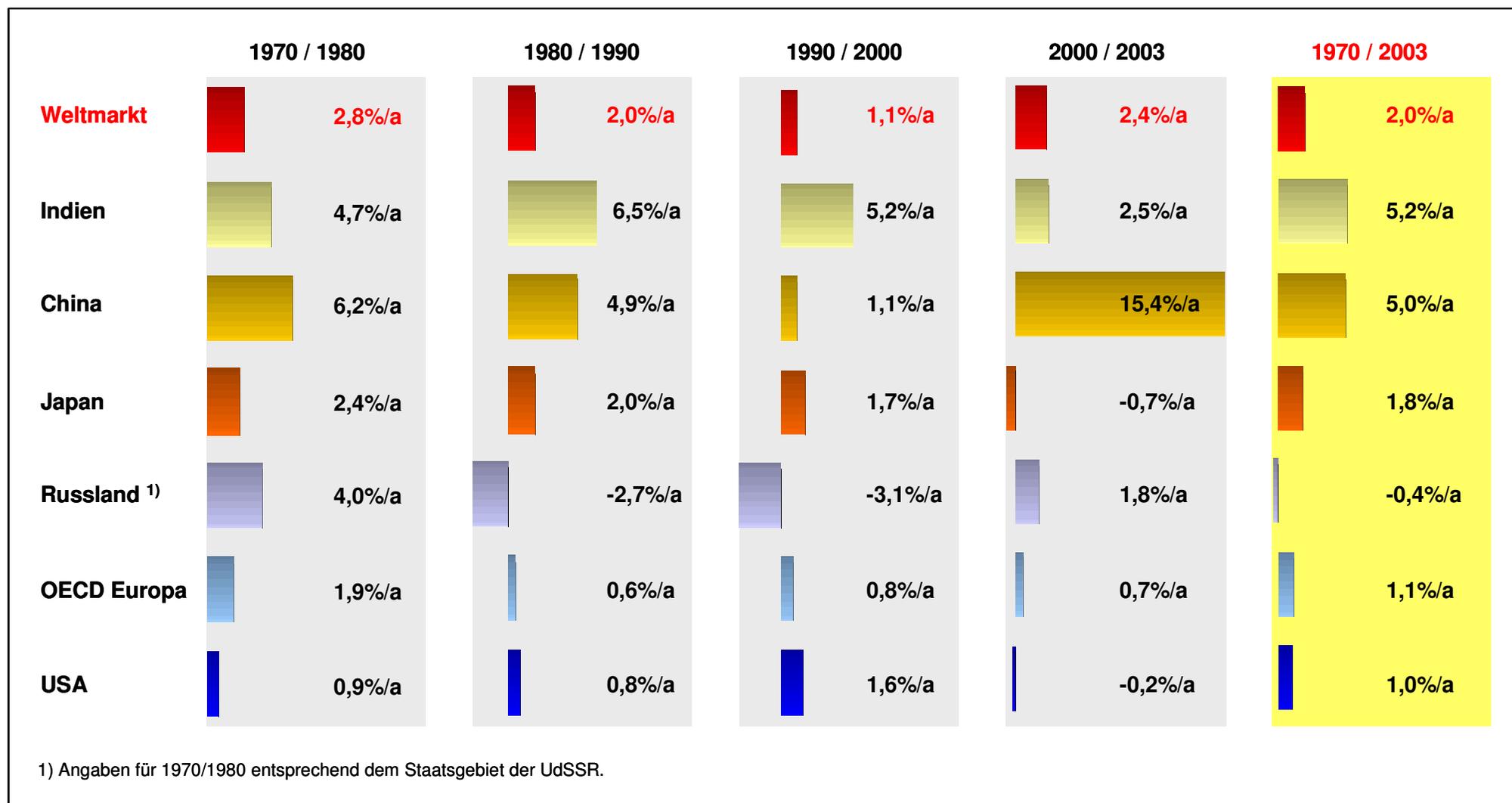


Abbildung 4: Jährliche Änderungsraten des Primärenergieverbrauchs bei ausgewählten Ländern und Ländergruppen in Zeitintervallen

[Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von BP 2004; Anmerkung: Darstellung für kommerziell gehandelte Energieträger]



2.2 Künftiger Bedarf an Energierohstoffen

Der künftige Bedarf an Energierohstoffen wird von vielfältigen Faktoren, wie z.B. der Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung, beeinflusst. Hinzu kommen für die Nachfrage nach einzelnen Energieträgern deren Verfügbarkeit und Preisniveau, welche zum Teil wiederum von geopolitischen Einflüssen geprägt werden.

Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse bis zum Jahr 2030 basieren auf dem **Referenzszenario** der IEA [IEA 2004]. Um die Kompatibilität zu den im Kapitel zuvor dargestellten langjährigen Zeitreihen und aktuelleren Verbrauchsangaben von BP zu gewährleisten, wurden zum Teil Anpassungen beim IEA-Szenario vorgenommen. Dies war u.a. aufgrund des unterschiedlichen methodischen Ansatzes nach der Substitutions- und der Wirkungsgradmethode erforderlich. Entsprechend der Darstellung im vorangegangenen Kapitel und der in dieser Untersuchung vor allem interessierenden fossilen Energieträger werden im Szenario die Märkte kommerziell gehandelter Energieträger betrachtet. Obwohl sich auf dem Markt für erneuerbare Energien zum Teil bereits weltweite Handelsströme abzeichnen, werden diese in der Darstellung nicht berücksichtigt.

Der weltweite **Primärenergieverbrauch steigt** von 2003 bis 2030 weiter deutlich um knapp 60 % an [⇒ Abbildung 5]. Obwohl dies gegenüber dem Zeitraum von 1970 bis 2003 (+ 94 %) ein prozentual geringerer Anstieg ist, liegt der Mengenzuwachs mit 7,8 Mrd. t SKE um 15 % über dem Mengenzuwachstum von 6,7 Mrd. t SKE im zuvor betrachteten Zeitraum.

Die **Energieträgerverteilung** verschiebt sich weiter zu Gunsten des Gaseinsatzes, so dass Gas mit einem Anteil von 28 % zum zweitwichtigsten Energieträger nach Erdöl (37 %) wird. Geringe Anteilsverluste bei gleichzeitig aber weiterhin steigendem Verbrauch treten bei der Kohle und Kernenergie auf.

Am **Zuwachs des Primärenergieverbrauchs** sind die einzelnen Energieträger zwischen 2003 und 2030 in unterschiedlichem Maße beteiligt:

- Mit je 36 % werden **Öl und Gas** über **70 % des zusätzlichen Energiebedarfs** in der Zukunft abdecken. Gegenüber 2003 müsste bis 2030 demnach die Förderung von Öl um etwa 55 % und von Gas fast verdoppelt werden.
- Zu knapp einem Fünftel wird der Verbrauchszuwachs von der **Kohle** gedeckt werden müssen, was eine Steigerung der Förderung um etwa 40 % erfordern würde.

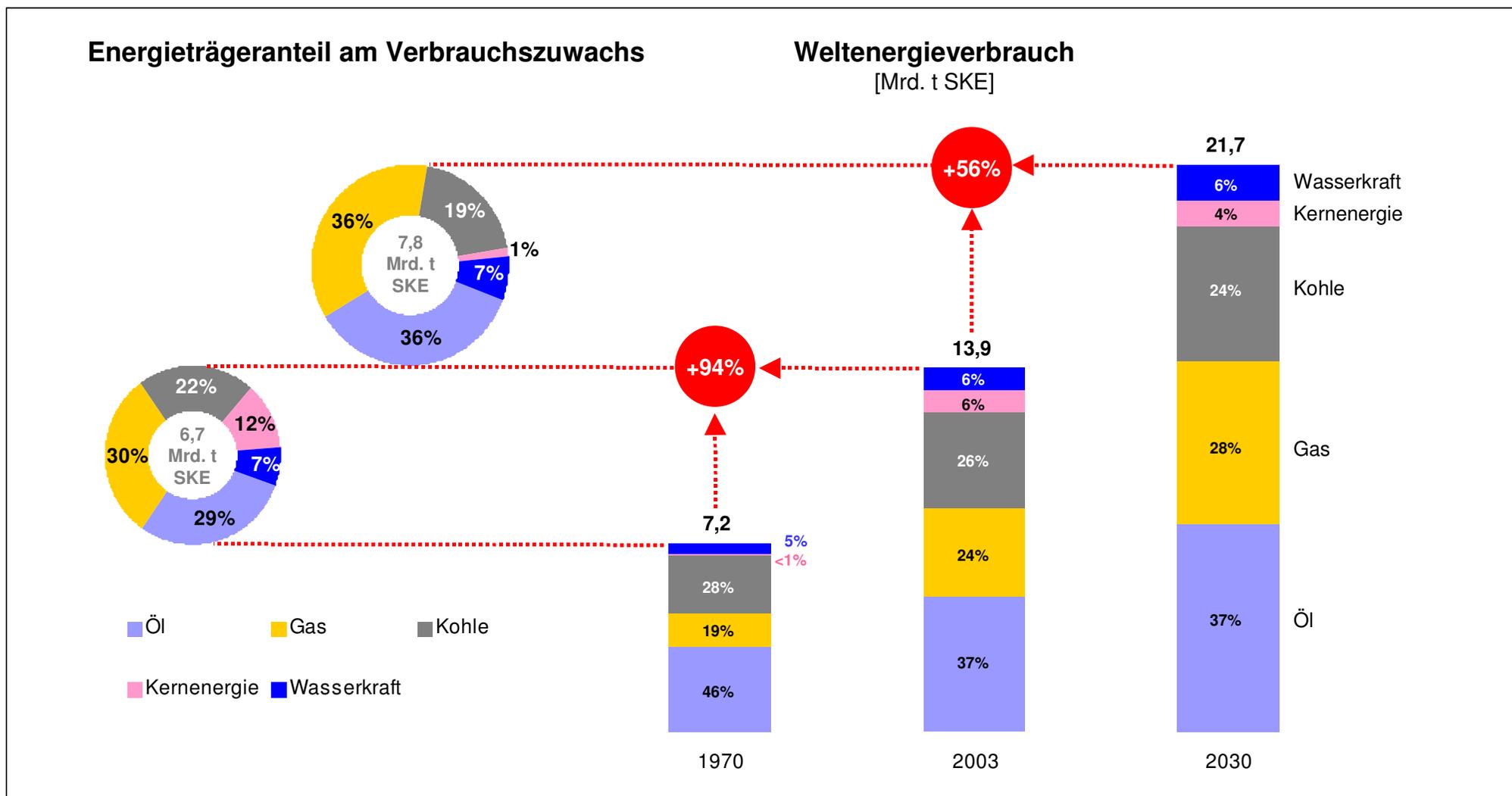


Abbildung 5: Entwicklung des Primärenergieverbrauchs nach Energieträgern

[Quelle: Eigene Berechnungen auf der Basis IEA 2004 und BP 2004; Anmerkung: Darstellung für kommerziell gehandelte Energieträger]

- Die Nutzung der **Kernenergie** und **Wasserkraft** tragen nur in geringem Maße zur Deckung des zusätzlichen Energiebedarfs bei. Wobei der geringe Deckungsanteil der Kernenergie durch die rückläufige Nutzung vor allem im europäischen Raum beeinflusst wird.

Im Vergleich zu den zurückliegenden drei Dekaden wird für die Zukunft ein leichter Rückgang der **jährlichen Zuwachsraten** erwartet [\Rightarrow *Abbildung 6*]. Wie aber bereits zuvor erläutert wurde, wird das absolute Mengenwachstum größer sein als in der Vergangenheit.

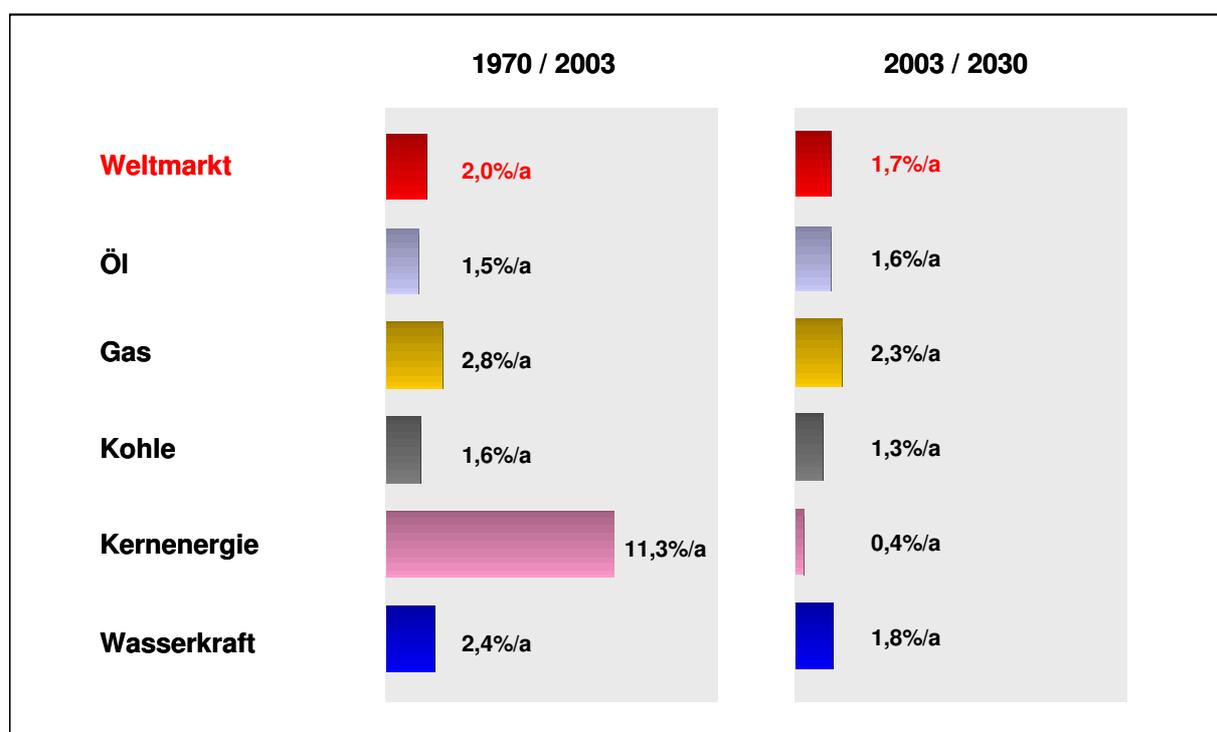


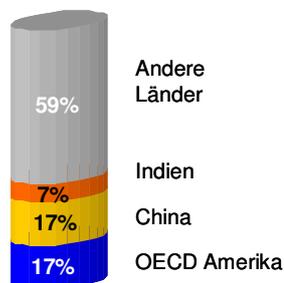
Abbildung 6: Jährliche Änderungsraten des Primärenergieverbrauchs

[Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von IEA 2004 und BP 2004; Anmerkung: Darstellung für kommerziell gehandelte Energieträger]

Der Verbrauchsanstieg bei den einzelnen Energieträgern wird, wie in der Vergangenheit, regional zum Teil sehr unterschiedlich sein. Zudem werden gleichfalls, wie in der Vergangenheit, einzelne Länder bestimmte Energiemärkte mit ihrem zusätzlichen Bedarf beeinflussen.

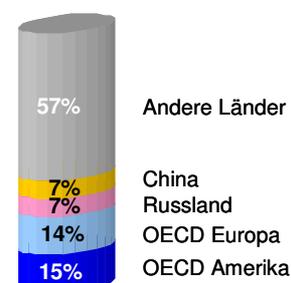
Der zwischen 2003 und 2030 erwartete **zusätzliche Ölverbrauch** wird weitgehend in allen Ländern der Welt stattfinden. Mit einem Anteil von gut 40 % wird aber die zusätzliche Nachfrage vor allem von **China**, **Indien** und den Ländern der **OECD Amerika** besonders geprägt sein.

Verteilung des
zusätzlichen
Ölverbrauchs
von 2003 nach 2030



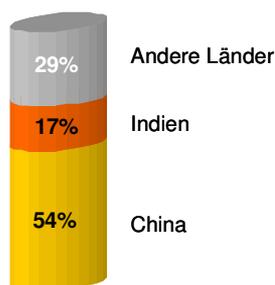
Der Zuwachs beim **Gasverbrauch** konzentriert sich mit einem Anteil von über 40 % auf lediglich vier Regionen bzw. Länder. Während in der Vergangenheit bereits die Länder der OECD Europa und Russland beim Verbrauchszuwachs dominierten, treten als **neue große Nachfrager**

Verteilung des
zusätzlichen
Gasverbrauchs
von 2003 nach 2030



China und die Länder der **OECD Amerika** hinzu.

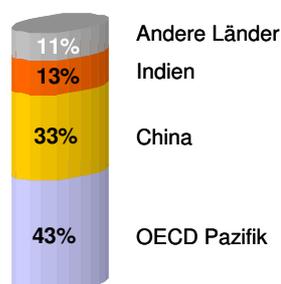
Verteilung des
zusätzlichen
Kohleverbrauchs
von 2003 nach 2030



Der künftige zusätzliche **Kohlebedarf** konzentriert sich mit gut 70 % auf **China** und **Indien**. Wurden in der Vergangenheit von den USA noch zusätzlich große Kohlemengen zur Deckung des wachsenden Energiebedarfs eingesetzt, wird dies künftig nicht mehr in gleichem Umfang erwartet.

Der weitere Ausbau der **Kernenergie** wird sich fast ausschließlich im asiatischen Raum vollziehen.

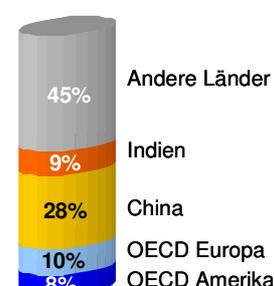
Verteilung des
zusätzlichen
Kernenergieverbrauchs
von 2003 nach 2030



Die zusätzliche Nutzung der **Wasserkraft** wird durch vier Länder bzw. Ländergruppen geprägt sein, auf die über 50 % des zu realisierenden Ausbaupotenzials entfällt.

Ein **Vergleich der Entwicklung** zwischen 1970 und 2003 mit der künftig erwarteten Entwicklung zeigt vor allem die **wachsende Bedeutung von China und Indien** für den steigenden Welt-

Verteilung des
zusätzlichen
Wasserkraftverbrauchs
von 2003 nach 2030



energiebedarf. War China in der Vergangenheit nur bei drei Energieträgern (Öl, Kohle und Wasserkraft) als wesentlicher Nachfrager zusätzlicher Energiemengen vertreten, so wird China künftig bei allen Energieträgern einen wachsenden Bedarf aufweisen. Für Indien trifft



dies in ähnlicher Weise zu. Zwischen 1970 und 2003 war Indien nur am wachsenden Kohleverbrauch maßgeblich beteiligt. Für die Zukunft wird Indien nur beim zusätzlichen Gasverbrauch nicht nennenswert beteiligt sein, sonst aber bei allen anderen Energieträgern deutlich zum weltweiten Verbrauchswachstum beitragen.

Entsprechend diesen Entwicklungen wird sich der **Primärenergieverbrauch nach Regionen** künftig weiter in Richtung des asiatischen Raums verschieben (\Rightarrow *Abbildung 7*). Die zusätzlichen Energiemengen werden künftig nur noch zu 22 % in den Ländern der OECD anfallen, während es zwischen 1970 und 2003 noch knapp 40 % waren. **China** wird alleine soviel zusätzliche Energie benötigen wie die gesamte OECD.

Diese sich abzeichnende Entwicklung basiert auf jährlichen **Wachstumsraten** beim Energieverbrauch, die niedriger sind als in den zurückliegenden Jahrzehnten (\Rightarrow *Abbildung 8*). Es kann somit nicht von einer unwahrscheinlichen Entwicklung hinsichtlich des künftigen weltweiten Energiebedarfs ausgegangen werden.

