

FREIBERGER
FORSCHUNGSHEFTE

A161

BRAUNKOHLENTAGEBAU

RICHARD CIESIELSKI

Die Leistungsfähigkeit von Pflugkippen



KADEMIE-VERLAG BERLIN

1960

FFH
A161
b

XVI

1142

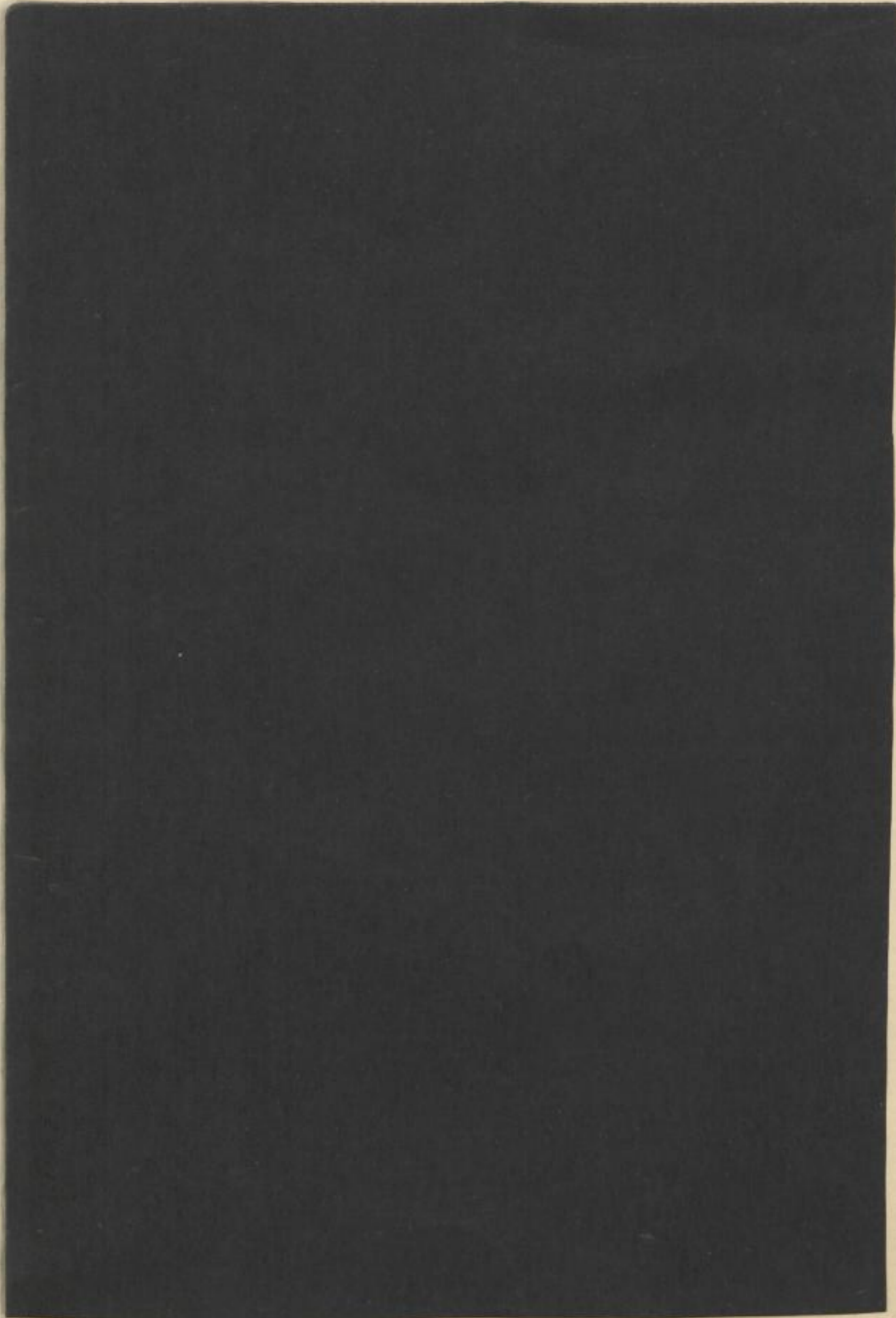
A 161



TU BERGAKADEMIE FREIBERG



XVI 1142 . A161B



FREIBERGER FORSCHUNGSHEFTE

A 161

FREIBERGER FORSCHUNGSHEFTE

Herausgegeben vom Rektor der Bergakademie Freiberg

A 161

BRAUNKOHLENTAGEBAU

RICHARD CIESIELSKI

Die Leistungsfähigkeit von Pflugkippen



Akademie-Verlag · Berlin

Freib. Forsch.-H.	A 161	S. 1—68	17 Bilder	3 Anlagen	1 Tab.	Berlin, Juni 1960
-------------------	-------	---------	-----------	-----------	--------	-------------------



IV 1142 (a 161) h

0

„Freiberger Forschungshefte“, Schriftenreihe für alle Gebiete der Montanwissenschaften. Herausgeber: Der Rektor der Bergakademie Freiberg, Prof. Dr.-Ing. habil. O. Oelsner. — Chefredakteur: Dipl.-Ing. R. Wendler, Freiberg, Klubhaus der Bergakademie, Aug.-Bebel-Str. 5 (Fernruf 2497). — Verlag: Akademie-Verlag GmbH, Berlin W 1, Leipziger Str. 3—4 (Fernruf 220441), Postscheckkonto 35021. — Die Freiberger Forschungshefte erscheinen in zwangloser Folge in den Reihen A, B, C und D. Ausführliches Verzeichnis aller lieferbaren Hefte von der Redaktion der Bergakademie oder dem Akademie-Verlag. — Preis dieses Heftes: 6,— DM. Bestell-Nr. 2062/A 161. Vertrieb: Für das Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik durch den Buchhandel; für das Gebiet Westdeutschlands durch den Buchhandel (Auslieferung KUNST UND WISSEN, Erich Bieber, Stuttgart S, Wilhelmstr. 4—6); für das gesamte Ausland durch eine Importbuchhandlung, den Deutschen Buch-Export und -Import, GmbH, Leipzig C 1, Postschließfach 276, oder den Verlag. — Gesamtherstellung: Druckhaus „Maxim Gorki“, Altenburg. — Veröffentlicht unter der Lizenz-Nr. 202 · 100/595/60 des Ministeriums für Kultur, HV Verlagswesen der Deutschen Demokratischen Republik. — Printed in Germany. — Alle Rechte vorbehalten. ES 20 G 1.

(60. 1331)

INHALT

1	Vorwort	7
2	Einleitung	9
3	Errechnung der theoretischen Leistungsfähigkeit von Pflugkippen	13
3.1	Der Inhalt eines Kippensektors	14
3.2	Die zum Verkkippen eines Sektors notwendige Zeit	16
3.21	Die wichtigsten Faktoren, welche die zum Verkkippen eines Sektors notwendige Zeit beeinflussen	16
3.22	Beschreibung der Arbeitsweise auf Pflugkippen	17
3.23	Analyse der einzelnen Arbeitsgänge sowie der zum Verrichten dieser Arbeiten benötigten Zeiten.	22
3.231	Die Zeit zum Ankippen der Böschung und Unterstopfen der Schwellen	23
3.232	Zeit zum Abpflügen der Massen eines Kippensektors	26
3.233	Verweilzeit der in einem Sektor zu verkkippenden Züge	27
3.234	Wechselzeiten der Pflugrücker	28
3.235	Zeit zum Rücken der Gleise	28
3.24	Zusammenfassung der zum Verkkippen eines Sektors notwendigen Zeit in Abhängigkeit von der Kippenlänge	30
3.3	Die theoretische Pflugkippen-Leistungsfähigkeit	30
3.4	Anwendung der gefundenen Beziehungen zur Ermittlung der theoretischen Pflugkippen-Leistungsfähigkeit	31
3.5	Die theoretische Pflugkippen-Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit von ihrer Länge und Höhe	38
3.6	Der Pflugrückerbedarf in Abhängigkeit von der Kippenlänge	39
4	Beziehungen zur Errechnung der Leistungsfähigkeit von Pflugkippen unter Berücksichtigung der Baggerleistungen	40
4.1	Allgemeine Betrachtungen	40
4.2	Die baggerseitige Zugfolge	45
4.3	Die kippenseitige Zugfolge	46
4.4	Der Kippenausnutzungsfaktor	49
4.5	In Abhängigkeit von der Kippenlänge werden die Leistungsfähigkeit einer Kippe, die Anzahl Vorbereitungskippen und betrieblich notwendiger Kippen sowie der Kippenausnutzungsfaktor untersucht	50
4.6	Ermittlung des Pflugkippenbedarfes sowie Feststellung des Kippenausnutzungsfaktors bei gegebenen Betriebsbedingungen	53
5	Schlußbetrachtungen	58
	Anlagen	60
	Zusammenfassung und Erläuterung der benützten Bezeichnungen	65

1 VORWORT

Diese Arbeit ist aus dem Bedürfnis entstanden, die Leistungsfähigkeit von Pflugkippen sowohl in der Projektierung als auch im praktischen Betrieb bestimmen zu können.

Die Leistungsfähigkeit von Pflugkippen ist kein eindeutig bestimmbarer Wert, da sie sich mit dem Abstand der Kippstelle von der Kippenverteilerweiche ändert.

In der nachfolgenden Arbeit sind zwei Grenzfälle untersucht. Im ersten Teil wird die theoretische Leistungsfähigkeit unter der Voraussetzung bestimmt, daß auf den Pflugkippen durch Mangel an Zügen keine Wartezeiten eintreten. Im zweiten Teil wird die zu erwartende Leistungsfähigkeit der Pflugkippen unter Berücksichtigung der maximalen Standortleistungen der Gewinnungsgeräte ermittelt.

Den Herren Prof. Dr.-Ing. HÄRTIG und Prof. Dr.-Ing. HOLLWEG danke ich für wertvolle Hinweise und Herrn Prof. Dr.-Ing. HÄRTIG auch für die Anregung zu dieser Arbeit. Weiterhin möchte ich Herrn Dipl.-Ing. ERNST-GÜNTHER BÖHME, mit dem alle im zweiten Teil niedergelegten Gedanken besprochen sind, für verschiedene Anregungen danken.

Zu Dank bin ich auch einigen Mitarbeitern des Instituts für Tagebaukunde an der Bergakademie Freiberg verpflichtet, die mich bei der Anfertigung der Arbeit unterstützt haben.

Faint, illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the page.

2 EINLEITUNG

Zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit der Gewinnungsgeräte, der Förderung mit Zügen oder Bändern und der Verkippung, wenn Absetzer eingesetzt sind, gibt es einfache Verfahren. Diese gestatten, die zu erwartenden Leistungen mit genügender Genauigkeit im voraus zu bestimmen. Eine befriedigende Lösung zur Errechnung der Leistungsfähigkeit von Pflugkippen existiert noch nicht, obwohl Pflugkippen schon mehr als 30 Jahre betrieben werden und besonders in den Tagebauen der Niederlausitz große Verbreitung gefunden haben. Zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit von Pflugkippen sind bisher folgende Arbeiten veröffentlicht worden.

OHNESORGE [1] hat schon 1926 Kippenuntersuchungen durchgeführt, die u. a. in folgender Beziehung ihren Niederschlag gefunden haben:

$$K = \frac{d \cdot l_a \cdot h \cdot p}{Z + n_1 (t + t_1)} \quad [\text{m}^3/\text{Schicht}]$$

K	= Aufnahmefähigkeit einer Kippe	[m ³ /Schicht]
d	= Schichtdauer	[min]
l_a	= Länge des Kippenabschnittes	[m]
h	= Kippenhöhe	[m]
p	= mittlere Planumsbreite	[m]
Z	= Zeit zum Vorbereiten einer Kippe	[min]
n_1	= Anzahl der gekippten Züge während einer Kipperiode	
t	= Zeit zum Ein- und Ausfahren eines Zuges	[min]
t_1	= Zeit zum Kippen eines Zuges	[min]

Diese Gleichung bezieht sich jedoch mehr auf den reinen Handkippenbetrieb; sie liefert für Pflugkippen unbefriedigende Ergebnisse.

Zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit von Pflugkippen mit 900 mm Spurbreite in m³/Tag wurden und werden z. T. auch heute noch folgende Richtwerte verwendet. Bei Kippenhöhen unter 6 m sind 800 m³/100 m Strossenlänge und bei Kippenhöhen von 6 m und mehr sind 1000 m³/100 m Strossenlänge einzusetzen, wenn die Voraussetzung, daß die Kippen mindestens 400 m lang sind, erfüllt ist.

Die für mittlere Kippenlängen und rollige Böden mit den Ergebnissen der Praxis genügend genau übereinstimmenden Richtwerte liefern für lange Pflugkippen jedoch unbrauchbare Werte.

WEIGELT [2] hat eine Beziehung zur Ermittlung der Grenzstrossenlänge von Pflugkippen angegeben:

$$L_{\max} = \frac{\frac{V_{\text{Zug}} \cdot 60}{Q_K} - k_f}{\frac{60}{v_{\text{leer}}} + \frac{60}{v_{\text{voll}}}} \quad [\text{km}]$$

- L_{\max} = Grenzstrossenlänge [km]
 Q_K = Aufnahmefähigkeit einer Kippe [m³/h]
 k_f = Kippzeit je Zug einschl. Zugwechselzeit vor der Kippenverteilerweiche [min]
 v_{voll} = Fahrgeschwindigkeit des Vollzuges [km/h]
 v_{leer} = Fahrgeschwindigkeit des Leerzuges [km/h]
 V_{Zug} = Zuginhalt [m³]

Wird diese Formel nach der Kippenleistungsfähigkeit aufgelöst, so zeigt sich, daß die Leistungsfähigkeit mit zunehmender Kippenlänge abnimmt.

$$Q_K = \frac{V_{\text{Zug}}}{L \left(\frac{1}{v_{\text{voll}}} + \frac{1}{v_{\text{leer}}} \right) + \frac{k_f}{60}} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

Die maximale Kippenleistung ist nach dieser Beziehung bei einer Zuglänge Kippenlänge zu erwarten.

Zu einem ähnlichen Ergebnis ist MOHRICH [4] gekommen, der aufbauend auf eine im Institut für Tagebaukunde als Seminaufgabe [3] herausgebrachte Arbeit die Leistungsfähigkeit von Pflugkippen nach folgender Beziehung bestimmt:

$$L = \frac{V_K \cdot 60 \cdot 24}{T_{\text{ges.}}} \quad [\text{m}^3/\text{Tag}]$$

- L = Leistungsfähigkeit der Pflugkippe je Tag [m³/Tag]
 V_K = Inhalt eines Kippensektors [m³]
 $T_{\text{ges.}}$ = Zeit zum Verkippen eines Sektors [min]

Da unter $T_{\text{ges.}}$ die Summe der Zeiten aus der Verweilzeit der Züge und der zum Abpflügen und Rücken der Gleise benötigten Zeit gebildet wird, ohne die mit zunehmender Kippenlänge in stärkerem Maße eintretenden Überschneidungen dieser Arbeitsgänge zu berücksichtigen, liegt das gefundene Maximum der Kippenleistungsfähigkeit in Abhängigkeit von der Kippenlänge bei 2 bis 3 Zuglängen. Auch dieses Ergebnis widerspricht den Erfahrungen der Praxis.

Nach einer sehr ausführlichen Abhandlung über die Kapazität von Pflugkippen von MARCZINSKI [5] gilt folgende Näherungsgleichung zur Bestimmung der Kapazität einer Pflugkippe:

$$Q_{K \max} = \frac{60 \cdot 24 \cdot V_Z}{\alpha + \beta + \gamma + \delta} \quad [\text{m}^3/\text{Tag}]$$

$$\alpha = \frac{L_s}{30 \cdot v_m} + t_K + t_w$$

$$\beta = \frac{n L_w \cdot Z_{\max}}{45 \cdot v_a} + 1 - \frac{L_s}{30 \cdot v_m}$$

$$\gamma = \frac{3 n L_w}{2 L_n} \left(\frac{L_g}{30 \cdot v_p} + \frac{n L_w \cdot Z_{\max}}{60 \cdot v_a} + \frac{3}{4} t_z + t_w \right)$$

$$\delta = \frac{s \cdot V_z}{30 \cdot v \cdot h \cdot d} + t_{zR}$$

Ist die Bedingung $\frac{n L_w \cdot Z_{\max}}{45 v_a} + 1 < \frac{L_s}{30 v_m}$ erfüllt, so wird $\beta = 0$.

$Q_{K_{\max}}$	= Kapazität einer Pflugkippe	[m ³ /Tag]
V_z	= Zuginhalt	[m ³]
L_s	= Strossenlänge von der Verteilerweiche bis zum Schwerpunkt der nutzbaren Kippstrosse	[m]
v_m	= mittlere Fahrgeschwindigkeit der Voll- und Leerzüge	[m/s]
t_K	= Kippzeit	[min]
t_w	= Wartezeit an der Verteilerweiche	[min]
n	= Anzahl der Wagen je Zug	
L_w	= Länge eines Wagens über Puffer	[m]
Z_{\max}	= maximale Anzahl der Hin- und Rückfahrten des Pflugrückers beim Abpflügen	
L_n	= nutzbare Kippenstrossenlänge	[m]
L_g	= gesamte Kippenstrossenlänge	[m]
v_p	= mittlere Geschwindigkeit für Hin- und Rückfahrt des Pflugrückers beim Verlassen der Strosse	[m/s]
v_a	= mittlere Geschwindigkeit beim Abpflügen	[m/s]
t_z	= Zeitdauer für das Auf- und Abrüsten des Pflugrückers	[min]
v	= mittlere Geschwindigkeit des Pflugrückers beim Rücken	[m/s]
h	= Kipphöhe	[m]
d	= Durchdrückung des Gleises	[m]
t_{zR}	= Zuschlag für Hebearbeiten usw.	[min]

Die von Marczinski gefundene Näherungsgleichung stimmt mit den Ergebnissen der Praxis von allen genannten Beziehungen am besten überein. Sie bestätigt die Ansicht der Praktiker, daß bei sonst gleichen Bedingungen von Pflugkippen mittlerer Länge die größte Aufnahmefähigkeit zu erwarten ist.

Jedoch setzt auch Marczinski bei seiner Berechnung voraus, daß Wartezeiten auf der Pflugkippe wegen Zugmangel nicht eintreten. Da die Verweilzeit der Züge auf der Kippe beim Verkippen der ersten Längen hinter dem Drehpunkt von relativ kleiner, beim Verkippen auf den letzten Längen jedoch von größerer Dauer ist, die Vollzüge auf dem Kippenbahnhof jedoch in konstanten zeitlichen Abständen eintreffen, ist diese Voraussetzung im normalen Betrieb nicht erfüllt. Außerdem ist die Eigenart des Rückens der Gleise bei längeren Pflugkippen nicht berücksichtigt.

In der folgenden Arbeit wird im Abschnitt 3 die Leistungsfähigkeit der Pflugkippen unter Berücksichtigung aller die Arbeit auf Pflugkippen wesentlich beeinflussender Faktoren exakt ermittelt, wobei auch angenommen wird, daß stets Vollzüge am Kippenbahnhof bereitstehen.

Im Abschnitt 4 wird eine relativ einfache Beziehung zur Ermittlung der Kippenleistungsfähigkeit unter Berücksichtigung der Baggerleistung angegeben. Dabei wurde von der bei der Projektierung von Abraumbetrieben üblichen Forderung ausgegangen, daß die Leistungsfähigkeit der Pflugkippen bei den ungünstigsten Bedingungen groß genug sein muß, um die maximale Standordleistung der Gewinnungsgeräte ausnutzen zu können.

Bemerkung: In der Einleitung sind die von den genannten Verfassern benutzten Bezeichnungen übernommen worden. Die Bezeichnungen der nachfolgenden Arbeit sind am Schluß aufgeführt.

Bergakademie
- Bücherel -
Freiberg i. Sa.

3 ERRECHNUNG DER THEORETISCHEN LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON PFLUGKIPPEN

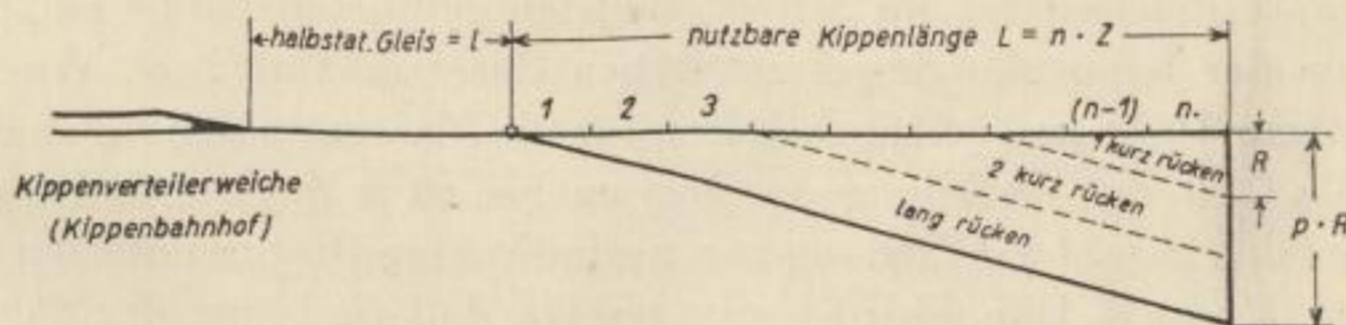
Bei der Bestimmung der Leistungsfähigkeit der Gewinnungsgeräte und Fördereinrichtungen im Abraumbetrieb ist es üblich, die zu erwartende Leistung in m^3 gewachsenen Bodens je Stunde anzugeben.

Um vergleichbare Größen zu erhalten, ist es zweckmäßig, auch die Leistungsfähigkeit der Pflugkippen in der gleichen Dimension zu ermitteln.

Da die Leistungsfähigkeit der Pflugkippen in einer Stunde recht unterschiedlich sein kann, je nachdem, ob die Massen auf den ersten oder letzten Zuglängen verkippt werden, soll zuerst die mittlere Aufnahmefähigkeit je Stunde berechnet werden.

Zur Errechnung der Leistungsfähigkeit von Pflugkippen gehen wir von der Beobachtung aus, daß die auf Pflugkippen anfallenden Arbeiten sich in einem durch die Betriebsbedingungen gegebenen Zyklus wiederholen.

Um die ausschlaggebenden Faktoren für die Kippenleistungsfähigkeit feststellen und allgemein ableiten zu können, soll der zwischen zweimal „Lang-Rücken“ (Bild 1) ein-



Bemerkung: Die n. Zuglänge wird im Text auch als letzte Zuglänge bezeichnet.

Bild 1

tretende Arbeitszyklus analysiert werden mit dem Ziel, Beziehungen aufzustellen, nach denen die Leistungsfähigkeit der Pflugkippen in der Zeiteinheit errechnet werden kann.

Die theoretische Leistungsfähigkeit einer Pflugkippe je Stunde kann als Quotient des Inhalts eines Kippensektors und der zum Verkippen desselben notwendigen Zeit angegeben werden:

$$Q_{K_{th}} = \frac{V_{KS}}{T_{KS}} \cdot 60 \quad [m^3/h] \quad (1)$$

$Q_{K_{th}}$ = Theoretische Aufnahmefähigkeit der Kippe je Stunde [m^3/h]

V_{KS} = Inhalt eines Kippensektors [m^3]

T_{KS} = Zeit zum Verkippen eines Kippensektors [min]

3.1 Der Inhalt eines Kippensektors

Wird die Pflugkippe im Schwenkbetrieb geführt, so hat die zwischen zweimal „Lang Rücken“ überschwenkte Fläche die Form eines Kreisabschnittes.

Da der Radius des Kreisabschnittes im Verhältnis zur Bogenlänge sehr groß ist — bei 1000 m Strossenlänge etwa 400 : 1 — kann mit genügender Genauigkeit angenommen werden, daß die überschwenkte Fläche die Form eines rechtwinkligen Dreiecks hat. Die Grundlinie des Dreiecks ist gleich der nutzbaren Kippenstrossenlänge L , die Größe der der Dreieckspitze (Kippendrehpunkt) gegenüberliegenden Dreieckseite am schwenkenden Flügel wird der Gesamtrückbreite $p \cdot R$ gleichgesetzt (Bild 1).

