
Grundzüge der Kohlewirtschaft

PD Dr. Christian von Hirschhausen (Lehrstuhlvertretung)
cvh@mailbox.tu-dresden.de



Technische Universität Dresden

DREWAG-Stiftungslehrstuhl EnErgiewirtschaft / EnergyEconomics

Energiewirtschaft 1
Vorlesung 3.3 Kohlewirtschaft

Fachkern „Energiewirtschaft“

Gliederung WS 2003/04

0. Organisation / Termine
1. Grundlagen
2. Ressourcen- und Regulierungs- Management
3. Märkte, Unternehmensstrategien, Energiepolitik

Gliederung

3.1 Elektrizitätswirtschaft

3.2 Gaswirtschaft

3.3 Kohlewirtschaft

3.4 Mineralölwirtschaft

3.5 Erneuerbare Energieträger

3.6 Emissions-Handel

Agenda

3.3.1 Angebot, Nachfrage und Marktstruktur in der Steinkohlewirtschaft

3.3.2 Angebot, Nachfrage und Marktstruktur in der Braunkohlewirtschaft

3.3.3 Theoretische Fundierung: Transaktionskostentheorie

Kohlearten und ihre Verwendung

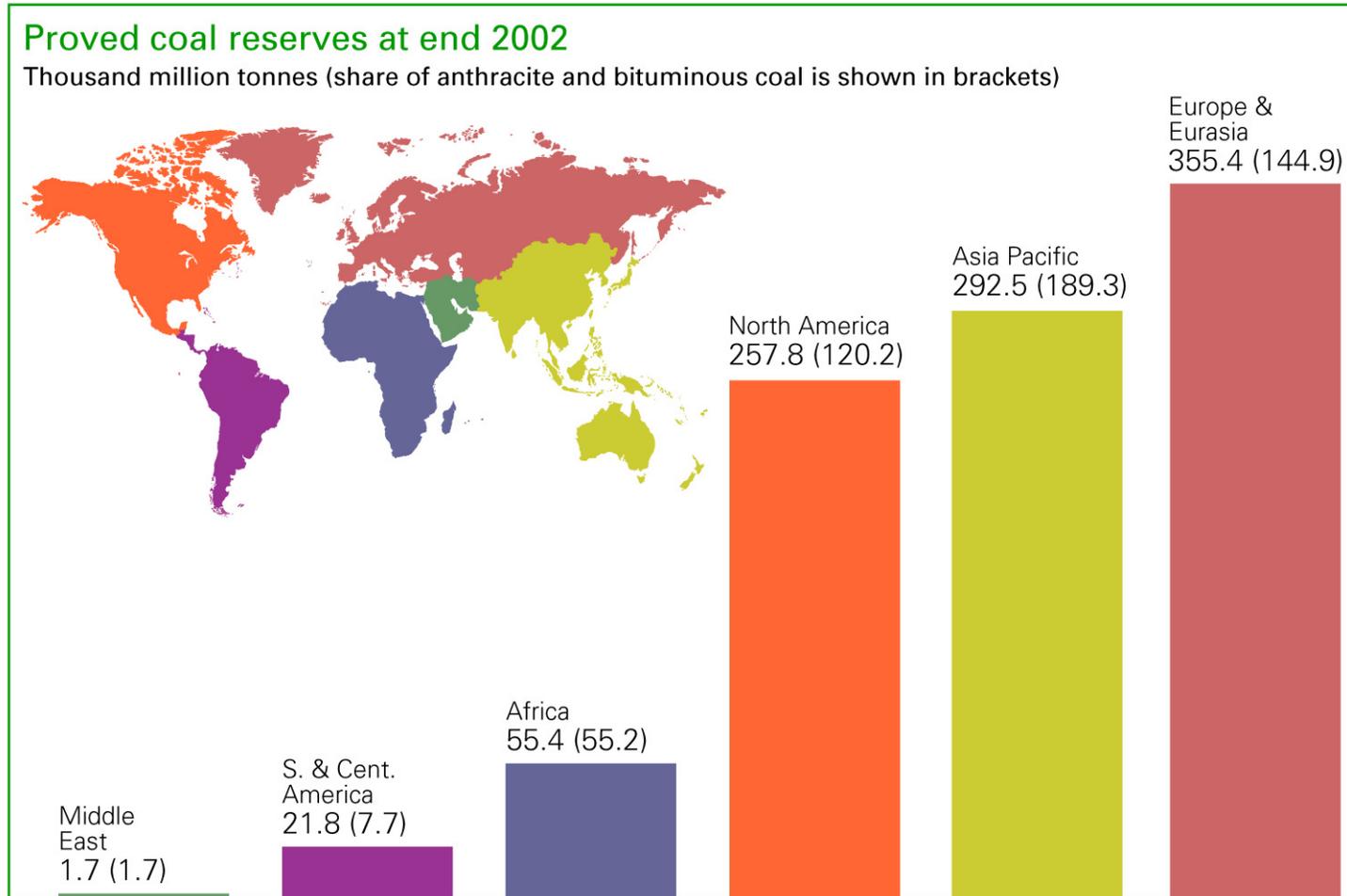
| | Spez. Gewicht (g/cm ³) | Heizwert (MJ/kg) | Wasser (in %) | Flüchtige Bestandteile (in %) der Trockensubstanz | Kohlenstoff (in %) der Trockensubstanz |
|---------------------|------------------------------------|------------------|---------------|---|--|
| Holz | 0,2 - 1,3 | ~ 15 | (trocken) | 80 | 50 |
| Torf | 1,0 | 6 - 8 | 60 - 90 | 65 | 55 - 65 |
| Weichbraunkohle | 1,2 | 7 - 13 | 30 - 60 | 50 - 60 | 65 - 70 |
| Hartbraunkohle | 1,25 | 16 - 29 | 10 - 30 | 45 - 50 | 70 - 80 |
| Flamm-, Fettkohle * | 1,3 | 29 - 33 | 3 - 10 | 17 - 45 | 80 - 90 |
| Eiß-, Magerkohle * | 1,35 | 33 - 36 | 3 - 10 | 7 - 17 | 90 - 93 |
| Anthrazit * | 1,4 - 1,6 | 36 - 38 | 1 - 2 | 4 - 7 | 93 - 98 |

* Steinkohlearten

Zum Vergleich: Erdgas 32 MJ/m³
Erdöl 43 MJ/kg

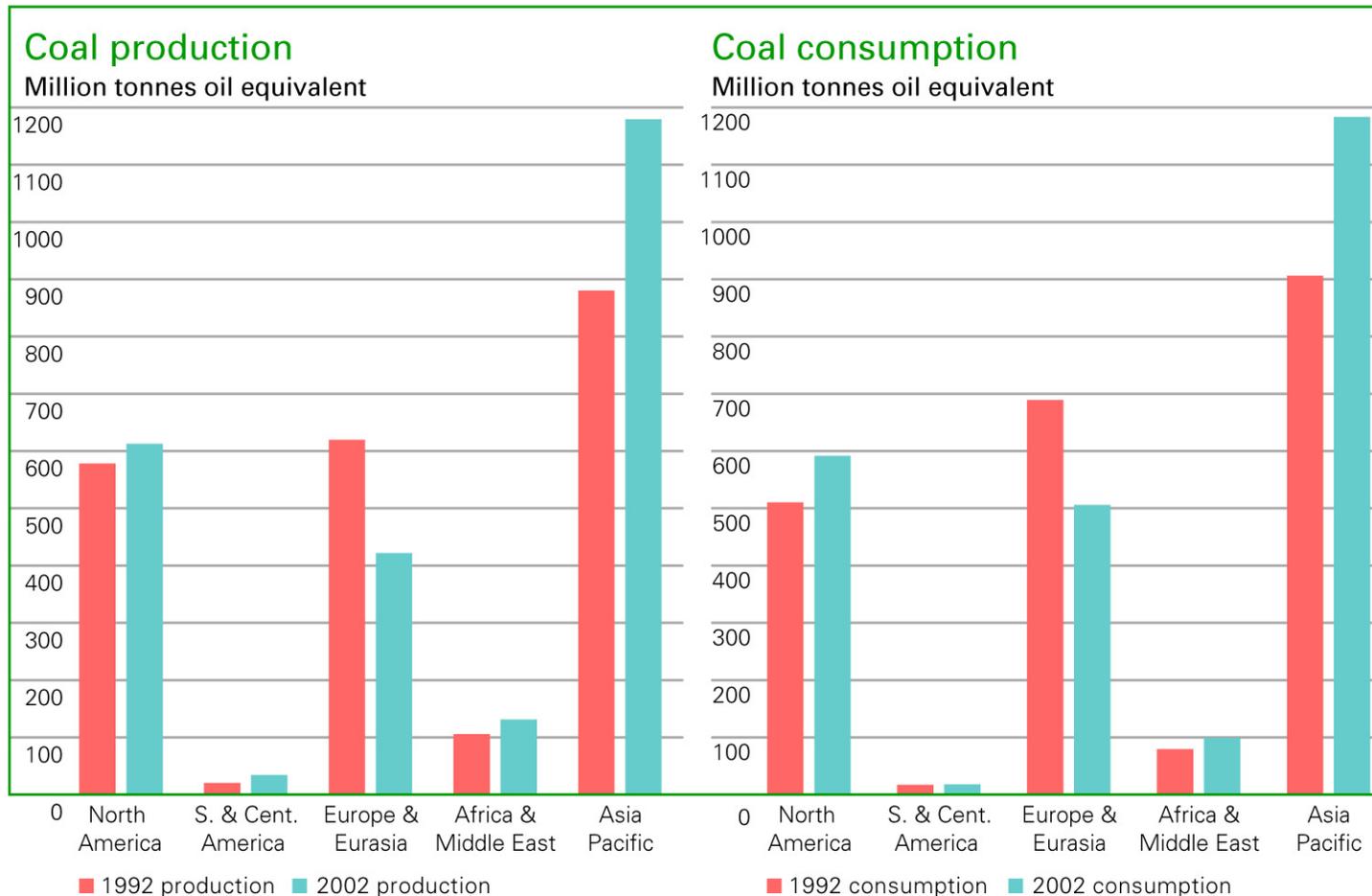
Quelle: J. Seidel: Strom aus Kohle, IZE Frankfurt, 1992

