

FREIBERGER
FORSCHUNGSHEFTE

A 240

BRAUNKOHLTAGEBAU

WERNER BALLMANN

**Wirtschaftlichkeit
des Massentransports bei Zug- und Bandförderung
im Abraumbetrieb der Braunkohlentagebaue**



FFH
A 240
b

VERLAG FÜR GRUNDSTOFFINDUSTRIE

1963

XVI 1142 b



Bucherei
• Bergakademie •
Freiberg i. Sa.

TU BERGAKADEMIE FREIBERG



XVI 1142 . A240B

FREIBERGER FORSCHUNGSHEFTE

A 240

FREIBERGER FORSCHUNGSHEFTE

Herausgegeben vom Rektor der Bergakademie Freiberg

A 240

BRAUNKOHLENTAGEBAU

**Wirtschaftlichkeit
des Massentransports bei Zug- und Bandförderung
im Abraumbetrieb der Braunkohlentagebaue**

Von

WERNER BALLMANN



VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie
Leipzig

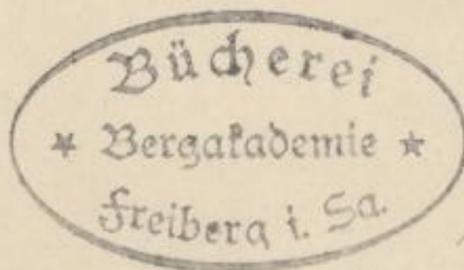
Freib. Forsch.-H.	A 240	S. 1-110	41 Bilder	12 Tab.	3 Anl.	Leipzig, Dezember 1963
-------------------	-------	----------	-----------	---------	--------	------------------------

Von der Fakultät für Bergbau und Hüttenwesen an der Bergakademie
Freiberg zur Erlangung des Grades eines Doktor-Ingenieurs genehmigte
Dissertation

Referent: Prof. Dr.-Ing. H. Härtig

Korreferent: Prof. Dr.-Ing. G. Hollweg

Gekürzte Fassung. Aus drucktechnischen Gründen können nicht
alle Diagramme und Tabellen veröffentlicht werden.



M 1142 (a240) b

Das Manuskript wurde der Redaktion der Bergakademie Freiberg
am 13. 1. 1962 zur Veröffentlichung übergeben

„Freiberger Forschungshefte“, Schriftenreihe für alle Gebiete der Montanwissenschaften. Herausgeber: Der amtierende Rektor der Bergakademie Freiberg: Prof. Dr.-Ing. habil Joachim Wrana. — Verlag: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig W 31, Karl-Heine-Str. 27 (Fernruf 44 441). — Die Freiberger Forschungshefte erscheinen in zwangloser Folge in den Reihen A, B, C und D. Ausführliches Verzeichnis aller lieferbaren Hefte von der Bergakademie Freiberg und vom VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie. — Vertrieb: In der Deutschen Demokratischen Republik durch den Buchhandel; in der Deutschen Bundesrepublik und in Westberlin durch den Buchhandel (Auslieferung KUNST UND WISSEN, Erich Bieber, Stuttgart S, Wilhelmstraße 4—6); in Österreich durch den Globus-Buchvertrieb, Wien I, Salzgries 16; im übrigen Ausland durch eine Importbuchhandlung, den Deutschen Buch- Export und -Import, GmbH, Leipzig C 1, Postschließfach 276, oder den Verlag.

Gesamtherstellung: Gutenberg Buchdruckerei und Verlagsanstalt, Betrieb der VOB „Aufwärts“, Weimar, Marienstraße 14. — Lizenz-Nr. VLN 152 — 915/239/63. Printed in Germany. — Alle Rechte vorbehalten. — ES 20 F 2

(64. 249. 9)

INHALT

1.	Einleitung	7
2.	Spezielle Untersuchungen über die Bandstraßen der Abraumförderbrücken	11
2.1.	Kennziffern zur Charakterisierung der Leistung der Fördergurte	11
2.1.1.	Die absolute Förderleistung der Gurte	11
2.1.2.	Die mittlere spezifische Gurtleistung	15
2.1.3.	Diskussion der Kennziffer „mittlere spezifische Gurtleistung“ der Abraumförderbrücken	19
2.2.	Abschreibungssatz und -kosten der Baumwollgurte der Abraumförderbrücken in der Lausitz	23
2.2.1.	Der Abschreibungssatz der Baumwollgurte der Abraumförderbrücken in der Lausitz	23
2.2.2.	Die Abschreibungskosten der Baumwollgurte der Abraumförderbrücken in der Lausitz	24
2.3.	Betriebsreparaturkosten an Bandstraßen der Abraumförderbrücken	25
2.3.1.	Spezifische Betriebsreparaturkosten der Fördergurte mit Baumwoll-einlagen	25
2.3.2.	Betriebsreparaturkosten der Tragrollenstationen und der sonstigen me- chanischen Ausrüstung der Bandstraßen	27
2.4.	Schlußfolgerungen für die Bandwirtschaft	27
3.	Ermittlung von Vergleichs-Transportkosten für Zug- und Bandförderung	29
3.1.	Allgemeine Berechnungsgrundlagen	29
3.2.	Anlage- und Abschreibungskosten, Abschreibungssatz	32
3.2.1.	Anlage- und Abschreibungskosten, Abschreibungssatz bei Zugförderung	32
3.2.1.1.	Anlagekosten bei Zugförderung	32
3.2.1.2.	Abschreibungssatz bei Zugförderung	38
3.2.1.3.	Spezifische Abschreibungskosten bei Zugförderung	41
3.2.2.	Anlage- und Abschreibungskosten, Abschreibungssatz bei Bandförderung	41
3.2.2.1.	Ermittlung der spezifischen Anlagekosten, des Abschreibungssatzes und der spezifischen Abschreibungskosten für Bandstraßen mit 0,5 bis 1 km Achsabstand bei unterschiedlichen Einsatzbedingungen	41
3.2.2.2.	Anlagekosten, Abschreibungssatz und spezifische Abschreibungskosten bei Bandförderung (Transportvarianten)	49
3.3.	Produktionsgrundarbeiter: Arbeitskräftebedarf, Arbeitsproduktivität (Form I) und spezifische Lohnkosten	51
3.3.1.	Arbeitskräftebedarf, Arbeitsproduktivität (Form I) und spezifische Lohn- kosten der Produktionsgrundarbeiter bei Zugförderung	51

3.3.2.	Arbeitskräftebedarf, Arbeitsproduktivität (Form I) und spezifische Lohnkosten der Produktionsgrundarbeiter bei Bandförderung	54
3.4.	Energie-, Hilfsmaterial-, Reparaturmaterial- und Hilfslohnkosten; Arbeitsproduktivität (Form II)	55
3.4.1.	Energie-, Hilfsmaterial-, Reparaturmaterial- und Hilfslohnkosten; Arbeitsproduktivität (Form II) bei Zugförderung	55
3.4.2.	Energie-, Hilfsmaterial-, Reparaturmaterial- und Hilfslohnkosten; Arbeitsproduktivität (Form II) bei Bandförderung	58
4.	Kostenzusammenstellung und -auswertung	63
4.1.	Kostenzusammenstellung und -auswertung bei Zugförderung	63
4.2.	Kostenzusammenstellung und -auswertung bei Bandförderung	66
4.3.	Gegenüberstellung der Vergleichs-Transportkosten bei Zug- und bei Bandförderung	69
4.4.	Vergleich: Zugförderung — Bandförderung bezüglich der Transportkosten, der Arbeitsproduktivität (Form II) und der Anlagekosten . . .	73
4.4.1.	Der Einfluß veränderter Betriebsbedingungen auf das Verhältnis Zugförderung zu Bandförderung	73
4.4.2.	„Volkswirtschaftlich begründeter Einsatz der Bandförderung“	76
5.	Schlußfolgerungen für den künftigen Einsatz der Zug- und der Bandförderung im Abraumbetrieb der Braunkohlentagebaue	79
	Literatur	83
	Anlagen	85

1. Einleitung

Die Entwicklung unserer Volkswirtschaft fordert vom Bergbau ständig größere Energiemengen, die wir in unserer Republik vor allem aus den Braunkohlentagebauen zur Verfügung stellen müssen. Die wachsende Fördermenge muß in Tagebauen mit immer ungünstigerem Ar:K und absolut mächtigerem Deckgebirge gewonnen werden. Daher erlangen Untersuchungen über den ökonomisch günstigsten Massentransport ständig größere Bedeutung.

Der Umfang der erforderlichen Massenbewegung im Abraum beschränkt die technisch-wissenschaftlich möglichen Transportarten auf die Abraumförderbrücken, die Zug- und die Bandförderung.¹ Die wirtschaftliche Überlegenheit der Abraumförderbrücken kann als erwiesen gelten. Der Einsatz der Abraumförderbrücken ist aber an bestimmte Voraussetzungen hinsichtlich der Ablagerungsverhältnisse und der anstehenden Bodenarten gebunden, so daß eine große Zahl Baufelder nicht im Förderbrückenbetrieb abgebaut werden kann. Darüber hinaus besitzen Förderbrücken eine optimale Abtragshöhe, bei deren Überschreitung direkte wirtschaftliche Nachteile oder zumindest ein nicht mehr vertretbares Betriebsrisiko entstehen. Wenn die optimale Abtragshöhe auch noch nicht exakt bestimmt wurde, so kann doch festgestellt werden, daß in vielen neu aufzuschließenden Förderbrückenbetrieben, auf Grund der großen Gesamtmächtigkeit des Deckgebirges, die Einrichtung eines Vorschnittbetriebes erforderlich wird. Die aufgezeigten Zusammenhänge finden ihre Widerspiegelung in dem Massenanteil, der von Abraumförderbrücken bewegt wurde bzw. in Zukunft bewegt werden soll:

- 1958: Gesamt-Abraumbewegung ca. 500 Mill. m³,
davon durch Förderbrücken ca. 95 Mill. m³ \cong 19%,
1965: (Plan) Gesamt-Abraumbewegung ca. 880 Mill. m³,
davon durch Förderbrücken ca. 315 Mill. m³ \cong 36%.

Trotz des steigenden Förderbrückenanteils muß die Leistung der anderen Transportarten von ca. 405 auf 565 Mill. m³/Jahr gesteigert werden.

Die Untersuchungen wurden mit dem Ziel durchgeführt, für diesen gewaltigen Massentransport den ökonomisch vorteilhaften Einsatz der Zug- und Bandförderung gegeneinander abzugrenzen. Um tatsächlich die Vor- und Nachteile der beiden Förderarten sichtbar machen zu können, mußte die Förderung für sich, d. h. ohne Gewinnung und Verkipfung, und zwar in beiden Fällen unter jeweils gleichen Voraussetzungen, untersucht werden. Entsprechend den Gegebenheiten in unseren

¹ Der hydraulische Transport wurde nicht behandelt, weil er für den Massentransport in den Braunkohlen-Großtagebauen der DDR nicht geeignet ist.

allgemein relativ großflächigen, flach gelagerten Braunkohlenvorkommen und um die Fragestellung zu begrenzen, wurde nur die söhlige Förderung betrachtet.

Im deutschen Schrifttum ist in der Vergangenheit bereits eine Vielzahl von Veröffentlichungen erschienen, die sich mit den grundsätzlichen Vorteilen des kontinuierlichen Massenflusses bei Bandförderung gegenüber dem rhythmischen Fördervorgang bei Zugförderung beschäftigen. In diesem Zusammenhang sei nur auf die Arbeiten von HÄRTIG [16], [17], HOLLWEG [19], BAHR [5] und MÜLLER [25] verwiesen. Auch im Ausland wurden umfangreiche Untersuchungen über die Vor- und Nachteile der einzelnen Förderarten und die bei Einführung der Bandförderung noch zu lösenden Fragen durchgeführt [1], [6], [22], [24], [27], [32], [41]. Diese Arbeiten enthalten zwar wichtige Untersuchungen über die grundsätzlichen Probleme der Bandförderung, lassen aber die Frage der wirtschaftlichen Abgrenzung gegenüber der Zugförderung offen.

Darüber hinaus erschienen viele Veröffentlichungen, die für bestimmte Förderprobleme eine Abgrenzung zwischen Zug- und Bandförderung geben. Auf einige der wichtigsten Arbeiten wird im folgenden kurz eingegangen.

FLEISCHER [10] [11] und ARNOLD [2] führten auf der Grundlage von Projekten des VEB PKB „Kohle“, Berlin, spezielle Untersuchungen über den wirtschaftlichen Massentransport im Vorschnitt von Abraumförderbrücken durch und wiesen dabei allgemein eine erhebliche wirtschaftliche Überlegenheit der Bandförderung nach. Diese Untersuchungen besitzen aber keine allgemeine Aussagekraft, weil der Vergleich zwischen Zug- und Bandförderung allgemein nicht mit gleichen Voraussetzungen (Bandförderung — Parallelbetrieb mit kürzerem Förderweg gegen Zugförderung im Schwenkbetrieb) durchgeführt wurde und nicht nachgewiesen wurde, daß die Bandförderung optimalen Transportvarianten bei Zugförderung gegenübergestellt wurde.

REICHERT [28] wertete in einer Diplomarbeit die wirtschaftlichen Ergebnisse der Versuchsstrossenbandanlage Müheln aus und wies nach, daß mit dieser Bandstraße bei wachsender Auslastung (zur Zeit der Untersuchung $\eta_L \sim 0,15$) hyperbelartig fallende Kosten erreicht werden. Im Vergleich zu den spezifischen Abraumtransportkosten bei Zugförderung im VEB BKW Müheln würde die Bandstraße bei einer Jahresleistung von 8 bis 10 Mill. m³ die spezifischen Kosten des Fahrbetriebes erreichen und bei weiterer Leistungssteigerung unterbieten. Einen Nachweis der wirtschaftlichen Überlegenheit der Bandstraße gegenüber optimalen Zugförderkosten erbringt die Rechnung nicht.

HOLLWEG [18] weist nach, daß die Schrägbandanlage Müheln (70 m Höhendifferenz) gegenüber einer Abwärtsförderung der Massen oder auch gegenüber einem Transport auf Außenkippen mit Zugförderung 900-mm-Spur die technisch und wirtschaftlich günstigere Lösung ist. Bei ähnlichen Betriebsverhältnissen (große Höhenunterschiede, unregelmäßige Ablagerung usw.) wird auch in einer Reihe westdeutscher Veröffentlichungen [7], [8], [30], [31] die Überlegenheit der Bandförderung nachgewiesen. Für die vorgenannten Transportaufgaben sind Bandstraßen weit besser geeignet als die Reibungsbahn, so daß die hier gemachten Feststellungen nicht auf söhlige Förderung übertragen werden können.

THIEME [36] untersucht die Wirtschaftlichkeit des Erztransportes vom Nordseehafen Wilhelmshaven zur Eisenhüttenindustrie des Ruhrgebietes. Er errechnet für Bandstraßen von 800 bis 1200 mm Breite für wachsende Förderleistungen hyperbelartig fallende Kosten. Der von der Förderleistung unabhängige Frachtsatz der Bahn bzw. der Binnenschifffahrt wird bei Bandförderung mit jährlichen Transportleistungen über 25 bis 30 Mill. t unterboten. Auf den Braunkohlenbergbau mit seinen ganz anders gelagerten Förderproblemen sind diese Aussagen nicht übertragbar.

Angaben des ausländischen Schrifttums über den Wirtschaftlichkeitsbereich der Zug- und Bandförderung sind für uns allgemein wenig aussagefähig. Einmal sind die Transportprobleme oft wesentlich anderer Natur als in unseren Braunkohlentagebauen, und die speziellen Bedingungen und Voraussetzungen werden nur ungenügend erläutert. Zum anderen bestehen oft zwischen den einzelnen Kostenpositionen — z. B. Anlage-, Energie-, Lohnkosten usw. — andere Relationen als bei uns. Angeführt sei hier nur eine Veröffentlichung von MULLIGAN [26], der für Bandförderung bei einer Steigung von 1 : 7 in einem Erztagebau folgende Aufteilung der Betriebskosten (ohne Abschreibung und Verzinsung) angibt:

Lohnkosten	27%	Hilfs- und Reparaturmaterial	23%
Hilfslohnkosten	25%	Energie	25%
Gesamt-Lohnkosten	52%		48%

KONOWALOW [20] gibt bei einer Förderleistung von 10 Mill. t/Jahr folgende Gliederung der Transportkosten bei Bandförderung an:

Amortisation	63%
Lohnkosten	13%
Energiekosten	16%
Reparaturkosten	8%

In einem Diagramm sind in Abhängigkeit von der Förderleistung (bis 20 Mill. t/Jahr) und der Förderlänge (bis 14 km) die Wirtschaftlichkeitsbereiche verschiedener Transportarten eingezeichnet. Oberhalb 6 Mill. Jahrestonnen stehen dann nur noch Band- und Zugförderung auf Breitspur gegenüber, wobei die Bandförderung für Transportentfernungen bis ca. 6 bis 8 km wirtschaftlich überlegen ist. Daß diese Angaben für unsere Verhältnisse nicht übertragbar sind, geht schon aus folgendem hervor:

1. Förderleistung 1 Mill. t/Jahr, Förderlänge 5 km, „die Arbeitsproduktivität ist bei Bandbetrieb vier- bis fünfmal größer als bei Gleisförderung auf Breit- und Schmalspur“;
2. „der spezifische Energieverbrauch ist bei Bandbetrieb fast um das Zehnfache höher als bei elektrischem Fahrverkehr auf Breitspur.“

Diese und auch andere Angaben lassen auf wesentlich anders geartete Förderprobleme schließen, als sie in unseren Tagebauen vorhanden sind.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß bisher keine Veröffentlichungen vorliegen, die eine Abgrenzung des Wirtschaftlichkeitsbereiches der Bandförderung

im Vergleich zu optimalen Transportvarianten bei Zugförderung unter Bedingungen, die mit denen in unseren Braunkohlentagebauen vergleichbar wären, angeben.

Über die Kosten des Massentransportes bei Zugförderung liegen zwar ebenfalls viele Einzelveröffentlichungen vor, eine Vereinheitlichung dieser Angaben ist aber ebenfalls nicht möglich. RÜPPEL [29] untersuchte die „Leistungs- und Wirtschaftlichkeitsbereiche im Tagebaufahrbetrieb“ für Schmalspur mit 25- und 50-m³-Wagen und für Normalspur mit 36-, 55- und 75-m³-Wagen. Die Berechnungsgrundlagen und Voraussetzungen sind so unvollkommen angegeben, daß eine direkte Überprüfung der Ergebnisse nicht möglich ist. Da über die spezifischen Transportkosten, die Arbeitsproduktivität und die Anlagekosten keine Angaben gemacht werden, kann nicht auf den Ergebnissen dieser Arbeit aufgebaut werden. Zu dem Diagramm über die „Wirtschaftlichkeitsbereiche der Zuggarnituren im Abraum“ wird anhand eigener Untersuchungen später Stellung genommen.

Um die geplanten Berechnungen auf weitgehend gesicherte Kennziffern aufbauen zu können, wurden neben einer umfassenden Literaturlauswertung aus 18 Tagebauen und einer Reihe anderer Betriebe und Institutionen der Deutschen Demokratischen Republik Unterlagen über den Zugtransport und die im Abraumbetrieb — z. B. auf Abraumförderbrücken — eingesetzten Bandstraßen zusammengestellt und ausgewertet. Unterlagen aus westdeutschen Tagebauen und Maschinenbaubetrieben standen leider nicht zur Verfügung, so daß hier nur auf die Veröffentlichungen zurückgegriffen werden konnte.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden die umfangreichen Untersuchungen über die Bandstraßen der Abraumförderbrücken in einem gesonderten Abschnitt behandelt, während die Ergebnisse der anderen Betriebsuntersuchungen bei der Erörterung der jeweiligen Kostenposition mit angeführt werden.

2. Spezielle Untersuchungen über die Bandstraßen der Abraumförderbrücken

Bandstraßen finden als Fördermittel auf den Abraumstrossen erst in jüngster Zeit Anwendung, so daß hier zuverlässige Kennziffern nur in bescheidenem Umfang vorliegen. Daher wurde es erforderlich, die verfügbaren Unterlagen über die Bandstraßen der Abraumförderbrücken zusammenzutragen und auszuwerten, um einmal spezifische Kennziffern für die Bandförderung und zum anderen einen Überblick über den heutigen Stand unserer Bandwirtschaft zu erhalten.

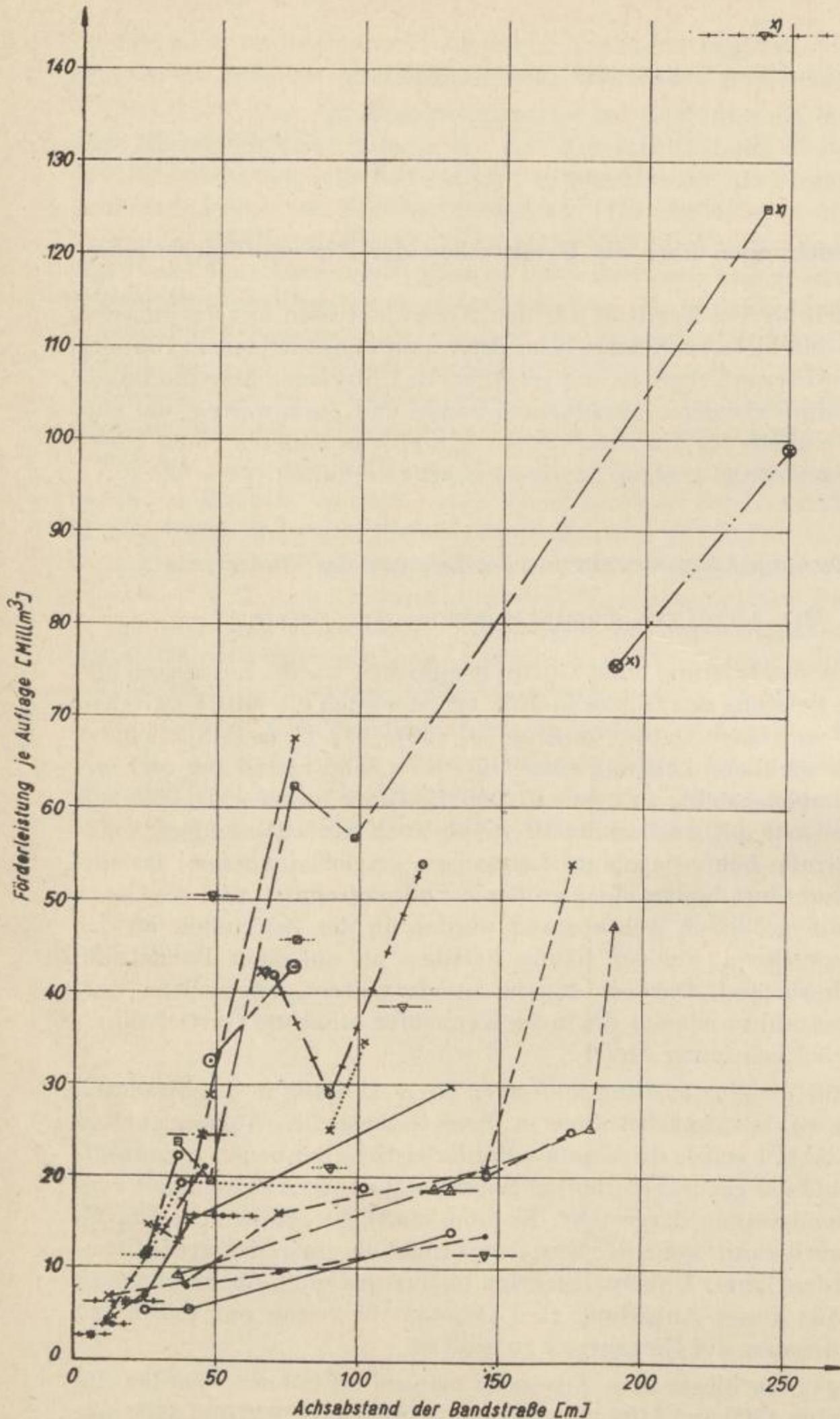
2.1. Kennziffern zur Charakterisierung der Leistung der Fördergurte

2.1.1. Die absolute Förderleistung der Gurte

Wenn bislang über die Leistung eines Gurtes gesprochen wurde, hatte man allgemein die absolute Leistung des Gurtes in Mill. m³ oder auch die Mill. t zwischen dem Auflage- und dem Ablage-Datum im Auge [5], [26], [34]. Diese Zahl allein ist aber ungeeignet, die wirkliche Leistung eines Gurtes zu charakterisieren und mit der anderer Gurte vergleichsfähig zu machen. Daß die Gurte, unter sonst gleichen Voraussetzungen, sowohl mit wachsender Breite als auch mit wachsendem Achsabstand der Bandstraße höhere absolute Leistungen erreichen müssen, ist einleuchtend. Der breitere Gurt besitzt einen größeren Füllquerschnitt, und die Gurte auf Bandstraßen mit größerem Achsabstand werden in der Zeiteinheit an der gleichen Stelle entsprechend weniger häufig beladen als auf einer Bandstraße mit geringerem Achsabstand. Darüber hinaus ist als weitere, wesentliche Einflußgröße die Einlagenzahl zu nennen, die in der Kennziffer „absolute Gurtleistung“ ebenfalls keine Berücksichtigung findet.

Jede Kennziffer für die Gurtleistung muß aber ihren Ausgang in der absoluten Gurtleistung haben, so daß zunächst diese in ihren wesentlichen Abhängigkeiten untersucht wird. In Abb. 1 wurde die absolute Förderleistung der neuen Baumwoll- und Dederongurte und der generalüberholten Baumwollgurte in Abhängigkeit vom Achsabstand der Bandstraßen dargestellt. Es sind sämtliche ermittelten Einzelwerte eingetragen, auch dann, wenn der Einzelwert nicht als ein gesicherter Mittelwert angesehen werden kann. Unberücksichtigt blieben lediglich die mechanisch zerstörten Gurte. Aus dieser Abbildung sind Gesetzmäßigkeiten nur schwer zu erkennen, weil die Streuung der Einzelwerte zu groß ist.

Um die Abhängigkeiten klarer zum Ausdruck bringen zu können, wurden die Kurven der Gurtbreiten 1300 und 1400 mm; 1600 und 1800 mm; 2000 und 2200 mm und verschiedentlich auch die Kurvenzüge mit wenig unterschiedlicher Einlagen-



Baumwolleinlagen		
BB 1300 mm	6 E	○
	7 E	×
	9 E	△
BB 1400 mm	5 E	•
	6 E	○
	7 E	×
	8 E	▽
BB 1600 mm	5 E	•
	6 E	○
	7 E	×
	8 E	▽
	10 E	□
BB 1800 mm	6 E	○
	7 E	×
	9 E	△
	10 E	□
	11 E	⊙
BB 2000 mm	7 E	×
	8 E	▽
BB 2200 mm	8 E	▽
	13 E	⊗
Dederoneinlagen		
BB 1400 mm	4 E	*
	5 E	•
BB 1600 mm	5 E	•
BB 1800 mm	4 E	*
	5 E	•
	6 E	○
BB 2000 mm	5 E	•
	8 E	▽

Abb. 1. Absolute Förderleistung der neuen und der generalüberholten Fördergurte je Auflage;

x) geschätzte Leistungen bei normalem Verschleiß (Gurte vorzeitig mechanisch zerstört oder noch im Betrieb)

zahl zusammengefaßt. (Im folgenden wird mit den mittleren Gurtbreiten operiert). Einige neue Gurte mußten auf Grund verschiedener Mängel (Wartungsfehler, Gurtqualität) schon nach kurzen Laufzeiten ausgewechselt werden. Die Werte dieser Gurte wurden weggelassen.

Eine letzte Korrektur wurde noch erforderlich, weil die reparierten Gurte vornehmlich auf Querförderern, Zubringer- und Haldenbandstraßen mit Achsabständen von ca. 20 bis 100 m und im Verhältnis dazu wesentlich seltener auf Bandstraßen mit größeren Achsabständen aufgelegt wurden. Die reparierten Gurte erreichen aber durchschnittlich nur ca. 75% der Leistung der neuen. Folglich würden die reparierten Gurte, konzentriert auf bestimmte Achsabstände, in diesem Bereich die Kurven verfälschen.

Nach erfolgter Zusammenfassung und Anbringung der vorgenannten Korrekturen wurden die Werte in Tabelle 1 zusammengestellt. Aus den in Abb. 2 dargestellten Kurven ist ersichtlich, daß die absolute Förderleistung der Gurte sowohl

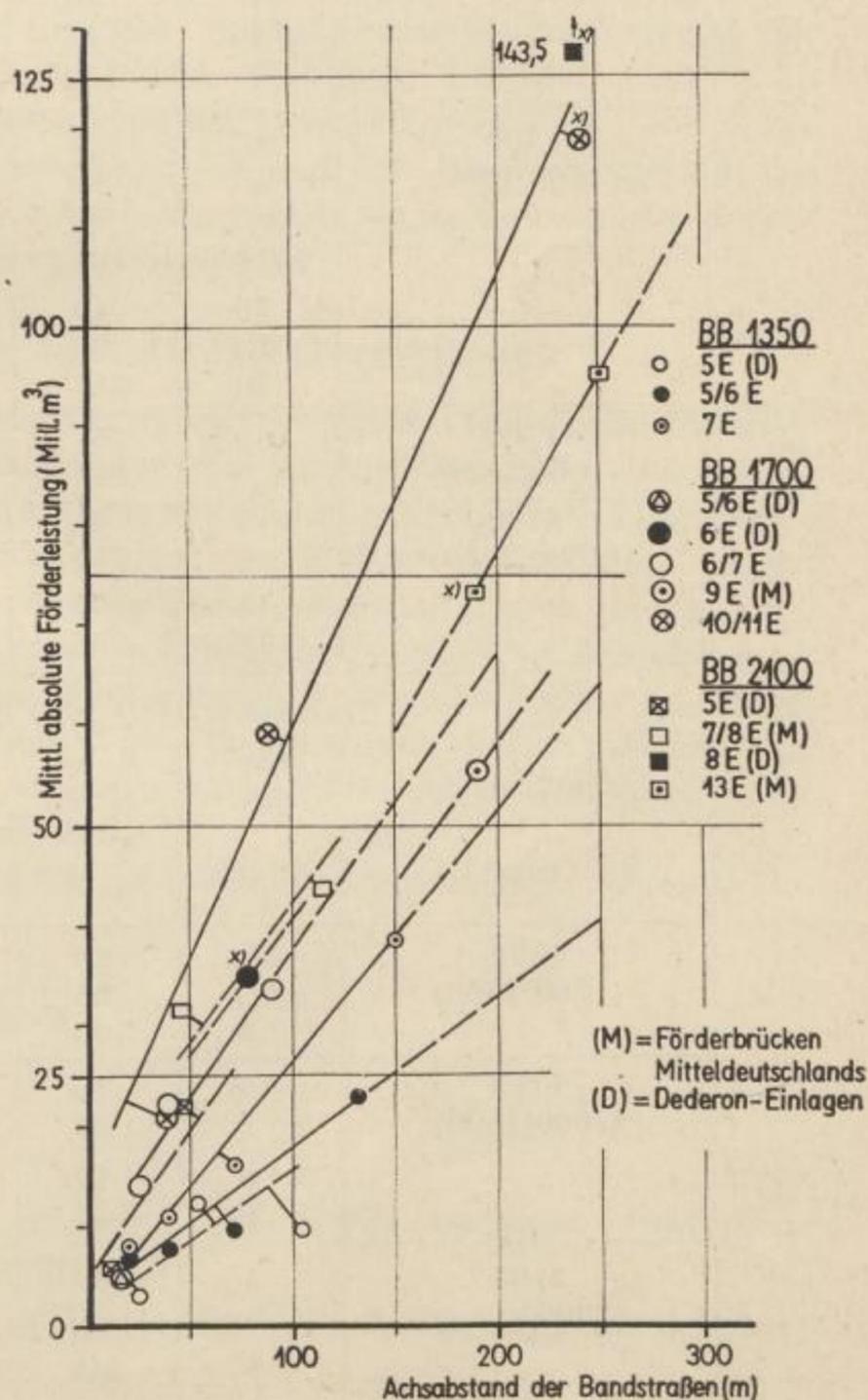


Abb. 2. Mittlere absolute Förderleistung der neuen Fördergurte je Auflage;
 x) geschätzte Leistungen bei normalem Verschleiß (Gurte vorzeitig mechanisch zerstört oder noch im Betrieb)

Tabelle 1. Mittlere absolute und spezifische Leistung der neuen Gurte
(ohne: mechanisch zerstörte Gurte, Gurte mit Fertigungsfehlern, Gurte die mangelhaft gewartet wurden und Gurte mit hohem Verschleiß auf Grund konstruktiver Unzulänglichkeiten der Bandstraße)

Baumwoll-Gurte B 100 od. 110							
	Gurtbreite [mm]	Einlagen [Stück]	Achsabst. [m]	Anz. d. Auflagen [Stück]	Gurtleistung		
					absol. [10 ⁶ m ³]	spezif. [$\frac{10^3\text{m}^3}{\text{m}^2}$]	
Lausitz	1350 (1300/1400)	6	20	1	6,8	112	
		5	40	2	7,7	65	
		5	73	1	9,5	45	
		6	133	1	23,8	63	
		7	20	2	8,2	135	
		7	40	3	10,7	90	
		7	73	3	15,6	74	
		7	150	8	39,2	93	
	1700 (1600/1800)	6/7	25	28	14,1	148	
		6/7	40	21	22,2	148	
		6/7	90	6	33,6	104	
		8	90	3	22,6	70	
		10	40	2	20,6	137	
		10/11	90	13	58,5	181	
Mittel- deutschland	1700 (1600/1800)	9	137	3	18,4	38	
		9	190	1	56,0	84	
	2100 (2000/2200)	7	45	1	31,7	154	
		8	115	2	43,9	87	
		13	190	3	73,5	89	
		13	250	3	95,1	88	
	Dederon-Gurte D 250/120						
		Gurtbreite [mm]	Einlagen [Stück]	Achsabst. [m]	Anz. d. Auflagen [Stück]	Gurtleistung	
						absol. [10 ⁶ m ³]	spezif. [$\frac{10^3\text{m}^3}{\text{m}^2}$]
		1300 (1200/1400)	5/6	25	2	3,1	42
5/7			55	3	12,4	81	
5			105	1	9,7	34	
1700 (1600/1800)		5/6	16	13	4,8	79	
		5	18	9	7,3	74	
		6	12	4	4,4	92	
		6	77	3	34,9	125	
2100 (2000/)		5	11	2	6,1	115	
		5	45	1	22,1	107	
		8	240	1	145,6	140	

mit dem Achsabstand der Förderer als auch mit der Gurtbreite und der Einlagenzahl wächst. Die Kurven der mitteldeutschen Förderbrücken weisen auf Grund ihres Fördergutes absolut niedrigere Werte auf, zeigen aber in ihrer Tendenz den gleichen Verlauf wie die Brücken der Lausitz.

In die Auswertung konnten 108 neue Baumwollgurte, aber nur 26 neue Dederongurte einbezogen werden, so daß die Aussagen über die absolute Leistung der Dederongurte nicht die gleiche Sicherheit besitzen. Aus den bisherigen Ergebnissen ist zu folgern, daß die Dederongurte allgemein eine etwas höhere absolute Gurtleistung erreichen als Baumwollgurte unter gleichen Bedingungen. Diese Feststellung muß aber durch eine weitere systematische Auswertung aller Angaben über Dederongurte erhärtet werden.

Aus dem bisher Dargelegten dürfte klar hervorgehen, daß die Beurteilung der Höhe der absoluten Gurtleistung erst möglich wird, wenn zusätzlich der Achsabstand der Bandstraße, die Gurtbreite, die Einlagenzahl und die Art des Fördergutes angegeben werden. Darüber hinaus wird die absolute Gurtleistung sicher auch von der Gurtgeschwindigkeit und der durchschnittlichen Auslastung der theoretischen Leistungsfähigkeit der Bandstraße beeinflußt. Für die untersuchten Bandstraßen schwankte die Gurtgeschwindigkeit zwischen etwa 3 und 5 m/s und die leistungsmäßige Auslastung zwischen ca. 0,5 und 0,9. Die Abhängigkeit der absoluten Gurtleistung von diesen Einflußfaktoren konnte im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen noch nicht geklärt werden.

2.1.2. Die mittlere spezifische Gurtleistung

Die Bemühungen, bessere Kennziffer zur Beurteilung der Fördergurte zu schaffen, reichen bis in das Jahr 1930. Aus dieser Zeit stammt eine Reihe von Untersuchungen von HÄRTIG [13], [14], [15] über die Bandförderung. Seinerzeit wurde die Kennziffer „Kosten des abgelegten Gurtes pro 1000 m³/m Gurtlänge“ eingeführt, die sich aus den Gesamtkosten des Gurtes, dividiert durch die Gesamtleistung in 10³ m³ mal der endlosen Länge des Fördergurtes errechnet. Diese Kosten-Kennziffer wird zwar den besonderen Bedingungen der Bandförderung besser gerecht als die absolute Gurtleistung, besitzt aber den Nachteil, daß sie zwei Einflußfaktoren — die Gurtbreite und die Einlagenzahl — nicht erfaßt und somit nicht ohne weiteres vergleichsfähige Werte liefert.

SCHARF [30] schlägt für die Kennziffer „spezifische Bandleistung“ folgende Beziehung vor:

$$\text{spezifische Bandleistung} = \frac{Q[\text{m}^3] \cdot f}{l[\text{m}] \cdot b^2[\text{m}^2]}$$

Q = Förderleistung [m³]

l = stumpfe Bandlänge [m]

b = Bandbreite [m]

f = Faktor für weitere Abhängigkeiten (Länge, Breite, Bandgeschwindigkeit, Art des Gutes, Art der Anlage).

Der Faktor f soll durch systematisches Sammeln von Erfahrungswerten festgelegt werden.

Die Kennziffer „spezifische Bandleistung“ weist in ihrer formelmäßigen Definition einige Mängel auf:

1. Es entsteht eine dimensionslose Zahl, zu der vorstellungsmäßig keine Beziehung besteht, und diese Zahl ist nicht konstant (Faktor f).
2. Es erscheint als unzweckmäßig, durch b^2 zu dividieren, wenn der Faktor f auch eine Funktion von b ist.
3. Der Faktor f dürfte kaum von der Länge (Achsabstand), wohl aber zusätzlich von der Einlagenzahl und ihrer Qualität, der Gurtgeschwindigkeit und der durchschnittlichen Auslastung der theoretischen Leistungsfähigkeit der Bandstraße abhängen.

Vom Verfasser wird als Kennziffer für die Beurteilung der Leistung eines Gurtes die „spezifische Gurtleistung“ in $10^3 \text{m}^3/\text{m}^2$ Gurtfläche vorgeschlagen.

$$\text{spezifische Gurtleistung} = \frac{Q_{\text{abs.}} [10^3 \text{m}^3]}{l [\text{m}] \cdot B [\text{m}]} \left[\frac{10^3 \text{m}^3}{\text{m}^2} \right]$$

$Q_{\text{abs.}}$	= absolute Förderleistung des Gurtes	$[10^3 \text{m}^3]$
l	= stumpfe Länge des Gurtes	$[\text{m}]$
B	= Gurtbreite	$[\text{m}]$

Die vorgenannte Kennziffer wurde in der Dimension m^3/m^2 Gurtfläche gewählt, um die Leistung eines Gurtes im wesentlichen unter Ausschaltung des Achsabstandes der Bandstraße und unabhängig von der Aufgabestelle charakterisieren zu können. Mit einer Kennziffer, die die Transportleistung als Ausgangspunkt benutzt, also $\text{m}^3 \cdot \text{km}/\text{m}^2$, wäre aber diese Forderung nicht zu erfüllen, weil die Transportleistung $\text{m}^3 \cdot \text{km}$ eine Funktion des Achsabstandes der Bandstraße ist. Der Hauptverschleiß am Gurt ist an der Aufgabe und dem Antrieb und weniger beim Lauf über die einzelnen Stützrollen zu erwarten. Daher ist im begrenzten Bereich damit zu rechnen, daß sich die Kennziffer „spezifische Gurtleistung“ in $10^3 \text{m}^3/\text{m}^2$ mit wachsendem Achsabstand der Gurtförderer nicht verändert, wenn nicht andere Einflußfaktoren, gekoppelt mit dem Achsabstand, solche Veränderungen verursachen. Die Bezugsbasis m^2 Gurtfläche ist zweckmäßig, weil einmal die Dimension der Kennziffer unserer Vorstellung entgegenkommt und zum anderen eine leichte Verbindung zu den Gurtkosten (Anlage-, Abschreibungskosten) möglich ist. Es ist zu erwarten, daß diese Kennziffer unter sonst gleichen Bedingungen sowohl mit der Einlagenzahl als auch mit der Gurtbreite wächst, und zwar einmal, weil eine größere Einlagenzahl die Durchschlagsempfindlichkeit des Gurtes vermindert und weil zum anderen mit wachsender Gurtbreite der Füllquerschnitt quadratisch zunimmt und außerdem der prozentuale Anteil des nicht ausgenutzten Randstreifens des Gurtes kleiner wird.

Wie später noch näher erläutert wird (siehe Seite 45—47), kann für Baumwollgurte (B 100) auf stationären Bandstraßen mit 100 bis 500 m Achsabstand² die zu

² Die Werte für Achsabstände ≥ 500 m sind durch die Praxis noch nicht gesicherte Extrapolationen; mit wachsendem Achsabstand dürfte die effektiv erreichbare „spezifische Gurtleistung“ hinter der errechneten zurückbleiben.

erwartende „spezifische Gurtleistung“ für überwiegend nichtbindige Böden ohne Steineinlagerungen nach folgender Beziehung vorausbestimmt werden:

$$G_{sp.} = \frac{Q_{abs.}[10^3m^3]}{l[m] \cdot B[m]} \left[\frac{10^3m^3}{m^2} \right]$$

$$G_{sp.} = \text{Kennziffer „spezifische Gurtleistung“} \quad \frac{[10^3m^3]}{[m^2 \text{ Gurtfläche}]}$$

$$l = \text{stumpfe Länge des Gurtes} \quad [m]$$

$$B = \text{Gurtbreite} \quad [m]$$

$$Q_{abs.} = \text{absolute Förderleistung des Gurtes (theor.)} \quad [10^3 m^3]$$

$$Q_{abs.} \cong m \cdot L [10^6 m^3] \text{ nach Abb. 21}$$

$$L = \text{Achsabstand der Bandstraße} \quad [m]$$

$$m = \text{Anstieg der Geraden „absolute Gurtleistung“}$$

$$m \cong m_E \cdot B - 0,17 \text{ nach Abb. 22}$$

$$Q_{abs.} \cong (m_E \cdot B - 0,17) \cdot L [10^6 m^3]$$

$$m_E = \text{Anstieg der Geraden in Abb. 22} = f(\text{Einlagenzahl})$$

Einlagen (Stck)	6 ^x	7 ^x	8	9	10
$m_E \cong$	0,25	0,31	0,35	0,37	0,38

^x) mit einer Panzerlage

Damit ergibt sich

$$G_{sp.} \cong \frac{(m_E \cdot B - 0,17) \cdot L \cdot 10^3}{l \cdot B} \text{ und da } l \cong 2,02 \cdot L \text{ ist, wird}$$

$$G_{sp.} \cong \frac{(m_E \cdot B - 0,17) \cdot 10^3}{2,02 \cdot B} \left[\frac{10^3 m^3}{m^2} \right]$$

Auf der Grundlage der vorgenannten Beziehungen und bei gleichen Voraussetzungen läßt sich als Kennziffer eine dimensionslose Zahl ermitteln, die „Gurt-Konstante“ K_G :

$$K_G = \frac{Q_{abs. eff.}[10^6 m^3]}{Q_{abs. theor.}[10^6 m^3]} \cong \frac{Q_{abs. eff.}[10^6 m^3]}{(m_E \cdot B - 0,17) \cdot L[10^6 m^3]}$$

$K_G = 1$ für Baumwollgurte (B 100), Gummideckschicht 6/2 bei überwiegend nichtbindigen Böden ohne Steineinlagerungen, Achsabstand 100 bis 300 m (maximal bis 500 m).

Mit Hilfe dieser Beziehung kann die Förderleistung des Gurtes nach seiner Ablage beurteilt werden. Ist die ermittelte „Gurt-Konstante“ größer als 1, wurde eine gute Leistung erreicht. Im entgegengesetzten Fall muß überprüft werden, ob die Übergabestellen richtig ausgebaut sind, die Gurte bei ihrer Auflage eine gute Qualität besitzen und laufend gut gepflegt werden oder ob andere Ursachen für einen erhöhten Verschleiß vorliegen. Bei Steineinlagerungen größeren Umfanges sinkt die Gurtkonstante auf ca. 0,7 bis 0,8, bei sehr scharfkantigem grobem Material aber auch noch darunter. Hier muß durch guten Ausbau der Übergabestellen und andere Maßnahmen danach getrachtet werden, einen Wert möglichst nahe 1 zu erreichen. Für Dederongurte (D 250/120) ist unter gleichen Verhältnissen, vor allem bei geringeren Einlagezahlen, eine höhere Gurtkonstante zu erwarten als bei Baumwollgurten.

Aus den Unterlagen über die absolute Gurtleistung der Bandstraßen der Abraumförderbrücken wurde die Kennziffer „spezifische Gurtleistung“ errechnet. Die graphische Auswertung der Einzelangaben liefert, analog zu den Kurven der absoluten Gurtleistung (Abb. 1), sehr unregelmäßige Kurvenzüge, aus denen Abhängigkeiten nur schwer erkennbar sind. In Abb. 3 ist daher gleich die mittlere spezi-

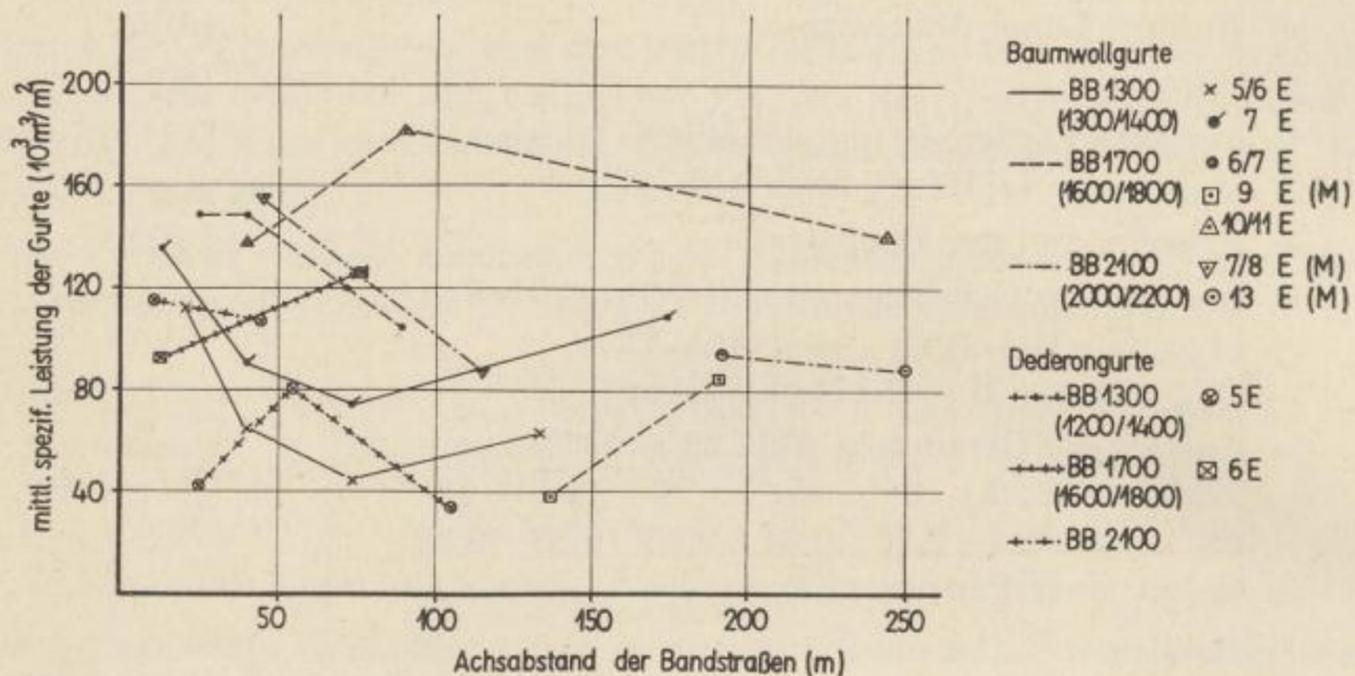


Abb. 3. Mittlere spezifische Gurtleistung der neuen Gurte je Auflage (nur Gurte mit annähernd normalen Verschleißbedingungen)

fische Gurtleistung nach Tabelle 1, d. h. nach der bereits erläuterten Zusammenfassung der Werte und der Anbringung der objektiv erforderlichen Korrekturen, eingetragen. In dieser Darstellung gewinnt der Verlauf der Kurven zwar wesentlich an Klarheit, Gesetzmäßigkeiten sind aber trotzdem schwer zu erkennen.

Um die Abhängigkeit der mittleren „spezifischen Gurtleistung“ in ihrem funktionellen Verlauf klarer erfassen zu können, wurden die Kurven der mittleren absoluten Förderleistung der neuen Gurte je Auflage (Abb. 2) ausgewertet. Aus diesen Kurven wurde für verschiedene Achsabstände die entsprechende mittlere absolute Förderleistung entnommen und die mittlere spezifische Gurtleistung errechnet.

