

„Analyse von Zugmangelzeiten, die durch gegenseitige Beeinflussung der Betriebsabschnitte Gewinnung, Förderung und Verkipfung in Abraumabteilungen von Tagebauen mit Zugförderung entstehen,“

Freiberg, im September 1964

65.1111 a 4°

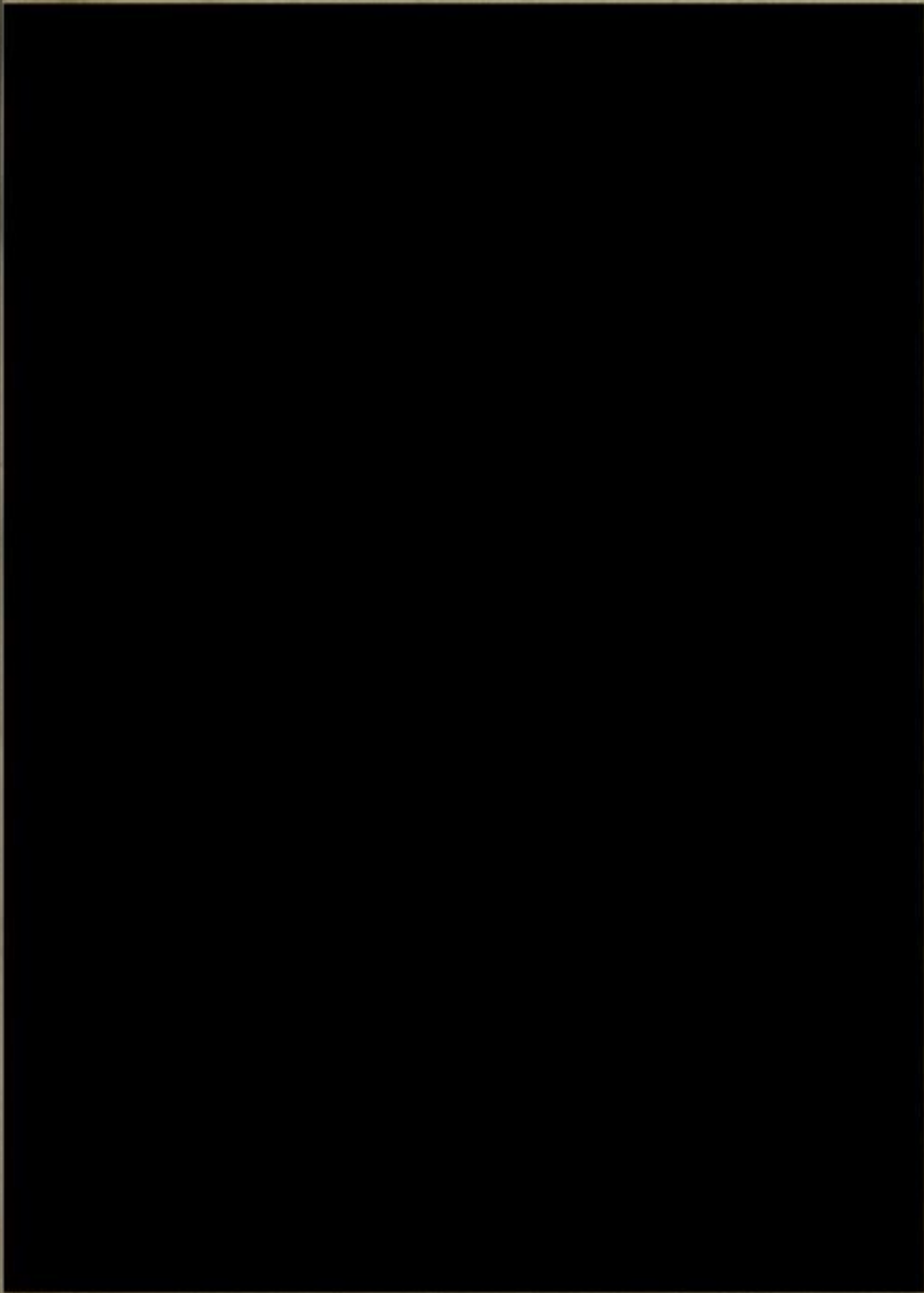


Bücherei
• Bergmannschemie •
Freiberg i. Sa.