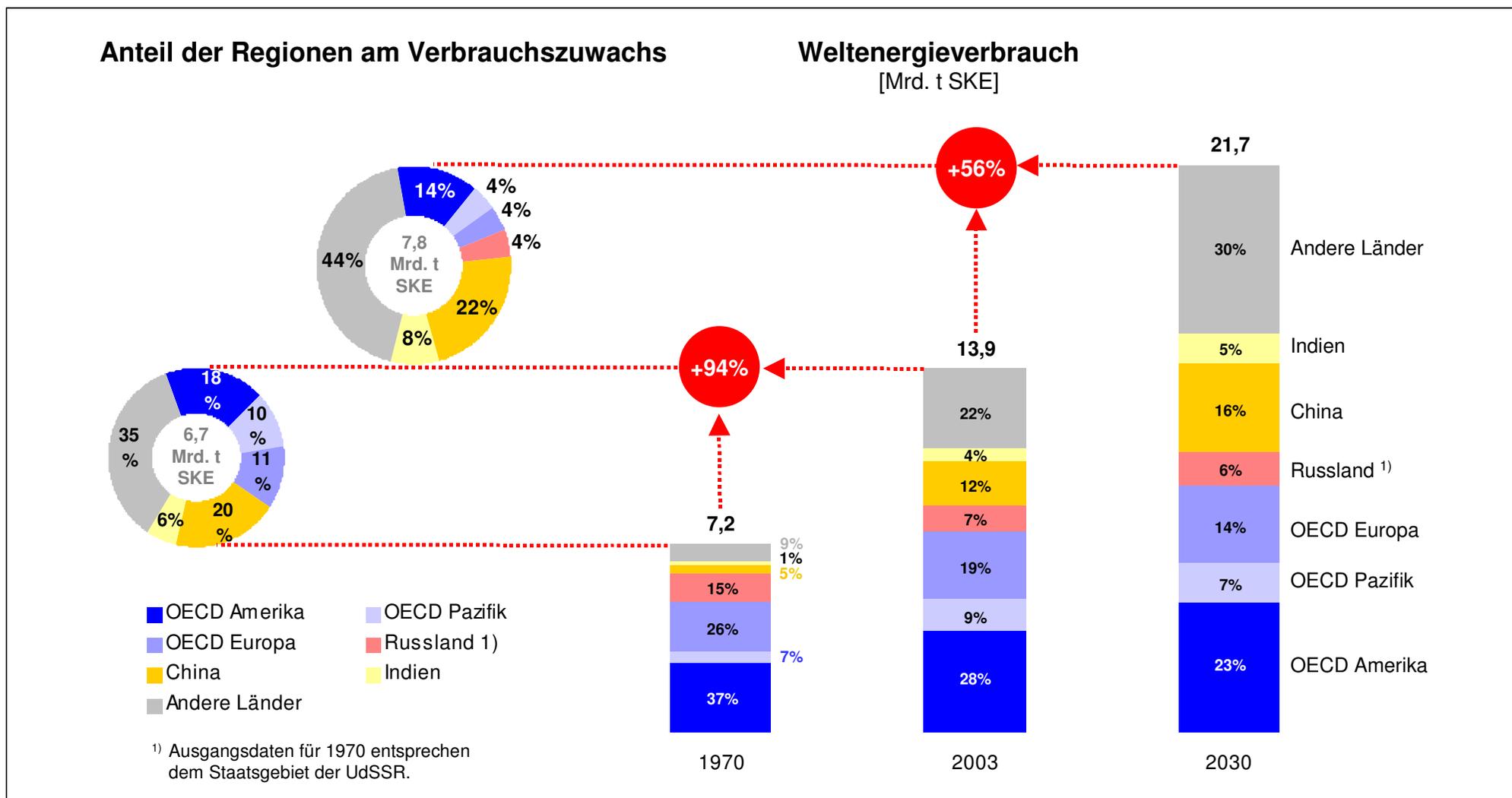


Abbildung 7: Entwicklung des Primärenergieverbrauchs nach Regionen

[Quelle: Eigene Berechnungen auf der Basis IEA 2004 und BP 2004; Anmerkung: Darstellung für kommerziell gehandelte Energieträger]

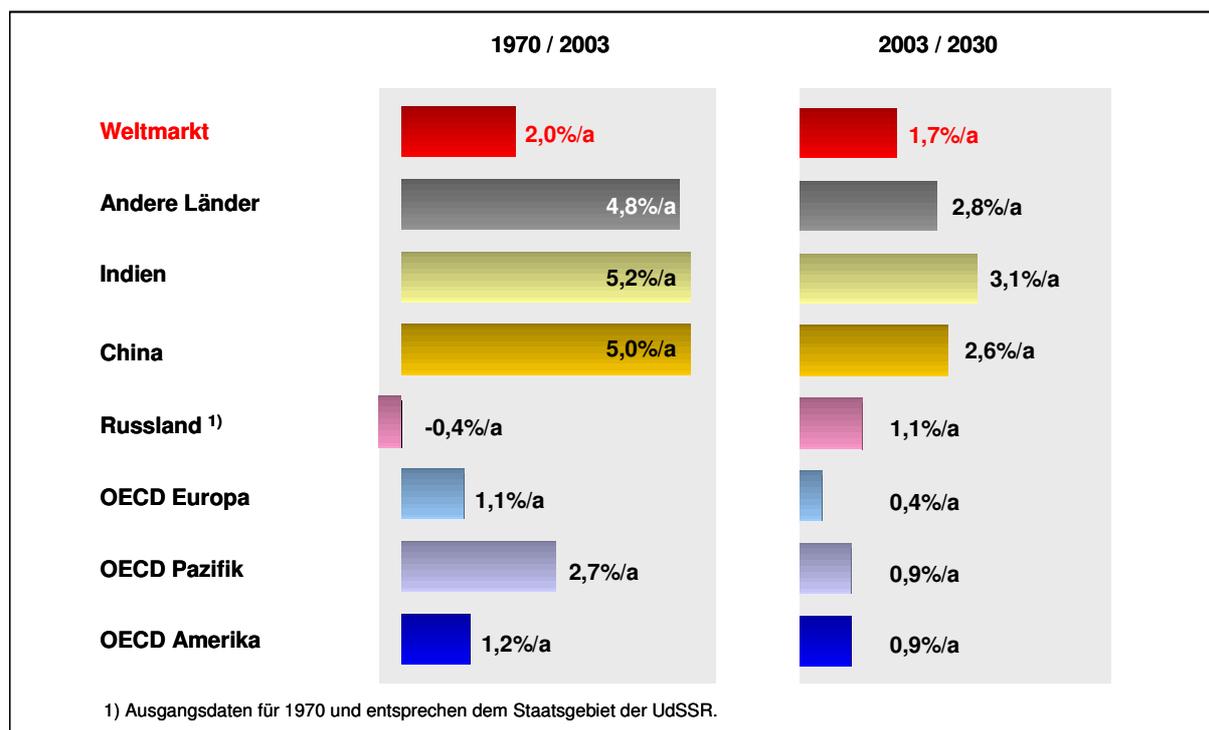


Abbildung 8: Jährliche Änderung des Primärenergieverbrauchs

[Quelle: IEA 2004 und eigene Berechnungen]

Für die künftige Entwicklungen des weltweiten Bedarfs von Energierohstoffen bis 2030 ergibt sich als zusammenfassendes Fazit:

- Die **Weltenergienachfrage** wird weiterhin durch ein **stetiges Wachstum** (1,7 %/Jahr) gekennzeichnet sein und sich um fast 60 % erhöhen.
- Der **Mengenzuwachs** bis 2030 wird mit 7,8 Mrd. t SKE noch um 15 % höher ausfallen als im Zeitraum von 1970 bis 2003 (6,7 Mrd. t SKE).
- Die **Bedeutung der Industrieländer** (OECD) für dem Weltenergiemarkt wird weiter kontinuierlich sinken. Ihr Anteil am Energieverbrauch wird von 55 % in 2003 auf etwa 44 % bis 2030 abnehmen.
- Der **zusätzliche Energiebedarf** bis 2030 wird in der gesamten OECD genauso groß sein wie der von China alleine.
- Sowohl **China** als auch **Indien** werden künftig bei **allen Energieträgern** als zusätzliche große Nachfrager auf dem Markt auftreten, während sie in der Vergangenheit nur bei einzelnen Energieträgern die zusätzliche Nachfrage dominierten.

2.3 Perspektiven der Versorgung mit Energierohstoffen

Die Projektion eines erwarteten Energieverbrauchs – wie im Kapitel zuvor dargestellt – führt nur dann zu einem konsistenten Bild der künftigen Entwicklung, wenn neben der Nachfrage-seite auch die **Angebotsseite für Energierohstoffe** berücksichtigt wird.

Dem stetigen Wachstum des Energieverbrauchs steht die **Endlichkeit** fossiler und nuklearer Energieträger gegenüber. Neben Umwelteffekten ist dies ein wesentlicher Teil der energiepolitischen Diskussion. Ein Blick auf die statische Reichweite¹ endlicher Energieträger zeigt, dass vor allem die Reserven² von konventionellem Erdöl und Erdgas sowie von Uran mit gut 40 bzw. 60 Jahren nur noch begrenzt zur Verfügung stehen (\Rightarrow *Abbildung 9*). Diese kurzen Zeiträume erschließen sich auch dem menschlichen Zeitgefühl und lassen die genannten Energieträger – anders als bei Kohle – nur noch kurzfristig verfügbar erscheinen.

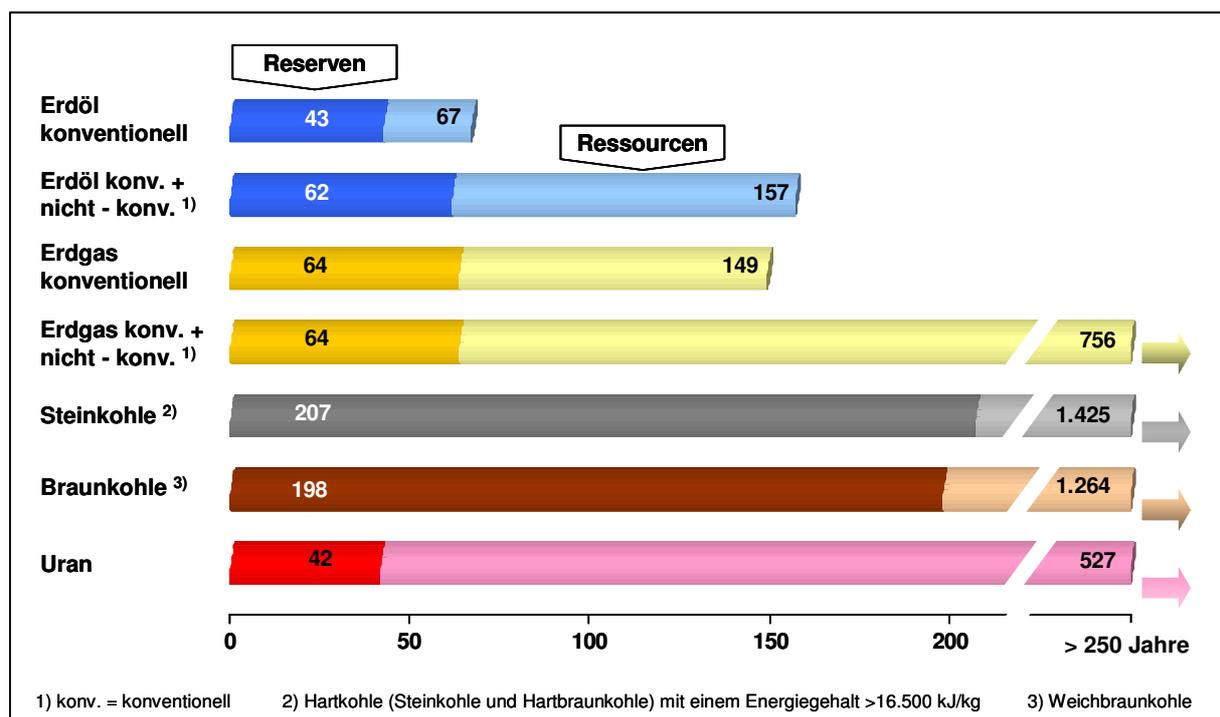


Abbildung 9: Statische Reichweite für endliche Energieträger ab dem Jahr 2000

[Quelle: BGR 2003]

- ¹ Die statische Reichweite für die zeitliche Verfügbarkeit eines Energieträgers wird ermittelt, indem die bekannten Reserven durch die aktuelle Förderung dividiert wird.
- ² Für die Definition von „Reserven und Ressourcen“ sowie „konventionellen und nicht-konventionellen“ Vorkommen wird auf die Erläuterungen auf Seite 27 f. verwiesen.

Ein Blick in die Vergangenheit zeigt allerdings, dass sich für Erdöl und Erdgas die statische Reichweite in den letzten Jahrzehnten eher als Konstante, denn als abnehmende Größe, darstellt (\Rightarrow *Abbildung 10*). Hierfür sind im wesentlichen neben verbesserten Ausbeuteraten bei bestehenden Rohstoffvorkommen und neu entdeckten Potenzialen auch wirtschaftliche Effekte durch die Energiepreisentwicklung verantwortlich. Letztere bewirken bei steigenden Energiepreisen, dass aus den Ressourcen wirtschaftlich nutzbare Reserven werden und damit diese vergrößern.

Eine grundsätzliche Problematik für die künftige Versorgung mit Energierohstoffen bis zum Jahr 2030 und darüber hinaus ist derzeit aus den bekannten Reserven und Ressourcen nicht ableitbar.

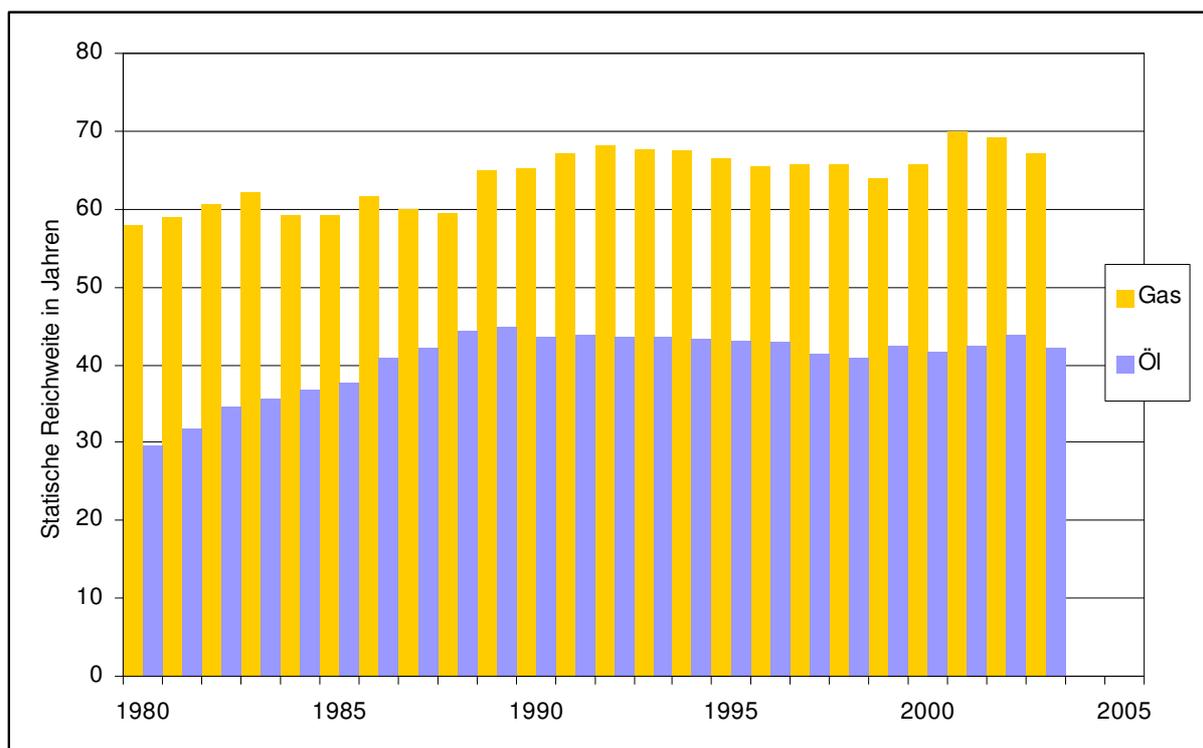


Abbildung 10: Entwicklung der statischen Reichweite für Gas und Öl

[Quelle: BP 2004 und eigene Berechnungen]

Die Problematik der künftigen Versorgung mit Energierohstoffen liegt vielmehr im zunehmenden **Importbedarf** großer regionaler bzw. nationaler Volkswirtschaften (\Rightarrow *Abbildung 11*). Der im Kapitel zuvor dargestellte wachsende Energiebedarf müsste also künftig über einen größeren Welthandel mit Energierohstoffen gedeckt werden. Hinzu kommt, dass in einigen Regionen – z.B. in der Europäischen Union – dem wachsenden Energieverbrauch sinkende eigene Vorkommen, insbesondere bei Erdöl und Erdgas, gegenüberstehen.

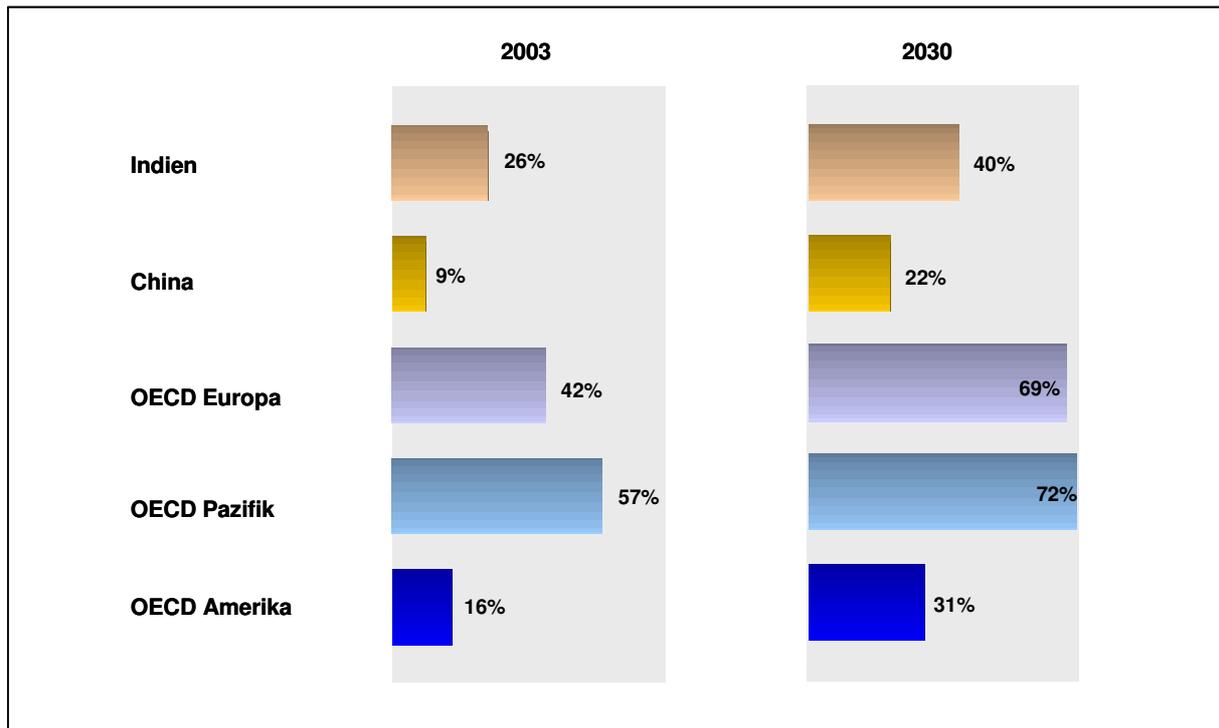


Abbildung 11: Entwicklung des Anteils der Energieimporte für ausgewählte Regionen

[Quelle: Eigene Berechnungen auf der Basis von BP 2004 und IEA 2004]

Erläuterungen zu „Reserven und Ressourcen“

Reserven sind Vorkommen von Energierohstoffen, die mit großer Genauigkeit erfasst und mit den derzeitigen technischen Möglichkeiten wirtschaftlich abbaubar sind. Reserven sind eine Teilmenge der Ressourcen.

Ressourcen sind geologisch nachgewiesene oder noch nicht nachgewiesene, aber geologisch mögliche Vorkommen, die derzeit nicht wirtschaftlich gewinnbar sind. Die Einteilung wird in drei Kategorien von wenig wahrscheinlich bis sehr wahrscheinlich klassifiziert. Die Ressourcen sind Vorkommen, die mit zukünftiger Technik unabhängig von der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit vermutlich abbaubar sind.

