

# Kosten des Energietransportes

Autor(en): **Dommann, F.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins :  
gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen  
Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes  
Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)**

Band (Jahr): **56 (1965)**

Heft 8

PDF erstellt am: **15.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-916359>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Kosten des Energietransportes

von F. Dommann, Luzern

In Heft 2 der «Elektrizitätswirtschaft» vom 18. Januar 1965 veröffentlichte Dr. Ing. E. Reuter, seinerzeit Mitarbeiter am Institut für elektrische Anlagen und Energiewirtschaft der Technischen Hochschule Aachen, eine Untersuchung über die Kosten des Energietransportes, der wir die nachfolgenden Überlegungen entnehmen. Die Ergebnisse dieser Studien beziehen sich auf deutsche Verhältnisse.

Ca. 60 % der deutschen Elektrizitätserzeugung basiert auf Steinkohle, so dass rund  $\frac{1}{5}$  der gesamten Steinkohlenförderung der Bundesrepublik für die Elektrizitätserzeugung verbraucht wird. Für die nächsten Jahre ist ein weiteres Ansteigen des Steinkohlenverbrauchs der Elektrizitätswerke zu erwarten. Verschiedene Pläne befassen sich mit der Erstellung neuer Kraftwerke in den Steinkohlenrevieren. Dr. Reuter untersucht nun die Kosten des Energieabtransportes ab Revier einerseits in Form elektrischer Energie und andererseits in Form von Steinkohle.

Für den *elektrischen Transport* wird vorausgesetzt, dass die erzeugte Energiemenge nicht im bestehenden Verbundnetz fortgeleitet werden kann, sondern dass neue Höchstspannungsleitungen erstellt werden müssen, die für lange Strecken als 380-kV-Leitungen mit Viererbündeln ausgeführt werden. Je am Anfang und Ende der Leitung ist ein Unterwerk für die Transformierung von 220/380 kV und umgekehrt vorgesehen. Bei einer Leitungslänge von 400 km ist eine, bei einer solchen von 600 km sind zwei Zwischenstationen 380 kV geplant. Die Untersuchungen beziehen sich auf Übertragungsdistanzen von 200...600 km. Unter Berücksichtigung der statischen Stabilität der Leitung ergeben sich für solche Leitungen die folgenden übertragbaren Grenzleistungen und Anlagekosten:

Entfernung	200 km	400 km	600 km
Grenzleistung MW	1950	1440	1110
Anlagekosten Millionen DM	188	235	318

In den Kosten eingeschlossen sind die Kosten für die Kompensation des Ladestromes durch Drosselspule am Leitungsanfang, für die Spannungssenkung bei Leerlauf und Schwachlast durch Drosselspulen am Ende der Leitung und für die Kondensatoren zum Betrieb der Leitung mit einer grösseren als der «natürlichen» Leistung.

Die Jahreskosten der Leitungen beruhen auf einem Jahreskostenfaktor von 12 % des Anlagekapitals. Darin sind die Verzinsung und Amortisation sowie die Aufwendungen für Betrieb und Unterhalt der Leitungen eingeschlossen. Zu diesen Jahreskosten kommen die stromunabhängigen Verlustkosten hinzu, die in Arbeits- und Leistungskosten unterteilt werden. Die stromunabhängigen Verlustkosten betreffen die Koronaverluste, die Transformatoren-Leerlaufverluste sowie die Drosselspulen- und Kondensatorenverluste. Die Arbeitsverlustkosten sind die reinen Brennstoffkosten für die Leerlaufverluste. Die Leistungsverlustkosten basieren auf den Aufwendungen für ein «Verlustkraftwerk». Schliesslich

kommen zu diesen Kosten noch die stromabhängigen Kosten hinzu, die wiederum in Arbeits- und Leistungsverlustkosten unterteilt werden. Die Stromabhängigen Verlustkosten betreffen die Transformatoren-Kurzschlussverluste sowie die eigentlichen Leitungsverluste ( $R I^2$ ). Bei diesen stromabhängigen Verlustkosten muss mit einer bestimmten «Verlustzeit» gerechnet werden, die der Stundenzahl entspricht, mit der man die Grenzleistung übertragen muss, um die gleichen Arbeitsverluste zu erhalten wie bei der Übertragung der Leistung nach dem wirklichen Jahresbelastungsdiagramm. In der Berechnung von Dr. Reuter wurde eine «Verlustzeit» von 4380 Stunden entsprechend einem Belastungsfaktor von 0,5 und von 5000 Stunden entsprechend dem Belastungsfaktor 0,57 angenommen.