TU BERGAKADEMIE FREIBERG



65.1111/1 4.



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

Referent: Prof. Dr.-Ing. H. Härtig

Korreferent: Prof. Dr.-Ing. A. Neumann

eingereicht von R. Todt
Freiberg/Sa

Bücherei u. Archiv
Bergakademie
Freiberg i. Sa.

65 1111 a

4^o
0

Zu Dank verpflichtet bin ich meinem verehrten Lehrer,
Herrn Prof. Dr.-Ing Wärtig, für die Anregung zu dieser
Arbeit und für die Beratung und Unterstützung während
der Bearbeitung der Thematik.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Neumann danke ich für wertvolle
Hinweise und das der Arbeit entgegengebrachte Interesse.

Den Herren Dr. Ciesielski und Dr. Bandemer gilt mein
besonderer Dank für die Mühe, die sie mit der Durchsicht
der Arbeit auf sich nahmen, und die zahlreichen Vorschläge,
die den Fortgang der Bearbeitung günstig beeinflussten.

Fräulein Dipl.-Math. Wittwer gebührt Dank für die
Programmierung der Simulationsrechnungen.

Herrn Dipl.-Math. Fischer danke ich für die uneigen-
nützige Hilfe bei der Klärung einiger wichtiger Fragen.

Nicht zuletzt möchte ich den Mitarbeitern der Abtei-
lungen Rechenzentrum und Tagebautechnik des Deutschen Brenn-
stoffinstitutes und des Institutes für Tagebaukunde der
Bergakademie, die sich um das Gelingen der Arbeit verdient
gemacht haben, meinen Dank aussprechen.

Thema: " Analyse von Zugmangelzeiten, die durch gegenseitige Beeinflussung der Betriebsabschnitte Gewinnung, Förderung und Verkipfung in Abraumabteilungen von Tagebauen mit Zugförderung entstehen "

Freiberg, im September 1964

Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
1. Einleitung	1
2. Abgrenzung und Erläuterung der Thematik	2
3. Die Veränderlichkeit der Baggerzeiten	8
3.1. Die zur Verfügung stehenden Unterlagen	10
3.2. Die Auswertung der Unterlagen	10
3.3. Die Ergebnisse der Auswertung	12
3.3.1. Die Verteilungen der Baggerzeiten	12
3.3.2. Erfassung der Baggerzeitenverteilungen durch geeignete Funktionen	16
3.3.3. Das Auftreten von Mischkollektiven	22
3.3.4. Die Reproduzierbarkeit der Verteilungen	25
3.3.5. Prüfung der Zufälligkeit des Auftretens der in den Verteilungen erfaßten Baggerzeiten ..	27
4. Die Veränderlichkeit der Fahrzeiten	30
4.1. Die Auswertung der Unterlagen	30
4.2. Ergebnisse der Auswertung	33
5. Die Verteilungen der Absetz- und Kippzeiten ..	44
6. Das Zusammenspiel der abhängigen Betriebs- abschnitte	48
6.1. Über die Abhängigkeit der Arbeit des Baggers und Absetzers	49
6.2. Der Einfluß der Verteilungen der Bagger- und Absetzzeiten auf die Grenzstrossenver- hältnisse am Bagger und Absetzer	51
6.3. Die Wirkung der Überdimensionierung der Be- triebsabschnitte Förderung und Verkippung auf die zeitliche Auslastung der Bagger	53