Das **Volumen der Reserven** unterliegt einer kontinuierlichen Schwankung, da hierauf einerseits der Verbrauch einen Einfluss hat und andererseits durch die Höhe der Energie-

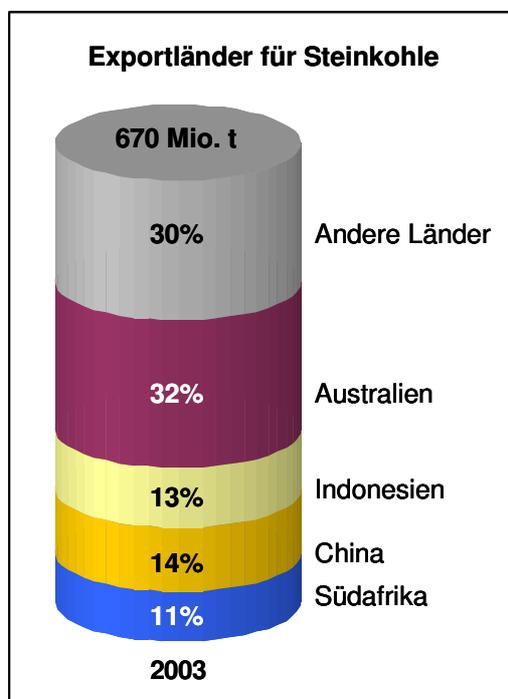
trägerpreise stetig Anteile in Ressourcen übergehen (sinkende Energiepreise) oder aus einem Teil der Ressourcen wieder Reserven werden (steigende Energiepreise).

Neben den konventionellen Kohlenwasserstoffen beinhalten Reserven und Ressourcen die jeweiligen Anteile an **nicht konventionellem** Erdöl (Schweröl, Schwerstöl, Ölsand (Bitumen, Asphalt), Ölschiefer) und Erdgas (Gashydrate, Kohle-Flözgas, dichte Speicher, Aquifere).

Für weitere Erläuterungen zu dieser Thematik wird auf die Quelle [BGR 2003] verwiesen.

Der wachsenden Nachfrage nach überregional gehandelten Energierohstoffen steht zudem eine **Konzentration der Energiereserven** in einzelnen Regionen gegenüber. Dies gilt besonders für Erdöl und Erdgas (\Rightarrow *Abbildung 12 und 13*). Die **Abhängigkeit der Länder der OECD** wächst in besonderem Maße von geopolitisch instabilen Regionen.

Die Versorgungslage mit Kohle konnte bisher als relativ gesichert angesehen werden, da die Kohlereserven weltweit verteilt sind und bisher der **Kohlemarkt** auch ein Wettbewerbsmarkt war (\Rightarrow *Abbildung 14*). Auf dem Kohlemarkt sind aber seit einiger Zeit Umbrüche zu verzeichnen, die sich sowohl auf das Kohlepreisniveau als auch auf die Versorgungslage auswirken.



- Der internationale Kohlemarkt wird zu 30 % von nur neun Unternehmen beherrscht. Die Konzentration im Weltkohlehandel durch Unternehmenszusammenschlüsse hält an.
- Mit Australien, China, Indonesien und Südafrika dominieren vier Länder 70 % des Weltkohlehandels. Daraus ergibt sich eine ähnliche Konzentration wie bei den Lagerstätten für Erdöl und Erdgas.
- Die Situation auf dem Koks- und Koksmarkt hat in den letzten Monaten gezeigt, dass die Dynamik des Verbrauchswachstums nicht nur zu explodierenden Weltmarktpreisen führen kann, sondern auch zu punktuellen Versorgungsengpässen.

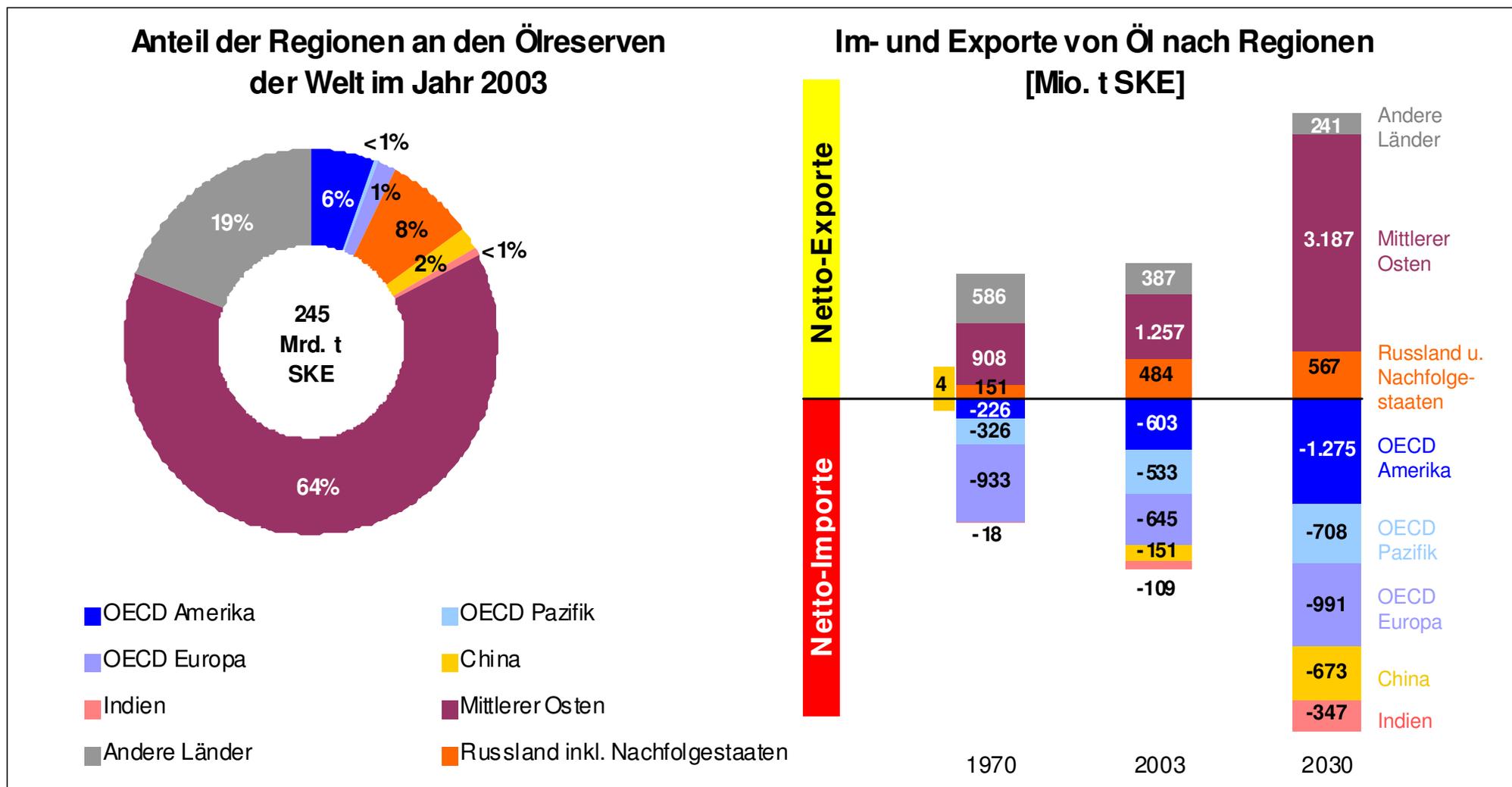


Abbildung 12: Netto-Importe und Netto-Exporte sowie Verteilung der Energiereserven für Erdöl nach Regionen

[Quelle: Eigene Berechnungen auf der Basis von BP 2004 und IEA 2004]

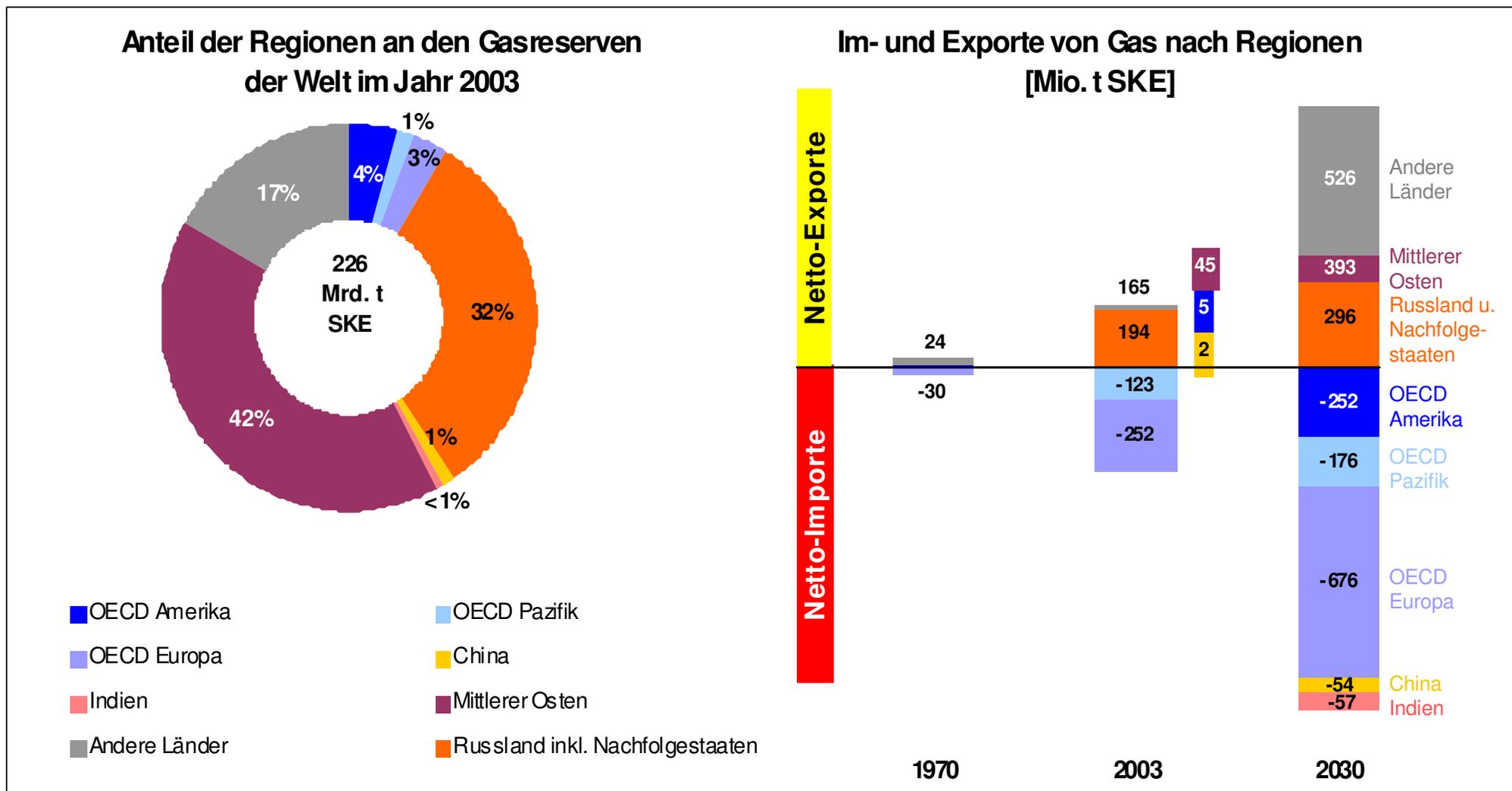


Abbildung 13: Netto-Importe und Netto-Exporte sowie Verteilung der Energiereserven für Erdgas nach Regionen

[Quelle: Eigene Berechnungen auf der Basis von BP 2004 und IEA 2004]

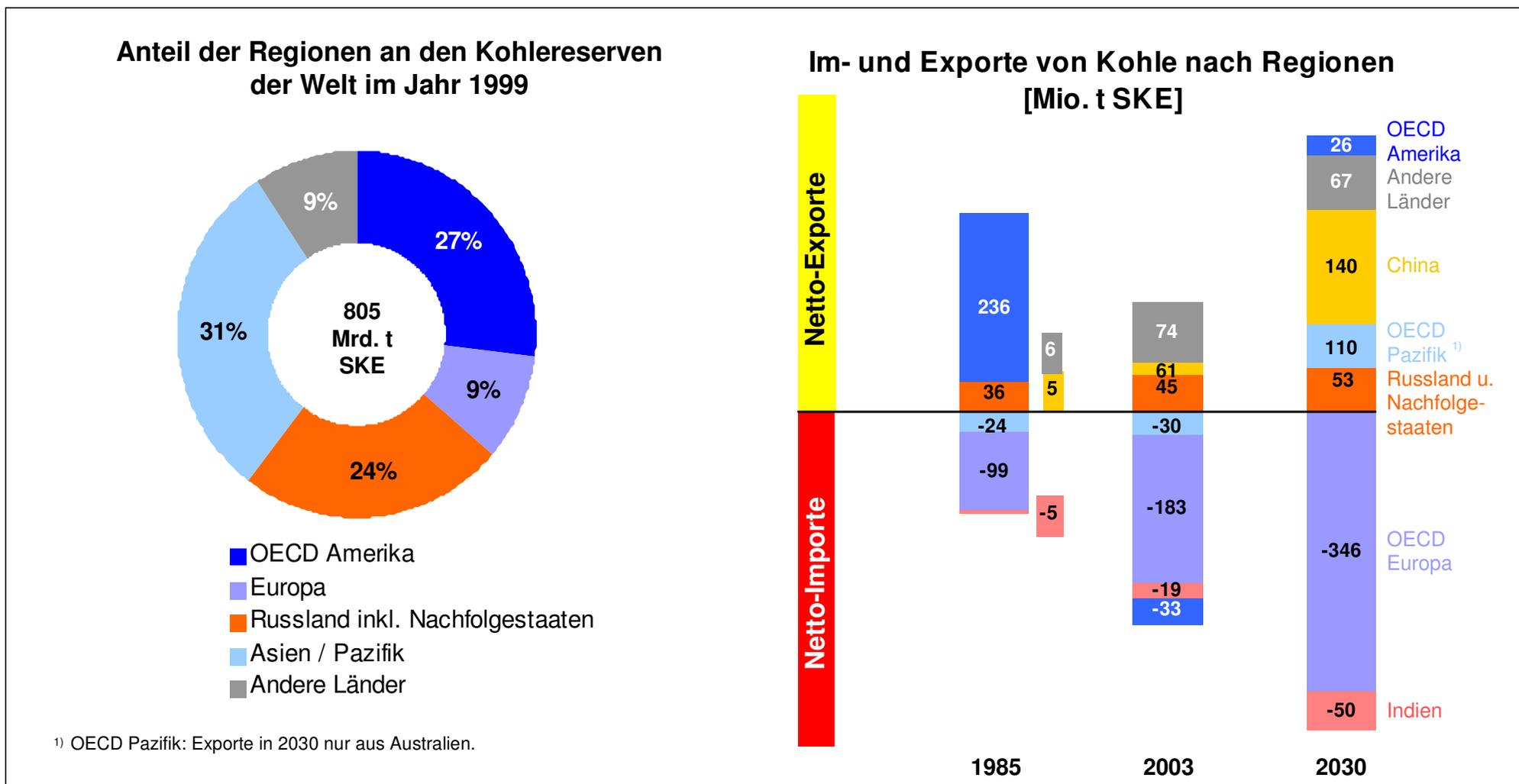


Abbildung 14: Netto-Importe und Netto-Exporte sowie Verteilung der Energiereserven für Kohle nach Regionen

[Quelle: Eigene Berechnungen auf der Basis von BP 2004, WEC 2001 und IEA 2004]



Die zuvor dargestellten Entwicklungen für die künftige Nachfrage- und Angebotsituation sind hinlänglich bekannt und sind durch die Ereignisse um die Kokskohle- und Koksversorgung der letzten Monate nur wieder in den Blickwinkel der Öffentlichkeit gerückt. Eher abseits vom allgemeinen öffentlichen Interesse sind weltweit vermehrte **Aktivitäten zur Sicherung der künftigen Versorgung mit Energierohstoffen** zu beobachten.

- **China** sichert sich Kohlelagerstätten in Afrika und verhandelt über Öl- und Gaslieferungen aus Russland.
- **Indien** will sich über eine Gaspipeline aus dem Iran versorgen lassen.
- Mit der Orientierung **Russlands**, durch Gas- und Öllieferungen in Richtung China und den USA neue Märkte zu erschließen, lassen sich neue „Verteilungskämpfe“ um bisher eher für Europa gedachte Energierohstoffe erkennen.

Diese schlagwortartig genannten Aktivitäten stellen nur einen Ausschnitt aus den vielfältigen Bestrebungen zur Sicherung der Energieversorgung dar. Sie verdeutlichen aber anschaulich die zunehmenden weltweiten Aktivitäten einzelner Staaten, um möglichst große Anteile an den weltweiten Reserven für sich zu sichern. Die **wirtschaftliche Leistungsfähigkeit** einzelner Länder unterstützt diese Aktivitäten in besonderem Maße. So ist zum Beispiel **China** im letzten Jahr zum Land mit den **zweitgrößten Geldreserven** (610 Mrd. US\$, plus 200 Mrd. US\$ zum Vorjahr) nach Japan (845 Mrd. US\$) aufgestiegen und verfügt somit über die notwendige Finanzkraft für internationale Aktivitäten auf den Energiemärkten (*www.finanznachrichten.de vom 12.01.2005*).³ China verfügt nicht nur über das notwendige Kapital zur Sicherung von Energievorkommen, sondern kann sich – wie sich im vergangenen Jahr auch zeigte – relativ unbeeindruckt von hohen Weltmarktpreisen ausreichend mit Energie versorgen. Insgesamt konzentrierten sich Ende 2004 60 % der Devisenreserven aller Zentralbanken bei den führenden Zentralbanken Asiens (2,3 Billionen US\$) [FAZ 2005].

Ein Indikator für die Verfügbarkeit von Energierohstoffen sind die **Energiepreise**. Auch wenn gerade in letzter Zeit spekulative Elemente an den Rohstoffbörsen deutlich zum Tragen gekommen sind, so spiegelt sich aber besonders beim Rohölpreis der steigende Bedarf, die Konzentration der Lagerstätten und die geopolitisch unsichere Lage im Umfeld der großen Ölreserven wieder. Im Euro-Raum wird die tatsächliche Preisentwicklung auf den Märkten

³ Die Währungsreserven der Bundesbank betragen Ende Dezember 2005 71 Mrd. EUR oder gemäß dem damaligen Wechselkurs knapp 100 Mrd. US\$ (*www.bundesbank.de*).

für Energierohstoffe aufgrund des günstigen Wechselkursverhältnisses zum US\$ nur abgeschwächt wirksam (\Rightarrow *Abbildung 15*).

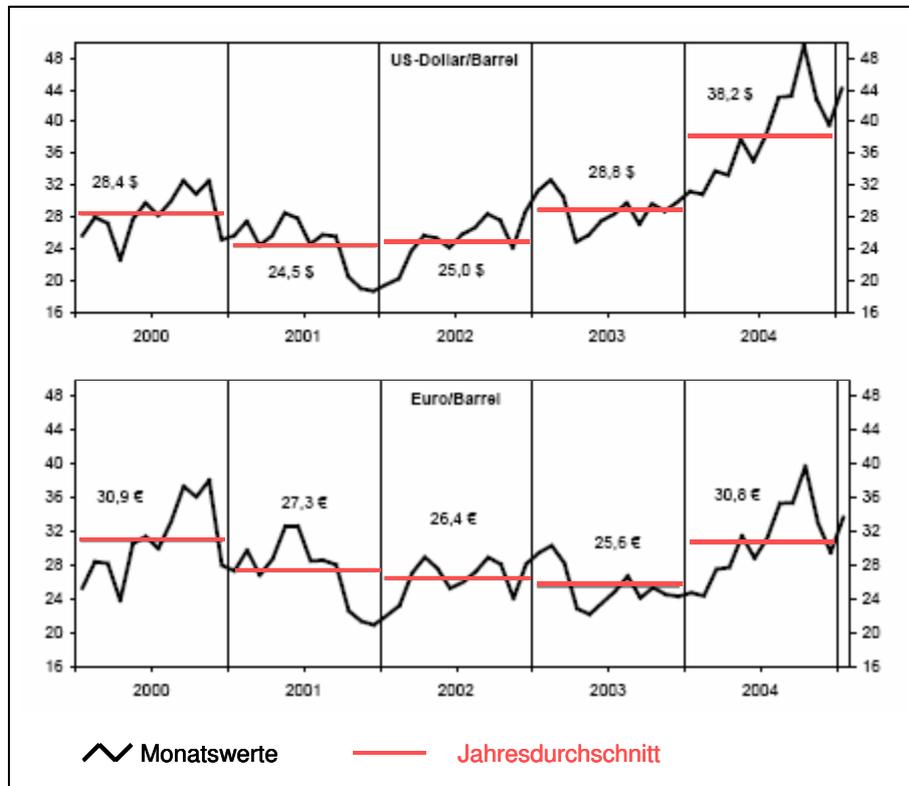


Abbildung 15: Entwicklung der Rohölpreise (Brentöl) auf dem Spotmarkt

[Quelle: HWWA 2005]

Für die weitere **Entwicklung der Energiepreise** sind die Nachfrage und das verfügbare Angebot die wesentlichen Indikatoren. Neben dem verfügbaren Mengenangebot spielt aber auch die Anbieter- bzw. Lagerstättenkonzentration eine wesentliche Rolle. Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass dies nunmehr nicht nur bei Öl und Gas der Fall ist, sondern auch zunehmend den Kohlesektor betrifft.