Kohlereserven nach Regionen



BP statistical review of world energy 2003

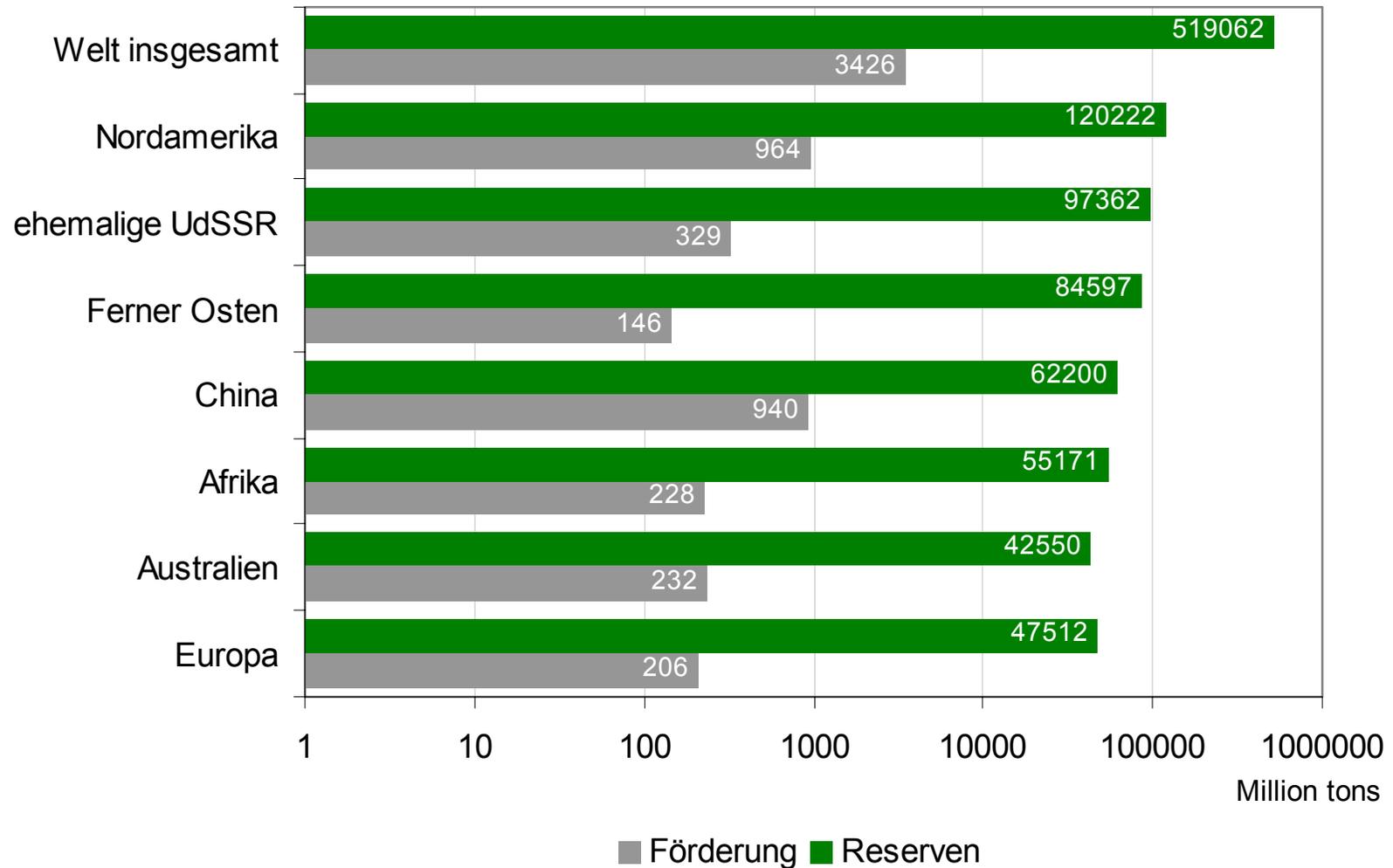
Förderung und Verbrauch nach Regionen



Global coal production and consumption have grown by less than 1% per annum over the last decade as gains in Asia Pacific and North America have been partially offset by declines in Europe and Eurasia.

BP statistical review of world energy 2003

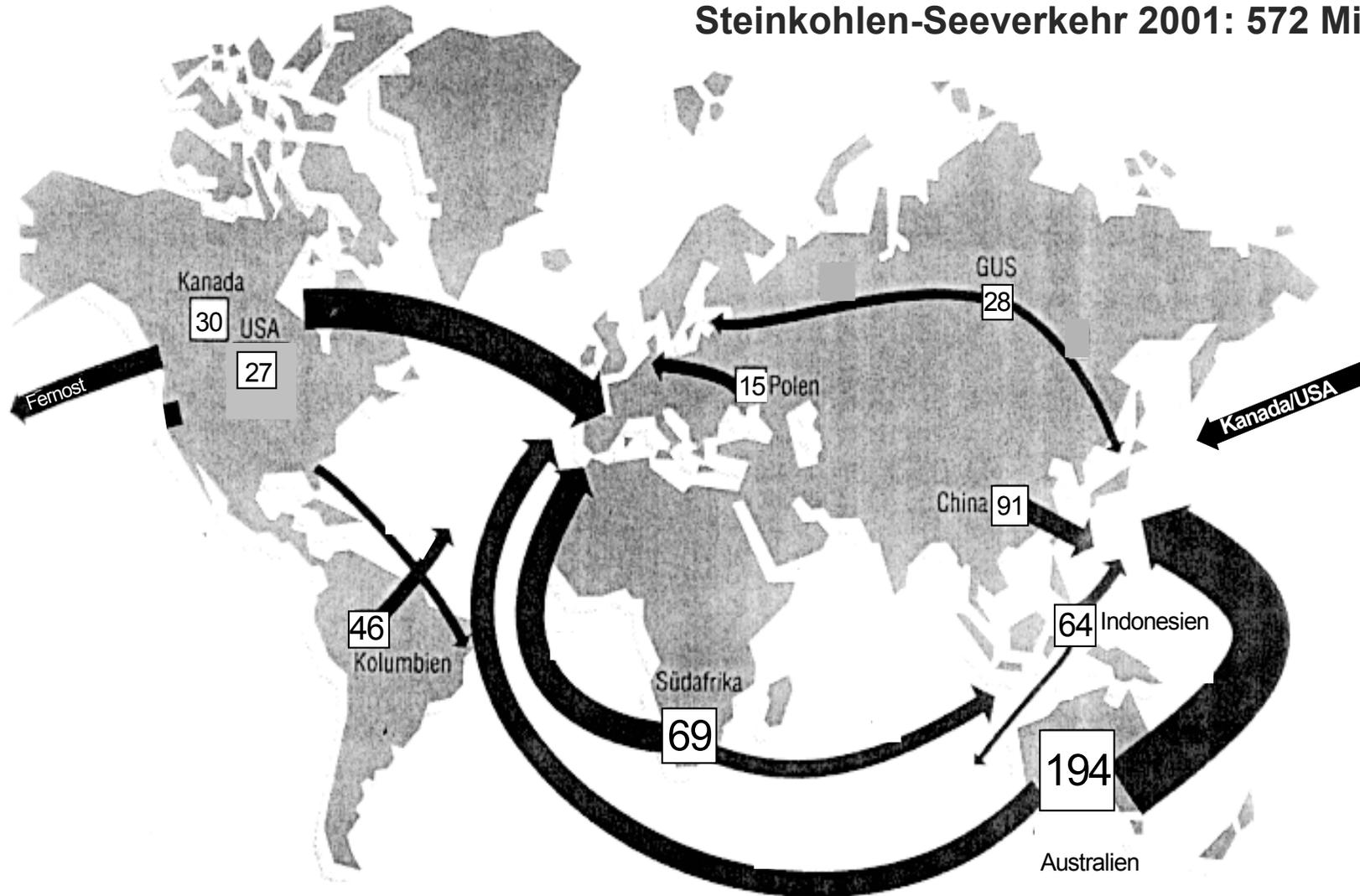
Weltsteinkohlereserven und -förderung regional 2001



Quellen: BP Statistical Review of World Energy, 2002;
 Statistik der Kohlewirtschaft e.V.: Zahlen zur Kohlewirtschaft 2002

Steinkohlen-Seeverkehr

Steinkohlen-Seeverkehr 2001: 572 Mio. t

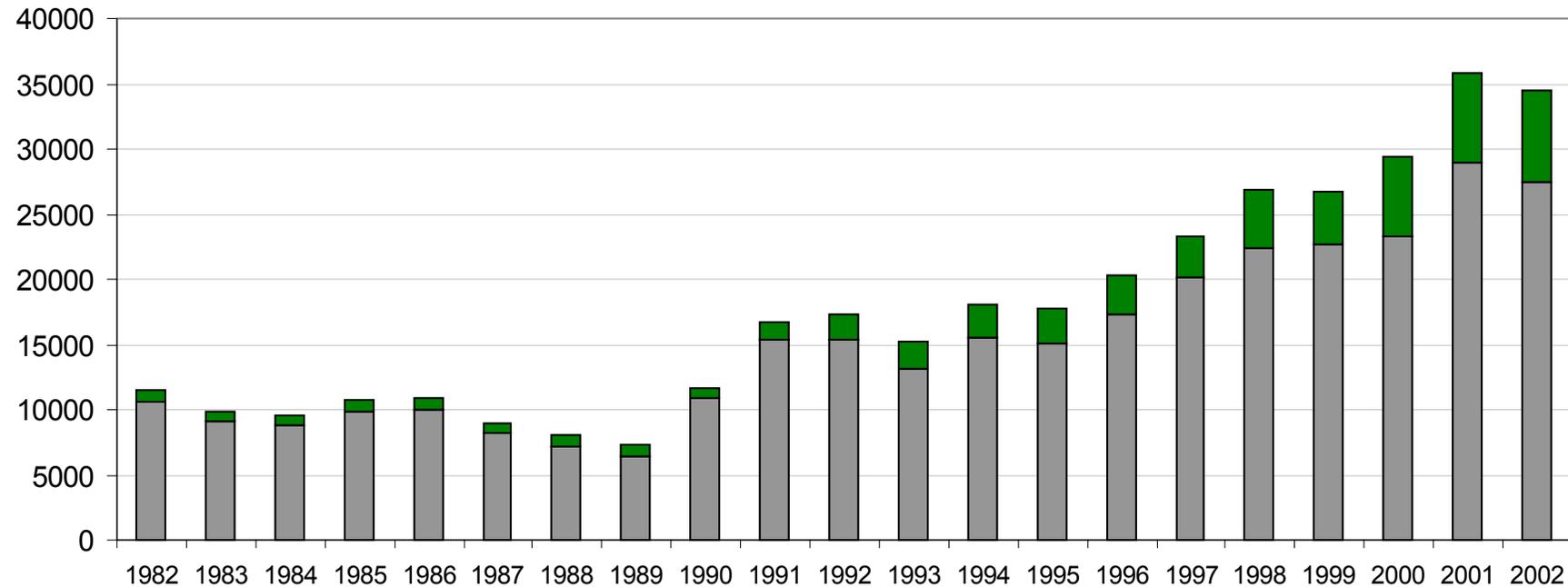


Quelle: Verein deutscher Kohlenimporteure: Jahresbericht 2001

Entwicklung der Einfuhr von Steinkohlen in die Bundesrepublik Deutschland 1982 bis 2002