	<u>Seite</u>
6.3.1. Die Überdimensionierung des Betriebsabschnittes Förderung	54
6.3.2. Der Einfluß der Ortsveränderung der Geräte	56
6.3.3. Die Überdimensionierung des Betriebsabschnittes Verkippung	63
6.4. Puffermöglichkeiten durch den Kippgraben	67
7. Die derzeitige Dimensionierung des rollenden Materials	70
7.1. Die innerhalb der Literatur vorgeschlagenen Berechnungsverfahren	70
7.2. Stellungnahme zu den vorgeschlagenen Berechnungsarten	74
8. Die Untersuchung der spezifischen Kosten für das Gewinnen, Absetzen und Transportieren des Abraumes	77
9. Möglichkeiten zur Bestimmung der Zugmangelzeiten durch gegenseitige Beeinflussung der Betriebsabschnitte	85
9.1. Die mathematisch-theoretische Behandlung der Zusammenhänge	85
9.2. Simulation des Betriebsablaufes auf Rechenautomaten	86
10. Begründung des Programmaufbaues und Erläuterung des Programmablaufes	87
11. Die durchgeführten Rechnungen	92
12. Die Ergebnisse der Rechnungen	94
12.1. Die Größe der Zugmangelzeiten durch gegenseitige Beeinflussung der Betriebsabschnitte	95
12.2. Die Zugmangelzeiten in Abhängigkeit von der Über- bzw. Unterdimensionierung des rollenden Materials	103

	<u>Seite</u>
12.3.	Die Zugmangelzeiten in Abhängigkeit von der Überdimensionierung des Absetzers 106
13.	Die optimale Auslegung der Betriebs- abschnitte 109
13.1.	Betriebsabschnitt Förderung 111
13.2.	Betriebsabschnitt Verkippung 114
14.	Der Zusammenhang zwischen der Absetzer- überdimensionierung und der "Puffer- wirkung durch zusätzlichen Kippgraben" 117
15.	Über die Erweiterung der Untersuchungen auf das Zusammenspiel mehrerer Gewin- nungs- und Verkippungsgeräte 120
16.	Zusammenfassung der Ergebnisse 122

1. Einleitung

Die Perspektive des Industriezweiges Braunkohle sieht für die nächsten Jahre eine erhebliche Erhöhung der Braunkohlenförderung vor. Da sich in der Phase der Produktionssteigerung das Verhältnis Abraum zu Kohle ständig verschlechtert, kommt der Abraumbewegung eine hervorragende Bedeutung zu.

Obgleich andere Technologien durch die Inbetriebnahme neuer Tagebaue mit Förderbrücken, Bandanlagen und Direktverstärskombinationen in den kommenden Jahren zunehmende Bedeutung erlangen, muß der Bagger-Zug-Technologie auch künftig besonderes Augenmerk geschenkt werden.

Mehr als die Hälfte des Gesamtabraumes wird derzeit mit Zügen transportiert. Die mathematische Behandlung des Betriebsablaufes, die Untersuchung der klassischen Technologie auf der Grundlage neuer Forschungsmethoden erscheint besonders dringlich, wenn berücksichtigt wird, daß der Umfang der in Zugtagebauen zu bewegendem Abraumemengen absolut noch gesteigert werden muß.

Neben den geplanten Kapazitätserweiterungen steht die bessere Ausnutzung bereits in Betrieb befindlicher Anrüstungen im Mittelpunkt des Interesses.

Von der Auslastung der Aggregate wird nicht nur das Leistungsvermögen der Betriebe, sondern auch maßgeblich das ökonomische Ergebnis bestimmt.

Nicht zuletzt unterstützen die in der Zukunft ungünstigeren Lagerstättenverhältnisse die Forderung nach geringsten Kosten für die Mengeneinheit des zu bewegendem Abraumes.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit Umfang und Ursachen von Stillstandszeiten der in Zugtagebauen eingesetzten Anrüstungen. Ziel der Arbeit ist es, zu ermitteln, inwieweit es technisch möglich und ökonomisch vorteilhaft ist, Stillstandszeiten der Bagger durch Zugmangel infolge "gegenseitiger Beeinflussung der Betriebsabschnitte" zu vermindern.

Die sich aus der Untersuchung ergebenden Hinweise sollen bei der Projektierung und Führung von Betrieben Beachtung finden und dazu dienen, die für Bagger-Zug-Technologie bedeutungsvollen Einflußgrößen günstig zu gestalten.