Von der Vielzahl – zum Teil auch spekulativer Energiepreisprognosen – ist in Tabelle 1 die Energiepreisentwicklung gemäß IEA dargestellt. Demnach werden die realen Energiepreise (Preisbasis 2000) für Öl und Gas zunächst bis 2010 sinken, um dann bis 2030 wieder stetig anzusteigen. Nur für **Kohle** wird im gesamten Zeitraum bis 2030 ein **stetiger Preisanstieg**



ohne zwischenzeitliche Preissenkungen erwartet. Von 2003 bis 2030 ergeben sich folgende **Preisveränderungen:**

	reale Preise	nominale Preise
Erdöl	+ 7,4 %	+ 69 %
Erdgas	+ 27 %	+ 108 %
Kraftwerkskohle	+ 16 %	+ 88 %

Tabelle 1: Entwicklung der Energiepreise in realen und nominalen Werten
[Quelle: IEA 2004 und eigene Berechnungen für nominale Werte]

Energieträger		2003	2010	2020	2030
Rohöl (Brent) [US\$/barrel]	reale Preise ¹⁾	27	22	26	29
	nominale Preise ²⁾	29	26	38	49
Erdgas (EU-Importe) [US\$/MWh]	reale Preise ¹⁾	12	11	13	15
	nominale Preise ²⁾	12	14	19	25
Kraftwerkskohle [US\$/t]	reale Preise ¹⁾	38	40	42	44
	nominale Preise ²⁾	40	48	61	75

1) Preisbasis 2000

2) Angenommene Inflationsrate: 2%/a bis 2010, 2,5%/a für Folgejahr in Anlehnung an [RWE 2004]

Da der **Rohölpreis als „Leitwährung“** fungiert, sind Zielsetzungen der OPEC für die Preisgestaltung von besonderem Interesse. Von der OPEC wurde für den Rohölpreis ein Zielbereich zwischen nominal 22 und 28 US\$/barrel definiert. Hiervon weichen die aktuellen Notierungen deutlich nach oben ab und seitens der OPEC ist der bisherige Zielbereich bis auf weiteres außer Kraft gesetzt worden. Eine Neudefinition für den Zielkorridor ist noch nicht in Sicht, allerdings werden bereits 32 bis 34 US\$/barrel genannt [HWWA 2005].

Weitere Indikatoren für einen anhaltend hohen Rohölpreis werden vom Terminhandel in New York signalisiert. Lieferungen für Juni 2006 werden mit 40 US\$/barrel und fünfjährige Kontrakte mit einer Laufzeit bis Dezember 2009 mit 35 US\$/barrel gehandelt. Diese mittel- bis längerfristigen Lieferungen ohne den Einfluss von Kurzfristspekulationen sind ein Anzeichen



für nachhaltig höhere Energiepreise [FAZ 2004]. Die von der IEA angegebene Entwicklung der Energiepreise stellt somit das untere Band einer wahrscheinlicheren höheren Preisentwicklung dar.

Ebenso erscheinen die Preisprognosen der IEA für **Erdgas und Kohle** eher den unteren Rand der künftigen Preisspanne zu markieren. Wie bereits zuvor dargestellt wurde, ist aus dem Angebotsmarkt – und dies gilt insbesondere für Steinkohle – ein Nachfragemarkt mit einer neuen Nachfragerkonkurrenz geworden. So weisen zum Beispiel die neuen Jahresverträge für Koks-kohle eine **Preissteigerung** gegenüber dem Vorjahr um den **Faktor 2** und darüber aus.⁴ Die wachsende Energienachfrage erfordert den Aufschluss neuer Kohlegruben und Gasfelder in beträchtlichem Umfang und wird von den Anbietern nur durchgeführt, wenn mindestens das derzeitige hohe Preisniveau beibehalten werden kann [Handelsblatt 2004].

Die vorliegenden Preisprognosen vor allem für Kohle, aber auch Erdgas, basieren auf Produktionskosten. Diese **methodische Vorgehensweise** muss heute aber in Frage gestellt werden. Der Faktor einer steigenden Nachfrage und der grundlegende Wandel vom Anbieter- zum Nachfragemarkt mit neuen Nachfragekonkurrenzen wurde bisher nicht berücksichtigt. Es ist daher davon auszugehen, dass die Energiepreise künftig nicht mehr nennenswert unter das heutige Niveau fallen werden.

⁴

<u>Vertragspreise Australien (FOP)</u>	<u>Vertragspreise Kanada (FOB)</u>
04/04 bis 03/05: 58 US\$/t	04/04 bis 03/05: 51 US\$/t
04/05 bis 03/06: 125- 135 US\$/t	04/05 bis 03/06: 100 –140 US\$/t

Alle Angaben zuzüglich Fracht [Mc Closkey 2005].



Für die Perspektiven der Versorgung mit Energierohstoffen ergibt sich als zusammenfassendes Fazit:

- Die bekannten **Reserven und Ressourcen** reichen für eine gesicherte Versorgung bis 2030 und darüber hinaus aus.
- Der **steigende Energiebedarf** und die zum Teil abnehmenden Vorräte in den Verbrauchsschwerpunkten führen zu einem **deutlichen Anstieg des weltweiten Handels mit Energierohstoffen**.
- Die **Konzentration auf der Angebotsseite** (Förderregion und Anbieter) nimmt **bei allen Energieträgern** deutlich zu.
- Die **Abhängigkeit der Länder der OECD** von der Versorgung aus geopolitisch unsicheren Regionen nimmt dramatisch zu.
- **Neue Marktteilnehmer**, wie China, versuchen sich bereits heute, künftige Förderstätten zu sichern. **China** besitzt zudem die **wirtschaftliche Leistungsfähigkeit**, auch bei hohen Energiepreisen seine Versorgung mit Energierohstoffen zu gewährleisten.
- Die **Energiepreise** werden nicht mehr auf das niedrige Niveau der 90er-Jahre zurückfallen. Für **Rohöl** muss mit einem realen Preis um 30 US\$/barrel gerechnet werden. Die zunehmende weltweite Nachfrage nach **Gas** und **Kohle** wird auch diese beiden Energieträger nicht zu kostengünstigen Alternativen zum Rohöl machen.



3 Energierohstoffe in Deutschland

Der Weltmarkt für Energierohstoffe hat das Umfeld beschrieben, in dem sich die Versorgung mit Energierohstoffen in Deutschland gegenwärtig und künftig bewegen wird. Als einerseits rohstoffreiches Land mit ausreichenden fossilen und erneuerbaren Energieträgern deckt Deutschland aber bereits heute gut 60 % seines Energieverbrauchs über Energieimporte ab. Eine weitere Zunahme der Energieimporte ist absehbar und es stellt sich die Frage: Welche Möglichkeiten bestehen zur Vermeidung oder jedenfalls Begrenzung zusätzlicher Importabhängigkeiten?

Ausgehend von dieser Frage werden folgende Aspekte zur Versorgung mit Energierohstoffen in Deutschland betrachtet:

- Zunächst wird in Form eines Überblicks die **Entwicklung des Verbrauchs von Energierohstoffen** in Vergangenheit und Zukunft mit einem Zeithorizont von 1991 bis 2030 dargestellt (Kapitel 3.1).
- Auf Basis des Energieverbrauchs wird der **Stellenwert heimischer und importierter Energierohstoffe** für verschiedene Anwendungsbereiche analysiert (Kapitel 3.2).
- Da die wirtschaftliche Entwicklung im Besonderen auf der industriellen Wertschöpfung beruht, wird im Kapitel 3.3 die Importabhängigkeit von Energierohstoffen in der **energieintensiven Industrie** dargestellt.
- Abschließend werden **Perspektiven der Versorgungssicherheit** für Deutschland aufgezeigt. Diese Perspektiven stellen keine endgültige Lösung dar, sondern sind vielmehr als Diskussionsbeitrag zu verstehen (Kapitel 3.4).

3.1 Nutzung von Energierohstoffen in Vergangenheit und Zukunft

Die Nutzung von Energierohstoffen in Deutschland ist bisher geprägt durch die traditionelle Verwendung der inländischen Braun- und Steinkohle sowie die wesentlich auf Importe angewiesenen Energieträger Erdöl und Erdgas. Ergänzt wird dieser Energiemix durch Kernenergie und erneuerbare Energien. Letztere wurden bisher wesentlich durch die Wasserkraftnutzung



bereitgestellt. Der **Primärenergieverbrauch** hat sich zwischen 1991 und 2002 leicht um 2 % verringert (\Rightarrow *Abbildung 16*).⁵

Für die Primärenergieversorgung sind **Mineralöle** mit einem Anteil von gegenwärtig fast 40 % nach wie vor der **wichtigste Energierohstoff**. Zu einem $\frac{1}{4}$ wird der Primärenergieverbrauch durch **Braun- und Steinkohle** abgedeckt. Ihr Anteil hat sich nach den Umstrukturierungen in Ostdeutschland im Vergleich zum Beginn der 90er-Jahre um gut zehn Prozentpunkte verringert. Der **Erdgasanteil** hat sich kontinuierlich erhöht und erreicht beinahe die Bedeutung der Kohlenutzung. Die Kernenergie und sonstigen Energieträger haben mit 13 % bzw. 4 % die geringsten Anteile an der Deckung des Primärenergieverbrauchs. Besonders durch den Ausbau der Windenergienutzung hat sich der Anteil der sonstigen Energien in den 90er-Jahren vervierfacht.

Für die weitere Entwicklung des Energieverbrauchs in Deutschland existieren verschiedene **Referenzszenarien** mit unterschiedlichen Zeithorizonten sowie Aktualisierungs- und Detaillierungsgrad, wie zum Beispiel von [EU 2004], [IER/Prognos 2004], [Prognos 2002] und [RWI 2004]. Um ein an die aktuelle Entwicklung angepasstes Referenzszenario für die nachfolgenden Analysen zur Verfügung zu haben und andererseits einen Zeithorizont bis 2030 analog zu den vorangegangenen Analysen zum Weltmarkt für Energierohstoffe abbilden zu können, konnte keine der genannten Quellen in ihrer vorliegenden Form verwendet werden. Vom IE Leipzig wurde daher auf der Basis von [IER/Prognos 2004] mit einem Zeithorizont bis 2015 und [Prognos 2002] mit einem Zeithorizont über 2030 hinaus – aber nicht mehr aktuellen Ausgangsdaten – eine der hier zu behandelnden Fragestellung angepasstes Referenzszenario entwickelt.

Die **Tendenz des sinkenden Primärenergieverbrauchs** wird sich bis 2030 weiter fortsetzen. Im Vergleich zum Jahr 2002 sinkt der Primärenergieverbrauch um 17 %. Neben Effekten der Effizienzsteigerung wird sich nach 2020 auch allmählich der Rückgang der Bevölkerung auf den Energieverbrauch auswirken.

⁵ Für die Detailanalysen zum Stellenwert heimischer und importierter Energierohstoffe wurden die verfügbaren Energiebilanzen der Bundesrepublik Deutschland herangezogen. Für das heutige Staatsgebiet liegen diese nur vollständig für den Zeitraum von 1991 bis 1999 vor. Für die Jahre 2000 bis 2002 konnte auf die vorläufigen Analysen der AG Energiebilanzen zurückgegriffen werden. Um die Kompabilität der Darstellung zu gewährleisten wird daher auch hier und nachfolgend nur der Zeitraum von 1991 bis 2002 dargestellt.



Die **Energieträgerverteilung** im Jahr 2030 wird durch den dann realisierten Ausstieg aus der Kernenergie beeinflusst. Hierdurch erhöhen sich die Anteile aller übrigen Energieträger bei zum Teil gleichzeitigen Mengenrückgang. Nur der Gasverbrauch und die Nutzung erneuerbarer Energien steigen noch leicht an. Entsprechend dem Referenzszenario nach [Prognos 2002] erfahren, entgegen den energiepolitischen Zielen, die erneuerbaren Energien nicht den gewünschten deutlichen Ausbau.

Die **Bruttostromerzeugung** hat sich von 539 TWh im Jahr 1991 um knapp 8 % auf 581 TWh bis 2002 erhöht. Eine steigende Tendenz wird auch bis 2030 mit einer Bruttostromerzeugung von 609 TWh erwartet.⁶ Hierbei wird unterstellt, dass Deutschland entgegen der derzeitigen Situation mit Stromexportüberschüssen im Jahr 2030 Nettoimporteur in der Größenordnung von etwa 10 TWh sein wird. Dies entspricht allerdings nur einem Anstieg von knapp 5 % in fast 30 Jahren. Der **Brennstoffeinsatz zur Stromerzeugung** wird sich hingegen zwischen 2002 und 2030 deutlich um 23 % verringern (\Rightarrow *Abbildung 17*). Dies ist auf die Erneuerung des Kraftwerksparks mit verbesserten Wirkungsgraden zurückzuführen. Durch den Ausstieg aus der Kernenergie erhöhen sich die **Anteile** aller übrigen Energieträger deutlich. Mit einem leichten Mengenwachstum kann aber nur die Steinkohle rechnen und mit mehr als einer Verdoppelung die erneuerbaren Energien.

Der **Endenergieverbrauch** ist zwischen 1991 und 2002 annähernd konstant geblieben. Er wird sich aber bis 2030 um 11 % verringern. Bis auf Strom und erneuerbare Energien werden alle Energieträger zurückgehen. Die Energieträgeranteile werden sich hierdurch aber nicht wesentlich verändern. Mineralöle bleiben insbesondere aufgrund des Einsatzes im Verkehrssektor mit Abstand die wichtigsten Energieträger (\Rightarrow *Abbildung 18*).

Entscheidend für die Sicherheit der Energieversorgung eines Landes ist die Zusammensetzung der Energierohstoffe hinsichtlich eigener (inländischer) Ressourcen und Importen, d.h. welchen Stellenwert die Importe an Energierohstoffen für die einzelnen Zweige einer Gesellschaft, aber auch für bestimmte (nichtenergetische) Produkte einnehmen.

⁶ Im Jahr 2004 lag die Bruttostromerzeugung bereits bei 607 TWh mit einem Stromexportüberschuss von 7,3 TWh [Verband der Netzbetreiber e.V., www.vdn-berlin.de].

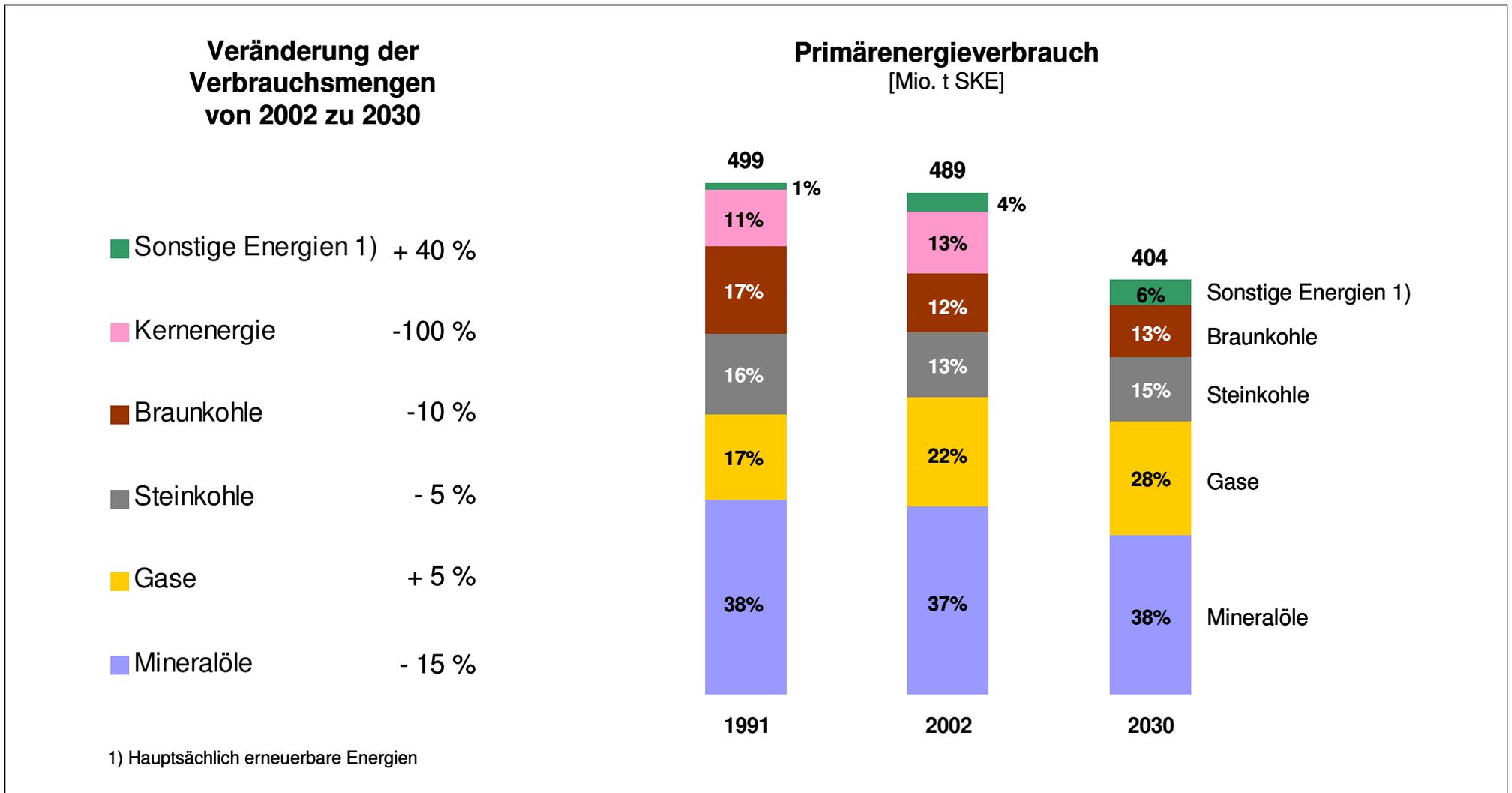


Abbildung 16: Entwicklung des Primärenergieverbrauchs nach Energieträgern
 [Quelle: Eigene Berechnungen auf der Basis von Prognos 2002 und IER/Prognos 2004]

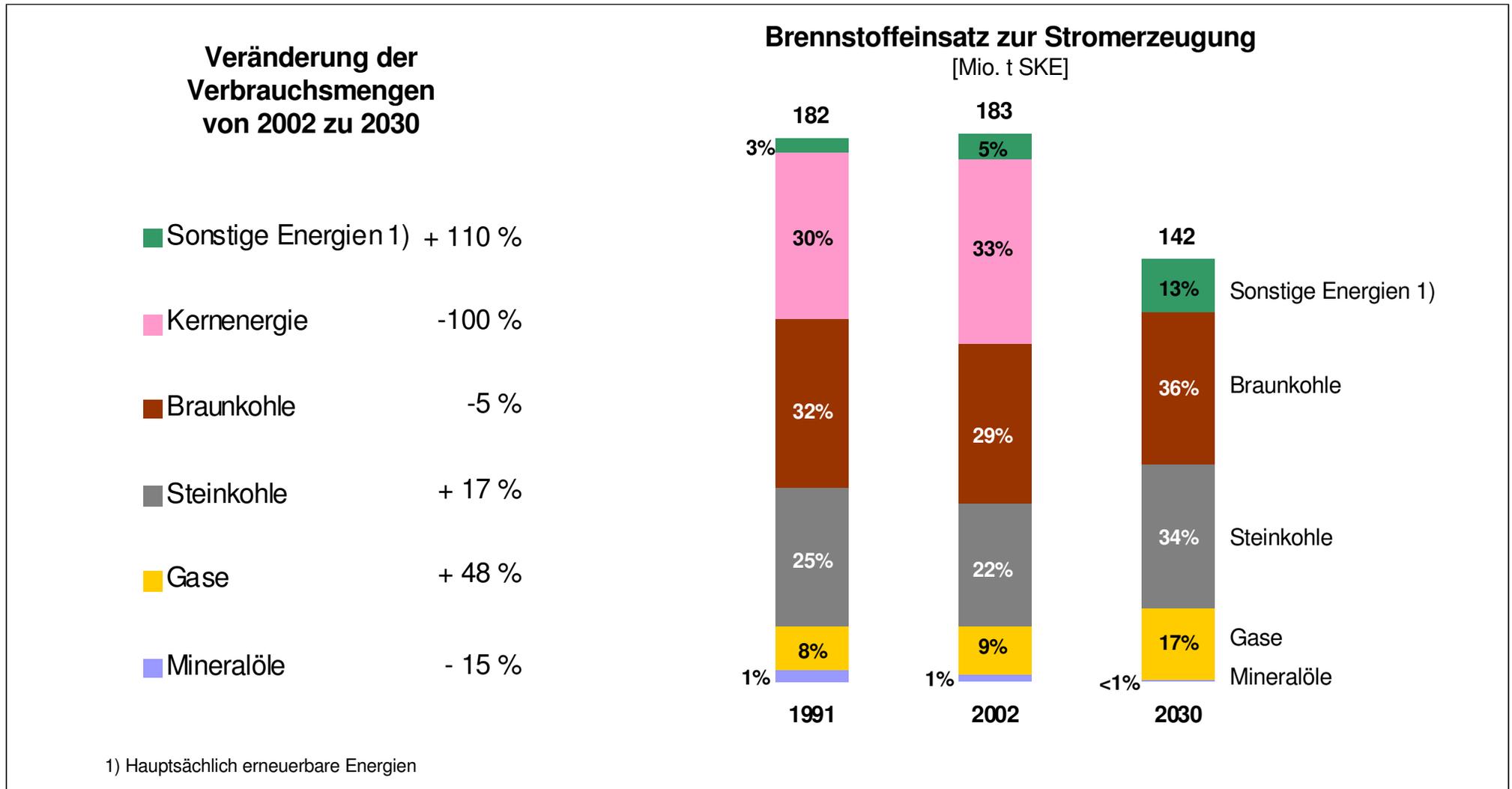


Abbildung 17: Entwicklung des Brennstoffeinsatzes zur Stromerzeugung nach Energieträgern