in 1 000 t

Steinkohleneinfuhr nach Deutschland 1982-2002

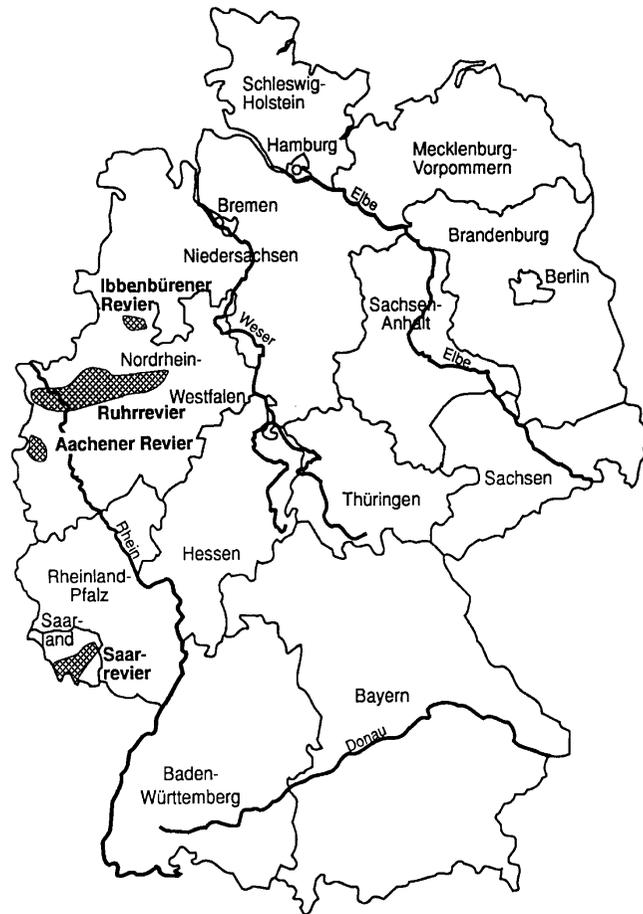


■ Steinkohlen (einschl. Briketts) ■ Steinkohlenkoks

Ab 1991 einschließlich neue Bundesländer

Quelle: Statistik der Kohlenwirtschaft e.V.

Steinkohlenreviere und -fördermengen 2002 in der Bundesrepublik Deutschland



▨ Steinkohlenreviere

| Reserven 2002 | Förderung 2002 | Statische Reichweite |
|------------------|-------------------|-------------------------|
| 23.000 Mt | 26,1 Mt | 881Jahre |

Quelle: H.-W. Schiffer: Energiemarkt Deutschland 2002

Grunddaten zur Steinkohlenförderung

Steinkohlenförderung weltweit

- mittlere Fördersohlentiefe weltweit bei ca. 400-500 m, max 1400 m
- Übliche Tagebautiefe bei einigen Zehner von Metern; Tagebau wirtschaftlich bis 400m Tiefe
- Tagebau i.d.R. bedeutend geringere Förderkosten

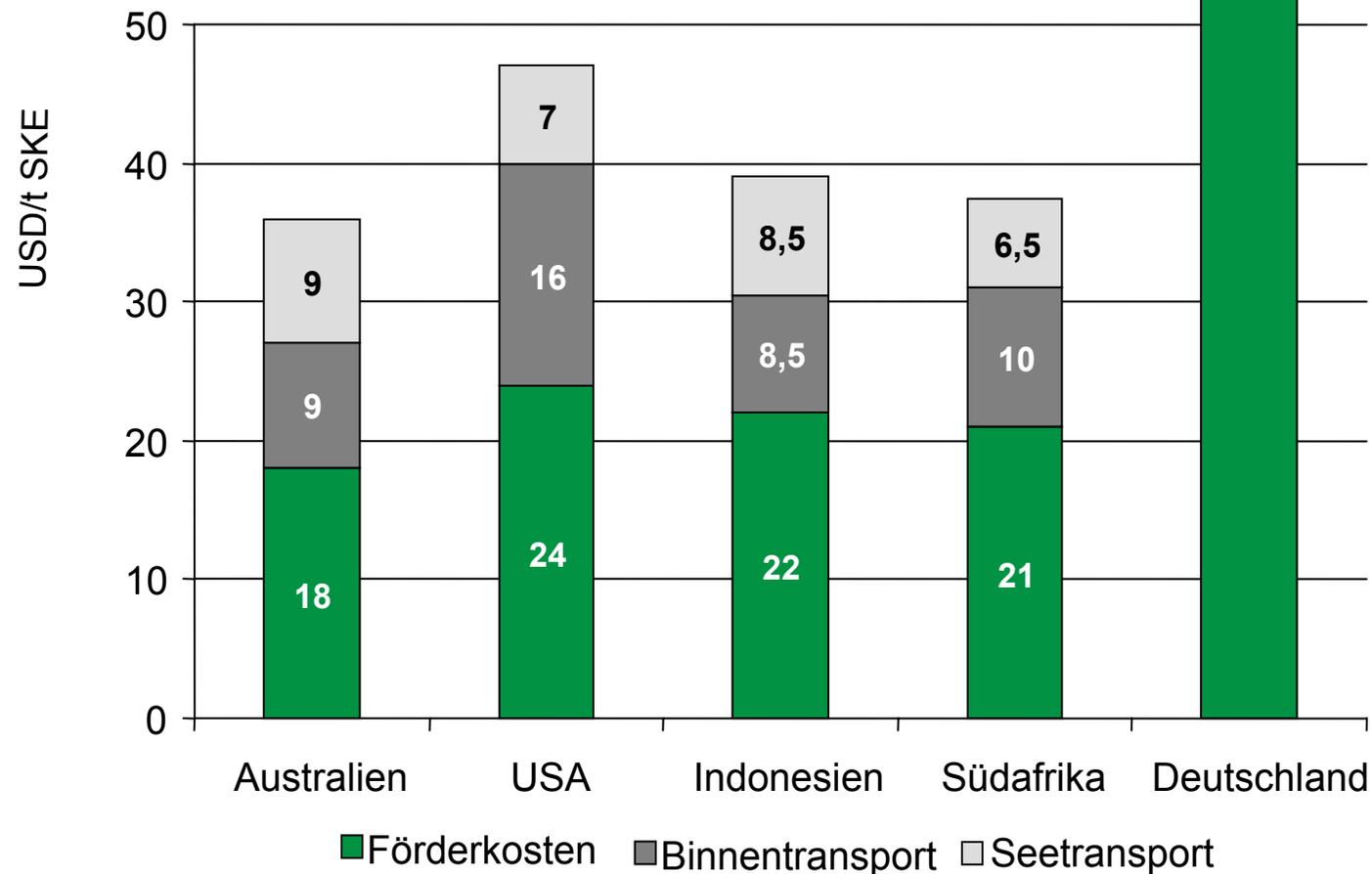
Steinkohlenförderung deutschlandweit

- mittlere Flözmächtigkeit 1,56 m
- Gewinnungsteufen im Mittel bei 1006 m
- Förderkosten: durchschnittlich etwa 270 DM/t SKE
- 11 fördernde Bergwerke; Leistung je Mann u. Schicht unter Tage 6,2 t v.F. (Tonnen verwertbare Förderung)
- jährliche Förderung ca. 27 Mio. t
- Beschäftigte im Steinkohlenbergbau 52 576
- Beihilfenvolumen von 1997- 2005 ca. 69,16 Mrd. DM (davon Bundesregierung 58,55 Mrd. DM)

erheblich höhere Förderkosten in Deutschland durch:

- Ungünstige geologische Verhältnisse:
- Gewinnungsteufen sehr tief
- kein Tagebau
- hohe Arbeitskosten
- hohe Umwelt-und Sicherheitsstandards

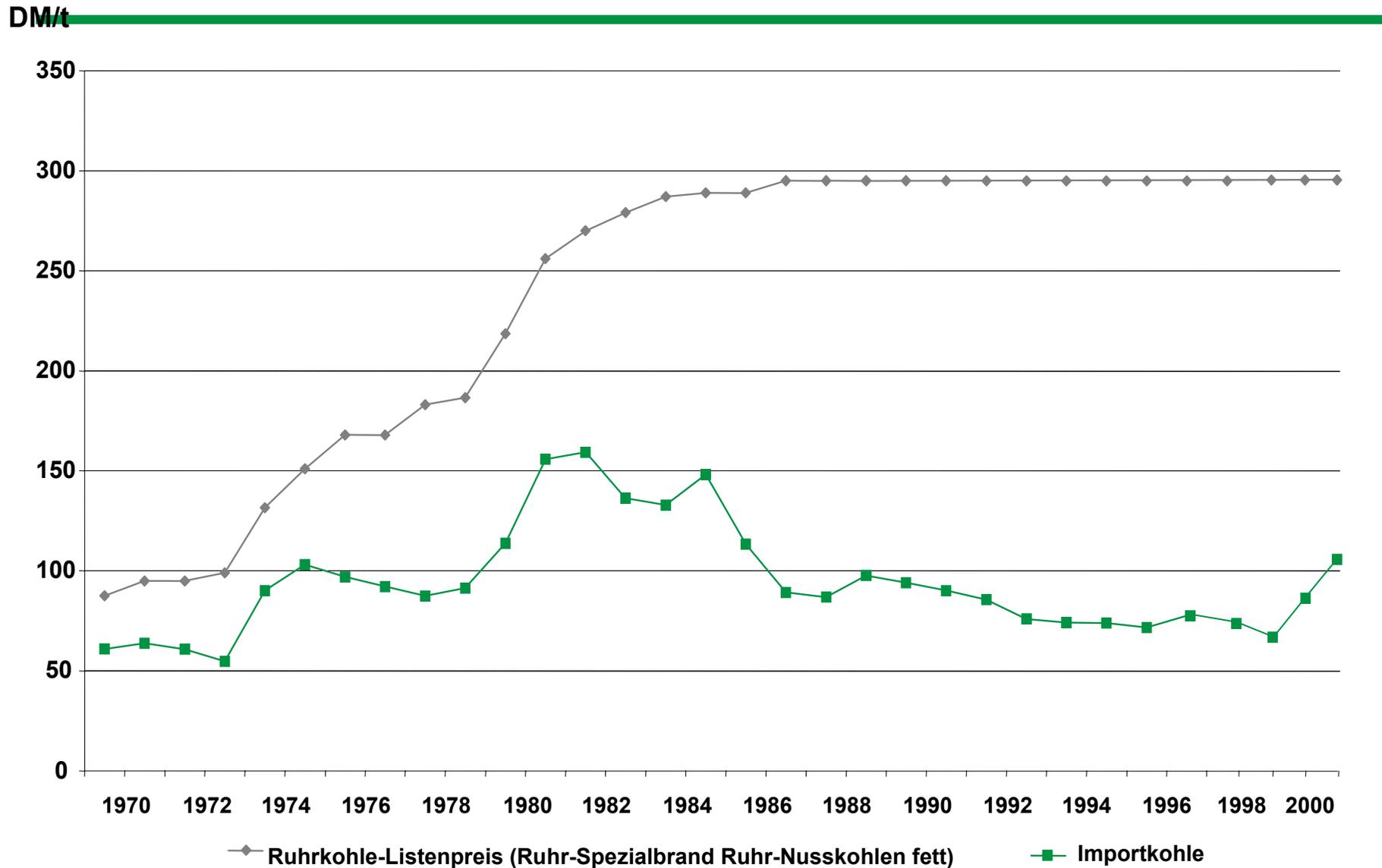
Kostenstruktur verschiedener Kohlenexportländer (Stichwort „Mallorca“)