2. Abgrenzung und Erläuterung der Thematik

Das Bemessen des Leistungsvermögens der nachgeschalteten Betriebsabschnitte Förderung und Verkipfung erfolgt mit der Maßgabe, die Voraussetzungen für eine gute Ausnutzung der Kapazität der Abraumgewinnungsgeräte zu schaffen.

Die unbefriedigende zeitliche Auslastung der Abraumbagger in zahlreichen Tagebauen mit Zugförderung weist aber darauf hin, daß die genannten günstigen Voraussetzungen vielfach noch nicht vorhanden sind. Der Umfang der Zugmangelzeiten lag in den vergangenen Jahren durchschnittlich bei etwa 30 % der Kalenderzeit. In der Minderung der Baggerstillstände liegt deshalb eine günstige Möglichkeit zur Verbesserung der Ausnutzung und damit zur Senkung der Selbstkosten von Zugtagebauen. Zielgerichtete Maßnahmen zur Minderung der Zugmangelzeiten setzen eine ursächliche Aufgliederung des gesamten Zugmangels voraus.

In einer unveröffentlichten Arbeit von H ä r t i g , G r u s c h k a und T o d t [1] wurden Berechnungsgrundlagen zum Nachweis von Zugmangelzeiten verschiedener Ursachen entwickelt. Die angegebenen Beziehungen gestatten es, den Gesamtzugmangel nach der Art der Entstehung zu gliedern in Zugmangel durch Grenzstrossenüberschreitung an Baggern, durch Strossenendbaggerung, durch mangelndes Leistungsvermögen der Kippen, durch zu geringe Leistungsfähigkeit des rollenden Materials, durch Engpässe in Stell-

werken und Gleisabschnitten und durch verschiedene Störungen. Bei der Anwendung der Berechnungsgrundlagen auf einige interessante Betriebsverhältnisse stellte sich heraus, daß etwa ein Sechstel bis ein Drittel (5 bis 10 % der Kalenderzeit) der Zugmangelzeiten nicht exakt nachgewiesen werden konnte und unter der Spalte "Zugmangel durch gegenseitige Beeinflussung der Betriebsabschnitte, Rückarbeiten, mangelnde Organisation usw." zusammengefaßt werden mußte.

Gegenstand nachstehender Betrachtungen sind ausschließlich "Zugmangelzeiten durch gegenseitige Beeinflussung der Betriebsabschnitte", Grenzstrossenüberschreitungen, Strossenendbaggerung, Engpässe innerhalb der Gleis- und Stellwerksanlagen, Nebenarbeiten und Störungen der verschiedensten Arten werden nicht näher behandelt.

Weiter wird vorausgesetzt, daß die durchschnittliche Leistung des rollenden Materials und der Absetzgeräte der Baggerleistung entspricht. Diese Voraussetzung bedeutet lediglich die Ausschaltung grober Disproportionen in der Art, daß die mittlere Leistung der nachgeschalteten Betriebsabschnitte geringer als die der Gewinnungsgeräte ist.

Aus später noch näher zu erläuternden Gründen werden die Betrachtungen auf eine sogenannte Abteilung beschränkt, d.h. auf einen Bagger, der mit einem Absetzer zusammenarbeitet und mit diesem über eine übliche zweigleisige Gleisanlage verbunden ist.

Das Bemessen der Leistung von Betriebseinrichtungen geht vorwiegend von Werten aus, die als Mittelwerte zu betrachten sind. So finden beispielsweise die durchschnittlichen Leistungen der Bagger und Absetzer, die durchschnittlichen Geschwindigkeiten der Züge und dergleichen Eingang. Für die Verwendung von Mittelwerten sprechen zwei Gesichtspunkte. Einmal sind nur diese über einen großen Zeitraum festgestellten Werte genügend gesichert, und zum anderen ist es ökonomisch nicht vertretbar, nach den unsicheren kurzzeiti-

gen Spitzenwerten zu dimensionieren.