Wird die Kippe mit gleichmäßiger Höhe H aufgeschwenkt und ist die Auflockerung des gekippten Bodens f_K , so errechnet sich folgender Inhalt eines Kippensektors:

$$V_{KS} = \frac{L p R H}{2 \cdot f_K} \quad (\text{m}^3 \text{ gewachsener Boden}) \quad (2)$$

L	= nutzbare Kippenlänge	[m]
p	= Anzahl der Rückabschnitte je Kippensektor	
R	= Rückbreite der Gleisspitze nach einem Rückabschnitt	[m]
H	= Höhe der Kippe	[m]
f_K	= Kippenauflockerungsfaktor	$\left[\frac{\text{m}^3 \text{ geschüttet}}{\text{m}^3 \text{ gewachsen}} \right]$

Die überkippte Fläche einer im Schwenkbetrieb geführten Kippe entspricht in Abhängigkeit von der Kippenlänge geometrischen Gesetzmäßigkeiten. Wird eine Kippe mit gleichmäßiger Höhe betrieben, so gelten für die Massenverteilung analoge Gesetze. In der Tabelle 1 ist die Verteilung der Massen bis zu n Zuglängen Kippenlänge angegeben, wobei die Anzahl der Zuglängen n zur indirekten Bestimmung der Kippenlänge benutzt wurde, $L = nZ$. Dabei wird vorausgesetzt, daß die Länge der Züge Z konstant ist.

Aus der Tabelle 1 ist zu ersehen, daß die Verteilung der Massen in Abhängigkeit von A , dem Inhalt einer Pflugkippe von der Länge eines Zuges, ausgedrückt werden kann.

$$A = \frac{1 \cdot Z \cdot R \cdot H}{2 f_K} \quad [\text{m}^3] \quad (3)$$

Z = Länge eines Zuges (ohne Lokomotive)

Der Inhalt eines Kippensektors ist dann:

$$V_{KS} = A \cdot p \cdot n \quad [\text{m}^3] \quad (4)$$

Unter Verwendung der Beziehung

$$\sum_{i=1}^n (2i - 1) = n^2$$

Tabelle 1

Kippenlänge $L = n \cdot Z$	Verteilung der Massen										Kippen- inhalt	Massen- anteil der letzten Zuglänge	
	Zuglänge												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
eine Zuglänge	A											A	100%
zwei Zuglängen	A/2	3A/2										2A	75%
drei Zuglängen	A/3	3A/3	5A/3									3A	55%
vier Zuglängen	A/4	3A/4	5A/4	7A/4								4A	43%
fünf Zuglängen	A/5	3A/5	5A/5	7A/5	9A/5							5A	36%
sechs Zuglängen	2A/6	6A/6	10A/6	14A/6	18A/6	22A/6						12A	30%
sieben Zuglängen	2A/7	6A/7	10A/7	14A/7	18A/7	22A/7	26A/7					14A	26%
acht Zuglängen	2A/8	6A/8	10A/8	14A/8	18A/8	22A/8	26A/8	30A/8				16A	23%
neun Zuglängen	3A/9	9A/9	15A/9	21A/9	27A/9	33A/9	39A/9	45A/9	51A/9			27A	21%
zehn Zuglängen	3A/10	9A/10	15A/10	21A/10	27A/10	33A/10	39A/10	45A/10	51A/10	57A/10		30A	19%
· · ·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·		·	
· · ·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·		·	
n Zuglängen	$\Delta p/n$	$3\Delta p/n$	$5\Delta p/n$	$7\Delta p/n$	$9\Delta p/n$	·	·	·	·	$(2n-1)\Delta p/n$		$\Delta p/n \sum_{i=1}^n (2i-1)$	

Der Inhalt eines Kippensektors

kann die Gleichung (4) folgendermaßen geschrieben werden:

$$V_{KS} = A \frac{P}{n} \sum_{i=1}^n (2i - 1) = A \frac{P}{n} \cdot n^2 \quad (4a)$$

n = die der nutzbaren Kippenlänge entsprechende Anzahl Zuglängen

$$n = \frac{L}{Z} \quad (5)$$

$n = 1, 2, 3 \dots$ natürliche Zahl.

3.2 Die zum Verkippen eines Sektors notwendige Zeit T_{KS}

Die Zeit zum Verkippen eines Pflugkippenektors hängt von sehr vielen Faktoren ab. Von einigen Faktoren können Mittelwerte gebildet werden, andere beeinflussen T_{KS} ausschlaggebend, so daß T_{KS} als Funktion dieser Größen errechnet werden muß.

3.21 Die wichtigsten Faktoren, welche die zum Verkippen eines Sektors notwendige Zeit beeinflussen

3.211 *Art der Kippenführung*

- 3.211.1 Pflugkippen, deren schwenkendes Ende auf einer Berme der Kopfböschung aufgelegt ist,
- 3.211.2 Pflugkippen mit am schwenkenden Ende aufgeschüttetem Damm,
- 3.211.3 Pflugkippen mit Auflage und einem Auszug am schwenkenden Ende,
- 3.211.4 Pflugkippen mit „fliegender Spitze“.

Bei den nachfolgenden Betrachtungen werden Kippen zugrunde gelegt, die auf einer Berme der Kopfböschung Auflage haben bzw. deren schwenkendes Ende an einem Damm angelehnt ist.

Pflugkippen mit „fliegender Spitze“ werden heute nicht mehr geführt; es ist stets wirtschaftlicher, in solchen Fällen einen Damm als Auflage für das schwenkende Ende schütten zu lassen. Pflugkippen mit einem Auszug am schwenkenden Ende sind sehr selten.

3.212 *Inhalt der Züge und Abmessungen der Kippe*

- 3.212.1 Zuginhalt,
- 3.212.2 Nutzbare Länge der Kippe,
- 3.212.3 Länge der Zufahrt bzw. Abfahrt,
- 3.212.4 Höhe der Kippe,
- 3.212.5 Rückbreite.

Die Abmessungen der Kippe und der Inhalt der Züge werden nur z. T. durch die Betriebsgegebenheiten aufgezwungen. Bei den Projektierungen sind diese Größen in gewissen Grenzen zu bestimmen.

Deshalb soll die Aufnahmefähigkeit der Kippen, insbesondere in Abhängigkeit von diesen Größen, aufgezeigt werden.

3.213 *Bodenart einschließlich der durch Witterungsbedingungen eintretenden Veränderungen der physikalischen Eigenschaften der Böden*

Der Einfluß der physikalischen Eigenschaften der Böden auf die Zeit zum Verkippen eines Sektors und damit die Leistungsfähigkeit einer Pflugkippe können nur zu einem Teil rechnerisch erfaßt werden. Berücksichtigt werden kann z. B., wenn die mittlere Zeitdauer des Abpflügens einer Zuglänge bei bindigen Böden höher als bei rolligen Böden ist, oder wenn sich die mittlere Zeit zum Unterstopfen einer Zuglänge mit den physikalischen Eigenschaften der Böden ändert.

Rechnerisch nicht erfaßt werden können die durch stärkeren Regen sich in kurzer Zeit wesentlich verändernden Eigenschaften besonders bindiger Böden und die sich daraus ergebenden zusätzlichen Arbeiten und Leistungsverluste. Diese sich ungesetzmäßig auf die Leistungsfähigkeit der Kippen auswirkenden Veränderungen der physikalischen Eigenschaften können nur durch Erfahrungswerte geschätzt werden.

3.214 *Subjektive Einflüsse*

3.214.1 Qualifikation der Kippenbesatzung,

3.214.2 Stärke der Kippenbesatzung,

3.214.3 Zustand der Gleisanlage,

3.214.4 Zustand der Wagen.

Die ausgeführten subjektiven Einflüsse können auch nur zu einem Teil erfaßt werden. Grundsätzlich wird vorausgesetzt, daß die Kippenbesatzung aus einem Oberkipper und 5 Kippnern besteht und zu jeder Pflugkippe ein Pflugerücker gehört, so daß der Oberkipper mit 2 Mann das hintere Ende des Gleises rücken kann, während gleichzeitig auf den ersten Zuglängen Züge verkippt werden.

Der Zustand der Gleisanlagen wird zu einem Teil durch die Fahrgeschwindigkeiten der Züge und des Pflugerückers erfaßt. Aussetzen der Wagen und Herausspringen der Rückrollen können nur durch Erfahrungswerte, die in den zeitlichen Ausnutzungsgrad η_T eingehen, berücksichtigt werden.

3.22 *Beschreibung der Arbeitsweise auf Pflugkippen*

Es wird die Arbeitsweise derjenigen Pflugkippen betrachtet, deren Gleisenden Auflage auf einer Berme oder Anlage an einen geschütteten Damm haben.

Nachdem die Gleise der gesamten nutzbaren Kippenlänge bis dicht an die Kippenböschungskante herangerückt und die Böschungsmassen entsprechend dem zu erwartenden Wageninhalt abgezogen worden sind (Bild 2) wird, vom Drehpunkt ausgehend, in Richtung zur Spitze angekippt (Bild 3). Die angekippten Massen werden von dem Vor- und Hauptschar des Pflugrückers in Richtung zum Böschungsfuß verschoben,

um die Standfestigkeit der Kippenböschung zu erhöhen.

Nachdem der erste Zug angekippt worden ist, werden in der Regel die kippseitig liegenden Schwellenenden mit dem Auslegerrückkopf des Pflugrückers ausgehoben und unterstopft. Besondere Sorgfalt wird dem Unterstopfen der Stoßschwellen gewidmet. Ist das Kippengleis auf der gesamten nutzbaren Länge angekippt und ausgehoben, so wird mit dem „Vollfahren“ der letzten 3 Zuglängen begonnen. Der Pflugrücker muß das Kippgleis verlassen, wenn ein Zug auf der letzten Zuglänge verkippt werden soll.

Bei Pflugkippen, die auf einer Berme der Kopfböschung aufgelegt sind, wird nur ein Zug auf der letzten Länge verkippt. Sobald dieser Zug das Gleis verlassen hat, fährt der Pflugrücker zur Spitze, um diese abzuziehen und einen Kippgraben zur Aufnahme weiterer Massen herzustellen. Dem Pflugrücker folgt in einem durch die Bremseigenschaften des Zuges gegebenen Abstand der nächste Vollzug, der auf der vor-



Bild 2

letzten Länge verkippt wird. Während der Pflugrücker die Massen der letzten und vorletzten Länge abpflügt und einen Kippgraben zur Aufnahme neuer Massen herstellt (Bild 4), fährt der Leerzug aus und der nachfolgende Vollzug in die Kippenstrosse ein. Dieser Vollzug wird auf der drittletzten Länge verkippt.

Bei Pflugkippen, deren schwenkendes Ende an einen Damm angelehnt ist — der in einem Arbeitsgang vom Greiferbagger hergestellte ca. 4 m hohe Damm ist niedriger als die meist 6—10 m hohe Kippe —, werden zur Bildung der Kopfböschung zusätzlich Massen benötigt. Diese werden durch sog. „Doppelt-Kippen“ der Spitze zugeführt. Nachdem der auf der letzten Zuglänge gekippte Zug die Kippstrosse verlassen hat, fährt der nächste Vollzug wieder zur letzten Zuglänge. Der Schlußwagen dieses Zuges — manchmal auch die zwei, drei oder vier letzten Wagen — wird auf die Massen des vorhergehenden Zuges gekippt. Die restlichen Wagen dieses Zuges werden auf der vorletzten Zuglänge verstürzt. Der durch das „Doppelt-Kippen“ parallel zur Schiene ge-

bildete Damm, der durch Rückstau die Entladung der Wagen erschwert, ist aus Bild 5 zu ersehen.

Sind die beiden letzten Zuglängen verkippt und hat auch der zweite Leerzug die Kippstrosse verlassen, so fährt der Pflugrücker zum Abpflügen zur Gleisspitze. Ihm folgt der nächste Vollzug, der auf der drittletzten Länge verkippt wird, während gleichzeitig die beiden letzten Zuglängen abgepflügt werden. Hat der abgekippte Zug die Kippstelle verlassen und der Pflugrücker die beiden letzten Zuglängen abgepflügt, so wird anschließend auf der drittletzten Zuglänge der Kippgraben hergestellt. Danach



Bild 3



Bild 4

2*

Bergakademie
- Bücherel -
Freiberg i. Sa.

verläßt der Pflugrücker die Kippenstrosse und der nächste Vollzug fährt zur letzten Zuglänge. Die beschriebenen Vorgänge wiederholen sich so lange, bis die letzten drei Zuglängen „vollgefahren“ sind.

Von einer Kippe wird Boden dann nicht mehr abgenommen — sie ist vollgefahren —, wenn sich vor der Hauptscharspitze ein Damm bildet, die Massen also nicht mehr in Richtung Böschungfuß abrollen können (Bild 4).

In diesen nicht so tief wie gewöhnlich abgezogenen Kippgraben wird je Zuglänge noch ein Zug gekippt, und die Massen werden abgezogen. In Bild 6 ist ein Pflugrücker beim



Bild 5



Bild 6

Handwritten text, likely a library stamp or note, located below the caption for Bild 6. The text is faint and partially illegible, but appears to contain the name 'Freiberg' and some numbers.

„Planumziehen“ auf der Spitze zu sehen. Bild 7 zeigt das fertige, in Rückrichtung ansteigende Planum vor dem Gleisrücken.

Ist die Kippe bis zu fünf Zuglängen lang, so werden auch noch die beiden ersten Zuglängen vollgekippt, bevor das Kippengleis auf der gesamten Länge gerückt wird. Kippen von 6 und mehr als 6 Zuglängen Kippenlänge werden nicht immer auf der gesamten Länge gerückt. Zuerst werden die drei letzten Zuglängen gerückt, während von einem Teil der Kippenbesatzung auf den davorliegenden Zuglängen Züge verkippt werden. In der Praxis wird vom „Kurz-Rücken“ gesprochen, wenn das Gleis nicht bis



Bild 7



Bild 8

zum Drehpunkt bzw. bis zum Drehbereich gerückt wird. Liegt das Gleis gerade, so wird ca. 50 m vom Gleisende entfernt mit dem Auslegerrückkopf die kippenseitige Schiene eingespannt, und die letzten 50 m des Kippgleises werden so weit herübergerückt, daß die Gleisspitze 2 bis 3 m von der alten Lage entfernt zu liegen kommt. Durch das „Herumwerfen“ der Spitze wird „Eisen“ in das Gleis gerückt (siehe Bild 8).

Werden nur drei Zuglängen gerückt, so bleibt normalerweise der Auslegerrückkopf eingespannt. Beim zweiten oder dritten „Kurz-Rücken“ sowie beim „Lang-Rücken“ wird nach dem „Spitzeziehen“ die kippseitige Schiene aus der Auslegerrückvorrichtung

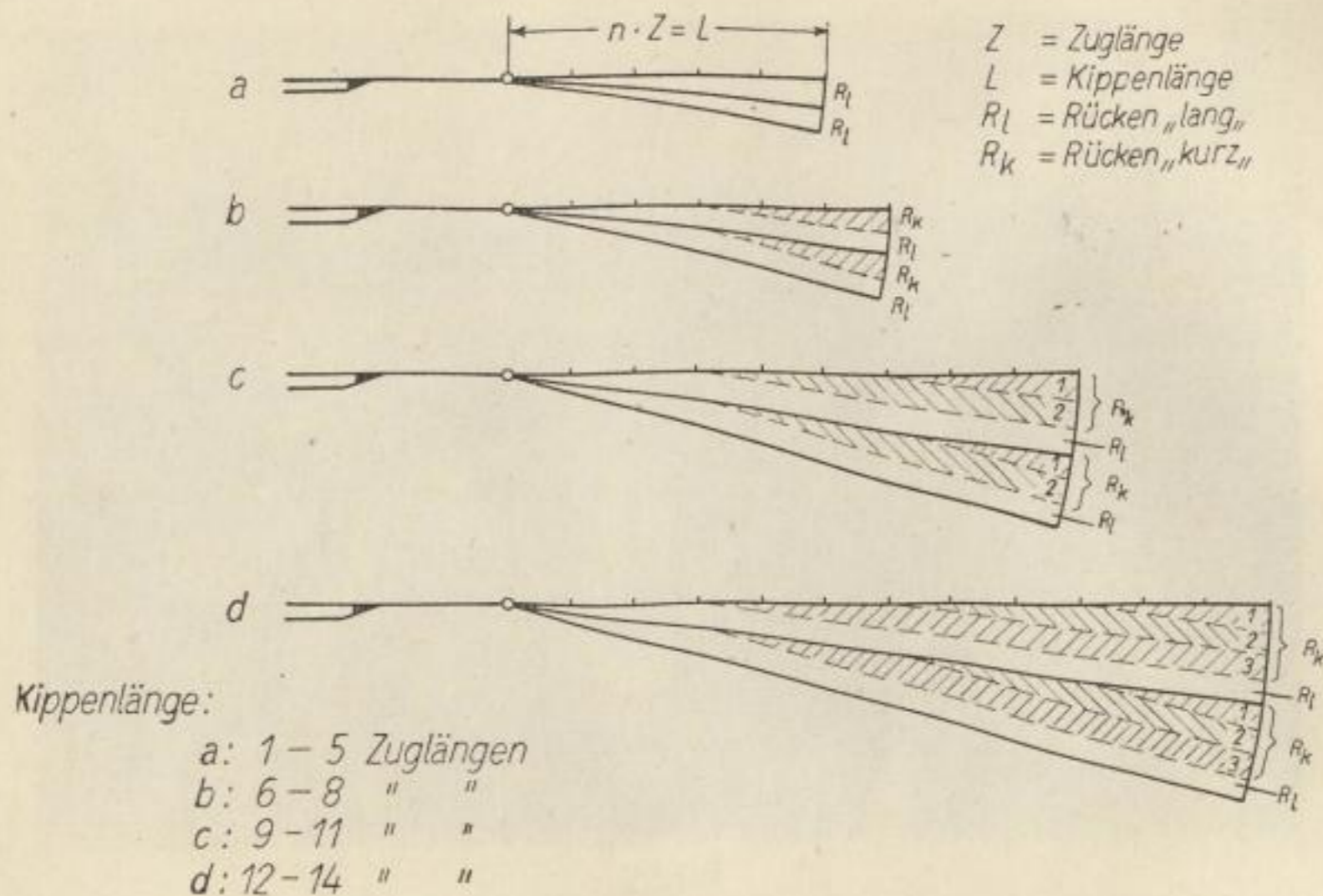


Bild 9

ausgespannt, und beide Schienen werden in die in der Mitte des Pflugrückers angebrachte Rückvorrichtung eingespannt. Je nach Zustand und Lage des Gleises wird das Gleis 0,2 bis 0,5 m je Pflugrückerfahrt gerückt.

Die Organisation der Gleisrückarbeit in Abhängigkeit von der Kippenlänge ist aus den Prinzipskizzen des Bildes 9 zu ersehen. Während Pflugkippen bis zu fünf Zuglängen stets auf der gesamten nutzbaren Gleislänge gerückt werden, nimmt mit zunehmender Länge das Verhältnis des „Kurz-Rückens“ zum „Lang-Rücken“ zu. Das bedeutet, daß Stillstände der Pflugkippen wegen durchzuführender Rückarbeit immer seltener werden.

3.23 Analyse der einzelnen Arbeitsgänge sowie der zum Verrichten dieser Arbeiten benötigten Zeiten

Die verschiedenen Arbeitsgänge, die zusammengenommen die Zeit zum Verkappen eines Sektors bestimmen, sind die Verweilzeit der Züge auf der Kippenstrosse und die

Arbeiten des Pflugrückers, Ausheben und Rücken der Gleise sowie Abpflügen der angekippten Massen.

Die absolute Dauer der Zugverweilzeit, der Zeit zum Ausheben und Rücken der Gleise sowie der Zeit zum Abpflügen der Massen nimmt mit zunehmender Kippenlänge zu. Da jedoch mit größer werdender Kippenlänge in zunehmendem Maße Überschneidungen der zu verrichtenden Arbeiten eintreten, ist eine optimale Kippenlänge zu erwarten.

3.231 Die Zeit zum Ankippen der Böschung und Unterstopfen der Schwellen T_{A+U}

Um das bis dicht an die Böschungsoberkante gerückte Gleis zu sichern, wird die Kippenböschung vom Drehpunkt ausgehend in Richtung zum schwenkenden Ende angekippt.

Kurze Zeit nachdem der auf der ersten Zuglänge gekippte Zug in Richtung zur Kippenverteilerweiche gefahren ist, trifft der auf der zweiten Zuglänge wartende Pflugrücker an der Kippstelle ein.

Während auf der ersten Zuglänge die angekippten Massen abgezogen und die Schwellen unterstopft werden, verläßt der Leerzug die Kippstrosse und der nächste Vollzug fährt ein.

Dieser Vollzug, der auf der zweiten Zuglänge „angekippt“ werden soll, ist bis an die erste Zuglänge herangefahren. Hier bleibt er stehen, bis die Unterstopfarbeiten und das Abpflügen der ersten Zuglänge beendet sind und der Pflugrücker sich in Richtung zur dritten Zuglänge in Fahrt setzt. Der Vollzug folgt dem Pflugrücker mit entsprechendem Abstand bis zur zweiten Zuglänge. Hier beginnt der schon beschriebene Arbeitsgang wieder mit dem Kippen des Zuges.

Mit zunehmender Entfernung der Kippstelle von der Kippenverteilerweiche nimmt die Fahrzeit des Leerzuges und die Fahrzeit des nachfolgenden Vollzuges auf der Kippenstrosse zu, während die Zeit des Abpflügens der Massen und des Unterstopfens der Schwellen gleich groß bleibt.

Schließlich gibt es eine Kippenlänge n_1 , bei der die Fahrzeit des Leerzuges und des nachfolgenden Vollzuges, einschl. der durch das Stellen der Signale und Weichen bedingten Wartezeit, gleich der Zeitsumme aus dem Abpflügen, dem Unterstopfen der Schwellen und der Wartezeiten zwischen Abfahrt des Leerzuges und Ankunft des Pflugrückers sowie zwischen Abfahrt des Pflugrückers und Anfahrt des Vollzuges ist.

Die Verweilzeit der Züge ist kleiner oder gleich der Zeit des Abpflügens und Unterstopfens, wenn folgende Beziehung besteht:

$$n_1 c + b + g + b + (n_1 - 1) c \leq g' + f + e' + g' \quad (6)$$

$$n_1 \leq \frac{1}{2c} (2g' + f + e' + c - 2b - g) \quad (6a)$$

$$1 \leq n_1 \leq n$$

n_1 = eine natürliche Zahl, die angibt, bis zu welcher Zuglänge das Abpflügen der angekippten Massen und das Unterstopfen der Schwellen

auf einer Zuglänge länger dauert als die Fahrt des Leer- und des Vollzuges einschl. der Wartezeit, die durch das Stellen der Signale und Weichen eintritt.

c = Fahrzeit der Züge und des Pflugrückers auf beweglichem Kippgleis von der Länge eines Zuges [min]

$$c = \frac{Z}{v_m} \quad [\text{min}] \quad (7)$$

Z = Länge eines Zuges (ohne Lokomotive) [m]

v_m = mittlere Geschwindigkeit der Voll- und Leerzüge sowie der Pflugrücker auf beweglichem Gleis [m/min]

b = mittlere Fahrzeit von der Kippenverteilerweiche bis zum Drehpunkt der Kippe. Der Fehler, der durch die Annahme eines Drehpunktes statt eines Drehbereiches hervorgerufen wird, ist praktisch belanglos. [min]

$$b = \frac{l}{v_1} \quad [\text{min}] \quad (8)$$

l = Länge des halbstationären Gleises von der Kippenverteilerweiche bis zum Drehpunkt [m]

v_1 = mittlere Fahrgeschwindigkeit der Züge und Pflugrücker auf halbstationärem Gleis [m/min]

g = durch das Stellen von Signalen und Weichen bedingte Wartezeit an dem Kippenbahnhof bei Gegenverkehr [min]

g' = Wartezeit bei gleichgerichtetem Verkehr, z. B. zwischen Abfahrt des Leerzuges und Ankunft des Pflugrückers an der Kippstelle [min]

f = Zeit zum Unterstopfen des Kippgleises von der Länge eines Zuges [min]

Die zum Unterstopfen der Schwellen einer Zuglänge notwendige Zeit hängt von verschiedenen Faktoren ab. Die Qualität des vom Pflugrücker hergestellten Planums und die Gleislage, insbesondere die Zahl der Stöße, sind ausschlaggebend für die Dauer des Unterstopfens.