In Abb. 4 sind die so gewonnenen Werte in Abhängigkeit vom Achsabstand aufgetragen. Die mittlere spezifische Gurtleistung nimmt erwartungsgemäß mit wachsender Gurtbreite und mit wachsender Einlagenzahl zu. Die absolute Zunahme der spezifischen Gurtleistung verringert sich allerdings mit jeder weiteren Einlage, d. h., eine übertriebene Steigerung der Einlagenzahl bringt hinsichtlich der spezifischen Gurtleistung nur noch eine geringe Zunahme, während finanzielle Mehraufwendungen beim Kauf erforderlich werden. Die Kurven lassen auch einen Anstieg der mittleren spezifischen Gurtleistung im Bereich kleiner Achsabstände der Bandstraßen erkennen. Der Gurt, der mit gleicher Einlagenzahl sowohl auf einer Bandstraße von 20 m als auch auf einer solchen von vielleicht 200 m Achsabstand aufgelegt wird, ist für die Bandstraße mit geringerem Achsabstand hinsichtlich des Gurtzuges weit überdimensioniert und so sicher besser in der

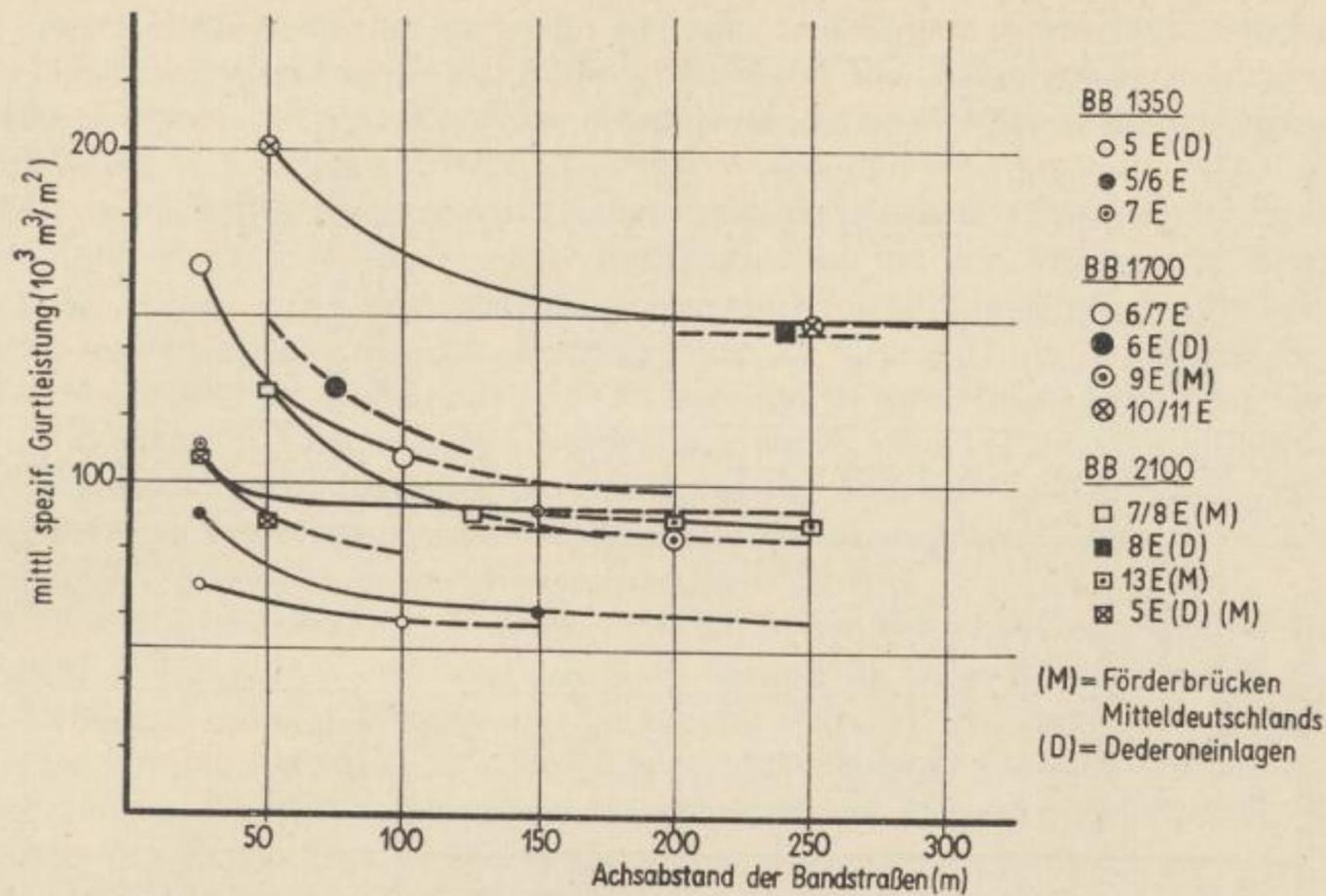


Abb. 4. Mittlere spezifische Gurtleistung der neuen Gurte je Auflage (errechnet — Auswertung Abb. 2)

Lage, Durchschläge zu verhindern und andere zusätzliche Beanspruchungen aufzunehmen. Außerdem kann dieser kürzere Gurt selbst bei starker Beschädigung noch weiter eingesetzt werden, weil er gewissermaßen genügend Reserve besitzt und noch einen einwandfreien Lauf garantiert. Durch diese Einflüsse steigt die spezifische Gurtleistung bei kleinen Achsabständen im Verhältnis zu dem Bereich, in dem sie etwa konstant bleibt — Achsabstand > 100 m —, um ca. 30 bis 50%.

Analog zu den Ausführungen über die absolute Gurtleistung wird festgestellt, daß die spezifische Gurtleistung bei Fördergut mit Steineinlagerungen — die Förderbrücken Mitteldeutschlands — niedriger ist und daß Dederongurte unter vergleichsfähigen Voraussetzungen allgemein etwas höhere spezifische Leistungen erreichen als Baumwollgurte.

2.1.3. Diskussion der Kennziffer „mittlere spezifische Gurtleistung“ der Abraumförderbrücken

In Tabelle 2 wurden die mittleren spezifischen Gurtleistungen für die untersuchten Förderbrücken zusammengestellt. Im folgenden wird zunächst nur auf die Baumwollgurte Bezug genommen, weil diese die Grundlage für die Auswertung bilden.

Insgesamt konnten die Unterlagen von neun Abraumförderbrücken ausgewertet werden, und zwar sieben aus dem Lausitzer und zwei aus dem mitteldeutschen Raum mit durchschnittlich je fünf Bandstraßen und einer Betriebszeit von ca.

Tabelle 2. Mittlere spezifische Gurtleistung [$10^3\text{m}^3/\text{m}^2$] (je Auflage)

Einlagen Qualität	Förder- brücke	erfaßte		neue Gurte				generalüberholte Gurte				Ges.-Förderbrücke				
		Bandstr.	Betriebs- zeit	Anz. d. Aufl. Ges.	davon zerst. Gurte	mittl. spezif. Gurtlstg.		Anz. d. Aufl. Ges.	davon zerst. Gurte	mittl. spezif. Gurtlstg.		Anz. d. Aufl.	davon zerst. Gurte	mittl. spezif. Gurtlstg.		
		Stück	Jahre	Stück	Stück	Ges.	ohne Sp. 6	Stück	Stück	Ges.	ohne Sp. 10	Stück	Stück	Ges.	ohne Sp. 14	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
B 100 oder 110 ¹⁾	Lausitz	A	4	9	10	1	156	173	18	—	107		28	1	112	116
		B	5	8	12	2	81	88	22	4	70	83	34	6	74	85
		C	3	4	4	—	95		11	3	31	37	15	3	48	57
		D	3	3	10	4	43	57	4	1	32	41	14	5	39	51
		E	4	1—4	4	—	146		—	—	—	—	4	—	146	
		F	9	16	97	—	151		—	—	—	—	47	—	151	
		G	7	8	20	1	134	137	1	—	26		21	1	129	131
	Mittel- deutshl.	H	5	8	16	5	68	97	4	—	54		20	5	65	84
		I	3	10	11	7 ²⁾	32	50	7	—	43		18	7 ²⁾	36	46
		Σ 9	∅ 5	∅ 7,6	Σ 134	Σ 13 7 ²⁾			Σ 67	8			Σ 201	21 7 ²⁾		
D 250/120	Lausitz	Fu.G	12	1—3	28	(10)	nicht erfaßt	77	—	—	—	—	Förderbrücken u. a. Bandstraßen			
													28	(10)	nicht erfaßt	77
	Mittel- deutshl.	T	8	2—4	{ 13 10 ³	—	69		—	—	—	—	23	1	51	53
		H ¹⁾	1	2		1	—	107								
	Σ 3	∅ 7	∅ 2,7	Σ 52	Σ 11							52	11			

¹⁾ nur Förderbrücken-Gurte ²⁾ Gurtauflagen vor dem Ausbau der entsprechenden Übergabestelle ³⁾ ungenügend gewartete Gurte

Untersuchungen über die Bandstraßen der Abraumförderbrücken

7,6 Jahren. Erfasst wurden insgesamt 134 neue und 67 generalüberholte Gurte. Die abweichende Beschaffenheit des Fördergutes in der Lausitz und im mitteldeutschen Raum machte eine Trennung der Förderbrücken nach diesen Gesichtspunkten erforderlich.

Die durch Prallschienen, Abstreicher usw. mechanisch zerstörten Gurte sind gesondert erfasst. Daß es gerechtfertigt war, diese bei der Auswertung nicht zu berücksichtigen, zeigt die Verteilung der mechanisch zerstörten Gurte auf die einzelnen Förderbrücken. Die Förderbrücken B, C und D, die zu einem Braunkohlenwerk gehören, stellen mit 14 von insgesamt 21 mechanisch zerstörten Gurten den Hauptanteil. Eine nähere Überprüfung ergab, daß bei der Förderbrücke D z. B. allein vier Gurte im ersten Jahr nach Inbetriebnahme des Aggregates mechanisch zerstört wurden, d. h., die mechanische Zerstörung von Fördergurten ist allgemein als betrieblich vermeidbar anzusehen.

An den Förderbrücken E, F und G konnten in der Vergangenheit Generalreparaturen an Fördergurten nicht durchgeführt werden, da keine Reparaturwerkstätten mit genügend großen Pressen zur Verfügung standen. Bei den anderen Förderbrücken wurden sowohl neue als auch generalüberholte Gurte aufgelegt. Die generalüberholten Gurte erreichten im Durchschnitt ca 75% der spezifischen Gurtleistung der neuen Gurte. Die Generalreparaturkosten schwanken zwischen ca. 20 bis 40% und betragen im Durchschnitt rund $\frac{1}{3}$ der Neuanschaffungskosten. Die rechtzeitige Durchführung einer Generalreparatur erweist sich demnach als wirtschaftlich vorteilhaft.

Die Werte der einzelnen Förderbrücken werden noch gesondert betrachtet, weil daraus wichtige Schlußfolgerungen für die Bandwirtschaft gewonnen werden können.

Die Förderbrücke A besitzt eine ausgezeichnete Bandwirtschaft, was sich auch in relativ hohen spezifischen Gurtleistungen zeigt. Im Laufe von neun Jahren sind nur neun neue, aber achtzehn generalüberholte Gurte aufgelegt worden. Ein noch günstigeres Bild entsteht, wenn man nur die Querförderer und den Gurt des Haldenauslegers betrachtet. Die Gurte dieser Bandstraßen sind durchschnittlich viermal aufgelegt, d. h. dreimal generalüberholt worden. Sie haben in der Gesamtliegezeit durchschnittlich ca $460 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ Abraum/ m^2 Gurtfläche transportiert. Diese Zahl besitzt Gewicht, da sie immerhin den Mittelwert von sechs Fördergurten repräsentiert. Die Generalreparaturkosten nahmen durchschnittlich von 20% bei der ersten Überholung auf ca. 35% des Neuwertes des Gurtes bei der dritten Generalreparatur zu. Da gleichzeitig mit der Anzahl der durchgeführten Generalreparaturen die spezifische Gurtleistung je Auflage etwas abnimmt, scheint unter den günstigen Bedingungen der Förderbrücke A bei durchschnittlich drei Generalreparaturen je Gurt ein wirtschaftliches Optimum zu bestehen. Soll ein Gurt mit wirtschaftlichem Erfolg generalüberholt werden, so muß er nach Verschleiß der Gummidecke rechtzeitig abgenommen werden, bevor der Gewebekern unnötig beschädigt wird und Feuchtigkeit aufnimmt.

Die Förderbrücken B, C und D gehören zu einem Braunkohlenwerk. Sie fallen unter den Lausitzer Brücken — selbst nach Ausscheidung der vielen mechanisch zerstörten Gurte — durch relativ niedrige spezifische Gurtleistungen auf (siehe

Tabelle 2). Es muß natürlich berücksichtigt werden, daß diese Förderbrücken im größeren Umfang festen Geschiebemergel und Steineinlagerungen mit zu gewinnen haben. Eine nähere Untersuchung der Brücken C und D läßt aber doch einige ernste Mängel erkennen. Diese Förderbrücken erreichen lediglich spezifische Gurtleistungen von 57 bzw. $51 \cdot 10^3 \text{m}^3/\text{m}^2$. Der Wert wird durch die Gurte der Hauptbänder so stark gedrückt, weil diese bei 12 Auflagen (ohne mechanisch zerstörte Gurte) lediglich $39 \cdot 10^3 \text{m}^3/\text{m}^2$ erreichen. Die Gurte der Hauptbänder erreichen nur ca. 50% der spezifischen Leistung der übrigen Gurte, obwohl sie das gleiche Fördergut zu transportieren haben. Die Ursache ist in den Übergabestellen zu den Hauptbändern zu suchen; es handelt sich um rechtwinklige Aufgaben mit ca. 2,5 m freier Fallhöhe. Die spezifische Gurtleistung der Hauptbänder dieser beiden Förderbrücken charakterisiert also nicht Besonderheiten der Bandförderung, sondern in erster Linie die unzureichend ausgebauten Übergabestellen.

Die Förderbrücken F und G erreichen mit durchschnittlichen spezifischen Gurtleistungen von 151 bzw. $131 \cdot 10^3 \text{m}^3/\text{m}^2$ recht ansprechende Leistungen. Bei der Beurteilung dieser Werte im Verhältnis zu anderen Förderbrücken der Lausitz muß allerdings berücksichtigt werden, daß generell neue Gurte aufgelegt wurden und daß diese Brücken darüber hinaus größere Gurtbreiten besitzen. Nachdem entsprechende Reparaturwerkstätten gebaut sind, um die breiten Gurte dieser Förderbrücken reparieren zu können, ist es ökonomisch vorteilhafter, die Gurte etwas früher als bisher abzulegen und zu überholen. Auf der Förderbrücke G müßte in diesem Zusammenhang erprobt werden, inwieweit sich generalüberholte Gurte auf einer Bandstraße mit großem Achsabstand (Hauptband ~ 250 m Achsabstand) und großer Gurtbreite bewähren.

Die Förderbrücken H und I erreichen auf Grund umfangreicher Steineinlagerungen im Abraum nur relativ geringe spezifische Gurtleistungen. Hingewiesen sei in diesem Zusammenhang auf den Anstieg der spezifischen Gurtleistung der Förderbrücke J von 32 auf $50 \cdot 10^3 \text{m}^3/\text{m}^2$ bei neuen Gurten, nachdem eine Übergabestelle umgebaut worden war. Überzeugender kann der Wert des Ausbaues einer Übergabestelle, insbesondere bei großstückigem und scharfkantigem Fördergut, kaum nachgewiesen werden. Die hohe Beanspruchung der Fördergurte durch das Fördergut ermöglicht bei den Förderbrücken H und J durchschnittlich nur eine einmalige Generalreparatur der Gurte. Nach zwei Auflagen ist der Gewebekern durch Durchschläge und andere Beschädigungen allgemein so geschwächt, daß der abgelegte Gurt nur noch für weniger beanspruchte Baggerbänder, zu Gummischürzen o. ä. verarbeitet werden kann.

Den Einfluß einer ungenügenden Überwachung und Pflege der Gurte erkennt man aus einer Analyse der spezifischen Leistungen der Dederongurte des Betriebes T (Tabelle 2). Die bis Ende des Jahres 1958 aufgelegten Gurte erreichten durchschnittlich nur ca. 50% der spezifischen Gurtleistung gegenüber den später eingesetzten Gurten. Da die Gurte auf den gleichen Bandstraßen aufgelegt wurden und das Fördergut ebenfalls gleich blieb, ist die Ursache für den Anstieg der spezifischen Gurtleistung in einer besseren Pflege und zum Teil in einer verbesserten Gurtqualität zu suchen. Für die Auswertung konnten daher die Gurte, die bis Ende des Jahres 1958 eingesetzt waren, nicht berücksichtigt werden.

2.2. Abschreibungssatz und -kosten der Baumwollgurte der Abraumförderbrücken in der Lausitz

Die Unterlagen über die Baumwollgurte der Abraumförderbrücken der Lausitz wurden ausgewertet, um Abschreibungssatz und Abschreibungskosten der Fördergurte in ihren Abhängigkeiten zu bestimmen. Die Unterlagen über die Baumwollgurte der mitteldeutschen Abraumförderbrücken und die der Dederongurte wurden für diesen Zweck nicht ausgewertet, weil der Umfang der Unterlagen zu klein ist.

2.2.1. Der Abschreibungssatz der Baumwollgurte der Abraumförderbrücken in der Lausitz

Nach dem bisher Ausgeführten ist es klar, daß der Abschreibungssatz für Fördergurte nicht irgendeine konstante Größe sein kann. Die Haupteinflussfaktoren müssen der Achsabstand der Bandstraßen, die Gurtbreite, die Einlagenzahl und Qualität (einschließlich Gummideckschicht), das Fördergut und die Gurtleistung in der Zeiteinheit sein.

Der Abschreibungssatz wurde aus den Kurven der mittleren absoluten Gurtleistung der Lausitzer Förderbrücken (Abb. 2) errechnet. Den Rechnungen liegen folgende Annahmen bzw. Werte zugrunde:

1. Der Gurt wird bei einmaliger Auflage abgeschrieben;
2. die theoretisch mögliche Gurtleistung in m^3 gewachsenen Bodens wurde für 20° Gurtmuldung und einen Auflockerungsfaktor $f = 1,2$ auf der Grundlage von DIN 22 101 ermittelt;
3. die effektive Jahresleistung wurde mit einer durchschnittlich 80prozentigen Auslastung der theoretischen Gurtleistung und einem η_T von 0,75 bei 3 m/s Gurtgeschwindigkeit berechnet;
4. für Gurte von 1350 mm Breite wurden 3 und 5 m/s eingesetzt.

In der Rechnung wurden die Gurte bei einmaliger Auflage abgeschrieben, weil ein Teil der Förderbrücken generell nur neue Gurte auflegt und zum anderen generalüberholte Gurte bisher allgemein nur auf Bandstraßen mit einem Achsabstand von 20 bis 100 m aufgelegt wurden.

Darüber hinaus soll in diesem Zusammenhang vor allem die Abhängigkeit des Abschreibungssatzes von den verschiedenen Einflussfaktoren (Achsabstand, Gurtbreite, Einlagenzahl, Gurtgeschwindigkeit usw.) gezeigt werden, ohne an die hier ermittelten Rechenwerte weitere Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen anzuschließen.

Daß eine rechtzeitige Überholung der Gurte wirtschaftlich vorteilhaft ist, wurde zudem in Abschnitt 2.1.3., Seite 21, an einigen Beispielen nachgewiesen.

Bei der Aufstellung der Kurven konnte die unterschiedliche durchschnittliche Auslastung der Gurte nicht berücksichtigt werden. Rein rechnerisch stellt sich die Abhängigkeit als Gerade mit dem Anstieg 1 dar. Es ist aber anzunehmen, daß der Abschreibungssatz mit wachsender Auslastung nicht so stark ansteigt.

In Abb. 5 ist der Abschreibungssatz für Baumwollgurte der Lausitzer Förderbrücken in Abhängigkeit vom Achsabstand der Bandstraßen dargestellt. Der

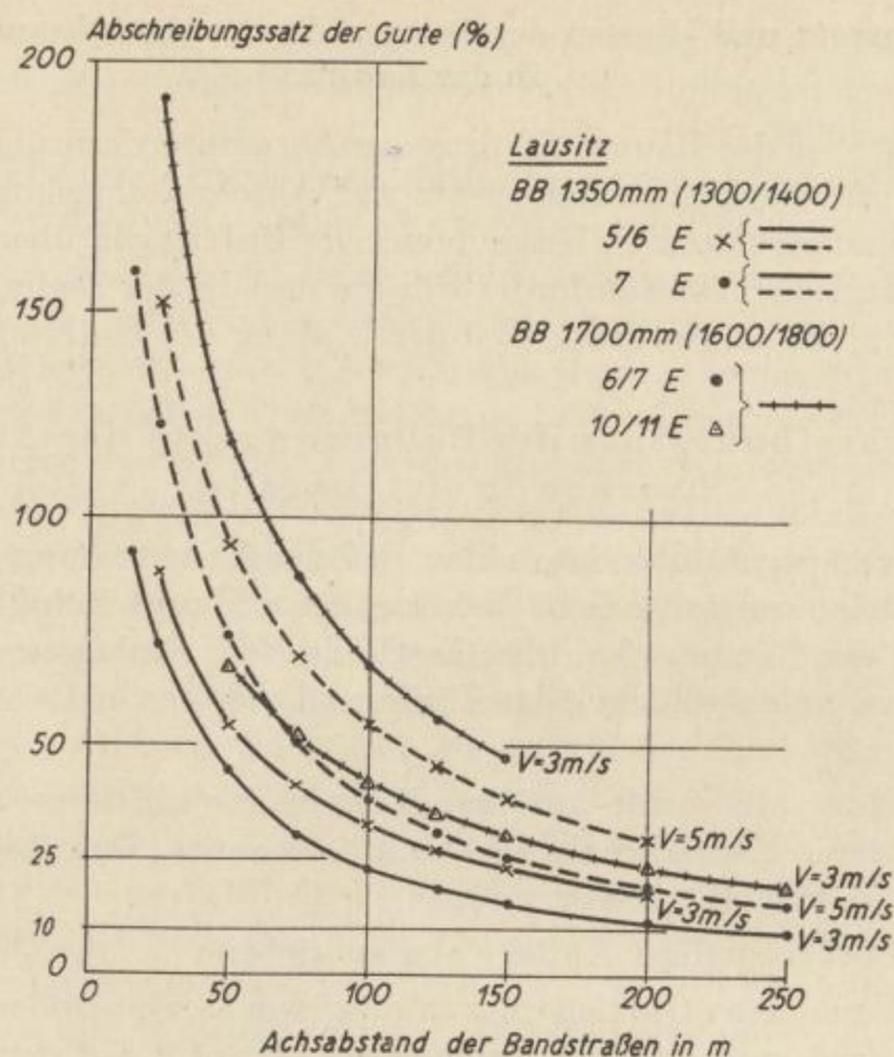


Abb. 5. Abschreibungssatz der Baumwollgurte der Förderbrücken der Lausitz (bei einmaliger Auflage und durchschnittlich 80% Auslastung der theoretischen Förderleistung nach DIN 22 101)

Abschreibungssatz nimmt mit wachsendem Achsabstand hyperbolisch ab. Andererseits wächst er mit der Gurtbreite und der Gurtgeschwindigkeit, während er sich zur Einlagenzahl umgekehrt proportional verhält.

2.2.2. Die Abschreibungskosten der Baumwollgurte der Förderbrücken in der Lausitz

Die Abschreibungskosten der Gurte in DM/10³ m³ (Abb. 6) wurden aus den Kurven der mittleren spezifischen Gurtleistung (Abb. 4) errechnet. Dabei wurden für die Berechnung des Gurtpreises mittlere Kosten von 20,— DM/m² Baumwolleinlage und 6,25 DM/m² und 1 mm Gummidecke angesetzt. In Widerspiegelung der Kurven der mittleren spezifischen Gurtleistung streben auch die Abschreibungskosten der Gurte mit wachsendem Achsabstand konstanten Werten zu. Wichtig ist die aus dem Diagramm abzuleitende Erkenntnis, daß die Abschreibungskosten im untersuchten Bereich sowohl mit der Gurtbreite als auch mit der Einlagenzahl fallen. Der Kostenvorteil beim Übergang von 5/6 Einlagen auf 7 Einlagen beim Gurt von 1350 mm Breite ist größer als der Schritt von 6/7 Einlagen auf 10/11 Einlagen beim Gurt von 1700 mm Breite. Aus den hier ermittelten Abhängigkeiten kann gefolgert

werden, daß es wirtschaftlich vorteilhaft ist, an Stelle eines Gurtes von vielleicht 4 oder 5 Einlagen — entsprechend dem vorhandenen Gurtzug — einen solchen von 7 oder 8 Einlagen einzusetzen.

HÄRTIG kam auf Grund von Untersuchungen [13], [14] in den 30er Jahren zu der Schlußfolgerung, daß die damals aufgelegten Gurte hinsichtlich der aufzunehmenden Zugkräfte weit überdimensioniert seien und daß bei einer Verringerung der Einlagenzahl erhebliche finanzielle Einsparungen möglich sind. Die jetzigen Untersuchungen zeigen, daß der Verringerung der Einlagenzahl nicht nur durch den aufzunehmenden Gurtzug und die erforderliche Steifigkeit des Gurtes, sondern in wirtschaftlicher Hinsicht durch die Abnahme der spezifischen Gurtleistung eine untere Grenze gesetzt ist.

2.3. Betriebsreparaturkosten an Bandstraßen der Abraumförderbrücken

2.3.1. Spezifische Betriebsreparaturkosten der Fördergurte mit Baumwollleinlagen

Die spezifischen Betriebsreparaturkosten für Baumwollgurte wurden, bezogen auf die Gurtfläche $[DM/m^2 \cdot \text{Jahr}]$, die Förderleistung $[DM/10^3m^3]$ und die Transportleistung $[DM/10^3m^3 \cdot km]$, ermittelt. Für die Fördergurte der Lausitz schwanken die Betriebsreparaturkosten, bezogen auf die Förderleistung, zwischen 0,12 und 0,24 $DM/10^3m^3$ und lassen keine eindeutige Abhängigkeit der Kosten vom Achsabstand der Bandstraße, der Gurtbreite oder der Einlagenzahl der Gurte erkennen. Die Werte der Förderbrücken Mitteldeutschlands schwanken zwischen 0,36 und 0,77 $DM/10^3m^3$ und lassen weitere Aussagen ebenfalls nicht zu.

Die Kurven der spezifischen Betriebsreparaturkosten der Fördergurte, bezogen auf die Gurtfläche, zeigen in ihrer Tendenz den gleichen Verlauf wie die spezifischen

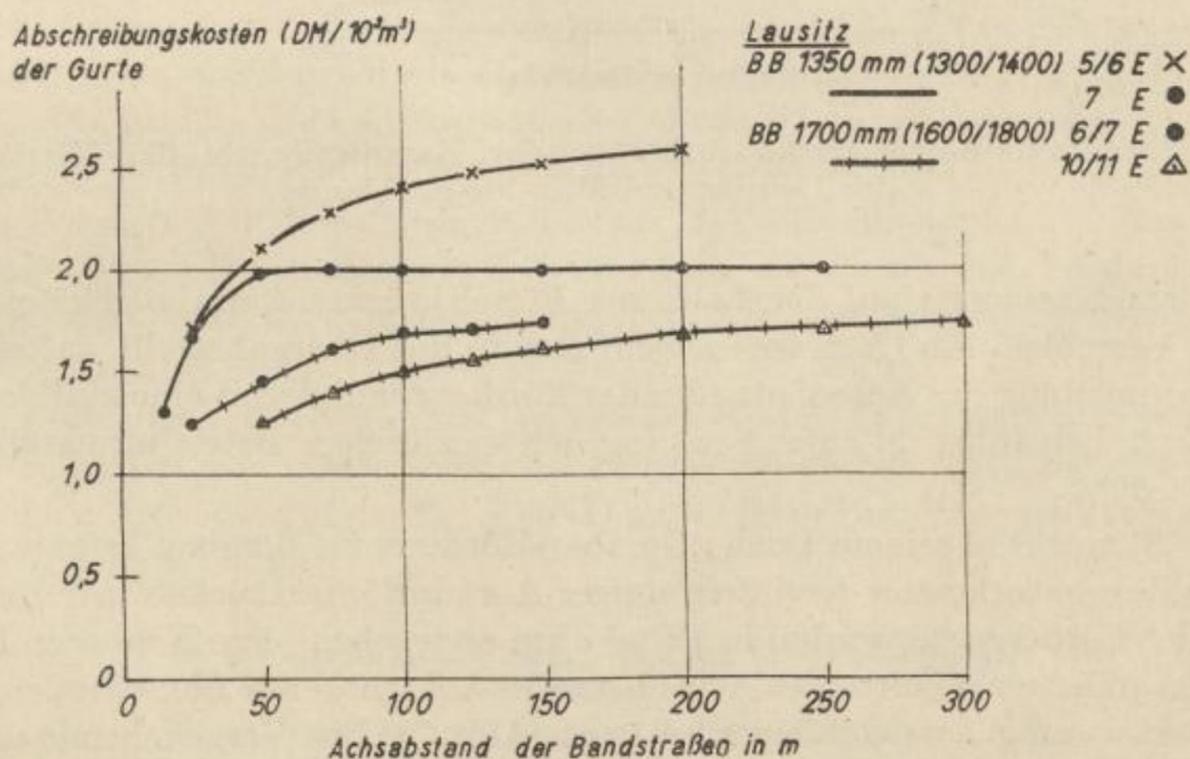


Abb. 6. Abschreibungskosten der Baumwollgurte der Förderbrücken der Lausitz (bei einmaliger Auflage und durchschnittlich 80% Auslastung der theoretischen Förderleistung nach DIN 22 101)

Kosten, bezogen auf die Transportleistung. Die Auswertung beschränkt sich daher auf die zuletzt genannten Kurven.

In Abb. 7 sind die spezifischen Betriebsreparaturkosten der Baumwollgurte (in $\text{DM}/10^3\text{m}^3 \cdot 1 \text{ km}$ Förderweg) in Abhängigkeit vom Achsabstand der Bandstraßen aufgetragen. Die Kurven zeigen einen hyperbolischen Verlauf, d. h., mit wachsendem Achsabstand des Einzelförderers nehmen die Betriebsreparaturkosten des Gurtes für einen $\text{m}^3 \cdot \text{km}$ zunächst sehr stark ab, um sich dann asymptotisch dem Wert zu nähern, der bei einem Achsabstand des Förderers von 1000 m, bei nur einer Übergabestelle, auf dem Förderweg erreicht wird. Zur Ermittlung der Mittelwertkurve liegen für die Förderbrücken Mitteldeutschlands noch zu wenig Werte vor, denn es muß erwartet werden, daß auch diese Kurve stärker gekrümmt verläuft (in der Abb. als wahrscheinlicher Kurvenverlauf angegeben).

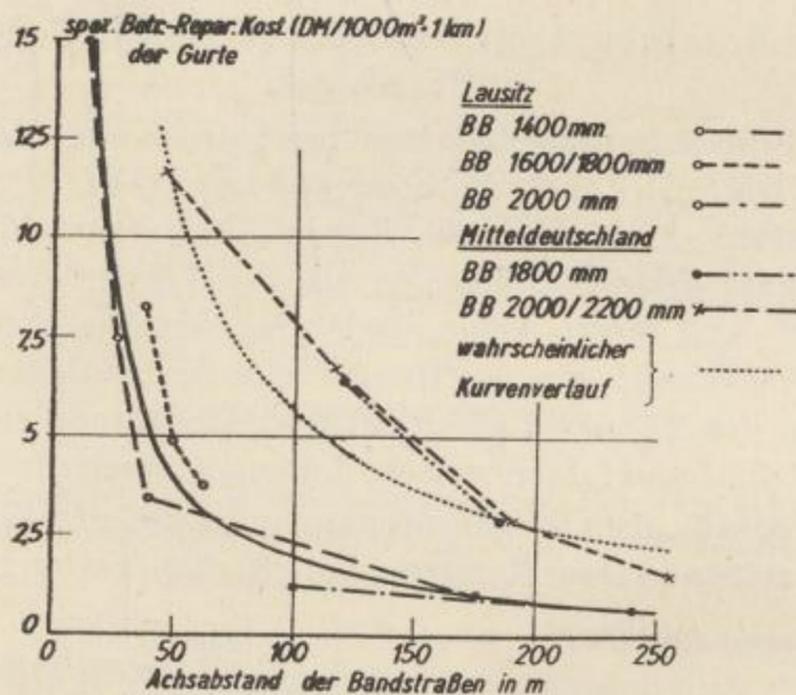


Abb. 7. Spezifische Betriebsreparaturkosten der Baumwollgurte der Förderbrücken der Lausitz und Mitteldeutschlands

Aus dem Kurvenverlauf der Lausitzer Förderbrücken kann abgeleitet werden, daß der Verschleiß am Gurt vorwiegend nur an der Übergabestelle auftritt; denn eine Verdoppelung des Achsabstandes der Förderer und damit eine Halbierung der Übergabestellen führt zu einer Senkung der spezifischen Betriebsreparaturkosten auf etwa 50%.

BAHR [5] macht in seinem Buch „Gurtbandförderer im Bergbau“ einige Angaben über die Reparaturkosten der Gurte einiger Abraumförderbrücken. Die Reparaturkosten der Fördergurte werden in $\text{Pf}/\text{m}^3 \cdot \text{km}$ angegeben ohne Nennung des Achsabstandes (oder eines mittleren Achsabstandes bei mehreren Bandstraßen), so daß diese Werte wenig aussagefähig sind (siehe Abb. 7). Ein Vergleich mit den angegebenen Werten der Förderbrücke Espenhain und den früheren Eintrachtwerken ist nicht möglich, weil diese ohne Aufgliederung sowohl die Kosten für die Reparatur als auch für die Neuauflagen und Ersatzbänder umfassen. Die Gurte der Förder-

brücke Böhlen verursachen Abschreibungen und Betriebsreparaturkosten von $4,26 \text{ Pf/m}^3 \cdot \text{km}$. Aus der angegebenen Kostenaufgliederung errechnen sich die Betriebsreparaturkosten zu $0,33 \text{ Pf/m}^3 \cdot \text{km}$. In Abb. 7 werden für die Gurte der gleichen Förderbrücke Betriebsreparaturkosten von 0,3 bis $0,64 \text{ Pf/m}^3 \cdot \text{km}$ ausgewiesen.

2.3.2. Betriebsreparaturkosten der Tragrollenstationen und der sonstigen mechanischen Ausrüstung der Bandstraßen

Über die Reparaturkosten der mechanischen Ausrüstungen der Bandstraßen konnten nur wenige Betriebe Angaben machen, da diese Kosten allgemein überhaupt nicht oder zumindest nicht für die einzelnen Bandstraßen erfaßt wurden.

Besonders wichtig sind die Reparaturkosten der Tragrollenstationen. Detaillierte Angaben standen aber nur für die Förderbrücken H und F zur Verfügung. Einige summarische Werte liegen noch über die Förderbrücke E vor, während in allen anderen Betrieben kein brauchbares Zahlenmaterial vorhanden war. Die Betriebsreparaturkosten für die Tragrollenstationen erreichen bei einem durchschnittlichen Achsabstand der Förderer von ca. 60 m folgende Werte:

	$\left[\frac{\text{DM}}{10^3 \text{m}^3 \cdot \text{km}} \right]$	Anteil d. Rep.-Kost./J. am Neuwert [%]
Förderbrücke H	9,6	11,2
Förderbrücke F	14,7	19,4
Förderbrücke E	6	7,3

Der Wert der Förderbrücke F liegt sehr hoch, weil innerhalb des erfaßten Zeitraumes im größeren Umfang Tragrollen ausgebaut und zusätzlich mit Drucklagern versehen wurden. Als Richtwerte können etwa die Angaben der Förderbrücke H gelten, und zwar wurden bei dieser von den Gesamtreparaturkosten je Jahr von 11,2% des Neuwertes der eingebauten Rollen ca. 8% für den Ankauf neuer Rollen und 3,2% für die Reparatur ausgebauter Rollen aufgewandt.

Die hier ermittelten Reparaturkosten für Tragrollenstationen zwischen $0,6$ und $1,5 \text{ Pf/m}^3 \cdot \text{km}$ bei durchschnittlich 60 m Achsabstand der Förderer werden durch die von BAHR [5] gemachten Angaben über die Förderbrücke Böhlen mit $1,08 \text{ Pf/m}^3 \cdot \text{km}$ bestätigt.

Für die sonstigen mechanischen Ausrüstungen der Bandstraßen (wie Antriebe, Umlenktrommeln usw.) errechnen sich bei der Förderbrücke F bei einem durchschnittlichen Achsabstand der Bandstraßen von 60 m Betriebsreparaturkosten von ca. $10,5 \text{ DM}/10^3 \text{m}^3 \cdot \text{km}$.

2.4. Schlußfolgerungen für die Bandwirtschaft

In den dreißiger Jahren wurde bereits in den damaligen „Eintrachtwerken“ eine straff organisierte Bandwirtschaft eingeführt. Für den Gurt, das recht teure und verhältnismäßig schnell verschleißende Zug- und Tragorgan der Bandstraßen, wurde im Materialprüflabor die Einhaltung der DIN-Normen und eine fehlerfreie

Fabrikation nachgeprüft. Für jeden Gurt wurde eine Karte mit den Prüfergebnissen ausgestellt. Später wurden das Auflage- und Ablagedatum, die erzielte Leistung in m^3 , die Betriebsreparatur und die Generalreparaturkosten und die Weiterverwendung des Gurtes erfaßt und damit zur Auswertung erhalten. Trotz der erwiesenen Vorteile einer so organisierten Bandwirtschaft fanden diese Methoden in den Betrieben des Braunkohlenbergbaues allgemein bisher nicht die gebührende Aufmerksamkeit.

Es erscheint notwendig, daß größere Betriebe für die Bandwirtschaft einen Ingenieur einstellen, dem sowohl die genaue Überwachung und Auswertung sämtlicher Fördergurte als auch die Zusammenstellung von Betriebsunterlagen über die Lebensdauer und die Reparaturkosten der sonstigen mechanischen Ausrüstungen der Bandstraßen übertragen werden kann. Für jeden Gurt muß unter Beachtung der bereits aufgeführten Gesichtspunkte eine Stammkarte angelegt und laufend geführt werden. Nach Ablage des Gurtes müssen geeignete Kennziffern ermittelt werden, die eine zuverlässige Beurteilung der Leistung und der Kosten zulassen.

Es wird vorgeschlagen, folgende Kennziffern zu ermitteln:

Kosten-Kennziffern (für die Gesamt-Lebensdauer und ggf. je Auflage)

$$\begin{array}{l} \text{a) } \frac{\text{Ges.-Aufwendg f. d. Gurt}^*}{\text{Gesamtleistung}} \quad \left[\frac{\text{DM}}{10^3 m^3} \right] \\ \quad * \text{ Neuanschaffg. — und Betr.-Rep. — und Generalrep.-Kosten} \\ \text{b) } \frac{\text{Gesamtkosten des Gurtes}}{\text{Gesamtleistg.} \cdot \text{Förderlänge}} \quad \left[\frac{\text{DM}}{10^3 m^3 \cdot \text{km}} \right] \end{array}$$

Leistungskennziffern

a) die spezifische Gurtleistung (je Auflage und ggf. für die Gesamt-Lebensdauer)

$$G_{sp.} = \frac{\text{Abraumleistung}}{\text{endlose Gurtlänge} \cdot \text{Gurtbreite}} \quad \left[\frac{10^3 m^3}{m^2} \right]$$

b) die Gurtkonstante (je Auflage)

$$K_G = \frac{\text{Abraumleistung} [10^6 m^3]}{(m_E \cdot \text{Gurtbreite} - 0,17) \cdot \text{Achsabstand der Bandstraße}}$$

Gurtbreite und Achsabstand in m

Einlagen (Stek)	6 ^x	7 ^x	8	9	10
m_E	\cong 0,25	0,31	0,35	0,37	0,38

^x mit einer Panzerlage

Besonderer Wert ist auf die Erfassung und Auswertung der Werte von Gurten mit Steinfanggewebe — einer sogenannten Panzerlage — und der Gurte mit Dedroneinlagen zu legen, damit über diese Gurte in möglichst kurzer Zeit genügend exakte Werte vorliegen.

Die Fördergurte müssen aber nicht nur im laufenden Betrieb überwacht und gepflegt werden, sondern auch der Lagerhaltung ist mehr Aufmerksamkeit zu schenken als das bisher allgemein der Fall ist.

Damit könnten unserer Volkswirtschaft bedeutende Werte erhalten bleiben. In diesem Zusammenhang sei auf die umfangreiche Literatur [4], [15], [21] zu den aufgeworfenen Fragen verwiesen.

3. Ermittlung von Vergleichs-Transportkosten für Zug- und Bandförderung

3.1. Allgemeine Berechnungsgrundlagen

Den speziellen Kosten-Untersuchungen werden einige allgemeine Berechnungsgrundlagen vorangestellt.

Untersucht wird der reine Massentransport bei söhlicher Förderung, ohne Gewinnung und Verkippung — bei Zugförderung aber einschließlich der Arbeitskräfte zum Abkippen der Züge. Es wird Schwenkbetrieb vorausgesetzt, so daß sich die durchschnittliche Förderlänge vom Massenschwerpunkt der Baggerstrosse bis zum Massenschwerpunkt der Kippenstrosse — jeweils bei $\frac{2}{3}$ Strossenlänge — erstreckt. Der kürzeste stationäre Transportweg zwischen Bagger- und Kippenstrosse beträgt 0,8 km. Die zeitliche Ausnutzung wird bei Zugförderung zu $\eta_T = 0,65$ und bei

Tabelle 3. Förderleistungen und Förderlängen der Transportvarianten bei Zug- und bei Bandförderung

a) Förderleistung

Zugförderung [m ³ /h]	Einbaggerbetrieb					Zweibaggerbetrieb		
	500	1000	1500	2000	3000	5000	7500	10 000
Bandförderung [m ³ /h]	433	866	1300	1730	2600	4330	6500	8660
Gurtbreite [mm]	1000	1000	1200	1400	1600	2000	2500	2500
	1 Bagger					2 Bagger	3 Bagger	

Zugförderung $\eta_T = 0,65$

Bandförderung $\eta_T = 0,75$; $\eta_{Lmax} = 0,7$

b) Förderlänge

Förderlänge [km]	1	2,14	2,8	3,5	4,8	6,14	7,5	10	15
Strossenlänge [km]	—	1	1,5	2	3	4	5	5	5
					1,5		3	3	3
							1,5	1,5	1,5
stationäre Förderlänge [km]	—	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	3,3	8,3
					2,8		3,5	6	11
							5,5	8	13

Voraussetzung: Schwenkbetrieb — Massenschwerpunkt bei $\frac{2}{3}$ Strossenlänge, minimale Länge des stationären Transportweges 0,8 km

Bandförderung zu $\eta_T = 0,75$ festgelegt.³ Die Förderleistung wird zwischen 500 und 10000 m³/h, die Förderlänge zwischen 1 und 15 km und die Strossenlänge zwischen 1 und 5 km variiert (siehe Tabelle 3).

Zur Erläuterung ist noch zu bemerken, daß die Unterschiede in den Leistungen in m³/h zwischen Zug- und Bandförderung im unterschiedlichen η_T begründet sind. Die Tages- und Jahresleistungen sind in beiden Fällen gleich.

Die Anmerkung „Zweibaggerbetrieb“ bedeutet bei Zugförderung den Einsatz von zwei Baggern und zwei Absetzern auf jeweils einem Arbeitsplanum, d. h. Hoch- und Tiefschnitt bzw. Hoch- und Tiefschüttung. Bei Bandförderung bedeutet die gleiche Anmerkung nur, daß der Bandstraße gleichzeitig mit zwei Baggern Massen aufgegeben werden (der Paralleleinsatz mehrerer Bandstraßen wurde nicht näher untersucht, weil bereits kurze Überrechnungen wesentliche Kostenerhöhungen nachwiesen).

Die Kosten und der Arbeitskräftebedarf werden für Zug- und für Bandförderung jeweils unter günstigen und bei ungünstigen Bedingungen ermittelt (Zugförderung überwiegend bindiger oder überwiegend nicht bindiger Massen im Planum; Bandförderung normaler Abraummassen oder erheblicher Steineinlagerungen). Graphisch ausgewertet werden nur die Ergebnisse bei günstigen Einsatzbedingungen.

Zu den angeführten Förder- und Strossenlängen erübrigen sich weitere Bemerkungen. Aufmerksam zu machen ist nur auf Abhängigkeiten, die kostenbeeinflussend wirksam werden.

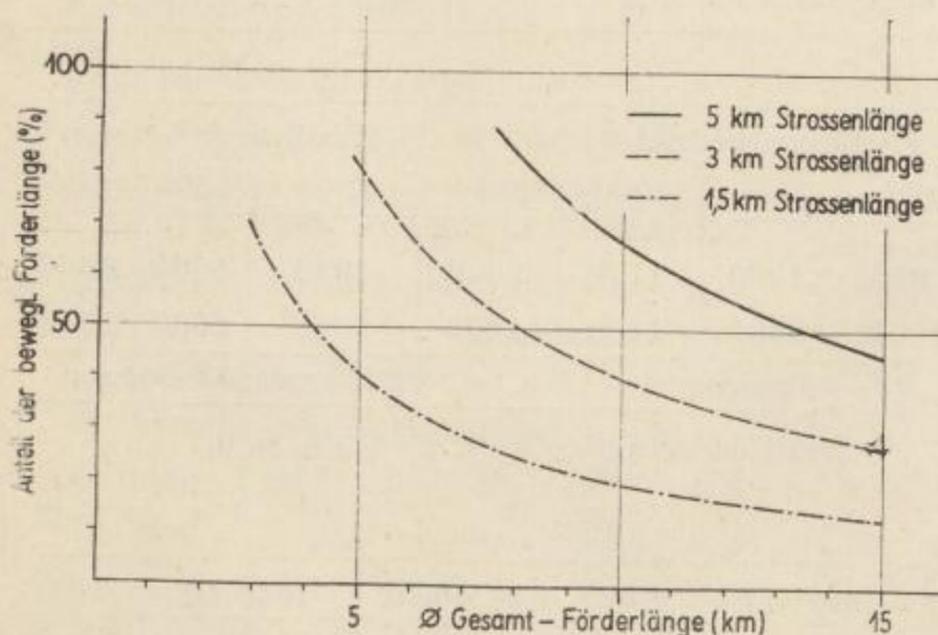


Abb. 8. Anteil der beweglichen Förderlänge an der durchschnittlichen Gesamtförderlänge

Abb. 8 läßt die Abnahme des Anteils der Förderstrecke auf den Strossen an der durchschnittlichen Gesamtförderlänge erkennen, wenn die Förderlänge wächst. Der Anteil der ortsveränderlichen Förderstrecke steigt bei gleicher Förderlänge mit der Strossenlänge, z. B. beträgt bei 10 km Förderlänge der auf die Strossen entfallende Förderstreckenanteil bei 1,5 km Strossenlänge 20%, aber bei 5 km Strossenlänge 67%, was sich insbesondere bei Zugförderung auf die Kosten auswirkt.

³ Durch Wegfall des störanfälligen, diskontinuierlich arbeitenden Fahrbetriebes wird bei Bandförderung ein höheres η_T erreicht. Für Vergleiche ist vor allem die Relation der zeitlichen Ausnutzung zwischen beiden Fördermethoden und weniger die absolute Höhe entscheidend.

Der Anteil der durchschnittlichen Förderlänge (Massenschwerpunkt baggerseitig bis Massenschwerpunkt kippenseitig) an der maximalen Förderlänge steigt bei wachsendem Förderweg und nimmt bei gleicher Förderlänge mit längerwerdender Strosse ab. Oder, anders ausgedrückt: bei 10 km Förderlänge und 5 km Strossenlänge sind bei Bandförderung 25% der Anlagekosten gewissermaßen „tot“ investiert, bei 1,5 km Strossenlänge sind es aber nur reichlich 10% (Abb. 9).

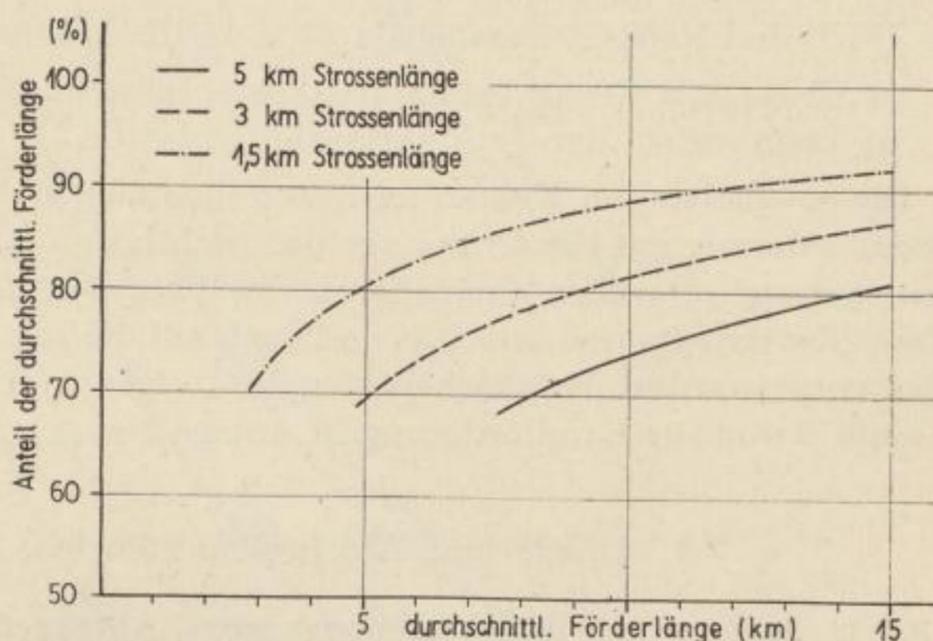


Abb. 9. Anteil der durchschnittlichen Förderlänge an der maximalen Förderlänge

Mit der Bandförderung soll die jeweils ökonomisch günstigste Ausrüstung im Zugbetrieb verglichen werden. Die Untersuchungen von Zuggarnituren mit 25-, 40- und 96-m³-Abraumwagen schufen dazu die Voraussetzungen (Tabelle 4).

Tabelle 4. Eingesetzte Zuggarnituren

Zuggarnitur		a	b	c	d	e
Spurweite	mm	900	1435			
Schienenprofil			S 49		S 64	
Eloks Dienstmasse	t	75	100	150	150	100
Anzahl je Zug	Stek.	1	1	1	1	2
Abraumwagen Inhalt	m ³	25	40	40	96	96
rapport. Inhalt	m ³	22	36	36	90	90
Totmasse	t	20	34	34	60	60
Nutzmasse	t	40	65	65	160	160
Waggons je Zug	Stek.	15	15	19	10	13
Zuginhalt	m ³	330	540	684	900	1170
spezif. Gleisbelastg. je m ³ Abraum	$\frac{\text{btto. t}}{\text{m}^3}$	4,2	4,1	4,1	3,4	3,4

Die aufgeführten Veränderlichen und Abhängigkeiten deuten den Umfang der Rechenarbeit an; denn allein für die Zugförderung wurden über 300 verschiedene Transportvarianten durchgerechnet.

Für die skizzierte Aufgabenstellung ist es nicht erforderlich und auf Grund des Umfanges der Untersuchungen auch nicht möglich, alle Einzelkosten für den Massentransport zu erfassen. Es werden spezifische Vergleichs-Transportkosten ermittelt, die sich aus folgenden Kostenpositionen zusammensetzen:

1. Anlage- und Abschreibungskosten,
2. Lohnkosten der Produktionsgrundarbeiter,
3. Hilfs- und Reparaturmaterialkosten und Lohnkosten für Hilfsleistungen
 - a) Hilfs- und Reparaturmaterialkosten einschließlich der Energiekosten,
 - b) Lohnkosten der Produktionshilfsarbeiter.

Die so ermittelten Kosten gestatten eine Gegenüberstellung der Zug- und der Bandförderung auf der Grundlage der wichtigsten Kostenpositionen für den Massentransport. Darüber hinaus kann der Vergleich auf die für uns entscheidende Frage der Arbeitsproduktivität und auch auf die Investkosten ausgedehnt werden. Die vorgenannten Vergleichskosten und -Kennziffern sind für Zugförderung in Anlage 2 und für Bandförderung in Anlage 3 zusammengestellt worden.