Nun können sich innerhalb des Betriebsablaufes Mittelwerte über einen größeren Zeitraum nur dann einstellen, wenn auch die kurzzeitigen Überbietungen des Durchschnittes ermöglicht werden. Dieser Tatsache Rechnung tragend, wird die Projektierung der Abraumabteilungen so vorgenommen, daß unter bestimmten Bedingungen die Möglichkeit besteht, überdurchschnittliche Leistungen zu realisieren. So wird beispielsweise nicht die mittlere, sondern häufig die maximale Geräteentfernung zugrundegelegt. An die Stelle der effektiven Geräteleistung trat in der Vergangenheit die durchschnittliche Leistung des besten Monats, die maximale Standortleistung Q . Das gleiche Ziel verfolgen die empirischen Angaben, nach denen die nachgeschalteten Betriebsabschnitte Fahrbetrieb und Verkipfung leistungsmäßig stärker ausgelegt werden sollen. Allgemein wird die Überdimensionierung der Fördermittel mit 10 bis 15 % und die der Absetzeinrichtungen mit 15 bis 30 % gegenüber der mittleren Gewinnungsleistung vorgeschlagen.

Diese Werte können aber weder in ihrer Größe noch im Hinblick auf die Relation zueinander als gesichert gelten. Sie sind sowohl hinsichtlich der erzielbaren Verbesserung der Auslastung als auch bezüglich der ökonomischen Auswirkung nicht stichhaltig belegt.

Es werden bei der Kapazitätsberechnung aber auch Einflüsse zum Ansatz gebracht, die Überdimensionierungen abbauen, wie zum Beispiel die ins Bestfahrspiel eingehenden maximalen Geschwindigkeiten der Züge.

Vollkommen unbefriedigend ist die Behandlung der Zugwartezeiten, die richtigerweise in die Dimensionierung des rollenden Materials nur insoweit eingehen sollen, wie sie nachgewiesen werden können, für deren Nachweis aber geeignete Verfahren fehlen.

Würden im laufenden Betrieb ständig die Mittelwerte der Full-, Fahr-, Kipp- und Absetzzeit auftreten, so könnten, wenn nach diesen dimensioniert worden wäre, keine Zugmangel-

zeiten am Bagger entstehen. Es läge in diesem Fall eine Art Synchronlauf vor, bei dem es zum Erreichen der vollen Auslastung ausreichen würde, für die Dimensionierung des rollenden Materials die Streckenlängen bis zum Strossenende zu verwenden. Nun kommt es erfahrungsgemäß durch eine Vielzahl von Ursachen zu Schwankungen aller in die Dimensionierungsbeziehung eingehenden Einflußgrößen um ihr Mittel, die keinesfalls bei allen Größen gleichsinnig auftreten. Als Folge dieser Veränderlichkeit treten Wartezeiten der Züge vor der Kippen- und Baggerverteilung auf. Diese Wartezeiten, die in ihrer Größe unbekannt sind und deshalb bei der Bestimmung des Zugbedarfes keine Berücksichtigung finden können, müssen Stillstandszeiten der Gewinnungs- und Absetzgeräte nach sich ziehen, da die Fahrspielverlängerungen einen Ausgleich fordern.

Durch Zwischenschaltung von Wartezeiten (Zugmangelzeiten) gleichen die Bagger und Absetzer das System wieder aus, so daß nachstehende Kontrollbeziehung über genügend große Zeiträume erfüllt wird:

$$Z_e = \frac{\bar{T}_e + \bar{t}_W(G)}{\bar{t}_B + \bar{t}_Z(G)} \quad [-]$$

Hierin bedeuten:

Z_e Zugsinsatz [-]

\bar{T}_e durchschnittliche Fahrspielzeit für einen Zugumlauf (zusammengesetzt aus mittlerer Füllzeit, Vollfahrtszeit, Leerfahrtszeit, Kippzeit und Wartezeit^{+) [min]}

\bar{t}_B durchschnittliche Füllzeit eines Zuges [min]
(berechnet aus Q_e und V_r)

^{+) Es handelt sich dabei um Wartezeiten, die mit der gegenseitigen Beeinflussung keinen ursächlichen Zusammenhang aufweisen.}