Bei günstigen Bedingungen braucht das Gleis nur nach dem Rücken unterstopft zu werden. Die Zeitdauer für das Unterstopfen der Schwellen einer Zuglänge ist durch Zeitstudien im Betrieb zu ermitteln.

e' = Zeit zum Abpflügen der Massen eines Zuges nach dem Ankippen der Böschung [min]

Die Zeit zum Abpflügen der auf einer Zuglänge von einem Zug verkippten Massen errechnet sich nach der Beziehung

$$e = k \cdot \frac{Z}{v_a} + t_z \quad [\text{min}] \quad (9)$$

v_a = mittlere Fahrgeschwindigkeit des Pflugrückers während des Abpflügens [m/min]

Bergakademie
- Bücherel -
Freiberg i. Sa.

Die Zahl der Fahrten k , die der Pflugrücker benötigt, um den zur Abnahme des nächsten Zuges notwendigen Graben herzustellen, hängt von der vom Pflugrückerführer einzustellenden Spanstärke ab. Diese ist wiederum vom Füllungsgrad der Kippe, von der Bodenart, dem Gewicht des Pflugrückers und von der Gleislage abhängig.

Ist die Bodenzusammensetzung bei bestimmten Betriebsbedingungen einigermaßen gleichmäßig, so ist die Anzahl der Pflugrückerfahrten nur vom Füllungsgrad der Kippe abhängig.

Zur Herstellung des Kippgrabens sind nach dem Ankippen nur wenige Pflugrückerfahrten notwendig, die gesondert berücksichtigt und mit k' bezeichnet werden sollen. Mit zunehmender Zahl der von einer Kippstelle nach dem Rücken verkippten Züge nimmt die zur Herstellung des Kippgrabens notwendige Anzahl Pflugrückerfahrten zu.

Für die Berechnung der zum Verkippen eines Sektors notwendigen Zeit T_{KS} soll ein durch Zeitstudien festzulegender Mittelwert k zugrunde gelegt werden.

Für Z ist die Länge eines Zuges in m und für v_a die mittlere Geschwindigkeit des Pflugrückers während des Abpflügens in m/min einzusetzen. Durch t'_z wird die beim Herunter- und Heraufklappen der Vorschar sowie die zum Ein- und Ausfahren der Pflugscharstiele bzw. Senken und Heben des Hauptschars notwendige Zeit berücksichtigt.

Die Zeit zum Abpflügen der Massen eines Zuges nach dem Ankippen ist

$$e' = k' \frac{Z}{v_a} + t'_z \quad (9a)$$

t'_z = Die Zeit zum Herunter- und Heraufklappen der Vorschar sowie die zum Ein- und Ausfahren der Pflugscharstiele bzw. Heben und Senken des Hauptschars nach dem Ankippen der Böschung benötigte Zeit.

Unter Berücksichtigung der Zeit zum Kippen eines Zuges sowie der Zeit, die der Vollzug zum Zurücklegen von zwei Zuglängen benötigt, errechnet sich die mit dem Ankippen und Unterstopfen der Schwellen in Zusammenhang stehende Zeit.

$$T_{A+U} = y_1 [(2g' + f + e') + (2c + d)] \quad (10)$$

y_1 = Anzahl der anzukippenden Zuglängen von der ersten bis zur n_1 -ten Zuglänge

d = zum Kippen eines Zuges benötigte Zeit [min]

Für Kippen $n \leq 5$ ist $y_1 = n_1$

$$T_{A+U} (n \leq 5) = n_1 (2g' + f + e' + 2c + d) \quad [\text{min}] \quad (10a)$$

Ist die Kippe 6 und mehr Zuglängen lang, so fallen je Kippensektor mehrere Rückabschnitte an, und dadurch muß das Gleis mehrere Male ausgehoben werden. Der Wert von y_1 ist nach den in der Anlage 1 angegebenen Beziehungen in Abhängigkeit von n und n_1 einzusetzen.

3.232 Zeit zum Abpflügen der Massen eines Kippensektors T_{Pfl}

Nachdem die Kippenböschung angekippt und das Gleis unterstopft ist, ist die Kippe am leistungsfähigsten, d. h. in der Zeiteinheit kann die größte Zugzahl abgenommen und verkippt werden.

Die zeitliche Folge der Züge wird bestimmt entweder durch die Verweilzeit der Züge, die mit wachsender Entfernung der Kippstelle von der Kippenverteilerweiche zunimmt, oder von der Abpflügzeit einschl. der notwendigen Wartezeiten. Bei gegebenen Betriebsbedingungen kann die Zeit zum Abpflügen einer Zuglänge mit genügender Genauigkeit als konstanter Mittelwert der Rechnung zugrunde gelegt werden.

Analog der Festlegung der Kippenlänge n_1 , bis zu der die Ankippzeit größer als die Verweilzeit der Züge war, gibt es auch eine Zuglänge n_2 , bis zu der die Pflugzeit dominiert, während für Zuglängen größer als n_2 die Verweilzeit der Züge die zeitliche Zugfolge bestimmt.

n_2 kann aus folgender Beziehung ermittelt werden:

$$n_2 c + b + g + b + (n_2 - 1) c \leq g' + e + g' \quad (11)$$

$$n_2 \leq \frac{1}{2c} (2g' + e + c - 2b - g) \quad (11a)$$

$$1 \leq n_2 \leq n$$

n_2 = eine natürliche Zahl, die angibt, bis zu welcher Zuglänge das Abpflügen der angekippten Massen einer Zuglänge länger dauert als die Fahrt des Leer- und des Vollzuges sowie die Wartezeit, die durch das Stellen der Signale und Weichen eintritt

e = Mittelwert der zum Abpflügen der Massen eines Zuges benötigten Zeit [min]

Zur Ermittlung von T_{KS} ist im Zusammenhang mit der reinen Pflugzeit e zweimal die Wartezeit g' zu berücksichtigen, einmal die Zeitdifferenz zwischen Abfahrt des Leerzuges und Ankunft des Pflugrückers auf der Kippstelle und zum anderen der zeitliche Abstand zwischen dem in Richtung Spitze fahrenden Pflugrücker und dem nachfolgenden Vollzug. Außerdem ist die Fahrzeit des Vollzuges für zwei Zuglängen und die reine Kippzeit zu addieren.

Dann ist die je Kippensektor zu berücksichtigende Pflugzeit:

$$T_{Pfl} = z_2 (2g' + e + 2c + d) \quad (12)$$

Die Anzahl der Züge, die bis zur Zuglänge n_2 verkippt werden, ist:

$$z_2 = \frac{p}{n} m \sum_{i=1}^{n_2} (2i - 1) - y_2 \quad (13)$$

$$z_2 = m \frac{p}{n} n_2^2 - y_2 \quad (13a)$$

$$m = \frac{A}{V_Z} \quad (14)$$

A = Inhalt der Pflugkippe von der Länge eines Zuges — Gleichung 3 — $[m^3]$

p = Anzahl der Rückabschnitte je Kippensektor

V_Z = Inhalt eines Zuges $[m^3]$

m = Anzahl der Züge, die in einer Kippe von der Länge Z und der Höhe H bei einem Kippenauflockerungsfaktor f_k und der Rückbreite R untergebracht werden können.

y_2 = Anzahl der anzukippenden Züge bis zur Zuglänge n_2

Die Größe von y_2 ist aus der Anlage 2 zu ersehen; sie wird analog wie y_1 ermittelt. Die je Kippensektor zu berücksichtigende Pflugzeit ist dann

$$T_{Pfl} = \left(m \frac{p}{n} \cdot n_2^2 - y_2\right) (2g' + e + 2c + d) \quad [\text{min}] \quad (15)$$

3.233 Verweilzeit T_z der in einem Sektor zu verkippenen Züge

Für die in der Praxis üblichen Pflugkippenlängen von 1000 m und darüber bestimmt die Verweilzeit der Züge auf der Kippenstrosse T_z ausschlaggebend die zum Verkappen eines Sektors notwendige Zeit.

Wird die unterschiedliche Verweilzeit mit der Anzahl der Züge, die in einem Sektor verkippt werden, multipliziert, so erhält man die Gesamtverweilzeit. Von dieser ist zur Berechnung von T_z die Verweilzeit der Züge, die angekippt werden und bei denen die Abpflugzeit länger als die Verweilzeit dauert, abzuziehen.

Wird bei der Ermittlung der Verweilzeit eines Zuges für $g + 2b + d = A_0$ eingesetzt, so errechnet sich die je Kippensektor zu berücksichtigende Verweilzeit nach folgenden Beziehungen:

$$\begin{aligned} T_z &= m \frac{p}{n} \sum_{i=1}^n (2i - 1) (A_0 + 2ic) \\ &- m \frac{p}{n} \sum_{i=1}^{n_2} (2i - 1) (A_0 + 2ic) \\ &- [(y_1 - y_2) A_0 + (t_1 - t_2)] \quad [\text{min}] \quad (16) \end{aligned}$$

Unter Verwendung der Beziehung

$$\sum_{i=1}^n (2i - 1) i = \frac{1}{6} (4n^3 + 3n^2 - n)$$

kann die Gleichung 16 folgendermaßen geschrieben werden

$$\begin{aligned} T_z &= m \frac{p}{n} \left[\frac{4}{3} c (n^3 - n_2^3) + (c + A_0) (n^2 - n_2^2) - \frac{1}{3} c (n - n_2) \right] \\ &- [(y_1 - y_2) A_0 + (t_1 - t_2)] \quad [\text{min}] \quad (16a) \end{aligned}$$

t_1 = Fahrzeit der auf beweglichem Gleis von der ersten bis n_1 -ten Zuglänge zu verkippenden Züge [min]

t_2 = Fahrzeit der auf beweglichem Gleis von der ersten bis n_2 -ten Zuglänge zu verkippenden Züge [min]

Die Beziehungen für y_1 und y_2 sind aus den Anlagen 1 und 2, die Werte für t_1 und t_2 aus der Anlage 3 zu entnehmen.

3.234 Wechselzeiten der Pflugrücker. T_W

Der Pflugrücker muß die Kippenstrosse verlassen, wenn auf der letzten Länge gekippt werden soll.

Die Anzahl der auf der letzten Zuglänge zu verkippenden Züge gibt an, wie oft der Pflugrücker das Gleis verlassen muß.

Die Wechselzeit für eine Ausfahrt des Pflugrückers setzt sich aus der Wartezeit g' und der Zeit zum Abpflügen einer Zuglänge zusammen. Dabei wird vorausgesetzt, daß der Leerzug mit der gleichen Geschwindigkeit wie der Pflugrücker auf dem Kippengleis fährt. Für die Einfahrt des Pflugrückers in die Kippenstrosse ist als Wechselzeit die Zeitdifferenz zwischen Abfahrt des Pflugrückers und Abfahrt des nachfolgenden Vollzuges zu berücksichtigen.

Folglich sind für eine Aus- und Einfahrt des Pflugrückers $g' + e + g'$ (min) zu berechnen.

Die Anzahl der Züge, die auf der letzten Zuglänge zu verkippen sind, hängt von der Kippenhöhe, der Rückbreite, dem Inhalt eines Zuges und von der Kippenlänge ab.

In der Tabelle 1 ist der Anteil der auf der letzten Zuglänge zu verkippenden Massen im Verhältnis zum Gesamtinhalt eines Kippensektors aufgeführt. Daraus ist ersichtlich, daß mit zunehmender Kippenlänge der prozentuale Anteil der auf der letzten Zuglänge zu verkippenden Züge und damit auch der Anteil von T_W an T_{KS} abnimmt.

$$T_W = m \cdot \frac{p}{n} (2n - 1) (2g' + e) \quad [\text{min}] \quad (17)$$

3.235 Zeit zum Rücken der Gleise, T_R

Die zum Rücken eines Gleises für eine Kippenperiode benötigte Rückzeit errechnet sich aus dem Verhältnis der Rückfläche F_R zur Leistung der Rückmaschine N_R , zuzüglich der Vorbereitungszeit t_v , die zum Freischaufeln sowie zum Ein- und Ausspannen der Schienen und zur An- und Abfahrt der Rückmaschine benötigt wird.

$$T_R = \frac{F_R}{N_R} + t_v \quad [\text{min}] \quad (18)$$

T_R = anteilige Rückzeit je Kippensektor, während der von der Pflugkippe keine Züge abgenommen werden.	[min]
F_R = während des „Lang-Rückens“ überschwenkte Fläche eines Kippensektors	[m ²]
N_R = Leistung der Rückmaschine	[m ² /min]
t_v = Rüstzeit der Gleisrückmaschine einschl. Ein- und Ausfahrt	[min]

Die Organisation der Gleisrückarbeit und damit die zum Rücken notwendige Zeit T_R sind weitgehend von der Kippenlänge abhängig (Bild 9).

Wird die Zahl der Rückabschnitte während einer Rückperiode mit p bezeichnet, so gelten zwischen der während des „Lang-Rückens“ zu überschwenkenden Fläche F_R , der Gesamtrückfläche eines Kippensektors F und der Anzahl der Rückabschnitte p folgende Beziehungen:

$$n \leq 5 \quad p = 1 \quad F_R = F \quad (19)$$

$$n = 3p, \quad p = 2, 3, 4, \dots, \quad p = \frac{n}{3}, \quad F_R = \frac{(2p-1)}{p^2} \cdot F \quad (19a)$$

$$n = 3p + 1, \quad p = 2, 3, 4, \dots, \quad p = \frac{n-1}{3}; \quad F_R = \frac{3(2p-1) + p}{3p^2 + p} \cdot F \quad (19b)$$

$$n = 3p + 2, \quad p = 2, 3, 4, \dots, \quad p = \frac{n-2}{3}; \quad F_R = \frac{3(2p-1) + 2p}{3p^2 + 2p} \cdot F \quad (19c)$$

Die Fläche eines Kippensektorgrundrisses F ist:

$$F = \frac{pRnZ}{2} \quad [\text{m}^2] \quad (20)$$

Der Pflugrücker hat bei der Fahrgeschwindigkeit v_R [m/min] und der Rückbreite r [m] je Fahrt eine Rückleistung N_R von:

$$N_R = r \cdot v_R \quad [\text{m}^2/\text{min}] \quad (21)$$

Werden die gefundenen Beziehungen in die Ausgangsformel eingesetzt, so ist:

$$T_R (n \leq 5) = \frac{RnZ}{2r \cdot v_R} + t_v \quad [\text{min}] \quad (18a)$$

$$T_R \left(\frac{n}{3} \right) = \frac{(2p-1) nZR}{2 \cdot p \cdot r \cdot v_R} + t_v \quad [\text{min}] \quad (18b)$$

$$T_R \left(\frac{n-1}{3} \right) = \frac{[3(2p-1) + p] nZpR}{(3p^2 + p) 2rv_R} + t_v \quad [\text{min}] \quad (18c)$$

$$T_R \left(\frac{n-2}{3} \right) = \frac{[3(2p-1) + 2p] nZpR}{(3p^2 + 2p) 2rv_R} + t_v \quad [\text{min}] \quad (18d)$$

3.24 Zusammenfassung der zum Verkkippen eines Sektors notwendigen Zeit T_{KS} in Abhängigkeit von der Kippenlänge

Die zum Verkkippen eines Sektors notwendige Zeit T_{KS} ist die Summe aus der Verweilzeit der Züge auf der Kippenstrosse und der mit den Pflugrückerarbeiten zusammenhängenden Zeiten — dem Abpflügen der Massen, Ausheben und Rücken der Gleise — sowie der Ein- und Ausfahrzeit des Pflugrückers.

$$T_{KS} = T_{A+U} + T_{Pfl} + T_V + T_W + T_R \quad (22)$$

$$\begin{aligned} T_{KS} &= y_1 (2g' + f + e' + 2c + d) \\ &+ \left(m \frac{p}{n} \cdot n_2^2 - y_2 \right) (2g' + e + 2c + d) \\ &+ m \frac{p}{n} \left[\frac{4}{3} c(n^3 - n_2^3) + (c + A_0)(n^2 - n_2^2) - \frac{1}{3} c(n - n_2) \right] \\ &- [(y_1 - y_2) A_0 + (t_1 - t_2)] \\ &+ m \frac{p}{n} (2n - 1) (2g' + e) \\ &+ \frac{F_R}{N_R} + t_v \quad \quad \quad [\text{min}] \quad (22a) \end{aligned}$$

3.3 Die theoretische Pflugkippen-Leistungsfähigkeit

Die theoretische Pflugkippen-Leistungsfähigkeit ist nach der Gleichung (1):

$$Q_{Kth} = \frac{V_{KS}}{T_{KS}} \cdot 60 \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

Um bei gegebenen Betriebsbedingungen die theoretische Kippenleistungsfähigkeit errechnen zu können, wird für

$$V_{KS} = A p n \quad [\text{m}^3]$$

und für T_{KS} die Beziehung (22) eingesetzt.

Als Kriterium dafür, welche Beziehung unter gegebenen Betriebsbedingungen einzusetzen ist, gelten die Größen n , n_1 und n_2 . Diese Größen stehen mit der Anzahl der Rückabschnitte p und der Rechenhilfsgrößen u_1 und u_2 in folgender Beziehung:

$$\begin{aligned} n &= 3p, & n &= 3p + 1, & n &= 3p + 2 \\ n_1 &= 3u_1, & n_1 &= 3u_1 + 1, & n_1 &= 3u_1 + 2 \\ n_2 &= 3u_2, & n_2 &= 3u_2 + 1, & n_2 &= 3u_2 + 2 \end{aligned}$$

Gelten z. B. die Bedingungen $n = 3p$, $n_1 = 3u_1$ und $n_2 = 3u_2$, so ist unter Berücksichtigung der Beziehungen in den Anlagen 1, 2 und 3 T_{KS} nach folgender Gleichung zu errechnen:

$$\begin{aligned}
 T_{KS} = & \frac{3}{2} (u_1^2 + u_1) (2g' + f + e' + 2c + d) \\
 & + \left[m \cdot \frac{n}{3n} \cdot n_2^2 - \frac{3}{2} (u_2^2 + u_2) \right] (2g' + e + 2c + d) \\
 & + m \cdot \frac{n}{3n} \left[\frac{4}{3} c (n^3 - n_2^3) + (c + A_0) (n_2 - n_2^2) - \frac{1}{3} c (n - n_2) \right] \\
 & - \left\{ \left[\frac{3}{2} (u_1^2 + u_1) - \frac{3}{2} (u_2^2 + u_2) \right] \cdot A_0 \right. \\
 & \left. + 6c(u_1^3 + u_1^2) - 6c(u_2^3 + u_2^2) \right\} \\
 & + m \frac{n}{3n} (2n - 1) (2g' + e) \\
 & + \frac{\left(2 \frac{n}{3} - 1 \right) n Z R \cdot 3}{2n \cdot r \cdot v_R} + t_v \quad [\text{min}]
 \end{aligned}$$

3.4 Anwendung der gefundenen Beziehungen zur Ermittlung der theoretischen Leistungsfähigkeit

MARCZINSKI [5] gibt folgende techn. Daten und Kennziffern der im Tagebau Greifenhain betriebenen Pflugkippen 5, 7 und 8 an:

Bezeichnung der Kippe	L m	l m	H m
Pflugkippe 5	1970	170	6
Pflugkippe 7	1300	240	8
Pflugkippe 8	960	700	7

$$V_Z = 280 \text{ m}^3, \quad d + g = 5 \text{ min} \quad (d = 4 \text{ min}, \quad g = 1 \text{ min})$$

$$v_m = 18 \text{ km/h} \cong 300 \text{ m/min}, \quad f_k = 1,15, \quad r = 0,2 \text{ m}$$

$$v_a = 12 \text{ km/h} \cong 200 \text{ m/min}, \quad R = 2,5 \text{ m}$$

$$Z = 108 \text{ m}, \quad t_v = 15 \text{ min}$$

Da im Tagebau Greifenhain die Züge und Pflugrücker auf der Kippenstrosse mit relativ hohen Geschwindigkeiten fahren, soll für diese Beispiele $v_1 = v_m = 300 \text{ m/min}$ gelten, d. h., daß die Züge und Pflugrücker das halbstationäre Gleis von der Kippenverteilerweiche bis zum Drehpunkt mit gleicher Geschwindigkeit wie das bewegliche Kippengleis befahren.

3.41 Die stündliche maximale Leistungsfähigkeit der Pflugkippe 5

$$Q_{Kth} = \frac{V_{KS} \cdot 60}{T_{KS}} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$V_{KS} = A \cdot p \cdot n \quad [\text{m}^3]$$

$$A = \frac{z \cdot R \cdot H}{2 \cdot f_K} = \frac{108 \cdot 2,5 \cdot 6}{2 \cdot 1,15} = 704 \text{ m}^3$$

$$n = \frac{L}{Z} = \frac{1970}{108} = 18$$

$$n = 3p, \quad p = \frac{n}{3} = \frac{18}{3} = 6$$

$$V_{KS} = 704 \cdot 6 \cdot 18 = 76032 \text{ m}^3$$

Zur Ermittlung von T_K wird mit der Bestimmung der Größen n_1 und n_2 begonnen.

$$n_1 \leq \frac{1}{2c} (2g' + f + e' + c - 2b - g)$$

$$1 \leq n_1 \leq n$$

Als Wartezeit zwischen der Abfahrt des gekippten Zuges von der Kippstelle und der Ankunft des Pflugrückers an der Kippstelle bei gleichgerichtetem Verkehr soll eine Minute angenommen werden: $g' = 1 \text{ min}$.