Binnentransport inkl. Hafenumschlag/ARA = Amsterdam, Rotterdam, Antwerpen

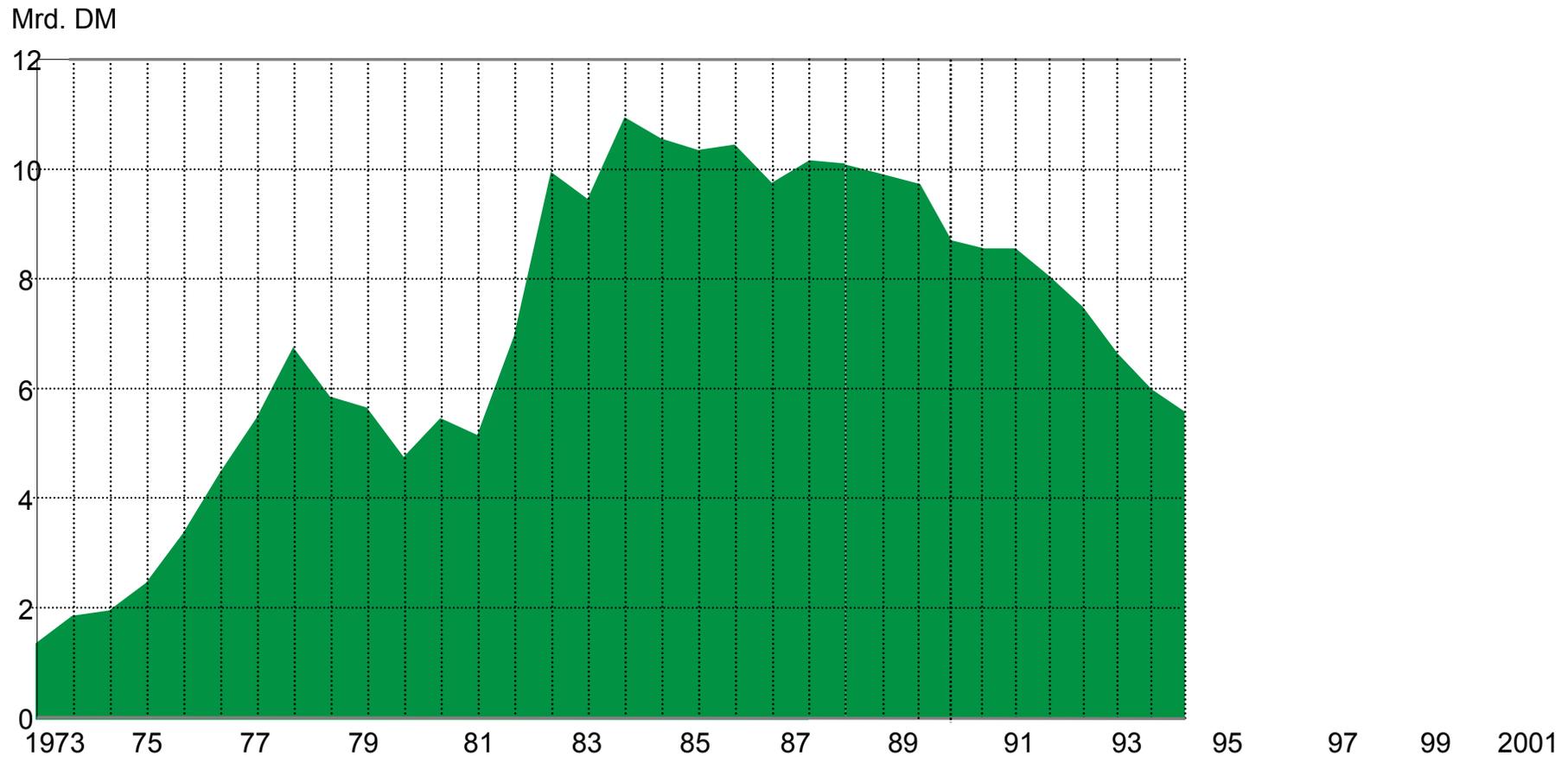
Quelle: Verein deutscher Kohlenimporteure: Jahresbericht 1998

Preisentwicklung für Steinkohle im Vergleich



Quelle: Verein deutscher Kohlenimporteure: Jahresbericht 1998

Subventionen zugunsten deutscher Steinkohle



Quelle: Statistik der Kohlenwirtschaft, versch. Jahrgänge, Verein Deutscher Kohlenimporteure, 1998

Merkmale der Preisbildung von Steinkohle

Die Angebotsseite auf dem internationalen Steinkohlemarkt ist oligopolistisch strukturiert.

„Marker-Price“: Frühjahrs-Verhandlungen zwischen australischen Kohleproduzenten und japanischer Metallindustrie

| | |
|---------------------------|---|
| Elektrizitätsmarkt | Substitutionswettbewerb mit Kernenergie, Braunkohle, Erdgas → Marktbestimmte Preisbildung |
| Wärmemarkt | Substitutionswettbewerb mit Heizöl und Erdgas → Marktbestimmte Preisbildung |
| Kokskohle | geringe Substitutionsmöglichkeiten durch andere Energieträger → Kostenorientierte Preisbildung (Hüttenvertrag) |