- $\bar{t}_{W(G)}$.. durchschnittliche Wartezeit der Züge durch gegenseitige Beeinflussung [min/Fahrspiel]
- $\bar{t}_{Z(G)}$.. durchschnittliche Zugmangelzeit des Baggers durch gegenseitige Beeinflussung [min/Zugfüllung]

Diese Beziehung bietet eine gute Kontrollmöglichkeit für die im Rahmen dieser Arbeit durchzuführenden Rechnungen, deren Ziel es ist, die Veränderung des Wertes $\bar{t}_{Z(G)}$ in Abhängigkeit von den verschiedenen Einflußgrößen zu erfassen.

An dieser Stelle muß auf einige Zusammenhänge hingewiesen werden, die von grundsätzlicher Bedeutung für die weiteren Betrachtungen sind.

Die für Z_e angegebene Beziehung gilt nicht für die Behandlung eines einzelnen Fahrspieles und kann für wenige Fahrspiele nur unbefriedigende Näherungswerte ergeben. Wartezeiten der Züge vor den Geräten schließen bei ungestörtem Betriebsablauf gleichzeitige Zugmangelzeiten der Geräte aus.

Es kann auch zu keiner Zugwartezeit kommen, wenn gleichzeitig die Geräte Zugmangel haben (ausgenommen sind Grenzstrossenüberschreitungen). Durch die nicht gleichsinnigen Schwankungen der Einflußgrößen entstehen demnach sowohl Zugmangelzeiten als auch Zugwartezeiten, die aber nie gleichzeitig an einem Gerät auftreten können.

Durch Überdimensionierung des rollenden Materials kann, wie im Abschnitt 6.3.1. noch eingehend besprochen werden wird, ein Puffer geschaffen werden, der die Größe $\bar{t}_{Z(G)}$ vermindert. Gleichzeitig muß aber auch $\bar{t}_{W(G)}$ zunehmen. Die Verbesserung der zeitlichen Auslastung der Geräte durch Überdimensionierung des rollenden Materials ist an eine Erhöhung der Wartezeiten für die Züge gebunden. Abgesehen von dem durch günstigste ökonomische Werte charakterisierten Überdimensionie-

rungsprozentsatz ergibt sich die absolute Grenze beim Bemessen des Leistungsvermögens der Fördermittel dadurch, daß $\bar{v}_Z(G) = 0$ wird. Jede weitere Kapazitätserhöhung wird gegenstandslos und äußert sich lediglich in einer verhältnismäßigen Zunahme der Zugwartzeiten. Den Vorstellungen, durch weitere Überdimensionierung der Fördermittel und Absetzeinrichtungen Störungen abfangen zu können, kann nicht ohne weiteres beigeplant werden, da, wie noch zur Sprache kommen wird, die Möglichkeiten hierzu außerordentlich begrenzt sind.

Stillstandszeiten der Geräte haben zur Folge, daß der zeitliche Abstand der das Gerät verlassenden Züge jeweils um die gleichen Beträge erhöht wird. Wartezeiten der ankommenden Leer- oder Vollzüge vor dem Bagger bzw. Absetzer üben in jedem Fall einen Einfluß auf den nachfolgenden Zeitabstand zweier Züge aus. Die Zugwartzeiten werden übertragen.

Aus der logischen Betrachtung dieser Zusammenhänge leitet sich ab, wie der Ausgleich von kurzzeitigen Leistungsunterschieden zwischen Bagger und Absetzer über den zyklischen Umlauf der Züge vor sich geht. Es kann innerhalb des Abteilungs-fahrverkehrs zu vorübergehenden Stauungen von Zügen auf der Voll- oder Leerfahrstrecke kommen, je nachdem, welche Momentendifferenzen in der Leistung der im Mittel leistungsgleichen Geräte vorliegen. Der Ausgleich vollzieht sich jeweils durch das infolge Zugmangels verminderte Zugangebot. Eine vorübergehend schwache Leistung des Absetzers ruft beispielsweise zunächst einen Zugstau vor der Kippenverteilung hervor. Durch den Stau der Vollzüge verschlechtert sich aber das Leerzugangebot für den Bagger. Es kommt schließlich am Bagger zu Zugmangelzeiten. Die Vollzüge treffen mit größeren zeitlichen Abständen an der Kippenverteilung ein, wodurch der Zugstau vor der Kippe wieder abgebaut wird.