[Quelle: Eigene Berechnungen auf der Basis von Prognos 2002 und IER/Prognos 2004]

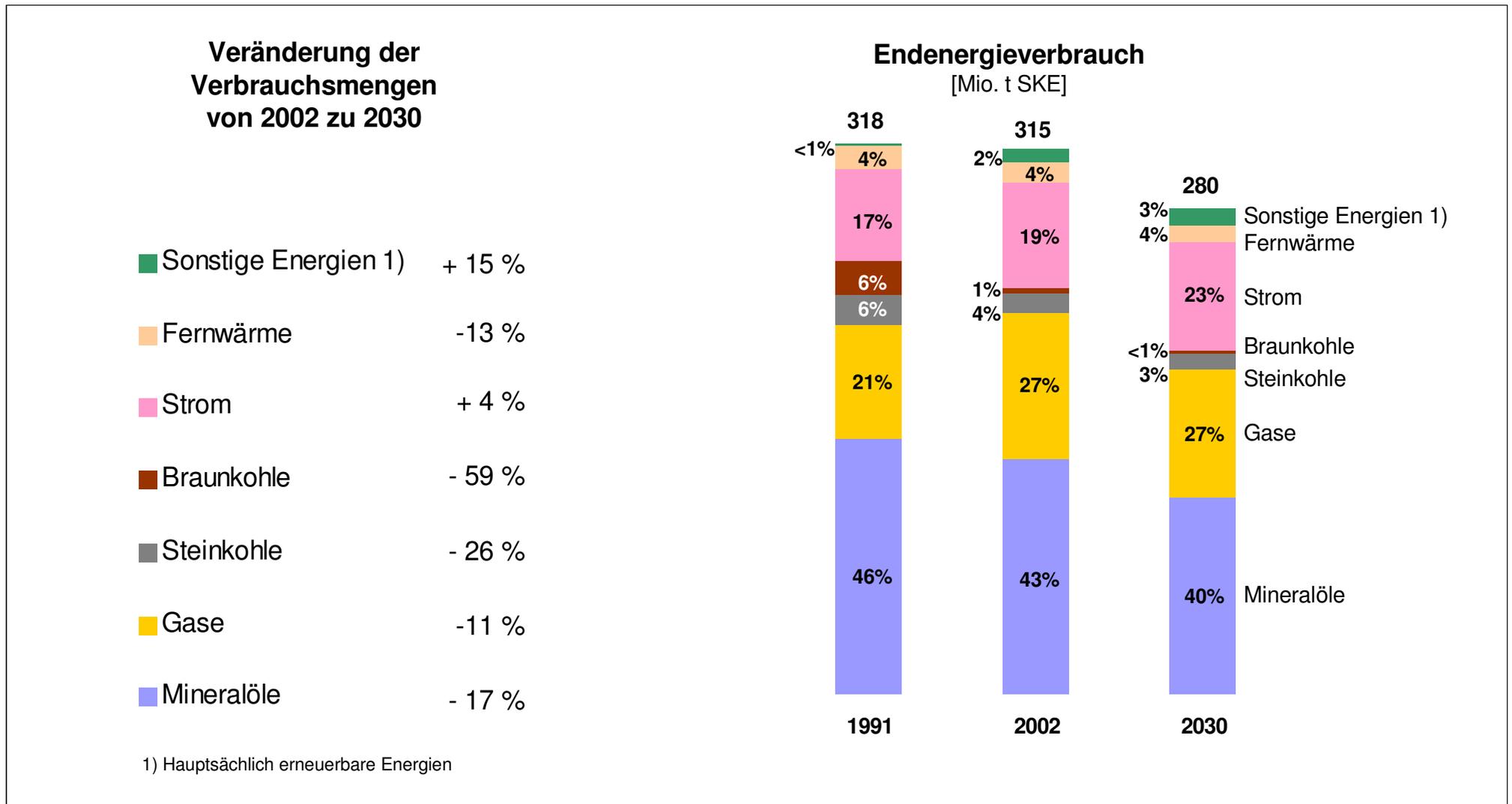


Abbildung 18: Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Energieträgern
 [Quelle: Eigene Berechnungen auf der Basis von Prognos 2002 und IER/Prognos 2004]

3.2 Stellenwert heimischer und importierter Energierohstoffe

Die Energieversorgung in Deutschland ist bereits heute zu mehr als der Hälfte von Energieimporten abhängig. Der Importenergieanteil, wie auch die Importmengen, werden sich trotz sinkendem Primärenergieverbrauch weiter erhöhen. Im Jahr 2030 wird gut 75 % der Primärenergie über Importe gedeckt werden müssen (\Rightarrow *Abbildung 19*). Die Kernenergie wurde hierbei als heimischer Energieträger gewertet.

Den größten Anteil an den Importen haben die Mineralöle vor allem wegen der fehlenden bzw. geringen heimischen Vorkommen. Aufgrund des Rückgangs der heimischen Steinkohlen- und Gasförderung sowie dem Anstieg beim Gasverbrauch werden diese Energieträger bis 2030 weiter steigende Anteile an den Energieimporten erhalten.

Für die heimische Steinkohle wurde unterstellt, dass bis 2030 die für 2012 geplante Förderung von 16 Mio. t SKE in gleicher Größenordnung weitergeführt werden kann. Ein Absinken der heimischen Kohleförderung unter diese Fördermenge würde weitere Importe erfordern.

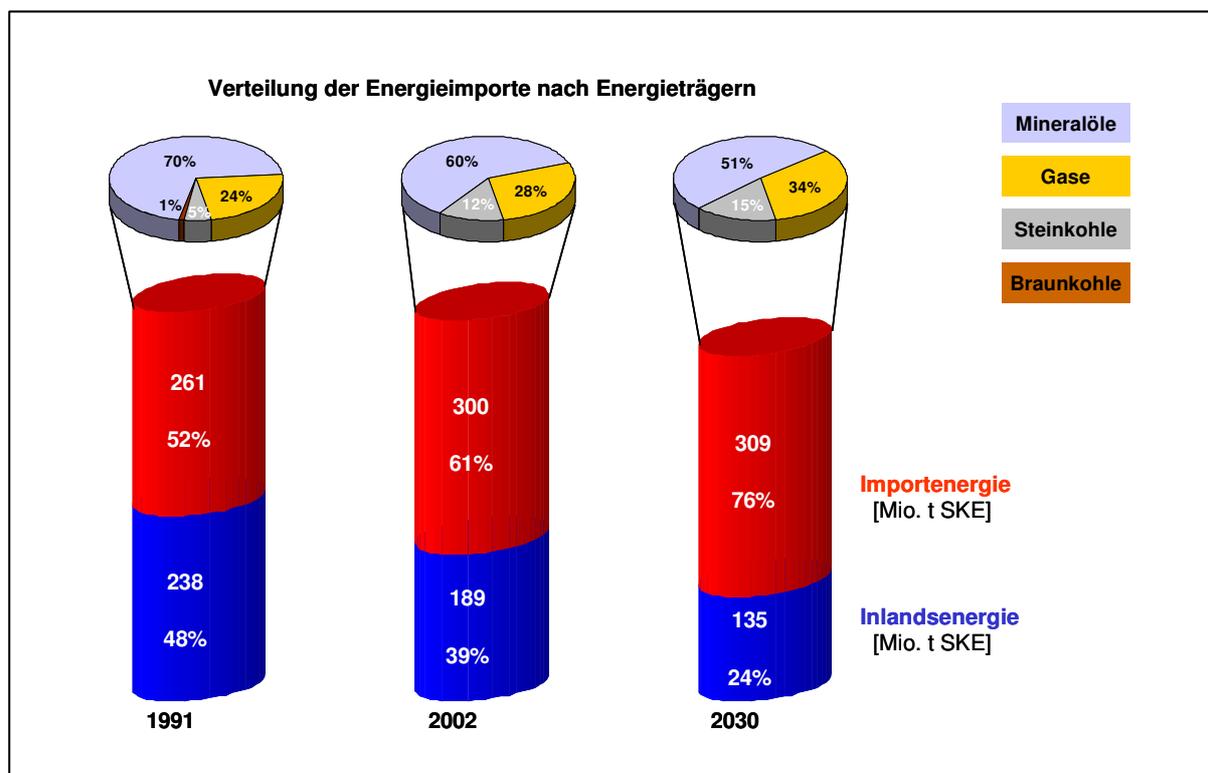


Abbildung 19: Entwicklung und Verteilung der Importenergie

[Quelle: Eigene Berechnungen und auf Basis der Energiebilanzen; Anmerkung: Kernenergie als Inlandsenergie gewertet]

Von den politischen Unwägbarkeiten im Mittleren Osten ist die Energieversorgung in Deutschland zurzeit nur zu 6 %, bezogen auf die Importmengen, abhängig (\Rightarrow Abbildung 20). Neben Energieimporten aus der Europäischen Union (EU) ist Russland mit Abstand das wichtigste Lieferland für die Energieversorgung.

Über die Verteilung der Lieferländer im Jahr 2030 kann noch keine verlässliche Aussage getroffen werden. Aufgrund der Vorkommen in der EU ist aber sicher, dass die Importe hieraus zurückgehen und neue Bezugsquellen gefunden werden müssen. Zwar könnte Russland durchaus mit zusätzlichen Energiemengen die fehlenden Importmengen ausgleichen, aber damit würde die Abhängigkeit von einem einzelnen Lieferland weiter zunehmen.

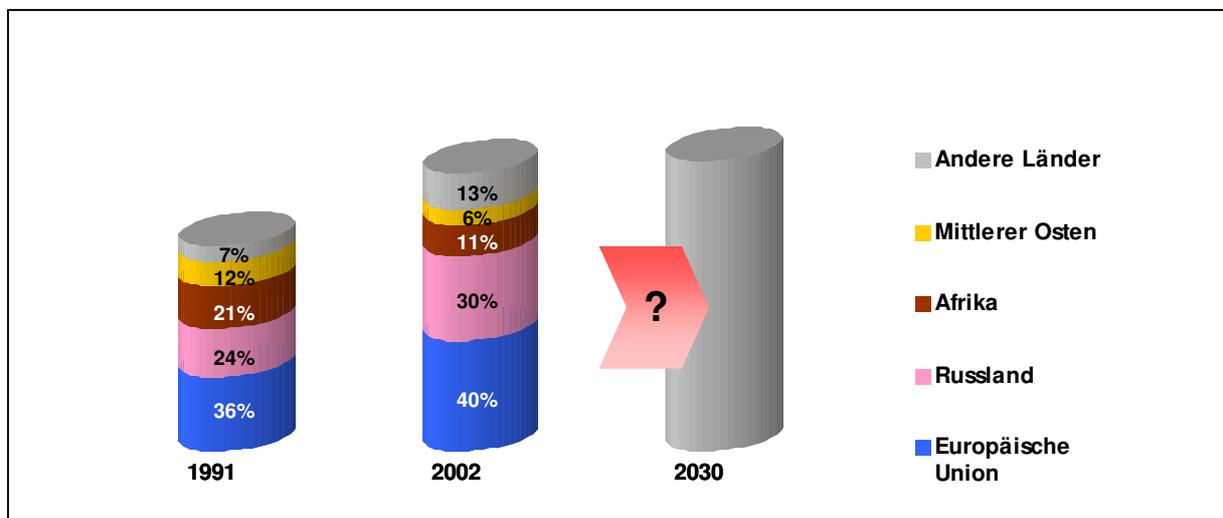


Abbildung 20: Verteilung der Importenergieländer

[Quelle: Eigene Berechnungen und auf Basis der Energiebilanzen]

Über die hier aufgezeigte generelle Importabhängigkeit hinaus war es ein wesentliches Ziel dieser Untersuchung, die Importabhängigkeit von Energierohstoffen für den Endenergieverbrauch und ausgewählte energieintensive Industrien zu analysieren. Die Ergebnisse zum Endenergieverbrauch werden nachfolgend dargestellt, während für die energieintensiven Industrien auf das nachfolgende Kapitel 3.3 verwiesen wird.

Zur Bewertung der Importabhängigkeit der Versorgung der Gesellschaft mit Energieträgern soll ein spezieller **ImportEnergieKoeffizient** (IEK) Aussagen ermöglichen. Mit dem IEK wird für jeden Endenergieträger die **Menge an Importenergie** (nicht der Prozentanteil) angegeben, die für die Bereitstellung einer Einheit Endenergie erforderlich ist. Mit Hilfe dieses Koeffizienten kann die Importabhängigkeit der einzelnen Energieverbrauchssektoren (Industrie, Verkehr, private Haushalte und GHD einschließlich der nichtenergetischen Verwendung



von Energie) bestimmt werden. Eine solche Betrachtung lässt die Energiebilanz ohne die hier vorgenommene Auswertung nicht zu. Gleiches gilt für wichtige energieintensive Branchen des verarbeitenden Gewerbes. Die Definition und Ableitung des IEK sind in den „*Erläuterungen zum ImportEnergieKoeffizienten*“ näher dargelegt.

Erläuterungen zum „ImportEnergieKoeffizienten“

Aufgabe der Energiewirtschaft eines Landes ist es, den auftretenden Endenergiebedarf wirtschaftlich, sicher und umweltverträglich zu decken. Das erfolgt durch die Bereitstellung von Primärenergie sowie der Umwandlung von Primär- in Sekundärenergie (wie z.B. Elektroenergie, Fernwärme oder Koks). Dies geschieht auf dem Wege einer inländischen Förderung bzw. Energieumwandlung oder durch einen Import. Jede Umwandlung von Primär- in Sekundärenergie ist mit Energieverlusten verbunden, die – sofern sie im Inland angesiedelt ist – den Primärenergieverbrauch des Inlandes belastet. Für die Charakterisierung der Höhe der auftretenden Verluste hat sich in der energiewirtschaftlichen Praxis der sogenannte **Globalwirkungsgrad** bewährt, der ausdrückt, wie groß der Ausstoß an Endenergie im Vergleich zur eingesetzten Primärenergie ist. Aussagekräftiger ist der reziproke Wert dieser Kenngröße, der ausweist, wie viel Primärenergie bereitgestellt werden muss, um eine Einheit Endenergie bereitzustellen:

$$\eta_{EEV} = \frac{PEV}{EEV}$$

oder

Einsatz an Primärenergie (PEV) je Einheit Endenergie (EEV), (kWh_{PEV}/kWh_{EEV}).

Für die Einschätzung der Effektivität des Endenergieeinsatzes zur Befriedigung des Nutzenergiebedarfes Wärme, Kraft und Licht dient der **Koeffizient der Energieeffizienz**, der anzeigt, wie viel Endenergie benötigt wird, um die Herstellung eines (nicht-energetischen) Produktes oder die Realisierung einer Dienstleistungs- bzw. Mobilitätsaufgabe zu erfüllen. Kenngrößen sind dabei beispielsweise die Werte kWh/€ BWS für die Herstellung von Produkten, kWh/m²*a für die Wärmeversorgung oder kWh/100 km Fahrleistung.

Während der reziproke Globalwirkungsgrad den grundsätzlichen Aufwand an Primärenergie zur Bereitstellung einer Einheit von Endenergie charakterisiert, unabhängig davon, ob die Primärenergie durch die eigene Förderung oder durch einen Import erfolgt, ist es für die Sicherheit der Energieversorgung von Bedeutung, wie hoch der Umfang der eingesetzten Importenergie innerhalb des Wertes η_{EEV} ist. Aussagefähig ist dabei nicht der prozentuale Anteil des Imports, sondern der Umfang an importierter Energie, die in einer Einheit eingesetzter Endenergie enthalten ist. Aus diesem Grunde soll zusätzlich zu den bereits bekannten Effektivitätskoeffizienten der

ImportEnergieKoeffizient (IEK)

neu definiert werden, mit:



IEK = Einsatz an Importenergie (IEV) je Einheit Endenergie, (EEV) ($\text{kWh}_{\text{IEV}}/\text{kWh}_{\text{EEV}}$).

Mit dem Ausweis des **IEK** für jeden Energieträger wird es möglich, den gesamten Verbrauch an Importenergie zu berücksichtigen, der in einer Einheit Endenergie enthalten ist. Das bedeutet, dass auch die Energieimporte erfasst werden, die durch Energieumwandlungsstufen in den Endenergieträger einfließen. In besonderem Maße gilt dies für die Erzeugung aber auch Verwendung von Strom und Fernwärme. Beispielsweise weisen die Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland für **Strom** in den Jahren 1991 und 1999 folgende Angaben aus [AG Energiebilanzen]:

	1991	1999
Umwandlungsausstoß Strom	1.942 PJ	2.000 PJ
Stromimport	293 PJ	146 PJ

Wird aber der Einsatz von Importenergie für die Erzeugung von Elektroenergie in die Betrachtung einbezogen, so ergibt sich für die Bewertung von Strom ($\text{kWh}_{\text{PEV}}/\text{kWh}_{\text{Strom}}$) folgendes Bild (eigene Berechnungen):

	1991	1999
Primärenergieeinsatz	2,668	2,605
- davon Importenergie	0,332	0,454
- davon Inlandenergie	2,336	2,151

Aus dieser Übersicht ist ersichtlich, dass im Jahre 1999 in einer Einheit Strom (1 kWh) insgesamt 2,605 kWh Primärenergie enthalten sind, wovon auf den Energieträgerimport 0,454 kWh entfallen.

Es sei ausdrücklich darauf verwiesen, dass die dargestellten Koeffizienten Energieeinheiten repräsentieren (kWh Primärenergieeinsatz je kWh erzeugter Endenergie).

In der obigen Darstellung wird, entgegen der Abbildung in den Energiebilanzen, der Einsatz von Kernenergie als „inländische Ressource“ erfasst.

Mit der beschriebenen Vorgehensweise wird für jeden Endenergieträger die Menge an Importenergie angegeben, die für die Bereitstellung einer Einheit Endenergie erforderlich ist, dargestellt als **ImportEnergieKoeffizienten**.

Mit Hilfe dieser Koeffizienten kann die Importabhängigkeit der einzelnen Energieverbrauchssektoren (Industrie, Verkehr, private Haushalte und GHD einschließlich der nichtenergetischen Verwendung von Energie) bestimmt werden. Eine solche Betrachtung lässt die Energiebilanz ohne die hier vorgenommene Auswertung nicht zu. Gleiches gilt für wichtige energieintensive Branchen des verarbeitenden Gewerbes.



Die Analyse der ImportEnergieKoeffizienten (IEK) der eingesetzten **Energierohstoffe** zeigt einen steigenden Importenergieinhalt für alle Energieträger. Wobei mit einer Importquote bei Heizölen und Kraftstoffen von etwa 98 % und bei Braunkohle von etwa 1 % keine generell veränderte Entwicklung zwischen 1991 und 2002 eingetreten ist. Für die Versorgung mit **Heizölen und Kraftstoffen** ist je Energieeinheit Endenergie bereits jetzt schon nahezu eine Energieeinheit Primärenergie zu importieren, während **Braunkohle** nahezu vollständig auf der inländischen Förderung beruht. Die zukünftigen Veränderungen sind daher gering.