Die Zeit zum Ausheben der kippenseitigen Schiene von einer Zuglänge liegt im Durchschnitt für die Verhältnisse der zu berechnenden Kippen bei $f = 7 \text{ min}$.

$$e' = k' \cdot \frac{Z}{v_a} + t_z = 4 \cdot \frac{108}{200} + 2 = 4,2 \text{ min}$$

$$c = \frac{Z}{v_m} = \frac{108 \text{ m}}{300 \text{ m/min}} = 0,36 \text{ min}$$

$$g = 1 \text{ min}, \quad b = \frac{l}{v_1} = \frac{170 \text{ m}}{300 \text{ m/min}} = 0,6 \text{ min}$$

$$n_1 \leq \frac{1}{2 \cdot 0,36} (2 \cdot 1,0 + 7,0 + 4,2 + 0,4 - 2 \cdot 0,6 - 1,0)$$

$$n_1 \leq \frac{1}{0,72} \cdot 11,4 = 15,8$$

$$n_1 = 15; \quad n_1 = 3u_1, \quad u_1 = \frac{n_1}{3} = \frac{15}{3} = 5$$

$$n_2 \leq \frac{1}{2 \cdot c} (2g' + e + c - 2b - g) \quad 1 \leq n_2 \leq n$$

$$e = k \cdot \frac{Z}{v_a} + t_z = 8 \cdot \frac{108}{200} + 2 = 6,3 \text{ min}$$

$$n_2 \leq \frac{1}{2 \cdot 0,36} (2 \cdot 1,0 + 6,3 + 0,4 - 2 \cdot 0,6 - 1,0)$$

$$n_2 \leq \frac{1}{0,72} \cdot 6,5 = 9,0$$

$$n_2 = 9,0, \quad n_2 = 3u_2, \quad u_2 = \frac{n_2}{3} = \frac{9}{3} = 3$$

Da folgende Bedingungen erfüllt sind:

$$n = 3p, \quad n_1 = 3u_1 \text{ und } n_2 = 3u_2,$$

sind für y_1, y_2, t_1, t_2 und T_R folgende Beziehungen — Anlagen 1, 2, 3 und Seite 29 — einzusetzen:

$$y_1 = \frac{3}{2} (u_1^2 + u_1), \quad y_2 = \frac{3}{2} (u_2^2 + u_2)$$

$$t_1 = 6c(u_1^3 + u_1^2), \quad t_2 = 6c(u_2^3 + u_2^2)$$

$$T_R \left(\frac{n}{3} \right) = \frac{(2p-1)nZ \cdot R}{2pr \cdot v_R} + t_v, \quad A_0 = g + 2b + d$$

Die Zeit zum Verkappen eines Kippensektors von 18 Zuglängen Länge errechnet sich dann zu:

$$\begin{aligned} T_{KS}(18) &= \frac{3}{2} (u_1^2 + u_1) (2g' + f + e' + 2c + d) \\ &+ \left[\left(m \frac{p}{n} \cdot n_2^2 \right) - \frac{3}{2} (u_2^2 + u_2) \right] (2g' + e + 2c + d) \\ &+ m \frac{p}{n} \left[\frac{4}{3} c (n^3 - n_2^3) + (c + A_0) (n^2 - n_2^2) - \frac{1}{3} c (n - n_2) \right] \\ &- \left\{ \left[\left(\frac{3}{2} u_1^2 + \frac{3}{2} u_1 \right) - \left(\frac{3}{2} u_2^2 + \frac{3}{2} u_2 \right) \right] A_0 \right. \\ &\quad \left. + 6c(u_1^3 + u_1^2) - 6c(u_2^3 + u_2^2) \right\} \\ &+ m \frac{p}{n} \left[(2n - 1) (2g' + e) \right] + \frac{(2p-1)nZR}{2prv_R} + t_v \\ T_{KS}(18) &= \frac{3}{2} (25 + 5) (2 \cdot 1,0 + 7,0 + 4,2 + 2 \cdot 0,4 + 4,0) \\ &+ \left[\frac{704 \cdot 6 \cdot 81}{280 \cdot 18} - \left(\frac{3}{2} \cdot 9 + \frac{3}{2} \cdot 3 \right) \right] (2 \cdot 1,0 + 6,2 + 2 \cdot 0,4 + 4,0) \\ &+ \frac{704 \cdot 6}{280 \cdot 18} \left[\frac{4}{3} \cdot 0,36 (5832 - 729) + (0,4 + 6,2) (324 - 81) \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{3} \cdot 0,36 (18 - 9) \right] \\ &- \left\{ \left[\left(\frac{3}{2} \cdot 25 + \frac{3}{2} \cdot 5 \right) - \left(\frac{3}{2} \cdot 9 + \frac{3}{2} \cdot 3 \right) \right] 6,2 \right. \\ &\quad \left. + 6 \cdot 0,36 (125 + 25) - 6 \cdot 0,36 (27 + 9) \right\} \\ &+ \frac{704 \cdot 6}{280 \cdot 18} [(2 \cdot 18 - 1) (2 \cdot 1,0 + 6,3)] + \frac{(2 \cdot 6 - 1) \cdot 18 \cdot 108 \cdot 2,5}{2 \cdot 6 \cdot 0,2 \cdot 150} + 15,0 \end{aligned}$$

Bemerkung: Bei der Berechnung sind die Summanden bis zur ersten Stelle, die Faktoren bis zur zweiten Stelle nach dem Komma angegeben.

$$T_{KS} (18) = 4861,4 \text{ min}$$

$$Q_{Kth} (18) = \frac{V_{KS} \cdot 60}{T_{KS}} = \frac{76032 \cdot 60}{4861,4} = 934 \text{ m}^3/\text{h}$$

3.42 Die stündliche theoretische Leistungsfähigkeit der Pflugkippe 7

$$n = \frac{L}{Z} = \frac{1300 \text{ m}}{108 \text{ m}} = 12, \quad n = 3p, \quad p = \frac{12}{3} = 4$$

$$V_{KS} = A \cdot p \cdot n$$

$$A = \frac{Z \cdot R \cdot H}{2 \cdot f_K} = \frac{108 \cdot 2,5 \cdot 8}{2 \cdot 1,15} = 940 \text{ m}^3$$

$$V_{KS} = 940 \cdot 4 \cdot 12 = 45120 \text{ m}^3$$

$$n_1 \leq \frac{1}{2c} (2g' + f + e' + c - 2b - g) \quad 1 \leq n_1 \leq n$$

$$c = 0,36, \quad e' = 4,2 \text{ min}, \quad f = 7,0 \text{ min}, \quad g' = 1 \text{ min}$$

$$g = 1 \text{ min}$$

$$b = \frac{l}{V_1} = \frac{240 \text{ m}}{300 \text{ m/min}} = 0,8 \text{ min}$$

$$n_1 \leq \frac{1}{2 \cdot 0,36} (2 \cdot 1,0 + 7,0 + 4,2 + 0,4 - 2 \cdot 0,8 - 1,0)$$

$$n_1 \leq \frac{1}{0,72} \cdot 11 = 15,3$$

$$n_1 = 12, \quad n_1 = 3u_1, \quad u_1 = \frac{n_1}{3} = \frac{12}{3} = 4$$

$$n_2 \leq \frac{1}{2c} (2g' + e + c - 2b - g) \quad 1 \leq n_2 \leq n$$

$$e = 6,3 \text{ min}$$

$$n_2 \leq \frac{1}{2 \cdot 0,36} (2 \cdot 1,0 + 6,3 + 0,4 - 2 \cdot 0,8 - 1,0)$$

$$n_2 \leq \frac{1}{0,72} \cdot 6,1 = 8,5$$

$$n_2 = 8 \quad n_2 = 3u_2 + 2, \quad u_2 = \frac{n_2 - 2}{3} = \frac{8 - 2}{3} = 2$$

y_1 , t_1 und T_R können nach den im Abschnitt 3.41 benutzten Beziehungen ermittelt werden; während für y_2 und t_2 nachfolgende Gleichungen gelten:

$$y_2 = \frac{3}{2} u_2^2 + \frac{3}{2} u_2 + 2$$

$$t_2 = 6c(u_2^3 + u_2^2) + 2cn_2(u_2 + 1) + 2c(n_2 - 1)(u_2 + 1)$$

$$\begin{aligned}
T_{KS}(12) &= \frac{3}{2} (u_1^2 + u_1) (2g' + f + e' + 2c + d) \\
&+ \left[m \frac{p}{n} \cdot n_2^2 - \left(\frac{3}{2} u_2^2 + \frac{3}{2} u_2 + 2 \right) \right] (2g' + e + 2c + d) \\
&+ m \frac{p}{n} \left[\frac{4}{3} c (n^3 - n_2^3) + (c + A_0) (n^2 - n_2^2) - \frac{1}{3} c (n - n_2) \right] \\
&- \left\{ \left[\left(\frac{3}{2} u_1^2 + \frac{3}{2} u_1 \right) - \left(\frac{3}{2} u_2^2 + \frac{3}{2} u_2 + 2 \right) \right] \cdot A_0 \right. \\
&+ 6c (u_1^3 + u_1^2) - \left. \left[6c (u_2^3 + u_2^2) + 2cn_2 (u_2 + 1) + 2c(n_2 - 1) (u_2 + 1) \right] \right\} \\
&+ m \frac{p}{n} (2n - 1) (2g' + e) + \frac{(2p - 1) nZR}{2pr \cdot v_R} + t_v
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_{KS}(12) &= \frac{3}{2} (16 + 4) (2 \cdot 1,0 + 7,0 + 4,2 + 2 \cdot 0,4 + 4,0) \\
&+ \left[\frac{940 \cdot 4 \cdot 64}{280 \cdot 12} - \left(\frac{3}{2} \cdot 4 + \frac{3}{2} \cdot 2 + 2 \right) \right] (2 \cdot 1,0 + 6,3 + 2 \cdot 0,4 + 4,0) \\
&+ \frac{940 \cdot 4}{280 \cdot 12} \left[\frac{4}{3} \cdot 0,36 (1728 - 512) + (0,36 + 6,6) (144 - 64) \right. \\
&\quad \left. - \frac{1}{3} \cdot 0,36 (12 - 8) \right] \\
&- \left\{ \left[\left(\frac{3}{2} \cdot 16 + \frac{3}{2} \cdot 4 \right) - \left(\frac{3}{2} \cdot 4 + \frac{3}{2} \cdot 2 + 2 \right) \right] 6,6 + 6 \cdot 0,36 (64 + 16) \right. \\
&- \left. \left[6 \cdot 0,36 (8 + 4) + 2 \cdot 0,36 \cdot 8 (2 + 1) + 2 \cdot 0,36 (8 - 1) (2 + 1) \right] \right\} \\
&+ \frac{940 \cdot 4}{280 \cdot 12} (2 \cdot 12 - 1) (2 \cdot 1,0 + 6,3) + \frac{(2 \cdot 4 - 1) \cdot 12 \cdot 108 \cdot 2,5}{2 \cdot 4 \cdot 0,2 \cdot 150} + 15,0
\end{aligned}$$

$$T_{KS}(12) = 2718 \text{ min}$$

$$Q_{Kth}(12) = \frac{V_{KS} \cdot 60}{T_{KS}} = \frac{45120 \cdot 60}{2718} = 1000 \text{ m}^3/\text{h}$$

3.43 Die stündliche theoretische Leistungsfähigkeit der Pflugkippe 8

$$Q_{Kth} = \frac{V_{KS} \cdot 60}{T_{KS}}$$

$$V_{KS} = A \cdot p \cdot n$$

$$A = \frac{Z \cdot R \cdot H}{2 \cdot f_K} = \frac{108 \cdot 2,5 \cdot 7}{2 \cdot 1,15} = 822 \text{ m}^3$$

$$n = \frac{L}{Z} = \frac{960 \text{ m}}{108 \text{ m}} = 9$$

$$n = 3p, \quad p = \frac{n}{3} = \frac{9}{3} = 3$$

3*

BIBLIOTHEK
TU BERGAKADEMIE
FREIBERG

$$V_{KS} (9) = 822 \cdot 3 \cdot 9 = 32194 \text{ m}^3$$

$$n_1 \leq \frac{1}{2c} (2g' + f + e' + c - 2b - g) \quad 1 \leq n_1 \leq n$$

$$c = 0,36, \quad e' = 4,2 \text{ min}, \quad f = 7,0 \text{ min}, \quad g' = 1,0 \text{ min}$$

$$g = 1,0 \text{ min}$$

$$b = \frac{1}{v_1} = \frac{700 \text{ m}}{300 \text{ m/min}} = 2,3 \text{ min}$$

$$n_1 \leq \frac{1}{2 \cdot 0,36} (2 \cdot 1,0 + 7,0 + 4,2 + 0,4 - 2 \cdot 2,3 - 1,0)$$

$$n_1 \leq \frac{1}{0,72} \cdot 8,0 = 11,1$$

$$n_1 = 9, \quad n_1 = 3u_1, \quad u_1 = \frac{n_1}{3} = \frac{9}{3} = 3$$

$$n_2 \leq \frac{1}{2c} (2g' + e + c - 2b - g) \quad 1 \leq n_2 \leq n$$

$$e = 6,3 \text{ min}$$

$$n_2 \leq \frac{1}{2 \cdot 0,36} (2 \cdot 1,0 + 6,3 + 0,4 - 2 \cdot 2,3 - 1,0)$$

$$n_2 \leq \frac{1}{0,72} \cdot 3,1 = 4,3$$

$$n_2 = 4, \quad n_2 = 3u_2 + 1, \quad u_2 = \frac{n_2 - 1}{3} = \frac{4 - 1}{3} = 1$$

Da $n = 3p$, $n_1 = 3u_1$ und $n_2 = 3u_2 + 1$, gelten folgende Beziehungen zur Ermittlung von y_1, y_2, t_1, t_2 und T_R

$$y_1 = \frac{3}{2} (u_1^2 + u_1), \quad y_2 = \frac{3}{2} u_2^2 + \frac{5}{2} u_2 + 1$$

$$t_1 = 6c(u_1^3 + u_1^2)$$

$$t_2 = 6c(u_2^3 + u_2^2) + 2cn_2(u_2 + 1)$$

$$T_R = \frac{(2p-1)nZR}{2p \cdot r \cdot v_R} + t_v, \quad A_0 = g + 2b + d$$

$$T_{KS} (9) = \frac{3}{2} (u_1^2 + u_1) (2g' + f + e' + 2c + d)$$

$$+ \left[m \frac{p}{n} n_2^2 - \left(\frac{3}{2} u_2^2 + \frac{5}{2} u_2 + 1 \right) \right] (2g' + e + 2c + d)$$

$$+ m \frac{p}{n} \left[\frac{4}{3} c (n^3 - n_2^3) + (c + A_0) (n^2 - n_2^2) - \frac{1}{3} c (n - n_2) \right]$$

$$- \left\{ \left[\frac{3}{2} (u_1^2 + u_1) - \left(\frac{3}{2} u_2^2 + \frac{5}{2} u_2 + 1 \right) \right] A_0 \right.$$

$$\left. + 6c(u_1^3 + u_1^2) - [6c(u_2^3 + u_2^2) + 2cn_2(u_2 + 1)] \right\}$$

$$+ m \frac{p}{n} (2n - 1) (2g' + e) + \frac{(2p-1)nZR}{2prv_R} + t_v$$

Bergakademie
- Bücherei -
Freiberg i. Sa.

$$\begin{aligned}
T_{KS}(9) &= \frac{3}{2} (9 + 3) (2 \cdot 1,0 + 7,0 + 4,2 + 2 \cdot 0,4 + 4,0) \\
&+ \left[\frac{822 \cdot 3 \cdot 16}{280 \cdot 9} - \left(\frac{3}{2} \cdot 1 + \frac{5}{2} \cdot 1 + 1 \right) \right] (2 \cdot 1,0 + 6,3 + 2 \cdot 0,4 + 4,0) \\
&+ \frac{822 \cdot 3}{280 \cdot 9} \left[\frac{4}{3} \cdot 0,36 (729 - 64) + (0,36 + 9,6) (81 - 16) - \frac{0,36}{3} (9 - 4) \right] \\
&- \left\{ \left[\frac{3}{2} (9 + 3) - \left(\frac{3}{2} \cdot 1 + \frac{5}{2} \cdot 1 + 1 \right) \right] 9,6 \right. \\
&\left. + 6 \cdot 0,36 (27 + 9) - [6 \cdot 0,36 (1 + 1) + 2 \cdot 0,36 \cdot 4(1 + 1)] \right\} \\
&+ \frac{822 \cdot 3}{280 \cdot 9} (2 \cdot 9 - 1) (2 \cdot 1,0 + 6,3) + \frac{(2 \cdot 3 - 1) \cdot 9 \cdot 108 \cdot 2,5}{2 \cdot 3 \cdot 0,2 \cdot 150} + 15,0
\end{aligned}$$

$$T_{KS}(9) = 1464,9 \text{ min}$$

$$Q_{Kth} = \frac{V_{KS} \cdot 60}{T_{KS}} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$Q_{Kth}(9) = \frac{22194 \cdot 60}{1464,9} = 910 \text{ m}^3/\text{h}$$

3.44 Gegenüberstellung der effektiv erzielten und der durch Rechnung gefundenen Pflugkippenleistungen.

Die theoretische Kippenleistung liegt etwa 100% höher als die effektiv erreichte Leistung. Werden die Störungen auf Pflugkippen durch den zeitlichen Ausnutzungsfaktor $\eta_T = 0,7$ berücksichtigt, so sind folgende Kippenleistungen zu erwarten:

Bezeichnung der Kippe	Effektivleistung m ³ /Tag	Theoret. Leistung m ³ /Tag	Zu erwartende Leistung m ³ /Tag
Pflugkippe 5	9800	22400	15700
Pflugkippe 7	13900	24000	16800
Pflugkippe 8	11600	21900	15300

Der aus den angegebenen Effektivleistungen mögliche Schluß, daß bei kurzer Fahrt von der Kippenverteilerweiche bis zum Drehpunkt und mittlerer nutzbarer Kippenlänge die größte Pflugkippenleistung zu erwarten ist (Effektivleistung der Pflugkippe 7 im Gegensatz zu den Effektivleistungen der Kippen 5 und 8), wird durch die Ergebnisse der Rechnungen bestätigt.

3.5 Die theoretische Pflugkippen-Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit von ihrer Länge und Höhe

Bei kurzen Kippen ist die Fahrzeit und damit die Verweilzeit der Züge auf dem Kippengleis gering; mit wachsender Kippenlänge nimmt die Verweilzeit der Züge zu. Da jedoch mit größer werdender Kippenlänge die Überschneidung zwischen den Verweilzeiten der Züge und den durch den Pflugrücker auszuführenden Arbeiten — Abpflügen der Massen, Ausheben und Rücken der Gleise — zunehmen, gibt es voraussichtlich eine optimale Kippenlänge. Die „optimale Kippenlänge“ ist dann gegeben,

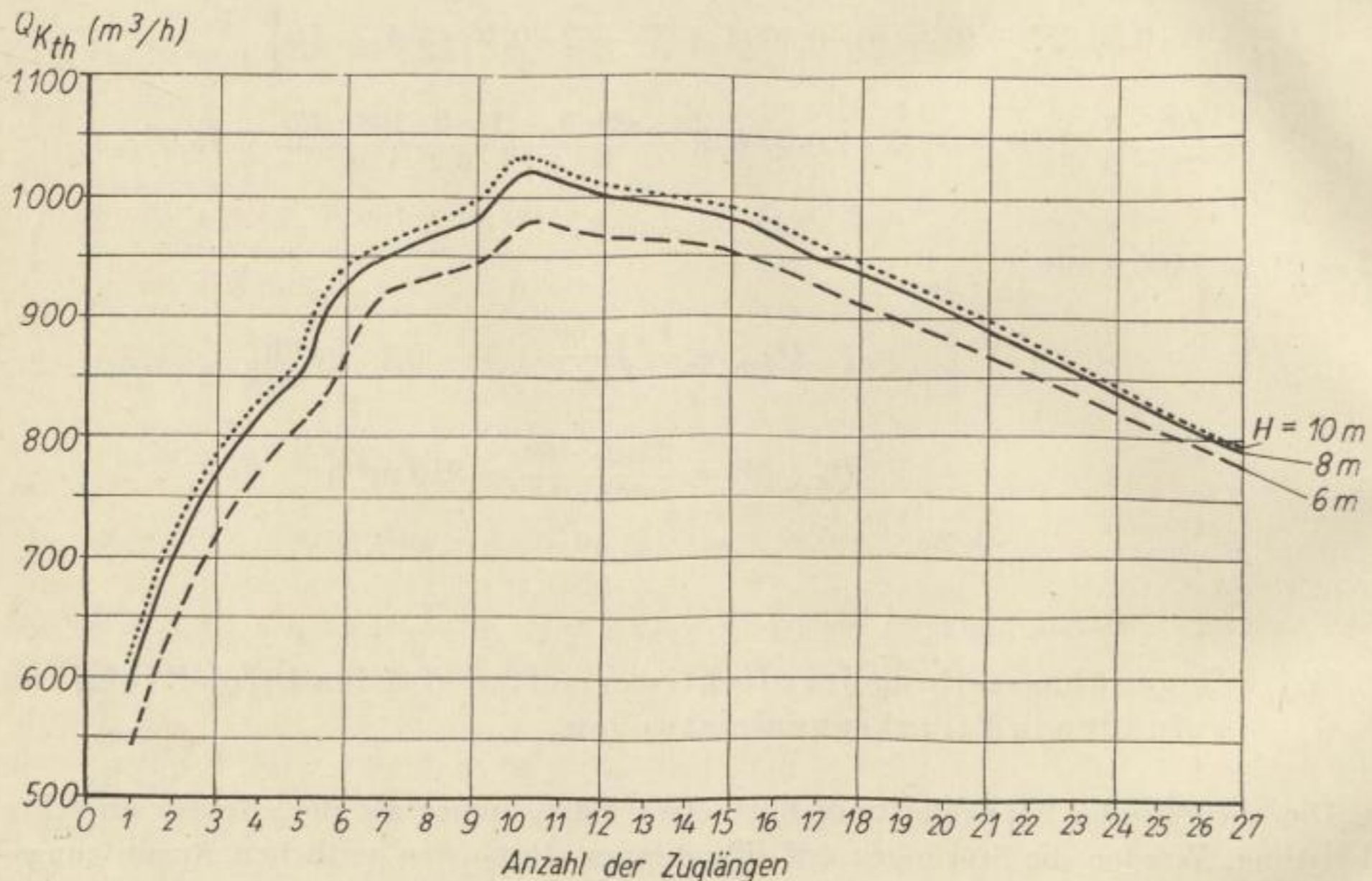


Bild 10

wenn bei sonst gleichen Betriebsbedingungen — gleicher Zuginhalt, gleiche Fahrgeschwindigkeit usw. — die Aufnahmefähigkeit der Kippe in der Zeiteinheit am größten ist.

Im Bild 10 sind die theoretischen Pflugkippenleistungen, in Abhängigkeit von der Länge und von der Höhe, unter den für die Pflugkippe 7 angegebenen Bedingungen aufgetragen. Bei diesen Betriebsbedingungen ist die maximale Pflugkippenleistungsfähigkeit zu erwarten, wenn die Länge der Kippe der Länge von 10 Zügen entspricht.

Mit zunehmender Kippenhöhe nimmt die theoretische Kippenleistungsfähigkeit zu, da die anteilige reine Betriebszeit der Pflugkippe, bezogen auf die Zeit zum Rücken der Gleise, günstiger wird.

Wie aus dem Bild 10 zu ersehen ist, steigt die Kippenleistungsfähigkeit jedoch nicht linear mit der Kippenhöhe an; die Zunahme der Leistungsfähigkeit zwischen 6 und 8 m Kippenhöhe ist größer als zwischen 8 und 10 m Kippenhöhe. Diese unterschiedliche

Zunahme der theoretischen Kippenleistungsfähigkeit mit wachsender Kippenhöhe ist darauf zurückzuführen, daß der Einfluß der Zeit zum Rücken der Gleise im Verhältnis zur reinen Betriebszeit der Kippe mit zunehmender Kippenhöhe geringer wird. Besonders gering ist der Einfluß der Kippenhöhe auf die Leistungsfähigkeit bei sehr langen Pflugkippen, da auch mit zunehmender Kippenlänge das Verhältnis des Zeitaufwandes zum „Lang-Rücken“ der Gleise zur reinen Betriebszeit günstiger wird.

3.6 Der Pflügrückerbedarf in Abhängigkeit von der Kippenlänge

Bei der Projektierung von Pflugkippen ist auch anzugeben, ob für jede Pflugkippe ein Pflügrücker zu berücksichtigen ist oder von einem Pflügrücker zwei Pflugkippen bedient werden können.

Aus Bild 11 ist der Zeitanteil der Pflügrückerarbeit an der zum Verkippen eines Sektors insgesamt benötigten Zeit für die Bedingungen der Pflugkippe 7 aufgetragen. Daraus ist ersichtlich, daß bis zu 8 Zuglängen Kippenlänge die Arbeit des Pflügrückers allein die Kippenleistung bestimmt. Die Abfahrt der Leertzüge und die Anfahrt des nachfolgenden Vollzuges erfolgen, während der Pflügrücker die zuvor gekippten Massen abpflügt, bzw. während des Unterstopfens des Kippgleises.

Mit zunehmender Kippenlänge entstehen für den Pflügrücker Wartezeiten, da das Abpflügen der Massen weniger Zeit als das Ein- und Ausfahren der Züge in Anspruch nimmt. Ab 14 Zuglängen Kippenlänge schließlich wird der Pflügrücker nur noch zu 50% der Zeitdauer zum Verkippen eines Sektors eingesetzt. Bei dieser Kippenlänge könnte theoretisch ein Pflügrücker zwei Pflugkippen ohne Leistungsverluste bedienen.