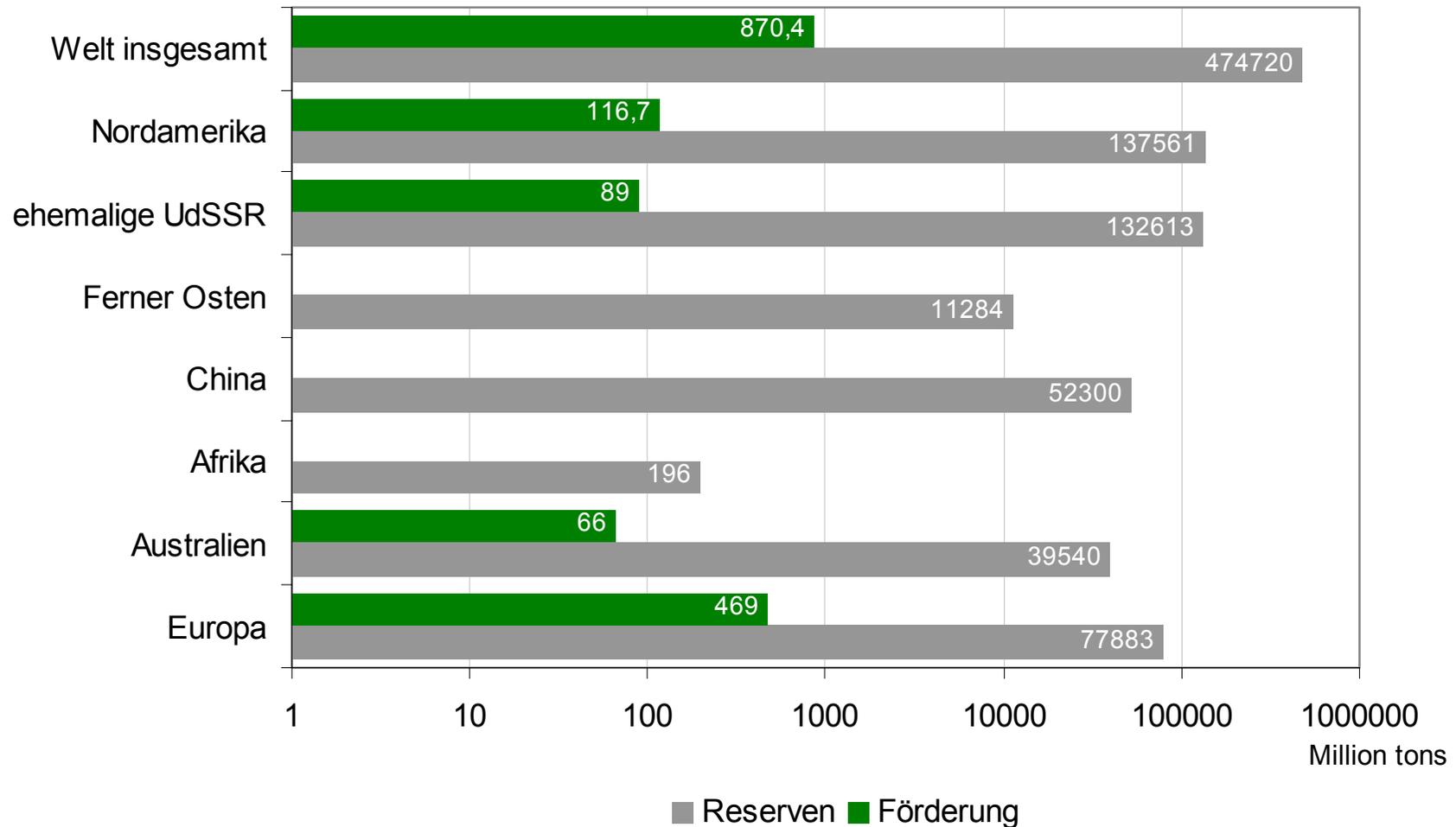
Agenda

3.3.1 Angebot, Nachfrage und Marktstruktur in der Steinkohlewirtschaft

3.3.2 Angebot, Nachfrage und Marktstruktur in der Braunkohlewirtschaft

3.3.3 Theoretische Fundierung:
Transaktionskostentheorie

Weltbraunkohlenreserven und -förderung regional 2001



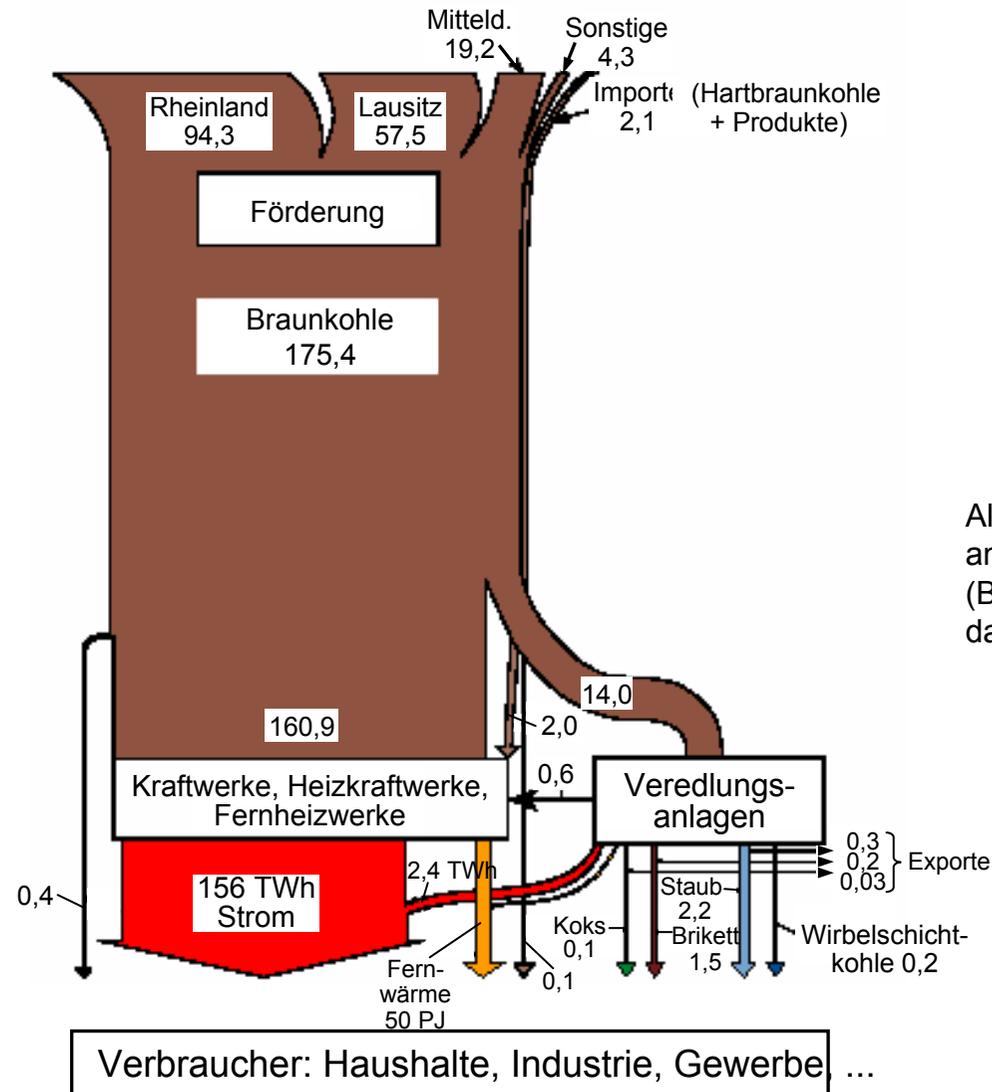
Quellen: BP Statistical Review of World Energy, 2002;
 Statistik der Kohlenwirtschaft e.V. (Hrsg.): Zahlen zur Kohlenwirtschaft, 2002

Aufkommen und Verwendung von Braunkohle in Deutschland 2001

| | 2000 | 2001 |
|--|---------------|---------------|
| | In 1000 t SKE | |
| Gewinnung Inland | 52.052 | 54.925 |
| + Einfuhr | 947 | 1.052 |
| = Aufkommen | 52.999 | 55.977 |
| ± Bestandsveränderungen | + 163 | + 57 |
| - Ausfuhr | 380 | 425 |
| = Primärenergieverbrauch | 52.782 | 55.609 |
| - Einsatz in Kraftwerken | 49.426 | 52.350 |
| - Sonstiger Umwandlungseinsatz | 3.907 | 3.874 |
| + Umwandlungsausstoß | 3.809 | 3.739 |
| - Verbrauch bei Gewinnung und Umwandlung sowie nicht energetischer Verbrauch | 419 | 426 |
| = Endenergieverbrauch | 2.839 | 2.698 |
| <i>davon:</i> Industrie | 2.084 | 1.980 |
| Private Haushalte | 722 | 694 |
| Sonstige Verbraucher | 33 | 24 |

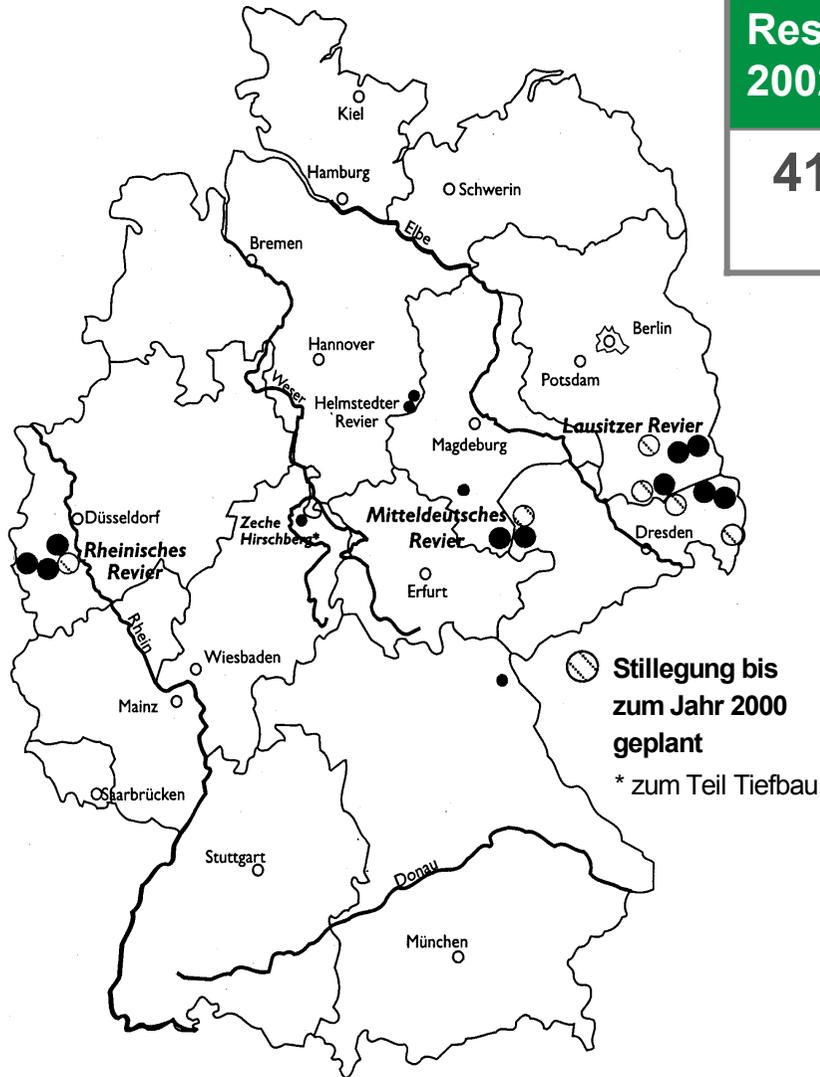
Quelle: H.-W. Schiffer: Energiemarkt Deutschland 2002

Braunkohlenflussbild 2001



Quelle: Schiffer, Energiemarkt Deutschland 2002

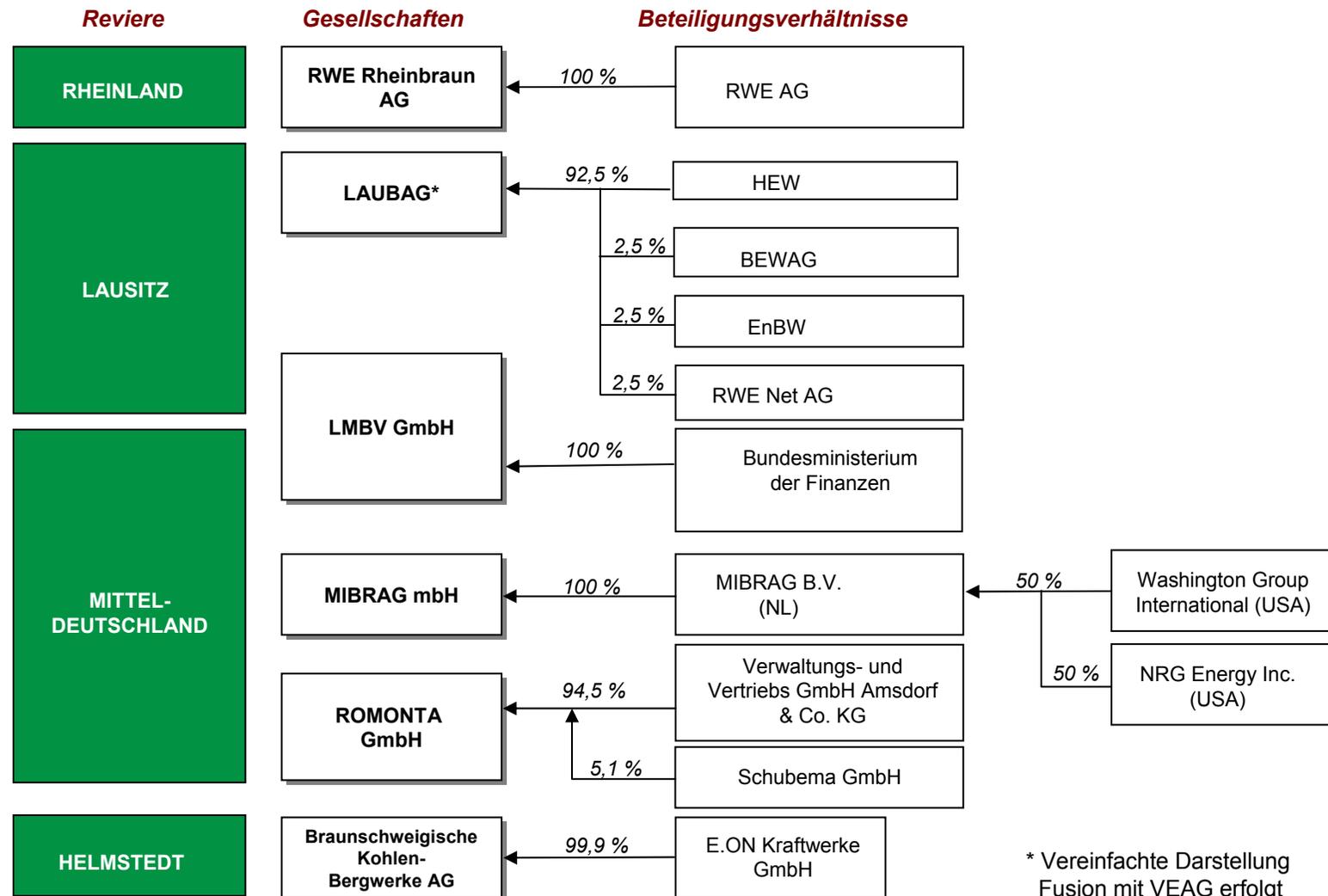
Braunkohlenreviere und -fördermengen 1998 in der Bundesrepublik Deutschland



| Reserven 2002 | Förderung 2002 | Statische Reichweite |
|------------------|-------------------|-------------------------|
| 41.300 Mt | 181,8 Mt | 227Jahre |