Deutlichere Veränderungen des IEK sind in den 90er-Jahren bei Erdgas und Steinkohle aufgetreten (\Rightarrow *Abbildung 21*). Der Anstieg des IEK beim **Erdgas** seit Beginn der 90er Jahre wird sich auch in Zukunft weiter fortführen, da dem steigenden Erdgasverbrauch rückläufige heimische Vorkommen gegenüberstehen.

Der IEK für **Steinkohle** wird sich im Betrachtungszeitraum (1991 bis 2030) vervierfachen (\Rightarrow *Abbildung 21*). In der Vergangenheit (1991 bis 2002) haben sich die IEK für Sekundärenergieträger auf Steinkohlebasis um den Faktor 3 erhöht (\Rightarrow *Abbildung 22*). Insbesondere der IEK für Koks zeigt die ab 1998 zunehmende Orientierung der Stahlindustrie auf Importkoks. Die weitere Entwicklung des IEK für Steinkohle bis 2030 hängt im wesentlichen von energiepolitischen Entscheidungen über den Beitrag der heimischen Förderung zur Energieversorgung ab. In den Berechnungen wurde unterstellt, dass das Förderniveau von 16 Mio. t SKE ab 2012 bis 2030 beibehalten wird.

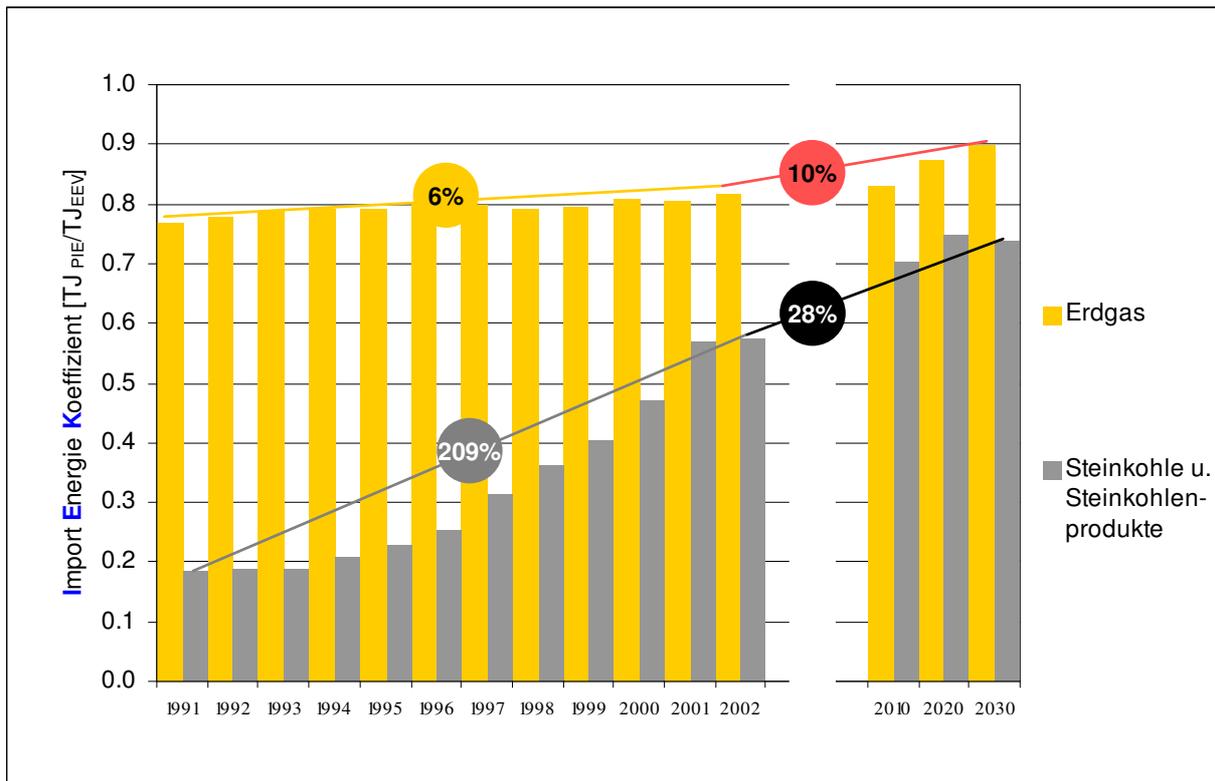


Abbildung 21: Entwicklung des ImportEnergieKoeffizienten für Erdgas und Steinkohle
 [Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Energiebilanzen bis 1999 und Zahlen zur Kohlenwirtschaft ab 2000]

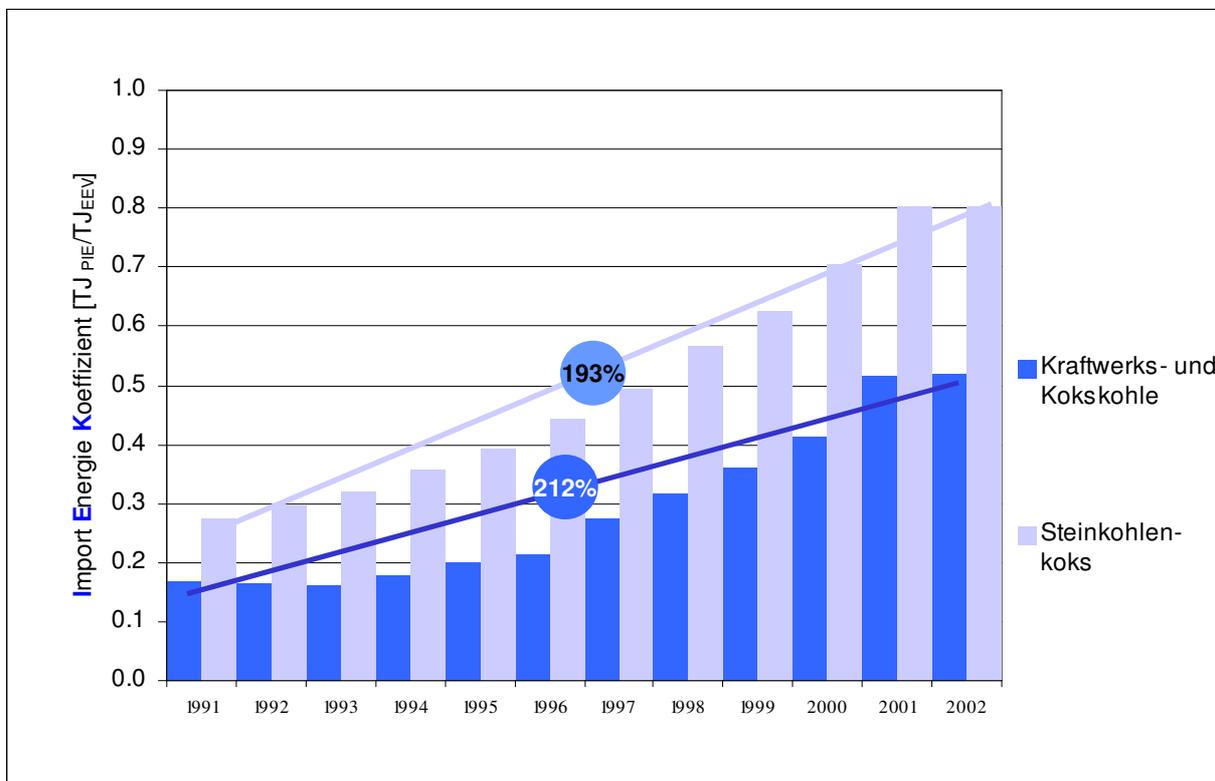


Abbildung 22: Entwicklung des ImportEnergieKoeffizienten für Steinkohlen und Steinkohlenkoks
 [Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Energiebilanzen bis 1999 und Zahlen zur Kohlenwirtschaft ab 2000]

Die Entwicklung der Endenergie **Strom** wird durch den Brennstoffeinsatz bestimmt und so hat sich der IEK bereits von 1991 bis 2002 um 67 % erhöht (\Rightarrow *Abbildung 23*). Diese Entwicklung wurde vor allem durch den stetig gestiegenen Importkohleeinsatz und die Zunahme der Gasverstromung verursacht.

Der Ausstieg aus der Kernenergie sowie der zunehmende Einsatz von Importkohle und Importerdgas zur Stromerzeugung – letztere Energieträger auch als Ersatz für die bisher auf Kernenergie beruhende Stromerzeugung – werden zu einem weiteren Anstieg des IEK um 40 % zwischen 2002 und 2030 führen. Von 1991 bis 2030 wird sich der IEK etwa um den Faktor 2,3 erhöht haben.

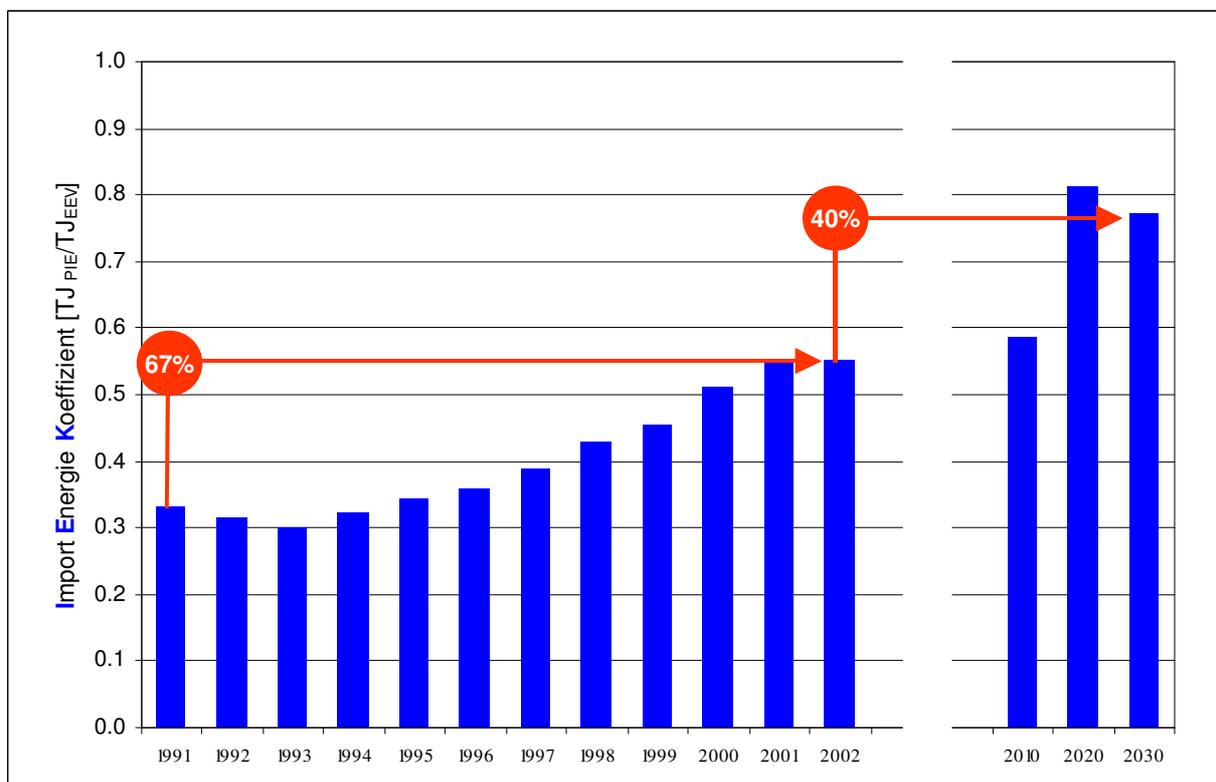


Abbildung 23: Entwicklung des ImportEnergieKoeffizienten für Strom

[Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Energiebilanzen]



Für den Stellenwert heimischer und importierter Energierohstoffe ergibt sich als zusammenfassendes Fazit:

- Die Energieversorgung in Deutschland beruht **heute** bereits zu über **60 %** auf **Importenergien**.
- Aufgrund rückläufiger heimischer Förderungen und vor allem Veränderungen in der Energieträgerstruktur der Stromerzeugung (keine Kernenergie, mehr Importerdgas und –steinkohle) wird der **Importanteil** bis 2030 auf **75 % des Primärenergieverbrauchs** ansteigen.
- Vom geopolitisch als unsicher einzuschätzenden **Mittleren Osten** ist die Energieversorgung in Deutschland mit einem Importanteil von **6 % bzw. 3 %** des Primärenergieverbrauchs zurzeit nur im geringen Maße abhängig.
- Von den **Energieimporten** werden **zurzeit 30 % aus Russland** bezogen und damit besteht eine dominante Abhängigkeit von einem Land.
- Der als sicher anzusehende **Energieimport aus EU-Ländern** (40 % der Importe) wird sich bis 2030, aufgrund ausgeschöpfter Vorkommen, deutlich verringern.
- Die **Importabhängigkeit** wird sich bis 2030 bei allen Importenergieträgern weiter erhöhen. Die größte Steigerung wird bei der Steinkohle durch den Rückgang der heimischen Förderung eintreten.
- Der **ImportEnergieKoeffizient** ist in den 90er Jahren (1991 bis 2003) vor allem in der **Stromerzeugung** mit **67 %** am deutlichsten angestiegen.
- Künftig wird der **ImportEnergieKoeffizient** in allen Sektoren weiter ansteigen. Mit einem **Anstieg von 40 %** (2002 bis 2030) wird wiederum die **Stromerzeugung** in besonderem Maße von der Zunahme der Importabhängigkeit betroffen sein.



3.3 Bedeutung von Energierohstoffen für die industrielle Wertschöpfung

Der Wandel von der Industrie zur Dienstleistungsgesellschaft wird in der Regel mit wirtschaftlichem Fortschritt gleichgesetzt. Dabei wird übersehen, dass ohne industrielle Wertschöpfung viele Dienstleistungssektoren gar nicht vorhanden wären. Der Blick in die Statistik mit einem Anteil der Industrie an den Beschäftigten von etwa 20 % und an der Bruttowertschöpfung von etwa 25 % unterstützt zudem diesen Eindruck.

Die Bedeutung der Industrie ist aber wesentlich größer, wenn deren Vorleistungsbedarf (Auftragsvergabe an andere Unternehmen im Inland) in die Betrachtung einbezogen wird. Der Anteil, der direkt durch die Industrie- oder Industrieaufträge Beschäftigten an allen Erwerbstätigen liegt dann bei etwa einem Drittel.⁷ Die industrielle Wertschöpfung in Deutschland und damit auch eine sichere Energieversorgung für diesen Sektor ist somit eine Grundvoraussetzung unserer Volkswirtschaft.

Der **Energieeinsatz** in der Industrie hat in Abhängigkeit von der Branche einen sehr unterschiedlichen Stellenwert. Die Rohstoffe verarbeitenden Industrien – und damit die Basisindustrien für die weiterverarbeitenden Industriebranchen – weisen die höchste **Energieintensität** auf (⇒ *Abbildung 24*). Für diese Basisindustrien ist nicht nur die sichere Versorgung mit Energierohstoffen eine wesentliche Produktionsvoraussetzung, sondern auch eine preisgünstige Versorgung mit Energierohstoffen bzw. Endenergie. Analog zur Energieintensität weisen die Basisindustrien die höchsten **Energiekostenanteile**, bezogen auf die Bruttowertschöpfung, auf (⇒ *Abbildung 25*).

Der **ImportEnergieKoeffizient** in der Industrie hat sich zwischen 1991 und 2002 um 35 % erhöht und wird sich künftig nochmals um 27 % steigern. Für die Bereitstellung einer Einheit Endenergie muss in der Industrie bis zum Jahre 2030 eine um 70 % größere Menge Importenergie als 1991 eingesetzt werden (⇒ *Abbildung 26*). Neben der Stromerzeugung ist damit die Industrie der Bereich mit den höchsten Steigerungsraten in Bezug auf die Importabhängigkeit.

⁷ Analyse des IE Leipzig auf der Basis der Input-Output-Tabellen des Statistischen Bundesamtes

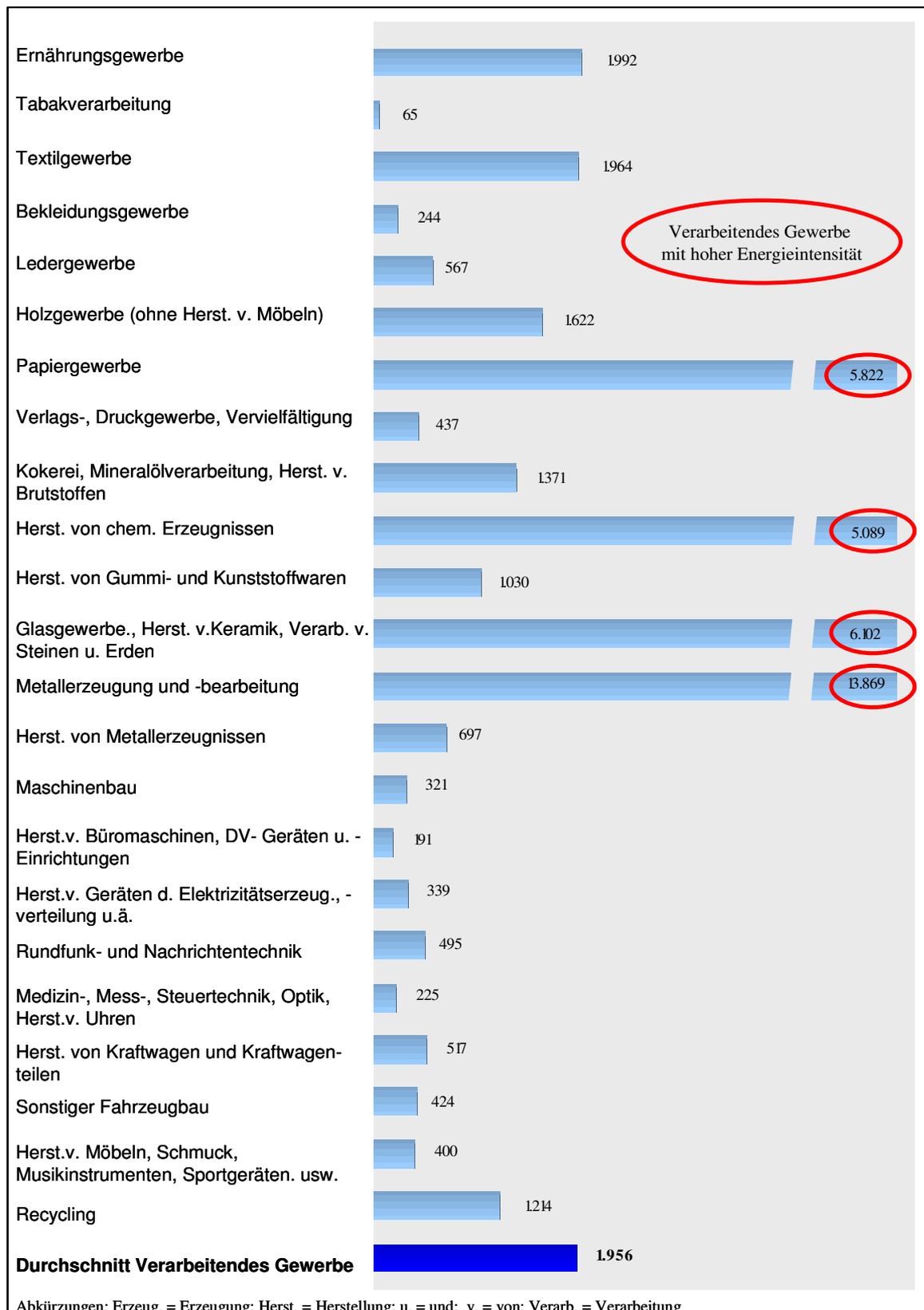


Abbildung 24: Energieintensität des Jahres 2002 im Verarbeitenden Gewerbe in kWh je 1.000 € BWS

[Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis des Statistischen Bundesamtes]