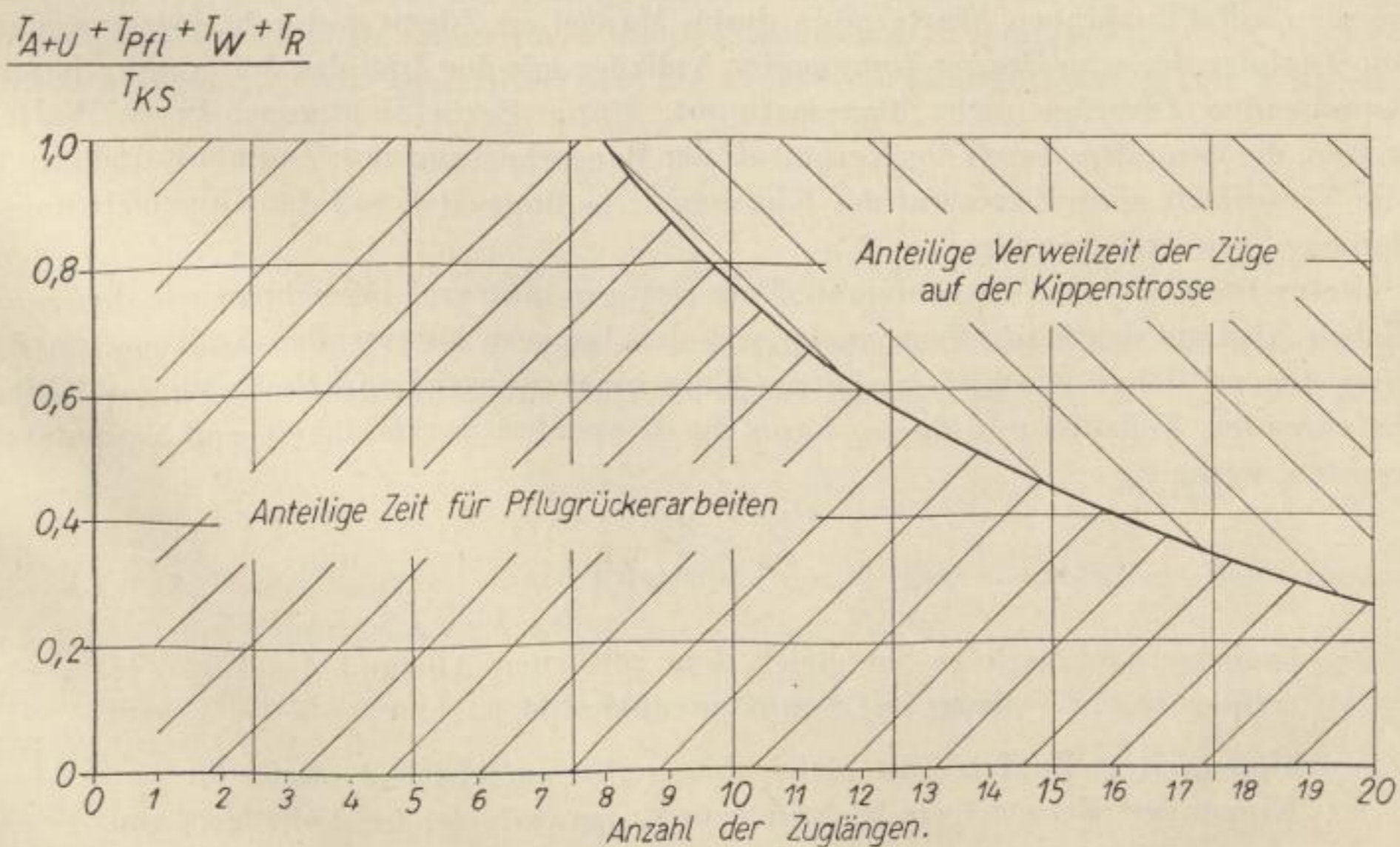


Bild 11

4 BEZIEHUNGEN ZUR ERRECHNUNG DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON PFLUGKIPPEN UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER BAGGERLEISTUNGEN

4.1 Allgemeine Betrachtungen

Wie die Ergebnisse der Rechnungen des Abschnittes 3 im Vergleich zu den von Marczinski angegebenen Effektivleistungen zeigen, wird die theoretische Kippenleistungsfähigkeit praktisch nicht annähernd erreicht.

Zwar stimmen die Spitzenleistungen grob mit den errechneten Werten überein, aber nicht deshalb, weil an diesen Tagen die gestellten Voraussetzungen erfüllt, sondern weil die der Rechnung zugrunde gelegten Mittelwerte weit unterboten wurden. (Für die Kippzeit können z. B. 2 min statt der eingesetzten 4 min erreicht werden.)

Wodurch ist nun die Diskrepanz zwischen theoretischer und effektiver Kippenleistung bedingt? Zur Errechnung der theoretischen Kippenleistungsfähigkeit wurde vorausgesetzt, daß stets ein Vollzug am Kippenbahnhof bereitsteht, sobald ein Leerzug die Kippenstrosse verläßt. Diese Forderung ist im Betrieb meist nicht erfüllt. In der Regel werden auf Pflugkippen Wartezeiten durch Mangel an Zügen dadurch eintreten, daß die Zugfolge der vom Bagger kommenden Vollzüge mit der Zugfolge der von der Kippe kommenden Leerzüge nicht übereinstimmt. Unter Berücksichtigung dieser Wartezeiten, die besonders durch das Verhältnis der Baggerleistung zum Zuginhalt und durch die Verweilzeit eines Zuges auf der Kippstrosse bedingt sind, soll die Kippenleistungsfähigkeit ermittelt werden.

Betrachten wir den Kippenbahnhof als Bezugspunkt und bezeichnen wir den zeitlichen Abstand des Eintreffens zweier von den Baggern kommenden Vollzüge mit Z_B und den zeitlichen Abstand zweier die Kippenverteilerweiche in Richtung zur Kippe befahrenden Vollzüge mit Z_K , so kann die Kippenleistungsfähigkeit voll ausgenutzt werden, wenn

$$Z_B \leq \frac{Z_K}{n_K} \text{ ist,} \quad [\text{min}] \quad (23)$$

Z_B = baggerseitige Zugfolge, ist gleich dem zeitlichen Abstand des Eintreffens zweier Vollzüge auf dem Kippenbahnhof. [min]

Z_K = kippenseitige Zugfolge, ist gleich dem zeitlichen Abstand zweier die Kippenverteilerweiche in Richtung zur Kippe verlassenden Vollzüge. [min]

n_K = Anzahl der betriebsbereiten Pflugkippen.

Bei der Gleichung (23) wird vorausgesetzt, daß n_K Pflugkippen vorhanden sind, die alle die gleiche Zugfolge Z_K haben. Sind die Bedingungen dieser Gleichung erfüllt, so treten auf den Pflugkippen keine Wartezeiten durch Zugmangel ein.

Die Leistungsfähigkeit einer Pflugkippe kann als Produkt der in der Zeiteinheit verkippeten Züge und dem mittleren Inhalt eines Zuges ausgedrückt werden.

$$Q_K = i V_{Z_m} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (24)$$

i = Anzahl der in einer Stunde zu verkippenden Züge [1/h]

V_{Z_m} = mittlerer rapportierter Zuginhalt [m³]

$$V_{Z_m} = \frac{l_1 \cdot V_{Z_1} + l_2 V_{Z_2} + \dots + l_n V_{Z_n}}{l_1 + l_2 + \dots + l_n} \quad [\text{m}^3] \quad (25)$$

l_1 = Anzahl der Züge vom Zuginhalt V_{Z_1}

Unter Berücksichtigung der kippenseitigen Zugfolge ist die Kippenleistungsfähigkeit:

$$Q_K = \frac{60}{Z_K} \cdot V_{Z_m} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (24a)$$

Ist die baggerseitige Zugfolgezeit größer als die kippenseitige Zugfolgezeit dividiert durch die Anzahl der betriebsbereiten Pflugkippen

$$Z_B > \frac{Z_K}{n_K}, \quad (23a)$$

so treten Wartezeiten durch Zugmangel an der Kippe ein; dann ist die kippenseitige Zugfolgezeit nicht mehr allein durch die Bedingungen der Pflugkippe gegeben, sondern durch Mangel an Vollzügen stellt sich die neue kippenseitige Zugfolgezeit ΨZ_K ein.

$$\Psi = \frac{n_K Z_B}{Z_K} \geq 1 \quad (26)$$

Ψ = Faktor, durch den die baggerseitige Zugfolge berücksichtigt wird.

Analog zur Beziehung (24a) errechnet sich dann die Leistungsfähigkeit einer Pflugkippe, unter Berücksichtigung der baggerseitigen Zugfolge, zu

$$Q_K(\Psi) = \frac{60 \cdot V_{Z_m}}{\Psi \cdot Z_K} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (27)$$

$Q_K(\Psi)$ = Leistungsfähigkeit einer Pflugkippe unter Berücksichtigung der kippenseitigen und baggerseitigen Zugfolge

Die Leistungsfähigkeit von n im Abraumbetrieb vorhandener bzw. projektierter Kippen ist:

$$Q_K(n-1) = 60 V_{Z_m} \left(\frac{1}{\Psi_1 \cdot Z_{K1}} + \frac{1}{\Psi_2 \cdot Z_{K2}} + \dots + \frac{1}{\Psi_{(n-1)} \cdot Z_{K(n-1)}} \right) \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (27a)$$

Von den n im Betrieb vorhandenen bzw. projektierten Pflugkippen wird die Leistungsfähigkeit von $(n-1)$ Kippen unter der Annahme addiert, daß die leistungsfähigste Pflugkippe gerade vorbereitet wird.

Schließlich ist noch zu untersuchen, ob eine Pflugkippe zur Vorbereitung genügt oder ob mehrere Pflugkippen vorzusehen sind.

Der anteilige Bedarf an Vorbereitungskippen im Verhältnis zu den betriebsbereiten Kippen ist durch den Quotienten

$$\varphi = \frac{T_V}{T_{KS}} \quad (28)$$

gegeben.

T_V = Die zum Vorbereiten eines Kippensektors benötigte Zeit, während der die Kippe nicht aufnahmefähig ist. [min]

T_{KS} = Die zum „Vollfahren“ eines Kippensektors benötigte Zeit [min]

Unter der Annahme, daß die im Abraumbetrieb vorhandenen Pflugkippen alle etwa die gleichen technischen Kennziffern haben, ist der theoretische Gesamtbedarf an Vorbereitungskippen:

$$n_{KV_{th}} = \frac{T_V}{T_{KS}} \cdot n_{K_{th}} \quad (29)$$

Der effektive Bedarf an Vorbereitungskippen n_{KV} ist gleich dem auf die nächstgrößere ganze Zahl aufgerundeten Wert $n_{KV_{th}}$.

Sind Pflugkippen mit stark abweichenden technischen Kennziffern vorhanden, bei denen das Verhältnis der Vorbereitungszeit zur Zeit zum Vollkippen eines Sektors stark variiert, so ist der theoretische Bedarf an Vorbereitungskippen $n_{KV_{th}}$ nach folgender Beziehung zu ermitteln:

$$n_{KV_{th}} = \frac{T_{V1}}{T_{KS1}} + \frac{T_{V2}}{T_{KS2}} + \dots + \frac{T_{Vn}}{T_{KSn}} \quad (29a)$$

Der theoretische Bedarf an betriebsbereiten Kippen $n_{K_{th}}$ kann in Anlehnung an die Beziehung (27) folgendermaßen ermittelt werden:

$$n_{K_{th}} = \frac{Z_K}{Z_B} \quad (30)$$

Sind mehrere Gewinnungsgeräte und Pflugkippen unterschiedlicher Leistung in Betrieb, dann kann analog zur Gleichung (30) der theoretische Bedarf an betriebsbereiten Pflugkippen folgendermaßen errechnet werden:

$$n_{K_{th}} = \frac{q \left(\frac{1}{Z_{B1}} + \frac{1}{Z_{B2}} + \dots + \frac{1}{Z_{Bq}} \right)}{\frac{1}{Z_{K1}} + \frac{1}{Z_{K2}} + \dots + \frac{1}{Z_q}} \quad (30a)$$

q = Anzahl der im Betrieb vorhandenen bzw. projektierten Pflugkippen.

Werden Zähler und Nenner der Gleichung (30a) mit $60 \cdot V_{Zm}$ multipliziert, so kann auch geschrieben werden:

$$n_{K_{th}} = \frac{q(Q_1 + Q_2 + \dots + Q_l)}{Q_{K1} + Q_{K2} + \dots + Q_{Kq}} \quad (30b)$$

Da $n_{K_{th}}$ im allgemeinen keine ganze Zahl sein wird, ist der effektive Bedarf an betriebsbereiten Kippen n_K durch Aufrunden von $n_{K_{th}}$ zu bestimmen.

Die Zeit zum Verkippen eines Sektors T'_{KS} ist gleich dem Produkt aus Zuganzahl je Kippensektor und ungünstigster kippenseitiger Zugfolge

$$T'_{KS} = \frac{V_{KS}}{V_{Zm}} \cdot Z_K \quad [\text{min}] \quad (31)$$

Für den Inhalt eines Kippensektors kann auch die Gleichung (2) geschrieben werden:

$$V_{KS} = \frac{LpRH}{2f_K} \quad [\text{m}^3]$$

L = nutzbare Kippenlänge [m]

p = Anzahl der Rückabschnitte je Kippensektor

R = Rückbreite der Gleisspitze nach einem Rückabschnitt [m]

H = Höhe der Kippe [m]

f_K = Kippenauflockerungsfaktor

Die Anzahl der Rückabschnitte p ist von der Kippenlänge abhängig. Ist die nutzbare Kippenlänge $L = n \cdot Z$, wobei n die Anzahl der Zuglängen von der Länge Z (m) ist, so gilt:

$$n = 1, 2, 3, 4, 5, \quad p = 1$$

$$n = 6, 9, 12, \dots, \quad p = \frac{n}{3}, \quad p = 2, 3, 4, \dots$$

$$n = 7, 10, 13, \dots, \quad p = \frac{n-1}{3}, \quad p = 2, 3, 4, \dots$$

$$n = 8, 11, 14, \dots, \quad p = \frac{n-2}{3}, \quad p = 2, 3, 4, \dots$$

Im Abschnitt 3.235 ist die Zeit zum „Lang-Rücken“ exakt entwickelt worden. Die Rückzeit im Betrieb genau erfassen zu können, scheidet daran, daß die Rückbreite je Fahrt der Rückmaschine nicht konstant bleibt und auch die Fahrgeschwindigkeit variiert. Es scheint deshalb zweckmäßig, eine Näherungsbeziehung aufzustellen, die den Bedingungen der Praxis hinsichtlich Genauigkeit der Rechnung und Einfachheit in der Anwendung gerecht wird. Betrachten wir hierzu die Abbildungen 9a bis 9d. Bei kurzen Kippen (Bild 9a) ist die zu überschwenkende Rückfläche:

$$F_R(n < 6) = \frac{RL}{2} \quad [\text{m}^2] \quad (32)$$

F_R = die je Kippensektor beim „Lang-Rücken“ zu überschwenkende Fläche [m²]

L = nutzbare Kippenlänge [m]

R = Rückbreite der Gleisspitze nach einem Rückabschnitt [m]

Mit zunehmender Kippenlänge strebt die beim „Lang-Rücken“ zu überschwenkende Fläche dem Wert

$$F_R (n \gg 6) = RL \quad [m^2] \quad (32a)$$

zu.

Da Pflugkippen von weniger als 6 Zügen Länge meist nur während der Kippenentwicklung betrieben werden und bei größeren Kippenlängen die zum „Lang-Rücken“ benötigte Zeit im Verhältnis zu der zum Verkappen eines Sektors notwendigen Zeit von kurzer Dauer ist, soll zur praktischen Errechnung der Kippenleistungsfähigkeit die Beziehung (32a) zugrunde gelegt werden.

Ist die Geschwindigkeit des Pflugrückers beim Rücken der Gleise v_R (m/min) und die Rückbreite je Fahrt r (m), so errechnet sich die Rückleistung nach Gleichung 21 zu:

$$N_R = v_R \cdot r \quad [m^2/min]$$

Wenn die Zeit zum Auf- und Abrüsten des Pflugrückers einschl. der Ein- und Ausfahrt t_v (min) beträgt, so ist die Vorbereitungszeit je Kippensektor:

$$T_R = \frac{R \cdot L}{v_R \cdot r} + t_v \quad [min]$$

Werden in der Gleichung (29) für T_V , T_{KS} und n_{Kth} die gefundenen Beziehungen für

$$\frac{60 \cdot V_{Zm}}{Z_B} = Q \quad \text{eingesetzt,}$$

so kann n_{KVth} folgendermaßen errechnet werden:

$$n_{KVth} = \frac{f_K \cdot Q}{30 \cdot p \cdot H} \left(\frac{1}{v_R \cdot r} + \frac{t_v}{L \cdot R} \right) \quad (29b)$$

$Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$, die maximale Standortleistung der Gewinnungsgeräte.

Der nach den Beziehungen (29) und (29a) errechnete theoretische Bedarf an Vorbereitungskippen wird in der Regel nicht ganzzahlig sein. Der Vorbereitungskippenbedarf im Betrieb n_{KV} ist gleich dem auf ganze Zahlen aufgerundeten theoretischen Bedarf an Vorbereitungskippen.

Um die Gewinnungsgeräte ihrer maximalen Standortleistung entsprechend ausfahren zu können, ist es notwendig, daß insgesamt

$$n_{Kges} = n_K + n_{KV} \quad (33)$$

Pflugkippen zur Verfügung stehen.

Die praktische Leistungsfähigkeit einer Pflugkippe und der Bedarf an Pflugkippen ist unter Berücksichtigung der noch näher zu untersuchenden bagger- und kippenseitigen Zugfolgen allgemein ermittelt worden. Von welchen Faktoren sind die verschiedenen Zugfolgen abhängig?

4.2 Die baggerseitige Zugfolge Z_B

Betrachten wir hierzu den schematischen Fahrplan eines Abraumbetriebes mit einem Doppelschütter und drei betriebsbereiten Pflugkippen (Bild 12).

Aus Bild 12 ist zu ersehen, daß die Zugfolge der auf dem Kippenbahnhof eintreffenden Vollzüge bei störungsfrei angenommenem Fahrbetrieb gleich der Zugfolge der auf dem Abraumbahnhof eintreffenden Vollzüge ist.

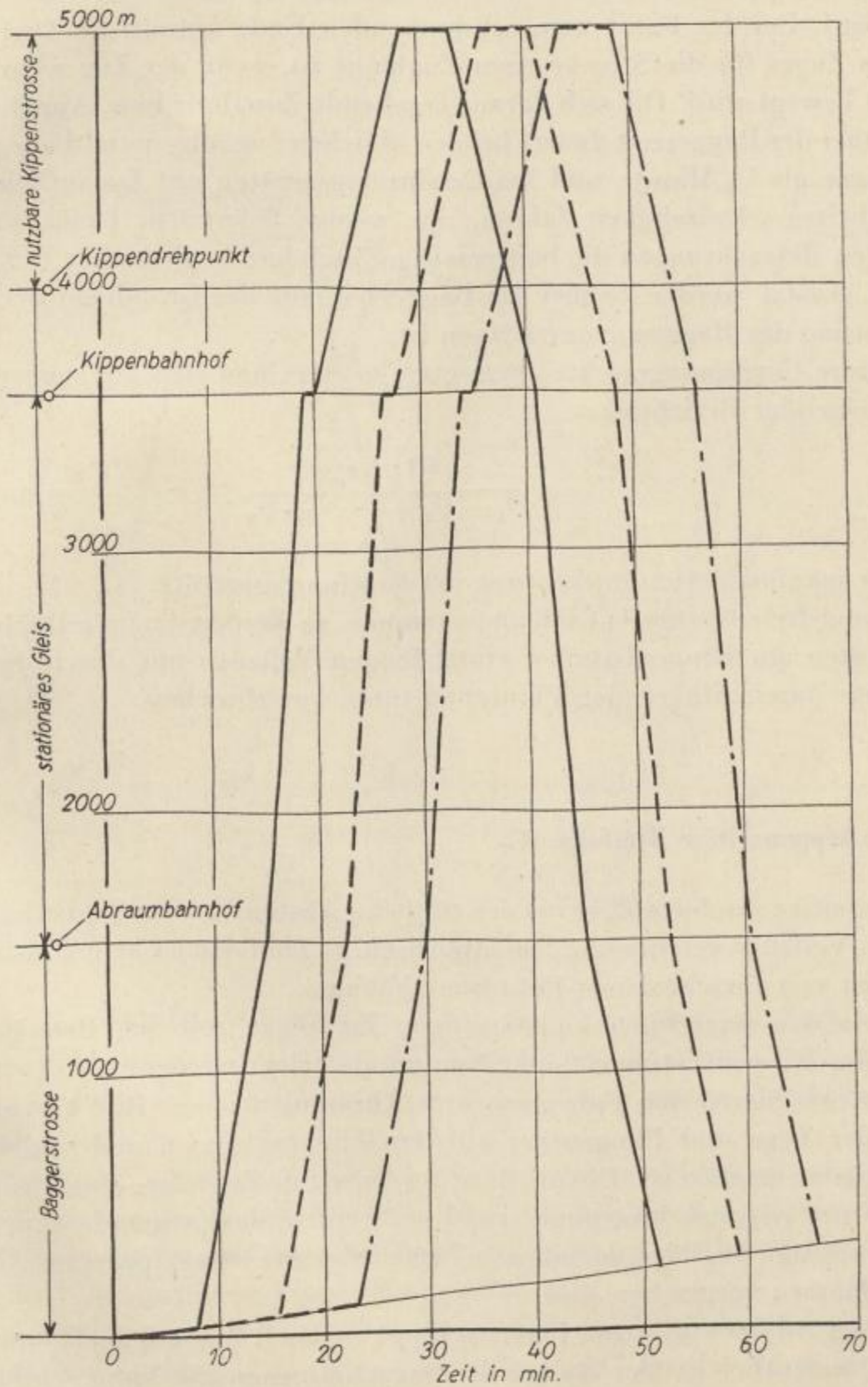


Bild 12

Die Verweilzeit eines Zuges auf der Baggerstrosse ist bei konstant angenommener Fahrgeschwindigkeit von der Beladezeit und vom Abstand des Baggers vom Abraumbahnhof abhängig.

Die Zugfolge der am Abraumbahnhof eintreffenden Vollzüge ist jedoch gleich der Baggerzeit, wenn das mit mindestens zwei Beladegleisen ausgerüstete Gewinnungsgerät im Blockbetrieb arbeitet. Wird das Tagebaufeld im Frontbetrieb abgebaut, so wird die Zugfolge der am Abraumbahnhof eintreffenden Vollzüge davon beeinflusst, ob das Gewinnungsgerät in Richtung zum schwenkenden Ende oder zum Drehpunkt verfahren wird. Bei der Fahrt zum schwenkenden Ende nimmt die Zugfolge um die Fahrzeit des Zuges für die Strecke einer Zuglänge zu, wenn der Zug während des Beladens nicht bewegt wird. Die sich daraus ergebende Zunahme bzw. Abnahme der Zugfolge gegenüber der Baggerzeit dauert bei den üblichen Zuglängen und Fahrgeschwindigkeiten weniger als $\frac{1}{2}$ Minute und bei Gewinnungsgeräten mit Zugverholung, die mit geringer Arbeitsgeschwindigkeit fahren, nur wenige Sekunden. Deshalb soll für die nachfolgenden Betrachtungen die baggerseitige Zugfolge Z_B gleich der Zeit zum Füllen eines Zuges gesetzt werden, wobei die Baggerzeit auf der Grundlage der maximalen Standortleistung des Baggers zu errechnen ist.

Sind mehrere Gewinnungsgeräte eingesetzt, so errechnet sich die baggerseitige Zugfolge nach folgender Beziehung:

$$Z_B = \frac{60 \cdot V_{Z_m}}{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n} \quad [\text{min}] \quad (34)$$

$Q_1 \dots n$ = die maximale Standortleistung der Gewinnungsgeräte.

Wird störungsfreier Baggerbetrieb angenommen, so werden die im zeitlichen Abstand von Z_B Minuten am Kippenbahnhof eintreffenden Vollzüge nur durch die etwa aller 10 bis 15 Tage durchzuführenden Planreparaturen unterbrochen.

4.3 Die kippenseitige Zugfolge Z_K

Als kippenseitige Zugfolge Z_K wird der zeitliche Abstand zweier in die Kippenstrosse einfahrenden Vollzüge verstanden. Die kippenseitige Zugfolge ist kein konstanter Wert, sondern sie ist von verschiedenen Faktoren abhängig.

Welche von den ungleichen kippenseitigen Zugfolgen soll den Berechnungen zur Ermittlung der Kippenleistungsfähigkeit zugrunde gelegt werden?

Betrachten wir hierzu den Fahrplan eines Abraumbetriebes (Bild 13), aus dem der Aufenthalt der Züge und Pflugrücker auf den Kippenstrossen und vor der Kippenverteilerweiche zu ersehen ist. Die mittlere kippenseitige Zugfolge, die sich ergibt, wenn die Züge bis zum Kippenschwerpunkt gefahren werden, dauert gerade doppelt so lange wie die baggerseitige Zugfolge, so daß zwei betriebsbereite Pflugkippen zur Abnahme der anfallenden Massen vorgesehen sind.

Wird ein Zug auf der vorletzten Länge gekippt — der 1. Zug auf der Kippe 1 —, so ist die Zugfolge wesentlich größer als bei der angenommenen mittleren Zugfolge, und es treten erhebliche Wartezeiten für den 3. Zug an der Kippenverteilerweiche auf.

Bergakademie
- Bücherei -
Freiberg i. Sa.