3.2. Anlage- und Abschreibungskosten, Abschreibungssatz

3.2.1. Anlage- und Abschreibungskosten, Abschreibungssatz bei Zugförderung

3.2.1.1. Anlagekosten bei Zugförderung

Die mögliche Anhängelast für Elektroloks wurde mit den von CIESIELSKI [9] vorgeschlagenen Haftreibungskoeffizienten und Fahrzeugwiderständen unter Berücksichtigung einer maximalen Steigung beim Anfahren von 1:150 ermittelt (Anlage 1, S. 85). Die maximal zulässige Wagenzuglänge für geschobene Züge — 140 m bei Schmalspur und 180 m bei Normalspur — wurde eingehalten.

Die Grenzstrossenlängen wurden nach der von GRAEBING aufgestellten Formel — Berücksichtigung der Zugwechselzeit auf der Strosse und der Signalstellzeit — errechnet (Anlage 1, S. 86). KNOCHENHAUER hat in seiner Dissertation⁴ nachgewiesen, daß es richtiger ist, keine Signalstellzeit, wohl aber die Entfernung der letzten Zugeinheit von der Einfahrtsweiche (ca. 50 bis 100 m) zu berücksichtigen. Eine Umrechnung der nach GRAEBING ermittelten Grenzstrossenlängen erfolgte nicht, weil einem enormen Arbeitsaufwand kein entsprechender Nutzen gegenüberstanden hätte:

1. Die Verringerung der Grenzstrossenlänge durch Berücksichtigung der Signalstellzeit liegt in der gleichen Größenordnung wie der von KNOCHENHAUER vorgeschlagene Abzug für den „Flaschenhals“.
2. Die errechnete Grenzstrossenlänge hat im Rahmen der Arbeit nur den Charakter eines Richtwertes, weil die angenommene mittlere Fahrgeschwindigkeit das Ergebnis sehr stark beeinflußt (errechnete Grenzstrossenlänge 3 km — Veränderung der mittleren Fahrgeschwindigkeit um $\pm 10\%$ ergibt ± 300 m Abweichung vom zuerst errechneten Wert).

⁴ Freib. Forsch.-H. A 210 (1961).

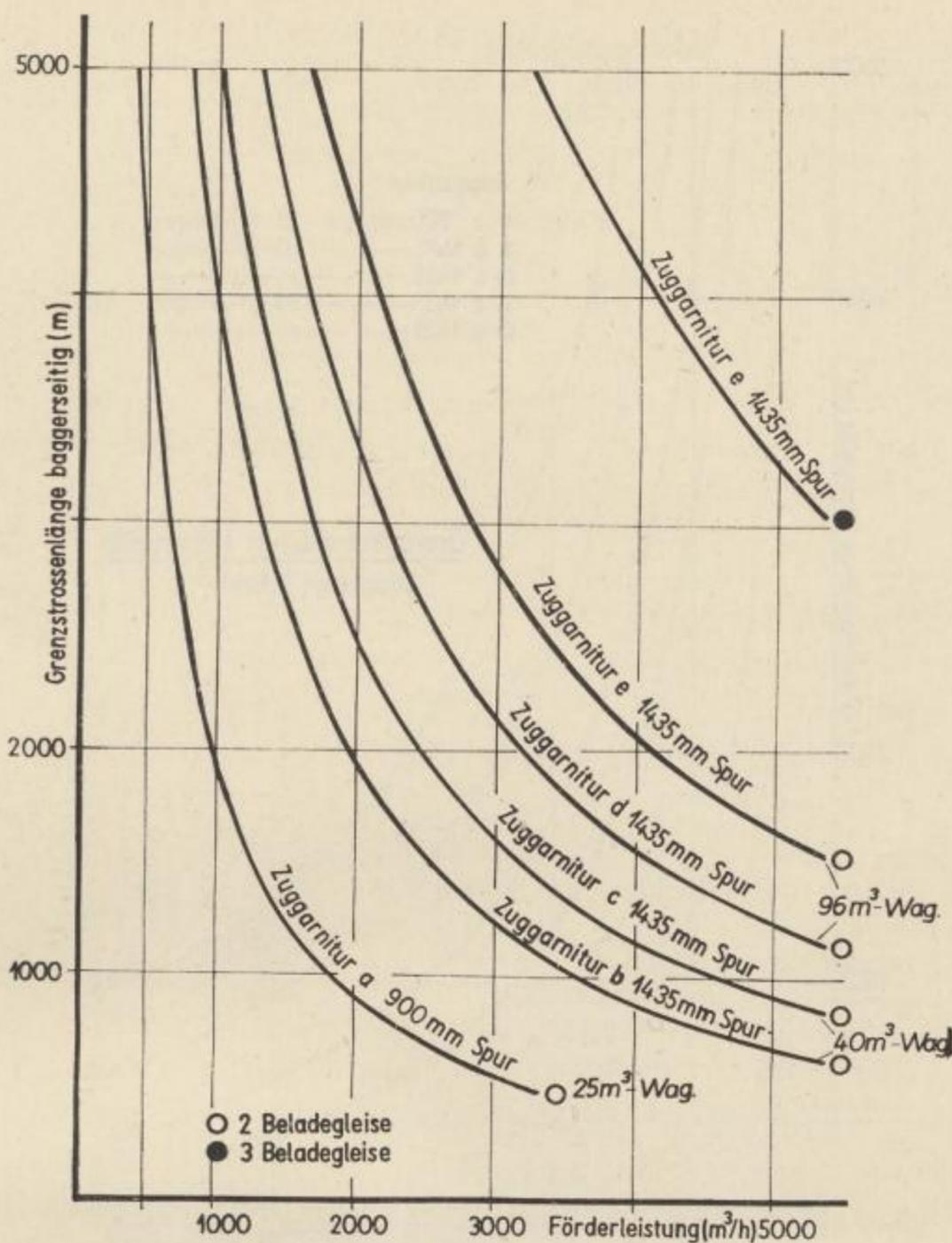


Abb. 10. Grenzstrossenlänge, baggerseitig, bei unterschiedlichen Zuginhalten

In Abb. 10 sind für die in Tabelle 4 angegebenen Zuginhalte die Grenzstrossenlängen auf der Baggerseite in Abhängigkeit von der Förderleistung dargestellt (Anlage I, S. 86). Ganz grob ergibt sich von den 25- zu den 40- und den 96-m³-Wagen jeweils etwa eine Verdoppelung der Grenzstrossenlänge. Beim Überschreiten der Grenzstrossenlänge wird baggerseitig ein drittes Beladegleis, in einigen Sonderfällen sogar ein viertes erforderlich. Auf der Kippenseite kommen Strossenweichen zum Einsatz. Bei großen Förderleistungen und 4 bzw. 5 km Strossenlänge mußte auf der Kippenstrosse zum Teil Bandförderung eingerichtet werden.

Daß die genannten Sondermaßnahmen auf der Kippenstrosse erforderlich sind, geht aus Abb. 11 und 12 hervor. Berücksichtigt man die 10% Leistungsreserve des Zugbetriebes gegenüber der Baggerleistung, so muß die Kippe in der Lage sein, zumindest diese Leistungsspitze abzunehmen. Unter diesen Voraussetzungen wurde das Verhältnis der kippenseitigen zur baggerseitigen Grenzstrossenlänge errechnet

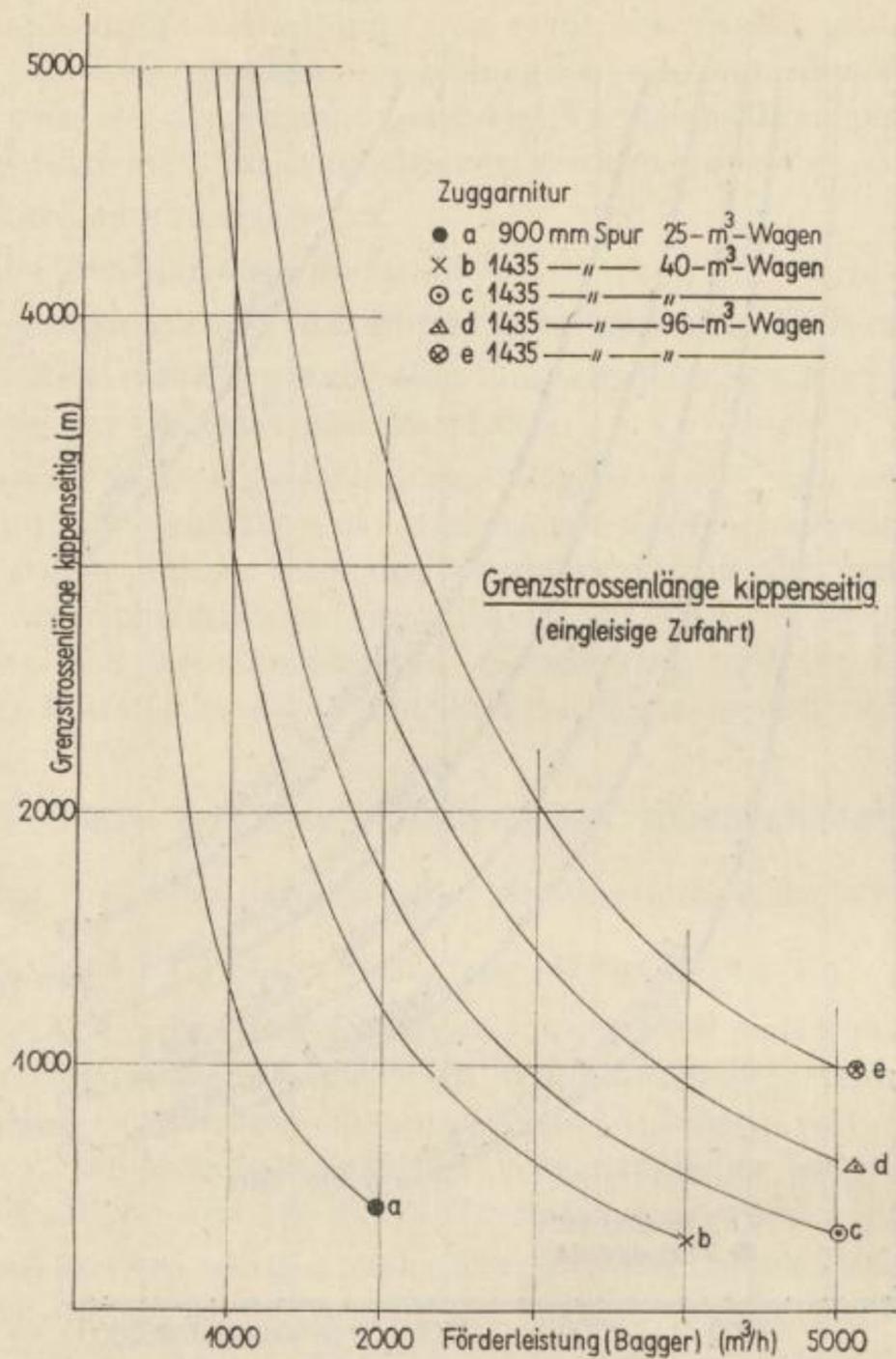


Abb. 11. Grenzstrossenlänge kippenseitig (eingleisige Zufahrt)

(Anlage 1, S. 86). Die kippenseitige Grenzstrossenlänge (eingleisig) ergibt sich aus der baggerseitigen Grenzstrossenlänge mal einem Faktor ψ , der hauptsächlich von der Förderleistung und dem Zuginhalt abhängt. Der Faktor ψ (Abb. 12) fällt im Leistungsbereich von 500 bis 3000 m³/h bei Zuggarnitur a (25-m³-Wagen) von 0,8 auf 0,18, bei Zuggarnitur b (40-m³-Wagen) von 0,84 auf 0,49, bei Zuggarnitur d (96-m³-Wagen) nur mehr von 0,87 auf 0,67. Aus dieser Gegenüberstellung ist die große Bedeutung des Zuginhaltes für die kippenseitige Grenzstrossenlänge vor allem bei größeren Förderleistungen zu ersehen.

Der Zugbedarf wird aus dem Verhältnis Fahrspiieldauer zu Füllzeit eines Zuges ermittelt. Diese allgemeine Festlegung läßt noch wesentlich voneinander abweichende Annahmen als Berechnungsgrundlage zu. Ein Nachweis, mit welchen Annahmen der Fahrbetrieb ökonomisch optimal ausgelegt wird, ist noch nicht vorhanden.

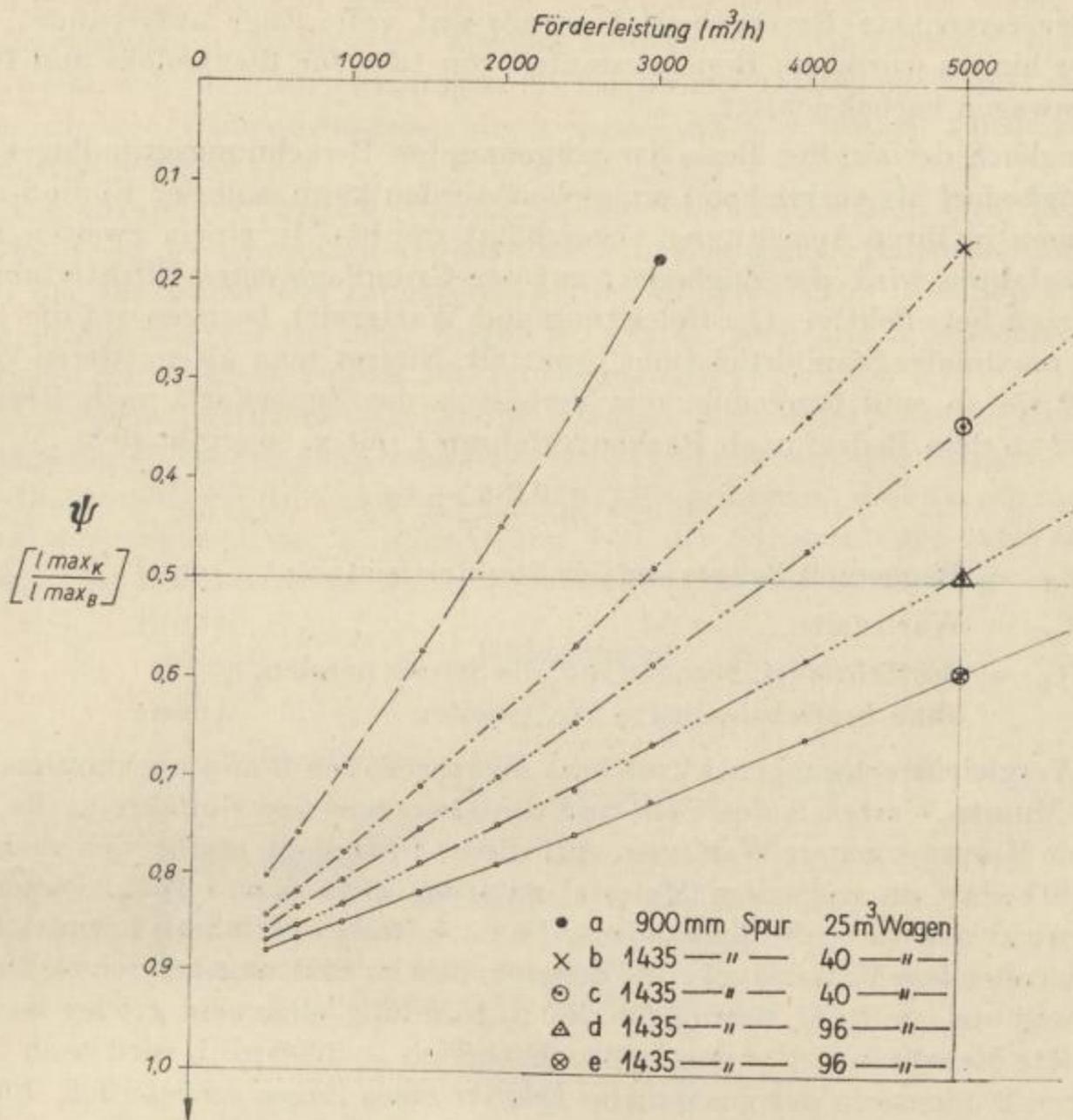


Abb. 12. Das Verhältnis der Grenzstrossenlänge kippenseitig (eingleisig) zur Grenzstrossenlänge baggerseitig (zweingleisig)

In der vorliegenden Untersuchung wurde der Bedarf an rollendem Material, in Anlehnung an die Kapazitätsberechnungen („Begriffsbestimmungen für den Braunkohlenbergbau“), auf der Grundlage von Bestfahrspielen (Baggerzeit bei maximaler Standortleistung) ermittelt. Die Fahrwege wurden dabei jeweils bis Strossenende berücksichtigt. Betriebsbedingte Wartezeiten wurden nicht eingesetzt, weil ein Berechnungsverfahren nicht bekannt und die Ermittlung aus graphischen Fahrplänen zu aufwendig ist (Anlage 1, S. 86). Darüber hinaus ist darauf hinzuweisen, daß das rollende Material auf Grund seiner Auslegung im normalen Betriebsablauf immer Wartezeiten haben muß, während evtl. im Bestfahrspiel zu berücksichtigende betriebsbedingte Wartezeiten nur bei sehr ungünstigen Fahrspielen auftreten. Der errechnete Zugbedarf wurde jeweils auf volle Zugzahlen aufgerundet, um bereits damit eine gewisse zusätzliche Reserve zu schaffen.

Um die Ungleichförmigkeiten zwischen Bagger-, Zug- und Kippenbetrieb ausgleichen zu können, wurden 10% Reserve an rollendem Material vorgesehen, wobei

auch der errechnete Reservebedarf jeweils auf volle Züge aufgerundet wurde. Darüber hinaus wurde ein Reparaturanteil von 12% für Elektroloks und 10% für Abraumwagen berücksichtigt.

Wenngleich der auf der Basis der vorgenannten Berechnungsgrundlagen ermittelte Zugbedarf als ausreichend angesehen werden kann, soll der Einfluß anderer Annahmen in ihrer Auswirkung abgeschätzt werden. In einem zweiten Berechnungsverfahren wird der Zugbedarf auf der Grundlage eines Effektivfahrspieles (Baggerzeit bei effektiver Geräteleistung und Wartezeit), bezogen auf die Baggerzeit bei maximaler Standortleistung, ermittelt. Nimmt man als mittleren Wert für $Q \cong 1,2 Q_e$ an und bezeichnet das Verhältnis des Zugbedarfs nach Rechenverfahren 2 zu dem Bedarf nach Rechenverfahren 1 mit x , so ergibt sich

$$x = 1 + \frac{0,2 t_B + t_W}{T_b}$$

t_B = Baggerzeit bei maximaler Standortleistung [min]

t_W = Wartezeit [min]

T_b = Bestfahrspiel, bezogen auf die Strossenenden, ohne betriebsbedingte Wartezeiten [min]

Für Vergleichsrechnungen wurde eine Wartezeit von 3 min angenommen, d. h. je eine Minute Wartezeit des Voll- und des Leerzuges vor Einfahrt in die Strosse und eine Minute sonstige Wartezeit. Auf dieser Grundlage ergibt sich rechnerisch ein Mehrbedarf an rollendem Material zwischen etwa 5 und 15%. Dieser Mehrbedarf wirkt sich durch die Aufrundung des nach Rechenverfahren 1 ermittelten Bedarfs an rollendem Material auf volle Zugeinheiten im Leistungsbereich bis 2000 m³/h nur wenig aus, weil der Betrag für die Aufrundung allgemein größer ist als der errechnete Mehrbedarf. Für den Leistungsbereich ≥ 3000 m³/h wird nach Rechenverfahren 2 allgemein der zusätzliche Einsatz eines Zuges erforderlich. Für einen Zug wurde die Erhöhung der spezifischen Vergleichs-Transportkosten und der Anlagekosten sowie der Mehrbedarf an Arbeitskräften errechnet und zu den nach Rechenverfahren 1 ermittelten Werten ins Verhältnis gesetzt.

Es ergeben sich durch den Einsatz einer weiteren Zugeinheit folgende zusätzlichen Aufwendungen:

Tabelle 5

Förderlänge [km]	Strossenlänge [km]	Einbaggerbetrieb 500—2000 m ³ /h			Ein- bzw. Zweibaggerbetr. 3000—7500 m ³ /h		
		spezif. Vergl.-Transportkosten [%]	Anlagekosten [%]	Arbeitskräfte [%]	spezif. Vergl.-Transportkosten [%]	Anlagekosten [%]	Arbeitskräfte [%]
2,8	1,5	18—11	25—16	14—9	(14)11—6	18—7	11—4
4,8	1,5—3	17—8	25—11	13—6	11—4	14—6	9—3
7,5	1,5—5	15—7	23—9	11—5	(10) 8—4	13—4	9—3

Die anteilmäßig größten Mehraufwendungen durch den Einsatz einer zusätzlichen Zuggarnitur entstehen bei kleinen Fördermengen und kurzen Transportwegen (wirkt sich für Förderleistungen bis 200 m³/h praktisch nicht aus, weil nach Rechenverfahren 1 im allgemeinen die gleiche Zugzahl ermittelt wurde wie nach Rechenverfahren 2).

Die Abgrenzung der Wirtschaftlichkeitsbereiche zwischen Zug- und Bandförderung erfolgt auf der Grundlage des nach Rechenverfahren 1 ermittelten Zugbedarfes. Bei der Diskussion der Ergebnisse werden in den Fällen, in denen sich nach Rechenverfahren 2 ein erhöhter Zugbedarf ergibt, auch die möglichen Kosten erhöhungen durch Einsatz eines zusätzlichen Zuges berücksichtigt.

Die Anlagekosten für die Transportvarianten bei Zugförderung sind auf der Grundlage der Preisbasis 1958 ermittelt worden (Berechnungsgrundlagen Anlage 1, S. 87). Die graphische Auswertung (Abb. 13) läßt erkennen, daß die Anlagekosten bei Zugförderung mit der Förderleistung und der Strossenlänge (vor allem im Zweibaggerbetrieb) stark ansteigen, während sie mit der Förderlänge nur wenig

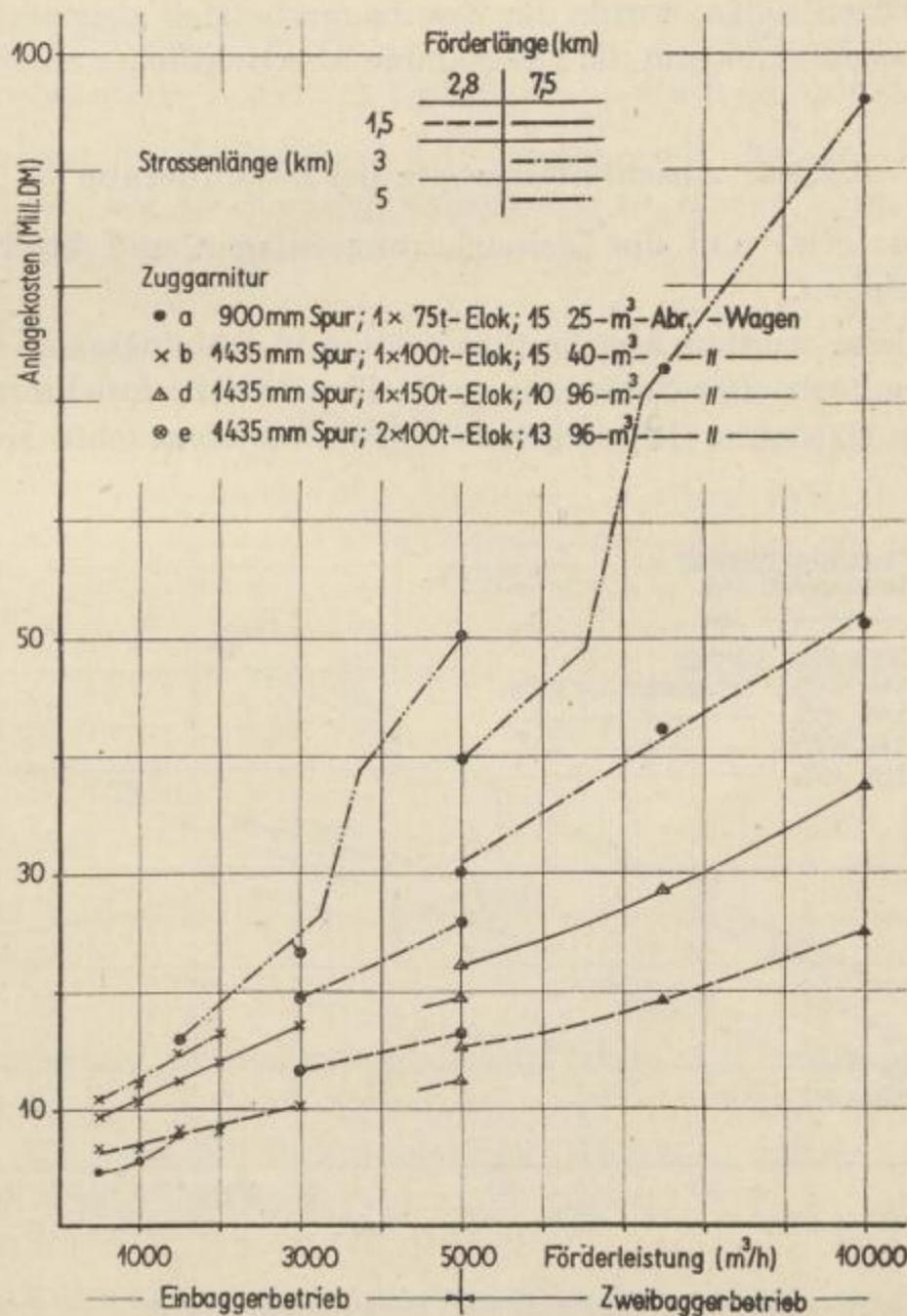


Abb. 13. Anlagekosten bei Zugförderung

anwachsen. Von den eingesetzten Zuggarnituren sind die Anlagekosten nur in geringem Maße abhängig, weil die Zuggarnituren immer nur bis zu dem Leistungsbereich untersucht wurden, bei dem noch eine durchgehende Zugförderung vom Bagger zum Absetzer möglich ist und auf der Baggerstrosse die Grenzstrossenlänge bei drei Zufahrtsgleisen noch nicht überschritten wird. Um die größten Leistungen ($> 4000 \text{ m}^3/\text{h}$ im Einbaggerbetrieb und $> 7000 \text{ m}^3/\text{h}$ im Zweibaggerbetrieb) bei 4 und 5 km Strossenlänge im Zugbetrieb überhaupt noch abfordern zu können, wurde auf der Baggerstrosse ein viertes Beladegleis erforderlich, und auf der Kippenstrosse mußte Bandförderung eingerichtet werden. Die Kurven der Zuggarnituren weisen daher unter den genannten Voraussetzungen Sprünge auf (Abb. 13, oberster Linienzug). Im folgenden treten auch bei anderen Kostenpositionen die hier besprochenen Zusammenhänge in Erscheinung, ohne daß bei jeder Abbildung gesondert darauf verwiesen wird.

Die Kosten im Zweibaggerbetrieb wurden zwar ab $3000 \text{ m}^3/\text{h}$ Förderleistung ermittelt; in den Abbildungen, in denen nur die Abhängigkeiten der Einzelpositionen gezeigt werden sollen, wurde der Zweibaggerbetrieb aber erst ab $5000 \text{ m}^3/\text{h}$ Förderleistung ausgewertet, um die Diagramme übersichtlicher zu gestalten.

3.2.1.2. Abschreibungssatz bei Zugförderung

Das rollende Material und die Gleissicherungsanlagen und Stellwerke wurden mit 6% abgeschrieben.

Für die Fahrgleise wurden Abschreibungssätze in Abhängigkeit von der Fahrgleisbelastung ermittelt. Der Schienenverschleiß wurde in Anlehnung an die Veröffentlichung von GÄRTNER [12] errechnet. Nicht veröffentlichte Erhebungen der

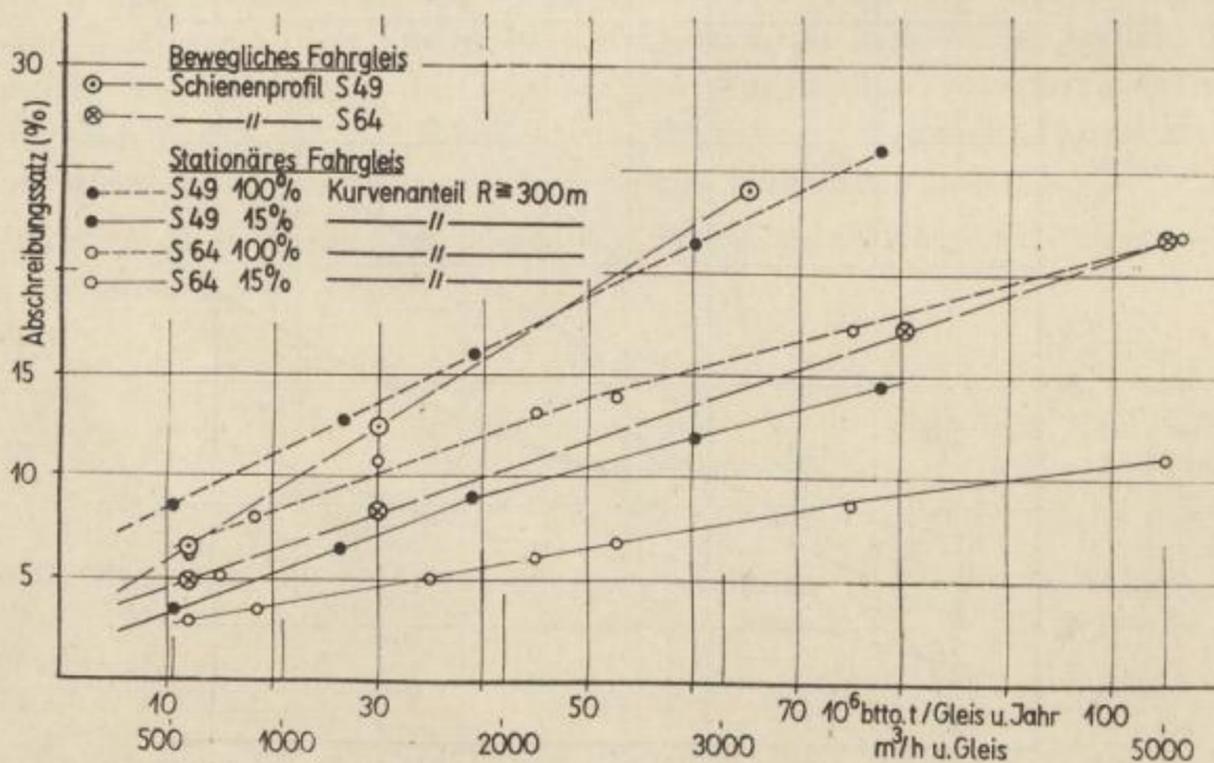


Abb. 14. Abschreibungssatz der Fahrgleise. Berücksichtigung der Lebensdauer der Schwellen, des Schienenverschleißes und der Generalreparaturkosten

HV-Braunkohle aus dem Jahre 1953 über die Lebensdauer der Fahrgleisschwellen konnten für den genannten Zweck ausgewertet werden.⁵

Für imprägnierte Kiefernholz-Schwellen wird mit folgender Gebrauchsdauer gerechnet (Anlage 1, S. 88):

in beweglichen Gleisen zwischen 3,5 und 7,5 Jahren, in stationären, geschotterten Gleisen zwischen 7 und 12 Jahren.

In Abb. 14 wurden die errechneten Abschreibungssätze für bewegliche und stationäre Fahrgleise mit dem Schienenprofil S 49 und S 64 in Abhängigkeit von der Fahrgleisbelastung aufgetragen. Die Kurvenzüge sind etwa Geraden und umfassen einen Bereich von ca. 4 bis 25%. Der Abschreibungssatz für die Fahrgleise läßt sich ausreichend genau formelmäßig erfassen, er ergibt sich zu

$$S \cong m \cdot B + b (\%) \quad \text{für } B > 10 \cdot 10^6 \quad [\text{btto.t/Fahrgleis und Jahr}].$$

$$S = \text{Abschreibungssatz} \quad [\%]$$

$$B = \text{Fahrgleisbelastung} \quad \left[\frac{10^6 \text{ btto.t}}{\text{Fahrgl.} \times \text{Jahr}} \right]$$

$$b = \text{Konstante} = f (\text{Art des Fahrgleises} - \text{stationär oder beweglich})$$

$$m = \text{Anstieg der Geraden} = f (\text{Schienenprofil, Art des Fahrgleises und Anteil der bei stationären Fahrgleisen in Kurve vorgelegten Strecke})$$

(Tabelle 6)

Tabelle 6

Fahrgleis	Werte für b und m							
	beweglich		stationär					
	b	m	100% ¹⁾		33% ¹⁾		15% ¹⁾	
b			m	b	m	b	m	
S 49	2,5	0,35	5,05	0,258	2	0,18	2	0,167
S 64		0,186		0,157		0,104		0,088

¹⁾ Prozentualer Anteil der Kurvenstrecke ($r \sim 300 \text{ m}$) an der stationären Fahrgleislänge.

Für die Zugförderung insgesamt ergeben sich somit Abschreibungssätze zwischen etwa 4,5 und 7%, die im Leistungsbereich oberhalb $3000 \text{ m}^3/\text{h}$ nur noch wenig ansteigen (Abb. 15), weil mit wachsender Förderleistung der Anteil des rollenden Materials an den Gesamt-Anlagekosten stark ansteigt.

⁵ Herr Prof. Dr. Matschak stellte mir das Zahlenmaterial zur Verfügung; ich bin ihm dafür zu besonderem Dank verpflichtet.

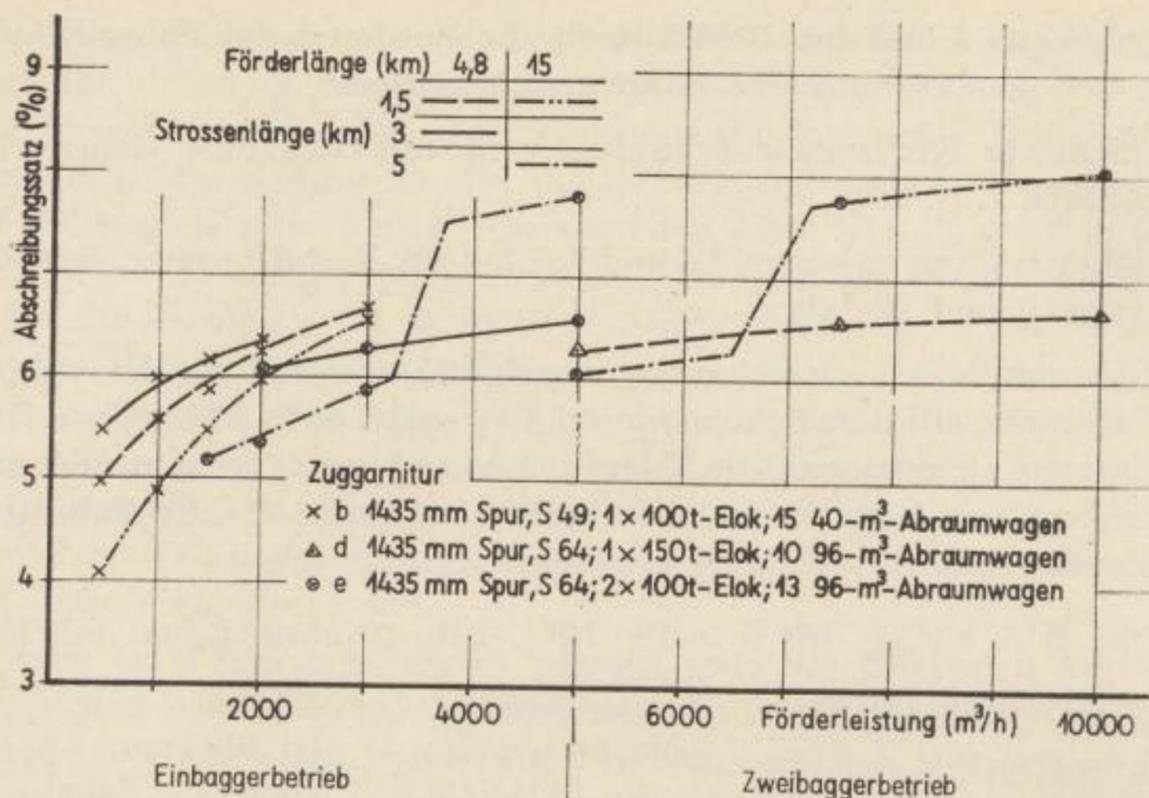


Abb. 15. Abschreibungssatz bei Zugförderung

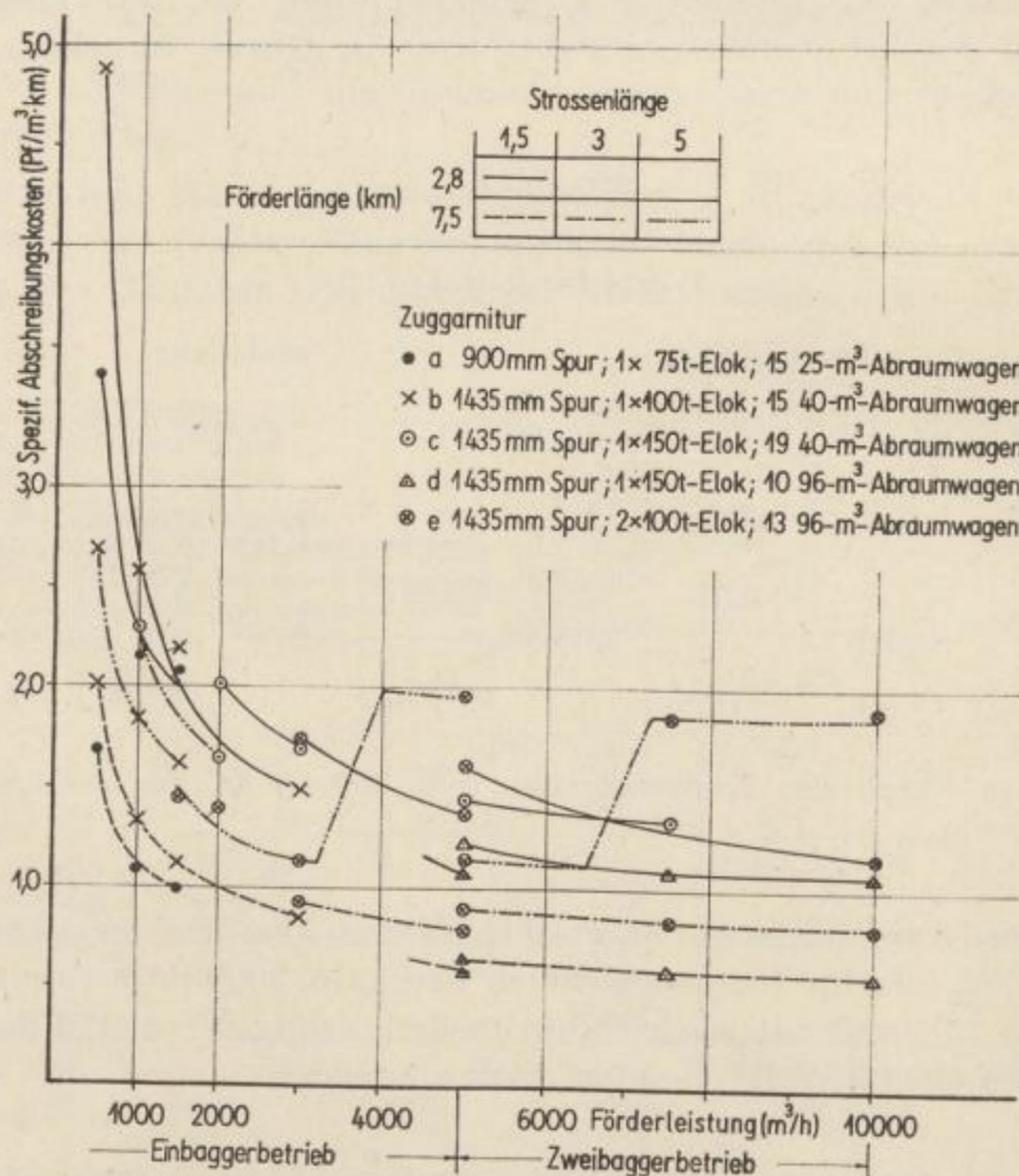


Abb. 16. Spezifische Abschreibungskosten bei Zugförderung

3.2.1.3. Spezifische Abschreibungskosten bei Zugförderung

Auf der Grundlage der errechneten Anlagekosten und des ermittelten Abschreibungssatzes wurden die Abschreibungskosten in absoluten Beträgen und, besonders bezogen auf die Transportleistung, in $\text{Pf/m}^3 \cdot \text{km}$ bestimmt. Die graphische Auswertung der spezifischen Abschreibungskosten läßt erkennen, daß diese mit wachsender Leistung zunächst sehr stark fallen und im Leistungsbereich oberhalb $3000 \text{ m}^3/\text{h}$ dann annähernd konstant bleiben (Abb. 16). Bei $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ Förderleistung liegen die spezifischen Abschreibungskosten im Bereich von etwa $0,8$ bis $2,6 \text{ Pf/m}^3 \cdot \text{km}$, und bei $5000 \text{ m}^3/\text{h}$ liegen sie ungefähr zwischen $0,4$ und $1,6 \text{ Pf/m}^3 \cdot \text{km}$. Der große Streubereich der Werte läßt erkennen, daß die Förder- und die Strossenlänge und auch die Zuggarnitur einen erheblichen Einfluß auf die Höhe der spezifischen Abschreibungskosten ausüben.

3.2.2. Anlage- und Abschreibungskosten, Abschreibungssatz bei Bandförderung

Über die Anlage- und Abschreibungskosten und den anzuwendenden Abschreibungssatz sind in der Literatur nur einige Einzelangaben vorhanden, die zumeist nicht auf gesicherten Grundlagen aufgebaut sind.

Nach FLEISCHER [10] steigen die spezifischen Anlagekosten mit wachsender Gurtbreite stark an, und zwar bei einem Achsabstand der Bandstraße von 500 m und einer Gurtgeschwindigkeit von 5 m/s , von ca. $2,3 \text{ TDM/m}$ bei 1000 mm Gurtbreite auf ca. $3,9 \text{ TDM/m}$ bei 2000 mm Gurtbreite und ca. $5,8 \text{ TDM/m}$ bei 2500 mm Breite. Er legte seinen Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen Abschreibungssätze von 20% für den Fördergurt, 10% für die Tragrollensätze und 6% für die übrige Konstruktion zugrunde.

Die Abschreibungskosten besitzen bei Bandförderung große Wichtigkeit, daher erschien es notwendig, die im allgemeinen nur auf Schätzungen aufgebauten Angaben von FLEISCHER zu überprüfen und für Achsabstände von 750 und 1000 m zu ergänzen.

3.2.2.1. Ermittlung der spezifischen Anlagekosten, des Abschreibungssatzes und der spezifischen Abschreibungskosten für Bandstraßen mit $0,5$ bis $1,0 \text{ km}$ Achsabstand bei unterschiedlichen Einsatzbedingungen

Die Berechnungsgrundlagen für Gurtförderer sind in Anlage 1, Seite 88 ff, zusammengestellt, wobei die Ermittlung der Förderleistung, der Antriebsleistung und der erforderlichen Einlagenzahl auf DIN 22 101 basiert.

Aus Angaben von Projektierungsbüros und Maschinenbaubetrieben und den Unterlagen über bereits gebaute Bandstraßen wurden allgemeine Kennziffern erarbeitet. Untersucht werden zunächst die Kennziffern für Bandstraßen mit 750 m Achsabstand.

In Abb. 17 ist die Zunahme der spezifischen Masse mit wachsender Gurtbreite zu erkennen. Die spezifische Masse wächst von knapp 500 kg/lfm bei 1000 mm Breite

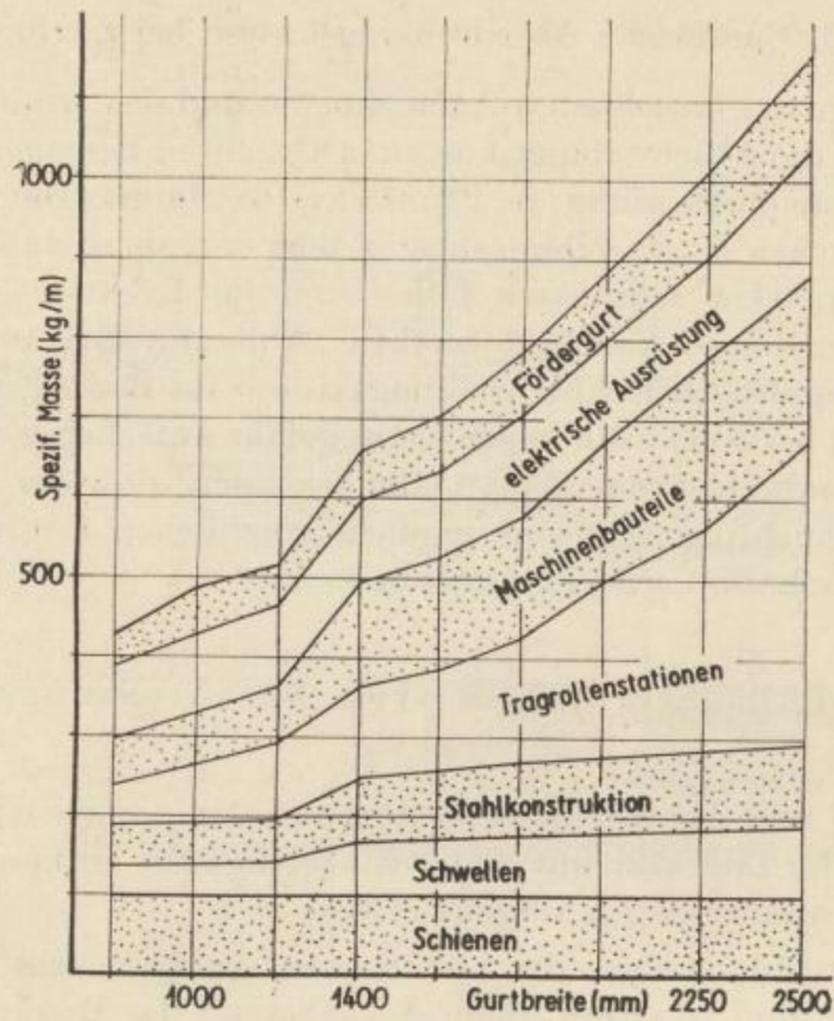


Abb. 17. Spezifische Masse rückbarer Bandstraßen (750 m Achsabstand).

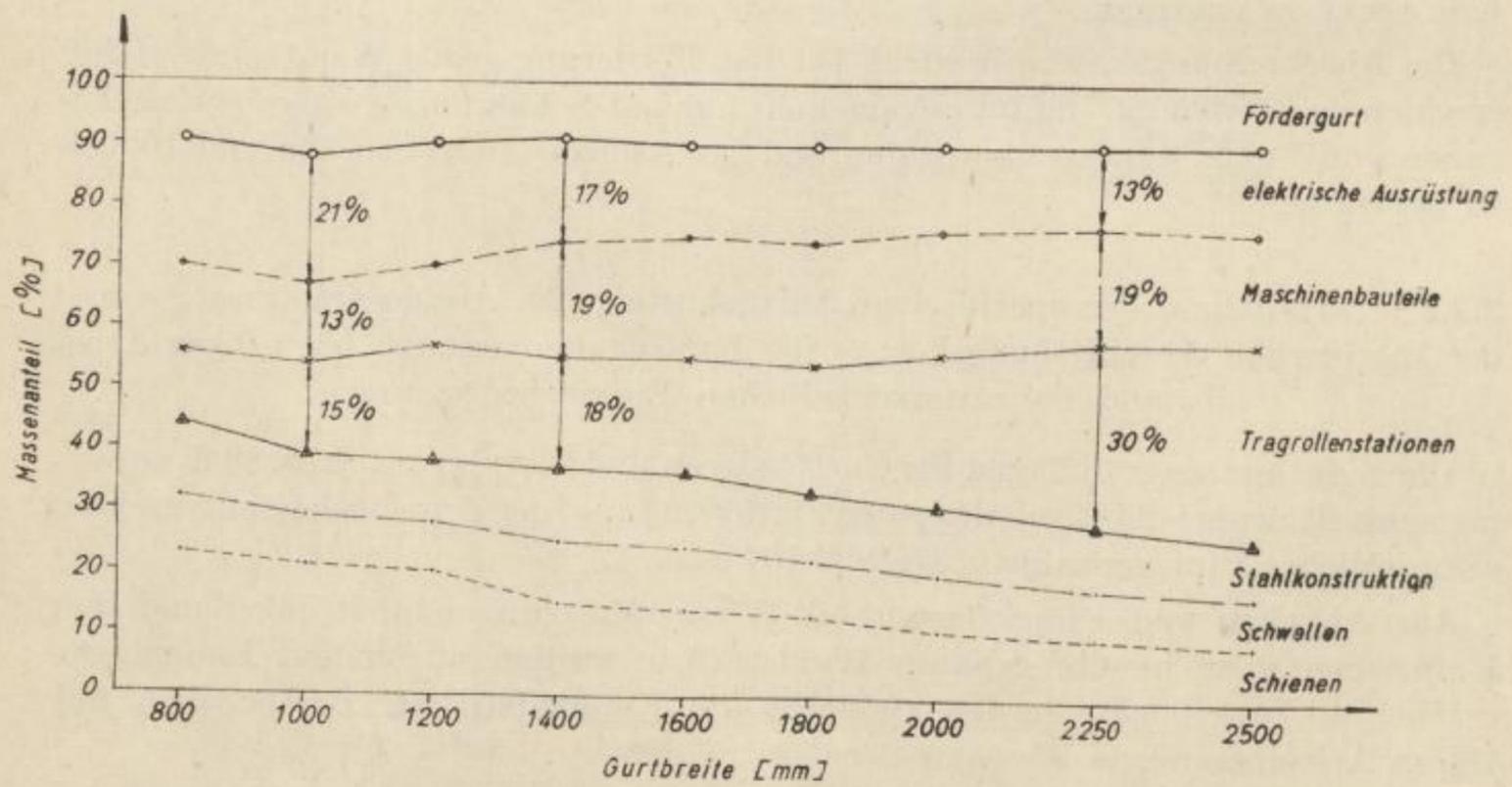


Abb. 18. Anteil der Elemente der Bandstraße an der spezifischen Masse

auf ca. 1150 kg/lfm bei 2500 mm Gurtbreite. Die aufgeführten Werte wurden für Bandstraßen mit 750 m Achsabstand zusammengestellt; bei kleinerem Achsabstand steigt die spezifische Masse.

Abb. 18 zeigt die Veränderung des Massenanteils der Elemente der Bandstraße an der Gesamtmasse.

Die Masseanteile verändern sich mit wachsender Gurtbreite wie folgt:

Der Fördergurt hat einen konstanten Anteil von ca. 10%, der Anteil der Tragrollenstationen steigt von 15 auf über 30% und der der Maschinenbauteile von 13 auf 19%, während der Anteil der elektrischen Ausrüstung von 21 auf 13% und der der Stahlkonstruktion einschließlich der Schienen und Schwellen von etwa 40 auf 25% abnimmt.