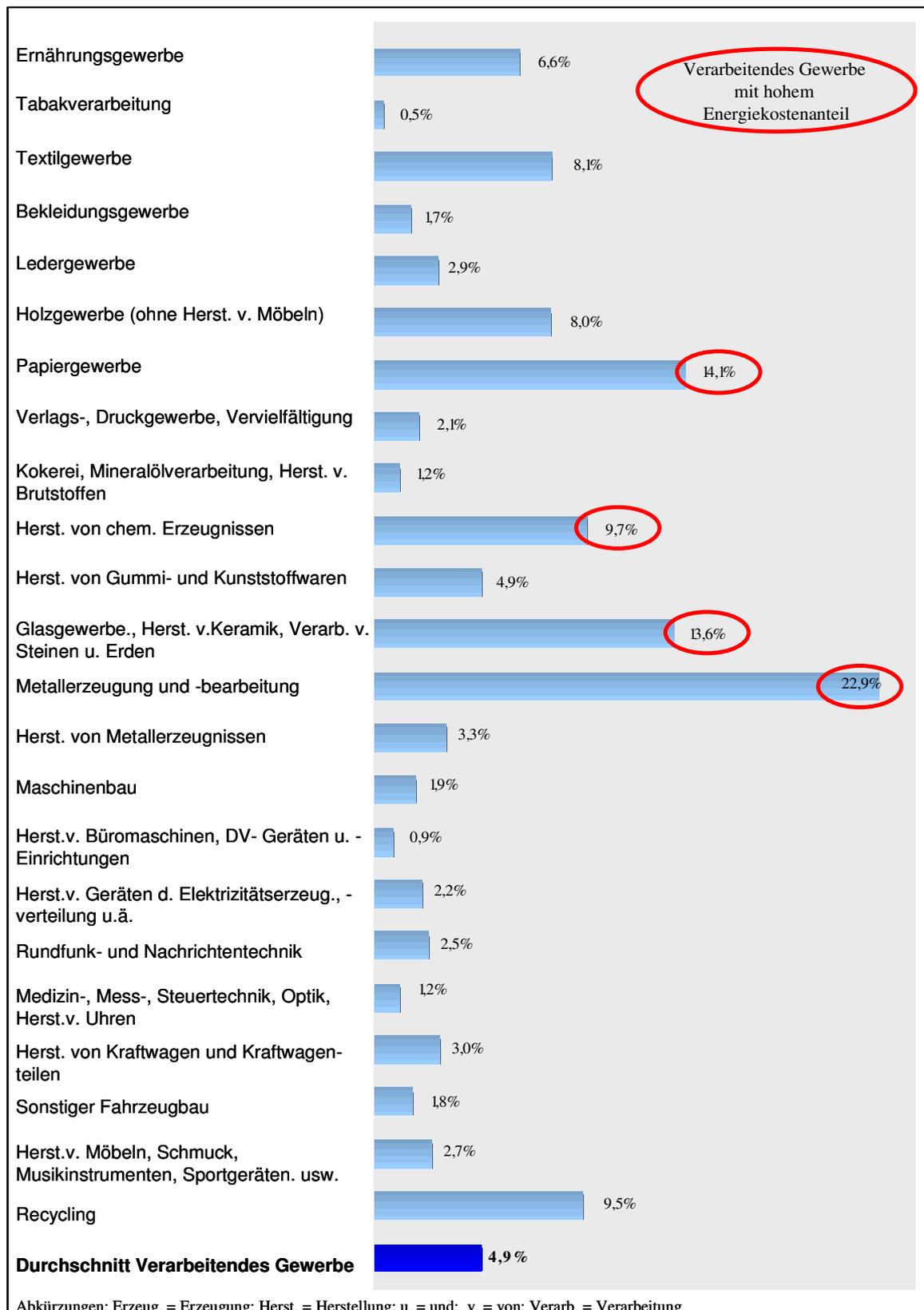


Abbildung 25: Anteile der Energiekosten an der Bruttowertschöpfung im Verarbeitenden Gewerbe

[Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis des Statistischen Bundesamtes]

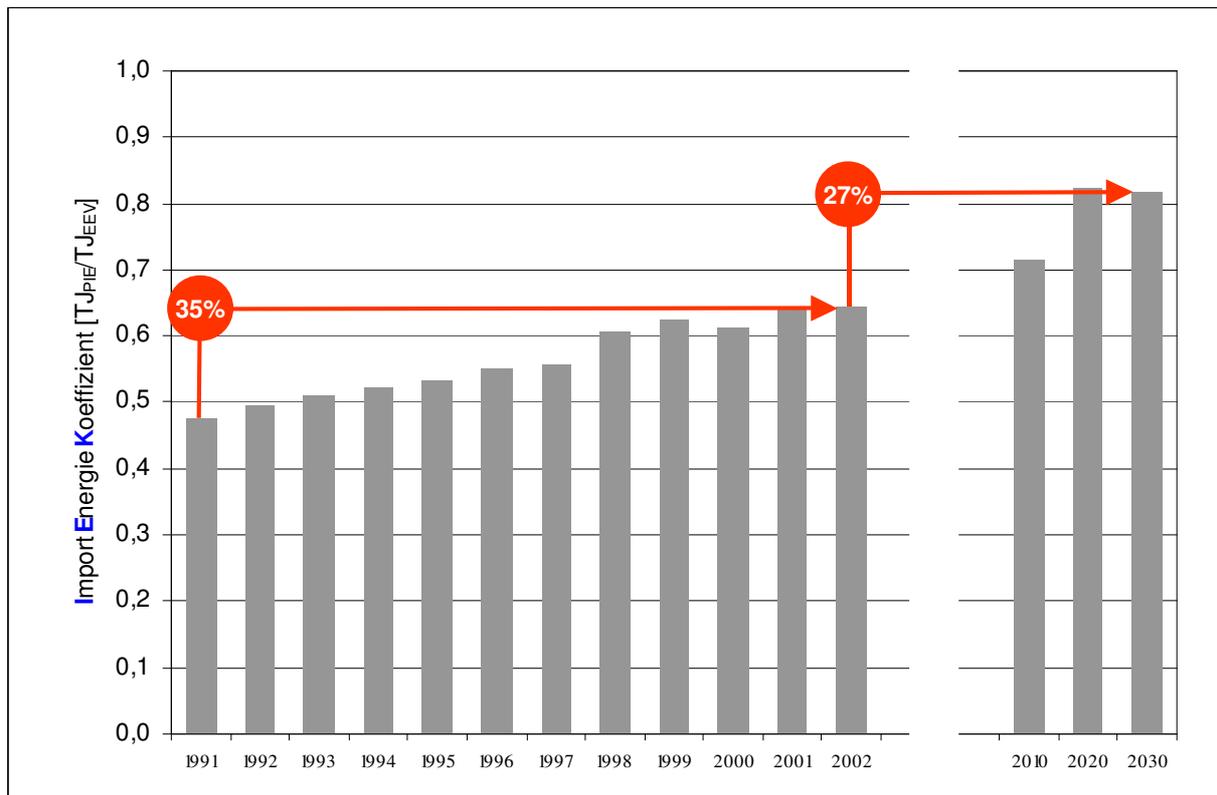


Abbildung 26: Entwicklung des ImportEnergieKoeffizienten in der Industrie

[Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der Energiebilanzen]

Vor diesem Hintergrund wird die Bedeutung und Importabhängigkeit folgender energieintensiver Branchen näher dargestellt:

- Metallerzeugung und –bearbeitung,
- Papiergewerbe,
- Glasgewerbe, Herstellung von Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden sowie
- Chemische Industrie.

Diese Industriebranchen hatten im Jahr 2002 einen Anteil von knapp 19 % an der Bruttowertschöpfung des verarbeitenden Gewerbes. Gut 50 % der Produktion (gemessen am Produktionswert) dienen als Vorleistung für andere Industriebranchen oder innerhalb der betrachteten Branchen. Die übrigen 50 % der Produktion wurden exportiert. Das heißt, die Produktion dieser Branchen ist ein wichtiger Bestandteil in der Wertschöpfungskette der deutschen Industrie und zudem ein wichtiger Teil der deutschen Exportindustrie (Anteil etwa 20 %).

Auf die vier Branchen entfielen im Jahr 2002 etwa **70 % des industriellen Energieverbrauchs**. Entsprechend der Gesamtentwicklung zur Importabhängigkeit von Energierohstoffen hat sich der IEK in diesen Branchen in den zurückliegenden Jahren zum Teil deutlich erhöht (\Rightarrow *Abbildung 27 bis 30*). In der Metallerzeugung und -bearbeitung hat der IEK um fast 60 % zugenommen (zwischen 1993 bis 2002). Der in der Abbildung erkennbare Sprung im Jahr 1998 ist vor allem auf den ab hier zunehmenden Koksimport in dieser Branche zurückzuführen.

Die weitere Entwicklung bis 2030 ist durch einen weiteren Anstieg des IEK bzw. der Importabhängigkeit gekennzeichnet. Nachdem sich bereits in den zurückliegenden Jahren durch den vermehrten Einsatz von Importenergien (z.B. Importkoks) der IEK in den vier Branchen um durchschnittlich 30 % erhöht hat, ist bis 2030 nur noch ein Anstieg um 17 % zu erwarten.

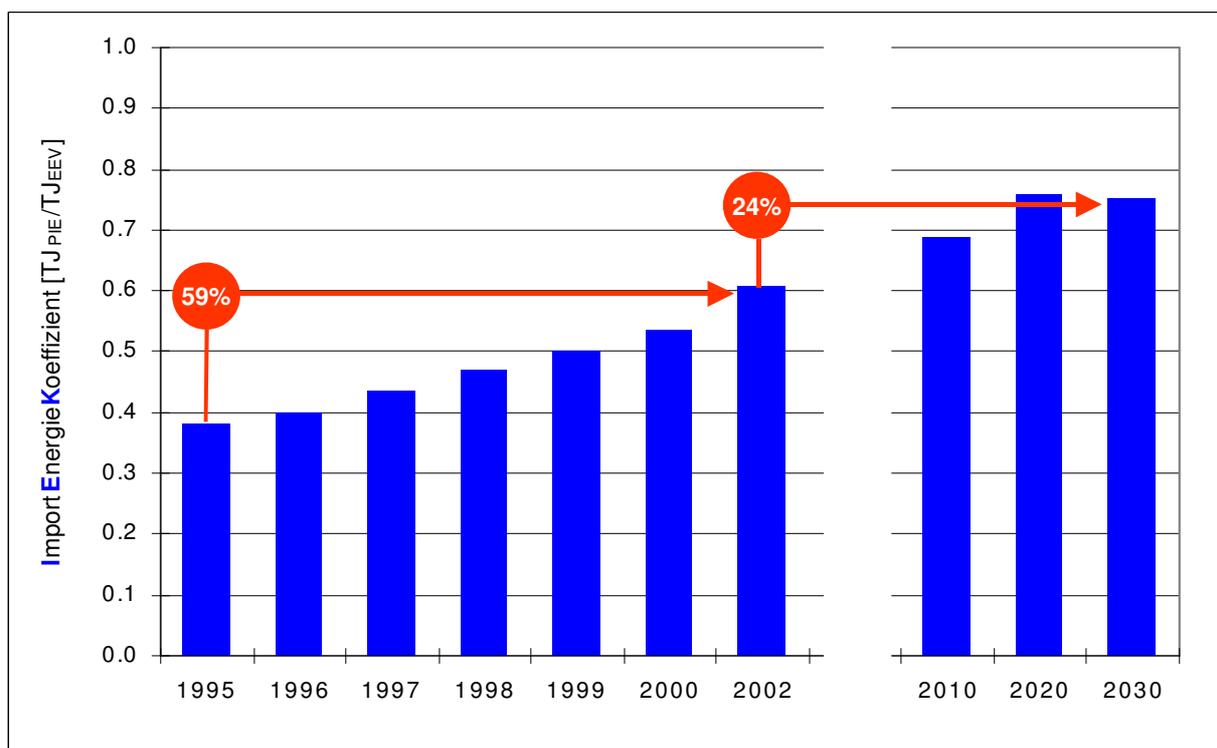


Abbildung 27: Entwicklung des ImportEnergieKoeffizienten in der Metallerzeugung und -bearbeitung

[Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis des Statistischen Bundesamtes]

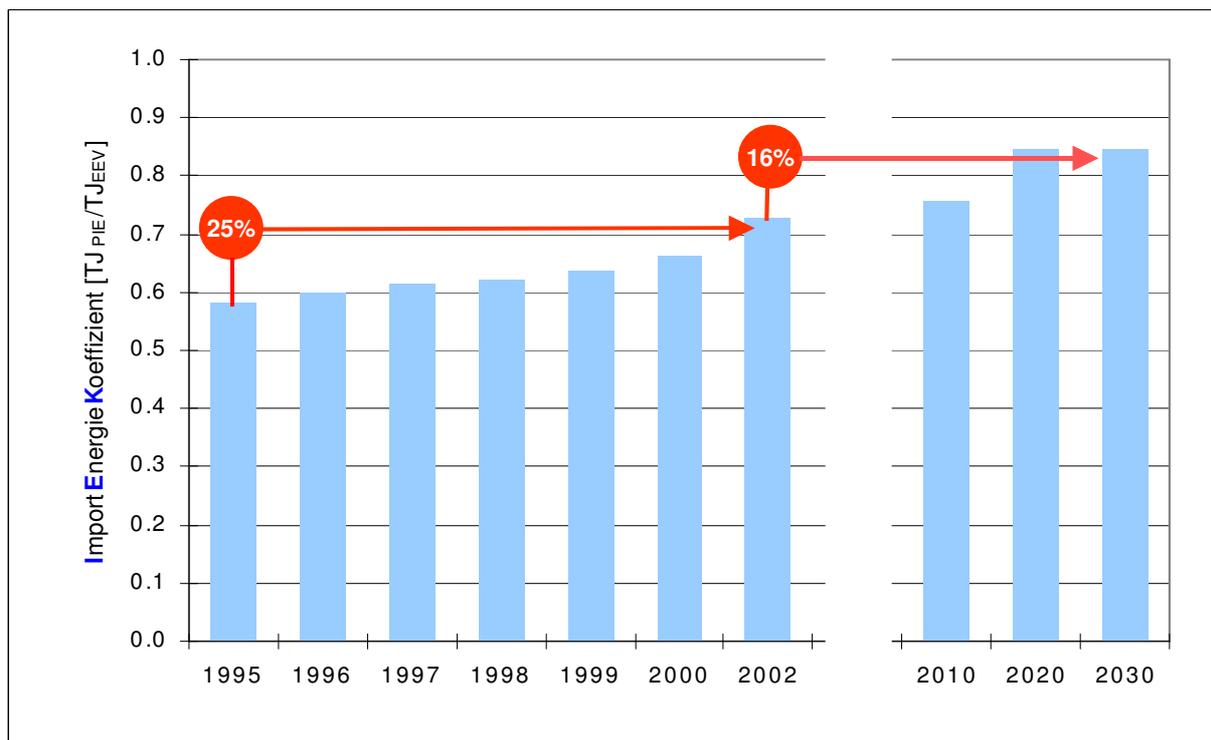


Abbildung 28: Entwicklung des ImportEnergieKoeffizienten im Papiergewerbe

[Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis des Statistischen Bundesamtes]

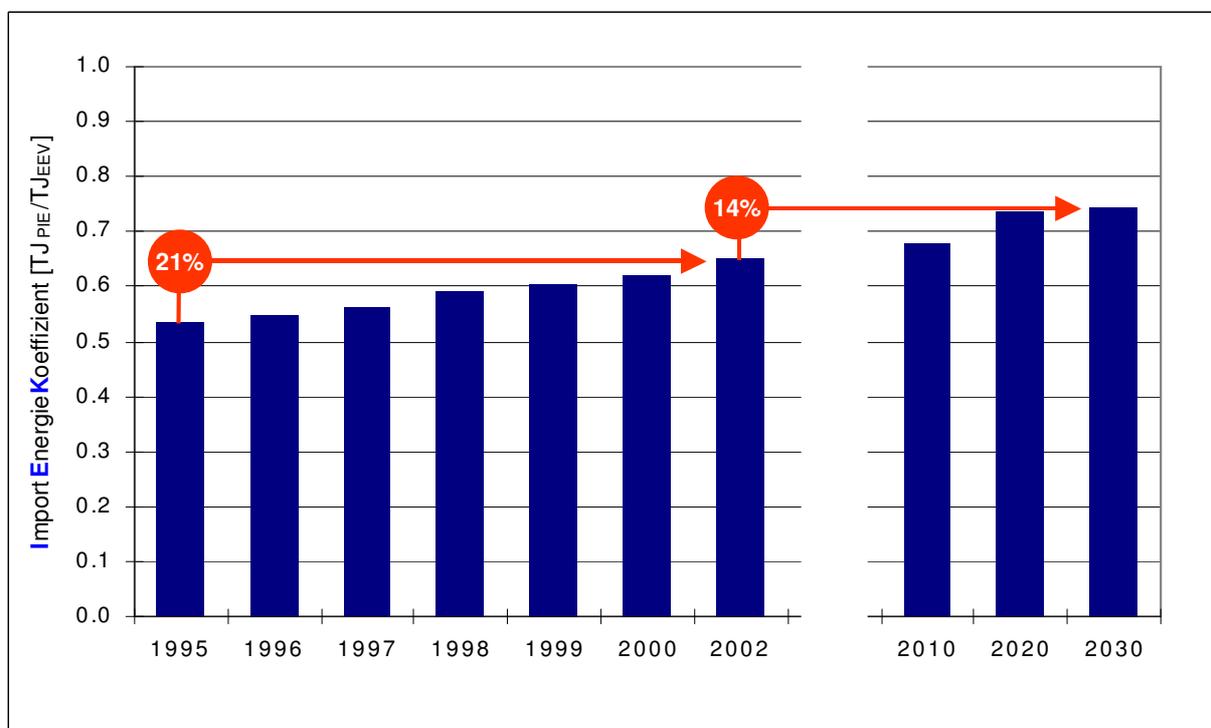


Abbildung 29: Entwicklung des ImportEnergieKoeffizienten im Glasgewerbe, Herstellung von Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden

[Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis des Statistischen Bundesamtes]

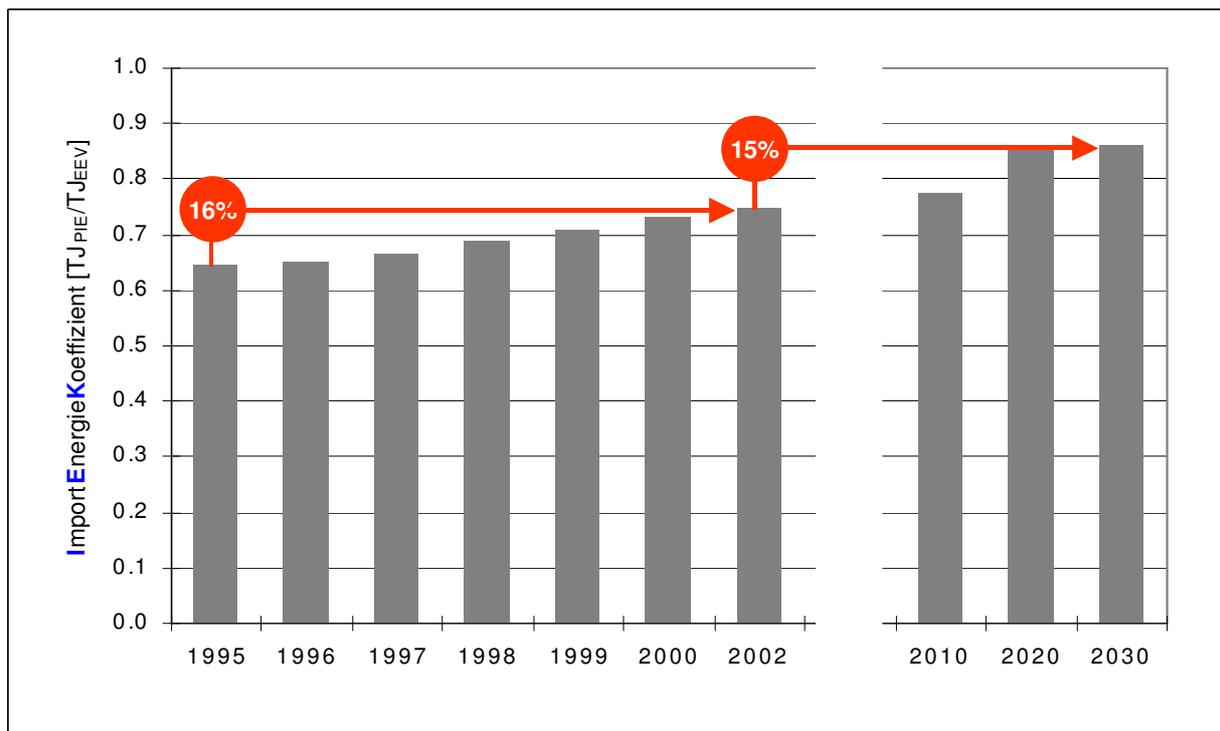


Abbildung 30: Entwicklung des ImportEnergieKoeffizienten bei der Herstellung chemischer Erzeugnisse

[Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis des Statistischen Bundesamtes]

Für die Bedeutung von Energierohstoffen in der industriellen Wertschöpfung ergibt sich als zusammenfassendes Fazit:

- Die Sicherung von etwa einem Drittel der **Beschäftigung** in Deutschland beruht direkt auf den wirtschaftlichen Aktivitäten der Industrie.
- Die vier **Basisindustrien** mit einem Anteil von knapp 70 % am industriellen Energieverbrauch sind eine wichtige Voraussetzung für die Wertschöpfungskette in Deutschland.
- Mit **Energiekostenanteilen** von bis zu 23 % an der Bruttowertschöpfung ist nicht nur eine sichere, sondern auch eine preisgünstige Energieversorgung eine Voraussetzung für eine abgesicherte industrielle Wertschöpfungskette.
- Der **ImportEnergieKoeffizient** in der Industrie hat sich zwischen 1991 und 2002 um 35 % erhöht und wird sich künftig nochmals um 27 % steigern.
- In der **Metallerzeugung und -bearbeitung** hat der **ImportEnergieKoeffizient** um fast 60 % zugenommen (zwischen 1993 bis 2002) und hatte damit neben der Stromerzeugung die zweithöchste Steigerungsrate.
- Der **ImportEnergieKoeffizient** der energieintensiven Branchen wird in Zukunft weiter steigen und damit der Einfluss externer Faktoren auf die wirtschaftliche Entwicklung weiter zunehmen.