Wird der 3. Zug dann auf der letzten Zuglänge gekippt, so ist die Verweilzeit des Zuges noch größer, als sie auf Grund der mittleren Zugfolge sein müßte. Dieser Leerzug kommt deshalb mit erheblicher Verspätung, die gleich der Summe aus der Wartezeit vor der Kippenverteilerweiche und der Differenz zwischen der effektiven und der mittleren kippenseitigen Zugfolge ist, am baggerseitigen Bahnhof an. Steht kein Reservezug zur Verfügung, so kommt der Bagger wegen Zugmangels zum Stillstand.

Durch den Reservezug werden Stillstände der Gewinnungsgeräte wegen Zugmangels nur dann verhindert, wenn ein Ausgleich zwischen dem konstanten Wert der bagger-

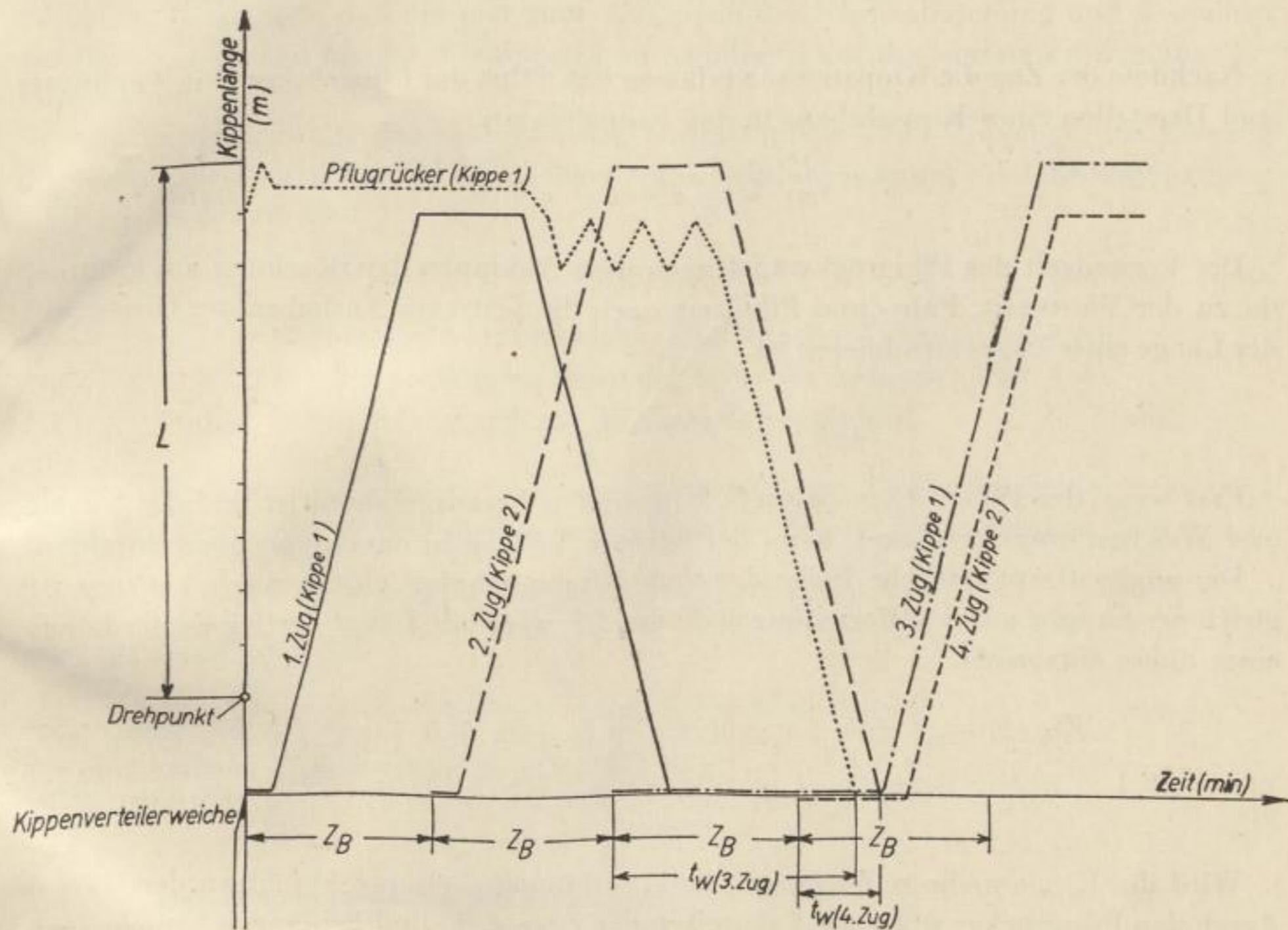


Bild 13

seitigen Zugfolge und dem wechselnden Wert der kippenseitigen Zugfolge eintritt. Dieser Ausgleich der unterschiedlichen Zugfolge wäre möglich, wenn nach dem Kippen eines Zuges auf den letzten Zuglängen ein Zug auf den ersten Zuglängen verkippt würde und umgekehrt.

Diese Forderung ist jedoch bei der jetzigen Arbeitsweise auf Pflugkippen nicht erfüllt.

Nach dem Ankippen der Kippenböschung und dem Ausheben der Gleise werden, wie beschrieben, zuerst die letzten drei Zuglängen vollgefahren; während dieser Zeit liegt die effektive über der mittleren kippenseitigen Zugfolge.

Die übliche Arbeitsweise auf Pflugkippen hat jedoch den Vorteil, daß nach dem „Vollfahren“ der letzten Zuglängen die Kippe „kurz gerückt“ werden kann, ohne die Abnahme von Zügen zu unterbrechen.

Um dieser zweckmäßigen Arbeitsweise gerecht zu werden, ist es notwendig, zur Ermittlung der Kippenleistungsfähigkeit die ungünstigste kippenseitige Zugfolge einzusetzen.

Unter welchen Bedingungen ist der zeitliche Abstand zwischen der Einfahrt zweier Vollzüge in das Kippengleis am ungünstigsten?

Betrachten wir zuerst eine Pflugkippe von der Länge eines Zuges, dann ist die Verweilzeit eines Zuges auf der Kippe — unter Beibehalt der im Abschnitt 3 eingeführten Bezeichnungen:

$$t_u(1) = g + b + c + d + c + b \quad [\text{min}] \quad (35)$$

Nachdem der Zug die Kippstrosse verlassen hat, fährt der Pflugrücker zum Abpflügen und Herstellen eines Kippgrabens in das Kippgleis ein.

$$t_{\text{Pfl}}(1) = g + b + e + b \quad [\text{min}] \quad (36)$$

Die Verweilzeit des Pflugrückers ist nach dem Ankippen der Böschung am größten, da zu der Wartezeit, Fahr- und Pflugzeit noch die Zeit zum Ausheben des Gleises auf der Länge eines Zuges zu addieren ist.

$$t_{A+U}(1) = g + b + e + f + b \quad [\text{min}] \quad (37)$$

Erst wenn der Pflugrücker aus dem Kippengleis herausgefahren ist und die Signale und Weichen umgestellt sind, kann der nächste Vollzug in das Kippengleis einfahren.

Die ungünstigste zeitliche Folge der vom Kippenbahnhof abfahrenden Vollzüge ist gleich der Summe aus den Beziehungen 35 und 37, wenn die Länge der Kippe der Länge eines Zuges entspricht.

$$Z'_K(1) = (g + b + c + d + c + b) + (g + b + e + f + b) \quad [\text{min}] \quad (38)$$

$$Z'_K(1) = 2g + 4b + 2c + d + e + f \quad [\text{min}] \quad (38a)$$

Wird die Kippe mehrere Zuglängen lang, so können sich das Abpflügen der Massen durch den Pflugrücker sowie die Fahrzeiten der Züge z. T. und bei langen Kippen auch ganz überschneiden. Die Zugfolge verändert sich mit dem Abstand der Kippstelle von der Kippenverteilerweiche.

Da unabhängig von der Länge der Kippenstrosse diese vom Pflugrücker verlassen werden muß, wenn auf der letzten Länge gekippt werden soll, ergeben sich hier besondere Bedingungen.

Die Verweilzeit eines Zuges erreicht bei langen Kippen den größten Wert, wenn auf der letzten (n -ten) Zuglänge gekippt wird.

Das Abpflügen der Massen auf der letzten Zuglänge fällt mit dem Abkippen eines Zuges auf der vorletzten Zuglänge zusammen, und die ungünstigste Zugfolgezeit tritt im Zusammenhang mit dem Verkippen sowie dem Abpflügen der Massen auf der vorletzten Zuglänge ein; denn der nächste Zug muß wieder auf der letzten Zuglänge verkippt werden. Beim Verkippen und Abpflügen der Massen auf der vorletzten ($n-1$ ten) Zuglänge addieren sich die Verweilzeit des Zuges und die Abpflügzeit.

$$Z_K(n-1) = g + b + (n-1)c + d + g' + e + (n-2)c + b \quad [\text{min}] \quad (39)$$

$$Z_K(n-1) = g + g' + 2b + d + 2nc - 3c + e \quad [\text{min}] \quad (39a)$$

$Z_K(n-1)$ = ungünstige kippenseitige Zugfolge der Vollzüge für größere Kippennlängen, wenn das Verkippen der Züge auf der vorletzten Zuglänge verbunden mit dem Abpflügen dieser Zuglänge die Zugfolge bestimmt [min]

Bei kurzen Kippen sind die Fahrzeiten der Züge und des Pflugrückers klein. In diesen Fällen ist es möglich, daß die Zeit zum Ankippen der Kippenböschung und Ausheben der Gleise mehr Zeit als das Verkippen und Abpflügen auf der vorletzten Zuglänge erfordert.

Wird berücksichtigt, daß während des Unterstopfens einer Zuglänge der Leerzug das Kippengleis verlassen und der nächste Vollzug einfahren kann, so ist die ungünstigste Zugfolge in diesem Fall:

$$Z_K(A+U) = 2g' + f + e' + 2c + d \quad [\text{min}] \quad (40)$$

$Z_K(A+U)$ = ungünstigste kippenseitige Zugfolge der Vollzüge bei kurzen Kippennlängen, wenn die Zeit zum Ankippen und Ausheben einer Zuglänge die Zugfolge bestimmt. [min]

Um die Leistungsfähigkeit einer Pflugkippe bestimmen zu können, ist es notwendig, unter den gegebenen Betriebsbedingungen festzustellen, ob die Beziehung (39a)

$$Z_K(n-1) = g + g' + 2b + d + 2nc - 3c + e \quad [\text{min}]$$

oder die Beziehung (40)

$$Z_K(A+U) = 2g' + f + e' + 2c + d \quad [\text{min}]$$

die ungünstigste kippenseitige Zugfolge ergeben.

4.4 Der Kippenausnutzungsfaktor η_K

Um einen Maßstab dafür zu bekommen, welche Ausnutzung der Kippen auf Grund der unterschiedlichen Leistungsfähigkeit von Baggern und Kippen erreichbar ist, sollen die maximalen Standortleistungen der Gewinnungsgeräte mit der Aufnahmefähigkeit der betriebsbereiten Pflugkippen ins Verhältnis gesetzt werden. Die sich daraus ergebende Zahl, die bei richtig projektierten Tagebauen kleiner als 1 ist, soll als Kippenausnutzungsfaktor η_K bezeichnet werden.

$$\eta_K = \frac{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_e}{Q_{K1} + Q_{K2} + \dots + Q_{K(n-1)}} \quad (41)$$

oder

$$\eta_K = \frac{\frac{1}{Z_{B1}} + \frac{1}{Z_{B2}} + \dots + \frac{1}{Z_{Be}}}{\frac{1}{Z_{K1}} + \frac{1}{Z_{K2}} + \dots + \frac{1}{Z_{K(n-1)}}} \quad (41a)$$

4.5 In Abhängigkeit von der Kippenlänge werden die Leistungsfähigkeit einer Kippe, die Anzahl Vorbereitungskippen und betrieblich notwendiger Kippen sowie der Kippenausnutzungsfaktor untersucht

Die Aufnahmefähigkeit einer betriebsbereiten Pflugkippe ist:

$$Q_K = \frac{60}{Z_K} \cdot V_{Z_m} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

In Bild 14 ist die Leistungsfähigkeit der Pflugkippen in Abhängigkeit von der Kippenlänge bei verschiedenen Zugeinheiten und unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten

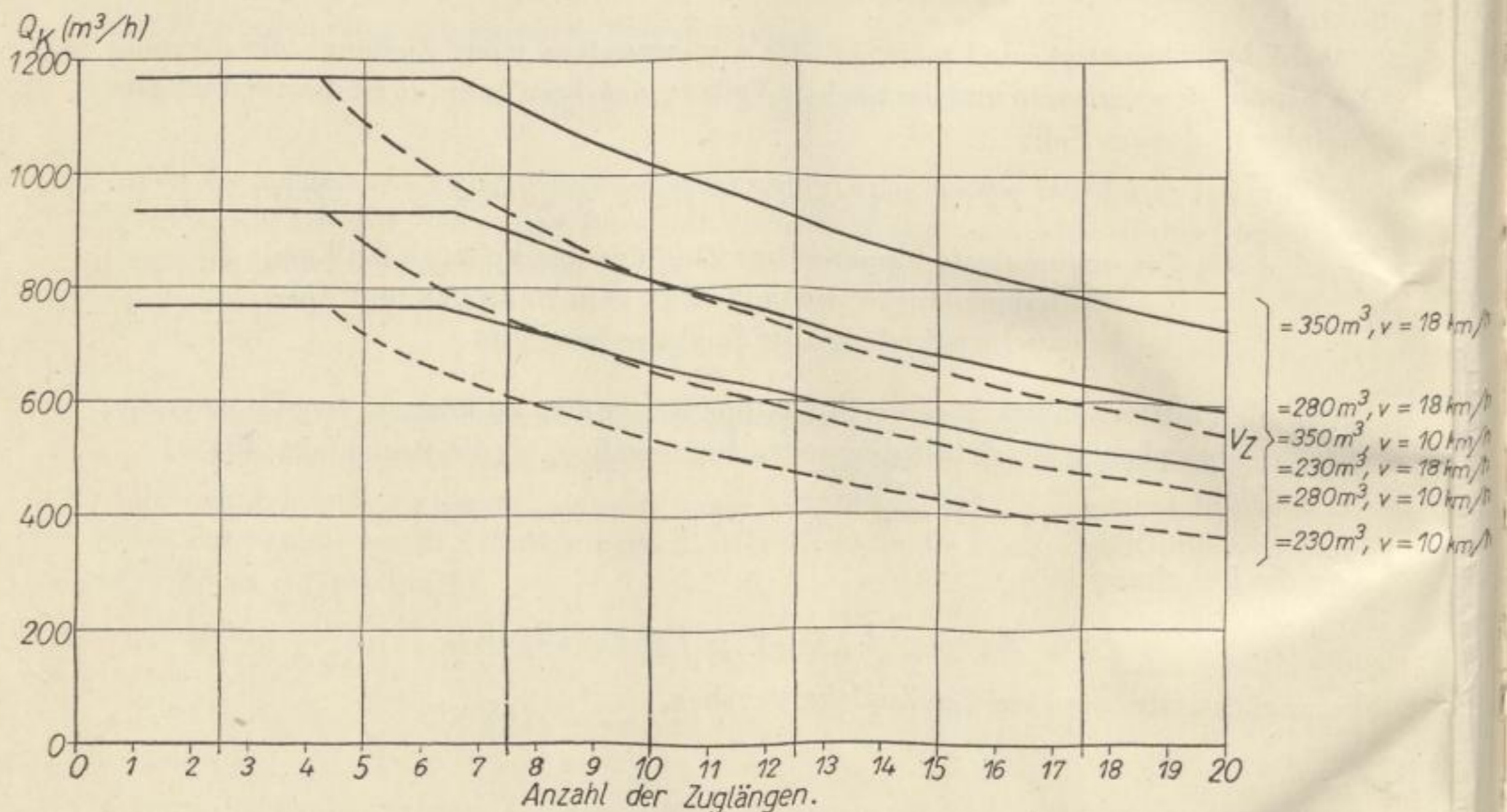


Bild 14

dargestellt. Aus dieser Abbildung ist der starke Einfluß der Kippenlänge, der Zuginhalte sowie der Fahrgeschwindigkeiten der Züge zu ersehen. Diese Abbildung unterstreicht Marczinskis [5] Forderung, „nur gut erhaltenes Schienen- und Oberbaumaterial zu verwenden“, da von der Gleislage die Fahrgeschwindigkeit der Züge und damit die Leistungsfähigkeit der Pflugkippe abhängt.

Die Leistungsfähigkeit einer betriebsbereiten Kippe in Abhängigkeit von der Kippenlänge zeigt Bild 15, wobei die techn. Daten der Kippe 7 des Tgb. Greifenhain zugrunde gelegt worden sind. Die gestrichelt gezeichnete Linie gibt die Leistungsfähigkeit einer Kippe unter Berücksichtigung der kippenseitigen Zugfolge an. Für kurze Kippen wird die Leistungsfähigkeit durch die ungünstigste Zugfolge beim Ankippen der Kippenböschung und Ausheben der Gleise bestimmt. Die Leistungsfähigkeit der Pflugkippen von 7 und mehr Zuglängen Kippenlänge hängt von der ungünstigsten Verweilzeit der

Züge auf dem Kippengleis ab. Da die Verweilzeit mit zunehmender Kippenlänge größer wird, nimmt die Leistungsfähigkeit der Kippe mit zunehmender Länge ab. Die ausgezogene Linie gibt die Leistungsfähigkeit der Pflugkippe unter Berücksichtigung der kippen- und baggerseitigen Zugfolgen an. Daraus ist zu ersehen, daß die mögliche Kippenleistungsfähigkeit, z. B. bei 6 Zuglängen Kippenlänge von 935 m³/h nicht gebracht werden kann, da durch die gegebene baggerseitige Zugfolge nur 700 m³/h Massen für die betrachtete Pflugkippe zur Verfügung stehen. Unter den bestehenden Bedingungen ist die optimale Kippenlänge bei 14 Zuglängen gegeben, da einmal die anfallenden 700 m³/h abgenommen werden können, andererseits jedoch die anteilige Vorbereitungszeit gering wird. Mit zunehmender Kippenlänge wird der Bedarf an Vorbereitungskippen immer geringer (Bild 16), da mit zunehmender Kippenlänge in immer

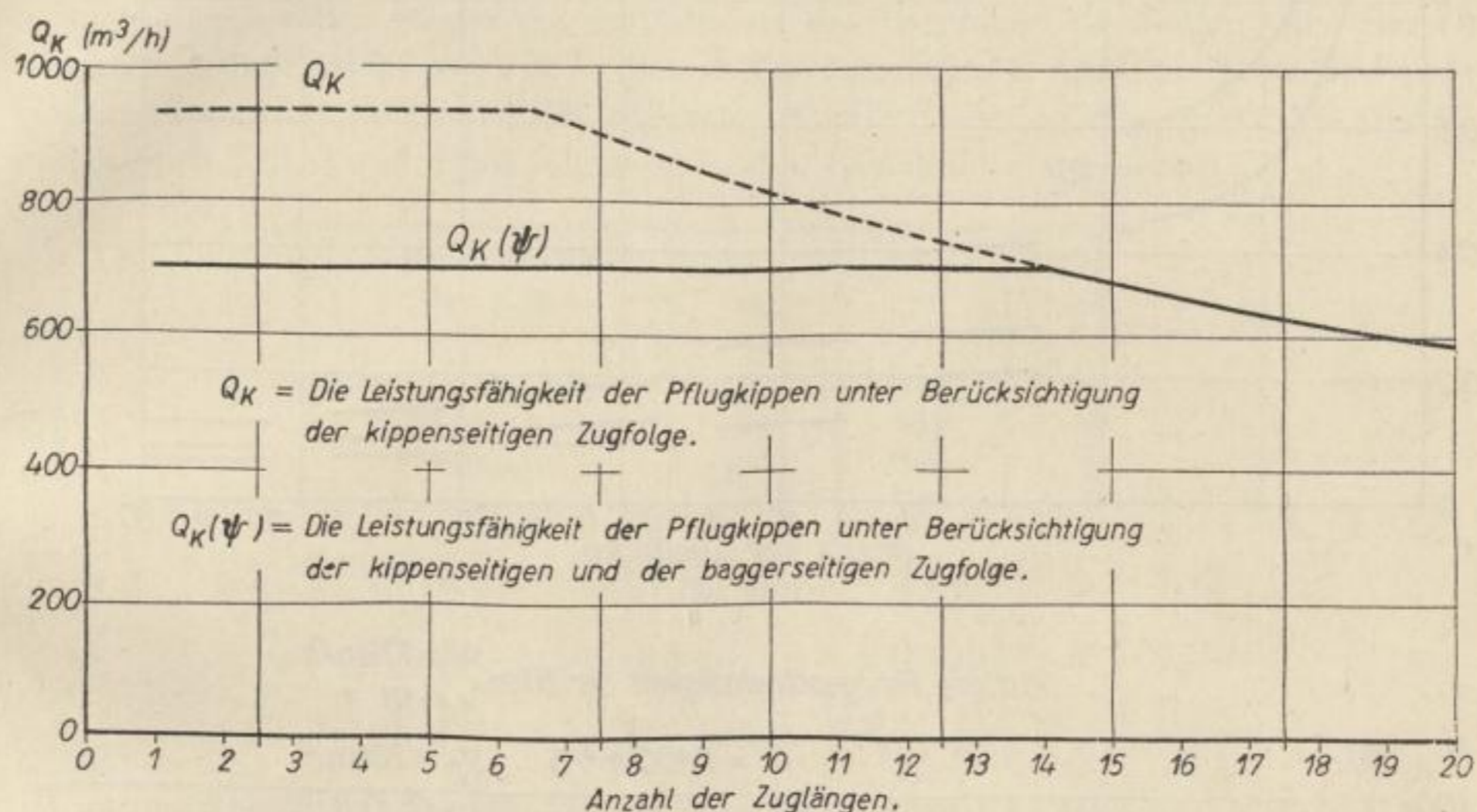


Bild 15

stärkerem Maße zeitliche Überschneidungen zwischen den Arbeiten des Pflugrückers und den Verweilzeiten der Züge eintreten. Ein besonders großer Sprung im Vorbereitungskippenbedarf ist beim Übergang vom Pflugkippen mit 5 auf 6 Zuglängen Kippenlänge festzustellen. Dieser Sprung ist dadurch bedingt, daß Kippen bis zu 5 Zuglängen auf der ganzen Länge, ab 6 Zuglängen jedoch wechselweise „kurz“ und „lang gerückt“ werden. Weiterhin ist aus Bild 16 der Vorbereitungskippenbedarf in Abhängigkeit von der Kippenhöhe zu erkennen. Besonders bei Kippen, die weniger als 6 Zuglängen lang sind und deshalb stets „lang gerückt“ werden, nimmt der Vorbereitungskippenbedarf mit abnehmender Kippenhöhe stark zu.