Unter Berücksichtigung aller obgenannten Kostenteile ergeben sich folgende Transportkosten für die elektrische Energie:

Entfernung	200 km		400 km		600 km	
	0,5	0,57	0,5	0,57	0,5	0,57
Jahreskosten der Anlage Mio DM	22,6	22,6	28,2	28,2	38,1	38,1
Stromabhängige Kosten Mio DM	9,97	10,64	11,24	11,83	9,68	10,32
Stromunabhängige Kosten Mio DM	1,6	1,6	1,66	1,66	2,02	2,02
Total Transportkosten Mio DM	34,17	34,84	41,10	41,69	49,80	50,44
Transportkosten pro kWh Pf/kWh	0,40	0,35	0,64	0,57	1,01	0,90

Die stromunabhängigen Kosten sind von untergeordneter Bedeutung. Bei grösseren Entfernungen entfallen etwa 75 % aller Kosten auf die Jahreskosten der Anlagen.

*Kosten des Kohlentransportes.* Zum Vergleich mit den Transportkosten der elektrischen Energie wurden nun die Transportkosten der Kohle auf dem Schienenweg, auf dem Wasserweg und in Rohrleitungen untersucht. Dabei wurde immer mit Steinkohle von 7000 kcal/kg Heizwert gerechnet und für die Energieerzeugung mit einem spezifischen Kohleverbrauch von 0,34 kg/kWh.

Der *Bahntransport* ist wegen des dichten Eisenbahnnetzes in Deutschland praktisch überallhin möglich. Die Tarife der Deutschen Bundesbahnen basieren immer auf der kürzesten Verbindung. Somit kann die Bahntransportlänge ungefähr der Trasseelänge für Fernleitungen gleichgesetzt werden. Der günstigste Tarif der Deutschen Bundesbahnen für Kohletransport wird bei Beförderung mit ganzen Spezialzügen gewährt. Für den Transport von Steinkohle leistet der Bund eine Subvention von 8,6 % der Frachttarife zu Lasten der Heizölsteuer. Die Bundesbahnen gewähren zudem Menge- und Treuerabatt.

Unter Berücksichtigung dieser Vergünstigungen ergeben sich für den Kohlentransport auf dem Schienenweg die folgenden Belastungen pro kWh:

Entfernung		200 km	400 km	600 km
bei 1300 t-Zügen	Pf/kWh	0,36	0,52	0,60
bei 800 t-Zügen	Pf/kWh	0,47	0,69	0,785

Da die Brennstoffkosten im Steinkohlenkraftwerk rund 2 Pf/kWh betragen, haben die Transportkosten einen wesentlichen Einfluss auf die Wettbewerbsfähigkeit der Steinkohle in revierfernen Gebieten.

Beim Transport der Kohle *auf dem Wasserweg* ist die Standortwahl nicht mehr frei, da auf das vorhandene Kanalnetz Rücksicht genommen werden muss. Aus der grafischen Darstellung Dr. Reuters ergeben sich als Transportkosten pro kWh für Schifftransport die folgenden Werte:

Entfernung		200 km	400 km	600 km
Transportkosten	Pf/kWh	0,32	0,47	0,59

also leicht tiefere Werte als beim Bahntransport mit grossen Zügen.

Der Transport von Kohle in *Rohrleitungen* könnte für Steinkohle auf hydraulischer Basis aussichtsreich sein. In Frankreich und in den USA sind solche Anlagen in Betrieb, in Deutschland sind dafür Projekte vorhanden. Die berechneten Transportkosten pro kWh sind die folgenden:

Entfernung		200 km	400 km	600 km
bei 100 t/h Kapazität	Pf/kWh	0,435	0,703	0,97
bei 300 t/h Kapazität	Pf/kWh	0,255	0,435	0,63

Einer Kapazität der Rohrleitung von 300 t/h entspricht ein Kraftwerk mit 1500 MW bei einer Benützungsdauer von 5000 Stunden.

Der Rohrleitungstransport von Steinkohle ist nur für sehr grosse Mengen günstig.

#### Vergleich der Transportkosten

Aus den gefundenen Zahlen geht hervor, dass der mechanische Kohlentransport für grössere Entfernungen billiger zu stehen kommt als der Energietransport über Fernleitungen. Beim Energietransport wurde zudem nicht berücksichtigt, dass im versorgten Gebiet eine entsprechende Leistungsreserve bereitgehalten werden muss, die zusätzliche Kosten verursacht, welche beim mechanischen Kohlentransport nur in geringem Masse anfallen. Sofern der spezifische Kohlenverbrauch pro kWh noch weiter sinkt oder der Kohlepreis ansteigt, wird der mechanische Transport der Kohle noch interessanter als in den obenstehenden Zahlen angegeben. Der Verfasser kommt auf Grund seiner Untersuchungen zum Schluss, dass Kraftwerke in den Steinkohlenrevieren nur sinnvoll erscheinen, wenn es möglich ist, die erzeugte Energie über das jeweils vorhandene Verbundnetz wegzuführen. Sofern zum Abtransport der Energie neue grosse Leitungen erstellt werden müssten, ist der Transport der Kohle auf dem Schienen-, Wasser- oder Rohrleitungsweg zu Kraftwerken nahe bei den Verbrauchszentren günstiger.