3.4 Perspektiven der Versorgungssicherheit

Die Globalisierung der Wirtschaft und der damit einhergehende wachsende Welthandel wird im Allgemeinen als positive Entwicklung bewertet. Die wirtschaftliche Entwicklung in Deutschland profitiert mit hohen Exporten hiervon. Gekennzeichnet ist diese wirtschaftliche Globalisierung allerdings auch durch eine bisher weitgehend funktionierende Wettbewerbssituation.

Für den **weltweiten Handel mit Energierohstoffen** ist diese Wettbewerbssituation nicht in gleichem Maße vorhanden. Der weiter wachsenden Energienachfrage steht eine Angebotsstruktur gegenüber, die einerseits zu einer **regionalen Konzentration der Vorkommen** und andererseits zu einer **Konzentration der Anbieteranzahl** führt. Für die bisherigen Hauptakteure auf der Nachfrageseite – die Industrieländer – erwächst zudem eine neue, wirtschaftlich starke **Nachfragekonkurrenz**.

Die mit dem Begriff „Schwellenländer“ vorhandene Assoziation einer allmählich wachsenden Volkswirtschaft mit entsprechend moderatem Energieverbrauchszuwachs entspricht nicht der Realität. China als ein solches Land hat allein zwischen 2000 und 2003 seinen Energieverbrauch um über 50 % erhöht und wird für gut ein Fünftel der künftigen zusätzlichen weltweiten Energienachfrage verantwortlich sein. Als Land mit den zweithöchsten Devisenreserven ist China auch in der Lage, sich bereits heute Energierohstoffe für die Zukunft zu sichern, um so Vorsorge für seine wachsende Energienachfrage zu treffen.

Die weltweiten **Reserven und Ressourcen** an Energierohstoffen werden zwar ausreichen, um die künftige Nachfrage noch über Jahrzehnte zu decken, sie werden aber – nicht zuletzt aufgrund der Anbieterkonzentration und der neuen Nachfragekonkurrenz – nicht mehr zu den günstigen Preisen der 1990er Jahre zu erhalten sein. Das heutige Preisniveau ist eher der Ausgangspunkt, von dem sich das Preisniveau künftig weiter nach oben bewegen wird. Hierbei ist nicht berücksichtigt, dass durch Ereignisse in politisch instabilen Regionen zusätzliche zeitweilige oder über einen mittelfristigen Zeithorizont zusätzliche Preissteigerungen verursacht werden.

Die **Perspektive für die Versorgungssicherheit in Deutschland** kann vor dem Hintergrund der weltweiten Situation dahingehend charakterisiert werden, dass ausreichende Energierohstoffe weltweit vorhanden sind und diese wahrscheinlich zu hohen Preisen unter einer veränderten Nachfragekonkurrenz auch zur Verfügung stehen werden. Zeitweilige Versorgungs-



engpässe durch Disparitäten zwischen Angebot und Nachfrage können dabei nicht ausgeschlossen werden.

Welche **Möglichkeiten** bieten sich nun einem Land wie Deutschland, dass einerseits über ausreichende Braun- und Steinkohlevorkommen – letztere allerdings gegenwärtig nicht zu Weltmarktpreisen förderbar – verfügt und andererseits vor einem weiteren Anstieg der Importabhängigkeit steht?

Eine eindeutige Antwort auf diese Frage ist nicht zu finden, da die Versorgungssicherheit nur einen Aspekt im Zieldreieck der Energiewirtschaft darstellt. Neben einer sicheren, ist auch eine preisgünstige und umweltverträgliche Energieversorgung zu gewährleisten. Die nachfolgenden Ausführungen können deshalb nur als Denkanstöße zur weiteren energiepolitischen Diskussion dienen.

- Die weitere Verbesserung der **Energieeffizienz** ist daher ein wesentlicher Schlüssel zur Versorgungssicherheit. Vorliegende Untersuchungen belegen dies eindeutig. Nachhaltigkeitsszenarien unter dem Blickwinkel des Klimaschutzes bauen wesentlich auf die Realisierung dieser Effizienzpotenziale. Unklar bleibt allerdings vielfach, wie diese tatsächlich realisiert werden sollen, insbesondere hinsichtlich des Kosten-Nutzen-Verhältnisses. Auch die bevorstehende Erneuerung des Kraftwerksparks, durch die eine Erhöhung des durchschnittlichen Wirkungsgrades bei Braunkohle-, Steinkohle- und Erdgaskraftwerken von 40 % auf 49 % im Zeitraum 2000 und 2030 erreichbar ist, trägt zur Effizienzsteigerung der Energiewirtschaft bei.⁸

Ein Teil der Hemmnisse zur Realisierung von Effizienzpotenzialen liegt in den langen Kapitalrückflusszeiten für die getätigten Einsparinvestitionen (Wärmedämmung). Darüber hinaus werden Effizienzmaßnahmen in der Regel im Rahmen üblicher Reinvestitionszyklen vorgenommen und können – insbesondere im industriellen Bereich – häufig vorfristig nur schwer umgesetzt werden. Außerdem muss die Realisierung von Effizienzmaßnahmen bei allen Energieverbrauchern ansetzen, wenn konsequent „alle“ Potenziale ausgeschöpft werden sollen. Dies würde aber auch voraussetzen, dass alle Beteiligten tatsächlich ein (finanzielles) Interesse an der Umsetzung von Effizienzmaßnahmen hätten. Als Stichwort sei hier nur auf die Problematik der unterschiedlichen Vermieter- und Mieterinteressen hingewiesen. Der **Weg der Effizienzsteigerung** bietet trotz bestehender (fi-

⁸ Eigene Berechnungen auf der Basis von [Prognos 2002].



nanzieller) Probleme langfristig gute Erfolgsaussichten, einen Beitrag zur Versorgungssicherheit zu leisten und sollte daher konsequent beschränkt werden.

- Ein **Energieträgerwechsel bei den Endverbrauchern** als entscheidendes Mittel zur Verringerung der Importabhängigkeit kommt in einzelnen Verbrauchssektoren nur in begrenztem Maße in Betracht. Die heimischen Primärenergieträger Braun- und Steinkohle stellen gegenwärtig und auch künftig wichtige Ressourcen für ihre Umwandlung in Sekundärenergieträger (Strom und Wärme in Großanlagen) dar. Eine Rückführung dieser Energieträger in den Endenergiemarkt zur Nutzung bei den Endverbrauchern ist wenig aussichtsreich und nicht absehbar.
- Die Nutzung **erneuerbarer Energien** – gleichfalls als heimischer Energieträger – wurde bisher hauptsächlich unter dem Aspekt des Klimaschutzes betrachtet, und deren Beitrag zur Versorgungssicherheit war eher ein willkommener Zusatzeffekt. Entsprechende Ausbaustrategien zeigen die Möglichkeit auf, die Primärenergieversorgung in Deutschland langfristig weitgehend primär auf erneuerbare Energien abzustützen (\Rightarrow *Abbildung 31*) und dies bei einer langfristig erreichbaren CO₂-Minderung von 80 % bis 2050 [*DLR 2004*]. Gerade die aktuelle Diskussion um die Kosten der Windenergienutzung zeigt, dass die zum gegenwärtigen Zeitpunkt damit verbundenen Mehrkosten volkswirtschaftlich nicht unproblematisch sind. In Abhängigkeit von den Energiepreisen wären z. B. die Strom- und Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien im zuvor genannten Basis Szenario I (\Rightarrow *Abbildung 31*) erst im Jahr 2025 oder 2040 mit der hauptsächlich auf fossilen Energieträgern basierenden Versorgung wirtschaftlich wettbewerbsfähig. Die Mehrkosten für alle diese Maßnahmen zur Umstrukturierung der Energieversorgung würden sich bis 2030 auf kumuliert etwa 120 bis 170 Mrd. € belaufen [*DLR 2004*].⁹ Die Versorgungssicherheit ist somit mit entsprechenden Kosten verbunden.

⁹ Eine Prüfung der Kostenansätze für die Ermittlung der Mehrkosten wurde im Rahmen dieser Untersuchung nicht vorgenommen.

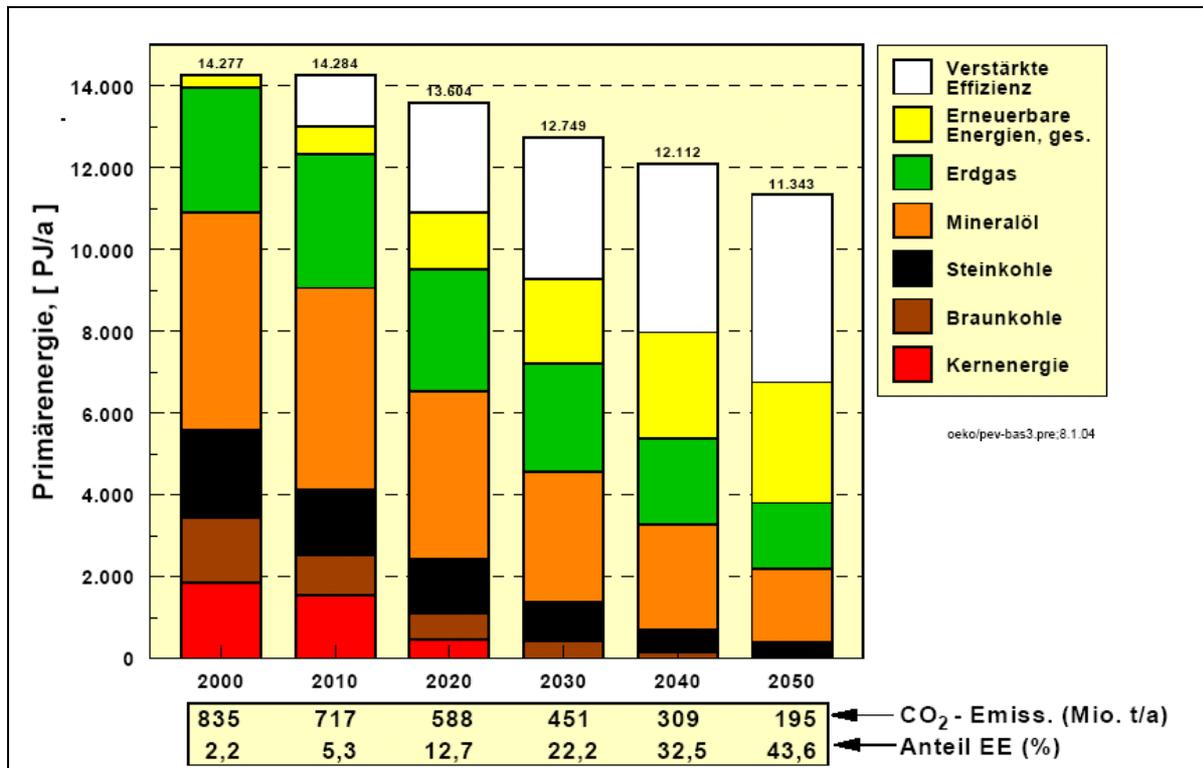


Abbildung 31: Primärenergieverbrauch und Effizienzbeiträge im Szenario Basis I nach der Wirkungsgradmethode ermittelt [Quelle: DLR 2004]

- Mit Blick auf die **Stromerzeugung** steht die Nutzung **erneuerbarer Energien** in der Kritik, da der rasante Ausbau der Windenergie mit großen Problemen der fluktuierenden Stromeinspeisung verbunden ist. Neben ehemals höheren Kosten für die Stromerzeugung im Vergleich zu klassischen Erzeugungstechnologien treten noch Mehrkosten für Regelenergie und künftige Netzausbaukosten hinzu [dena 2005]. Es stellt sich daher die Frage, ob vielleicht eine Umsteuerung zu solchen erneuerbaren Energien zum heutigen Zeitpunkt die richtigere Zwischenlösung sein könnte, die eine kontinuierliche und planbare Stromerzeugung ermöglicht? Dies wäre dann eher der Einsatz von Biomasse und die Geothermienutzung. Aber auch diese erneuerbaren Energien würden heute noch Mehrkosten im Vergleich zu klassischen Erzeugungstechnologien erfordern. Die Folgekosten in Form von Regelenergie und Netzausbaukosten auf der Höchstspannungsebene könnten aber wohl entfallen.



- Mit Blick auf die **heimischen fossilen Energieträger** ergibt sich folgende Situation: Infolge der Abhängigkeit der Steinkohlenförderung von den Steinkohlebeihilfen ist deren Anteil an der Steinkohlennachfrage auf unter 50 % gesunken. Gemeinsam mit der Braunkohlennutzung wird ihre Einsatzfähigkeit durch klimapolitische Maßnahmen – wie etwa einer CO₂-Steuer – in Frage gestellt. Als Alternative würde dies die Hinwendung zu importiertem Erdgas unterstützen. Aus Gründen der Versorgungssicherheit – und dies ist neben der preiswürdigen und umweltverträglichen Energieversorgung ein gleichrangiges Ziel – ist es nicht zielführend, heimische Energieträger aus dem Markt zu drängen, um für Importenergien Platz zu machen. Es bedarf hierzu einer klaren und langfristig verlässlichen politischen Lösungsstrategie.

Die aufgezeigten Möglichkeiten zeichnen kein vollständiges Bild der möglichen Palette von Handlungsoptionen auf. Auf eine Diskussion über einen Beitrag der Kernenergie wurde bewusst verzichtet, da hier – ebenso wie für die Steinkohlebeihilfen – energiepolitische Entscheidungen getroffen worden sind. Ebenso kann über außenpolitische strategische Energiepartnerschaften, wie mit Russland, die Versorgungssicherheit auf politischer Ebene abgesichert werden, aber auch dies wird allenfalls zur Mengensicherung beitragen. Weltmarktpreise werden auch für diese Energielieferungen bezahlt werden müssen.

Die sich heute darstellenden Zielkonflikte in der Energie- und Umweltpolitik müssten im Rahmen eines Gesamtpaketes aufgelöst werden. Längerfristig wird nur eine sinnvolle Kombination aller Energieträger – auf der Basis fortschrittlicher Technologien – zur Versorgungssicherheit in Deutschland beitragen. Hierzu müssen auch die Gegensätze zwischen den Befürwortern einerseits fossiler und andererseits erneuerbarer Energien aufgelöst werden. Für beide Technologien ist eine gemeinsame technische **Integrationsstrategie** zu finden, die zu sinnvollen Ergänzungen – wie z.B. Biomassenutzung in Kohlekraftwerken – führt.

In diesem Sinne sind für alle Beteiligten langfristig verlässliche Rahmenbedingungen notwendig. Dies gilt gleichermaßen für Investoren in fossile wie in erneuerbare Energietechnologien, um gegen politische Wechselbäder geschützt zu sein. Als Instrument könnte hierzu ein nationales **Energieprogramm** erstellt werden, das möglichst in breitem energiepolitischen und energiewirtschaftlichen Konsens alle Belange einer sicheren, wirtschaftlichen und umweltverträglichen Energieversorgung einbezieht.



Für die Perspektiven der Versorgungssicherheit in Deutschland ergibt sich als zusammenfassendes Fazit:

- Für Deutschland, wie auch die übrigen weltweiten Energieverbraucher, stehen langfristig **ausreichende Energierohstoffe** zur Verfügung. Allerdings werden hierfür **steigende Preise** gezahlt werden müssen.
- Die vorhandenen Einsparpotenziale der **Energieeffizienz** können trotz aller Probleme einen Beitrag zur Versorgungssicherheit leisten und die Realisierung dieser Potenziale erfordert eine langfristige Energiepolitik.
- Durch einen **Energieträgerwechsel bei den Endverbrauchern** ist realistischere Weise nur ein geringer Beitrag zur Versorgungssicherheit zu erwarten.
- Die **erneuerbaren Energien** stellen ein wichtiges Potenzial zur künftigen Versorgungssicherheit dar. Ihr Beitrag ist langfristig deutlich steigerbar, erfordert aber ebenso langfristig finanzielle Unterstützung.
- Für die **Stromerzeugung** aus erneuerbaren Energien wäre zu prüfen, ob nicht stärker auf eine kontinuierliche und planbare Stromerzeugung wie aus Biomasse oder Geothermie gesetzt werden sollte.
- Aus Gründen der Versorgungssicherheit ist es nicht zielführend, **heimische fossile Braun- und Steinkohle**, zum Beispiel durch eine CO₂-Steuer, zu Gunsten von importiertem Erdgas zu verdrängen.
- Längerfristig wird nur eine sinnvolle **Kombination aller Energieträger** zur Versorgungssicherheit in Deutschland beitragen können. Für fossile und erneuerbare Energieträger müssen die bestehenden Zielkonflikte mittels einer **Integrationsstrategie** gelöst werden.
- Als Instrument zur Schaffung verlässlicher Rahmenbedingungen für Investoren in fossile wie auch erneuerbare Energietechnologien könnte ein nationales **Energieprogramm** dienen.



Literaturverzeichnis

- AG Energiebilanzen** Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen: Vollständige Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland von 1991 bis 1999 und vorläufige Energiebilanzen für 2000 bis 2002.
- BGR 2003** Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen 2002. Rohstoffwirtschaftliche Länderstudien, Heft XXVIII. Hannover 2003.
- dena 2005** Deutsche Energie-Agentur GmbH (Auftraggeber): Energiewirtschaftliche Planung für die Netzintegration von Windenergie in Deutschland an Land und Offshore bis zum Jahr 2020. Köln 2005.
- DLR 2004** Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt: Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland. Stuttgart/Heidelberg/Wuppertal 2004.
- EU 2003** European Commission – Directorate-General for Energy and Transport: European Energy and Transport Trends to 2003. Brüssel 2003.
- FAZ 2004** Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 1. Oktober 2004: Der Ölpreis steigt auch auf lange Sicht.
- FAZ 2005** Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 28. Februar 2005: Bank von Korea wirft ein Schlaglicht auf die Verwundbarkeit der Märkte.
- BP 2004** BP p.l.c.: Statistical Review of World Energy, 2004.
- Handelsblatt 2004** Handelsblatt vom 24. Februar 2005: Rohstoffkonzerne investieren kräftig und Interview mit Tony Lea.
- HWWA 2005** Hamburgisches Welt-Wirtschafts-Archiv: Preisentwicklung an den Rohstoffmärkten. HWWA-Report 251. Hamburg 2005.
- IEA 2004** International Energy Agency: World Energy Outlook 2004. Paris 2004.
- IER/Prognos 2004** Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung; Prognos AG: Analyse der Wirksamkeit von CO₂-Minderungsmaßnahmen im Energiebereich und ihre Weiterentwicklung. Basel/Stuttgart 2004.
- Kohleimporteure 2003** Verein der Kohleimporteure e.V.: Jahresbericht 2003. Hamburg.
- Mc Closkey 2005** Coal-report, Februar 2005.



-
- Prognos 2002** Prognos AG: Die Rolle der Braunkohle in einer wettbewerbsorientierten, nachhaltigen Energiewirtschaft. Basel/Köln 2002.
- Prognos 2003** Prognos AG: Perspektiven für elektrischen Strom in einer nachhaltigen Entwicklung. Basel/Berlin/Köln 2002.
- RWE 2004** RWE Aktiengesellschaft: Weltenergiereport 2004. Essen.
- RWI 2004** Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung: Energiemix der Zukunft. Essen 2004.
- Statistisches Bundesamt** Statistische Daten im Internetangebot des Statistischen Bundesamtes. Wiesbaden 2005.