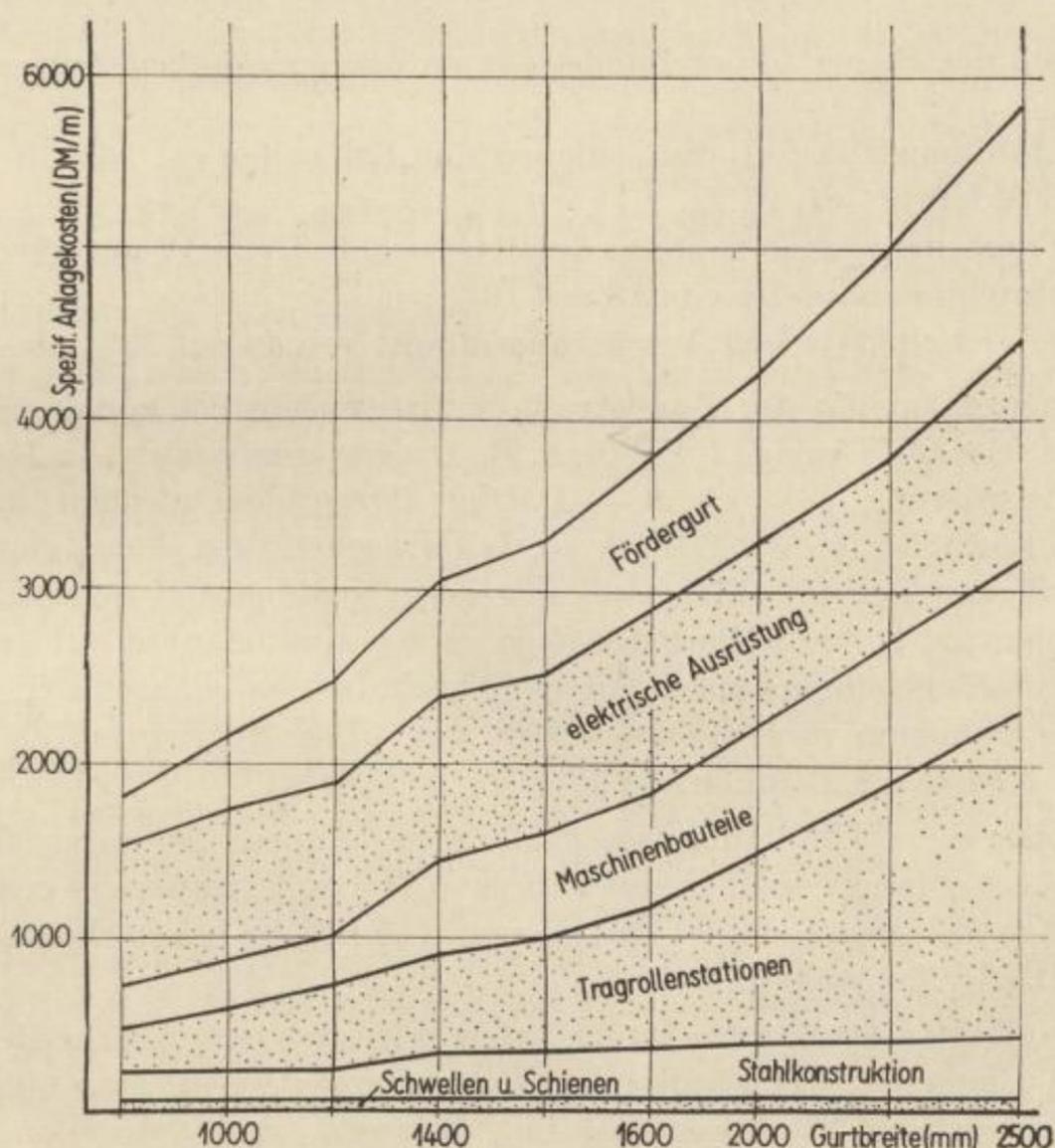


Abb. 19. Spezifische Anlagekosten rückbarer Bandstraßen (750 m Achsabstand)

Die spezifischen Anlagekosten (Abb. 19) steigen von ca. 2,2 TDM/lfm bei 1000 mm Breite auf knapp 6,0 TDM/lfm bei 2500 mm Breite.

Der Kostenanteil der Elemente der Bandstraße an den Gesamtkosten ist von erheblichem Interesse. Er ist daher in Abb. 20 in Abhängigkeit von der Gurtbreite dargestellt. Die Kostenanteile betragen

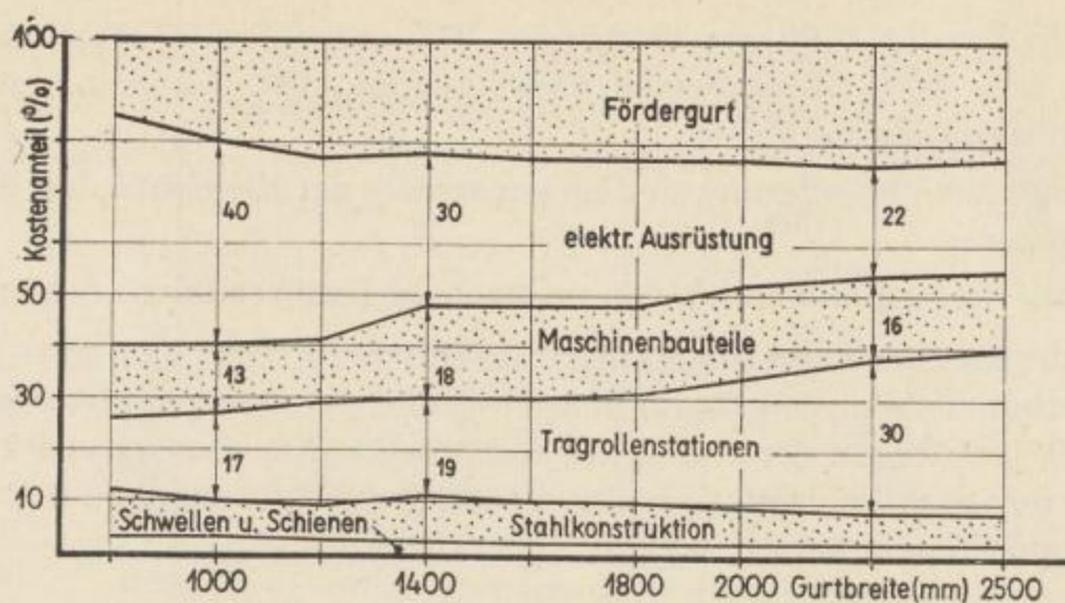


Abb. 20. Anteil der Elemente der Bandstraße an den spezifischen Anlagekosten

für die Stahlkonstruktion, die Schienen und Schwellen ca. 10%,
 für den Fördergurt ca. 23%,
 für die Tragrollenstationen steigt der Kostenanteil von 17 auf 32% und
 für die Maschinenbauteile von 13 auf 16%;
 der Anteil der elektrischen Ausrüstung nimmt von 40 auf 22% ab.

Die einzelnen Elemente der Bandstraße weisen wesentlich voneinander abweichende Kilo-Preise auf (Anlage 1, S. 90), z. B. Dederongurte mehr als 11,— DM/kg, elektrische Ausrüstung 8,— bis 9,— DM/kg, Tragrollenstationen 5,— DM/kg und die Stahlkonstruktion 3,2 DM/kg, so daß zwischen dem Anteil der Elemente der Bandstraße an der Gesamtmasse und dem Kostenanteil erhebliche Unterschiede bestehen; z. B. vergrößert der Gurt seinen Kostenanteil auf mehr als das Doppelte gegenüber seinem Anteil an der Gesamtmasse, während die Stahlkonstruktion, die Schienen und die Schwellen von über 30% Anteil an der Masse auf ca. 10% Kostenanteil fallen.

Aus den bisherigen Untersuchungsergebnissen können die durchschnittlichen Kosten der Masseneinheit einer Bandstraße von 750 m Achsabstand ermittelt werden. Die Kosten der Masseneinheit steigen von 4,40 DM/kg bei 1000 mm Gurtbreite auf ca. 5,10 DM/kg bei 2500 mm Breite.

Der Abschreibungssatz für die Bandstraßen wird aus den Abschreibungssätzen der einzelnen Elemente, wie Fördergurt, Tragrollenstationen, Maschinenbauteile, elektrische Ausrüstung, Stahlkonstruktion, Schienen und Schwellen, ermittelt.

Zur Bestimmung des Abschreibungssatzes für Bandstraßen war es zunächst besonders wichtig, den Abschreibungssatz der Fördergurte festzulegen. Als Grundlage dienten hierzu die Untersuchungen der Bandstraßen der Abraumförderbrücken und der Schrägbandanlage Müheln. Die vorgenannten Unterlagen beziehen sich im wesentlichen auf Bandstraßen mit einem Achsabstand bis 200 m und nur einigen Einzelangaben bei 250 m. Brauchbare Werte über den Verschleiß der Gurte der Versuchsstrossenbandanlage Müheln, mit Bandstraßen von 750 m Achsabstand, liegen zur Zeit noch nicht vor. Die erforderliche Extrapolation der spezifischen

Gurtleistung der Gurte der Abraumförderbrücken (Abb. 4) auf Bandstraßen mit 500 bis 1000 m Achsabstand kann nur durch Angaben über die Bandanlagen der Bayrischen Braunkohle-Industrie AG, Schwandorf, gestützt werden. SCHARF [32] gibt für den Gurt Nr. 54, Gurtbreite 1000 mm, 6 B 110/80 bei einem Achsabstand der Bandstraße von 450 m einen Normalverschleiß von 1,5 mm Gummi je $10^3 \text{ m}^3/\text{m}^2$ Gurtfläche an. Bei einer Gummideckplatte von 6 mm könnte dieser Gurt eine spezifische Leistung von ca. $40 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{m}^2$ Gurtfläche erreichen.

Der Berechnung des Abschreibungssatzes für die Gurte liegt die Annahme zugrunde, daß die spezifische Gurtleistung der Lausitzer Förderbrücken bei einem Achsabstand von 200 m (Abb. 4) als konstant angesehen und auf den Bereich bis 1000 m Achsabstand extrapoliert wird (für Achsabstände < 100 m nicht zulässig). Wenngleich die Angaben von SCHARF einen gewissen Schluß auf die Zulässigkeit der Extrapolation bis 500 m Achsabstand zulassen, darf doch nicht übersehen werden, daß für große Gurtbreiten und insbesondere bei Achsabständen über 500 bis 1000 m eine gewisse Abnahme der spezifischen Gurtleistung (durch den sich summierenden Verschleiß an den Tragrollen und sonstigen zusätzlichen Beanspruchungen) möglich ist. Um die hier aufgezeigten Unsicherheiten und den zusätzlichen Verschleiß der Gurte auf rückbaren Bandstraßen zu berücksichtigen, wurden folgende Rechenannahmen gemacht:

1. Von den spezifischen Gurtleistungen der Lausitzer Förderbrücken bei 200 m Achsabstand werden 15 bis 30% abgesetzt, bei ungünstigen Einsatzbedingungen (Steineinlagerungen) 30 bis 50% (siehe Anlage 1, S. 91).
2. Die Gurte werden bei einmaliger Auflage abgeschrieben, obwohl durch eine rechtzeitig durchgeführte Generalreparatur allgemein eine Senkung des Abschreibungssatzes möglich erscheint.

Unter Berücksichtigung der vorgenannten Gesichtspunkte wurde aus Abb. 4 eine Tabelle der spezifischen Gurtleistungen abgeleitet (Anlage 1, S. 91). Die Abschreibungskosten der Fördergurte für die Transportvarianten wurden auf dieser Grundlage ermittelt. Für einen Gurt mit 1000 mm BB, 6 B 100, auf einer rückbaren Bandstraße ergibt sich eine spezifische Gurtleistung von $28 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{m}^2$, was im Vergleich mit den Schwandorfer Angaben von ca. $40 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{m}^2$ als durchaus real angesehen werden kann. Darüber hinaus ist die Unsicherheit bei der Ermittlung der Abschreibungskosten für Gurte auf Bandstraßen mit großen Achsabständen nicht von zu großem Einfluß, denn die Abschreibungskosten des Gurtes betragen nur ca. 10% der spezifischen Vergleichs-Transportkosten bei Bandförderung.

In diesem Zusammenhang sei noch kurz auf die Ableitung einer Formel zur Errechnung des Abschreibungssatzes für Fördergurte stationärer Bandstraßen eingegangen. Setzt man die spezifische Gurtleistung der Lausitzer Förderbrücken bei einem Achsabstand von 200 m konstant an (für Achsabstände < 100 m nicht zulässig — Abb. 4), so läßt sich mit dieser Voraussetzung die absolute Gurtleistung errechnen. Graphisch dargestellt entstehen Geraden, die sich im Nullpunkt schneiden (Abb. 21). Es ist damit zu rechnen, daß sich der Anstieg der Kurven im Bereich großer Achsabstände (≥ 500 m) allmählich etwas verringert. Über die Größe dieser

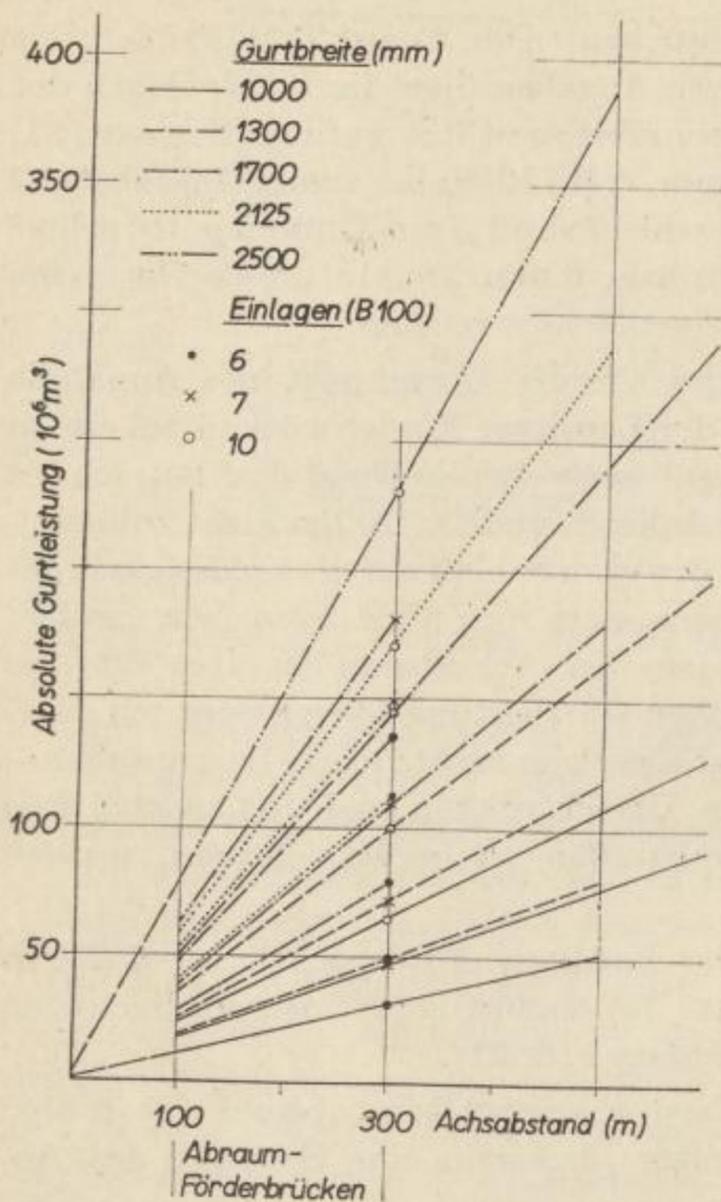


Abb. 21. Absolute Förderleistung der Baumwollgurte stationärer Bandstraßen (theoretisch), 100 bis 500 m Achsabstand

möglichen Abweichung können aber zur Zeit noch keine Aussagen gemacht werden. Daher wird zunächst unterstellt, daß die absolute Förderleistung eines Gurtes — auch im Bereich großer Achsabstände — linear ansteigt. Aus Abb. 21 ergibt sich die absolute Förderleistung eines Gurtes zu

$$Q_{\text{abs}} \cong m \cdot L \quad [10^6 \text{m}^3]$$

L = Achsabstand der Bandstraße [m]

m = Anstieg der Geraden in Abb. 21.

Die Steigungen der Geraden wurden bestimmt und in Abb. 22 in Abhängigkeit von der Gurtbreite aufgetragen. Aus Abb. 22 läßt sich der Anstieg „ m “ in seiner funktionellen Abhängigkeit bestimmen.

$$m = m_E \cdot B - 0,17 \quad \text{und} \quad Q_{\text{abs}} \cong (m_E \cdot B - 0,17) \cdot L$$

B = Gurtbreite [m]

m_E = Anstieg der Geraden in Abb. 22

$m_E = f$ (Einlagenzahl)

Einlagen [Stck.]	6*	7*	8	9	10	* und eine Panzerlage
m_E	$\cong 0,25$	$0,31$	$0,35$	$0,37$	$0,38$	

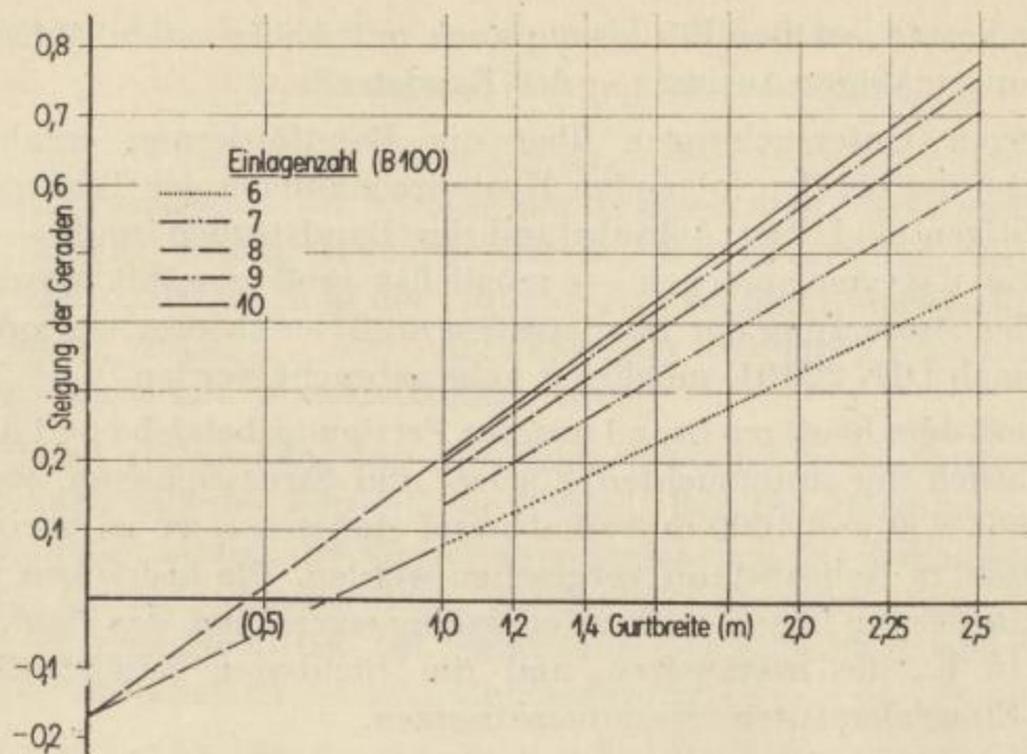


Abb. 22. Steigung der Geraden „absolute Gurtleistung in Abhängigkeit vom Achsabstand“

Der Abschreibungssatz für Gurte stationärer Bandstraßen kann damit nach folgender Beziehung bestimmt werden:

$$S = \frac{Q_j [10^6 \text{m}^3/\text{a}]}{Q_{\text{abs.}} [10^6 \text{m}^3]} \cdot 100 = \frac{Q_j \cdot 100}{L \cdot (m_E \cdot B - 0,17)} \quad [\%]$$

S	= Abschreibungssatz	[%]
Q_j	= Jahresleistung der Bandstraße	[10^6m^3]
$Q_{\text{abs.}}$	= absolute Förderleistung des Gurtes	[$10^6 \text{m}^3/\text{a}$]
L	= Achsabstand der Bandstraße	[m]
B	= Gurtbreite	[m]
m_E	= f (Einlagenzahl)	

Für den Bereich großer Achsabstände (≥ 500 m) stellen die errechneten Werte durch die Praxis noch nicht gesicherte Extrapolationen dar. Der wirkliche Abschreibungssatz wird für Gurte auf Bandstraßen mit einem Achsabstand ≥ 500 m etwas höher liegen als errechnet. Die Rechenwerte sind für diesen Bereich nur als grobe Richtwerte zu betrachten.

Die für die übrigen Teile der Bandstraße angesetzten Abschreibungssätze sind in Anlage I, Seite 91, zusammengestellt.

Untersuchungen erbrachten den Nachweis, daß der Abschreibungssatz mit wachsender Gurtbreite eine steigende Tendenz besitzt. Er liegt bei 750 m Achsabstand bei stationären Bandstraßen zwischen 7 und reichlich 10% und bei rückbaren Anlagen zwischen 9 und 13%. Die spezifischen Abschreibungskosten aber nehmen mit wachsender Gurtbreite trotz steigender Anlagekosten und gleichzeitig steigenden Abschreibungssatzes ab. Außerdem verringern sich die spezifischen

Abschreibungskosten bei Bandförderung auch mit wachsendem Achsabstand und besserer leistungsmäßiger Auslastung der Bandstraße.

Die bisherigen Untersuchungen über die Bandförderung ergaben wichtige Gesichtspunkte, die bei den folgenden Kostenrechnungen der Transportvarianten zu berücksichtigen sind. Der Achsabstand der Bandstraßen muß — wenn nicht andere Gründe dagegen sprechen — möglichst groß gewählt werden, und die leistungsmäßige Auslastung der Bandstraßen muß der theoretisch möglichen Förderleistung (nach DIN 22101) möglichst nahe gebracht werden.

Entsprechend dem heutigen Stand unserer Fertigungsbetriebe und den Erfordernissen hinsichtlich der untersuchten Förder- und Strossenlängen, werden Bandstraßen mit 500, 750 und 1000 m Achsabstand eingesetzt, wobei bevorzugt Bandstraßen mit 1000 m Achsabstand vorgesehen werden. Die bisherigen Erfahrungen mit der Bandförderung lassen es als zweckmäßig erscheinen, das Baukastenprinzip anzuwenden, d. h., die stationären und die rückbaren Bandstraßen aus austauschbaren Einzelementen zusammenzusetzen.

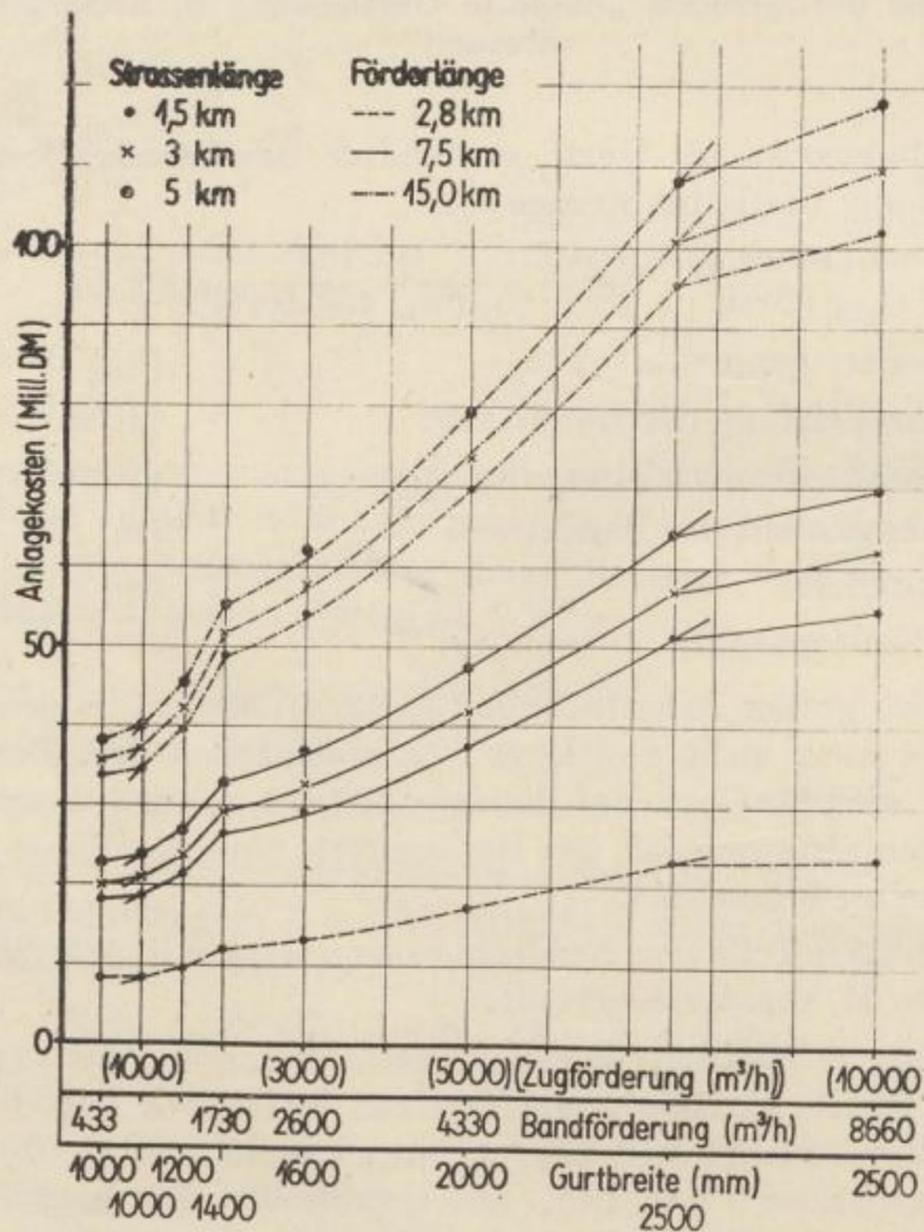


Abb. 23. Anlagekosten bei Bandförderung

3.2.2.2. Anlagekosten, Abschreibungssatz und spezifische Abschreibungskosten bei Bandförderung (Transportvarianten)

Aufbauend auf den bisherigen Untersuchungsergebnissen über Bandstraßen mit unterschiedlichem Achsabstand, wurden die Anlagekosten, der Abschreibungssatz und die spezifischen Abschreibungskosten bei Bandförderung mit $\eta_{Lmax} = 0,7$ bzw. 0.9 ermittelt. Zur Klärung der Abhängigkeiten der Einzelpositionen werden nur die Ergebnisse mit $\eta_{Lmax} = 0,7$ herangezogen (das gilt auch für die später zu behandelnden Lohn- und Materialkosten usw.).

Aus Abb. 23 ist zu ersehen, daß die Anlagekosten sehr stark mit der Förderleistung und auch mit der Förderlänge steigen. Bei Bandförderung gewinnt im Vergleich zur Zugförderung die Förderlänge wesentlich größeren Einfluß auf die Anlagekosten. Darüber hinaus läßt bereits ein oberflächlicher Vergleich der Abb. 13 und 23 erkennen, daß bei Bandförderung allgemein wesentlich höhere Anlagekosten erforderlich sind als bei Zugförderung.

In Abb. 24 ist der Abschreibungssatz bei Bandförderung in Abhängigkeit von der Förderleistung und damit auch in Abhängigkeit von der Gurtbreite dargestellt. Die Bandstraßen werden in zwei Rechenvarianten mit unterschiedlichen Abschreibungssätzen belastet. Bei normalen Einsatzbedingungen, d. h. bei überwiegend

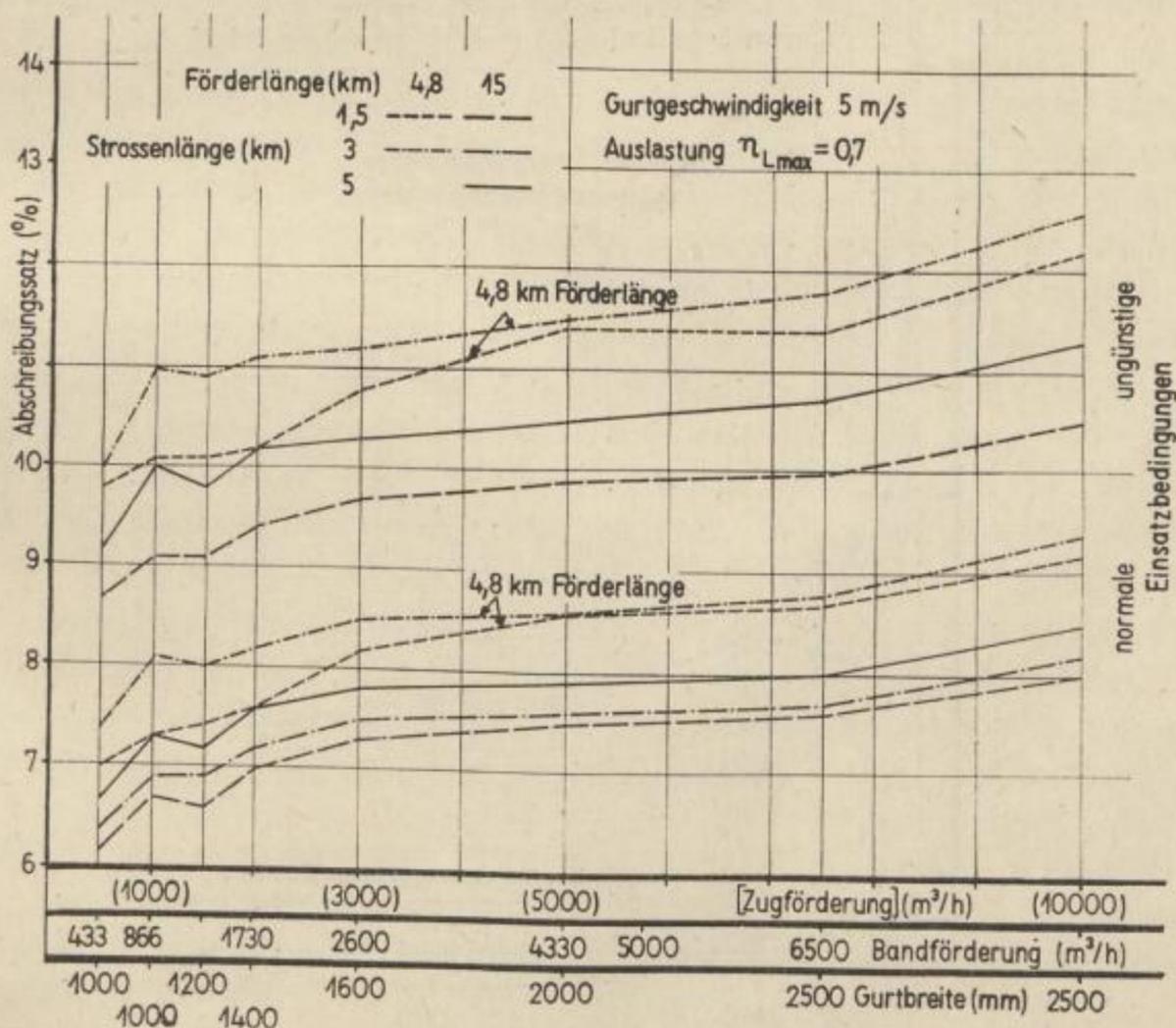


Abb. 24. Abschreibungssatz bei Bandförderung

nichtbindigem Material ohne Steineinlagerungen, schwankt der Abschreibungssatz zwischen etwa 6,5 und 10%, und bei ungünstigen Einsatzbedingungen — Steineinlagerungen größeren Umfanges, festem Geschiebemergel usw. — liegt der Abschreibungssatz zwischen 9 und 13%. Allgemein ergibt sich ein Anstieg des Abschreibungssatzes mit wachsender Förderleistung und mit größerer Strossenlänge, während eine Vergrößerung der Förderlänge bei gleichbleibender Strossenlänge ein Absinken des Abschreibungssatzes zur Folge hat.

Wie aus Abb. 25 ersichtlich ist, nehmen die spezifischen Abschreibungskosten mit wachsender Förderleistung stark ab (hyperbolisch). Im Vergleich zu den spezifischen Abschreibungskosten bei Zugförderung (Abb. 16) ist festzustellen, daß die Werte bei Bandförderung unter gleichen Bedingungen allgemein wesentlich höher liegen, daß aber die Kurven im Leistungsbereich oberhalb 3000 m³/h auch noch eine fallende Tendenz besitzen.

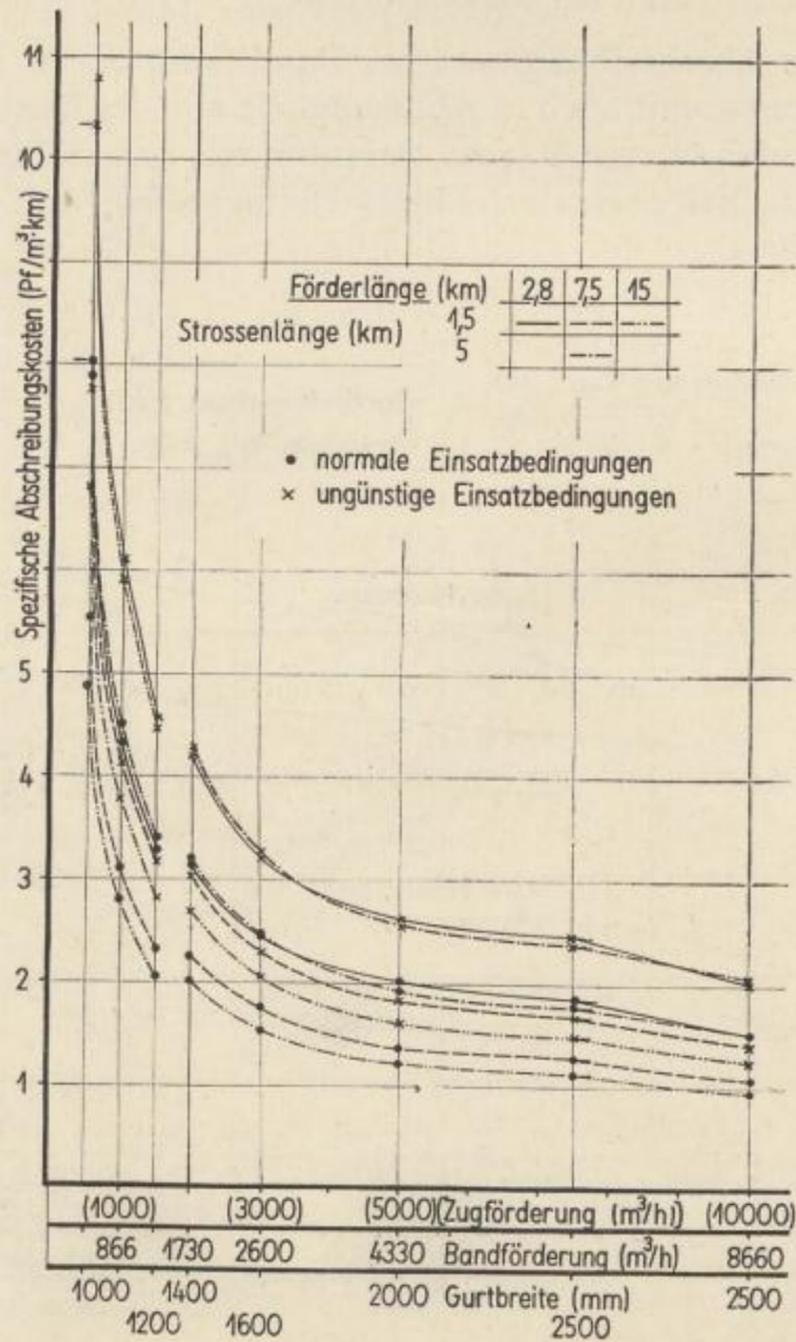


Abb. 25. Spezifische Abschreibungskosten bei Bandförderung

Allgemein ist noch darauf hinzuweisen, daß die Bandstraßen mit einer Gurtbreite von 1000 bis 2500 mm und 5 m/s Gurtgeschwindigkeit bei $\eta_{Lmax} = 0,7$ eingesetzt werden. Von dieser Norm wird nur in zwei Fällen abgewichen:

1. Bei 500 m³/h Förderleistung wird trotz der geringen Leistung ein Gurt mit 1000 mm Breite aufgelegt, die Gurtgeschwindigkeit wird dafür auf 3 m/s herabgesetzt,
2. bei 10000 m³/h Förderleistung wird die Gurtbreite von 2500 mm und die Gurtgeschwindigkeit mit 5 m/s beibehalten, dafür mußte bei dieser Förderleistung ein $\eta_{Lmax} = 0,9$ zugelassen werden.

Unstetigkeiten der Kurven bei den vorgenannten Leistungsstufen sind auf die angenommenen besonderen Betriebsbedingungen zurückzuführen.

3.3. Produktionsgrundarbeiter: Arbeitskräftebedarf, Arbeitsproduktivität (Form I) und spezifische Lohnkosten

3.3.1. Arbeitskräftebedarf, Arbeitsproduktivität (Form I) und spezifische Lohnkosten der Produktionsgrundarbeiter bei Zugförderung

Als Produktionsgrundarbeiter werden Elokfahrer, Stellwerkswärter, Kipper, Arbeitskräfte für die laufende Wartung der Wagen und die Arbeitskräfte für die laufende Fahrgleisunterhaltung bezeichnet.

Die Ermittlung der Arbeitskräfte für die laufende Fahrgleisunterhaltung gestaltet sich besonders schwierig, weil, bedingt durch örtliche Gegebenheiten, wie Qualität und Intensität der Arbeit, eingesetzte Hilfsgeräte usw., der Umfang der Gleiskolonnen unter sonst etwa gleichen Bedingungen von Betrieb zu Betrieb stark schwankt. MEISCHNER [42] hat zur Ermittlung des Arbeitskräftebedarfs beweglicher Gleisanlagen die Kennziffer „Gleisarbeiter je 1000 m² Gleisfläche“ formuliert.

Für die Fahrgleise der Schaufelradbagger im Bereich der VVB Braunkohle, Leipzig, gibt er einen Arbeitskräftebedarf von 1,78 bis 3,78 Mann/1000 m² Gleisfläche an. Es gelang nicht, eine Abhängigkeit der genannten Kennziffer von der Bodenart, der Fahrgleisbelastung oder anderen Faktoren nachzuweisen. Diese Zahlen konnten daher für die notwendigen Rechnungen nicht benutzt werden.

Da aus dem sonstigen Schrifttum ebenfalls keine geeigneten Kennziffern zur Verfügung stehen, mußten eigene Untersuchungen durchgeführt werden. Als Betriebsunterlagen konnten nur die Angaben über die Fahrgleise der Schaufelradbagger benutzt werden, weil in allen anderen Gleisrosten eine hinreichend genaue Trennung des Arbeitsaufwandes, z. B. für die Baggergleise und die Fahrgleise, nicht möglich war. Die aus den Betriebsunterlagen errechnete Kennziffer nach MEISCHNER war wenig aussagefähig. Es ist lediglich eine gewisse Abhängigkeit von der Bodenart zu erkennen. Mit wachsenden Anteilen an bindigem Material steigt die Kennziffer allgemein an.

Läßt man die Spurweite und die Schwellenlänge unberücksichtigt und errechnet lediglich den Arbeitskräftebedarf je Kilometer Fahrgleis, so zeigt sich, daß der

spezifische Arbeitskräftebedarf von der Bodenart, der Fahrgleisbelastung und der spezifischen Abraumleistung je Kilometer Strosse und Jahr abhängt. Für die Fahrgleise der Baggerstrosse wurde, bei überwiegend nichtbindigen Böden, folgende Beziehung aufgestellt:

$$A_b \cong (2,6 \cdot B + 3 \cdot L + 340) \cdot 10^{-2} \quad \left[\frac{\text{Mann}}{\text{Tag} \cdot \text{km Fahrgleis}} \right]$$

A_b = spezifischer Arbeitskräftebedarf der beweglichen Fahrgleise der Baggerstrosse $\left[\frac{\text{Mann}}{\text{Tag} \cdot \text{km Fahrgleis}} \right]$

B = Fahrgleisbelastung $\left[\frac{10^6 \text{ btto.t}}{\text{Fahrgleis} \cdot \text{Jahr}} \right]$

L = spezifische Abraumleistung $\left[\frac{10^6 \text{ m}^3}{\text{km Strosse} \cdot \text{Jahr}} \right]$

In einer zweiten Rechenvariante, bei Annahme überwiegend bindiger Böden im Planum, wurde mit dem 1,6fachen Arbeitskräftebedarf gerechnet. Die Arbeitskräfte für die Fahrgleise der Kippenstrosse wurden analog zur Baggerstrosse ermittelt; bei kurzer Zugfolgezeit werden noch zusätzlich Arbeitskräfte eingesetzt (Anlage 1, S. 92).

Für geschotterte, stationäre Fahrgleise wird der Arbeitskräftebedarf für die Fahrgleisunterhaltung in Abhängigkeit von der Fahrgleisbelastung nach folgender Beziehung ermittelt:

$$A_{st.} = 0,01 \cdot B + 0,7 \quad \left[\frac{\text{Mann}}{\text{Tag} \cdot \text{km Fahrgleis}} \right]$$

$A_{st.}$ = spezifischer Arbeitskräftebedarf für stationäres geschottertes Fahrgleis $\left[\frac{\text{Mann}}{\text{Tag} \cdot \text{km Fahrgleis}} \right]$

B = Fahrgleisbelastung $\left[\frac{10^6 \text{ btto.t.}}{\text{Fahrgleis} \cdot \text{Jahr}} \right]$

Die allgemeine Gültigkeit der benutzten Beziehungen konnte noch nicht nachgewiesen werden. Daher erscheint es dringend notwendig, durch spezielle Untersuchungen über die Fahrgleisunterhaltung die Angaben zu präzisieren.

Der Bedarf an Arbeitskräften für die übrigen bereits genannten Tätigkeiten wurde aus aufgestellten Stellenplänen (unter Berücksichtigung der Springer, Urlauber, Kranken usw.) ermittelt.

Die Arbeitsproduktivität (Form I) steigt mit wachsender Förderleistung zunächst stark an, während sie oberhalb von 3000 m³/h nur noch geringer zunimmt. Die spezifischen Lohnkosten (einschließlich Abteilungs- und anteilige Betriebsgemeinkosten) fallen von ca. 5 Pf/m³ · km (im Mittel) bei 500 m³/h auf ca. 1,4 Pf/m³ · km (im Mittel) bei 3000 m³/h, während sie bei 7500 m³/h Förderleistung im Mittel immer noch ca. 1,1 Pf/m³ · km betragen (Abb. 26). Der Einfluß der Förderlänge, der Strossenlänge und der Zuggarnitur ist sehr groß, denn bei 5000 m³/h Förderleistung z. B. liegen die spezifischen Lohnkosten zwischen 0,4 und 2,0 Pf/m³ · km.

3.3.2. Arbeitskräftebedarf, Arbeitsproduktivität (Form I) und spezifische Lohnkosten der Produktionsgrundarbeiter bei Bandförderung

Bei Bandförderung wurde je Aufgabe und je Übergabe eine Arbeitskraft eingesetzt. Für die Schmierung der Bandstraße und die Rückarbeiten wurden, auf der Basis der Erfahrungen der Versuchsstrossenbandanlage Müheln, Arbeitskräfte berücksichtigt (Anlage 1, S. 92 und 93).

Der Bedarf an Produktionsgrundarbeitern wird bei wachsender Auslastung der Bandstraße konstant angesetzt, so daß die Arbeitsproduktivität analog dazu steigt, während die spezifischen Lohnkosten fallen. Graphisch ausgewertet werden wiederum zunächst nur die Werte mit einer maximalen leistungsmäßigen Auslastung der Bandstraße = 0,7.

Die Arbeitsproduktivität (Form I) steigt mit wachsender Förderleistung etwa linear an. Ein Vergleich mit den entsprechenden Werten bei Zugförderung läßt erkennen, daß bei Bandförderung mit wachsender Förderleistung gegenüber Zugförderung eine wesentlich höhere Arbeitsproduktivität (Form I) erreicht wird. Die spezifischen Lohnkosten fallen bei Bandförderung mit wachsender Förderleistung hyperbelförmig (Abb. 27) und sind nur wenig von der Förderlänge und der Strossenlänge abhängig.

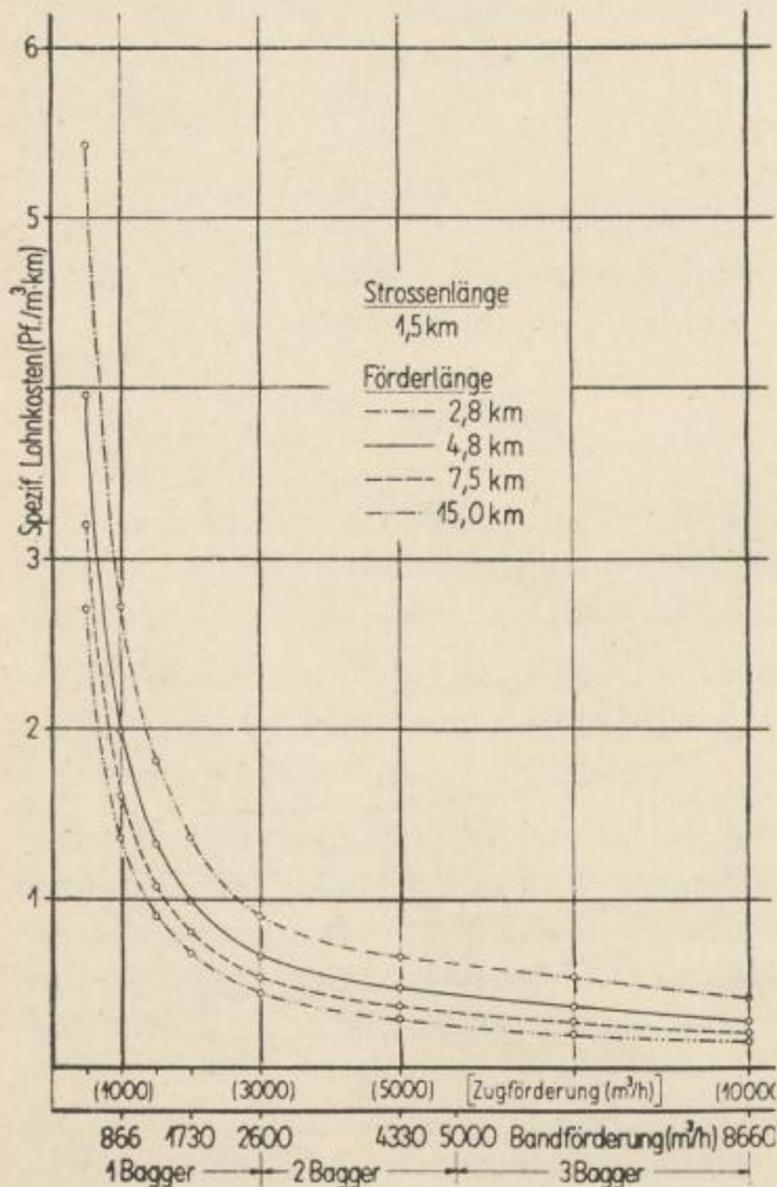


Abb. 27. Spezifische Lohnkosten der Produktionsgrundarbeiter bei Bandförderung

3.4. Energie-, Hilfsmaterial-, Reparaturmaterial-, und Hilfslohnkosten; Arbeitsproduktivität (Form II)

3.4.1. Energie-, Hilfsmaterial-, Reparaturmaterial- und Hilfslohnkosten; Arbeitsproduktivität (Form II) bei Zugförderung

Geeignete Kennziffern zur Ermittlung der Materialkosten und der Kosten für Hilfsleistungen bei Zugförderung standen nicht zur Verfügung; daher mußten die Fahrbetriebe einer Reihe Tagebaue untersucht werden.

Vier Tagebaue konnten für die Auswertung geeignetes Zahlenmaterial zur Verfügung stellen.

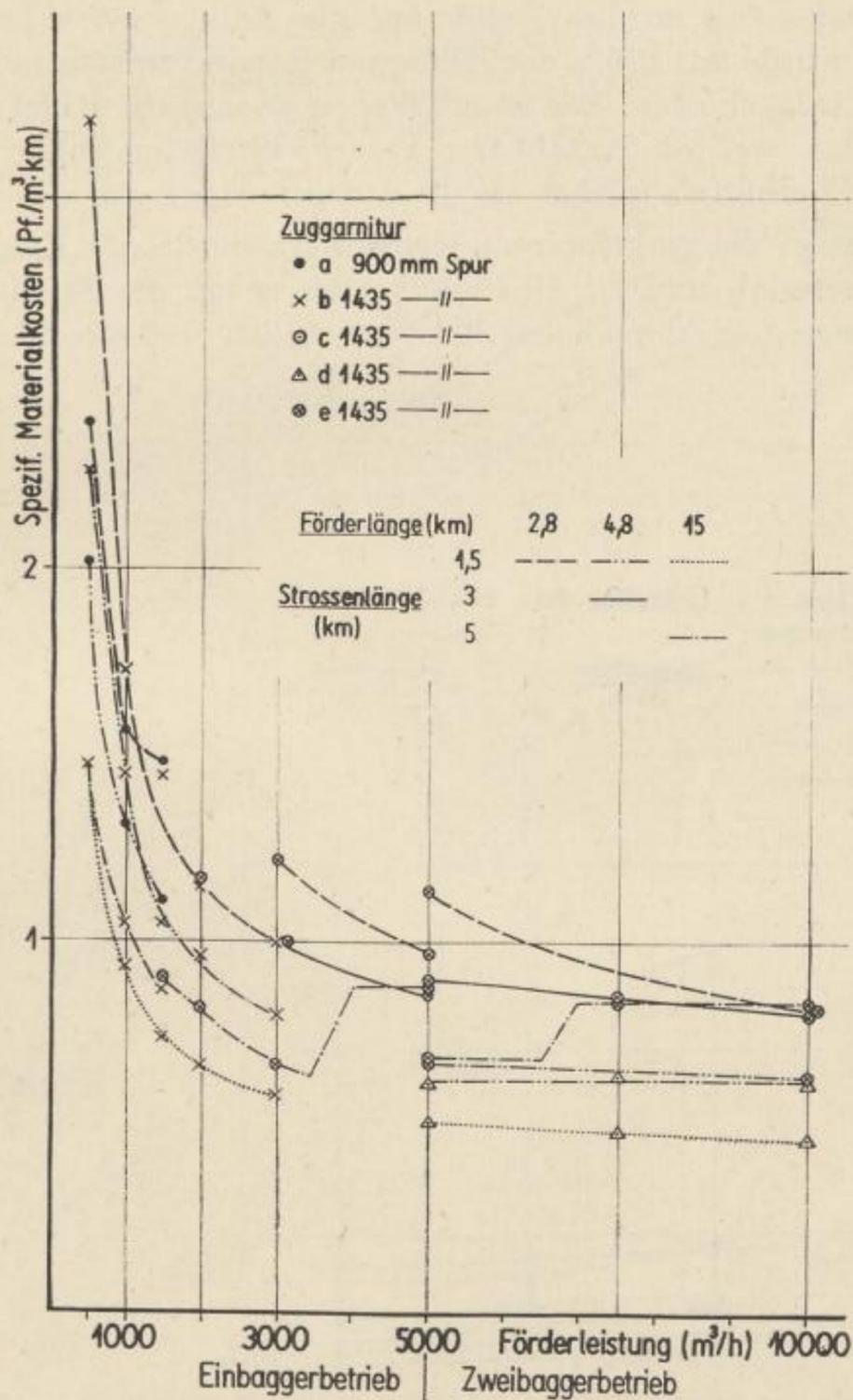


Abb. 28. Spezifische Hilfs- und Reparaturmaterialkosten (einschließlich Energie) bei Zugförderung

Der Energieverbrauch konnte bei Schmalspur zu $0,13 \text{ kWh/m}^3 \cdot \text{km}$ und bei Normalspur ($40\text{-m}^3\text{-Wagen}$) zu $0,1 \text{ kWh/m}^3 \cdot \text{km}$ ermittelt werden (Verrechnungspreis durchschnittlich $2,5 \text{ Pf/kWh}$) (Anlage 1, S. 93).