Quellen: BP Amoco: Statistical Review of World Energy, 2002;
Statistik der Kohlewirtschaft e.V. (Hrsg.): Zahlen zur Kohlen-
wirtschaft, 2002

Unternehmensstrukturen im deutschen Braunkohlenbergbau



* Vereinfachte Darstellung
Fusion mit VEAG erfolgt
(Vattenfall Europe)

Quelle: Schiffer, Energiemarkt Deutschland 2002

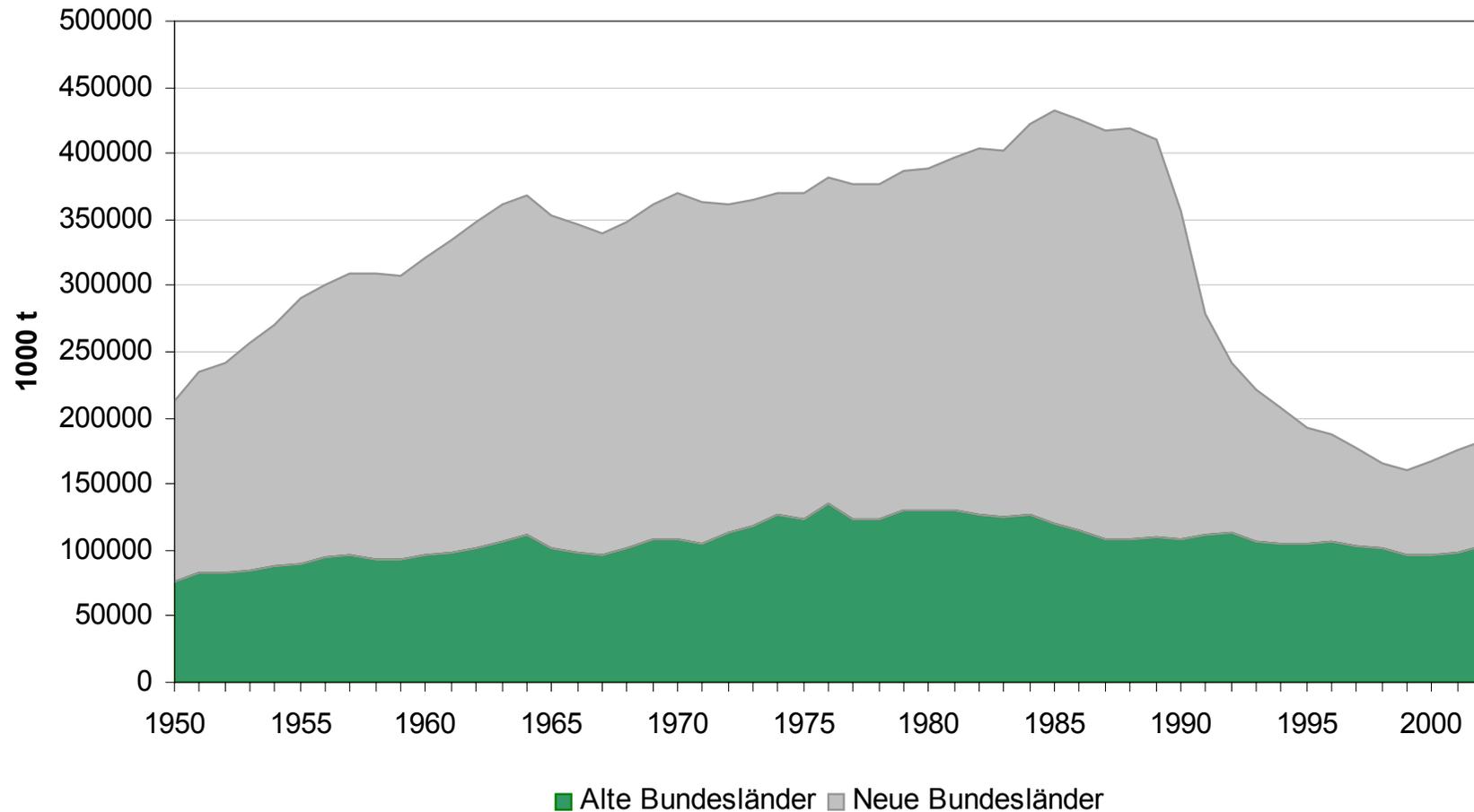
Fördermengen und Beschäftigte im Braunkohlenbergbau 2002

| Revier/Gesellschaft | Fördermenge 2001 in Mio. t | Beschäftigte |
|--|-------------------------------|---------------|
| Rheinland Rheinbraun AG | 94,349 | 9 619 |
| Helmstedt Braunschweigische Kohlen-Bergwerke AG | 4,073 | 633 |
| Hessen Preussen Elektra AG | 0,165 | 70 |
| Bayern Oberpfälzische Schamotte- und Tonwerke GmbH, Ponholz | 0,059 | 5 |
| Lausitz Lausitzer Braunkohle AG | 57,503 | 6 755 |
| Mitteldeutschland Mitteldeutsche Braunkohlengesellschaft mbH | 19,215 | 2 859 |
| Alte Bundesländer | 98,646 | 10 327 |
| Neue Bundesländer | 76,718 | 9 614 |
| Bundesrepublik Deutschland | 175,364 | 19 941 |

Quelle: Statistik der Kohlenwirtschaft e.V. (Hrsg.): Zahlen zur Kohlenwirtschaft, 2002

Braunkohlenförderung in Deutschland

Braunkohleförderung in Deutschland 1950-2002



Quelle: Statistik der Kohlenwirtschaft e.V., eigene Darstellung

Braunkohletagebau Laubag



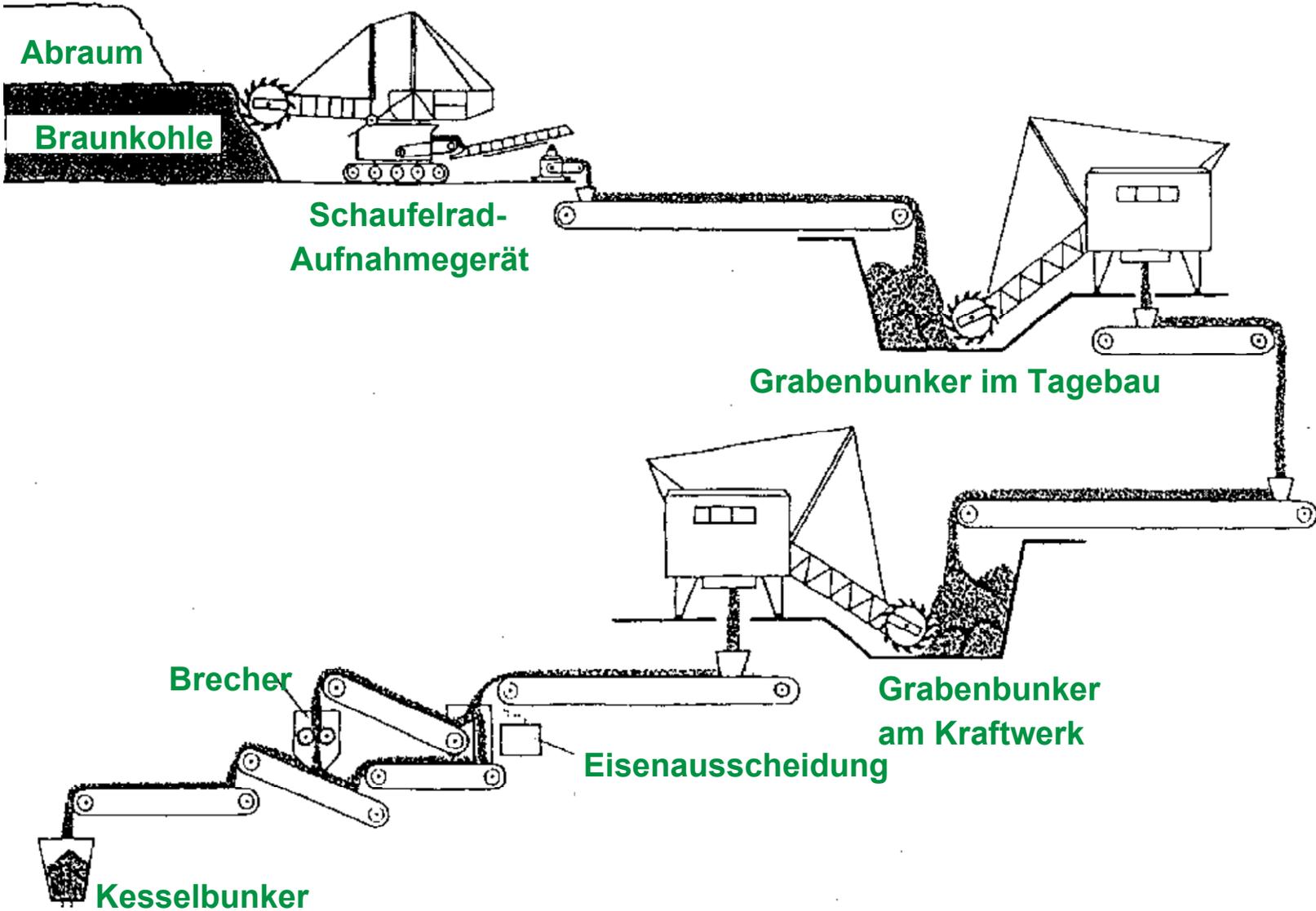
Tagebau Jänschwalde
Brückenverband Abraumförderbrücke