In Bild 17 ist der Kippenausnutzungsfaktor in Abhängigkeit von der Kippenlänge unter Berücksichtigung zweier verschiedener Fahrgeschwindigkeiten der Züge aufgetragen. Dabei wurde vorausgesetzt, daß die vorhandenen Kippen gleich lang sind und die gleiche ungünstigste Zugfolge haben. Entspricht die Kippenlänge z. B. der Länge von 7 Zügen, so wird die Aufnahmefähigkeit der 3 betriebsbereiten Pflugkippen zu 89%

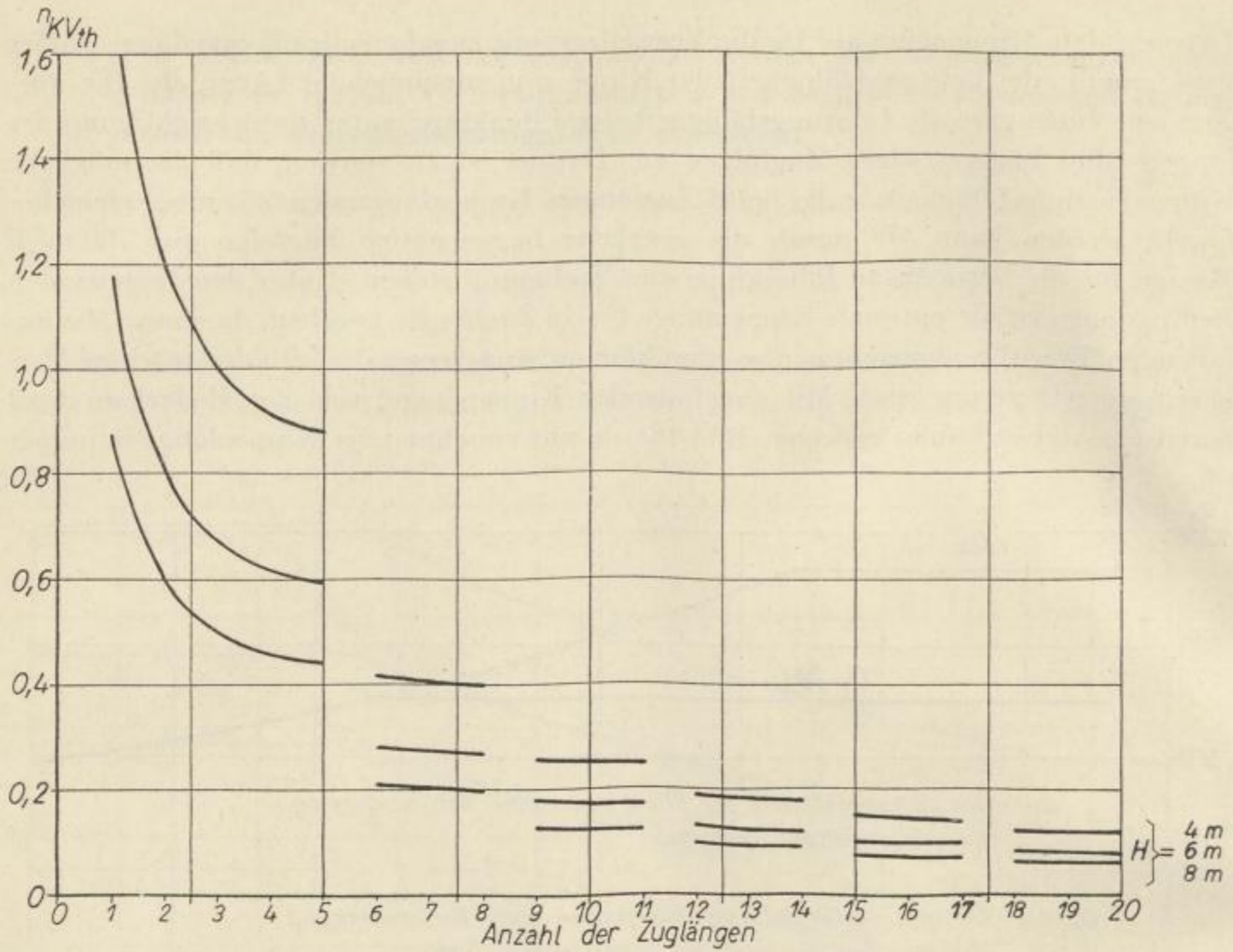


Bild 16

Mittlere Fahrgeschwindigkeit der Züge: $v_m = 10 \text{ km/h}$
 $v_m' = 18 \text{ ''}$

$Q = 2100 \text{ m}^3/\text{h}$ $V_Z = 280 \text{ m}^3$

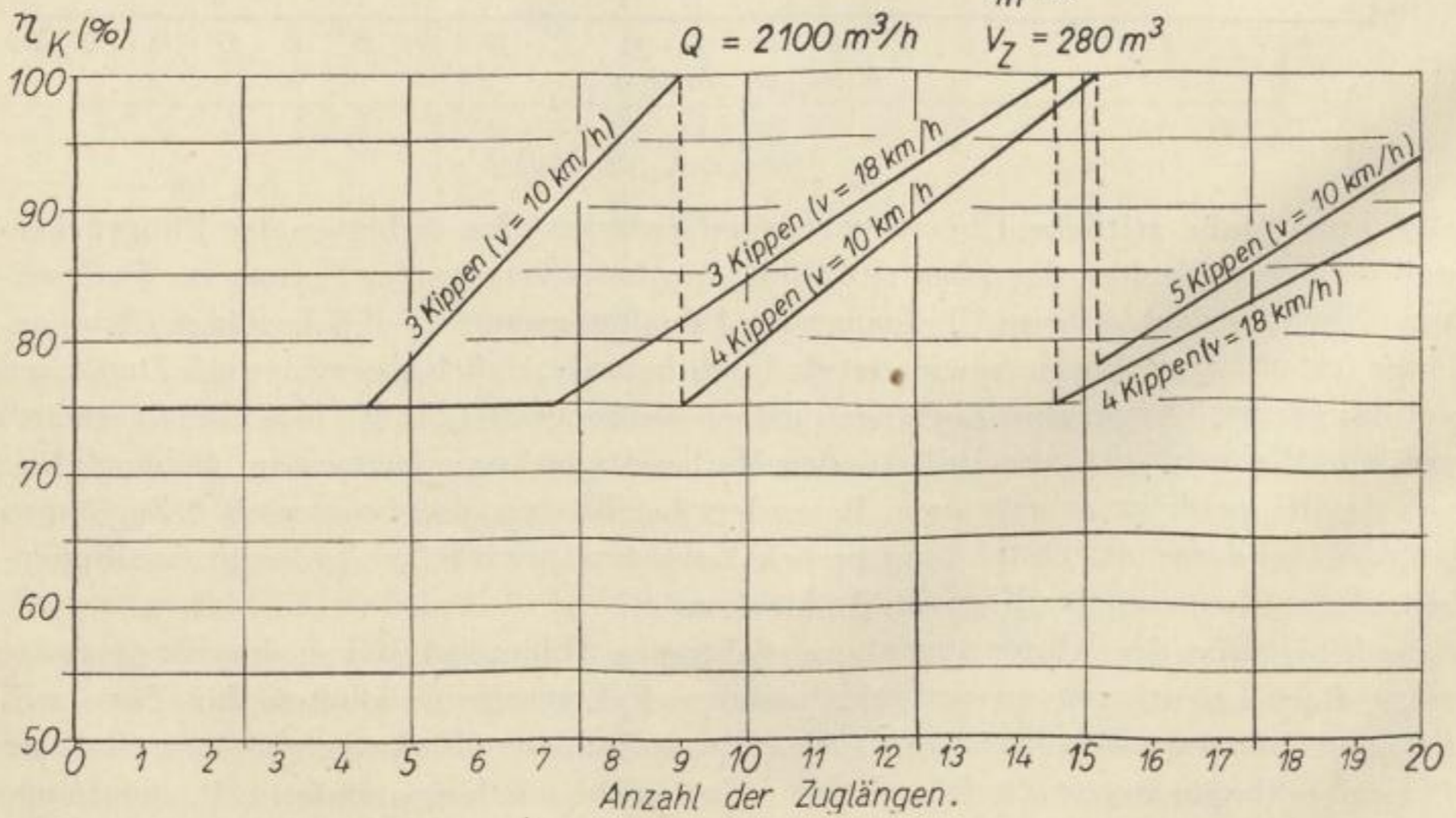


Bild 17

ausgelastet, wenn die Fahrgeschwindigkeit der Züge 10 km/h beträgt; bei 18 km/h Fahrgeschwindigkeit wird bei gleicher Kippenlänge die Aufnahmefähigkeit von ebenfalls 3 betriebsbereiten Pflugkippen nur zu 75% ausgenutzt. Werden diese länger als 9 Zuglängen, so sind bei $v = 10$ km/h 4 und ab 16 Zuglängen sogar 5 Pflugkippen in Betrieb zu nehmen, wenn das Gewinnungsgerät entsprechend der maximalen Standortleistung ausgelastet werden soll.

4.6 Ermittlung des Pflugkippenbedarfs sowie Feststellung des Kippenausnutzungsfaktors bei gegebenen Betriebsbedingungen

Nachfolgend sollen wieder die Verhältnisse des Tagebaues Greifenhain den Berechnungen zugrunde gelegt werden. In diesem Tagebau ist im 1. Abraumschnitt ein Eimerkettentiefbagger D 1400 mit 2100 m³/h max. Standortleistung eingesetzt; ihm sind die Pflugkippen 5, 6, 7 und 8 mit folgenden techn. Kennziffern zugeordnet:

Bezeichnung der Kippe	L (m)	l (m)	H (m)
Pflugkippe 5	1970	170	6
Pflugkippe 6	1730	410	6
Pflugkippe 7	1300	240	8
Pflugkippe 8	960	700	7

$$V_Z = 280 \text{ m}^3, \quad d = 4 \text{ min}, \quad g = 1 \text{ min}, \quad f_k = 1,15$$

$$v_m = 18 \text{ km/h} \triangleq 300 \text{ m/min}, \quad r = 0,2 \text{ m}, \quad R = 2,5 \text{ m}$$

$$Z = 108 \text{ m}, \quad v_a = 12 \text{ km/h} \triangleq 200 \text{ m/min}, \quad t_v = 15 \text{ min}$$

Lösung der Aufgabe: Um beurteilen zu können, ob die Leistungsfähigkeit der vier vorhandenen Pflugkippen zur vollen Auslastung des Baggers genügt, wird zuerst der Kippenausnutzungsfaktor η_K bestimmt. Unter der Annahme, daß die Pflugkippe 8 gerade vorbereitet wird, ist:

$$\eta_K = \frac{Q}{Q_{K5} + Q_{K6} + Q_{K7}}$$

Dann ist zu überprüfen, ob eine Pflugkippe als Vorbereitungskippe genügt.

$$n_{KV_{th}} = \frac{f_k \cdot Q}{30 p H} \left(\frac{1}{v_R \cdot r} + \frac{t_v}{L \cdot R} \right)$$

Der Gesamtbedarf an Pflugkippen ist

$$n_{K_{ges}} = n_K + n_{KV}$$

und der Bedarf an betriebsbereiten Pflugkippen:

$$n_{K_{th}} = \frac{q \cdot Q}{Q_{K5} + Q_{K6} + Q_{K7}}$$

Zu beachten ist, daß

$n_K = n_{K_{th}}$, jedoch auf die nächstfolgende ganze Zahl aufgerundet,

$n_{KV} = n_{KV_{th}}$, jedoch auf die nächstfolgende ganze Zahl aufgerundet wird.

Um die praktisch mögliche Aufnahmefähigkeit der Kippen bestimmen zu können, sind zuerst die kippenseitige und baggerseitige Zugfolge zu ermitteln.

Die ungünstigste kippenseitige Zugfolge ist entweder durch die Beziehung (39a)

$$Z_K (n - 1) = g + g' + 2b + d + 2nc - 3c + e$$

oder durch die Beziehung (40)

$$Z_K (A + U) = 2g' + f + e' + 2c + d$$

gegeben.

Die Wartezeit zwischen der Abfahrt des gekippten Zuges von der Kippstelle und der Ankunft des Pflugrückers an der Kippstelle bei gleichgerichtetem Verkehr soll wieder 1 Minute betragen. — $g' = 1 \text{ min}$ —

Zum Ausheben des Gleises von einer Zuglänge wurden bei dem vorhandenen sandigen Boden mit Mittel $f = 7 \text{ min}$ benötigt. — Diese Zeit ist durch Zeitstudien festgestellt worden.

Die Zeit zum Abpflügen einer Zuglänge und zum Herstellen des Kippgrabens nach dem Ankippen und Ausheben des Gleises wird wieder mit e' bezeichnet. Nach dem Ankippen fährt der Pflugrücker nur 4mal zum Herstellen des Kippgrabens die Strosse entlang. Dann wird nach der Gleichung (9a):

$$e' = k' \frac{Z}{v_a} + t'_z = 4 \cdot \frac{108}{200} + 2 = 4,2 \text{ min}$$

Als Mittelwert der Fahrten zum Abziehen einer Zuglänge wurden, ohne Berücksichtigung des Ankippens, 8 Fahrten festgestellt. Nach der Beziehung (9) ist dann:

$$e = k \frac{Z}{v_a} + t_z = 8 \frac{108}{200} + 2 = 6,3 \text{ min}$$

Die Zeit zum Befahren einer Zuglänge durch die Züge bzw. durch den Pflugrücker ist:

$$c = \frac{Z}{v_m} = \frac{108}{300} = 0,36 \text{ min}$$

Um das halbstationäre Kippengleis von der Kippenverteilerweiche bis zum Drehpunkt zu befahren, werden nach der Gleichung (8) bei 300 m/min Geschwindigkeit folgende Zeiten benötigt:

$$b(5) = 0,6 \text{ min}, \quad b(6) = 1,4 \text{ min}$$

$$b(7) = 0,8 \text{ min}, \quad b(8) = 2,3 \text{ min}$$

Die Länge der Kippe kann indirekt als Mehrfaches der Länge eines Zuges ausgedrückt werden. — $L = nZ$ — Da ein Zug von zwölf 25-m³-Abraumwagen etwa 108 m lang ist,

kann die Anzahl der Zuglängen n als Quotient der nutzbaren Kippenlänge durch eine Zuglänge errechnet werden.

$$\begin{aligned} n(5) &= \frac{1970}{108} = 18, & n(6) &= \frac{1730}{108} = 16 \\ n(7) &= \frac{1300}{108} = 12, & n(8) &= \frac{960}{108} = 9 \end{aligned}$$

Mit den gefundenen Größen wird die ungünstigste kippenseitige Zugfolge nach den Beziehungen (39a) bzw. (40) ermittelt.

$$\begin{aligned} Z_K(n-1) &= g + g' + 2b + d + 2nc - 3c + e \\ Z_K(n-1) &= 1,0 + 1,0 + 2b + 4,0 + 2 \cdot 0,4n - 3 \cdot 0,4 + 6,3 \\ Z_K(n-1) &= 11,1 + 2b + 0,8n \\ Z_{K5}(n-1) &= 11,1 + 2 \cdot 0,6 + 0,8 \cdot 18 = 26,7 \text{ min} \\ Z_{K6}(n-1) &= 11,1 + 2 \cdot 1,4 + 0,8 \cdot 16 = 26,7 \text{ min} \\ Z_{K7}(n-1) &= 11,1 + 2 \cdot 0,8 + 0,8 \cdot 12 = 22,3 \text{ min} \\ Z_{K8}(n-1) &= 11,1 + 2 \cdot 2,3 + 0,8 \cdot 9 = 22,9 \text{ min} \end{aligned}$$

Die sich während des Unterstopfens der Gleise ergebende kippenseitige Zugfolge ist von der Kippenlänge unabhängig. Folglich ist $Z_K(A+U)$ für die Pflugkippen 5–8 gleich

$$\begin{aligned} Z_K(A+U) &= 2g' + f + e' + 2c + d \\ &= 2 \cdot 1,0 + 7,0 + 4,2 + 2 \cdot 0,4 + 4,0 = 18,0 \text{ min} \end{aligned}$$

Bei den Pflugkippen 5–8 ist die Zugfolgezeit beim Verkippen auf der vorletzten Länge größer als beim Unterstopfen der Gleise. Deshalb sind diese Zugfolgezeiten den weiteren Berechnungen zugrunde zu legen.

Die baggerseitige Zugfolge wird nach der Beziehung (34) errechnet

$$Z_B = \frac{60 \cdot V_{Z_m}}{Q} = \frac{60 \cdot 280}{2100} = 8 \text{ min}$$

Aus der baggerseitigen und der kippenseitigen Zugfolgezeit sowie der Anzahl der betriebsbereiten Pflugkippen kann der Faktor der Zugfolgen errechnet werden

$$\Psi = \frac{n_K Z_B}{Z_K} \geq 1,$$

wobei n_K die Anzahl der betriebsbereiten Kippen bedeutet. Da eine Kippe als Vorbereitungskippe benötigt wird, ist in diesem Falle $n_K = 3$.

$$\begin{aligned} \Psi_5 &= \frac{3 \cdot 8}{26,7} = 0,9 < 1; & \Psi_6 &= \frac{3 \cdot 8}{26,7} = 0,9 < 1 \\ \Psi_7 &= \frac{3 \cdot 8}{22,3} = 1,08; & \Psi_8 &= \frac{3 \cdot 8}{22,9} = 1,05 \end{aligned}$$

Unter Berücksichtigung der verschiedenen Zugfolgen errechnet sich die Leistungsfähigkeit der Pflugkippen folgendermaßen:

$$Q_K = \frac{60 \cdot V_{Z_m}}{\Psi \cdot Z_K} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$Q_{K5} = \frac{60 \cdot 280}{1 \cdot 26,7} = 630 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{K6} = \frac{60 \cdot 280}{1 \cdot 26,7} = 630 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{K7} = \frac{60 \cdot 280}{1,08 \cdot 22,3} = 700 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{K8} = \frac{60 \cdot 280}{1,05 \cdot 22,9} = 700 \text{ m}^3/\text{h}$$

Während die Leistungsfähigkeit der Pflugkippen 5 und 6 durch die ungünstigsten kippenseitigen Zugfolgen gegeben ist, wird die Leistungsfähigkeit der Pflugkippen 7 und 8 durch die baggerseitige Zugfolge bestimmt.

Unter der Annahme, daß die Pflugkippe 8 gerade vorbereitet wird, errechnet sich nach der Gleichung (41) folgender Kippenausnutzungsfaktor:

$$\eta_K = \frac{Q}{Q_{K5} + Q_{K6} + Q_{K7}}$$

$$\eta_K = \frac{2100}{630 + 630 + 700} = 1,1$$

$\eta_K = 1,1 > 1$ besagt, daß die maximale Standortleistung des D 1400 von 2100 m³/h nicht voll ausgefahren werden kann, da die Aufnahmefähigkeit der drei Pflugkippen zur Abnahme der anfallenden Massen nicht ausreicht.

Wie groß ist nun der Bedarf an betriebsbereiten Kippen? Nach der Gleichung (30b) ist:

$$n_{K_{th}} = \frac{q \cdot Q}{Q_{K5} + Q_{K6} + Q_{K7}}$$

$$n_{K_{th}} = \frac{3 \cdot 2100}{630 + 630 + 700} = 3,21$$

$$n_K = 4$$

Um den D 1400 mit 2100 m³/h maximaler Standortleistung voll ausfahren zu können, werden 4 betriebsbereite Pflugkippen mit den gegebenen techn. Daten benötigt.

Das Verhältnis der Vorbereitungszeit zur Zeit für das Vollkippen eines Sektors wird mit zunehmender Kippenlänge (bei gleicher Kippenhöhe) kleiner und damit auch der anteilige Bedarf an Vorbereitungskippen geringer.

Werden in dem vorliegenden Fall die techn. Daten der Kippe 8 zugrunde gelegt, so ist der Vorbereitungskippenbedarf folgender:

$$n_{KV_{th}} = \frac{f_K \cdot Q \cdot n_{K_{th}}}{30 \cdot p \cdot H} \left(\frac{1}{v_R \cdot r} + \frac{t_v}{LR} \right)$$

Die Anzahl der Rückabschnitte p je Kippensektor bei der Pflugkippe 8 ist

$$p = \frac{n}{3} = \frac{9}{3} = 3$$

$$n_{KV_{th}} = \frac{1,15 \cdot 2100 \cdot 3,21}{30 \cdot 3 \cdot 7} \left(\frac{1}{150 \cdot 0,2} + \frac{15}{960 \cdot 2,5} \right)$$

$$n_{KV_{th}} = 0,48$$

$$n_{KV} = 1$$

Der Gesamtbedarf an Pflugkippen bei den gegebenen Betriebsbedingungen ist

$$n_{K_{ges}} = n_K + n_{KV} = 4 + 1 = 5 \text{ Pflugkippen.}$$

Die Berechnungen haben gezeigt, daß vier Pflugkippen, von denen drei betriebsbereit sind, zur vollen Abnahme der vom D 1400 kommenden Vollzüge nicht genügen.

Durch Mangel an Kippenkapazität sind also Stillstände des Gewinnungsgerätes zu erwarten.

Die Leistungsfähigkeit von Pflugkippen ist kein eindeutig bestimmbarer Wert, da die Verweilzeit der Züge auf der Kippenstrosse sich mit dem Abstand der Kippstelle von der Kippenverteilerweiche ändert.

In der vorliegenden Arbeit sind zwei Grenzfälle untersucht worden. Im Abschnitt 3 wurde vorausgesetzt, daß keine Wartezeiten auf Pflugkippen eintreten, d. h., es soll stets ein Vollzug auf dem Kippenbahnhof bereitstehen, wenn ein Leerzug die Kippenstrosse verläßt. Die bei dieser Annahme errechnete Aufnahmefähigkeit wird als theoretische Pflugkippenleistungsfähigkeit bezeichnet. Diese ist ausschlaggebend von der Kippenlänge abhängig. Die Pflugkippen haben unter den für die Pflugkippe 7 des Tagebaues Greifenhain vorliegenden Betriebsbedingungen optimale Längen, wenn sie der Länge von 10 Zügen entsprechen. Die Höhe der Pflugkippen hat nur geringen Einfluß auf die theoretische Kippenleistungsfähigkeit, wobei die Zunahme der Leistungsfähigkeit zwischen 6 und 8 m Kippenhöhe größer als zwischen 8 und 10 m ist.

Da die Voraussetzung, keine Wartezeiten wegen Zugmangels auf den Pflugkippen zu haben, in der Regel nicht erfüllt ist, hat die Ermittlung der theoretischen Pflugkippenleistungsfähigkeit betrieblich nur bedingten Wert. Immerhin kann aus diesen theoretischen Untersuchungen die Frage beantwortet werden, unter welchen Bedingungen von einem Pfluger zwei bzw. mehrere Pflugkippen ohne Leistungsminderung bedient werden können.

Im Abschnitt 4 wurden Beziehungen zur Ermittlung der praktisch möglichen Kippenleistungsfähigkeit angegeben. Dabei ist die Pflugkippenleistungsfähigkeit nicht nur in Abhängigkeit vom Zuginhalt, der Kippenlänge und andere, die Pflugkippen direkt betreffenden Größen, sondern auch in Abhängigkeit von dem Verhältnis der baggerseitigen zur kippenseitigen Zugfolge angegeben worden.

Die Kippenlänge beeinflußt auch die praktisch mögliche Kippenleistungsfähigkeit wesentlich. Die optimale Kippenlänge ist vorhanden, wenn die ungünstigste kippenseitige Zugfolge mit der baggerseitigen Zugfolge übereinstimmt bzw. ein ganzes Mehrfaches bildet.

Die Arbeitsweise auf Pflugkippen bedingt, daß diese in zeitlichen Abständen von 1 bis 3 Tagen mehrere Stunden nicht betriebsbereit sind, wenn das Kippengleis der gesamten nutzbaren Länge gerückt wird. Um auch während des Gleisrückens keine Stillstände der Gewinnungsgeräte wegen Kippenmangel eintreten zu lassen, werden Vorbereitungskippen neben betriebsbereiten Pflugkippen vorgesehen. Der Bedarf an Vorbereitungskippen nimmt mit zunehmender Kippenhöhe und mit länger werdender Kippenstrosse ab.

Zur Beurteilung der Frage, ob unter gegebenen bzw. projektierten Bedingungen die Leistungsfähigkeit der Pflugkippen zur Auslastung der Gewinnungsgeräte, entsprechend der maximalen Standortleistung, ausreicht, wurde der Kippenausnutzungsfaktor eingeführt. Dieser gibt an, welche Kippenauslastung auf Grund der Betriebsbegebenheiten zu erwarten ist. Dadurch wird es möglich, die durch das Verhältnis der maximalen Standortleistung der Bagger zur Kippenaufnahmefähigkeit zu erwartende und die durch die besonderen Betriebsumstände, wie Bodenart, Zustand der Gleise, Störungen usw. bedingte effektiv erreichte Pflugkippenleistung auseinanderzuhalten.