Aus den Betriebsangaben über die Hilfs- und Reparaturmaterialkosten waren weit schwieriger geeignete Kennziffern zu erlangen. Das Hilfs- und Reparaturmaterial wurde zu einer Kostenposition zusammengefaßt und zu den Anlagekosten — auf jetziger Preisbasis — ins Verhältnis gesetzt. Die jährlichen Hilfs- und Reparaturmaterialkosten schwanken zwischen $3,2$ und $3,8\%$ der Anlagekosten; gerechnet wurde mit $3,5\%$.

Die gesamten Hilfslohnkosten im Jahr betragen 108 bis 234% der Hilfs- und Reparaturmaterialkosten im Jahr, oder auf die Anlagekosten bezogen, $4,1$ bis $8,1\%$; gerechnet wurde mit 175% der Hilfs- und Reparaturmaterialkosten im Jahr bzw. $6,1\%$ der Anlagekosten. Für $96\text{-m}^3\text{-Wagen}$ werden die Hilfslohnkosten 20% niedriger angesetzt, weil die Anzahl der Verschleißteile gegenüber $40\text{-m}^3\text{-Wagen}$ nicht im gleichen Verhältnis wächst wie die Anlagekosten.

Auf der Grundlage der vorgenannten Kennziffern wurden die Energie-, die Hilfs- und Reparaturmaterial- und die Hilfslohnkosten sowie die Arbeitsproduktivität (Form II) errechnet. Aus Abb. 28 und 29 ist ersichtlich, daß sowohl die spezifischen

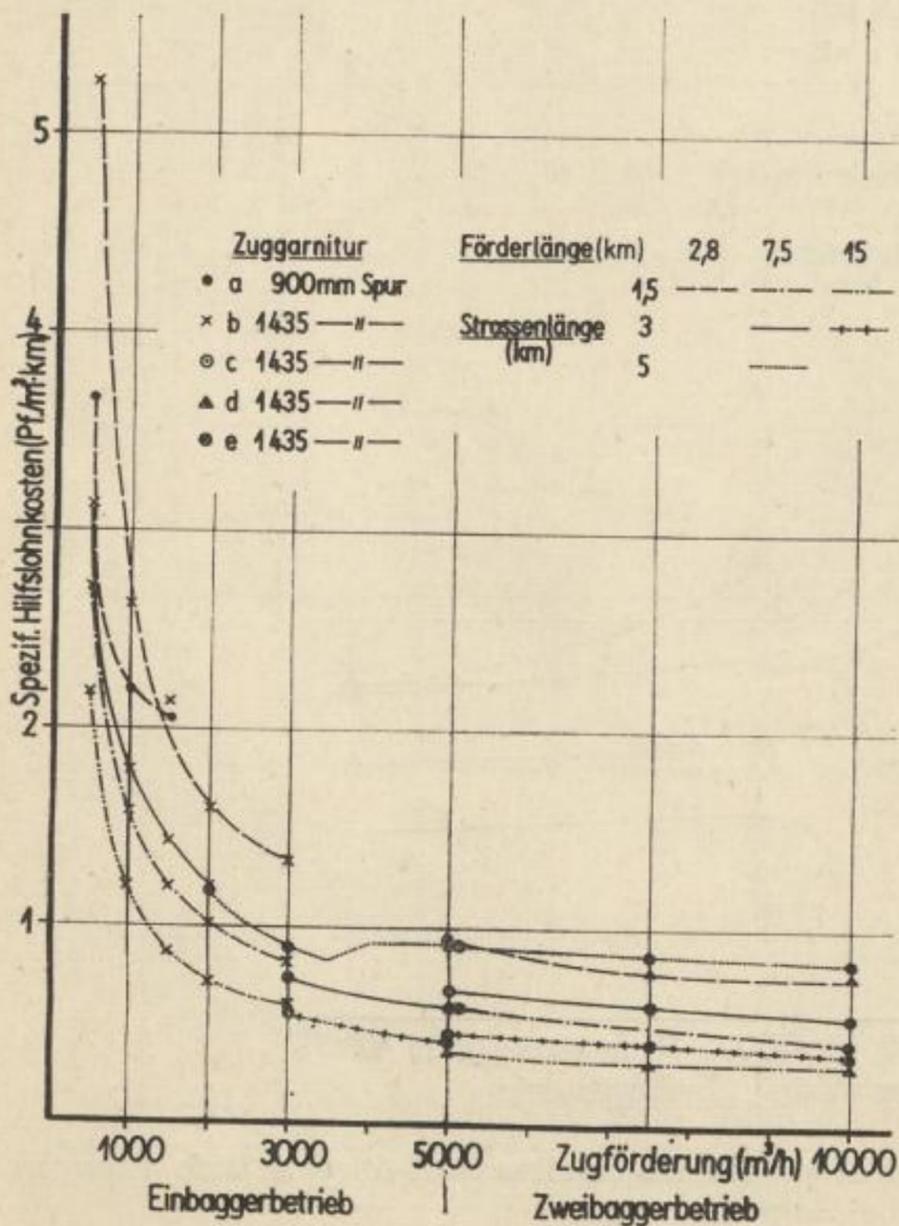


Abb. 29. Spezifische Hilfslohnkosten bei Zugförderung

Hilfs- und Reparaturmaterialkosten (einschließlich der Energiekosten), als auch die spezifischen Hilfslohnkosten mit wachsender Förderleistung zunächst sehr stark abnehmen, um dann oberhalb 5000 m³/h fast konstant zu bleiben.

Die Zunahme der Arbeitsproduktivität (Form II) wird mit wachsender Förderleistung immer geringer (Abb. 30), d. h., bei Zugförderung wirkt sich im Bereich

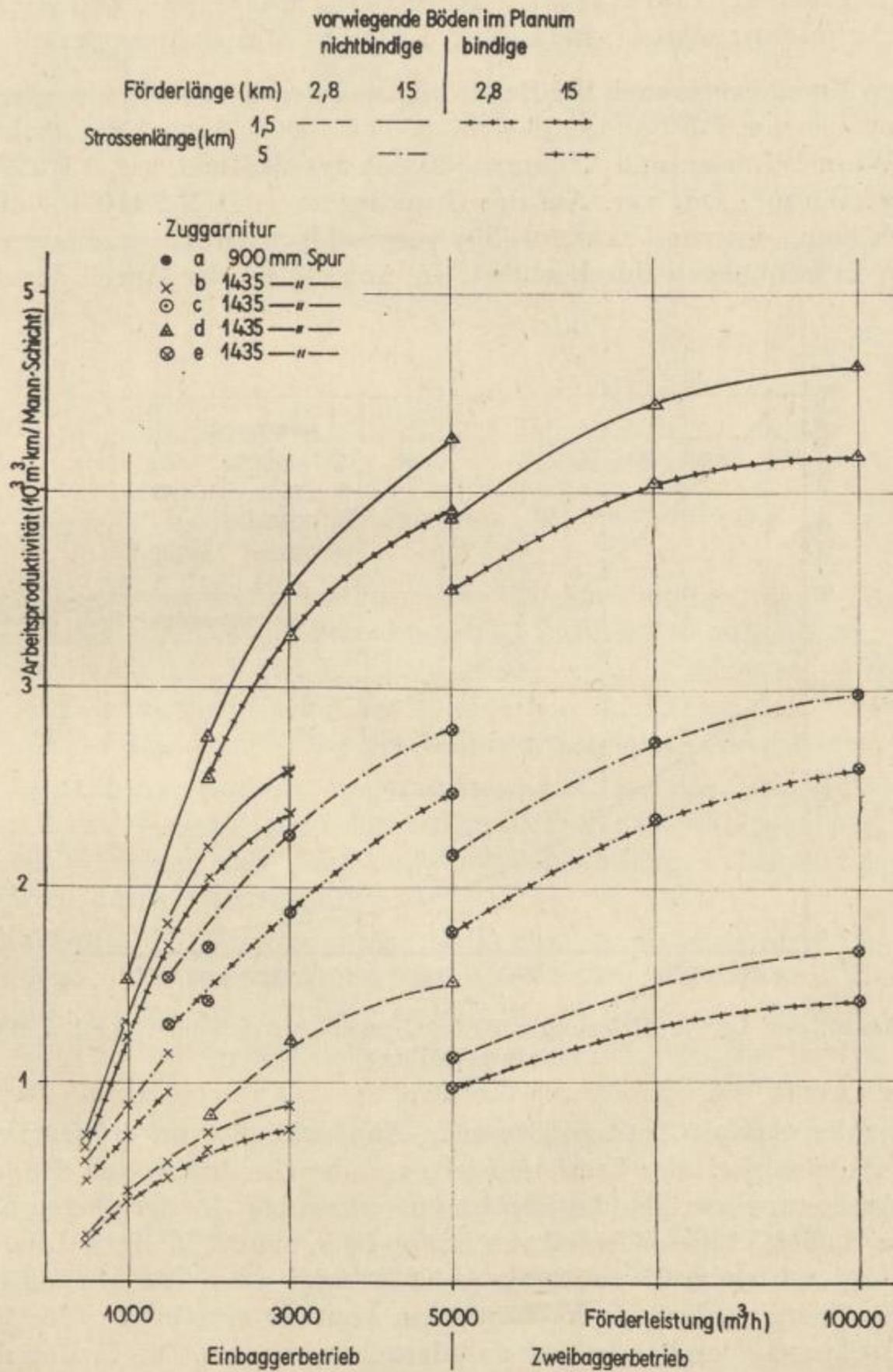


Abb. 30. Arbeitsproduktivität (Form II) bei Zugförderung (in Abhängigkeit von der Förderleistung)

bis 3000 m³/h der Einsatz größerer Bagger besonders günstig auf die Steigerung der Arbeitsproduktivität aus. Mit wachsender Förderlänge nimmt die Arbeitsproduktivität bei kleineren Förderleistungen fast linear zu, während bei großen Förderleistungen die Steigung der Kurven immer kleiner wird.

3.4.2. Energie-, Hilfsmaterial-, Reparaturmaterial- und Hilfslohnkosten, Arbeitsproduktivität (Form II) bei Bandförderung

Über den Energieverbrauch bei Bandförderung liegen voneinander stark abweichende Angaben vor. Für Bandstraßen mit 500 bis 1000 m Achsabstand gibt THIEME [35] 0,3 kWh/m³ · km an und VIERLING [40] schlägt als Richtwert 0,1 kWh/t · km, d. h. 0,18 kWh/m³ · km, vor. Auf der Grundlage von DIN 22101 — aber unter Berücksichtigung der von VIERLING [39] vorgeschlagenen Abänderungen — wurden einige Berechnungen durchgeführt. In Abb. 31 ist der Anteil der Leerlauf-

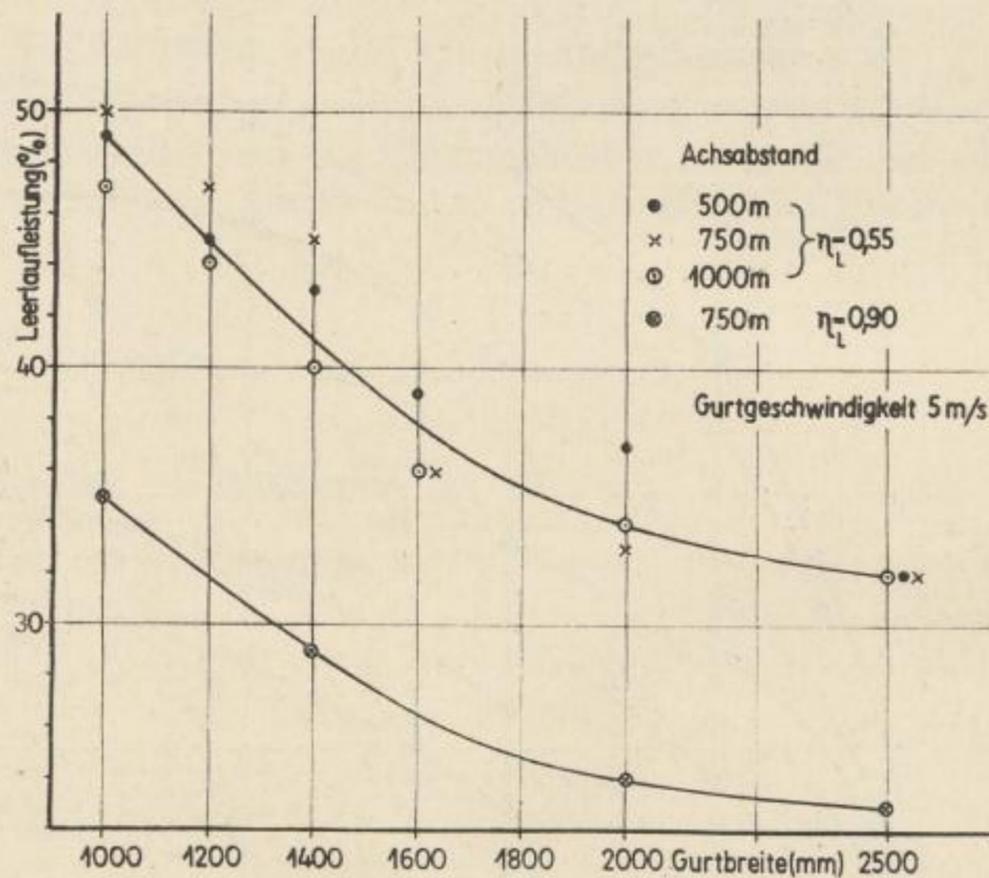


Abb. 31. Anteil der Leerlaufleistung an der Gesamt-Antriebsleistung bei Bandförderung (söhlig)

leistung an der Gesamt-Antriebsleistung in Abhängigkeit von der Gurtbreite gezeigt. Die Abhängigkeit des Leerlaufanteils von der Gurtbreite und der leistungsmäßigen Auslastung der Bandstraße ist gut erkennbar. In der oberen Kurve bei einem $\eta_L = 0,55$ fällt dieser Anteil von knapp 50% auf 32%, und bei der unteren bei einem $\eta_L = 0,9$ von 35 auf 25%. Abb. 32 zeigt dann die Abhängigkeit des spezifischen Energiebedarfs in kWh/m³ · km von der Gurtbreite, der leistungsmäßigen Auslastung der Bandstraße und dem Achsabstand. Die Unstetigkeiten in den beiden oberen Kurven werden vom Fördergurt verursacht, sie entstehen beim Übergang von Baumwolleinlagen auf Dederon. Die gezeigten Abhängigkeiten

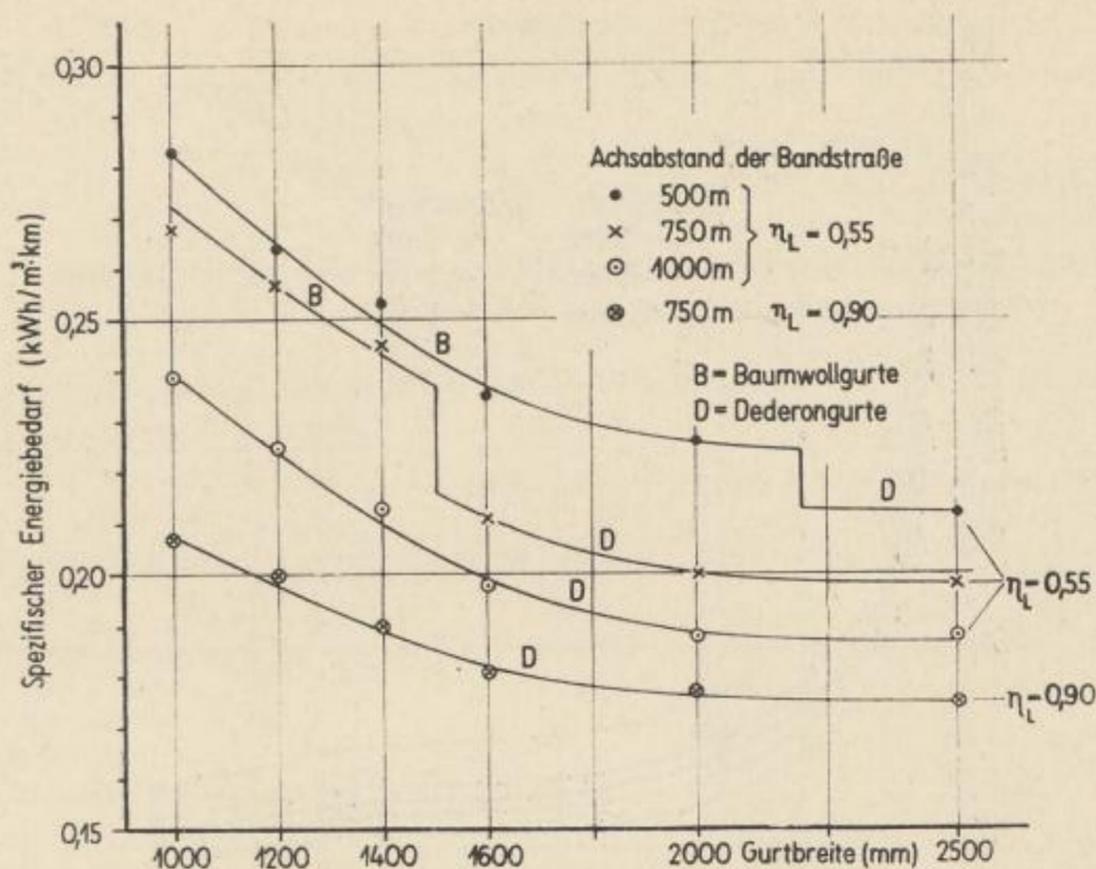


Abb. 32. Spezifischer Energiebedarf bei Bandförderung (söhlig)

gelten aber nur, wenn der Achsabstand der Bandstraße gleich der Förderlänge ist. Für Strossenbandanlagen im Schwenkbetrieb müssen die aufgezeigten Werte mit einem Faktor zwischen 1 und 1,5 multipliziert werden. Es ist also nicht möglich, eine einheitliche Kennziffer für den spezifischen Energiebedarf zu ermitteln. Der Energiebedarf wurde daher über die Motorleistungen errechnet (Anlage 1, S. 94).

Über die Hilfsmaterial-, die Reparaturmaterial- und die Hilfslohnkosten waren umfangreiche Untersuchungen erforderlich, da in der Fachliteratur nur einige Einzelangaben vorliegen und Wirtschaftlichkeitsrechnungen bisher allgemein mit Schätzwerten durchgeführt wurden.

Für die Hilfs- und Reparaturmaterialkosten im Jahr wurden für stationäre Bandstraßen 2,5% der Anlagekosten und für rückbare Bandstraßen 3% der Anlagekosten eingesetzt (Anlage 1, S. 94). Die Hilfslohnkosten wurden zunächst mit 150% der Gesamt-Hilfsmaterialkosten in Rechnung gestellt (Rechenannahme A).

Die Auswertung zeigte, daß bei größeren Gurtbreiten ein Arbeitskräftebedarf errechnet wurde, der weit über unsere bisherigen Vorstellungen und praktischen Erfahrungen hinausgeht (Anlage 1, S. 95). Mit wachsender Gurtbreite kann eine geringere Kostenzunahme in Rechnung gestellt werden, weil die Anzahl der Verschleißteile bei allen Bandstraßen gleich ist. Die Hilfslohnkosten wurden, ausgehend von der Bandstraße mit 1000 mm Breite, je Leistungsstufe um 10% gegenüber der vorhergehenden erhöht (Rechenannahme B).

In Abb. 33 sind die spezifischen Hilfs- und Reparaturmaterialkosten (einschließlich der Energiekosten) in Abhängigkeit von der Förderleistung dargestellt. Ein Vergleich mit den entsprechenden Kosten bei Zugförderung (Abb. 28) zeigt, daß

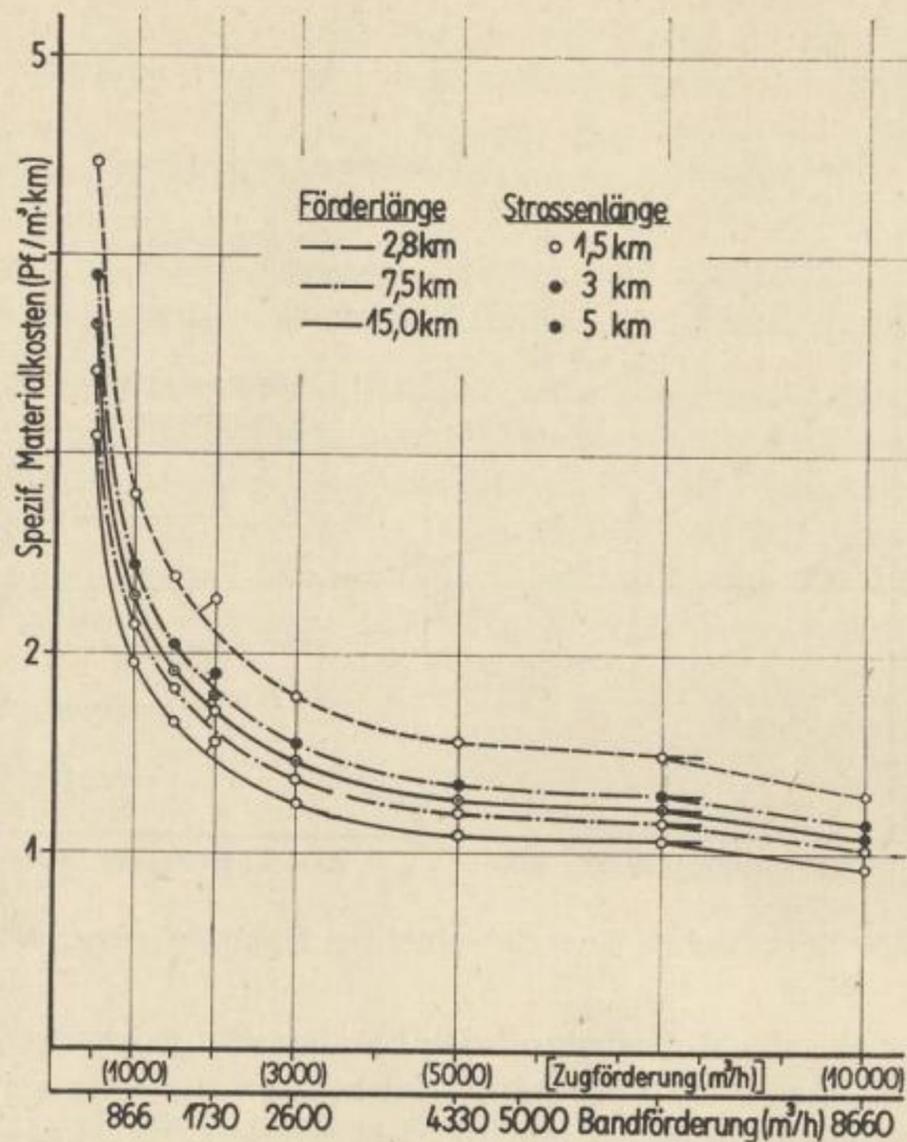


Abb. 33. Spezifische Hilfs- und Reparaturmaterialkosten (einschließlich Energie) bei Bandförderung

die Bandförderung wesentlich höhere Kosten erfordert (z. B. bei 5000 m³/h Förderleistung: Zugförderung ca. 0,5 bis 1,1 Pf/m³ · km, Bandförderung ca. 1,1 bis 1,6 Pf/m³ · km). Verursacht werden diese Unterschiede durch höhere Anlagekosten (die Anlagekosten dienen als Bezugsbasis mangels besser gesicherter Werte) und einen höheren spezifischen Energiebedarf bei Bandförderung.

Die Unterschiede im Energiebedarf und den Energiekosten werden an einer kleinen Gegenüberstellung sichtbar (Tabelle 7).

Der spezifische Energiebedarf und damit auch die spezifischen Energiekosten betragen bei Bandförderung ca. das 2,7- bis maximal das 5fache gegenüber Zugförderung, d. h., durchschnittlich liegt der Energiebedarf bei Bandförderung ca. drei- bis viermal so hoch wie bei Zugförderung. Der Energiekosten-Anteil an den Gesamt-Materialkosten steigt mit wachsender Förderleistung bei Zugförderung von ca. 15 auf 50% und bei Bandförderung von etwa 45 auf 65% an. Bei Zugförderung steigt der Energiekosten-Anteil mit wachsender Förderleistung und größerer Förderlänge wesentlich stärker an als bei Bandförderung, wenngleich auch bei größten Leistungen nicht der Anteil bei Bandförderung erreicht wird.

Tabelle 7

Zugförderung (Normalspur)

spezif. Energiebedarf $0,1 \text{ kWh/m}^3 \cdot \text{km} \cong$ spezif. Energiekosten $0,25 \text{ Pf/m}^3 \cdot \text{km}$ (unabhängig von der Förderleistung)

Energie-Kostenanteil an den Gesamt-Material-(einschl. Energie-)Kosten:
 bei $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ $3000 \text{ m}^3/\text{h}$ $7500 \text{ m}^3/\text{h}$
 $13-26\%$ $23-43\%$ $30-50\%$
 (Werte bei 2,8 und bei 15 km Förderlänge)

Bandförderung ($\eta_{lmax} = 0,7$)

bei	$1000 \text{ m}^3/\text{h}$	$3000 \text{ m}^3/\text{h}$	$7500 \text{ m}^3/\text{h}$
spezif. Energiebedarf $\left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}} \right]$	0,36—0,5	0,28—0,4	0,27—0,37
spezif. Energiekosten $\left[\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}} \right]$	0,9 —1,25	0,7 —1,0	0,67—0,93
Energie-Kostenanteil an den Gesamt-Material-Kosten (einschl. Energie) [%]	46	56	64

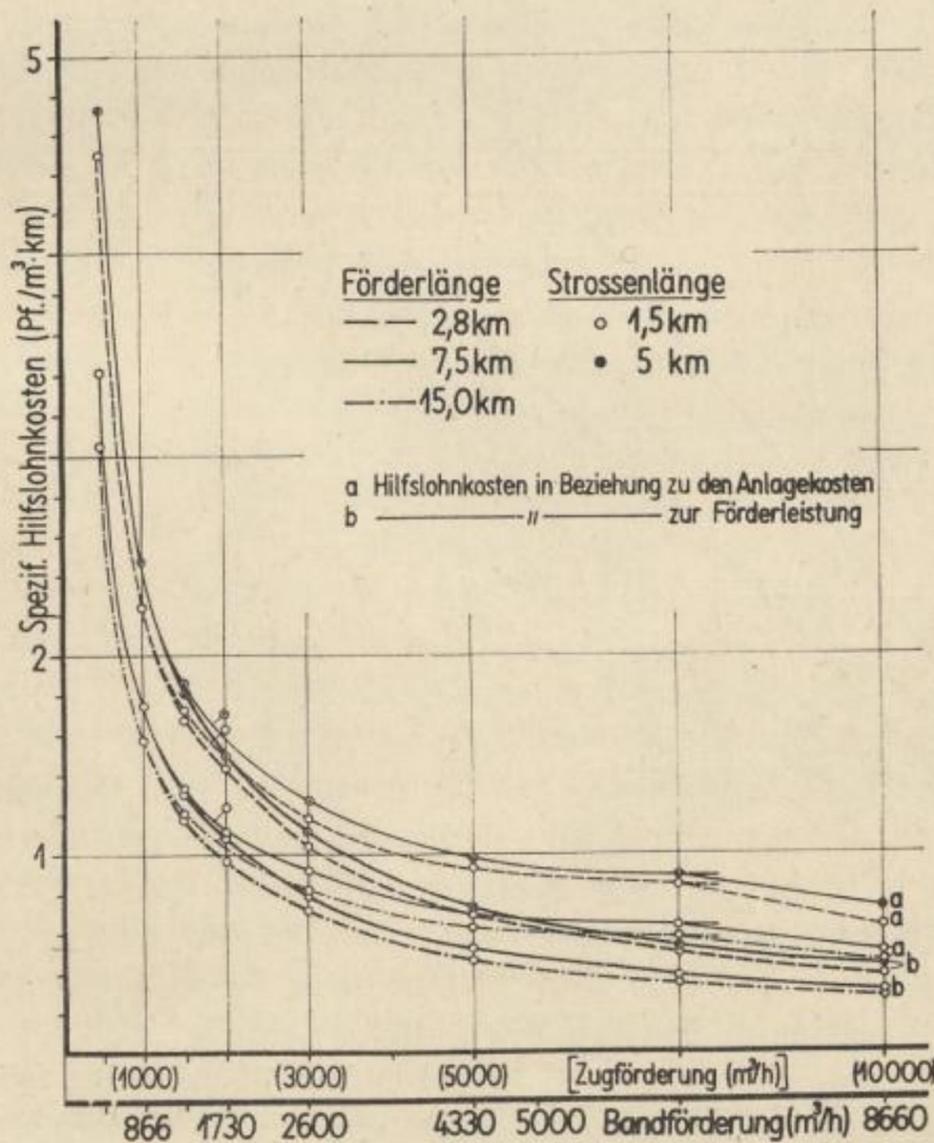


Abb. 34. Spezifische Hilfslohnkosten bei Bandförderung

Die spezifischen Hilfslohnkosten bei Bandförderung wurden, wie bereits erläutert, nach zwei verschiedenen Rechenvarianten ermittelt. Als Bezugsbasis dienen einmal die Anlagekosten und zum anderen die Förderleistung oder die Gurtbreite. In Abb. 34 sind die Kurven nach beiden Rechnungen eingetragen (Anlage 3 b, d, f). Die Unterschiede zwischen den jeweiligen Linienzügen a und b vergrößern sich mit wachsender Förderleistung. Für die weitere Auswertung werden nur die nach dem Rechenverfahren B (Anlage 1, S. 95 und Anlage 3 a bis f) ermittelten Werte herangezogen (Abb. 34 — b-Kurven).

In Abb. 35 ist die Arbeitsproduktivität (Form II) in Abhängigkeit von der Förderleistung dargestellt. Betrachtet man nur die b-Kurven und vergleicht diese mit Abb. 30, so ist festzustellen, daß bei Bandförderung die Arbeitsproduktivität (Form II) bei großen Förderleistungen steiler zunimmt und absolut höhere Werte erreicht als bei Zugförderung. Mit wachsender Förderlänge nimmt dagegen die Arbeitsproduktivität (Form II) bei Zugförderung steiler zu als bei Bandförderung. Die hier aufgezeigten Zusammenhänge gewinnen später bei der Abgrenzung der Transportaufgaben für Zug- und für Bandförderung große Bedeutung.

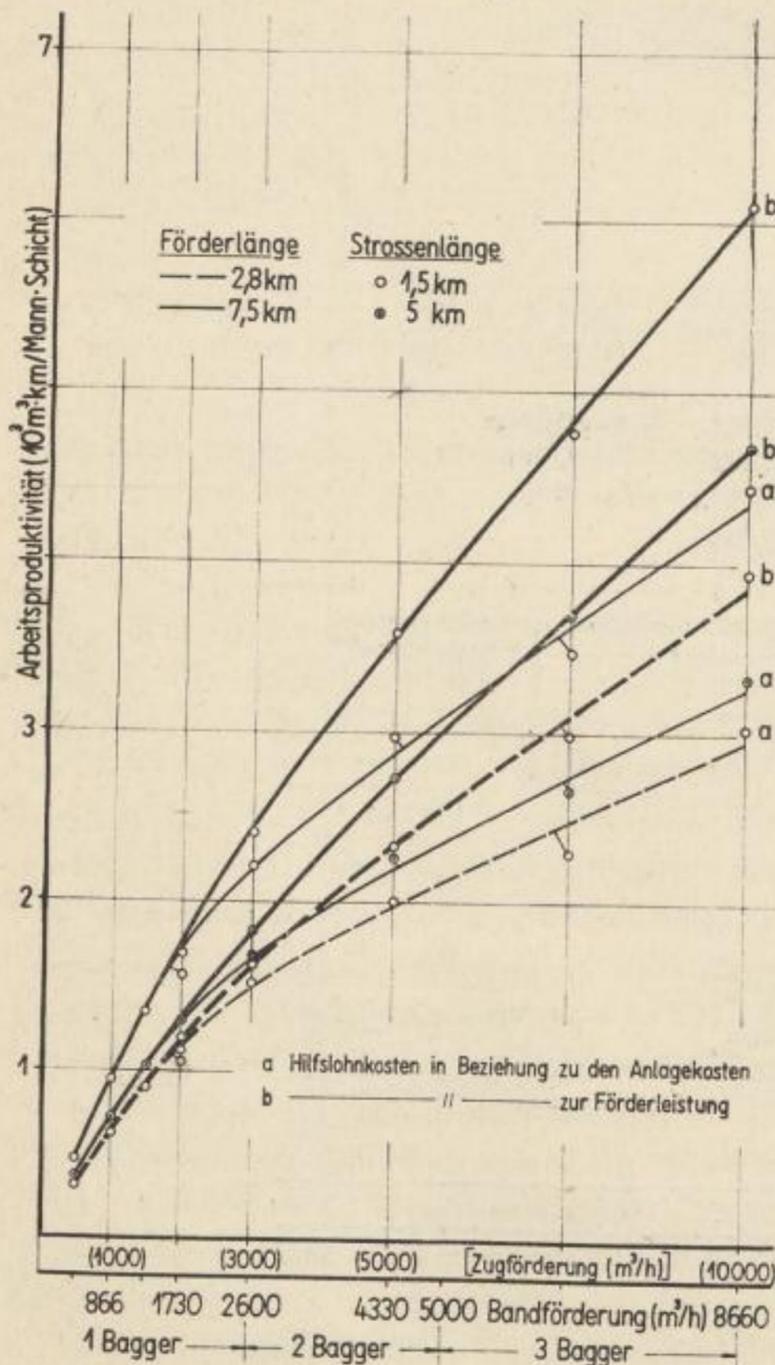


Abb. 35. Arbeitsproduktivität (Form II) bei Bandförderung (in Abhängigkeit von der Förderleistung)

4. Kostenzusammenstellung und Auswertung

4.1. Kostenzusammenstellung und Auswertung bei Zugförderung

Die bisher im einzelnen besprochenen Kostenpositionen werden zu spezifischen Vergleichs-Transportkosten in $\text{Pf/m}^3 \cdot \text{km}$ zusammengestellt. Zur Vereinfachung wurden zunächst die Lohnkosten der Produktionsgrundarbeiter und der Produktionshilfsarbeiter zusammengefaßt und als Lohnkosten bezeichnet. Die Energie-, Hilfsmaterial- und Reparaturmaterialkosten erscheinen zusammen als Materialkosten.

Die Vergleichs-Transportkosten ergeben sich also aus den Abschreibungs-, den Lohn- und den Materialkosten (Anlage 2).

Zur Ermittlung der wirtschaftlichsten Zuggarnitur für die jeweilige Transportaufgabe werden die Anlagekosten, die Arbeitsproduktivität (Form II) und die spezifischen Vergleichs-Transportkosten herangezogen. In diesen Spalten sind Prozentsätze angegeben, die jeweils das Verhältnis gegenüber Zuggarnitur b, bzw. im Leistungsbereich, in dem diese wegen Überschreiten der Grenzstrossenlänge nicht mehr zum Einsatz kommt, gegenüber Zuggarnitur c oder bei noch größeren Förderleistungen gegenüber Zuggarnitur d, angeben.

Die Prozentsätze in den Spalten der einzelnen Kostenpositionen geben den Anteil der Einzelposition an den spezifischen Vergleichs-Transportkosten an, damit ein Überblick über die Veränderung der Kostenzusammensetzung besteht. Der Lohnkostenanteil fällt mit wachsender Leistung von ungefähr 60% auf ca. 45%. Demgegenüber nimmt der Anteil der Abschreibungs- und der Materialkosten von jeweils ca. 20% auf etwa je 27% zu. Mit wachsender Förderlänge sinkt der Lohnkostenanteil, vor allem bei größeren Förderleistungen, etwas ab, und der Materialkostenanteil steigt um den gleichen Betrag, während der Anteil der Abschreibungskosten etwa konstant bleibt. Die 96- m^3 -Wagen haben im Vergleich zu den 40- m^3 -Wagen einen um etwa 5% niedrigeren Lohnkostenanteil, während der Anteil der Abschreibungs- und der Materialkosten um den entsprechenden Betrag steigt.

Zur Charakterisierung der Abhängigkeiten sind in Abb. 36 die spezifischen Vergleichs-Transportkosten bei 3 km Strossenlänge und überwiegend nichtbindigen Böden im Planum in Abhängigkeit von der Förderleistung dargestellt. Mit wachsender Förderleistung fallen die spezifischen Vergleichskosten zunächst sehr stark. Im Leistungsbereich oberhalb 3000 oder gar 5000 m^3/h nehmen sie dann nur noch wenig ab. Aus dem Vergleich der Kurven bei 15 km Förderlänge und bei 4,8 km Förderlänge erkennt man die Abnahme der spezifischen Transportkosten bei wachsender Förderlänge. Andererseits wachsen die spezifischen Transportkosten bei gleicher Förderlänge mit der Strossenlänge.

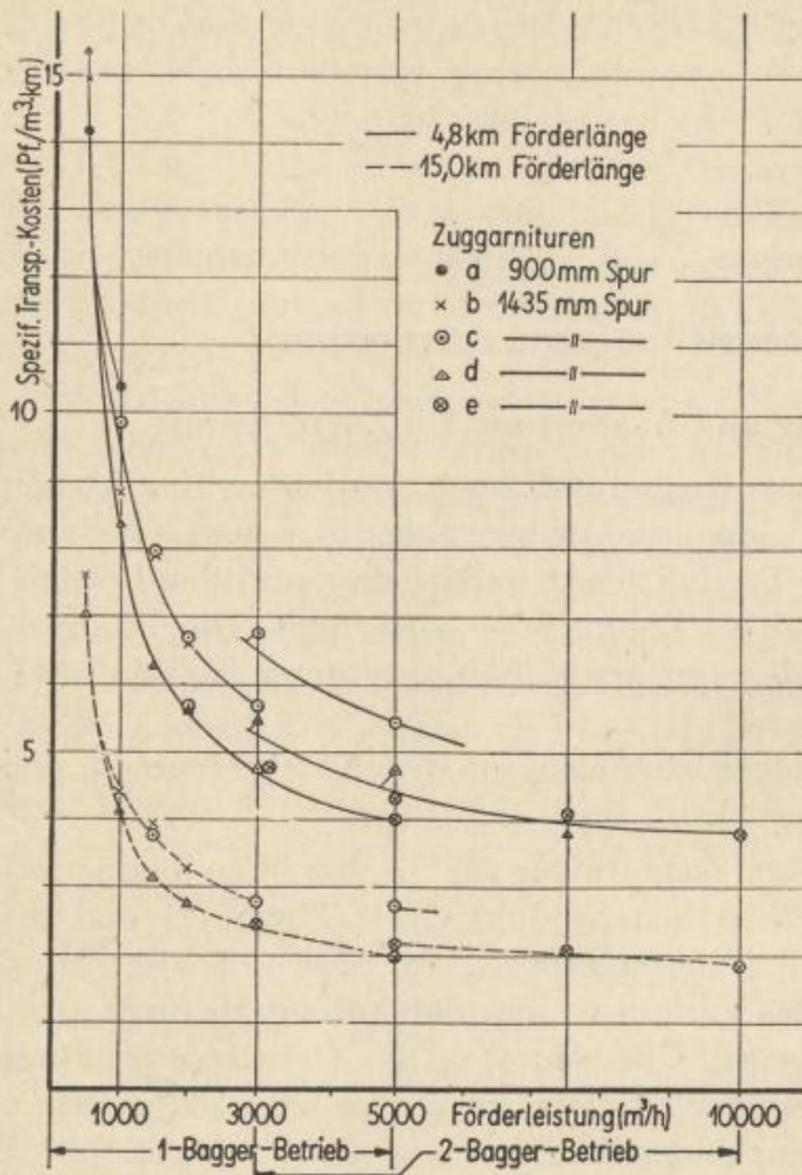


Abb. 36. Spezifische Vergleichs-Transportkosten bei Zugförderung (3 km Strossenlänge)

Die spezifischen Vergleichskosten der 96-m³-Abraumwagen liegen im gesamten Leistungsbereich sowohl im Ein- als auch im Zweibaggerbetrieb niedriger als die der 40- und auch der 25-m³-Wagen, mit denen bereits bei 1000 m³/h die Grenzstrossenlänge erreicht ist. Selbst bei 500 m³/h Förderleistung wird der Kostenvorsprung der 25-m³-Wagen aufgehoben, wenn bei 40- und 96-m³-Wagen der Zuginhalt dem der Zuggarnitur a angeglichen wird.

Es kann also festgestellt werden, daß mit den größten Wagen die niedrigsten Transportkosten erreicht werden. Die diesbezüglichen Angaben von RÜPPEL [29], wonach die größten Abraumwagen nur bei entsprechend großen Förderleistungen und großen Strossenlängen mit wirtschaftlichen Vorteilen eingesetzt werden können, finden keine Bestätigung. Der Vergleich sei abschließend noch auf die Arbeitsproduktivität (Form II) und die Anlagekosten erweitert. Setzt man die Werte der 40-m³-Wagen = 100%, so ergeben sich für die 96-m³-Wagen bei

	Transp. Kost. [%]	Arb.-Produkt. [%]	Anlagekosten [%]
1,5 km Strossen-Länge	100 — 77	100 — 140	120 — 80
3,0 km Strossen-Länge	95 — 80	100 — 140	105 — 90
5,0 km Strossen-Länge	95 — 80	115 — 140	105 — 95

Für den ökonomisch vorteilhaften Massentransport mit Zugförderung sind also folgende Hauptfaktoren zu beachten:

1. die Wagengröße muß bis zur technisch möglichen Grenze gesteigert werden,
2. die Förderleistung je Betriebspunkt muß möglichst groß sein, Leistungen bis mindestens 3000 m³/h müssen im Einbaggerbetrieb gefördert werden (bei dieser Leistung, 3 km Strossenlänge, 4,8 km Förderlänge, Zuggarnitur c, werden im Ein- gegenüber dem Zweibaggerbetrieb jährlich Transportkosten von ca. 0,9 Mill. DM gespart),
3. die Strossenlänge und die Gesamt-Förderlänge sollen möglichst kurz sein, wobei zu beachten ist, daß auf der Strosse spezifisch die höchsten Transportkosten entstehen.

Die bisher besprochenen Kurven und Zusammenhänge beziehen sich auf einen Einsatz der Zugförderung bei überwiegend nichtbindigen Böden. In Anlage 2 wird ein zweiter Wert bei überwiegend bindigen Böden angeführt, wobei die Transportkosten um ca. 5 bis 10% höher liegen und die Arbeitsproduktivität nur ca. 80 bis 90% gegenüber dem Einsatz bei überwiegend nichtbindigen Böden erreicht. Bei überwiegend bindigen Böden liegt der Lohnkostenanteil um ca. 2 bis 5% höher als bei nichtbindigen Böden, darüber hinaus aber behalten die bereits besprochenen Zusammenhänge und Abhängigkeiten ihre volle Gültigkeit, so daß auf eine graphische Auswertung verzichtet werden kann.

Tabelle 8. Gegenüberstellung von effektiven und errechneten Vergleichstransportkosten bei Zugförderung

	Dimen- sion	Tagebau K	Trans- port- Variante	Tagebau F	Trans- port- Variante	Tagebau A	Trans- port- Variante
		Zweibaggerbetrieb		2 × Zweibaggerbetrieb		Zwei- bagger- betrieb	Ein- bagger- betrieb
Abr.-Leistung	$\frac{10^6 \text{m}^3}{\text{J}}$	17		28		5,75	
Abr.-Leistung	m ³ /h	~ 3200		~ 5330		~ 1100	1000
Abr.-Leistung je Bagger	m ³ /h	~ 1600		~ 1330			
Förder-Länge	km	13,9		9,6		8,6	
Strossen-Länge	km	1,7	1,5	2		0,8	
Spurweite	mm	1435		1435		900	
Zuginhalt	m ³	485	540	341	540	215	330
Zuggarnitur			b		b		a
inges. Züge	Stück	8	9,6 = 10	18	2 × 7,6 = 16	7	4,0
Transportkost. spezif. Vergleichs- Transportkosten	Pf/m ³	27,5	~ 35	29,5	~ 31,5	38,5	~ 43
	Pf/m ³ km	1,98	~ 2,5 ≥ 126%	3,08	~ 3,3 ≥ 107%	4,48	~ 5 ≥ 110%

Zur Sicherung der Untersuchungsergebnisse werden die in einigen Tagebauen festgestellten Transportkosten für den m^3 Abraum etwa vergleichsfähigen Transportvarianten (bei überwiegend nichtbindigen Böden) gegenübergestellt (Tabelle 8). Die errechneten Kosten der Transportvarianten werden, soweit erforderlich, interpoliert, damit beim Vergleich Förderleistung, Förderlänge und Strossenlänge weitgehend übereinstimmen.

Die Gegenüberstellung zeigt, daß für die Transportvarianten höhere Kosten errechnet wurden, als die Tagebaue unter etwa vergleichsfähigen Bedingungen ausweisen. Berücksichtigt man den größeren Zuginhalt der Transportvarianten gegenüber Tagebau F und A, so betragen die Mehrkosten — bezogen auf gleichen Zuginhalt — ca. 20 bis 25%. Die Kostenzusammensetzung der Tagebaue und der Transportvarianten (Abschreibungen, Lohnkosten und Materialkosten) stimmt recht gut überein. Nur bei Tagebau K und A ist der Anteil der Abschreibungskosten niedriger als bei den Transportvarianten. Die Ursache dafür liegt in niedrigeren Globalabschreibungssätzen der Tagebaue; zum Teil basieren auch die Anlagewerte auf niedrigeren Kaufpreisen vergangener Jahre. Die Erhöhung der Transportkosten der Tagebaue durch eine Umbewertung der Anlagenwerte dürfte allerdings die ausgewiesenen Mehrkosten der Transportvarianten kaum übersteigen.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß die errechneten Transportkosten der Transportvarianten von Betrieben mit moderner Zugförderung erreicht werden können.

Die Gegenüberstellung zeigt auch, daß in den Tagebauen weniger Züge — gleichen Inhalts — eingesetzt waren, als dem nach Rechenverfahren 1 (siehe Seite 34 ff) ermittelten Bedarf an rollendem Material entspricht. Die auf vorgenannter Rechengrundlage ermittelten Kosten der Zugförderung werden damit begründet für die Abgrenzung gegenüber Bandförderung herangezogen. Die Transportkosten unter Zugrundelegung des nach Rechenverfahren 2 ermittelten Zugbedarfs (siehe Seite 36) werden nur als möglicher oberer Grenzwert berücksichtigt.

4.2. Kostenzusammenstellung und Auswertung bei Bandförderung

In Anlage 3 sind die einzelnen Kostenpositionen zu spezifischen Vergleichs-Transportkosten zusammengestellt. In dieser Tabelle sind ebenfalls die Anteile der Kostenpositionen an den Transportkosten errechnet. Der Lohnkostenanteil fällt mit wachsender Förderleistung ($\eta_{Lmax} = 0,7$) von 37 bis 40% auf ca. 20 bis 24%, während der Anteil der Abschreibungskosten von 36 bis 38% auf ca. 41 bis 43% und der Materialkosten-Anteil von 23 bis 26% auf ca. 34 bis 39% steigt. Demgegenüber beeinflußt die Förder- und die Strossenlänge die Kostenzusammensetzung nur unwesentlich.

Abb. 37 zeigt die Kurven der spezifischen Vergleichs-Transportkosten bei Bandförderung bei einer Strossenlänge von 1,5 km und normalen Einsatzbedingungen. In ihrer Tendenz haben diese den gleichen Verlauf wie die Kurven bei Zugförderung (Abb. 36). Daher sind für den ökonomisch vorteilhaften Massentransport bei Bandförderung im wesentlichen die gleichen Forderungen aufzustellen wie bei Zugförde-

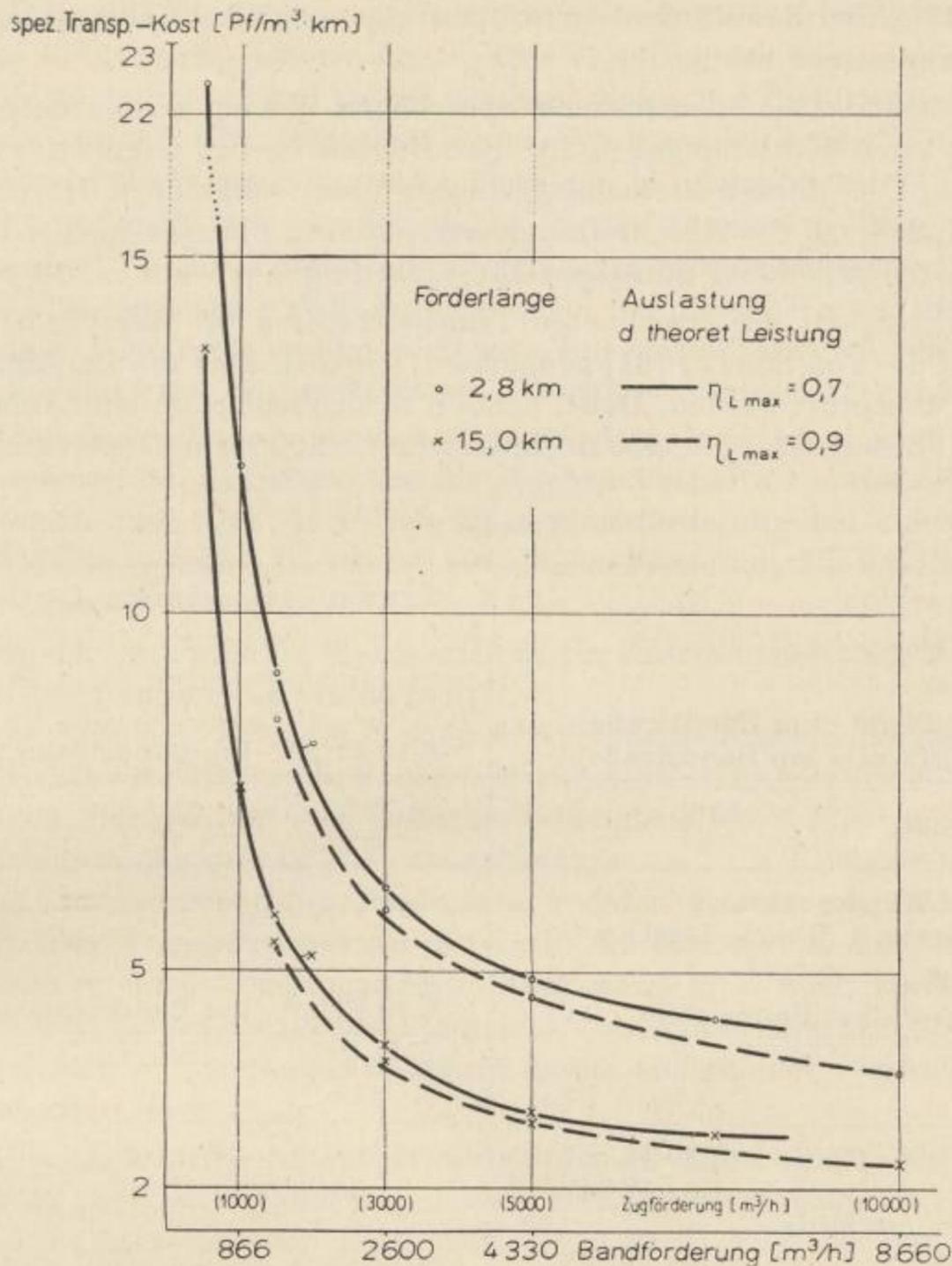


Abb. 37. Spezifische Vergleichs-Transportkosten bei Bandförderung (1,5 km Strossenlänge)

rung. Allerdings fallen die Kurven auch im Bereich oberhalb 3000 m³/h noch ziemlich stark, und vom Standpunkt der Vergleichs-Transportkosten ergibt sich nicht die Forderung, die Leistung möglichst mit nur einem Bagger zu erbringen. Außerdem entstehen auf der Strosse nicht wesentlich höhere spezifische Vergleichskosten wie im stationären Teil. Jede Verlängerung des Bandstraßensystems bewirkt stark steigende, absolute Transportkosten.