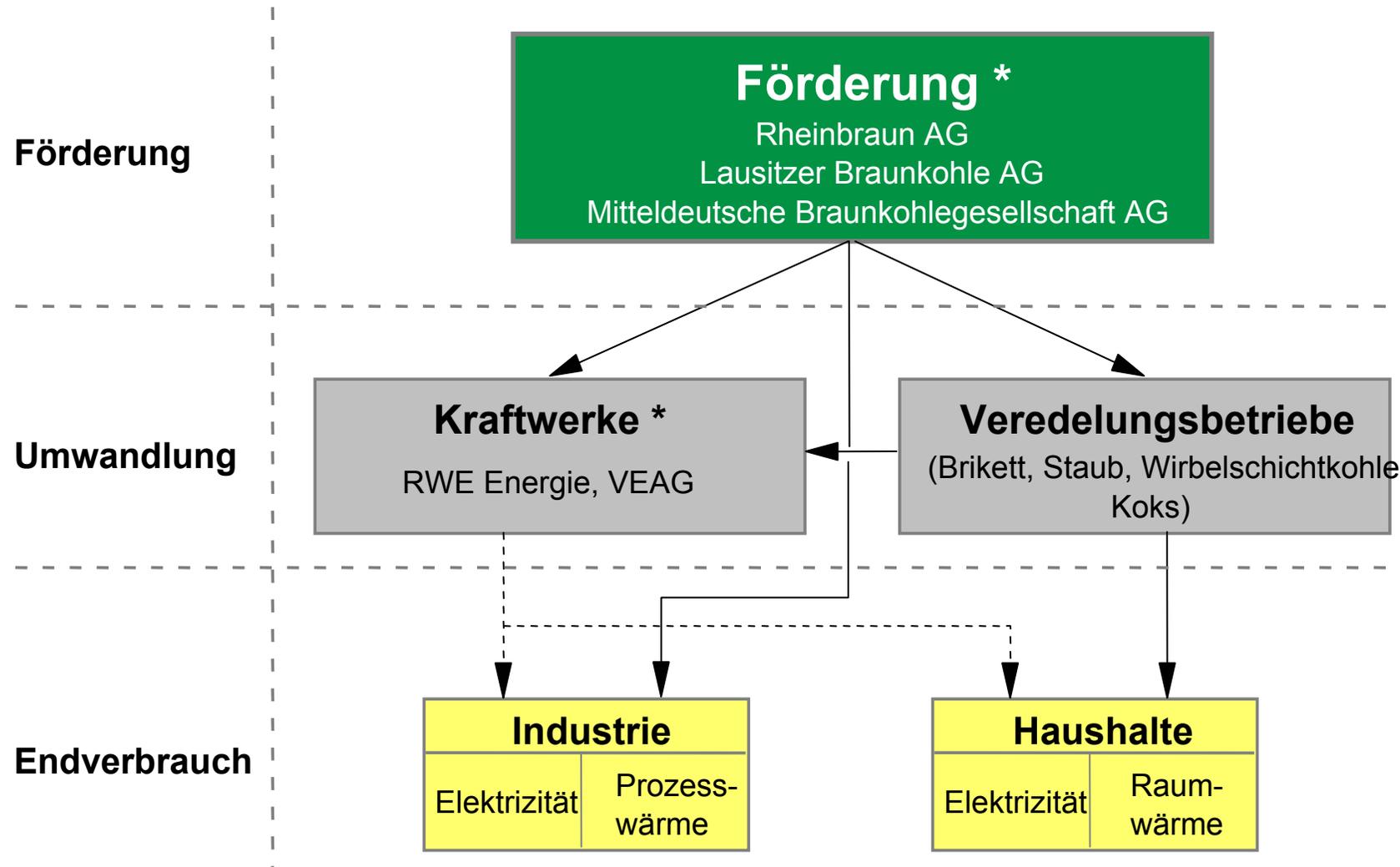
Tagebau Nochten
Schaufelradbagger am Kohleflöz

Quelle: Vattenfall Europe

Weg der Braunkohle vom Abbau bis zum Kesselbunker



Marktstufen und Teilmärkte des Energieträgers Braunkohle



* nur die wichtigsten aufgeführt

Merkmale der Preisbildung von Braunkohle

Die Transportkosten sind sehr hoch

→ Es liegt ein regionaler Markt vor

→ Kein direkter Wettbewerb von Anbietern von Braunkohle

Der Braunkohlenbergbau liegt in der Hand der EVU

→ kein Markt für Rohbraunkohle

Elektrizitätsmarkt

Substitutionswettbewerb mit Kernenergie, Steinkohle, Erdgas

→ Marktbestimmte Preisbildung

Wärmemarkt

Substitutionswettbewerb mit Heizöl und Erdgas

→ Marktbestimmte Preisbildung für Veredelungsprodukte wie Briketts

Agenda

3.3.1 Angebot, Nachfrage und Marktstruktur in der Steinkohlewirtschaft

3.3.2 Angebot, Nachfrage und Marktstruktur in der Braunkohlewirtschaft

3.3.3 Theoretische Fundierung:
Transaktionskostentheorie

Fragestellung: Marktstrategien in der Kohlewirtschaft

→ Braunkohle: „Hierarchie“: vertikale Integration Kohle-Kraftwerk (Bsp. Laubag-VEAG, Vattenfall Europe)

→ Steinkohle: „Marktliche“ Beziehung zwischen Kohleförderung und –
verstromung

Ansatz: Transaktionskostentheorie / neue Institutionenökonomik

(Neue) Institutionenökonomie

im Mittelpunkt wirtschaftlichen Handelns stehen Eigentums- bzw. „Verfügungsrechte“:

- Kritik an neoklassischer Sichtweise: Vernachlässigung spezifischer Ausgangssituation (historisch, geographisch, kulturell), welche zu unterschiedlichen Reaktionen auf Politikmaßnahmen führen können, insbesondere: Unternehmen als „schwarze Box“, Verträge sind kostenlos
- ökonomisches Handeln vollzieht sich immer im Rahmen einem spezifischen institutionellen Umfeld („Institution“ als gesellschaftliche Regeln für ökonomisches Handeln, mit einem Sanktionsmechanismus versehen (intern vs. extern; formal vs. informell) (positiver Ansatz)
- Institutionelle Sicht des Individuums:
 - unvollständige individuelle Rationalität (Simon, 1976): Individuen verfügen über beschränkte Informationsverarbeitungskapazitäten (auch: Informationskosten); daher handeln sie zwar subjektiv rational, jedoch nicht hyperrational (d.h. auch objektiv, unter Kenntnis aller Rahmenbedingungen, rational). Bsp.: Wahl eines bekannten Kohlelieferanten (der nicht der günstigste sein muss).
 - opportunistisches Verhalten: Wirtschaftssubjekte handeln nicht ausschließlich verständigungsorientiert, sondern (auch) strategisch, indem sie versuchen, ihre eigenen Interessen, auch zum Nachteil anderer, teilweise sogar unter Missachtung sozialer Normen, zu verwirklichen (z.B. Informationsverzerrung). Bsp.: Nachverhandlungen bei Automobilzulieferern.
- Es gibt keine à priori optimale Markt- und Unternehmensstruktur, die Bildung der Strukturen hängt vielmehr auch von der Höhe der marktlichen und unternehmerischen TAK ab

Definition Transaktionskosten

Die Ressourcen, die für Schaffung, Erhaltung, Benutzung, Veränderung usw. von Eigentumsrechten (allgemeiner: Verfügungs- und Vertragsrechte) aufzuwenden sind.

- Anders ausgedrückt: „Reibungsverluste“ von Tauschhandlungen.
- oder (umgekehrt): Alle Kosten, die nicht unmittelbar für die Produktion in Form von Kosten für Vor- oder Zwischenprodukte und für Faktorleistungen selbst anfallen

Kosten von Verfügungs- u. Vertragsrechten:

- Kosten der Definition u. Messung wirtschaftlicher Ressourcen oder Rechtstitel sowie
- Kosten der Ausübung und Durchsetzung der Rechte,
- Kosten der Übertragung dieser Rechte:
Informations-, Verhandlungs- u. Rechtsdurchsetzungskosten,

Markt-, Unternehmens- und politische Transaktionskosten

Markttransaktionskosten („Reibungsverluste“ der Marktwirtschaft):

- Anbahnung v. Verträgen (Such- u. Informationskosten i.e. S.)
 - Vertragsabschluß (Verhandlungs- u. Entscheidungskosten)
 - Überwachung u. Durchsetzung vertraglicher Leistungspflichten
- ⇒ Zielkonflikt: Verringerung der TAK kann durch glaubhafte Bindungen („Pfand“) erzielt werden, z.B. Sicherheitsleistungen, Aufbau von Reputation; diese sind aber ihrerseits mit Kosten verbunden

Unternehmenstransaktionskosten (Reibungsverluste der Bürokratie):

- Kosten der Organisationsstruktur: Personalverwaltung, Informationstechnologie, interne Kommunikation
- Kosten des Betriebes (logistische Transaktionskosten, Ausgleichstransaktionskosten (Abstimmung von Input u. Output, Lagerhaltung), Qualitätstransaktionskosten
- Veränderungstransaktionskosten: Aktualisierung von technischer Planung, Zeitplänen etc.

Politische Transaktionskosten (Reibungsverluste des Institutionenrahmens):

- Legislative-Exekutive-Judikative; Regulierung, ökonomische Kosten politischer Kompromisse; auch: Totgewichtsverluste durch Staatsversagen (z.B. ineffiziente, interessengruppenspezifische Entscheidungen)

Ansätze zur Quantifizierung von Transaktionskosten (Wallis/North, 1988)

a) Markttransaktionskosten:

- Definition eines „Transaktionskostensektors“ (Abgrenzungsschwierigkeiten, insbesondere zwischen inneren TA (nicht erfasst) und externen TA (erfasst))
- TA auf Nachfrageseite: Berater, Anwälte, auch: Transport; TA auf Angebotsseite: Vertrieb, Marketing, Transport): $TAK = \text{Endpreis} - \text{Produktionskosten}$
- Ergebnis (für 116 Sektoren im Jahr 1959):

| | |
|---------------------------|------------|
| TAK: | 38% |
| Transportkosten: | 4% |
| Umsatzsteuer: | 7% |
| <u>Produktionskosten:</u> | <u>51%</u> |
| Gesamtkosten: | 100% |

b) Unternehmenstransaktionskosten

- Bezugsgrundlage: Gemeinkosten, die ca. 1/3-2/3 der Gesamtkosten ausmachen; davon ca. 50% TAK (Verwaltung, Personal, Verträge, etc.) => 18-30%
- Schätzung Wallis/North: TAK (USA, 1970): 47-55% des BIP; Vergleich (1870): 26%
- 3 Gründe für den Anstieg
 - mit zunehmender Anonymisierung der Tauschakte steigen die Kosten der Spezifizierung und Durchsetzung von Verträgen
 - technischer Fortschritt, Spezialisierung der Produktion, dafür relativ mehr Koordinierungskosten erforderlich
 - Übertragung (nicht-erfasster) politischer TA in den privaten (erfassten) TA-Sektor im Rahmen der Neuordnung von Verfügungsrechten (Bsp.: private Schlichtungsverfahren)

Dimensionen von Transaktionskosten

Transaktionsatmosphäre

- alle für die Koordination einer Leistungsbeziehung relevanten sozialen und technologischen Rahmenbedingungen; Bsp.: Bremer Kaufmannsgilde, TU-Alumni, Flohmarkt)

Häufigkeit:

- Je öfter eine Transaktionen stattfindet, desto geringer sind die entstehenden Transaktionskosten. Tendenziell: je häufiger, desto vorteilhafter sind bilaterale Verträge, d.h. tendenzielle hierarchisches Angebots (Bsp.: Öltanker Dubai-Rotterdam jeden Montag); geringere Transaktionskosten bei außerbetrieblicher Produktion

Unsicherheit:

- Je größer die eine Transaktion umgebenden Unsicherheitsfaktoren, desto größer die Transaktionskosten und desto unvollständiger die abgeschlossenen Verträge (Bsp.: Finanzierung der Gas-Pipeline durch China, Unsicherheiten bzgl. Nachfrage, Preise, rechtliche Entwicklung)
- Einfluss der Unsicherheit:
 - hierarchische Organisation führt zu besserer Anpassungsfähigkeit bei multilateralen Problemen (Bsp.: China-Pipeline, rel. enge vertragliche Bindung der Projektbeteiligten)
 - marktliche Organisation führt bei relativ geringer Faktorspezifität zu besserer Risikostreuung, geringeren Vorhaltekosten (Bsp.: Kraftwerksbau in Deutschland, tendenziell marktlich)

Faktorspezifität ...