#### Adresse des Autors:

F. Dommann, dipl. Ing. ETH, CKW, 6000 Luzern.

## Wirtschaftliche Mitteilungen

### Unverbindliche mittlere Marktpreise

je am 20. eines Monats

#### Metalle

		März	Vormonat	Vorjahr
Kupfer (Wire bars) <sup>1)</sup> . . . . .	sFr./100 kg	*) 583.—	554.—	330.—
Banka/Billiton-Zinn <sup>2)</sup> . . . . .	sFr./100 kg	1 556.—	1 487.—	1 315.—
Blei <sup>1)</sup> . . . . .	sFr./100 kg	180.—	195.—	105.—
Zink <sup>1)</sup> . . . . .	sFr./100 kg	**) 146.—	146.—	123.—
Roh-Rein-Aluminium für elektr. Leiter in Masseln 99,5 % <sup>3)</sup> . . . . .	sFr./100 kg	235.—	235.—	235.—
Stabeisen, Formeisen <sup>4)</sup> . . . . .	sFr./100 kg	58.50	58.50	55.50
5-mm-Bleche . . . . .	sFr./100 kg	48.—	52.—	49.—

\*) Börsenkurs; Verbraucher erhalten weiterhin Wirebars zu £ 260.—/280.—, je nach Produzent.  
\*\*) Börsenkurs; Verbraucher erhalten weiterhin Fein-/Rohzink zu £ 110.—/115.—, je nach Produzent.  
<sup>1)</sup> Preise franko Waggon Basel, verzollt, bei Mindestmengen von 50 t.  
<sup>2)</sup> Preise franko Waggon Basel, verzollt, bei Mindestmengen von 5 t.  
<sup>3)</sup> Preise franko Empfangsstation, verzollt, bei Mindestmengen von 10 t.  
<sup>4)</sup> Preise franko Grenze, verzollt, bei Mindestmengen von 20 t.

#### Flüssige Brenn- und Treibstoffe

		März	Vormonat	Vorjahr
Reinbenzin/Bleibenzen . . . . .	sFr./100 lt.	44.— <sup>1)</sup>	44.— <sup>1)</sup>	44.— <sup>1)</sup>
Dieselöl für strassenmotorische Zwecke . . . . .	sFr./100 kg	39.20 <sup>2)</sup>	39.20 <sup>2)</sup>	41.40 <sup>2)</sup>
Heizöl extraleicht . . . . .	sFr./100 kg	12.10 <sup>2)</sup>	12.10 <sup>2)</sup>	13.60 <sup>2)</sup>
Industrie-Heizöl mittel (III) . . . . .	sFr./100 kg	8.80 <sup>2)</sup>	8.80 <sup>2)</sup>	10.30 <sup>2)</sup>
Industrie-Heizöl schwer (V) . . . . .	sFr./100 kg	7.— <sup>2)</sup>	7.— <sup>2)</sup>	7.60 <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Konsumenten-Zisternenpreise franko Schweizergrenze Basel, verzollt, inkl. WUST, bei Bezug in einzelnen Bahnkesselwagen von ca. 15 t.  
<sup>2)</sup> Konsumentenpreis franko Basel-Rheinhafen, verzollt, exkl. WUST.

#### Kohlen

		März	Vormonat	Vorjahr
Ruhr-Brechkok I/II <sup>1)</sup> . . . . .	sFr./t	123.—	123.—	115.—
Belgische Industrie-Fettkohle Nuss II <sup>1)</sup> . . . . .	sFr./t	89.50	89.50	93.—
Nuss III <sup>1)</sup> . . . . .	sFr./t	85.—	85.—	91.—
Saar-Feinkohle <sup>1)</sup> . . . . .	sFr./t	83.—	83.—	90.—
Französischer Koks, Nord (franko Genf) . . . . .	sFr./t	140.40	140.40	124.40
Französischer Koks, Loire (franko Genf) . . . . .	sFr./t	130.40	130.40	134.40
Lothringer Flammkohle Nuss I/II <sup>1)</sup> . . . . .	sFr./t	91.40	91.40	90.—
Nuss III <sup>1)</sup> . . . . .	sFr./t	89.40	89.40	95.—
Nuss IV <sup>1)</sup> . . . . .	sFr./t	89.—	89.—	95.—
Polnische Flammkohle Nuss III/IV <sup>2)</sup> . . . . .	sFr./t	76.—	76.—	76.—
Feinkohle <sup>2)</sup> . . . . .	sFr./t	69.—	69.—	69.—

<sup>1)</sup> Sämtliche Preise verstehen sich franko Waggon Basel, verzollt, bei Lieferung von Einzelwagen an die Industrie.  
<sup>2)</sup> Mittlere Industrie-Abschlusspreise franko Waggon Basel.