Eine Erhöhung der maximal zulässigen leistungsmäßigen Auslastung von $\eta_{Lmax} = 0,7$ auf 0,9 bringt, wie aus den Kurven in Abb. 37 ersichtlich ist, eine Senkung der spezifischen Kosten um ca. 5 bis 8%. Vergleicht man aber eine bestimmte Gurtbreite, z. B. 1400 mm BB, so beträgt die Kostensenkung durch die Leistungssteige-

rung bis zu 20%. Bei Bandförderung muß also eine möglichst hohe leistungsmäßige Auslastung angestrebt werden.

In Anlage 3 sind neben den bisher besprochenen Werten bei normalen Einsatzbedingungen auch Kostenangaben für Bandförderung bei ungünstigen Einsatzbedingungen (d. h. starken Steineinlagerungen usw.) aufgeführt. Durch eine entsprechende Erhöhung des Abschreibungssatzes steigen die spezifischen Vergleichs-Transportkosten gegenüber günstigen Einsatzbedingungen um ca. 12 bis 14%.

Die Zuverlässigkeit der errechneten Transportkosten für Bandförderung kann nur an Hand der von SCHARF [31] gemachten Angaben über die Bandförderung in Schwandorf überprüft werden. Dabei handelt es sich leider um eine Anlage kleiner Dimension (Förderleistung $< 450 \text{ m}^3/\text{h}$, Gurtbreite 1000 mm, Gurtgeschwindigkeit

Tabelle 9

Schwandorf	Transportvariante
Abschreibung (6,82 Pf/m ³) ($\cong 3,50 \text{ Pf/m}^3 \cdot \text{km Bandstraße}$) ¹ $\cong \sim 6,20 \text{ Pf/m}^3 \cdot \text{km Bandstraße}$ $\cong (20\%)$ ¹ <u><u>33%</u></u>	$6,19 \text{ Pf/m}^3 \cdot \text{km Bandstraße}$ $\cong \underline{\underline{35\%}}$
Gesamt-Lohnkosten (einschl. eigene u. fremde Leistg.) 18,34 Pf/m ³ $\cong 9,40 \text{ Pf/m}^3 \cdot \text{km Bandstraße}$ $\cong (53\%)$ ¹ <u><u>50%</u></u>	$8,19 \text{ Pf/m}^3 \cdot \text{km Bandstraße}$ $\cong \underline{\underline{47\%}}$
Energie (4,80 Pf/m ³) ¹ 1,84 Pf/m ³ Reparatur- und Hilfs- material <u>4,50 Pf/m³</u> Ges.-Material-Kosten (9,30 Pf/m ³) ¹ 6,34 Pf/m ³ ($\cong 4,77 \text{ Pf/m}^3 \cdot \text{km Bandstraße}$) ¹ $\cong 3,25 \text{ Pf/m}^3 \cdot \text{km Bandstraße}$ $\cong (27\%)$ <u><u>17%</u></u>	$3,12 \text{ Pf/m}^3 \cdot \text{km Bandstraße}$ $\cong \underline{\underline{18\%}}$
Ges.-Vergleichs- Transportkosten (34,46 Pf/m ³) ¹ 36,78 Pf/m ³ ($\cong 17,7 \text{ Pf/m}^3 \cdot \text{km Bandstraße}$) ¹ $\cong 18,9 \text{ Pf/m}^3 \cdot \text{km Bandstraße}$ ¹ umgerechnete Kosten	$17,50 \text{ Pf/m}^3 \cdot \text{km Bandstraße}$

4 m/s, Achsabstand der Bandstraße \varnothing 325 m, Gesamtbandstraßenlänge 1950 m, Förderhöhe 20 bis 25 m), mit der ein direkter Vergleich der Rechenvarianten nicht ohne weiteres möglich ist. Auf Grund der Anordnung der Bandstraßen (zwei Bagger- und zwei Absetzer-Bandstraßen) eignen sich die spezifischen Transportkosten der Dimension Pf/m³ · km Förderlänge für einen Vergleich nicht. Die spezifischen Vergleichs-Transportkosten werden daher in der Dimension Pf/m³ · km Bandstraße errechnet. Für den Vergleich werden die von SCHARF angegebenen Werte der Monate Mai bis September 1953 herangezogen. An diesen Werten (in der Gegenüberstellung in Klammern gesetzt) sind zum Teil Korrekturen erforderlich, um die Vergleichsfähigkeit mit den gerechneten Transportvarianten zu gewährleisten:

1. die Abschreibungskosten müssen etwa verdoppelt werden, weil die Anlagekosten unserer Bandstraßen etwa im gleichen Verhältnis teurer sind,
2. die Energiekosten sind für 20 bis 25 m Hochförderung bei einem Preis von 5,5 Pf/kWh angegeben; sie werden auf söhliche Förderung bei 2,5 Pf/kWh umgerechnet (Tabelle 9).

Sowohl in der absoluten Größe als auch in der Zusammensetzung der Kosten ist eine gute Übereinstimmung vorhanden.

REICHERT [28] hat 1959 die Kosten der Versuchsstrossenbandanlage Müheln ermittelt (Gurtbreite 1600 mm, Förderleistung $4,06 \cdot 10^6$ m³/Jahr, 500 bzw. 750 m Achsabstand). Bezogen auf eine Gurtgeschwindigkeit von 5 m/s wurde die Bandstraße leistungsmäßig nur zu 15% ausgelastet, so daß ein Kostenvergleich kaum möglich ist. Bei vorgenannter Auslastung wurden Kosten von 25,9 Pf/m³ · km festgestellt. Die Transportvariante mit einer Gurtbreite von 1600 mm (Gurtgeschwindigkeit = 5 m/s, leistungsmäßige Auslastung $\eta_L = 0,62$, Förderleistung = $17 \cdot 10^6$ m³/Jahr) besitzt spezifische Vergleichs-Transportkosten von 6,5 Pf/m³ · km. Die Versuchsstrossenbandanlage Müheln dürfte bei gleicher Förderleistung ähnliche Kosten erreichen, wenn

1. nach Überwindung der Anlaufschwierigkeiten die Arbeitskräfte für Hilfsleistungen von 12 auf 8 bis 9 Mann/Tag und km Bandstraße reduziert werden,
2. und bei Verbesserung der leistungsmäßigen Auslastung der Bandstraße 75% der Kosten konstant bleiben (Abschreibungen, Leistungs- und Zeitgrundlohn sowie Gemeinkosten) und die restlichen Kosten (Strom, Hilfsmaterial, Reparaturkosten) halb so schnell wachsen wie die Leistung, d. h., daß sie sich im vorliegenden Fall bei einer Leistungssteigerung auf das Vierfache etwa verdoppeln.

Wie aus den vorstehenden Erörterungen ersichtlich wird, können die Kosten der Versuchsstrossenbandanlage Müheln nicht zur Begründung der Höhe der errechneten Kosten der Transportvarianten herangezogen werden.

4.3. Gegenüberstellung der Vergleichs-Transportkosten bei Zug- und bei Bandförderung

Der Vergleich zwischen Zug- und Bandförderung erfolgt mit den jeweils niedrigsten spezifischen Vergleichs-Transportkosten, also bei überwiegend nichtbindigen Böden, ohne Steineinlagerungen. Die Bandförderung ist mit $\eta_{Lmax} = 0,7$ gerechnet.

Unter diesen Voraussetzungen setzen sich die Vergleichskosten etwa wie folgt zusammen (siehe Anlage 2 und Anlage 3):

	Lohnkosten [%]	Abschreibung [%]	Materialkosten [%]
Zugförderung ca. oder ganz grob	65 — 45 $> \frac{1}{2}$	20 — 28 $\sim \frac{1}{4}$	15 — 27 $< \frac{1}{4}$
Bandförderung ca. oder ganz grob	43 — 25 $\sim \frac{1}{3}$	37 — 40 $> \frac{1}{3}$	20 — 35 $< \frac{1}{3}$

Bei Zugförderung sind die Lohnkosten die Hauptkostenposition, während bei Bandförderung, wenn auch nicht so ausgeprägt, diese Position die Abschreibungen einnehmen. (Erhöhungen der Anlagekosten der Bandanlagen von 1959 bis 1963 um etwa 100% führen z. Z. zur Erhöhung des Anteils der Abschreibungen auf ca. 50% der Ges.-Transportkosten).

Die untersuchten Zuggarnituren sind in zwei Gruppen einzuteilen:

1. Zuggarnitur a (25-m³-Wagen), b und c (40-m³-Wagen), entsprechen der derzeitigen Ausrüstung in unseren Tagebauen und
2. Zuggarnitur d und e (96-m³-Wagen), sind die zur Zeit modernste Ausrüstung für Zugförderung.

Der Vergleich mit Bandförderung wird innerhalb der zwei Gruppen mit der jeweils wirtschaftlichsten Zuggarnitur durchgeführt. Die Zuggarnituren der ersten Gruppe werden der Bandförderung gegenübergestellt, obwohl im Abschnitt 4.1. die wirtschaftliche Überlegenheit der 96-m³-Wagen praktisch für den gesamten Leistungsbereich nachgewiesen wurde.

In Abb. 38 sind die spezifischen Vergleichs-Transportkosten für Zug- und Bandförderung bei 1,5 km Strossenlänge in Abhängigkeit von der Förderleistung dargestellt.

Bei 15 km Förderlänge — im Bild die untere Kurvenschar — erübrigt sich eine Diskussion, denn die Kurve für Bandförderung liegt im Gesamtleistungsbereich eindeutig oberhalb der Kostenkurven bei Zugförderung.

Bei Innenkippenbetrieb 2,8 km Förderlänge — in der Abb. die oberen Kurven — liegen nur im Zweibaggerbetrieb die Kosten der 40-m³-Wagen und die der 96-m³-Wagen bei Förderleistungen unter 4000 m³/h oberhalb der Kosten für die Bandförderung.

Zur Sicherung der Aussage wurden in Abb. 39 noch einmal die gleichen Beziehungen, aber bei 5 km Strossenlänge, dargestellt. Die Lage der Kurven zueinander ist grundsätzlich die gleiche wie bei 1,5 km Strossenlänge. Nur die Kurven der 96-m³-Wagen springen beim Übergang auf Bandförderung auf der Kippstrosse empfindlich nach oben, so daß bei kurzem Gesamt-Förderweg durch eine durchgehende Bandförderung günstigere spezifische Kosten erreicht werden.

Die Gegenüberstellung wird ergänzt, indem bei Zuförderung die möglichen Kostenerhöhungen durch Ermittlung des Zugbedarfs nach Rechenverfahren 2 (siehe Seite 36 ff) berücksichtigt werden. Der Vergleich wird nur für den Innenkippenbetrieb durchgeführt, weil hier die möglichen Kostenerhöhungen am stärk-

sten wirksam werden und eine Abgrenzung zwischen Zug- und Bandförderung für diesen Bereich besonders wichtig ist.

Im Einbaggerbetrieb ergeben sich wesentliche Verschiebungen nur bei 1,5 km Strossenlänge (Abb. 38). Der Kostenvorsprung der 40-m³-Wagen — nach Rechenverfahren 1 — wird ausgeglichen, so daß sich zwischen Zug- und Band-

spez. Transp.-Kost. [Pf/m³km]

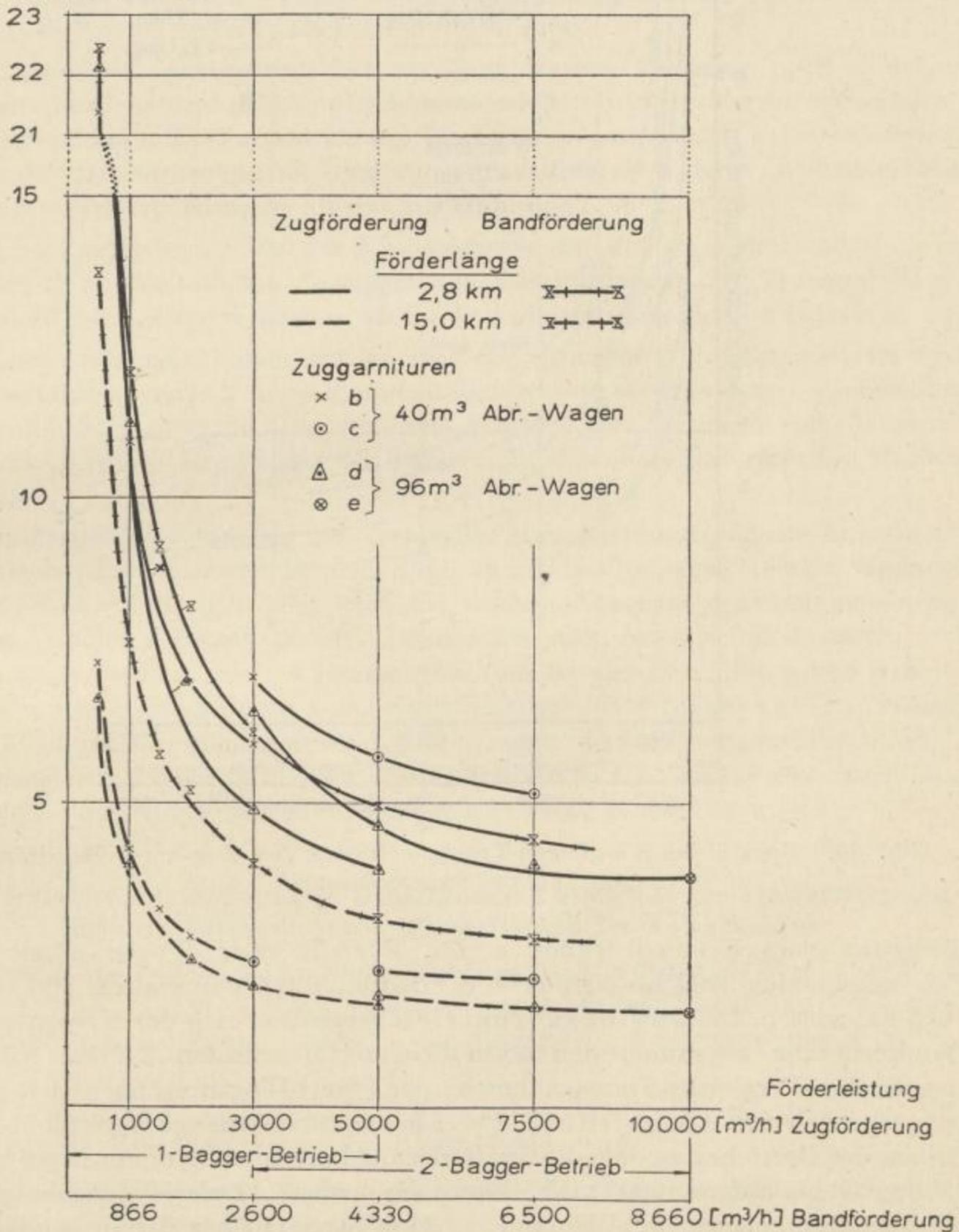


Abb. 38. Spezifische Vergleichs-Transportkosten bei Zug- und bei Bandförderung (1,5 km Strossenlänge)

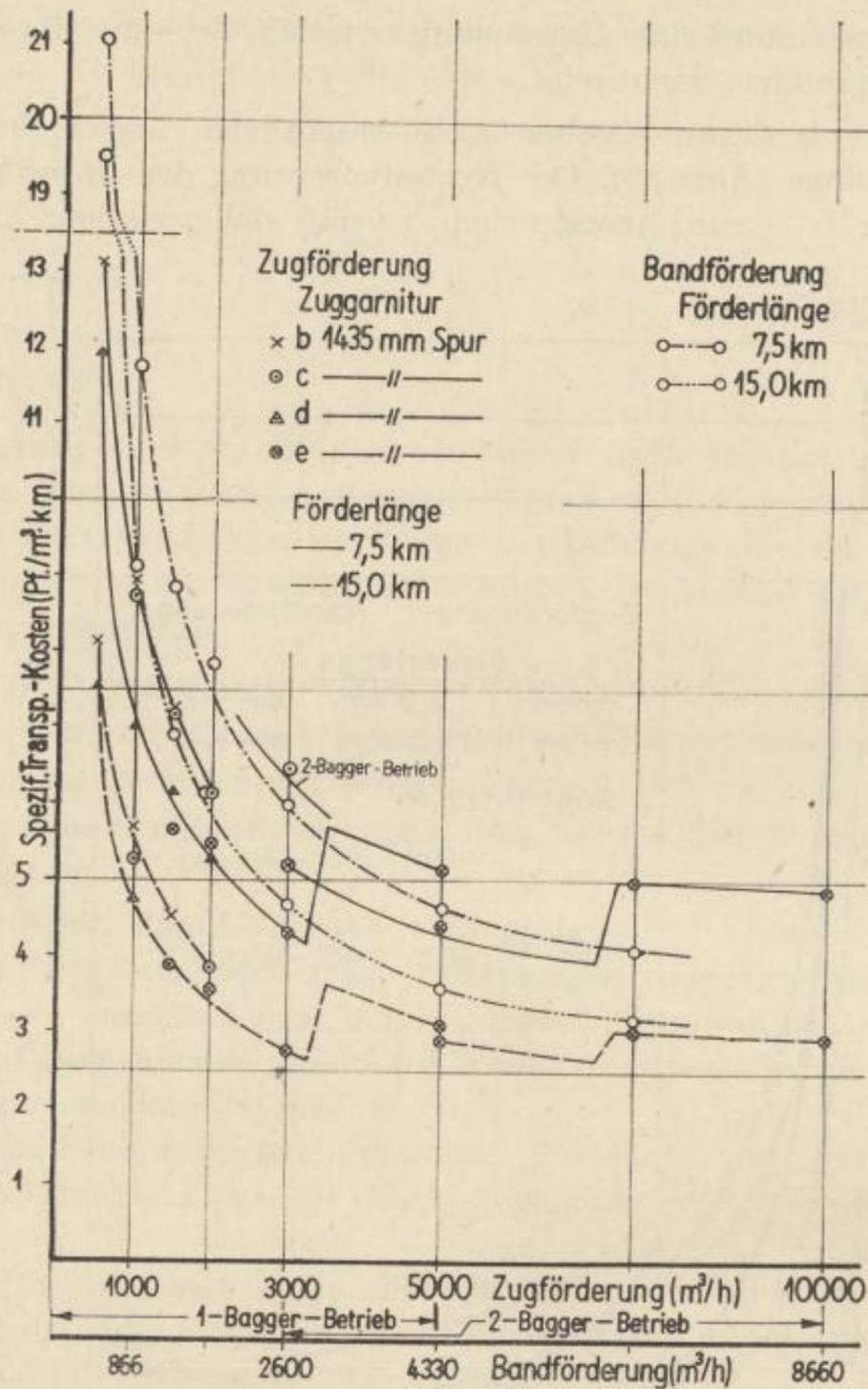


Abb. 39. Spezifische Vergleichs-Transportkosten bei Zug- und Bandförderung (5 km Strossenlänge)

förderung etwa Kostengleichheit ergibt. Für die 96-m³-Wagen würde sich im Leistungsbereich 2000 bis 5000 m³/h der Kostenvorsprung von ca. 20% auf etwa 10% reduzieren. Im Zweibaggerbetrieb vergrößert sich der Kostenvorteil der Bandförderung gegenüber den 40-m³-Wagen (Mehrkosten 3,6 bis 8,5%). Die spezifischen Vergleichs-Transportkosten der 96-m³-Wagen erhöhen sich im Zweibaggerbetrieb um 4,6 bis 10,5%. Bei 1,5 km Strossenlänge verschiebt sich die Grenze des Bereiches, in dem die Zugförderung kostenmäßig ungünstiger liegt, von 4000 m³/h bis auf ca. 6000 m³/h. Für noch größere Förderleistungen wird etwa Kostengleichheit erreicht. Während bei 3 km Strossenlänge der Kostenvorteil der 96-m³-Wagen im Zweibaggerbetrieb etwa aufgehoben wird, reduziert er sich bei 5 km Strossenlänge von etwa 5 bis 10% auf ca. 3 bis 5%.

Zusammenfassend kann also in bezug auf die Vergleichs-Transportkosten bei Innenkippenbetrieb festgestellt werden:

1. Beim Einsatz von 40-m³-Wagen liegt im Einbaggerbetrieb die Zugförderung im Vergleich zur Bandförderung kostenmäßig günstiger (bzw. etwa gleich), während im Zweibaggerbetrieb im untersuchten Bereich die Bandförderung niedrigere Kosten verursacht.
2. Beim Einsatz von 96-m³-Wagen werden im Einbaggerbetrieb bei Zugförderung niedrigere Kosten erreicht als bei Bandförderung.

Selbst im Zweibaggerbetrieb hat die Zugförderung allgemein noch niedrigere Kosten (bzw. es wird Kostengleichheit erreicht oder der Vorteil reduziert — Rechenverfahren 2). Nur bei 2,8 km Förderlänge und 1,5 km Strossenlänge erreicht die Bandförderung bei Leistungen unter 4000 m³/h (bzw. unter 6000 m³/h) niedrigere Transportkosten als die Zugförderung.

Wird bei Zugförderung auf der Kippenstrosse die Anlage einer Bandstraße erforderlich, so besitzt eine durchgehende Bandförderung bei Transportlängen bis ca. 10 km niedrigere Kosten als die kombinierte Zug-Band-Förderung.

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß die Ermittlung des Zugbedarfes nach Rechenverfahren 1 oder 2 keine grundsätzlich andere Abgrenzung zwischen Zug- und Bandförderung ergibt. Die weiteren Erörterungen beziehen sich daher bei Zugförderung auf die Ermittlung des Bedarfes an rollendem Material nach Rechenverfahren 1.

Nur unter Berücksichtigung der Vergleichs-Transportkosten ist die Abgrenzung der Wirtschaftlichkeitsbereiche der Zug- und Bandförderung relativ eindeutig gegeben. Weit schwieriger aber wird die weitere Abgrenzung, wenn neben den Vergleichs-Transportkosten die Arbeitsproduktivität und die Anlagekosten mitberücksichtigt werden. Die schwierige Situation bei der Gewinnung von Arbeitskräften für unsere neu aufzuschließenden Großtagebaue wird uns zwingen, größere Investitionen und in einem gewissen Umfang sogar höhere Transportkosten bei der Einrichtung der Bandförderung in Kauf zu nehmen, um eine — gegenüber Zugförderung — wesentlich höhere Arbeitsproduktivität zu erreichen.

4.4. Vergleich: Zugförderung — Bandförderung bezüglich der Transportkosten, der Arbeitsproduktivität (Form II) und der Anlagekosten

Um eine übersichtliche Darstellung zu ermöglichen, wurden die Werte bei Bandförderung ($\eta_{Lmax} = 0,7$) = 100% gesetzt. Untersucht wird also das Prozentverhältnis der Werte bei Zugförderung zu den Werten der Bandförderung.

4.4.1. Der Einfluß veränderter Betriebsbedingungen auf das Verhältnis Zugförderung zu Bandförderung

Gegenübergestellt wurde jeweils die günstigste Kostenermittlung (Zugförderung — überwiegend nichtbindige Böden; Bandförderung — Abraum ohne Steineinlagerungen) und im anderen Fall jeweils die ungünstigste Kostenermittlung (Zugförderung — überwiegend bindige Böden; Bandförderung — Abraum mit

starken Steineinlagerungen). Das Verhältnis der spezifischen Vergleichs-Transportkosten verändert sich durch die Gegenüberstellung der günstigsten oder der ungünstigsten Kosten nur wenig. Dagegen wird das Verhältnis der Arbeitsproduktivität bei der Gegenüberstellung der ungünstigsten Kostenermittlung in Abhängigkeit von der Strossenlänge um ca. 5 bis 20% für Zugförderung — im Vergleich zur Bandförderung — schlechter, als bei Gegenüberstellung der günstigsten Kostenermittlung.

Die graphische Auswertung erfolgt mit den jeweils günstigsten Kosten — Bandförderung ($\eta_{L_{\max}} = 0,7$) = 100% — in Abhängigkeit von der Förderleistung und der Förderlänge. Entsprechend der Anzahl der untersuchten Leistungsstufen, der verschiedenen Förder- und Strossenlängen ergibt sich eine Vielzahl von Auswertungsdiagrammen. Zur Darstellung der wichtigsten Abhängigkeiten werden zwei charakteristische Diagramme herausgegriffen und im folgenden näher erläutert.

In Abb. 40 ist das Verhältnis Zugförderung zu Bandförderung in Abhängigkeit von der Förderleistung bei 4,8 km Förderlänge und 3 km Strossenlänge dargestellt. Im Einbaggerbetrieb, 40-m³-Wagen, Leistungsbereich von 500 bis 3000 m³/h, nimmt das Verhältnis Zugförderung zu Bandförderung bei den Transportkosten von 65 auf 95% und bei den Anlagekosten von 45 auf 75% zu, während die Arbeitsproduktivität von 90 auf 50% fällt.

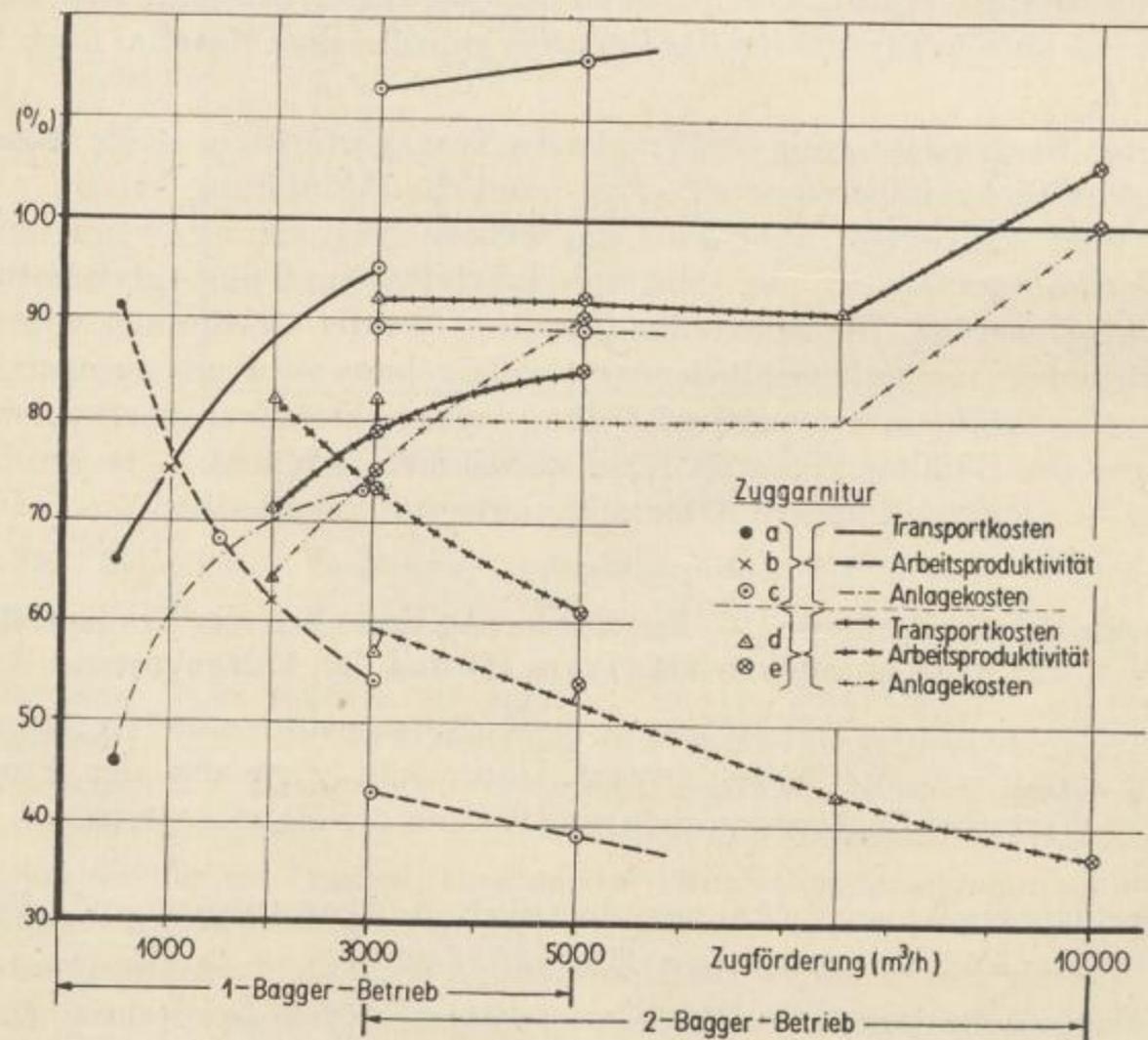


Abb. 40. Vergleich: Zugförderung — Bandförderung in Abhängigkeit von der Förderleistung (Förderlänge 4,8 km, Strossenlänge 3 km);
Werte bei Bandförderung ($\eta_{L_{\max}} = 0,7$) = 100% gesetzt

Im Einbaggerbetrieb, 96-m³-Wagen, Leistungsbereich von 2000 bis 5000 m³/h, nimmt das Verhältnis bei den Transportkosten von 70 auf 85% und bei den Anlagekosten von 65 auf 90% zu, während die Arbeitsproduktivität von 80 auf 60% fällt.

Bei den 40- und den 96-m³-Wagen wird das Verhältnis mit wachsender Förderleistung für Bandförderung immer günstiger. Wo nun jeweils der Schnitt zwischen Zug- und Bandförderung zu machen ist, ist nicht leicht zu entscheiden. Die Problematik sei für die Förderleistung von 3000 m³/h im Einbaggerbetrieb erläutert (Abb. 40).

Bei 40-m³-Wagen dürfte die Entscheidung bereits eindeutig zu Gunsten der Bandförderung ausfallen — denn die Zugförderung hat zwar 5% niedrigere Transportkosten und erfordert ca. 25% weniger Investitionen, aber, und das dürfte ausschlaggebend sein, die Arbeitsproduktivität beträgt gegenüber Bandförderung nur ca. 55%.

Stehen für die gleiche Transportaufgabe allerdings 96-m³-Wagen zur Verfügung, dann belaufen sich die Transportkosten nur auf ca. 80%, und die Anlagekosten liegen 25% niedriger, während die Arbeitsproduktivität gegenüber Bandförderung immerhin noch 73% erreicht.

Im Zweibaggerbetrieb dürfte bei den hier vorliegenden Förderbedingungen bei beiden Wagengrößen die Entscheidung zu Gunsten der Bandförderung ausfallen. Die Zugförderung besitzt bei 40-m³-Wagen Transportkosten von ca. 115% und erreicht nur 40% der Arbeitsproduktivität. Die 96-m³-Wagen weisen zwar nur reichlich 90% der Transportkosten aus, benötigen aber ca. 80% der Anlagekosten und erreichen nur ca. 50% der Arbeitsproduktivität bei Bandförderung.

Abweichend von den allgemeinen Abhängigkeiten verhalten sich lediglich die Verhältniskurven der Anlagekosten und, von diesen beeinflusst, auch die Vergleichs-Transportkosten bei 96-m³-Wagen im Bereich kleiner Strossenlängen (≤ 3 km). Diese Kurven fallen unter den oben skizzierten Voraussetzungen mit wachsender Leistung im Ein- und auch im Zweibaggerbetrieb zunächst etwas ab, um dann bei weiterem Leistungsanstieg konstant zu bleiben oder auch anzusteigen.

Trotz der aufgezeigten Besonderheiten bleibt die Feststellung, daß die Bandförderung mit wachsender Förderleistung gegenüber der Zugförderung immer vorteilhafter einzusetzen ist, grundsätzlich bestehen.

Wird das Verhältnis Zugförderung zu Bandförderung in Abhängigkeit von der Förderlänge aufgetragen, so ergeben sich bei verschiedenen Förderleistungen und Strossenlängen Kurven, die in der absoluten Größe der Werte zwar sehr voneinander abweichen, in ihrer Tendenz aber zeigen alle Kurven den gleichen Verlauf. Um die Abhängigkeiten deutlich zu machen, wird daher nur ein Diagramm bei 3000 m³/h Förderleistung und 1,5 km Strossenlänge für 40-m³-Wagen im Ein- und Zweibaggerbetrieb näher erläutert (Abb. 41). Eine Vergrößerung der Förderlänge von 2,8 auf 15 km verändert das Verhältnis Zugförderung zu Bandförderung wie folgt:

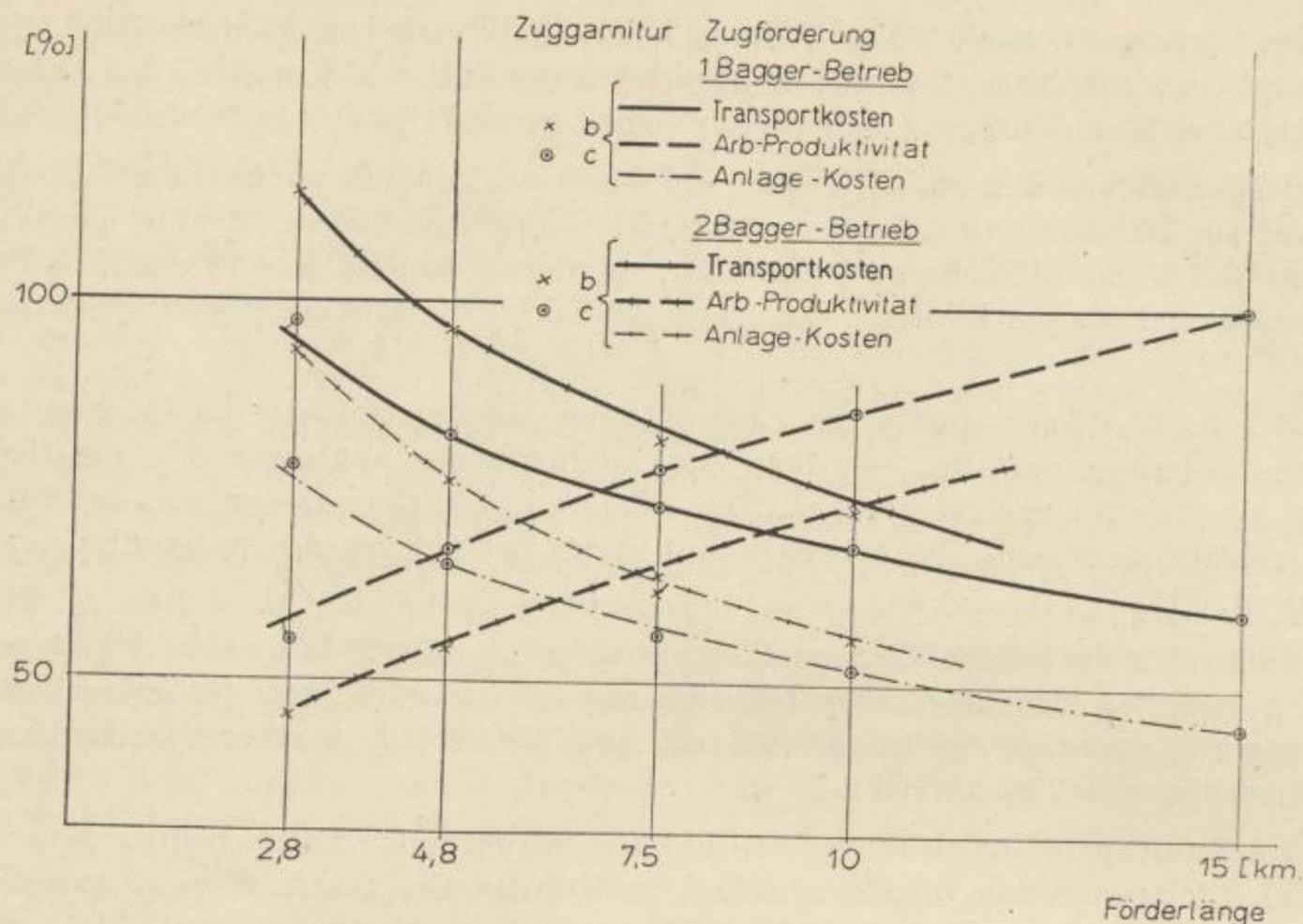


Abb. 41. Vergleich: Zugförderung — Bandförderung in Abhängigkeit von der Förderlänge (Förderleistung $3000 \text{ m}^3/\text{h}$, Strossenlänge $1,5 \text{ km}$);
Werte bei Bandförderung ($v_{L\text{max}} = 0,7$) = 100% gesetzt

die spezifischen Transportkosten fallen von ca. 95 bis 115% auf rund 60 bis 65%, und die Anlagekosten vermindern sich von etwa 85 bis 95% auf rund 45 bis 50%, während die Arbeitsproduktivität von 45 bis 55% auf etwa 90 bis 100% steigt.

Aus den Kurven ist klar ersichtlich, daß mit wachsender Förderlänge die Zugförderung immer vorteilhafter einzusetzen ist. Die Transport- und Anlagekosten werden bei Zugförderung im Verhältnis zur Bandförderung immer niedriger, und die Arbeitsproduktivität nähert sich den Werten bei Bandförderung.

4.4.2. „Volkswirtschaftlich begründeter Einsatz der Bandförderung“

Aus dem bisher Dargelegten wird ersichtlich, daß es im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich ist, die Bereiche der Zug- und Bandförderung eindeutig abzugrenzen, da hierzu eine Einschätzung der volkswirtschaftlichen Bedeutung der einzelnen Faktoren — Transportkosten, Arbeitsproduktivität und Anlagekosten — erforderlich ist. In bestimmten Bereichen höhere Transportkosten bei Bandförderung — trotz erheblicher Steigerung der Arbeitsproduktivität (lebendige Arbeit) gegenüber Zugförderung — zeigen, daß der Aufwand an Anlagekosten (vergegen-

ständigliche Arbeit) zu groß ist. Der Maschinenbau muß, entgegen der derzeitigen Tendenz, durch rationelle Großserienfertigung die Bandstraßen zu niedrigeren Kosten herstellen.

Um neben der Abgrenzung nur im Hinblick auf die Transportkosten noch einige grobe Richtwerte anzugeben, wurde unterstellt, daß bei Bandförderung z. Z. Transportkosten bis zu 120% gegenüber Zugförderung zugelassen werden.

Auf Grund des großen Arbeitskräftemangels werden wir Bandförderung bis etwa in diesen Bereich der Transportkosten durchführen müssen, um die höhere Arbeitsproduktivität zu erreichen. Darüber hinaus wurde der Prozentsatz so hoch gewählt, um die Unsicherheit der errechneten Werte — bedingt durch die Wahl bestimmter Annahmen und Voraussetzungen und die Genauigkeit der ermittelten Kennziffern — zu berücksichtigen. Die so festgelegten Einsatzmöglichkeiten für Bandförderung werden als „volkswirtschaftlich begründeter Einsatz für Bandförderung“ bezeichnet.

In Tabelle 10 sind die Grenzen der Bandförderung im Vergleich zum Zugbetrieb mit 40-m³-Wagen, und zwar gegliedert nach Ein- und Zweibaggerbetrieb, angegeben.

Tabelle 10. Volkswirtschaftlich begründeter Einsatz der Bandförderung gegenüber 40-m³-Abraumwagen — bis zu folgenden Förder- und Strossenlängen

Förderleistung [m ³ /h]	1000	1500	2000	3000	5000	7500	10000
Grenzstrossenlänge ¹							
Einbaggerbetrieb [km]	> 5	> 5	5	3	—	—	—
Bandförderung bis							
Förderlänge [km]	3,5	4,8	4,8	4,8	—	—	—
Strossenlänge [km]	2	≥ 3	≥ 3	1,5-3	—	—	—
Grenzstrossenlänge ¹							
Zweibaggerbetrieb [km]	—	—	—	5	4	2,4	—
Bandförderung bis							
Förderlänge [km]	—	—	—	7,5	10	10	10
Strossenlänge [km]	—	—	—	1,5-5	3-5	1,5-4	3-4
						1,5-2,4	

¹ Grenzstrossenlänge bei Zugförderung — bis zu 3 Beladegleise — Baggerstrosse

Im Vergleich zum Einbagger-Zugbetrieb ist Bandförderung nur im Innenkippenbetrieb, d. h., bei nur 4,8 km Förderlänge und 0,8 km stationärem Förderweg, für 3 km Strossenlänge bei einer Förderleistung ≥ 1500 m³/h einzusetzen. Die Arbeitsproduktivität steigt auf ca. 150%.

Im Vergleich zum Zweibagger-Zugbetrieb ist Bandförderung bis 7,5 und bei großer Strossenlänge sogar bis 10 km Förderweg anzuwenden. Die Arbeitsproduktivität erhöht sich sogar auf 150 bis 200%.

In Tabelle 11 sind unter gleichen Voraussetzungen die Grenzen im Vergleich zum Zugbetrieb mit 96-m³-Wagen angegeben.

Im Vergleich zum Einbagger- wie auch zum Zweibagger-Zugbetrieb kann Bandförderung im wesentlichen nur im Innenkippenbetrieb bei relativ kurzen Förderwegen und großen Förderleistungen vorteilhaft eingesetzt werden.

Es wird noch einmal betont, daß der vorgenommenen Abgrenzung vorgegebene Bedingungen zugrunde liegen, die zunächst nicht exakt begründet werden können, und daß daher die für Bandförderung angegebenen Bereiche nicht als etwas Endgültiges anzusehen sind.

Die Grenzen zwischen Zug- und Bandförderung können sich auch durch die Betriebsbedingungen wesentlich verschieben, z. B. wenn nicht, wie hier angenommen, für beide Transportarten die günstigsten Kosten gegeneinander gestellt werden können. Bei überwiegend nichtbindigen Böden mit starken Steineinlagerungen könnten für Zugförderung etwa die niedrigsten Transportkosten angesetzt werden, während bei Bandförderung die ungünstigsten Kosten — mit erhöhten Abschreibungssätzen — zu berücksichtigen sind. Andererseits würden sich die Verhältnisse bei überwiegend bindigen Böden zu Gunsten der Bandförderung verschieben, weil für die Fahrgleisunterhaltung erhöhte Aufwendungen erforderlich werden (die evtl. auftretende Verflachung der Kippenböschungen bei Bandförderung, durch Änderung der Konsistenz der Böden beim Transport, konnte kostenmäßig nicht erfaßt werden). Die erarbeiteten Kostentabellen ermöglichen auch für diese Fälle mit relativ geringem Aufwand eine entsprechende Abgrenzung der Wirtschaftlichkeitsbereiche zwischen Zug- und Bandförderung.

Tabelle 11. Volkswirtschaftlich begründeter Einsatz der Bandförderung gegenüber 96-m³-Abraumwagen — bis zu folgenden Förder- und Strossenlängen

Förderleistung [m ³ /h]	1000	1500	2000	3000	5000	7500	10 000
Grenzstrossenlänge ¹ Einbaggerbetrieb [km]	> 5	> 5	> 5	5	3	(4) ²	—
Bandförderung bis Förderlänge [km]	—	—	2,8	3,5	4,8	(15) ²	—
Strossenlänge [km]			1,5	2	≥ 3	≥ 4	
Grenzstrossenlänge ¹ Zweibaggerbetrieb [km]	—	—	—	> 5	> 5	4	(5) ²
Bandförderung bis Förderlänge [km]	—	—	—	4,8	7,5	7,5	10
Strossenlänge [km]				1,5-3	≥ 4	3-5	≥ 4
						3-4	≥ 5
							≥ 3
							≥ 4

¹ Grenzstrossenlänge bei Zugförderung — bis zu 3 Beladegleise — Baggerstrosse

² Grenzstrossenlänge bei Zugförderung — bis zu 4 Beladegleise — Baggerstrosse und Kippstrosse Bandförderung

Abschließend sind noch einige Bemerkungen zum Problem der Hoch- oder Abwärtsförderung der Massen zu machen. Grundsätzlich wurde bereits in der Einleitung festgestellt, daß die Bandförderung Höhenunterschiede mit geringerem Aufwand bewältigt als die Zugförderung. Das Problem der Hoch- oder Abwärtsförderung der Massen stellt eine komplizierte Frage dar, die für sich untersucht werden muß. Sind nicht zu große Höhenunterschiede zu überwinden — was allgemein im Innenkippenbetrieb unserer Tagebaue zutrifft — so sind große Kostenverschiebungen zwischen Zug- und Bandförderung nicht zu erwarten. Unter diesen Bedingungen könnte man die Kosten der söhlichen Bandförderung in erster Näherung als konstant ansetzen, und bei Zugförderung würden lediglich Mehrkosten durch einige Schiebeloks für den Steigungsbereich auftreten (der Zuginhalt muß konstant gehalten werden, wenn die abgeleiteten Kurven aussagefähig bleiben sollen).

Sind die vorgenannten Bedingungen durch unregelmäßige Ablagerungsverhältnisse oder große Höhenunterschiede nicht mehr einzuhalten, so müssen spezielle Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen über diese Förderprobleme durchgeführt werden.

5. Schlußfolgerungen für den künftigen Einsatz der Zug- und der Bandförderung im Abraumbetrieb der Braunkohlentagebaue

Die letzte Entscheidung, ob in unseren neu aufzuschließenden Tagebauen Zug- oder Bandförderung eingerichtet wird, kann nur in Gegenüberstellung der 96-m³-Wagen mit der Bandförderung erfolgen. In diesem Zusammenhang ist zu entscheiden, ob die Entwicklung von 96-m³-Wagen (oder Wagen eines ähnlichen Fassungsvermögens) notwendig ist oder ob sofort zur Bandförderung überzugehen ist.

Zunächst aber sind noch einige Bemerkungen zu der zur Zeit in der Deutschen Demokratischen Republik vorhandenen Tagebauausrüstung bei Zugförderung zu machen. Die 25-m³-Wagen auf Schmalspur sind als technisch und wirtschaftlich überholt zu betrachten, d. h., die 900-mm-Spur ist für Tagebauneuaufschlüsse im Abraumzugbetrieb nicht mehr einzusetzen. Darüber hinaus ist für alle Schmalspur-Zugbetriebe, die noch über eine entsprechende Lebensdauer verfügen, zu prüfen, ob ein Umbau auf Normalspur durchzuführen ist, oder ob sofort der Übergang auf Bandförderung zweckmäßig ist. Der Übergang auf Bandförderung würde zwar eine maximale Steigerung der Arbeitsproduktivität gestatten, die Transportkosten erreichen aber gegenüber Normalspur-Zugförderung mit 40- oder gar mit 96-m³-Wagen allgemein nur dann eine vertretbare Höhe, wenn die Massen im Innenkippenbetrieb verstürzt werden und über eine Bandstraße mindestens 3000 bis 5000 m³/h abgefördert werden.

Die 40-m³-Wagen (Normalspur) erreichen bei Förderleistungen bis etwa 2000 m³/h im Einbaggerbetrieb vertretbare technisch-wirtschaftliche Kennziffern. Nur für diesen Leistungsbereich dürfte sich die Entwicklung größter Abraumwagen kaum lohnen.

Für Förderleistungen von etwa 2000 bis 4000 m³/h im Einbaggerbetrieb sind die 96-m³-Wagen im allgemeinen allen anderen Transportmöglichkeiten überlegen. Es muß überprüft werden, in welchem Umfang in Zukunft Transportaufgaben in diesem Leistungsbereich durchzuführen sind und damit im Zusammenhang, ob es notwendig ist, Wagen dieses Größentyps zu entwickeln. Hierbei muß gleichzeitig berücksichtigt werden, daß eine wachsende Förderlänge, z. B. Massentransport zur Außenkippe, die Kennziffern zugunsten der Zugförderung verschiebt.

Der Bandförderung bleibt im wesentlichen der Leistungsbereich über 3000 m³/h im Innenkippenbetrieb vorbehalten. Hinsichtlich der Transportkosten sind zwar auch in diesem Bereich gegenüber den 96-m³-Wagen kaum Vorteile zu erwarten; auch die Anlagekosten sind allgemein höher als bei Zugförderung, aber — und das dürfte entscheidend sein — die Arbeitsproduktivität kann wesentlich gesteigert werden. Die hier aufgezeigten Gesichtspunkte müssen bei der Projektierung neuer Tagebaue oder der Rekonstruktion bereits fördernder Betriebe entsprechende Beachtung finden.

Abschließend sei noch einmal darauf hingewiesen, daß nur die reinen Transportkosten bei horizontaler Förderung — ohne Gewinnung und Verkippung — ermittelt wurden und daß alle Vergleiche zwischen Zug- und Bandförderung unter völlig gleichen Voraussetzungen durchgeführt wurden.

Die Grenze zwischen Zug- und Bandförderung wird wesentlich verschoben, wenn Zugförderung im Schwenkbetrieb durch Bandförderung bei Parallelbetrieb mit kürzerer Strossenlänge (— gleicher Abbaufortschritt und Kohlenvorrat —) ersetzt werden kann. Ein Kostenvergleich muß dann über die absoluten Transportkosten [Pf/m³] durchgeführt werden, weil unterschiedliche Förderlängen vorliegen. Für den Fall, daß an Stelle eines Zugbetriebes im Schwenkbetrieb mit 5 km Strossenlänge, bei Bandförderung im Parallelbetrieb mit 3 km Strossenlänge gearbeitet werden kann, soll eine kleine Gegenüberstellung den Einfluß der unterschiedlichen Strossenlängen zeigen (bei gleicher stationärer Förderlänge).