Faktorspezifität (1)

Definition:

- faktorspezifische (idiosynkratische) Investitionen sind solche, die sich nicht ohne weiteres für eine andere als die vorgesehene Transaktion eignen (Bsp.: Transportleistung einer Spedition für Chemieunternehmen, Roheisen-Sprinter in Stahlindustrie, Werbeaufwendungen für den Verkauf eines bestimmten Produktes). Einmal aufgewendet, sind sie verlorene Kosten („sunk costs“).

Arten von Faktorspezifität:

- räumliche Spezifität (Bsp.: Braunkohlereserve)
- physische Spezifität (Bsp.: Sachkapitalinvestition)
- Humankapital-Spezifität (Bsp.: Qualitätskontrolle)
- Kunden- oder Widmungs-Spezifität (Bsp.: VW schult Zulieferer in Kommissionierungssoftware)
- Markenartikel-Spezifität (Bsp.: Smart-Mobil)

Faktorspezifität (2)

Faktorspezifität resultiert in hoher Quasi-Rente,

- d.h. Differenz zwischen Erträgen in der jetzigen und der bestmöglichen anderer Verwendung (niedrige Opportunitätskosten). Das führt zu großem Interesse am Fortbestehen der Transaktion, macht den Investor in faktorspezifisches Kapital verletzlich gegenüber Versuchen zur Beraubung seiner Quasi-Rente („Raubüberfall“, auch: hold-up); der zwischen Unternehmen und Faktoreigentümer auszuhandelnde Faktornutzungspreis ist somit weitgehend entkoppelt von den Investitionskosten.
- Zur Investition kommt es nur, wenn Verträge so gestaltet werden können, dass dieser „Raub“ verhindert werden kann und eine faire Aufteilung der Quasi-Rente erfolgt (hier: Preise, Dauer, Bedingungen des Transportvertrages zwischen Stahlwerk und Roheisentransporteur).

Je höher die Faktorspezifität, desto

- schwieriger ist die Vertragsgestaltung
 - geringer die Möglichkeit alternativer Verwendung
 - geringer die Opportunitätskosten
 - stärker die Abhängigkeit des Eigentümers der spezifischen Aktiva
 - geringer sind die Produktionskostenvorteile bei marktlicher Beschaffung der Transaktion.
- Investition in transaktionsspezifische Aktiva => *fundamentalen Transformation*
 - Im Extremfall von intensivem Wettbewerb zu bilateralem Monopol (analog: „Hochzeit“, Soukh)

Kostenvergleich alternativer institutioneller Arrangements zum Bezug von Vorleistungen: Markt vs. Hierarchie (Unternehmen)

auch *make-or-buy*-Entscheidung:

- Vergleich der Gesamtkosten (*governance costs*: Transaktions-, Produktions- und Transportkosten) bei hierarchischer Produktion (im eigenen Unternehmen) und marktlicher Organisation (d.h. externe Beschaffung).

Entscheidungsregel:

- EK > IK => Zentralisierung der Fertigung
EK < IK => marktliche Vergabe (dezentral)

mit

$$IK = I_{PK} + I_{TAK}$$

$$EK = EP + E_{TAK} + TK$$

EK: externe Kosten

IK: interne Kosten

I_{TAK}/E_{TAK} : interne/externe Transaktionskosten

I_{PK} : interne Produktionskosten

EP: (externer) Preis

TK: Transportkosten

Faktorspezifität, Transaktionshäufigkeit und wahrscheinliche Koordinationsstruktur (governance structure)

| | | Faktorspezifität | | |
|--|--------------------------|------------------|----------|-----------------------|
| | | unspezifisch | mittel | Vollkommen spezifisch |
| Häufigkeit der Transaktionskosten aus Sicht des Kunden | Gelegentlich | M | TK | TK, VI/N |
| | Regelmäßig wiederkehrend | M | BK, VI/N | VI/N |

M = marktliche Koordination

TK = trilaterale Koordination, „neoklassischer Vertrag“ (+ Schiedsrichter)

BK = bilaterale Koordination (z.B. langfristiger Vertrag)

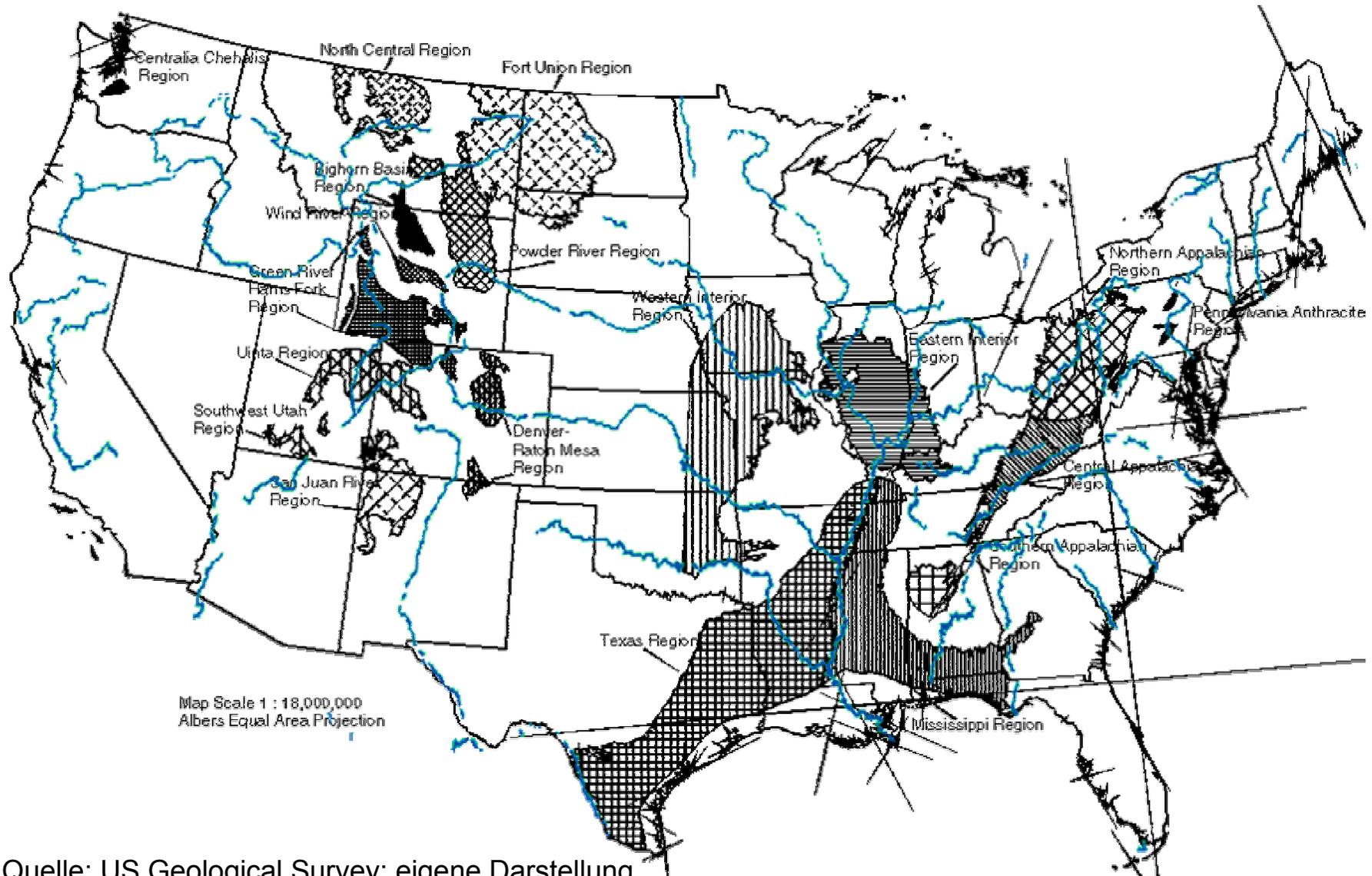
VI = vertikale Integration

N = Netzwerk

Beispiel: Organisationsformen der U.S. Kohle- und Kraftwerksmärkte (Joskow, 1987)

- Frage: Erklärung unterschiedlicher Vertragslaufzeiten und Kontrollstrukturen im Osten und im Westen der USA
- Faktorspezifität der Kraftwerke:
 - räumlich (Entfernung von Gruben, „mine-mouth“), Existenz alternativer Transportmöglichkeiten
 - physisch (Kohlequalitäten)
 - kundenspezifisch (Kosten der Vertragsverhandlungen)
- => 3 Hypothesen: Längere Vertragslaufzeiten (hierarchische Organisation) erwartet für
 - mine-mouth Kraftwerke ohne flexible Transportalternativen
 - Regionen mit unterschiedlichen Kohlequalitäten
 - höhere jährliche Absatzmengen
- Empirie: 277 Abnahme- und Transportverträge (1979)
- Schätzansatz (OLS):
 - Vertragslaufzeit_i = $a_0 + b_1 \text{ Menge } y_i + b_2 \text{ „Mine-Mouth“}_{(0/1)} + b_3 \text{ Mittlerer Westen}_{(0/1)} + b_4 \text{ Westen}_{(0/1)} + u_i$
 - Ergebnis: $b_1, b_2, b_3, b_4, > 0$ und signifikant

US coalfields and streams



Quelle: US Geological Survey; eigene Darstellung

... und in Deutschland



Quelle: RWE; eigene Darstellung