Anlage 1

Die Anzahl der zu unterstopfenden Zuglängen y_1 in Abhängigkeit von der Kippenlänge

A) $n \leq 5$

$$y_1 = n_1$$

B) $n = 3p; \quad p = 2, 3, 4, \dots$

a) $n_1 = 3u_1 \quad u_1 = 1, 2, 3, \dots$

$$y_1 = \sum_{i=1}^{u_1} 3i = \frac{3}{2} (u_1^2 + u_1)$$

b) $n_1 = 3u_1 + 1, \quad u_1 = 1, 2, 3, \dots$

$$y_1 = \sum_{i=1}^{u_1} 3i + (u_1 + 1)$$

$$y_1 = \frac{3}{2} u_1^2 + \frac{5}{2} u_1 + 1$$

c) $n_1 = 3u_1 + 2, \quad u_1 = 1, 2, 3, \dots$

$$y_1 = \sum_{i=1}^{u_1} 3i + (u_1 + 1) 2$$

$$y_1 = \frac{3}{2} u_1^2 + \frac{7}{2} u_1 + 2$$

Anlage 1a

C) $n = 3p + 1 \quad p = 2, 3, 4, \dots$

a) $n_1 = 3u_1, \quad u_1 = 1, 2, 3, \dots$

$$y_1 = 1 + \sum_{i=1}^{u_1-1} 3i + 2u_1$$

$$y_1 = \frac{3}{2} u_1^2 + \frac{1}{2} u_1 + 1$$

$$b) n_1 = 3u_1 + 1, \quad u_1 = 1, 2, 3 \dots$$

$$y_1 = 1 + \sum_{i=1}^{u_1} 3i$$

$$y_1 = \frac{3}{2} u_1^2 + \frac{3}{2} u_1 + 1$$

$$c) n_1 = 3u_1 + 2, \quad u_1 = 1, 2, 3 \dots$$

$$y_1 = 1 + \sum_{i=1}^{u_1} 3i + (u_1 + 1)$$

$$y_1 = \frac{3}{2} u_1^2 + \frac{5}{2} u_1 + 2$$

$$D) n = 3p + 2, \quad p = 2, 3, 4 \dots$$

$$a) n_1 = 3u_1, \quad u_1 = 1, 2, 3 \dots$$

$$y_1 = 2 + \sum_{i=1}^{u_1-1} 3i + u_1$$

$$y_1 = \frac{3}{2} u_1^2 - \frac{1}{2} u_1 + 2$$

$$b) n_1 = 3u_1 + 1, \quad u_1 = 1, 2, 3 \dots$$

$$y_1 = 2 + \sum_{i=1}^{u_1} 3i - u_1$$

$$y_1 = \frac{3}{2} u_1^2 + \frac{1}{2} u_1 + 2$$

$$c) n_1 = 3u_1 + 2, \quad u_1 = 1, 2, 3 \dots$$

$$y_1 = 2 + \sum_{i=1}^{u_1} 3i$$

$$y_1 = \frac{3}{2} u_1^2 + \frac{3}{2} u_1 + 2$$

Anlage 2

Es ist die Anzahl Züge y_2 zu bestimmen, die bis zur Zuglänge n_2 anzukippen sind.

$$A) n \leq 5 \quad y_2 = n_2$$

$$B) n = 3p \quad p = 2, 3, 4 \dots$$

$$a) n_2 = 3u_2, \quad u_2 = 1, 2, 3 \dots \quad y_2 = \frac{3}{2} (u_2^2 + u_2)$$

$$b) n_2 = 3u_2 + 1; \quad u_2 = 1, 2, 3 \dots \quad y_2 = \frac{3}{2} u_2^2 + \frac{5}{2} u_2 + 1$$

$$c) n_2 = 3u_2 + 2; \quad u_2 = 1, 2, 3 \dots \quad y_2 = \frac{3}{2} u_2^2 + \frac{7}{2} u_2 + 2$$

$$C) n = 3p + 1, \quad p = 2, 3, 4 \dots$$

$$a) n_2 = 3u_2, \quad u_2 = 1, 2, 3 \dots \quad y_2 = \frac{3}{2} u_2^2 + \frac{1}{2} u_2 + 1$$

$$b) n_2 = 3u_2 + 1, \quad u_2 = 1, 2, 3 \dots \quad y_2 = \frac{3}{2} u_2^2 + \frac{3}{2} u_2 + 1$$

$$c) n_2 = 3u_2 + 2, \quad u_2 = 1, 2, 3 \dots \quad y_2 = \frac{3}{2} u_2^2 + \frac{5}{2} u_2 + 2$$

$$D) n = 3p + 2, \quad p = 2, 3, 4 \dots$$

$$a) n_2 = 3u_2, \quad u_2 = 1, 2, 3 \dots \quad y_2 = \frac{3}{2} u_2^2 - \frac{1}{2} u_2 + 2$$

$$b) n_2 = 3u_2 + 1, \quad u_2 = 1, 2, 3 \dots \quad y_2 = \frac{3}{2} u_2^2 + \frac{1}{2} u_2 + 2$$

$$c) n_2 = 3u_2 + 2, \quad u_2 = 1, 2, 3 \dots \quad y_2 = \frac{3}{2} u_2^2 + \frac{3}{2} u_2 + 2$$

Anlage 3

Die Fahrzeit der Züge auf beweglichem Gleis, die auf den Längen n_2 bis n_1 angekippt werden

$$A) n \leq 5 \quad t_{1,2} = 2c (1 + 2 + \dots + n_{1,2})$$

$$B) n = 3p, \quad p = 2, 3, 4 \dots$$

$$a) n_{1,2} = 3u_{1,2}; \quad u_{1,2} = 1, 2, 3 \dots$$

$$t_{1,2} = 1 \cdot 2c(1 + 2 + 3) + 2 \cdot 2c(4 + 5 + 6) + \dots$$

$$+ u_{1,2} \cdot 2c [(n_{1,2} - 2) + (n_{1,2} - 1) + n_{1,2}]$$

$$t_{1,2} = 6c(u_{1,2}^3 + u_{1,2}^2)$$

$$b) n_{1,2} = 3u_{1,2} + 1, \quad u_{1,2} = 1, 2, 3 \dots$$

$$t_{1,2} = 1 \cdot 2c(1 + 2 + 3) + 2 \cdot 2c(4 + 5 + 6) + \dots$$

$$+ u_{1,2} \cdot 2c [(n_{1,2} - 3) + (n_{1,2} - 2) + (n_{1,2} - 1)] + (u_{1,2} + 1) 2cn_{1,2}$$

$$t_{1,2} = 6c(u_{1,2}^3 + u_{1,2}^2) + 2cn_{1,2}(u_{1,2} + 1)$$

$$c) \quad n_{1,2} = 3u_{1,2} + 2, \quad u_{1,2} = 1, 2, 3 \dots$$

$$t_{1,2} = 1 \cdot 2c(1 + 2 + 3) + 2 \cdot 2c(4 + 5 + 6) + \dots$$

$$+ u_{1,2} \cdot 2c[(n_{1,2} - 4) + (n_{1,2} - 3) + (n_{1,2} - 2)]$$

$$+ (u_{1,2} + 1) 2c(n_1 - 1) + (u_{1,2} + 1) \cdot 2cn_1$$

$$t_{1,2} = 6c(u_{1,2}^3 + u_{1,2}^2) + 2cn_{1,2}(u_{1,2} + 1) + 2c(n_{1,2} - 1)(u_{1,2} + 1)$$

Anlage 3a

$$C) \quad n = 3p + 1, \quad p = 2, 3, 4 \dots$$

$$a) \quad n_{1,2} = 3u_{1,2}, \quad u_{1,2} = 1, 2, 3 \dots$$

$$t_{1,2} = 2c + 1 \cdot 2c(2 + 3 + 4) + 2 \cdot 2c(5 + 6 + 7) + \dots$$

$$+ u_{1,2} \cdot 2c[(n_{1,2} - 1) + n_{1,2} + (n_{1,2} + 1)] - 2cu_{1,2}(n_{1,2} + 1)$$

$$t_{1,2} = c(6u_{1,2}^3 + 9u_{1,2}^2 + u_{1,2} - 2u_{1,2}n_{1,2} + 2)$$

$$b) \quad n_{1,2} = 3u_{1,2} + 1, \quad u_1 = 1, 2, 3 \dots$$

$$t_{1,2} = 2c + 1 \cdot 2c(2 + 3 + 4) + 2 \cdot 2c(5 + 6 + 7) + \dots$$

$$+ u_{1,2} \cdot 2c[(n_{1,2} - 2) + (n_{1,2} - 1) + n_{1,2}]$$

$$t_{1,2} = c(6u_{1,2}^3 + 9u_{1,2}^2 + 3u_{1,2} + 2)$$

$$c) \quad n_{1,2} = 3u_{1,2} + 2, \quad u_1 = 1, 2, 3 \dots$$

$$t_{1,2} = 2c + 1 \cdot 2c(2 + 3 + 4) + 2 \cdot 2c(5 + 6 + 7) + \dots$$

$$+ u_{1,2} \cdot 2c[(n_{1,2} - 3) + (n_{1,2} - 2) + (n_{1,2} - 1)] + (u_{1,2} + 1) 2cn_{1,2}$$

$$t_{1,2} = c(6u_{1,2}^3 + 9u_{1,2}^2 + 3u_{1,2} + 2 + 2u_{1,2}n_{1,2} + 2n_{1,2})$$

Anlage 3b

$$D) \quad n = 3p + 2, \quad p = 2, 3, 4 \dots$$

$$a) \quad n_{1,2} = 3u_{1,2}, \quad u_{1,2} = 1, 2, 3 \dots$$

$$t_{1,2} = 2c(1 + 2) + 1 \cdot 2c(3 + 4 + 5) + 2 \cdot 2c(6 + 7 + 8) + \dots$$

$$+ (u_{1,2} - 1) \cdot 2c[(n_{1,2} - 3) + (n_{1,2} - 2) + (n_{1,2} - 1)] + u_{1,2} \cdot 2c \cdot n_{1,2}$$

$$t_{1,2} = c[6(u_{1,2} - 1)^3 + 12(u_{1,2} - 1)^2 + 6(u_{1,2} - 1) + 6 + 2n_{1,2} \cdot u_{1,2}]$$

$$b) n_{1,2} = 3u_{1,2} + 1, \quad u_{1,2} = 1, 2, 3 \dots$$

$$t_{1,2} = 2c(1 + 2) + 1 \cdot 2c(3 + 4 + 5) + 2 \cdot 2c(6 + 7 + 8) + \dots$$

$$+ u_{1,2} \cdot 2c[(n_{1,2} - 1) + n_{1,2} + (n_{1,2} + 1)] - u_{1,2} \cdot 2c(n_{1,2} + 1)$$

$$t_{1,2} = c[6(u_{1,2} - 1)^3 + 12(u_{1,2} - 1)^2 + 6(u_{1,2} - 1) + 6] + 2cu_{1,2}(2n_{1,2} - 1)$$

$$c) n_{1,2} = 3u_{1,2} + 2, \quad u_{1,2} = 1, 2, 3 \dots$$

$$t_{1,2} = 2c(1 + 2) + 1 \cdot 2c(3 + 4 + 5) + 2 \cdot 2c(6 + 7 + 8)$$

$$+ u_{1,2} \cdot 2c(n_{1,2} - 2) + (n_{1,2} - 1) + n_{1,2}$$

$$t_{1,2} = c[(6u_{1,2}^3 + 12u_{1,2}^2 + 6u_{1,2} + 6)]$$

Zusammenfassung und Erläuterung der benutzten Bezeichnungen

A	= Inhalt der Pflugkippe von der Länge eines Zuges	m^3
A_0	= $g + 2b + d$	min
F	= Die Fläche eines Kippensektorgrundrisses	m^2
F_R	= Während des „Lang Rückens“ überschwenkte Fläche eines Kippensektors	m^2
H	= Höhe der Kippe	m
L	= Nutzbare Kippenlänge ist gleich der Gleislänge vom „Kippendrehpunkt“ bis zum Gleisende	m
N_R	= Leistung der Rückmaschine	m^2/min
Q	= Maximale Standortleistung der Gewinnungsgeräte	m^3/h
Q_K	= Leistungsfähigkeit einer Pflugkippe unter Berücksichtigung der kippenseitigen Zugfolge	m^3/h
$Q_K(\Psi)$	= Leistungsfähigkeit einer Pflugkippe unter Berücksichtigung der kippenseitigen und baggerseitigen Zugfolgen	m^3/h
Q_{Kth}	= Theoretische Leistungsfähigkeit einer Pflugkippe je Stunde	m^3/h
R	= Rückbreite der Gleisspitze nach einem Rückabschnitt	m
T_{A+U}	= Die je Kippensektor zum Ankippen der Böschung und Unterstopfen der Schwellen benötigte Zeit	min
T_{KS}	= Zum Verkippen eines Kippensektors benötigte Zeit, wenn auf der Pflugkippe keine Wartezeiten eintreten	min
T'_{KS}	= Zum Verkippen eines Sektors benötigte Zeit, wenn die ungünstigste kippenseitige Zugfolge der Kippenleistungsberechnung zugrunde gelegt wird	min
T_{Pfl}	= Zeit zum Abpflügen der Massen eines Kippensektors	min
T_R	= Anteilige Rückzeit je Kippensektor, während der von der Pflugkippe keine Züge abgenommen werden	min
T_V	= Die zum Vorbereiten einer Kippe benötigte Zeit, während der die Kippe nicht aufnahmefähig ist	min
T_W	= Wechselzeiten der Pflugrücker je Kippensektor	min
T_Z	= Verweilzeit der in einem Sektor zu verkippenden Züge	min
V_{KS}	= Inhalt eines Kippensektors	m^3
V_Z	= Inhalt eines Zuges an gewachsenem Boden	m^3
V_{Zm}	= Mittlerer rapportierter Zuginhalt	m^3
Z	= Länge eines Zuges (ohne Lokomotive)	m
Z_B	= Baggerseitige Zugfolge, ist gleich dem zeitlichen Abstand des Eintreffens zweier Vollzüge auf dem Kippenbahnhof	min
Z_K	= Kippenseitige Zugfolge, ist gleich dem zeitlichen Abstand zweier die Kippenverteilerweiche in Richtung zur Kippe verlassenden Vollzüge	min
$Z'_K(1)$	= Ungünstigste kippenseitige Zugfolge, wenn die Länge der Kippe der Länge eines Zuges entspricht	min
$Z_K(n-1)$	= Ungünstigste kippenseitige Zugfolge der Vollzüge für größere Kippenslängen, wenn das Verkippen der Züge auf der vorletzten Zuglänge, verbunden mit dem Abpflügen dieser Zuglänge, die Zugfolge bestimmt	min

Bergbau
Freiberg

$Z_K (A+U)$	= Ungünstigste kippenseitige Zugfolge der Vollzüge bei kurzen Kippentlängen, wenn die Zeit zum Ankippen und Ausheben einer Zuglänge die Zugfolge bestimmt	min
b	= Mittlere Fahrzeit der Züge und Pflugrücker von der Kippenverteilerweiche bis zum Drehpunkt der Kippe	min
c	= Mittlere Fahrzeit der Züge und des Pflugrückers auf beweglichem Kippgleis von der Länge eines Zuges	min
d	= Zum Verkippen eines Zuges benötigte Zeit	min
e	= Mittlere Abpflügzeit je Zuglänge	min
e'	= Zeit zum Abpflügen der Massen eines Zuges nach dem Ankippen der Böschung	min
f	= Zeit zum Unterstopfen des Kippgleises von der Länge eines Zuges	min
f_K	= Kippenauflockerungsfaktor	
g	= Durch das Stellen von Signalen und Weichen bedingte Wartezeit an dem Kippenbahnhof bei Gegenverkehr	min
g'	= Wartezeit bei gleichgerichtetem Verkehr, z. B. zwischen Abfahrt des Leerzuges und Ankunft des Pflugrückers an der Kippstelle	min
k	= Mittlere Anzahl der Pflugrückerfahrten je Zuglänge, die zum Abziehen der Massen und Herstellen eines neuen Kippgrabens benötigt werden	
k'	= Anzahl der Pflugrückerfahrten je Zuglänge, die zum Abziehen der Massen und Herstellen eines neuen Kippgrabens nach dem Ankippen der Kippenböschung benötigt werden	
i	= Anzahl der in einer Stunde zu verkippenden Züge	1/h
l	= Länge des halbstationären Gleises von der Kippenverteilerweiche bis zum Drehpunkt	m
l_1	= Anzahl der Züge vom Zuginhalt V_{Z1}	
m	= Anzahl der Züge, die in einer Kippe von der Länge Z , der Höhe H , des Kippenauflockerungsfaktors f_K bei der Rückbreite R untergebracht werden können.	
n	= Die der nutzbaren Kippentlänge entsprechende Anzahl Zuglängen	
n_K	= Anzahl der betriebsbereiten Pflugkippen	
n_{Kges}	= Der Gesamtbedarf an Pflugkippen	
n_{Kth}	= Theoretischer Bedarf an betriebsbereiten Pflugkippen	
n_{KV}	= Der effektive Bedarf an Vorbereitungskippen	
n_{KVth}	= Der theoretische Bedarf an Vorbereitungskippen	
n_1	= Anzahl der Zuglängen, bis zu welcher das Abpflügen der angekippten Massen und das Unterstopfen der Schwellen auf einer Zuglänge länger dauert als die Fahrt des Leer- und Vollzuges einschl. der Wartezeit	
n_2	= Eine natürliche ganze Zahl, die angibt, bis zu welcher Zuglänge das Abpflügen der angekippten Massen einer Zuglänge länger dauert als die Fahrt des Leer- und des Vollzuges sowie die Wartezeit, die durch das Stellen der Signale und Weichen eintritt.	
p	= Anzahl der Rückabschnitte je Kippensektor	
q	= Anzahl der im Betrieb vorhandenen bzw. projektierten Pflugkippen	
r	= Rückbreite je Fahrt des Pflugrückers	m
t_1	= Fahrzeit auf beweglichem Gleis der von der ersten bis zur n_1 -ten Zuglänge zu verkippenden Züge	min
t_2	= Fahrzeit auf beweglichem Gleis der von der ersten bis zur n_2 -ten Zuglänge zu verkippenden Züge	min
$t_{A+U} (1)$	= Zeit zum Ausheben und Abpflügen der Kippe, deren Länge der Länge eines Zuges entspricht, einschl. An- und Abfahrt des Pflugrückers	min
$t_{Pfl} (1)$	= Zeit zum Abpflügen der Kippe, deren Länge der Länge eines Zuges entspricht, einschl. An- und Abfahrt des Pflugrückers	min
$t_U (1)$	= Verweilzeit eines Zuges auf einer Pflugkippe von der Länge eines Zuges	min

Bergakademie
- Bücherei -
Freiberg i. Sa.

t_v	= Rüstzeit der Gleisrückmaschine einschl. Ein- und Ausfahrt	min
t_z	= Die Zeit zum Herunter- und Heraufklappen der Vorschar sowie die zum Ein- und Ausfahren der Pflugscharstiele bzw. Heben und Senken des Hauptschars notwendige Zeit	min
t'_z	= Die Zeit zum Herunter- und Heraufklappen der Vorschar sowie die zum Ein- und Ausfahren der Pflugscharstiele bzw. Heben und Senken des Hauptschars nach dem Ankippen der Böschung benötigte Zeit	min
v_a	= Mittlere Geschwindigkeit des Pflugrückers beim Abpflügen	m/min
v_m	= mittlere Geschwindigkeit der Voll- und der Leerzüge sowie der Pflugrücker auf beweglicher Kippstrosse	m/min
v_1	= mittlere Fahrgeschwindigkeit der Züge und Pflugrücker auf halbstationärem Gleis	m/min
v_R	= mittlere Geschwindigkeit des Pflugrückers beim Rücken des Gleises	m/min
y_1	= Anzahl der anzukippenden Zuglängen von der ersten bis zur n_1 -ten Kipplänge	
y_2	= Anzahl der Züge, die von der ersten bis zur n_2 -ten Zuglänge angekippt werden	
z_2	= Anzahl der Züge, die von der ersten bis zur n_2 -ten Zuglänge verkippt werden	
η_K	= Der Kippenausnutzungsfaktor	
φ	= Der anteilige Bedarf an Vorbereitungskippen, bezogen auf die betriebsbereiten Kippen	
Ψ	= Faktor, durch den die baggerseitige Zugfolge berücksichtigt wird	

LITERATUR

- [1] OHNESORGE: „Grundlagen zur Berechnung der Gesteigungskosten des Trockenkippenbetriebes im Braunkohlentagebau“. Das Braunkohlenarchiv 1926, H. 12.
- [2] WEIGELT: „Das Problem der Grenzstrossenlänge in Abraumbetrieben und damit zusammenhängende Fragen der Kapazitätsbestimmung“. Bergbautechnik 1954, H. 9.
- [3] HÄRTIG, CIESIELSKI, BÖHME: „Bergbauliche Maßnahmen zur Steigerung der Kapazität im Tagebau Greifenhain“. Nicht veröffentlichte Übungsaufgabe für das Seminar in Tagebaukunde (1955).
- [4] MOHRICH: „Einrichten des Vorschnittbetriebes für den Tagebau Franz Mehring“. Unveröffentlichte Diplomarbeit (1957).
- [5] MARCZINSKI: „Zum Problem der Festlegung technisch-wirtschaftlicher Kennziffern für Pflugkippen und ihre ökonomische Bedeutung“. Bergbautechnik 1957, H. 11.

FREIBERGER FORSCHUNGSHEFTE

Schriftenreihe für alle Gebiete der Montanwissenschaften

Reihe A: Bergbau, Aufbereitung und Verwertung bergbaulicher Rohstoffe

A 130 Brennstofftechnische Gesellschaft in der Deutschen Demokratischen Republik **4. Brikettiertechnisches Kolloquium am 27. und 28. November 1958 in Freiberg**

Format 16,7 × 24 cm — 206 Seiten — 121 Bilder — 13 Tabellen — DM 16,—
Erschienen November 1959

KNESCHKE/SCHOCH: Über die Auswertung allgemeiner Siebrückstandskurven — KRUG/FUCHS/
ROTHE/GERHARDT: Zerkleinerungsversuche an einer reversierbaren Prallhammermühle des
VEB ZEMAG Zeitz — RAMMLER/MICHEL: Zerkleinerung von oberflächenfeuchter Braunkohle
auf F-Brikettkörnung in einer beheizten Hammermühle — RADEMACHER: Füllungsprobleme
bei Röhrentrocknern, studiert an einem Großtrockner mit 4070 m² Heizfläche — KUBASCH: Ver-
suche über die Verwendung des Schrägkammer-Siebwindichters als Kühltichter — KNAUTH/
SCHENKE: Brikettiertechnische Untersuchungen an der ZEMAG-Pressen 4 × 8" — ZAKAR/
TOTH: Stand und Probleme der Brikettierung ungarischer Kohlen mit Bindemitteln — RADE-
MACHER/GOLDHAHN: Aufgaben zur ökonomischen Erfassung des Betriebsgeschehens am
Beispiel einer Brikettfabrik.

A 137 Brikettierung — Technische Brennstoffverwertung

Format 16,7 × 24 cm — 148 Seiten — 111 Bilder — 15 Tabellen — DM 10,—
Erschienen August 1959

RAMMLER: Typen von Braunkohlenbrikettfabriken — MAYER: Über die Größenverteilung
der Braunkohlenbrikettfabriken / STROBACH: Über den Umbau des Trockners vom Lurgi-
Schwefelofen im VEB Kombinat Espenhain — RAMMLER/MARVAN: Zur Kenntnis der Brikettier-
eigenschaften der Braunkohle — III. Laboratoriumsmäßige Untersuchungen von Kohle des
Tagebaues Spreetal (Niederlausitz) auf Brikettierfähigkeit und Briketteigenschaften.

A 138 Brennstofftechnische Gesellschaft in der Deutschen Demokratischen Republik **1. Sitzung des Arbeitsausschusses Energie am 23. Januar 1959 in Mark- kleeberg bei Leipzig**

Format 16,7 × 24 cm — 88 Seiten — 26 Bilder — 7 Tabellen — DM 4,—
Erschienen Juli 1959

HOFMANN: Die Aufgaben des Arbeitsausschusses „Energie“ der Brennstofftechnischen Gesell-
schaft in der Deutschen Demokratischen Republik — HERRMANN: Möglichkeiten für den
Energieaustausch zwischen der DDR und ihren Nachbarländern — BRÜCHE: Betrachtung
einiger thermodynamischer Probleme im Gegendruckbetrieb — HOLLWEG: Über die Frage
der notwendigen und möglichen Braunkohlenförderung im kommenden Jahrzehnt — RAMM-
LER: Zu den Aufgaben des Arbeitsausschusses „Energie“ — KOPPE: Verringerung des Energie-
verbrauchs durch Änderung der Energieart und Einsatz von technischen Mitteln — KIESEL:
Über einige Probleme der zukünftigen Gasversorgung der Deutschen Demokratischen Repu-
blik — BECHER: Wie steht es um das energiewirtschaftliche Denken? — RIEDEL: Die Bedeu-
tung des Öls als Energieträger.

A K A D E M I E - V E R L A G · B E R L I N

12

1852
BIBLIOTHEK
FREIBERG

✓

Bücherei
• Bergakademie •
Freiberg i. Sa.