Zu einer Beeinflussung in dieser Art kann es auch dann noch kommen, wenn die eingeschalteten Betriebsabschnitte ein erhöhtes mittleres Leistungsvermögen haben, allerdings mit dem Unterschied, daß der Grad der Beeinflussung von der Größe der Überdimensionierung abhängt.

Die Untersuchung dieser Abhängigkeit ist Gegenstand der vorliegenden Arbeit.

Wenn auch in Betrieben mit Abteilungs-fahrtbetrieb die Zugmangelzeiten allgemein erheblich unter den Durchschnittswerten des Industriezweiges liegen (um 15 %) und nachstehende Bearbeitung sich wiederum nur auf einen Teil dieses Zugmangels bezieht, so kann das die Bedeutung der Untersuchungen nicht einschränken.

Schon 6 % Zugmangel an einem Gerät mit $Q_e = 2000 \text{ m}^3/\text{h}$ bedeuten mehr als eine Million m^3/Jahr Minderleistung. Es geht daraus hervor, daß es bei den Bemühungen um die Senkung der Zugmangelzeiten auf jedes Prozent ankommt.

3. Die Veränderlichkeit der Baggerzeiten

Aus den Unterlagen zahlreicher Betriebsmessungen des Institutes für Tagebaukunde geht ebenso wie aus Literaturhinweisen [16] hervor, daß die über kurze Zeitspannen erreichte Leistung der Abraumgewinnungsgeräte erheblichen Schwankungen unterworfen ist. Ihrem Charakter nach müssen die kurzzeitigen Abweichungen von der mittleren Leistung in zwei Gruppen gegliedert werden:

- 1.) Leistungsschwankungen durch Veränderungen der technologischen, meteorologischen und geologischen Bedingungen, deren Ursache klar erkennbar ist und die im statistischen Sinne von vornherein als signifikant anzusehen sind;

2.) Leistungsschwankungen, die auf eine Vielzahl von Ursachen unbekannter Art und Wirkung zurückgehen und für die sich keine straffe Abhängigkeit von den technologischen, meteorologischen oder geologischen Bedingungen zeigt.

Ziel der umfangreichen Auswertungen war die Erfassung der Leistungsschwankungen der Gruppe 2.), die auch dann auftreten, wenn die Bagger unter "gleichbleibenden Bedingungen" arbeiten. Es ist dabei offensichtlich, daß der Bereich der Leistungsänderungen nach der Gruppe 2.) allgemein weit schmaler ist als der innerhalb der Gruppe 1.).

Die hier nicht behandelten Leistungsschwankungen bestimmen z.T. wesentlich stärker die Auslastung der Betriebseinrichtungen als die eingehend untersuchten der zweiten Gruppe. Dennoch erfolgte eine Abgrenzung in dieser Art, da für Ursachen von Leistungsänderungen nach der Gruppe 1.) meist schon Berechnungsgrundlagen vorhanden sind (Anschnelden, Ausbaggern usw.). Die weitere rechnerische Verfolgung solcher gesetzmäßiger Leistungsabweichungen ist zudem Gegenstand derzeitiger Forschungsarbeiten. Weiter muß erwähnt werden, daß die zur Gruppe 1.) rechnenden Schwankungen, abgesehen von den meteorologischen, äußerst eng an spezielle Betriebsbedingungen gebunden sind und deshalb einer allgemeinen Behandlung überbetrieblicher Art nur in Ausnahmefällen zugeführt werden können.