Tabelle 12

Förderleistung 1500 m ³ /h				Förderleistung 3000 m ³ /h			
Zug- gar- niture	Transportkosten		Ver- hältnis ¹ [%]	Zug- gar- niture	Transportkosten		Ver- hältnis ¹ [%]
	Zug- förderung [Pf/m ³]	Band- förderung [Pf/m ³]			Zug- förderung [Pf/m ³]	Band- förderung [Pf/m ³]	
I	b	54,4	82	e	32,4	44,9	72
	e	43,5	64				
II	b	54,4	127	e	32,4	28,7	113
	e	43,5	102				

¹ Verhältnis der Transportkosten bei Zugförderung zu den Kosten bei Bandförderung.

Zugförderung: Einbaggerbetrieb — I und II — Schwenkbetrieb

Strossenlänge 5 km.
Förderlänge 7,5 km,

Bandförderung: I Schwenkbetrieb

Strossenlänge 5 km,
Förderlänge 7,5 km,

II Parallelbetrieb

Strossenlänge 3 km,
Förderlänge 4,8 km.

Während unter gleichen Voraussetzungen (I) die Zugförderung niedrigere Kosten verursacht, erreicht die Bandförderung bei kürzerer Strossenlänge (und gekoppelt damit kürzerer Förderlänge) niedrigere Transportkosten als die Zugförderung mit 96-m³-Wagen (II).

In den Fällen, in denen bei Bandförderung mit kürzerer Strossenlänge gearbeitet werden kann, erlangt diese Fördermethode in einem großen Bereich Kostenvorteile gegenüber der Zugförderung. Die Erfüllung der vorgenannten Bedingung ist aber nicht allgemein gegeben, so daß aus den errechneten spezifischen Vergleichs-Transportkosten [Pf/m³ · km] im entsprechenden Fall die jeweiligen Transportkosten [Pf/m³] ermittelt werden müssen.

Soll für ein bestimmtes Feld entschieden werden, ob Zug- oder Bandförderung angewandt wird, so sind neben den reinen Transportkosten auch die sonstigen Kostenveränderungen — bedingt durch die Anwendung der einen oder der anderen Fördermethode — zu berücksichtigen. Bei Zugförderung z. B. treten bei Baggerung im Blockbetrieb Kostenerhöhungen durch die Verluste bei Arbeit am Strossenende auf; beim Zweibaggerbetrieb sind durch den Einsatz von zwei Absetzern gegenüber Bandförderung höhere Verkipplungskosten zu erwarten. Ganz allgemein kann erwartet werden, daß die Verhaldung bei Bandförderung niedrigere Kosten verursacht als bei Zugförderung.

Zu berücksichtigen sind auch die Aufschlußkosten, die in ihrer Höhe unter Umständen wesentlich von der Fördermethode beeinflußt werden.

Der Verfasser ist sich darüber im klaren, daß die vorliegende Erstarbeit auf diesem Gebiete nicht alle Fragen der Zug- und Bandförderung lösen kann. Zur abschließenden Klärung des Anwendungsbereiches des Zug- und des Bandbetriebes muß insbesondere die Hochförderung untersucht werden, und die Kostenveränderungen, bedingt durch die Anwendung der einen oder der anderen Fördermethode vor allem im Aufschluß und in der Gewinnung und Verkipplung, bedürfen einer genauen Analyse. Trotzdem dürften die vorliegenden Untersuchungen als Richtwerte für die Beurteilung der Zug- und Bandförderung von Bedeutung sein.

Es ist mir ein besonderes Bedürfnis, an dieser Stelle allen denen zu danken, die mit Rat und Tat den Fortgang der Arbeit unterstützten. Herrn Prof. Dr.-Ing. HÄRTIG bin ich zu ganz besonderem Dank verpflichtet, und zwar nicht nur im Hinblick auf seine wertvollen Anregungen und Hinweise, sondern auch dafür, daß ich die Möglichkeit erhielt, die sehr umfangreiche Arbeit im Institut für Tagebaukunde durchzuführen. Für wichtige Hinweise bei der endgültigen Abfassung der Arbeit möchte ich auch Herrn Prof. Dr.-Ing. HOLLWEG bestens danken. Weiterhin möchte ich allen Mitarbeitern des Institutes danken, die mich jederzeit nach besten Kräften unterstützt haben.

Nicht zuletzt gilt mein besonderer Dank allen Kollegen in den Tagebauen, Werkleitungen und VVB, in den Projektierungsbüros und Maschinenbaubetrieben, die allgemein mit großem Verständnis für die Probleme und oft mit erheblichem Arbeitsaufwand die gewünschten Unterlagen zusammengestellt haben. Für ihre wirklich vorbildliche Unterstützung bei der Beschaffung von Betriebsunterlagen möchte ich hier stellvertretend für alle die volkseigenen Betriebe BKW Lauchhammer, das BKW „Glückauf“ in Knappenrode, die ZW Welzow, das BKW „Einheit“ in Bitterfeld und das BKW Profen nennen.

LITERATUR

- [1] AGUSHEW, W. A., und GLADYSHEW, J. R.: Neue leistungsfähige Bandanlagen mit Gelenkrollen für den Kohlentagebau. *Ugol* (1959) 4, S. 30—32.
- [2] ARNOLD, W.: Entwicklung und Bedeutung der Bandförderung für den Massentransport in Braunkohlentagebauen. *Freib. Forsch.-H. A* 175 (1960).
- [3] ASSMANN, A. W.: Belt-haulage economics. *Coal Age* 65 (1960) 10, S. 112—116.
- [4] BAHR, J.: Probleme der Gurtpflege. *Bergbautechnik* 9 (1959) 4, S. 193—200.
- [5] BAHR, J.: Gurtbandförderer im Bergbau. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin, 1959.
- [6] BASSET, J. W.: Major factors in belt conveyor haulage. *Mining Congress Journal*. (1958) 3, S. 75—76.
- [7] BLANK, R., MORDSTEIN, W., und WIERZYK, G.: Die Bandanlagen im Tagebau Frechen. *Braunkohle, Wärme u. Energie*, 11 (1959) 11, S. 429—456.
- [8] BURDACH, E.: Aufschlußarbeiten und Betriebserfahrungen mit Bandanlagen im Tagebau Victor der Victor Rolff KG. Bottenbroich (Bez. Köln). *Braunkohle, Wärme u. Energie*, 10 (1958) 13/14, S. 273—282.
- [9] CIESIELSKI, R.: Zugkraftmessungen und Messungen der Fahrzeugwiderstände an einigen in Braunkohlentagebauen eingesetzten Lokomotiven und Wagen. *Freib. Forsch.-H. A* 167 (1960) S. 48—69.
- [10] FLEISCHER, R.: Wirtschaftliche Betrachtungen der Bandförderung in Abraumvorschmittbetrieben von Großtagebauen mit starkmächtigem Deckgebirge. *Bergbautechnik* 6 (1956) 10, S. 517—528; 11, S. 572—583; 12, S. 629—638.
- [11] FLEISCHER, R.: Technologie und Wirtschaftlichkeit der Fördermethoden in Tagebauen. *Bergbautechnik* 11 (1961) 2, S. 71—77.
- [12] GÄRTNER, E.: Die Einführung eines schwereren Schienenprofils und die technische Entwicklung der Oberbaugestaltung im Braunkohlentagebaubetrieb. *Braunkohle, Wärme u. Energie* 5 (1953) 1/2, S. 1—12; 3/4, S. 49—60.
- [13] HÄRTIG, H.: Ergebnisse von Betriebs- und Laboratoriumsversuchen an Gurtförderbändern. *Braunkohle* 31 (1932) 15, S. 245ff.
- [14] HÄRTIG, H.: Neuere Untersuchungen an Gurtförderbändern. *Braunkohle* 32 (1933) 14, S. 214ff.
- [15] HÄRTIG, H.: Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiet der Materialwirtschaft und des Handwerkerwesens im Braunkohlenbergbau. *Braunkohle* 31 (1932) 27, S. 481ff.
- [16] HÄRTIG, H.: Stand und Entwicklung der Bandtechnik im Braunkohlentagebau. *Freib. Forsch.-H. A* 21 (1954).
- [17] HÄRTIG, H., und GRESSMANN, M.: Braunkohlen-Tagebaukunde. 6. und 8. Lehrbrief, Bergakademie Freiberg — Fernstudium 1955/57.
- [18] HOLLWEG, G.: Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen über die Schrägbandanlage Müheln und wirtschaftlicher Vergleich mit anderen möglichen Abbauverfahren. *Freib. Forsch.-H. A* 129 (1959), S. 37—64.
- [19] HOLLWEG, G.: Die Wirtschaftlichkeit der in unseren Tagebauen möglichen Arbeitsverfahren. *Freib. Forsch.-H. A* 135 (1959), S. 43—59.
- [20] KONOWALOW, W. S.: Hauptförderung mit Hilfe von Bandanlagen und Seilbahnen. Mechanisierung, Moskau (1958) 9, S. 22—25.
- [21] KÖTTGEN: Zur Frage der konstruktiven Ausbildung von Materialaufgabestellen bei Bandförderanlagen. *Braunkohle, Wärme u. Energie* 10 (1958) 7/8, S. 158ff.

- [22] KREJCIK, O.: Möglichkeit der Benutzung von Bandförderern in Tagebauen. *Uhli* (1957) 6, S. 190—195.
- [23] MATSCHAK, H.: Die Starkholzgleisroste von Tagebaugeräten unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Holzeinsparungs- und Holzschutzmaßnahmen. *Bergbautechnik* 3 (1953) 6, S. 267—275; 7, S. 351—358.
- [24] METCALFE, C. M., und PENTRICE, G. A. R.: Conveyor Belting in Canada. *Canadian Mining Journal* (1958) 3, S. 65—70.
- [25] MÜLLER, W.: Der Fördergurt im Bergbau. *Fördern und Heben* 8 (1958) 9, S. 525 bis 532.
- [26] MULLIGAN, E. H.: Open Pit Conveyors at Steep Rock Iron Mines. *Mining Congress Journal* (1958) 1, S. 24—28.
- [27] POHL, O.: Gummigurttförderer ersparen Millionen. *Mistri Hornicki Práce* 3 (1958) 12, S. 266—268.
- [28] REICHERT, H.: Die ökonomischen Ergebnisse der Abraumförderung mit Bandanlagen im Tagebau Muehlen und die Bestimmung technisch-wirtschaftlicher Kennziffern als Projektierungsgrundlage. Dipl.-Arbeit an der Karl-Marx-Universität, Leipzig.
- [29] RÜPPEL, A.: Leistungs- und Wirtschaftlichkeitsbereiche im Tagebaufahretrieb. *Braunkohle, Wärme u. Energie* 5 (1953) 23/24, S. 498—503.
- [30] SCHARF, W.: Die Bandanlagen der Bayrischen Braunkohlen-Industrie A.-G. *Braunkohle, Wärme u. Energie* 5 (1953) 5/6, S. 75—83.
- [31] SCHARF, W.: Neuere Erfahrungen mit Bandstraßen der Bayrischen Braunkohlen-Industrie A.-G., Schwandorf. *Braunkohle, Wärme u. Energie* 6 (1954) 13/14, S. 249—257.
- [32] SITKO, A.: Der Einsatz verschiedener Transportmittel für Kohle in Tagebauen. *Przeglad Gorniczy*, 13 (1957) 11, S. 555—559.
- [33] STEFFENHAGEN, A.: Technische und wirtschaftliche Untersuchungen über die Baggerschwellen im deutschen Braunkohlenbergbau. Dissertation, Verlag von Wilhelm Knapp, Halle (Saale) 1939.
- [34] STUMPF, K.: Erfahrungen mit Bandtransport im Steinbruch. *Zement — Kalk — Gips*, 10 (1957) 11, S. 461—465.
- [35] THIEME, J.: Schwerpunkt des Elektroenergiebedarfs bei der Gewinnung und Veredelung der Braunkohle. *Freib. Forsch.-H. A* 175 (1960).
- [36] THIEME, S.: Die Wirtschaftlichkeit des Stetigförderers für den Erztransport vom Nordseehafen Wilhelmshaven zur Eisenhüttenindustrie des Ruhrgebietes. Dissertation TH Aachen (1960).
- [37] VIERLING, A.: Zur Theorie der Bandförderung. *Continental Transportbanddienst* Nr. 8 (1956).
- [38] VIERLING, A., und OEHME, H.: Messungen an Förderbandanlagen. Untersuchungsergebnisse und qualitative Folgerungen. *Braunkohle, Wärme u. Energie* 10 (1958) 15/16, S. 313—326.
- [39] VIERLING, A.: Quantitative Folgerungen aus Förderbandmessungen — Ergänzungen der Berechnungsgrundlagen. *Braunkohle, Wärme u. Energie*, 11 (1959) 7, S. 253—259.
- [40] VIERLING, A.: Ergebnisse weiterer Messungen an Förderbandanlagen. *Braunkohle, Wärme u. Energie* 13 (1961) 2, S. 41—52.
- [41] WASSILJEW, M. W.: Bandförderung im Kohlentagebau des Urals. *Ugol* (1959) 1, S. 24—28.
- [42] MEISCHNER, H.: Durch verbesserte Mechanisierung der Gleisunterhaltungsarbeiten zur maximalen Steigerung der Arbeitsproduktivität. *Bergbautechnik* (1959) 8, S. 423ff.

ANLAGE 1. BERECHNUNGSGRUNDLAGEN

Berechnung spezifischer Vergleichs-Transportkosten (in Pf/m³ · km) bei söhlicher Förderung (ohne Gewinnung und Verkipfung) und der Arbeitsproduktivität (in m³ · km pro Mann und Schicht) bei Zug- und Bandförderung.

Aufteilung der Kalendertage	365 Tage/Jahr
Feiertage	7 Tage/Jahr
Generalreparaturen	25 Tage/Jahr
Rest	333 Tage/Jahr
davon 10% für Planreparaturen	33 Tage/Jahr
verfügbare Arbeitstage	300 Tage/Jahr

(Zur Vereinheitlichung und Vereinfachung der Rechnung werden alle Kosten, Leistungen usw. auf 365 Kalendertage bezogen).

I. Anlage- und Abschreibungskosten¹

Zugförderung

Anzahl der von einer Lokomotive zu ziehenden Wagen [9]:

n	$=$	$\frac{G_L (f_r - w_s - w_B - w_K)}{(G_W + L) \cdot (w_F + w_s + w_B + w_K)}$	
G_L	$=$	Last der Lokomotive	[Mp]
f_r	$=$	Haftreibungskoeffizient zwischen Triebrod und Schiene	$= 240 \text{ kp/Mp}$
w_s	$=$	spezifischer Steigungswiderstand (max. Steigung 1 : 150, $w_s =$ Anstieg der Steigung in ‰)	$= 6,7 \text{ kp/Mp}$
w_B	$=$	spezifischer Beschleunigungswiderstand ($w_B = 0,1 \cdot b$ und $b_{\text{mind.}} = 0,05 \text{ m/s}^2$)	$= 5,5 \text{ kp/Mp}$
w_K	$=$	spezifischer Krümmungswiderstand (maßgebende Steigung in der Geraden, d. h., bei Krümmungen in der Steigung wird diese so vermindert, daß $\Sigma W = \text{konstant}$)	$w_K = \frac{153 \cdot S + 100 \cdot A}{R}$
		$S =$ Spurweite	[m]
		$A =$ Mittelwert aller Achsstände	[m]
		$R =$ Krümmungsradius	[m]
G_W	$=$	Totlast eines Wagens	[Mp]
L	$=$	Nutzlast eines Wagens	[Mp]
		Dichte des gewachsenen Bodens	$= 1,8 \text{ t/m}^3$ (angenommen)
w_F	$=$	spezifischer Fahrzeugwiderstand der Wagen (Wälzlager)	$= 2,5 \text{ kp/Mp}$

¹ Preisbasis 1958

Grenzstrossenlänge

baggerseitig: $l_{\max B} = v_m \cdot \left(500 \cdot \frac{V_Z}{Q} - \frac{t_W}{7,2} \right)$ (2 Beladegleise) nach GRAEBING
(Abb. 10)

kippenseitig: $l_{\max K} = v_m \cdot \left(500 \cdot \frac{V_Z}{Q_Z} - \frac{t_W + t_K}{7,2} \right)$ (eingleisige Zufahrt)
(Abb. 11)

$l_{\max B}$	= Grenzstrossenlänge baggerseitig (bei Überschreitung: größere Zuggarnituren oder mehr Beladegleise)	[m]
$l_{\max K}$	= Grenzstrossenlänge kippenseitig bei Überschreitung: größere Zuggarnituren oder Einbau von Strossenweichen)	[m]
v_m	= mittlere Fahrgeschwindigkeit auf der Strosse Annahme: \varnothing 200 m/min bei 900 mm Spur \varnothing 250 m/min bei 1435 mm Spur	[m/min]
V_Z	= Zuginhalt	[m ³]
Q	= baggerseitiger Massenstrom	[m ³ /h]
Q_Z	= vom Zugbetrieb der Kippe zeitweilig zugeführter Massenstrom $Q_Z = Q \cdot 1,1$ (Zugbetrieb gegenüber Bagger 10% Leistungsreserve)	[m ³ /h]
t_W	= Wartezeit (Signalstellzeit usw.)	60 s
t_K	= Kippzeit	240 s

$$\frac{l_{\max K}}{l_{\max B}} = \frac{v_m \cdot \left(500 \cdot \frac{V_Z}{Q_Z} - \frac{t_W + t_K}{7,2} \right)}{v_m \cdot \left(500 \cdot \frac{V_Z}{Q} - \frac{t_W}{7,2} \right)} = 0,9 - \frac{t_K - 0,1 t_W}{3600 \cdot \frac{V_Z}{Q} - t_W} = \psi$$

(Bild 12)

$$l_{\max K} = l_{\max B} \cdot \left(0,9 - \frac{\text{Kippzeit} - 0,1 \text{ Wartezeit}}{\text{Baggerzeit} - \text{Wartezeit}} \right)$$

$$l_{\max K} = l_{\max B} \cdot \psi$$

Bedarf an rollendem Material

n	= $\frac{T_b}{t_B}$ [Stück] Zugbedarf	
T_b	= Bestfahrspiel (Strossenende zu Strossenende)	[min]
T_b	= $t_B + 2 t_{F_{\text{stat.}}} + 2 t_{FB} + 2 t_{FK} + t_K + t_W$	
t_B	= Baggerzeit	[min]
$2 t_{F_{\text{stat.}}}$	= Voll- und Leerfahrtzeit auf stat. Gleisen	[min]
$2 t_{FB}$	= Voll- und Leerfahrtzeit auf der Baggerstrosse	[min]
$2 t_{FK}$	= Voll- und Leerfahrtzeit auf der Kippenstrosse	[min]
$t_{FB} \approx t_{FK}$	da die mittlere Fahrgeschwindigkeit und die Strossenlängen gleich angenommen werden	
t_K	= Kippzeit (4 min/Zug angenommen)	[min]
t_W	= betriebsbedingte Wartezeiten = 0	[min]

angenommene mittlere Fahrgeschwindigkeiten:

Fahrweg	900-mm-Spur	1435-mm-Spur
bewegl. Gleise > 1 km	200 m/min $\hat{=}$ 12 km/h	250 m/min $\hat{=}$ 15 km/h
stat. Gleise < 2 km	250 m/min $\hat{=}$ 15 km/h	333 m/min $\hat{=}$ 20 km/h
stat. Gleise. ≥ 2 km ≤ 5 km	333 m/min $\hat{=}$ 20 km/h	417 m/min $\hat{=}$ 25 km/h
stat. Gleise > 5 km	417 m/min $\hat{=}$ 25 km/h	500 m/min $\hat{=}$ 30 km/h

Anzahl der Weichen:

Der Bedarf an Weichen wird an Hand schematisch entworfener Baggerstrossen- und Kippenstrossen-Bahnhöfe unter Berücksichtigung zusätzlicher Ausweichmöglichkeiten ermittelt.

Anlagekosten (nach Angaben des VEB PKB Kohle, Berlin):

	900-mm-Spur		1435-mm-Spur	
Elok	75 t à 290 TDM	100 t à 426 TDM	150 t à 500 TDM	
Abraumwagen	25 m ³ à 37,5 TDM	40 m ³ à 65,5 TDM	96 m ³ à 130 TDM	
Fahrgleise				
Schienenprofil	S 49	S 49	S 64	
bewegl. Fahrgleise, elektrifiziert	226,— TDM/km	234,— TDM/km	250,— TDM/km	
Absetz.-Strossen Elektrifizierung bis Kippstrossen-Weiche	70,— TDM/km	70,— TDM/km	70,— TDM/km	
stat. Fahrgleise elektrifiziert	250,— TDM/km	280,— TDM/km	310,— TDM/km	
Weichen	à 5,— TDM	à 5,5 TDM	à 7,— TDM	

Gleissicherungsanlagen ca 20,— TDM/Weiche

Abschreibungssatz

Abschreibungssatz entsprechend der 19. Durchführungsbestimmung zur Verordnung über die Finanzwirtschaft der volkseigenen Betriebe.

Der Abschreibungssatz für Fahrgleise wurde aus dem Schienenverschleiß [12] und der Lebensdauer der Schwellen ermittelt.

Gerechnet wurde für den Schienenverschleiß mit folgenden Werten:

	Festigkeit [kp/mm ²]	mögl. Transportleistung [10 ⁶ btto.t]	
		S 49	S 64
bei r = ∞ stat. Fahrgl.	70	580	1150
bei r = ∞ bewegl. Fahrgl.	70	290	580
bei r \sim 300 m stat. Fahrgl.	mind. 90	120	210

Die Lebensdauer der Fahrgleisschwellen wurde aus unveröffentlichten Erhebungen der Hauptverwaltung Braunkohle ermittelt.

Gerechnet wurde für imprägnierte Kiefernholz-Schwellen mit folgenden Werten:

Ø Gebrauchsdauer der Fahrgleisschwellen

Leistungs-Bereiche [10 ⁶ btto.t./Fahrgl. und Jahr]	bewegl. Gleise [Ø Jahre]	stat. Gleise [Ø Jahre]
I 7— 18	7,5	12
II 20— 40	5,5	
25— 35	5,5	10
III 50—100	3,5*	
40— 50		9
70—100		7

* fast nur Fahrgleise auf der Kippenstrosse

(imprägnierte Schwellen aus Kiefernholz für Abraumbagger nach MATSCHAK [23] und STEFFENHAGEN [33] Ø 6—6,6 Jahre Lebensdauer).

Bandförderung

Förderleistung

Berechnungsgrundlage: DIN 22101 und Veröffentlichungen VIERLING [37 bis 40]

Annahmen: söhlige Förderung, 30° Gurtmuldung, Rollenteilung 1:1:1, Kopfantrieb.

$Q_{th} = 545 \cdot (0,9 \cdot B - 0,05)^2$ [m³ geschütt./h] nach DIN
für die Rechnung $Q_{th} = 545 \cdot (0,9 \cdot B - 0,05)^2 \cdot v \cdot f^{-1}$ [fm³/h]

$Q_{eff} = 545 \cdot v \cdot (0,9 \cdot B - 0,05)^2 \cdot f^{-1} \cdot \eta_L$ [fm³/h] d. h. $\eta_L = \frac{Q_{eff}}{Q_{th}}$

- Q_{th} = theoretische Förderleistung — für die Rechnungen [fm³/h]
 Q_{eff} = effektive Förderleistung [fm³/h]
 B = Gurtbreite (1,0 bis 2,5 m) [m]
 v = Gurtgeschwindigkeit [m/s]
 f = Auflockerungsfaktor für überwiegend Sand [1,25]
 η_L = durchschnittliche, leistungsmäßige Auslastung der Bandstraße, Rechnung: 0,7 und 0,9.

Antriebsleistung

$N_a = \frac{C \cdot f \cdot L}{270} \cdot (3,6 \cdot M_m \cdot v + Q_t) \cdot \left(\frac{g}{9,81} \right)$ [PS]

g = Fallbeschleunigung ($g_{normal} = 9,81 \frac{m}{s^2}$)

Umrechnungsfaktor $9,81 \frac{kg \cdot m}{s^2} = 1 \text{ kp}$

C = Beiwert, Umlenkwiderrstand, abhängig vom Achsabstand der Bandstraße, bei L: 500 m 750 m 1000 m
 C: 1,2 1,12 1,055

f = Reibungszahl für die Tragrollen 0,025

L = Förderlänge, Achsabstand der Bandstraße [m]

v = Gurtgeschwindigkeit (5 m/s) [m/s]

$$Q_t = \text{Förderleistung in t/h} \quad Q_t = Q_{\text{eff}} \cdot \rho \quad [\text{t/h}]$$

$$\rho = 1,8 \text{ t/m}^3 = \text{Dichte des gewachsenen Bodens}$$

$$M_m = \text{Masse des Gurtes und der drehenden Teile der Tragrollen im Ober- und Untertrum} \quad [\text{kg/m}]$$

$$M_m = M_G + M_{Ro} + M_{Ru} \quad [\text{kg/m}]$$

$$M_G = \text{Masse des Gurtes im Ober- und Untertrum je lfd. m Bandstraße} \quad [\text{kg/m}]$$

Grundlage:

Baumwolle B 100; $2,1 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{Einlage}$;

Dederon-Einlagen (Kordseide) D 250/120; $1,8 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{Einlage}$;

Panzerlagen (Drehergewebe) $2 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{Einlage}$; (Gurte mit 6 oder 7 Einlagen erhalten eine Panzerlage)

Gummidecke Trag-/Laufseite = 6/2
 $1,25 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{mm Stärke}$;

$$M_{Ro} = \text{Masse der drehenden Teile der Muldentragrollen im Obertrum} \quad [\text{kg/m}]$$

$$M_{Ru} = \text{Masse der drehenden Teile der geraden Tragrollen im Untertrum} \quad [\text{kg/m}]$$

Grundlage: (nach Maschinenbaubetrieb U)

Gurtbreite [mm]	Muldentragrollen		gerade untere Tragrollen	
	Ges. Masse [kg]	Masse der dreh. Teile [kg]	Ges. Masse [kg]	Masse der dreh. Teile [kg]
800	44	20	20	~ 9
1000	65	30	25	~ 11
1200	85	40	40	~ 28
1400	98	45	52	~ 36
1600	110	48	56	~ 38
1800	~140	~ 58	65	~ 45
2000	190	75	83	~ 52
2250	~293	~113	~149	~ 99
2500	~322	~124	~161	~108

Rollenabstand: 1 m für Muldenrollenstationen

3 m für gerade, untere Tragrollenstationen

$$N_{a\text{max}} = N_a \cdot 1,2 \quad [\text{PS}]$$

1,2 = Faktor für 30% leistungsmäßige Überlastung der Bandstraße über längere Zeit und andere Überlastungen

$$N_m = \frac{N_{a\text{max}}}{\eta_{\text{Getr.}}} \quad [\text{PS}] \quad \text{Motorleistung}$$

$\eta_{\text{Getr.}}$ = Wirkungsgrad des Getriebes, Rechnung 0,85.

Einlagenzahl (berechnet für Eintrommel-Kopfantrieb):

Zur Erhöhung der Durchschlagsfestigkeit mindestens 6 E, zur Begrenzung der Trommeldurchmesser, usw. max. 10 E

$$z = \frac{0,01 \cdot T_1 \cdot S}{B \cdot K_z} \quad [\text{Stck}]$$

S = Sicherheitszahl, Rechnung 11

B = Gurtbreite [m]

K_z	= Zerreißfestigkeit des Gurtes je Einlage Rechnung: Baumwoll-Einlagen B 100 Dederon-Einlagen D 250/120 (Kette/Schuß)	[kp/cm]
T_1	= max. Gurtzug $T_1 = P \cdot \left(1 + \frac{1}{e^{\mu \alpha} - 1}\right)$	[kp] [kp]
e	= Basis der natürlichen Logarithmen = 2,718	
μ	= Reibungszahl zw. Gurt u. Antriebstrommel Rechnung: 0,3	
α	= Umschlingungswinkel an der Antriebstrommel Rechnung: 210°	[°]
P	= Umfangskraft an der Antriebstrommel $P = \frac{75 \cdot N_{a\max}}{v}$	[kp]
v	= Gurtgeschwindigkeit	[m/s]

Anlagekosten

Fördergurt		
Baumwolle	B 100	18,00 DM/m ² · Einlage
Dederon	D 250/120	29,80 DM/m ² · Einlage
Panzerlagen		13,50 DM/m ² · Einlage
Gummidecke		6,25 DM/m ² · mm Stärke (1,25 kg/m ² · mm Stärke; 5 DM/kg)

Preis/m² Gurt bei einer Gummidecke 6/2

Einlagen		6/1*	7/1*	8	9	10
B 100	[DM/m ²]	171,50	189,50	194,00	212,00	230,00
D 250/120	[DM/m ²]	242,30	272,10	288,40	318,20	348,00

* 1 Panzerlage

Bandkonstruktion (nach Unterlagen des VEB U)

Schienen	0,39 DM/kg
Schwellen	0,42 DM/kg ($\rho \cong 520 \text{ kg/m}^3$) 216 DM/fm ³

Stahlkonstruktion	2,53 DM/kg
Montage	0,55 DM/kg
vier Anstriche	0,12 DM/kg
	Σ 3,20 DM/kg

Tragrollenstationen	5,00 DM/kg (einschließlich Auswuchten)
elektrische Ausrüstung	Ø 8—9 DM/kg (Unterlagen des VEB V)
Maschinen-Bauteile	Ø 4,30 DM/kg

Abschreibungssatz

Gesamt-Abschreibungssatz; ermittelt aus dem Abschreibungssatz der einzelnen Elemente.

Fördergurt

Grundlage ist die spezifische Gurtleistung der Baumwollgurte der Abraumförderbrücken der Lausitz bei ca. 200 m Achsabstand mit folgenden Korrekturen für Langfrderer (Achsabstand ≥ 500 m):

- I Baumwollgurte: a) stationäre Bandstraße — 15%,
 b) rückbare Bandstraße — 30%
 bei ungünstigen Einsatzbedingungen
 a) stationäre Bandstraße — 30%,
 b) rückbare Bandstraße — 50%.

II für Dederon-Gurte mit n-Einlagen wird die Leistung für (n + 1) bis (n + 2) Baumwolleinlagen eingesetzt.

Rechnung bei normalen Einsatzbedingungen:

Gurtbreite mm	Einlagen	6*		7*		8/9		10	
		stat. rückb. [10 ³ m ³ /m ²]		stat. rückb. [10 ³ m ³ /m ²]		stat. rückb. [10 ³ m ³ /m ²]		stat. rückb. [10 ³ m ³ /m ²]	
1000	B	34	28	59	49	81	67	—	—
	D	65	55	—	—	—	—	—	—
1200/ 1400	B	51	42	76	63	93	77	106	87
	D	80	70	—	—	—	—	—	—
1600/ 1800	B	—	—	—	—	106	87	119	98
	D	95	80	—	—	—	—	—	—
2000/ 2250	B	—	—	—	—	—	—	127	108
	D	105	85	120	100	130	110	—	—
2500	B	—	—	—	—	—	—	135	110
	D	110	90	125	105	135	115	140	120

* zusätzlich eine Panzerlage

Geschätzte Abschreibungssätze

	normale Einsatz- bedingungen		ungünstige Einsatz- bedingungen	
	stat.	rückb.	stat.	rückb.
Schienen		2%		2%
Schwellen		8%		8%
Stahlkonstruktion ¹	6%	10%	6%	12,5%
Tragrollenstationen ²	7%	10%	9%	12,5%
Maschinenbauteile		10%		12,5%
elektr. Ausrüstung ³	6%	8%	10%	12%

¹ Grundlage: Angaben des VEB T und U und Literaturangaben

² Grundlage: Betriebsunterlagen Förderbrücke F und H

³ Grundlage: Angaben des VEB V.

II. Arbeitskräftebedarf und Lohnkosten

(Prod.-Grundarbeiter)

dreischichtiger Betrieb: 24,2% Springer (45 h Arbeitszeit/Woche); für Urlauber, Kranke usw. 12% Zuschlag; Ø 270 verfahrenre Schichten/Mann und Jahr; Lohnkosten Ø 40 DM/Schicht einschließlich Gemeinkosten \cong 10,8 TDM/Mann im Jahr

a) Zugförderung

(Produktionsgrundarbeiter)

- Elokfahrer: 1 Mann/Elok und Schicht (Eloks einschließlich Reserve)
 Abraumwagen: 1 Mann/Tag und 40 Wagen (Abraumwagen einschließlich Reserve)
 Stellwerkswärter: 1 Mann/Schicht und Stellwerk (Stellwerke: Abraumbahnhof, Kippenbahnhof und Strossenweichen auf der Kippenstrosse).
 Kipper: 1 Mann/Schicht und 4 Wagen eines Zuges

Fahrgleisunterhaltung: (die allgemeine Gültigkeit der für die Rechnung benutzten Beziehungen konnte nicht voll nachgewiesen werden)

$$\text{Stationäres Fahrgleis: } A \cong 0,01 \cdot B + 0,7 \left[\frac{\text{Mann}}{\text{Tag} \cdot \text{km Fahrgleis}} \right]$$

A = Arbeitskräftebedarf

B = Fahrgleis-Belastung [10^6 btto.t/Fahrgleis und Jahr]
 (Rechn.: Zuggarnitur a, b, c ~ 4 btto.t/m³;
 Zuggarnitur d, e $\sim 3,5$ btto.t/m³)

Bewegl. Fahrgleis-Baggerstrosse — bei überwiegend nichtbindigen Böden:

$$A \cong 0,026 \cdot B + b \left[\frac{\text{Mann}}{\text{Tag} \cdot \text{km Fahrgleis}} \right]$$

b = $0,03 \cdot L + 3,4$

L = spezifische Abraumleistung [10^6 m³/km Strosse im Jahr]

$$A \cong (2,6 \cdot B + 3 \cdot L + 340) \cdot 10^{-2} \left[\frac{\text{Mann}}{\text{Tag} \cdot \text{km Fahrgleis}} \right]$$

Fahrgleis-Kippenstrosse:

Zugfolgezeit $> \sim 20$ min — Arbeitskräfte analog Baggerstrosse

Zugfolgezeit $\sim 15-20$ min — Arbeitskräfte analog Baggerstrosse + 1 Mann/Tag · km
 Fahrgleis

Zugfolgezeit < 15 min — Arbeitskräfte analog Baggerstrosse + 2 Mann/Tag · km
 Fahrgleis

Fahrgleisunterhaltung auf den Strossen bei überwiegend bindigen Böden:

etwa das 1,6fache des Bedarfs an Arbeitskräften für die beweglichen Fahrgleise bei überwiegend nichtbindigen Böden.

b) Bandförderung

(Produktionsgrundarbeiter)

Schmierer 1,3 Mann/Tag · km; je Übergabe und je Aufgabe 1 Mann/Schicht = 3,73 Mann/Tag einschließlich Springer

Stationäre Bandstraßen

Achsabstand der Bandstraße [km]	Schmierer $\left[\frac{\text{Mann}}{\text{Tag} \cdot \text{km}} \right]$	für Übergaben $\left[\frac{\text{Mann}}{\text{Tag} \cdot \text{km}} \right]$	Gesamt (einschl. 12% Kranke) usw. $\left[\frac{\text{Mann}}{\text{Tag} \cdot \text{km}} \right]$
0,5	1,3	7,46	9,8
0,75	1,3	4,66	6,7
1,0	1,3	3,73	5,6

Strossenbandanlagen

Anzahl der Aufgaben und Aufwand der für Rückarbeiten u. ä. -abhängig von der Baggerzahl — bzw. der Förderleistung

Annahme	[m ³ /h]	Aufgaben * [$\frac{\text{Mann}}{\text{Tag} \cdot \text{km}}$]	Rückarb. u. ä.* [$\frac{\text{Mann}}{\text{Tag} \cdot \text{km}}$]
1 Bagger	bis 2600	3,73	0,6
2 Bagger	3000—5000	7,45	1,2
3 Bagger	5000—8660	11,18	2,2

* bei 1 km Strossenlänge

III. Hilfs- und Reparatur-Material- und Hilfslohnkosten

a) Zugförderung

Energieverbrauch — Kosten

Rechnung: (söhlige Förderung)

900 mm Spur	$0,13 \text{ kWh/m}^3 \cdot \text{km} \cong 0,325 \text{ Pf/m}^3 \cdot \text{km}$
1435 mm Spur	$0,1 \text{ kWh/m}^3 \cdot \text{km} \cong 0,25 \text{ Pf/m}^3 \cdot \text{km}$

Verrechnungspreis 2,5 Pf/kWh

Gesamt-Hilfs- und Reparatur-Material-Kosten

Nur aus der Zusammenfassung der Kosten des Hilfs- und Reparatur-Materials zu einer Kostenposition lassen sich Beziehungen feststellen (wahrscheinlich bedingt durch unterschiedliche Buchungen in den Betrieben).

Rechnung: (die Einflußfaktoren: Spurweite, Transportlänge, Transportmenge, Zusammensetzung der Anlagekosten können noch nicht bestimmt werden) für 900 und 1435 mm Spur

Gesamt-Hilfs- und Rep.-Mat.-Kosten/Jahr $\sim 3,5\%$ der Anlagekosten

Gesamt-Lohnkosten der Produktionshilfsarbeiter

(ohne lfd. Fahrgleiserhaltung)

(Die beim Hilfs- und Reparatur-Material gemachten Bemerkungen gelten sinngemäß auch hier)

Rechnung:

A) Gesamt-Hilfslohnkosten/Jahr für Zuggarnitur a, b und c 900 mm und 1435 mm

Spur — 25- und 40-m³-Wagen

175% der Ges.-Hilfs- u. Rep.-Mat.-Kost./Jahr $\cong 6,1\%$ d. Anl.-Kost.

= 3,5%

B) Gesamt-Hilfslohnkosten/Jahr für Zuggarnitur d und e 1435-mm-Spur — 96-m³-Wagen

140% der Gesamt-Hilfs- und Reparatur-Materialkosten/Jahr \cong 4,9% der Anlagekosten.

Lohnkosten/Produktionshilfsarbeiter (einschl. Gemeinkosten) 45,00 DM/Schicht \cong 12,15 TDM/Mann und Jahr bei 270 Schichten/Mann und Jahr

b) Bandförderung

Energieverbrauch

Rechnung:

Der spezifische Energiebedarf bei Bandförderung ist vor allem vom Achsabstand, der Auslastung der Bandstraße, der Gurtgeschwindigkeit und der Gurtbreite abhängig.* Da entsprechende Kennziffern zur Zeit noch nicht zur Verfügung stehen [35, 40], wird die auf der Grundlage des DIN-Blattes 22 101 ermittelte Motorleistung der einzelnen Bandstraßen als Ausgangswert angenommen (ohne Berücksichtigung des Faktors 1,2 — Dimensionierung der Antriebsmotoren, um eine 30%ige leistungsmäßige Überlastung zu ermöglichen).

Der spezifische Energiebedarf ergibt sich zu:

$$n_{sp} = \frac{\sum N_{Mot.} \cdot 24 \cdot \eta_T}{\eta_{Mot.} \cdot Q_{Tr}} \quad \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}} \right]$$

$N_{Mot.}$	=	Motorleistung aller Bandstraßen der Transportvariante	[kW]
$\eta_{Mot.}$	=	Motorwirkungsgrad 0,9 (angenommen)	
24	=	Stunden je Tage	[h/Tag]
η_T	=	zeitliche Ausnutzung der Bandstraßen	0,75
Q_{Tr}	=	Transportleistung je Tag	[m ³ · km/Tag]
		<u>Verrechnungspreis 2,5 Pf/kWh</u>	

Die Möglichkeit der Energieeinsparung durch Abschalten einzelner Bandstraßen am schwenkenden Ende bei Arbeit in der Nähe des Drehbereiches und die verminderte Leistungsaufnahme einzelner Bandstraßen der Strossen durch zeitweise Beladung nur auf Teillängen des Achsabstandes bleiben unberücksichtigt.

Bandförderung: Errechnung der Hilfsmaterial- und Hilfslohnkosten

	<u>Gesamt-Hilfsmaterialkosten/Jahr</u>	<u>Hilfslohnkosten/Jahr</u>
A) Hilfslohnkosten bezogen auf Anlagenkosten		
a) stat. Bandstr.	<u>2,5% d. Anlagekosten</u>	<u>150% d. Hilfsmat.-Kosten</u> <u>\cong 3,75% d. Anlagekosten</u>
b) bew. Bandstr.	<u>3% d. Anlagekosten</u>	<u>150% d. Hilfsmat.-Kosten</u> <u>\cong 4,5% d. Anlagekosten</u>

* siehe Abb. 31 und 32 und Literaturangabe [7])

Hilfslohnkosten

Spezifischer Arbeitskräftebedarf (Mann/km) für Hilfsleistungen
($v = 5 \text{ m/s}$, $\eta_L = 0,5 - 0,62$)

A) vorgenannte Berechnungsgrundlage — bezogen auf Anlagekosten (bei 7,5 km Förderlänge und 3 km Strossenlänge)

B) — bezogen auf die Leistungszunahme; nur ca. 20% des Leistungszuwachses werden als Zuwachs für Arbeitskräfte angesetzt, d. h., je Leistungsstufe ca. 10% Zunahme

Gurtbreite [mm]	Anlagekosten [TDM/m]	Kostenzuwachs ¹ [%]	Arbeitskräfte		Förd.- Leistung [m ³ /h]	Leistungs- zuwachs ¹ [%]	Arbeitskräfte Mann/ [km]	Ver- hältnis ³ [%]
			Bedarf Mann/ [km]	Zu- wachs ¹ %				
1000 $v = 3 \text{ m/s}$ $\eta_L = 0,46$	2,07	4	7,2	5	433	100	7,2	150
1000	2,15	13	7,5 ²	13	866	50	7,5 ²	150
1200	2,44	23	8,5	22	1300	33	8,3	146
1400	3,0	11	10,4	12	1730	50	9,1	131
1600	3,34	28	11,6	28	2600	67	10	130
2000	4,28	37	14,9	37	4330	50	11	111
2500	5,85	9	20,3	9	6500	33	12,1	90
2500 $v = 5 \text{ m/s}$ $\eta_L = 0,82$	6,35		22,2		8660		13,3	90

¹ der Zuwachs ist immer auf den vorhergehenden Wert bezogen

² der Wert bei 1000 mm Breite wird als Ausgang angenommen (Durchschnittswert für rückbare und stationäre Bandstraßen)

³ Verhältnis = Hilfslohnkosten/Hilfsmat.-Kosten

Nach dem unter A angewandten Rechenverfahren wächst der spezifische Arbeitskräftebedarf mit der Gurtbreite stark an. Rechenverfahren B liefert für große Gurtbreite einen Arbeitskräftebedarf, der überlegungsmäßig als wahrscheinlich angesehen werden kann, weil die Anzahl der Verschleißteile konstant bleibt (Betriebswerte liegen für große Gurtbreiten nicht vor). Gerechnet wird mit den in der letzten Spalte ermittelten — für große Gurtbreiten abnehmenden — Prozentverhältnissen Hilfslohnkosten zu Gesamtmaterialekosten (ohne Energie).

Anlage 2 a. Kostenzusammenstellung — Zugförderung

Förder- länge	Stroßen- länge	Zug- garnitur	Anlagen- Kosten		Arbeitsproduktivität			Hilfs- lohn	Grundlohn		
			Mill. DM	% ³⁾	A ¹	B ²	A		B		
km	km				$\frac{10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{km}}{\text{Mann} \cdot \text{Schicht}}$	% ³⁾	$\frac{10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{km}}{\text{Mann} \cdot \text{Schicht}}$	% ³⁾	Pf m ³ · km	Pf m ³ · km	Pf m ³ · km
1	—	a	3,6	64	0,23	115	0,21	111	3,97	9,10	10,24
		b	5,6		0,20		0,19		6,10	9,10	10,24
2,14	1	a	5,3	83	0,39	100	0,35	97	2,67	5,22	6,03
		b	6,4		0,39		0,36		3,23	4,78	5,49
2,8	1,5	a	5,6	84	0,42	91	0,37	90	2,20	5,01	6,03
		b	6,7		0,46		0,41		2,63	3,99	4,81
		d	8,2	122	0,50	109	0,44	107	2,51	3,72	4,47
3,48	2	a	6,9	80	0,45	94	0,39	93	2,15	4,69	5,72
		b	8,6		0,48		0,42		2,69	3,76	4,69
4,8	3	a	9,4	101	0,45	78	0,36	72	2,12	4,74	6,24
		b	9,3		0,58		0,50		2,10	3,24	4,11
		c	10,8	116	0,53	91	0,46	92	2,46	3,40	4,31
4,8	1,5	d	9,3	100	0,61	105	0,56	112	1,67	3,32	3,75
		a	7,7	83	0,62	95	0,55	93	1,75	3,24	3,79
		b	9,3		0,65		0,59		2,12	2,65	3,08
6,14	4	d	9,4	101	0,78	120	0,70	119	1,69	2,29	2,73
		b	11,7		0,55		0,46		2,08	3,49	4,60
		c	11,5	98	0,61	111	0,51	111	2,05	3,06	3,96
7,5	5	b	13,7		0,54		0,43		2,00	3,73	5,15
		c	14,2	104	0,58	107	0,48	112	2,07	3,24	4,29
		d	12,7	93	0,76	141	0,61	142	1,47	2,59	3,52
7,5	3	b	12,3		0,75		0,66		1,79	2,33	2,89
		d	12,9	105	0,86	115	0,74	112	1,48	2,10	2,66
7,5	1,5	a	9,0	83	0,88	97	0,79	94	1,32	2,21	2,59
		b	10,8		0,91		0,84		1,58	1,83	2,13
		d	11,1	103	1,07	118	0,97	115	1,27	1,62	1,90
10	5	b	16,7		0,65		0,53		1,82	2,94	4,00
		c	15,8	95	0,73	112	0,61	115	1,72	2,50	3,30
		d	14,3	86	0,95	146	0,78	147	1,23	2,01	2,71
10	3	b	13,7		0,94		0,83		1,49	1,82	2,26
		d	14,5	106	1,08	115	0,93	112	1,25	1,65	2,09
10	1,5	a	11,2	92	1,03	93	0,93	90	1,22	1,80	2,09
		b	12,2		1,11		1,03		1,33	1,46	1,69
		d	14,6	120	1,18	106	1,09	106	1,25	1,38	1,59
15	5	b	19,5		0,89		0,73		1,41	2,07	2,78
		c	18,6	95	0,99	111	0,84	115	1,35	1,78	2,31
		d	19,3	99	1,19	134	1,00	137	1,11	1,50	1,97
15	3	b	16,5		1,24		1,10		1,20	1,33	1,62
		d	17,6	107	1,40	113	1,23	112	1,01	1,21	1,50
15	1,5	a	14,6	88	1,26	95	1,18	94	1,06	1,39	1,56
		b	16,6		1,33		1,25		1,21	1,15	1,29
		d	17,7	107	1,53	115	1,43	114	1,02	1,04	1,18

¹ A = vorwiegend nichtbindige Böden im Planum

³⁾ Prozentverhältnis gegenüber Zuggarnitur b

⁵⁾ Kostenanteil der spezif. Vergleichs-Transportkosten, Variante B

Förderleistung 1000 m³/h, Einbaggerbetrieb

Gesamt-Lohnkosten				Abschreib.-Kosten		Ges.-Mat.-Kosten		spezif. Vergleichs-Transportkosten			
A		B						A		B	
Pf m ³ · km	% ⁴⁾	Pf m ³ · km	% ⁵⁾	Pf m ³ · km	% ⁴⁾	Pf m ³ · km	% ⁴⁾	Pf m ³ · km	% ³⁾	Pf m ³ · km	% ³⁾
13,07	67	14,21	69	3,81	20	2,57	13	19,45	79	20,59	79
15,20	61	16,34	63	5,88	24	3,69	15	24,47		25,91	
7,89	64	8,70	66	2,65	21	1,84	15	12,38	93	13,19	94
8,01	60	8,72	62	3,22	24	2,05	16	13,28		13,99	
7,21	66	8,23	69	2,16	20	1,57	14	10,94	100	11,96	102
6,62	61	7,44	63	2,58	23	1,73	16	10,93		11,75	
6,23	55	6,98	58	2,99	27	2,04	18	11,26	103	12,01	102
6,84	65	7,87	68	2,10	20	1,55	15	10,49	97	11,52	98
6,45	60	7,38	63	2,62	24	1,76	16	10,83		11,76	
6,86	66	8,36	70	1,99	19	1,53	15	10,38	118	11,88	123
5,34	61	6,21	64	2,04	23	1,44	16	8,82		9,69	
5,86	59	6,77	63	2,38	24	1,64	17	9,88	112	10,79	111
4,99	60	5,42	62	1,93	23	1,44	17	8,36	95	8,79	91
4,99	63	5,54	66	1,65	20	1,32	17	7,87	97	8,42	98
4,77	59	5,20	61	1,91	23	1,45	18	8,13		8,65	
3,98	55	4,42	57	1,84	25	1,46	20	7,28	90	7,72	90
5,57	62	6,68	66	2,00	22	1,42	16	8,99		10,10	
5,11	60	6,01	64	1,97	23	1,40	17	8,48	94	9,38	93
5,73	64	7,15	69	1,84	21	1,37	15	8,94		10,36	
5,31	61	6,36	65	1,99	23	1,42	16	8,72	98	9,77	94
4,06	58	6,11	67	1,67	24	1,30	18	7,03	79	9,08	88
4,12	59	4,68	62	1,62	23	1,26	18	7,00		7,56	
3,58	55	4,14	59	1,61	25	1,31	20	6,50	93	7,06	93
3,53	62	3,91	64	1,09	19	1,07	19	5,69	97	6,07	98
3,41	58	3,71	60	1,33	23	1,14	19	5,88		6,18	
2,89	54	3,17	57	1,28	24	1,16	22	5,33	91	5,61	91
4,76	62	5,82	67	1,61	21	1,28	17	7,65		8,71	
4,22	60	5,02	64	1,56	22	1,22	18	7,00	92	7,70	09
3,24	57	3,94	62	1,30	23	1,13	20	5,67	74	6,37	73
3,31	58	3,75	61	1,28	23	1,09	19	5,68		6,12	
2,90	55	3,34	58	1,26	24	1,14	21	5,30	93	5,74	94
3,02	60	3,31	62	0,99	20	1,02	20	5,03	103	5,32	104
2,79	57	3,02	59	1,08	22	1,00	21	4,87		5,10	
2,63		2,84		1,24		1,15		5,02	103	5,23	103
3,48	61	4,19	65	1,17	21	1,05	18	5,70		6,41	
3,13	59	3,66	63	1,14	19	1,01	19	5,28	93	5,81	91
2,61	55	3,08	59	1,11	23	1,04	22	4,76	84	5,23	82
2,53	57	2,82	60	0,97	22	0,93	21	4,43		4,72	
2,22	54	2,51	57	0,95	23	0,97	23	4,14	93	4,43	94
2,45	58	2,62	60	0,83	20	0,93	22	4,21	100	4,38	100
2,36	56	2,50	57	0,94	22	0,93	22	4,23		4,37	
2,06	52	2,20	54	0,94	24	0,97	24	3,97	94	4,11	94

² B = vorwiegend bindige Böden im Planum

⁴⁾ Kostenanteil der spezif. Vergleichs-Transportkosten, Variante A

Anlage 2 b. Kostenzusammenstellung — Zugförderung

Förder- länge	Stroßen- länge	Zug- garnitur	Anlagen- Kosten		Arbeitsproduktivität			Hilfs- lohn	Grundlohn		
			Mill. DM	% ³⁾	A ¹	B ²			A	B	
km	km				$\frac{10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{km}}{\text{Mann} \cdot \text{Schicht}}$	% ³⁾	$\frac{10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{km}}{\text{Mann} \cdot \text{Schicht}}$	% ³⁾	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,14	1	b	9,4		0,81		0,73		1,60	2,24	2,63
		d	9,7	103	1,03	127	0,94	129	1,30	1,71	2,01
2,8	1,5	b	10,3		0,80		0,77		1,34	2,12	2,67
		c	11,7	114	0,87	98	0,77	100	1,52	2,06	2,49
		e	13,3	129	1,09	122	0,97	126	1,36	1,49	1,83
		d	10,1	98	1,22	137	1,07	139	1,04	1,49	1,83
3,5	2	c	12,7		0,93		0,79		1,32	2,00	2,54
		d	12,5	98	1,20	129	1,04	132	1,04	1,54	1,93
4,8	3	c	17,4		0,96		0,80		1,31	1,92	2,52
		d	16,1	93	1,20	125	0,98	123	0,97	1,61	2,16
		e	17,6	101	1,30	135	1,11	139	1,05	1,34	1,75
4,8	1,5	b	13,0		1,34		1,18	106	0,98	1,34	1,64
		c	12,9	99	1,40	104	1,25		0,98	1,25	1,50
		d	13,3	102	1,76	131	1,58	134	0,79	0,97	1,17
6,14	4	d	17,2		1,34		1,06		0,80	1,50	2,07
		e	22,2	129	1,24	93	1,01	95	1,04	1,46	2,01
7,5	5	e	23,3		1,35		1,08		0,90	1,39	1,95
7,5	3	c	19,0		1,41		1,19		0,93	1,28	1,67
		e	19,4	102	1,88	133	1,61	135	0,74	0,91	1,18
7,5	1,5	b	17,1		1,75		1,56		0,83	0,95	1,16
		c	16,3	95	1,86	106	1,69	108	0,79	0,89	1,05
		d	14,9	87	2,50	143	2,27	146	0,57	0,68	0,79
10	5	e	27,8		1,63		1,33		0,80	1,11	1,52
10	3	c	22,3		1,70		1,46		0,81	1,02	1,31
		e	23,6	106	2,20	129	1,92	132	0,67	0,75	0,94
10	1,5	b	18,9		2,13		1,92		0,69	0,78	0,93
		c	19,6	104	2,17	102	1,98	103	0,71	0,73	0,86
		d	18,4	97	2,82	132	2,60	135	0,53	0,58	0,66
15	5	e	30,9		2,26		1,87		0,59	0,78	1,06
15	3	c	27,5		2,21		1,93		0,67	0,75	0,94
		e	29,5	107	2,79	126	2,47	128	0,56	0,56	0,70
15	1,5	b	25,2		2,58		2,37		0,61	0,60	0,70
		c	24,3	96	2,74	106	2,55	108	0,59	0,56	0,64
		d	23,5	93	3,49	135	3,25	137	0,45	0,45	0,51

¹ A = vorwiegend nichtbindige Böden im Planum

³⁾ Prozentverhältnis gegenüber Zuggarnitur b bzw. c oder d

⁵⁾ Kostenanteil der spezif. Vergleichs-Transportkosten (B)

Förderleistung 3000 m³/h, Einbaggerbetrieb

Gesamt-Lohnkosten				Abschreib.-Kosten		Ges.-Mat.-Kosten		spezif. Vergleichs-Transportkosten			
A		B						A		B	
Pf m ³ · km	% ⁴⁾	Pf m ³ · km	% ³⁾	Pf m ³ · km	% ⁴⁾	Pf m ³ · km	% ⁴⁾	Pf m ³ · km	% ³⁾	Pf m ³ · km	% ³⁾
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,84	57	4,23	59	1,78	26	1,15	17	6,77		7,16	
3,01	51	3,31	53	1,70	29	1,18	20	5,89	87	6,19	86
3,46	58	4,01	62	1,49	25	1,00	17	5,95		6,50	
3,58	56	4,01	59	1,70	27	1,10	17	6,38	107	6,81	105
2,85	49	3,19	52	1,75	30	1,22	21	5,82	98	6,16	95
2,53	52	2,87	55	1,35	28	0,99	20	4,87	82	5,21	80
3,32	58	3,86	61	1,46	25	1,00	17	5,78		6,32	
2,58	53	2,97	56	1,34	27	0,99	20	4,91	85	5,30	84
3,23	57	3,83	61	1,45	26	0,99	17	5,67		6,27	
2,58	54	3,13	59	1,23	26	0,94	20	4,75	84	5,30	85
2,39	50	2,80	54	1,35	29	1,00	21	4,74	84	5,15	82
2,32	56	2,62	59	1,05	25	0,80	19	4,17		4,47	
2,23	54	2,48	57	1,06	26	0,80	20	4,09	98	4,34	97
1,76	49	1,96	52	0,98	28	0,81	23	3,55	85	3,75	84
2,30	55	2,87	61	1,03	25	0,82	20	4,15		4,72	
2,50	52	3,05	57	1,32	27	0,99	21	4,81	116	5,36	114
2,29	53	2,85	58	1,14	26	0,89	21	4,32		4,88	
2,21	56	2,60	59	1,01	25	0,77	19	3,99		4,38	
1,65	49	1,92	53	0,93	28	0,78	23	3,36	84	3,63	83
1,78	53	1,99	55	0,88	26	0,72	21	3,38		3,59	
1,68	52	1,84	54	0,85	26	0,70	22	3,23	96	3,39	94
1,25	48	1,36	50	0,69	27	0,66	25	2,60	77	2,71	75
1,91	52	2,32	63	0,98	26	0,82	22	3,71		4,12	
1,83	54	2,12	57	0,87	25	0,71	21	3,41		3,70	
1,42	48	1,61	51	0,83	28	0,73	24	2,98	87	3,17	86
1,47	52	1,62	54	0,74	26	0,64	22	2,85		3,00	
1,44	50	1,57	53	0,77	27	0,65	23	2,86	100	2,99	100
1,11	47	1,19	49	0,63	27	0,63	26	2,37	83	2,45	82
1,37	50	1,65	54	0,71	26	0,67	24	2,75		3,03	
1,42	51	1,61	54	0,72	26	0,63	23	2,77		2,96	
1,12	46	1,26	49	0,68	28	0,65	26	2,45	88	2,59	88
1,21	49	1,31	51	0,65	27	0,59	27	2,45		2,55	
1,15	49	1,23	50	0,64	27	0,58	24	2,37	97	2,45	96
0,90	45	0,96	47	0,52	26	0,57	29	1,99	81	2,05	80

² B = vorwiegend bindige Böden im Planum⁴⁾ Kostenanteil der spezif. Vergleichs-Transportkosten (A)

Anlage 2 c. Kostenzusammenstellung — Zugförderung

Förder- länge	Strossen- länge	Zug- garnitur	Anlagen- Kosten		Arbeitsproduktivität			Hilfs- lohn	Grundlohn		
			MM. DM	% ³⁾	A ¹	B ²	A		B		
km	km				$\frac{10^3 \text{m}^3 \cdot \text{km}}{\text{Mann} \cdot \text{Schicht}}$	% ³⁾	$\frac{10^3 \text{m}^3 \cdot \text{km}}{\text{Mann} \cdot \text{Schicht}}$	% ³⁾	Pf m ³ · km	Pf m ³ · km	Pf m ³ · km
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,14	1	b	11,6		0,63		0,56		1,94	2,98	3,51
		d	12,5	108	0,74	117	0,66	118	1,67	2,51	3,01
2,8	1,5	b	12,3		0,73		0,64		1,56	2,64	3,23
		d	13,2	107	0,86	118	0,74	116	1,36	2,24	2,78
3,5	2	b	14,9		0,73		0,62		1,53	2,69	3,36
		d	15,9	107	0,92	126	0,78	126	1,31	2,07	2,65
4,8	3	c	20,8		0,77		0,65		1,55	2,44	3,14
		d	19,3	108	1,02	132	0,84	129	1,15	1,88	2,48
4,8	1,5	b	15,1		1,12		0,99		1,12	1,64	1,99
		d	16,5	109	1,29	115	1,13	114	0,98	1,43	1,75
6,14	4	c	24,2		0,77		0,62		1,42	2,56	3,48
		d	21,2	114	1,09	142	0,88	142	0,99	1,83	2,47
7,5	5	c	30,4		0,78		0,63		1,46	2,48	3,43
		e	28,6	94	1,08	138	0,86	137	1,10	1,77	2,45
7,5	3	c	22,4		1,14		0,97		1,08	1,62	2,06
		d	21,1	94	1,50	132	1,25	129	0,81	1,26	1,65
7,5	1,5	b	18,0		1,54		1,38		0,86	1,15	1,37
		d	18,1	101	1,87	121	1,65	120	0,70	0,96	1,18
10	5	c	33,8		0,98		0,80		1,21	1,92	2,63
		e	33,0	98	1,32	135	1,08	135	0,95	1,40	1,90
10	3	c	25,7		1,41		1,22		0,92	1,28	1,61
		d	24,6	96	1,81	128	1,54	126	0,70	1,01	1,30
10	1,5	b	21,0		1,85		1,67		0,75	0,92	1,09
		d	21,6	103	2,22	120	1,98	119	0,62	0,78	0,94

¹ A = vorwiegend nichtbindige Böden im Planum

³⁾ Prozentverhältnis gegenüber Zuggarnitur b bzw. c

⁵⁾ Kostenanteil der spezif. Vergleichs-Transportkosten (B)

Förderleistung 3000 m³/h, Zweibaggerbetrieb

Gesamt-Lohnkosten				Abschreib.-Kosten		Ges.-Mat.-Kosten		spezif. Vergleichs-Transportkosten			
A		B						A		B	
Pf m ³ · km	% ⁴⁾	Pf m ³ · km	% ³⁾	Pf m ³ · km	% ⁴⁾	Pf m ³ · km	% ⁴⁾	Pf m ³ · km	% ³⁾	Pf m ³ · km	% ³⁾
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,92	59	5,45	62	2,05	25	1,36	16	8,33	—	8,86	—
4,18	54	4,68	57	2,08	27	1,44	19	7,70	92	8,20	93
4,20	60	4,79	63	1,68	24	1,15	16	7,03	—	7,62	—
3,60	55	4,14	59	1,67	26	1,22	19	6,49	92	7,03	92
4,22	61	4,89	64	1,62	23	1,12	16	6,96	—	7,63	—
3,38	55	3,96	59	1,60	26	1,19	19	6,17	89	6,75	88
3,99	59	4,69	63	1,62	24	1,14	17	6,75	—	7,45	—
3,03	55	3,63	60	1,39	25	1,07	20	5,49	81	6,09	82
2,76	57	3,11	60	1,16	24	0,89	19	4,81	—	5,16	—
2,41	53	2,73	56	1,16	26	0,95	21	4,52	94	4,84	94
3,98	62	4,90	66	1,43	22	1,06	16	6,47	—	7,39	—
2,82	57	3,46	62	1,18	24	0,96	19	4,96	77	5,60	76
3,94	61	4,89	66	1,46	22	1,08	17	6,48	—	7,43	—
2,87	55	3,55	60	1,31	25	1,04	20	5,22	81	5,90	79
2,70	57	3,14	61	1,12	24	0,87	19	4,69	—	5,13	—
2,07	54	2,46	58	0,95	25	0,83	21	3,85	82	4,24	83
2,01	55	2,23	58	0,90	25	0,74	20	3,65	—	3,87	—
1,66	52	1,88	55	0,81	25	0,75	23	3,22	88	3,44	89
3,13	59	3,84	64	1,21	23	0,94	18	5,28	—	5,99	—
2,35	54	2,85	58	1,11	25	0,93	21	4,39	83	4,89	82
2,20	56	2,53	59	0,96	24	0,78	20	3,94	—	4,27	—
1,71	52	2,00	56	0,81	25	0,75	23	3,27	83	3,56	83
1,67	53	1,84	56	0,79	25	0,68	22	3,14	—	3,31	—
1,40	50	1,56	53	0,72	26	0,69	24	2,81	89	2,97	90

² B = vorwiegend bindige Böden im Planum

⁴⁾ Kostenanteil der spezif. Vergleichs-Transportkosten (A)

Anlage 2 d. Kostenzusammenstellung — Zugförderung

Förder- länge	Strossen- länge	Zug- garnitur	Anlagen- Kosten		Arbeitsproduktivität			Hilfs- lohn	Grundlohn		
			Mill. DM	% ⁴⁾	A ¹	B ²	A		B		
km	km				$\frac{10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{km}}{\text{Mann} \cdot \text{Schicht}}$	% ⁴⁾	$\frac{10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{km}}{\text{Mann} \cdot \text{Schicht}}$	% ⁴⁾	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,14	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,8	1,5	d	12,6		1,25		1,28		0,78	1,26	1,61
		e	16,4	130	1,45	95	1,27	99	1,01	1,15	1,44
3,48	2	e	17,5		1,54		1,30		0,87	1,14	1,51
4,8	3	e	24,0		1,57		1,30		0,86	1,11	1,50
4,8	1,5	d	15,9		2,23		1,93		0,57	0,82	1,03
		e	17,7	111	2,31	104	2,05	106	0,63	0,72	0,98
6,14	4	e ³	41,7		1,63		1,41		0,93	0,99	1,27
7,5	5	e ³	50,5		1,68		1,45		0,92	0,94	1,22
7,5	3	e	25,8		2,30		1,93		0,60	0,76	1,01
7,5	1,5	d	19,5		3,01		2,65		0,45	0,58	0,72
		e	22,1	113	3,05	101	2,74	103	0,51	0,52	0,63
10	5	e ³	55,0		2,09		1,82		0,76	0,74	0,95
10	3	e	30,0		2,77		2,35		0,52	0,61	0,80
10	1,5	d	23,0		3,53		3,17		0,40	0,49	0,58
		e	26,5	115	3,51	99	3,20	101	0,46	0,44	0,52
15	5	e ³	60,7		2,79		2,47		0,58	0,55	0,69
15	3	e	36,2		3,59		3,11		0,42	0,46	0,58
15	1,5	d	30,5		4,25		3,89		0,35	0,38	0,45
		e	32,3	106	4,43	104	4,09	105	0,37	0,34	0,39

¹ A = vorwiegend nichtbindige Böden im Planum⁴) Prozentverhältnis gegenüber Zuggarnitur d² B = vorwiegend bindige⁵) Kostenanteil der spezif. kosten (A)

Förderleistung 5000 m³/h, Einbaggerbetrieb

Gesamt-Lohnkosten				Abschreib.-Kosten		Ges.-Mat.-Kosten		spezif. Vergleichs-Transportkosten			
A		B						A		B	
Pf m ³ · km	% ⁵⁾	Pf m ³ · km	% ⁴⁾	Pf m ³ · km	% ⁴⁾						
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,04	52	2,39	56	1,07	27	0,80	21	3,91		4,26	
2,16	48	2,45	51	1,37	30	0,97	22	4,50	115	4,79	112
2,01	50	2,38	54	1,17	29	0,87	21	4,05		4,42	
1,97	49	2,36	54	1,16	29	0,86	22	3,99		4,38	
1,39	50	1,60	53	0,75	27	0,66	23	2,80		3,01	
1,35	47	1,52	50	0,84	29	0,70	24	2,89	103	3,06	102
1,92	37	2,20	40	1,96	38	1,32	25	5,20		5,48	
1,86	36	2,14	39	1,95	38	1,33	26	5,14		5,42	
1,36	48	1,61	52	0,79	28	0,68	24	2,83		3,08	
1,03	47	1,17	50	0,59	27	0,57	26	2,19		2,33	
1,03	45	1,14	47	0,66	29	0,61	26	2,30	105	2,41	103
1,50	36	1,71	39	1,55	37	1,11	27	4,16		4,37	
1,13	46	1,32	50	0,68	28	0,62	26	2,43		2,62	
0,89	46	0,98	48	0,52	27	0,53	27	1,94		2,03	
0,90	43	0,98	45	0,60	29	0,58	28	2,08	107	2,16	106
1,13	36	1,27	39	1,12	36	0,88	28	3,13		3,27	
0,88	44	1,00	48	0,55	28	0,55	28	1,98		2,10	
0,73	43	0,80	45	0,46	27	0,50	30	1,69		1,76	
0,71	41	0,76	43	0,49	29	0,52	30	1,72	102	1,77	101

Böden im Planum
Vergleichs-Transport-

³⁾ = Kippenstrosse — Bandförderung

⁶⁾ Kostenanteil der spezif. Vergleichs-Transportkosten (B)

Anlage 2 e. Kostenzusammenstellung — Zugförderung

Förder- länge	Strossen- länge	Zug- garnitur	Anlagen- Kosten		Arbeitsproduktivität			Hilfs- lohn	Grundlohn		
			Mill. DM	% ³⁾	A ¹	B ²			A	B	
km	km				$\frac{10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{km}}{\text{Mann} \cdot \text{Schicht}}$	% ³⁾	$\frac{10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{km}}{\text{Mann} \cdot \text{Schicht}}$	% ³⁾	Pf m ³ · km	Pf m ³ · km	Pf m ³ · km
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,14	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,8	1,5	c	16,7		0,93		0,81		1,30	2,02	2,48
		d	15,3	93	1,26	135	1,07	132	0,94	1,53	1,94
		e	20,3	122	1,14	123	0,99	122	1,25	1,45	1,87
3,48	2	c	19,3		1,01		0,87		1,21	1,84	2,31
		e	21,1	109	1,30	129	1,11	128	1,04	1,34	1,73
4,8	3	c	26,7		0,97		0,79		1,21	1,98	2,65
		d	25,7	96	1,16	120	0,93	118	0,92	1,74	2,38
		e	25,6	96	1,39	143	1,16	147	0,91	1,31	1,75
4,8	1,5	c	19,7		1,43		1,26		0,90	1,26	1,53
		d	18,6	94	1,89	132	1,64	130	0,67	0,97	1,21
		e	21,7	110	1,85	129	1,63	129	0,78	0,91	1,13
6,14	4	e	35,1		1,25		1,00		0,98	1,50	2,09
7,5	5	e	39,8		1,29		1,02		0,92	1,48	2,09
7,5	3	c	33,8		1,31		1,10		0,99	1,38	1,81
		e	30,1	89	1,94	148	1,64	149	0,69	0,91	1,19
7,5	1,5	c	25,6		1,89		1,70		0,75	0,90	1,08
		d	22,2	87	2,58	137	2,28	134	0,52	0,69	0,84
		e	26,2	102	2,50	132	2,23	131	0,60	0,65	0,79
10	5	e	44,3		1,61		1,29		0,76	1,15	1,61
10	3	c	37,1		1,65		1,40		0,81	1,07	1,40
		e	34,7	94	2,35	142	2,02	144	0,60	0,73	0,93
10	1,5	c	28,8		2,32		2,11		0,63	0,72	0,85
		d	26,1	91	3,10	134	2,77	131	0,45	0,65	0,76
		e	30,4	106	2,97	128	2,68	127	0,52	0,53	0,64
15	5	e	53,2		2,16		1,76		0,62	0,83	1,13
15	3	c	43,6		2,20		1,90		0,63	0,78	0,99
		e	40,5	93	3,13	142	2,73	144	0,46	0,53	0,67
15	1,5	c	37,3		2,87		2,65		0,54	0,55	0,64
		d	33,1	89	3,85	134	3,49	132	0,38	0,43	0,51
		e	36,6	98	3,81	133	3,49	132	0,42	0,40	0,47

¹ A = vorwiegend nichtbindige Böden im Planum

³⁾ Prozentverhältnis gegenüber Zuggarnitur c

⁵⁾ Kostenanteil der spezif. Vergleichs-Transportkosten (B)

Förderleistung 5000 m³/h, Zweibaggerbetrieb

Gesamt-Lohnkosten				Abschreib.-Kosten		Ges.-Mat.-Kosten		spezif. Vergleichs-Transportkosten			
A		B						A		B	
$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^2 \cdot \text{km}}$	% ⁴⁾	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$	% ⁵⁾	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$	% ⁴⁾	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$	% ⁴⁾	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$	% ³⁾	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$	% ³⁾
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,32	58	3,78	61	1,44	25	0,99	17	5,75		6,21	
2,47	53	2,88	57	1,23	27	0,92	20	4,62	80	5,03	81
2,74	50	3,12	53	1,61	29	1,14	21	5,49	95	5,87	95
3,05	57	3,52	61	1,35	25	0,93	18	5,33		5,80	
2,38	50	2,77	54	1,35	29	0,99	21	4,72	89	5,11	88
3,19	59	3,86	63	1,31	24	0,93	17	5,43		6,10	
2,66	56	3,30	61	1,16	25	0,91	19	4,73	87	5,37	88
2,22	51	2,66	56	1,19	28	0,90	21	4,31	79	4,75	78
2,16	55	2,43	58	0,98	25	0,76	20	3,90		4,17	
1,64	51	1,88	54	0,85	26	0,73	23	3,22	83	3,46	83
1,69	49	1,91	51	0,99	28	0,81	23	3,49	89	3,71	89
2,48	53	3,07	59	1,22	26	0,95	21	4,65		5,24	
2,40	54	3,01	59	1,14	26	0,91	20	4,45		5,06	
2,37	56	2,80	60	1,05	25	0,81	19	4,23		4,66	
1,60	50	1,88	54	0,88	27	0,74	23	3,22	76	3,50	75
1,65	53	1,83	55	0,80	26	0,67	21	3,12		3,30	
1,21	49	1,36	52	0,65	26	0,62	25	2,48	79	2,63	80
1,25	47	1,39	49	0,76	28	0,68	25	2,69	86	2,83	86
1,91	52	2,37	58	0,94	26	0,79	22	3,64		4,10	
1,88	54	2,21	58	0,86	25	0,71	21	3,45		3,78	
1,33	48	1,53	52	0,76	27	0,68	25	2,77	80	2,97	79
1,35	52	1,48	54	0,66	25	0,61	23	2,62		2,75	
1,01	47	1,12	49	0,58	27	0,57	26	2,16	82	2,27	83
1,05	45	1,16	48	0,66	28	0,62	27	2,33	89	2,44	89
1,45	50	1,75	55	0,76	26	0,69	24	2,90		3,20	
1,41	52	1,62	56	0,68	25	0,61	23	2,70		2,91	
0,99	46	1,13	49	0,59	27	0,58	27	2,16	80	2,30	79
1,09	49	1,18	51	0,59	26	0,56	25	2,24		2,33	
0,81	44	0,89	47	0,49	27	0,52	29	1,82	81	1,90	82
0,82	43	0,89	45	0,54	28	0,55	29	1,91	85	1,98	85

² B = vorwiegend bindige Böden im Planum⁴⁾ Kostenanteil der spezif. Vergleichs-Transportkosten (A)

Anlage 2 f. Kostenzusammenstellung — Zugförderung

Förder- länge	Strossen- länge	Zug- garnitur	Anlagen- Kosten		Arbeitsproduktivität			Hilfs- lohn	Grundlohn		
			MILL. DM	% ⁴⁾	A ¹	B ²			A	B	
km	km				$\frac{10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{km}}{\text{Mann} \cdot \text{Schicht}}$	% ⁴⁾	$\frac{10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{km}}{\text{Mann} \cdot \text{Schicht}}$	% ⁴⁾	Pf m ³ · km	Pf m ³ · km	Pf m ³ · km
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,14	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,8	1,5	d	25,1		1,52		1,27		0,77	1,26	1,64
		e	26,0	104	1,67	110	1,42	112	0,80	1,06	1,37
3,48	2	e	31,1		1,65		1,36		0,77	1,11	1,49
4,8	3	e	44,0		1,65		1,35		0,79	1,09	1,49
4,8	1,5	d	29,0		2,37		2,01		0,52	0,79	1,01
		e	30,4	105	2,57	108	2,22	110	0,55	0,67	0,85
6,14	4	e ³	79,6		1,68		1,45		0,87	0,98	1,27
7,5	5	e ³	94,4		1,76		1,50		0,84	0,93	1,22
7,5	3	e	48,9		2,40		1,98		0,56	0,73	0,99
7,5	1,5	d	37,3		3,10		2,70		0,43	0,57	0,72
		e	37,6	101	3,42	110	3,02	112	0,43	0,48	0,59
10	5	e ³	104,6		2,14		1,85		0,72	0,74	0,96
10	3	e	53,2		3,01		2,52		0,46	0,58	0,77
10	1,5	d	43,5		3,69		3,26		0,37	0,47	0,58
		e	44,9	103	4,00	108	3,59	110	0,39	0,40	0,48
15	5	e ³	113,1		2,96		2,59		0,53	0,53	0,67
15	3	e	64,8		3,91		3,34		0,37	0,43	0,56
15	1,5	d	54,4		4,62		4,16		0,31	0,36	0,43
		e	56,2	103	4,98	108	4,54	109	0,32	0,31	0,36

¹ A = vorwiegend nichtbindige Böden im Planum
⁴) Prozentverhältnis gegenüber Zuggarnitur d

² B = vorwiegend bindige
⁵) Kostenanteil der spezif.
kosten (A)

Förderleistung 10 000 m³/h, Zweibaggerbetrieb

Gesamt-Lohnkosten				Abschreib.-Kosten		Ges.-Mat.-Kosten		spezif. Vergleichs-Transportkosten			
A		B						A		B	
Pf m ³ · km	% ⁵⁾	Pf m ³ · km	% ⁴⁾	Pf m ³ · km	% ⁴⁾						
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,03	52	2,41	56	1,07	27	0,80	21	3,90		4,28	
1,86	49	2,17	53	1,11	29	0,82	22	3,79	97	4,10	96
1,88	50	2,26	55	1,06	28	0,80	22	3,74		4,12	
1,88	50	2,88	55	1,08	29	0,81	21	3,77		4,17	
1,31	50	1,53	53	0,71	27	0,62	23	2,64		2,86	
1,22	47	1,40	50	0,76	29	0,64	24	2,62	99	2,80	98
1,85	37	2,14	40	1,89	37	1,29	26	5,03		5,32	
1,77	36	2,06	40	1,86	38	1,27	26	4,90		5,19	
1,29	48	1,55	52	0,77	28	0,65	24	2,71		2,97	
1,00	47	1,15	50	0,57	27	0,56	26	2,13		2,28	
0,91	44	1,02	47	0,60	29	0,56	27	2,07	97	2,18	96
1,46	36	1,68	39	1,51	37	1,08	27	4,05		4,27	
1,04	46	1,23	50	0,63	28	0,58	26	2,25		2,44	
0,84	45	0,95	48	0,50	27	0,52	28	1,86		1,97	
0,79	42	0,87	45	0,54	29	0,53	29	1,86	100	1,94	98
1,06	36	1,20	38	1,08	36	0,84	28	2,98		3,12	
0,80	44	0,93	47	0,52	28	0,52	28	1,84		1,97	
0,67	43	0,74	45	0,42	27	0,47	30	1,56		1,63	
0,63	40	0,68	42	0,46	29	0,48	31	1,57	100	1,62	100

Böden im Planum ³⁾ = Kippstrosse — Bandförderung
 Vergleichs-Transport- ⁶⁾ Kostenanteil der spezif. Vergleichs-Transportkosten (B)

Anlage 3 a. Kostenzusammenstellung — Bandförderung $\eta_{L,max} = 0,7$; 1 Bagger; Förder-Leistung $866 \text{ m}^3/\text{h}$; BB 1000 mm, $\eta_L = 0,55$

Förder- länge	Strossen- länge	Anlage- kosten	Arbeits- produkt.	Hilfs- lohn	Grund- lohn	Ges.-Lohn- Kosten		Abschreibungskosten				Ges.- Material- kosten		spezif. Vergleichs- Transportkosten	
						a ¹	b ²	a ¹		b ²		a ¹	b ²	a ¹	b ²
km	km	Mill. DM	$\frac{10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{km}}{\text{Mann} \cdot \text{Schicht}}$	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$			$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$	% ³⁾	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$	% ³⁾				
1	—	2,1	0,68	1,66	2,85	4,51	43	4,04	38	5,45	45	2,05	19	10,60	12,01
2,14	1	6,3	0,54	2,20	3,55	5,75	42	5,18	38	7,07	45	2,78	20	13,71	15,60
2,8	1,5	8,3	0,63	2,24	2,71	4,95	41	4,33	36	5,90	43	2,79	23	12,07	13,64
3,48	2	10,7	0,67	2,35	2,34	4,69	40	4,38	37	5,95	44	2,76	23	11,83	13,40
4,8	3	15,1	0,69	2,43	2,13	4,56	38	4,46	38	6,08	45	2,81	24	11,83	13,45
4,8	1,5	12,4	0,81	1,87	1,98	3,85	40	3,32	35	4,57	42	2,37	25	9,54	10,79
6,14	4	19,4	0,70	2,45	2,01	4,46	38	4,46	38	6,10	46	2,82	24	11,74	13,38
7,5	5	23,7	0,72	2,47	1,93	4,40	38	4,48	38	6,10	46	2,84	24	11,72	12,34
7,5	3	21,0	0,84	2,08	1,67	3,75	38	3,64	37	4,98	45	2,44	25	9,83	11,17
7,5	1,5	18,6	0,94	1,75	1,60	3,35	39	3,03	36	4,16	43	2,14	25	8,52	9,65
10	5	29,1	0,82	2,20	1,67	3,87	37	3,92	38	5,34	45	2,55	25	10,34	11,76
10	3	26,3	0,91	1,90	1,56	3,46	38	3,37	37	4,53	44	2,27	25	9,10	10,26
10	1,5	23,8	1,00	1,65	1,50	3,15	39	2,87	36	3,92	43	2,05	25	8,07	9,12
15	5	39,9	0,96	1,94	1,47	3,41	37	3,41	38	4,65	45	2,29	25	9,11	10,35
15	3	37,1	1,00	1,74	1,39	3,13	38	3,00	37	4,11	44	2,09	25	8,22	9,33
15	1,5	34,6	1,07	1,57	1,35	2,92	38	2,71	36	3,70	43	1,95	26	7,58	8,57

a¹ = normale Einsatzbedingungen b² = ungünstige Einsatzbedingungen ³⁾ Kostenanteil, bezogen auf normale Einsatzbedingungen⁴⁾ Kostenanteil, bezogen auf ungünstige Einsatzbedingungen

Anlage 3 b. Kostenzusammenstellung — Bandförderung $\eta_{Lmax} = 0,7$; 1 Bagger; Förder-Leistung $2600 \text{ m}^3/\text{h}$; BB 1600 mm, $\eta_L = 0,62$

Förder- länge	Strossen- länge	Anlage- kosten	Arbeits- produkt.	Hilfs- lohn	Grund- lohn	Ges.-Lohn- Kosten		Abschreibungskosten				Ges.-Mat.- Kosten		spezif. Vergleichs- Transportkosten		
						Pf	% ⁵⁾	a ¹		b ²				a ¹	b ²	
km	km	MILL. DM	$\frac{10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{km}}{\text{Mann} \cdot \text{Schicht}}$	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$	% ⁵⁾	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$							
1	—	I ³ II ⁴	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,14	1	I II	9,9	1,34 1,43	1,15 1,00	1,18	2,33 2,18	35 34	2,47	37	3,28	44	1,82	28	6,62 6,47	7,43 7,28
2,8	1,5	I II	13,2	1,51 1,62	1,18 1,03	0,90	2,08 1,93	33 31	2,43	39	3,20	45	1,78	28	6,29 6,14	7,06 6,91
3,48	2	I II	16,7	1,58 1,71	1,23 1,07	0,78	2,01 1,85	33 31	2,36	38	3,13	45	1,77	29	6,14 5,98	6,91 6,75
4,8	3	I II	23,4	1,62 1,78	1,24 1,08	0,71	1,95 1,79	32 30	2,40	39	3,20	46	1,78	29	6,13 5,97	6,93 6,77
4,8	1,5	I II	19,8	1,93 2,09	0,99 0,86	0,66	1,65 1,52	32 30	1,97	39	2,60	45	1,50	29	5,12 4,99	5,75 5,62
6,14	4	I II	30,1	1,65 1,80	1,27 1,11	0,67	1,94 1,78	32 30	2,43	39	3,23	46	1,80	29	6,17 6,01	6,97 6,81
7,5	5	I II	36,8	1,67 1,82	1,27 1,11	0,64	1,91 1,75	31 29	2,44	40	3,25	47	1,80	29	6,15 5,99	6,96 6,80
7,5	3	I II	32,6	1,96 2,13	1,08 0,94	0,56	1,64 1,50	31 30	2,03	39	2,69	46	1,55	30	5,22 5,08	5,88 5,74
7,5	1,5	I II	29,1	2,20 2,40	0,91 0,79	0,53	1,44 1,32	32 30	1,75	38	2,31	45	1,37	30	4,56 4,44	5,12 5,00
10	5	I II	45,2	1,89 2,06	1,14 0,99	0,56	1,70 1,55	31 29	2,15	39	2,86	46	1,62	30	5,47 5,32	6,18 6,03
10	3	I II	41,0	2,12 2,32	0,99 0,86	0,52	1,51 1,38	31 29	1,86	39	2,47	45	1,45	30	4,82 4,69	5,43 5,30
10	1,5	I II	37,5	2,33 2,53	0,87 0,75	0,50	1,37 1,25	32 30	1,65	38	2,18	45	1,32	30	4,34 4,22	4,87 4,75
15	5	I II	62,0	2,14 2,34	1,00 2,87	0,49 0,46	1,49 1,36	31 29	1,88	39	2,50	46	1,46	30	4,83 4,70	5,45 5,32
15	3	I II	57,7	2,33 2,55	0,90 0,78		1,36 1,24	31 29	1,69	38	2,24	45	1,34	31	4,39 4,27	4,94 4,82
15	1,5	I II	54,2	2,15 2,73	0,82 0,72	0,45	1,27 1,17	31 29	1,55	38	2,05	45	1,25	31	4,07 3,97	4,57 4,47

a¹ = normale Einsatzbedingungen
b² = ungünstige Einsatzbedingungen

I³ = Hilfslohnkosten = 150% der Hilfsmat.-Kosten
II⁴ = Hilfslohnkosten = 90% der Hilfsmat.-Kosten
⁵⁾ Kostenanteil, bezogen auf normale Einsatzbedingungen
⁶⁾ Kostenanteil, bezogen auf ungünstige Einsatzbedingungen

Anlage 3 d. Kostenzusammenstellung — Bandförderung; $\eta_{Lmax} = 0,7$; 2 Bagger; Förder-Leistung $4330 \text{ m}^3/\text{h}$; BB 2000 mm, $\eta_L = 0,65$

Förder- länge	Strossen- länge	Anlage- kosten	Arbeits- produkt.	Hilfs- lohn	Grund- lohn	Ges. Lohn Kosten		Abschreibungskosten				Ges.-Mat.- Kosten		spezif. Vergleich Transportkosten	
						Pf	% ⁵⁾	a ³⁾		b ⁴⁾				a	b
km	km	MBl. DM	$\frac{10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{km}}{\text{Mann} \cdot \text{Schicht}}$	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$	% ⁵⁾	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$						
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,14	1	I ¹ II ²	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,8	1,5	I 17,3 II	1,99 2,32	0,93 0,69	0,66	1,59 1,35	31 27	2,01	39	2,62	45	1,56	30	5,16 4,92	5,77 5,53
3,48	2	I 21,6 II	2,10 2,49	0,95 0,70	0,57	1,52 1,27	31 27	1,86	38	2,48	45	1,53	31	4,91 4,66	5,53 5,28
4,8	3	I 30,1 II	2,16 2,58	0,97 0,72	0,51	1,48 1,23	30 26	1,89	38	2,53	46	1,55	32	4,92 4,67	5,56 5,31
4,8	1,5	I 25,6 II	2,56 3,04	0,77 0,58	0,47	1,24 1,05	30 26	1,62	39	2,13	46	1,31	31	4,17 3,98	4,68 4,49
6,14	4	I 38,7 II	2,22 2,68	0,98 0,72	0,46	1,44 1,18	29 25	1,90	39	2,55	46	1,55	32	4,89 4,63	5,54 5,28
7,5	5	I 47,3 II	2,26 2,72	0,98 0,73	0,44	1,42 1,17	29 25	1,91	39	2,57	46	1,56	32	4,89 4,64	5,55 5,30
7,5	3	I 41,7 II	2,64 3,19	0,83 0,61	0,39	1,22 1,00	30 26	1,58	38	2,10	45	1,34	32	4,14 3,92	4,66 4,44
7,5	1,5	I 37,4 II	2,97 3,58	0,70 0,52	0,37	1,07 0,89	29 26	1,39	38	1,83	45	1,19	33	3,65 3,47	4,09 3,91
10	5	I 57,9 II	2,57 3,12	0,88 0,64	0,37	1,25 1,01	29 25	1,68	39	2,25	46	1,40	32	4,33 4,09	4,90 4,66
10	3	I 52,4 II	2,90 3,50	0,76 0,56	0,35	1,11 0,91	29 25	1,45	38	1,94	45	1,25	33	3,81 3,61	4,30 4,10
10	1,5	I 48,1 II	3,18 3,82	0,67 0,49	0,33	1,00 0,82	29 25	1,31	38	1,73	45	1,13	33	3,44 3,26	3,86 3,68
15	5	I 79,3 II	2,95 3,58	0,77 0,57	0,32	1,09 0,89	29 25	1,46	38	1,95	45	1,26	33	3,81 3,61	4,30 4,10
15	3	I 73,8 II	3,21 3,90	0,69 0,51	0,30	0,99 0,81	29 25	1,31	38	1,74	45	1,16	33	3,46 3,28	3,89 3,71
15	1,5	I 69,5 II	3,46 4,16	0,63 0,47	0,29	0,92 0,76	29 25	1,22	38	1,60	44	1,08	33	3,22 3,06	3,60 3,44

I¹ = Hilfslohnkosten = 150% der Hilfsmat.-Kosten
 II² = Hilfslohnkosten = 111% der Hilfsmat.-Kosten

a³ = normale Einsatzbedingungen
 b⁴ = ungünstige Einsatzbedingungen
 5) Kostenanteil, bezogen auf normale Einsatzbedingungen
 6) Kostenanteil, bezogen auf ungünstige Einsatzbedingungen

Anlage 3 c. Kostenzusammenstellung — Bandförderung $\eta_{Lmax} = 0,9$; 1 Bagger; Förder-Leistung $2600 \text{ m}^3/\text{h}$; BB 1400 mm, $\eta_L = 0,82$

Förder- länge	Strossen- länge	Anlage- kosten	Arbeits- produkt.	Hilfs- lohn ⁶⁾	Grund- lohn	Ges.-Lohn- Kosten		Abschreibungskosten				Ges.-Mat.- Kosten		spezif. Vergleichs- Transportkosten			
						a ¹	b ²	x ³ (a ¹)	x ³ (b ²)								
km	km	Mill. DM	$\frac{10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{km}}{\text{Mann} \cdot \text{Schicht}}$	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$	% ⁴⁾	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$	%	%						
2,8	1,5	12,1	1,68	0,95	0,90	1,85	32	2,31	39	3,08	47	1,69	29	5,85	6,62	95	96
4,8	3	20,9	1,88	0,98	0,71	1,69	30	2,28	40	3,10	48	1,67	30	5,64	6,46	94	95
4,8	1,5	18,2	2,17	0,80	0,66	1,46	31	1,86	39	2,48	46	1,42	30	4,74	5,36	95	95
7,5	5	32,9	1,93	1,00	0,64	1,64	29	2,34	41	4,14	49	1,68	30	5,66	6,46	94	95
7,5	3	29,2	2,27	0,84	0,56	1,40	29	1,94	41	2,58	48	1,44	30	4,78	5,42	94	94
7,5	1,5	26,3	2,52	0,72	0,53	1,25	30	1,65	39	2,22	47	1,29	31	4,19	4,76	94	95
15	5	55,3	2,50	0,78	0,49	1,27	28	1,81	41	2,42	48	1,36	31	4,44	5,05	94	95
15	3	51,7	2,71	0,71	0,46	1,17	29	1,59	40	2,16	47	1,25	31	4,01	4,58	94	95
15	1,5	48,8	2,89	0,65	0,45	1,10	30	1,47	39	1,96	46	1,17	31	3,74	4,23	94	95

Anlage 3

a¹ = normale Einsatzbedingungen

b² = ungünstige Einsatzbedingungen

$$x^3 = \frac{\text{Betr.-Kosten } \eta_{Lmax} = 0,7}{\text{Betr.-Kosten } \eta_{Lmax} = 0,9} \cdot 100[\%] \text{ (bei gleichen Förderbedingungen)}$$

4) Kostenanteil, bezogen auf normale Einsatzbedingungen

5) Kostenanteil, bezogen auf ungünstige Einsatzbedingungen

6) Hilfslohnkosten = 131% der Hilfsmat.-Kosten

Anlage 3 e. Kostenzusammenstellung — Bandförderung $\eta_{Lmax} = 0,9$; 2 Bagger; Förder-Leistung $4330 \text{ m}^3/\text{h}$; BB 1800 mm, $\eta_L = 0,81$

Förder- länge	Strossen- länge	Anlage- kosten	Arbeits- produkt.	Hilfs- lohn ⁶⁾	Grund- lohn	Ges.-Lohn- Kosten		Abschreibungskosten				Ges.-Mat.- Kosten		spezif. Vergleichs- Transportkosten					
						Pf	% ⁴⁾	a ¹		b ²				a ¹	b ²	x ³ (a ¹)	x ³ (b ²)		
km	km	MILL. DM	$\frac{10^3 \text{ m}^3 \cdot \text{km}}{\text{Mann} \cdot \text{Schicht}}$	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$	% ⁴⁾	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$	$\frac{\text{Pf}}{\text{m}^3 \cdot \text{km}}$	%	%								
2,8	1,5	15,3	2,37	0,66	0,66	1,32	28	1,90	41	2,50	48	1,43	31	4,65	5,25	95	95		
4,8	3	26,8	2,66	0,69	0,51	1,20	27	1,84	41	2,45	48	1,43	32	4,47	5,08	96	96		
4,8	1,5	22,7	3,12	0,55	0,47	1,02	27	1,53	41	2,03	48	1,22	32	3,77	4,27	95	95		
7,5	5	42,1	2,80	0,70	0,44	1,14	26	1,86	42	2,47	49	1,45	32	4,45	5,06	96	95		
7,5	3	37,2	3,28	0,59	0,39	0,98	26	1,54	41	2,05	48	1,24	33	3,76	4,27	96	96		
7,5	1,5	33,3	3,67	0,50	0,37	0,87	26	1,35	41	1,77	47	1,11	33	3,33	3,75	96	96		
15	5	70,7	3,68	0,55	0,32	0,87	25	1,42	41	1,89	48	1,17	34	3,46	3,93	96	96		
15	3	65,8	4,01	0,49	0,30	0,79	25	1,28	41	1,69	47	1,08	34	3,15	3,56	96	96		
15	1,5	61,9	4,29	0,45	0,29	0,74	25	1,17	40	1,57	47	1,01	35	2,92	3,32	95	96		

a¹ = normale Einsatzbedingungen

b² = ungünstige Einsatzbedingungen

$$x^3 = \frac{\text{Betr.-Kosten } \eta_{max} = 0,7}{\text{Betr.-Kosten } \eta_{max} = 0,9} \cdot 100[\%] \text{ (bei gleichen Förderbedingungen)}$$

⁴⁾ Kostenanteil, bezogen auf normale Einsatzbedingungen

⁵⁾ Kostenanteil, bezogen auf ungünstige Einsatzbedingungen

⁶⁾ Hilfslohnkosten = 120% der Hilfsmat.-Kosten

Anlage 3 f. Kostenzusammenstellung — Bandförderung $\eta_{Lmax} = 0,9$; 3 Bagger; Förder-Leistung 8660 m³/h, BB 2500 mm, $\eta_L = 0,82$

Förder- länge	Strossen- länge	Anlage- kosten	Arbeits- produkt.	Hilfs- lohn	Grund- lohn	Ges.-Lohn- Kosten		Abschreibungskosten				Ges.-Mat.- Kosten		spezif. Vergleichs- Transportkosten	
						Pr	% ⁵⁾	a ³		b ⁴				a ³	b ⁴
km	km	Mill. DM	$\frac{10^3 m^3 \cdot km}{Mann \cdot Schicht}$	$\frac{Pr}{m^3 \cdot km}$	$\frac{Pr}{m^3 \cdot km}$	$\frac{Pr}{m^3 \cdot km}$	% ⁵⁾	$\frac{Pr}{m^3 \cdot km}$	$\frac{Pr}{m^3 \cdot km}$						
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,14	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,8	1,5	I ¹ 23,7 II ²	3,03 3,94	0,64 0,39	0,41	1,05 0,80	27 22	1,52	39	2,03	46	1,29	34	3,86 3,61	4,37 4,12
3,48	2	I II	31,3 4,14	3,09 0,41	0,34	1,03 0,75	27 21	1,50	39	1,99	46	1,29	34	3,82 3,54	4,31 4,03
4,8	3	I II	44,2 4,41	3,20 0,43	0,29	1,00 0,72	26 20	1,52	40	2,03	47	1,32	34	3,84 3,56	4,35 4,07
4,8	1,5	I II	36,1 5,20	3,88 0,33	0,28	0,82 0,61	26 21	1,22	39	1,61	46	1,10	35	3,14 2,93	3,53 3,32
6,14	4	I II	57,0 4,56	3,27 0,43	0,26	0,98 0,69	26 19	1,54	40	2,05	47	1,32	34	3,84 3,55	4,35 4,06
7,5	5	I II	69,8 4,69	3,32 0,44	0,24	0,97 0,68	25 19	1,54	40	2,06	47	1,33	35	3,84 3,55	4,36 4,07
7,5	3	I II	62,2 5,40	3,86 0,37	0,22	0,84 0,59	26 20	1,27	39	1,68	46	1,15	35	3,26 3,01	3,67 3,42
7,5	1,5	I II	54,6 6,11	4,44 0,31	0,21	0,72 0,52	26 20	1,08	38	1,42	45	1,02	36	2,82 2,62	3,16 2,96
10	5	I II	86,2 5,40	3,79 0,39	0,20	0,85 0,59	25 19	1,35	40	1,80	47	1,21	35	3,41 3,15	3,86 3,60
10	3	I II	77,7 6,00	4,26 0,34	0,19	0,75 0,53	25 19	1,16	39	1,53	46	1,08	36	2,99 2,77	3,36 3,14
10	1,5	I II	70,0 6,64	4,79 0,29	0,19	0,67 0,48	25 19	1,02	38	1,34	45	0,97	37	2,66 2,47	2,98 2,79
15	5	I II	118,2 6,17	4,33 0,35	0,17	0,75 0,52	25 19	1,18	39	1,56	46	1,08	36	3,01 2,78	3,39 3,16
15	3	I II	109,7 6,72	4,76 0,31	0,16	0,68 0,47	25 19	1,05	38	1,38	45	1,00	37	2,73 2,52	3,06 2,85
15	1,5	I II	102,1 7,24	5,17 0,28	0,16	0,62 0,44	25 19	0,96	38	1,26	45	0,93	37	2,51 2,33	2,81 2,63

I¹ = Hilfslohnkosten = 150% der Hilfsmaterial-Kosten
 II² = Hilfslohnkosten = 90% der Hilfsmaterial-Kosten

a³ = normale Einsatzbedingungen
 b⁴ = ungünstige Einsatzbedingungen
⁵⁾ Kostenanteil, bezogen auf normale Einsatzbedingungen
⁶⁾ Kostenanteil, bezogen auf ungünstige Einsatzbedingungen

Im gleichen Verlag erscheinen in der Schriftenreihe

MONTAN-BIBLIOTHEK

die Bände:

Handbuch für Vulkaniseure und Bandwärter

Von einem Autorenkollektiv

131 Seiten mit 84 Bildern und 5 Tabellen – Format 12 × 19 cm
Halbleinen 9,80 DM

Das Buch behandelt die Elemente des Gurtbandförderers, die Herstellung des Gummiförderbandes, Auflegen und Lenken des Gurtes, Werkzeuge und Vulkanisiergeräte, Endlosverbindungen, Gurtreparaturen, Kaltklebverfahren, die Instandhaltung sowie Arbeitsschutzanordnungen.

Berechnungsgrundlagen für den Braunkohlentagebau

Prof. Dr.-Ing. Helmut Härtig und Dr.-Ing. Richard Ciesielski

219 Seiten mit 31 Bildern und 17 Anlagen – Format 12 × 19 cm
Halbleinen 12,80 DM

Erstmalig wird eine ausführliche Übersicht über alle wichtigen Kennzahlen, Leistungsfaktoren und Berechnungen, die für die Kapazitätsermittlung bei Großraumgeräten für die Förderung und Verkipfung in Braunkohlentagebauen auftreten, gegeben. In gleicher Weise werden die Berechnungen für die Entwässerung, das Reparaturwesen und die Gleisanlagen behandelt. Für die Errechnung jeder Kennziffer wird ein Beispiel mit Rechnungsgang gegeben.

Bitte richten Sie Ihre Bestellung an Ihre Buchhandlung.

Auch der Verlag nimmt Ihre Bestellung gern entgegen.

**VEB DEUTSCHER VERLAG FÜR GRUNDSTOFFINDUSTRIE
LEIPZIG**

FREIBERGER FORSCHUNGSHEFTE

Schriftenreihe für alle Gebiete der Montanwissenschaften

A 174

Bergbau

MANFRED BRATKE

Dynamik und Statik der Produktivkraft der Arbeit im System der betrieblichen Kennziffern

44 Seiten mit 22 Bildern und 10 Tabellen · Format 16,7 × 24 cm · 5,— DM

Der Produktivität als einer der komplexen Kennziffern der Wirtschaftlichkeit kommt heute eine wachsende Bedeutung zu. Sie ist allgemeiner Maßstab des Fortschritts der Produktivkräfte geworden. Es ist deshalb von vorrangigem Interesse, die Beziehungen der Produktivitätskennziffern zu denjenigen technisch-ökonomischen Faktoren zu untersuchen, die ihre Entwicklung beeinflussen.

Methodisch stützt sich die vorliegende Untersuchung auf das Gesetz der großen Zahl sowie die Ausnutzung von Korrelation und Trend.

Es wurden insbesondere die Entwicklung der Arbeitsproduktivität und der anlagebedingte Teil der Selbstkosten in Abhängigkeit von Temperatur, Bodenart und Ablagerungsverhältnissen, von Betriebs- und Gerätegröße und deren Parametern sowie den arbeitskraftbedingten Faktoren untersucht. Die Ergebnisse der vorgenommenen Extrapolationen lassen Schlußfolgerungen über die künftige Entwicklung von Produktivität und Kosten sowie über optimale Betriebs- und Gerätegröße und deren produktivitäts- und kostengünstigster Kombination zu.

Bitte richten Sie Ihre Bestellung an Ihre Buchhandlung.

Auch der Verlag nimmt Ihre Bestellung gern entgegen.

**VEB DEUTSCHER VERLAG FÜR GRUNDSTOFFINDUSTRIE
LEIPZIG**

✓

Bücherei
• Bergakademie •
Freiberg i. Sa.