Untersucht werden sollten die Schwankungen nach Gruppe 2.) an Geräten, denen in Betrieben mit Zugförderung zur Zeit und in Zukunft große Bedeutung zukommt. Die Bewegung der Baggerleistung wurde in allen Fällen indirekt an der Änderung der Baggerzeit gemessen, da sich sämtliche Unterlagen auf die Baggerzeit beziehen und diese auch im Rahmen der weiteren Betrachtungen eine dominierende Rolle spielt.

3.1. Die zur Verfügung stehenden Unterlagen

Da die Betriebsmessungsunterlagen auf Grund des geringen Umfanges der erfaßten Stichproben (200 bis 300 Baggerzeiten) unzureichend waren und sich auch nicht speziell auf die in diesem Zusammenhang interessierenden Geräte bezogen, mußte zusätzlich auf Bagger-Schichtberichte aus den Braunkohlenwerken Lauchhammer, Koschen, Witznitz, Schleenhain, Thräna und Phönix zurückgegriffen werden. Dabei war zu erwarten, daß es sich um wenig geeignetes Material für eine statistische Auswertung handeln würde. Besondere Messungen durchzuführen, bedeutet aber einen unvermeidbaren Aufwand.

Die Auswertung bezog sich vorwiegend auf die Typenbagger SchRs 630/800, SchRs 1200 und D 1120 und zielte darauf ab, deren Werte in extrem unterschiedlichen Bodenarten zu erfassen.

3.2. Die Auswertung der Unterlagen

Aus den Formularen wurden für jedes der Geräte mindestens zweimal 1000 Baggerzeiten herausgeschrieben. Folgende Zeiten fanden keine Berücksichtigung:

Baggerzeiten, die durch Störungen in zwei Teilzeiten zerlegt waren;

Baggerzeiten, die beim Planumschneiden, Kohleputzen, Anschneiden und Ausbaggern auftraten;

Baggerzeiten, die beim Kies-Gewinnen und bei anderen Sonderarbeiten entstanden;

Baggerzeiten für Züge mit abweichendem Zuginhalt (andere Wagenzahl);

Baggerzeiten, die durch geologische Besonderheiten verursacht wurden (Steineinlagerungen usw.);

Baggerzeiten während Frost- und Regenperioden

Üblicherweise wurde nach verschiedenen Schichten, Baggerführern und Zügen nicht getrennt ausgewertet.

Etwa 60 % der Unterlagen waren nicht brauchbar, d.h., das Auftragen der relativen Häufigkeit der Baggerzeiten ergab keinerlei sinnvollen Zusammenhang. Zirka 40 % des ausgewerteten Materials lieferten die Bestätigung, daß die Häufigkeit, mit der die Baggerzeiten vom Mittelwert abweichen, bestimmten Gesetzmäßigkeiten unterliegt.

Die Tatsache, daß sich aus dem überwiegenden Teil der Unterlagen keine Zusammenhänge ergaben, ist kein Beweis dafür, daß keine solchen vorhanden sind, sondern geht auf qualitative Mängel der Aufzeichnungen zurück. Als Hauptursachen für die Unbrauchbarkeit müssen genannt werden:

- 1.) nachträgliches Eintragen der Baggerzeiten ohne Rücksicht auf die tatsächliche Größe der Werte;
- 2.) ununterbrochene Angabe der gleichen, im Durchschnitt durch Erfahrung bekannten Baggerzeit;
- 3.) Ab- bzw. Aufrundung der Werte auf ganze 5 min und dadurch starke Reduzierung der Klassenzahl, die zur Auswertung zur Verfügung steht;
- 4.) bewußte Veränderung der Baggerzeiten im Sinne einer beabsichtigten Wirkung auf die Kenngrößen η_T und η_B ;
- 5.) Auslassen jeglicher Bemerkungen über Besonderheiten meteorologischer, geologischer, maschinentechnischer, elektrotechnischer und technologischer Art.

Mit der Zeit bildete sich eine gewisse Auswertungstechnik heraus. Es war dadurch beispielsweise möglich, auch ohne Begründung im Schichtbericht gewisse Werte auszugliedern, die durch wichtige technologische Einflüsse entstanden (z.B. ganze Gruppen erhöhter Baggerzeiten, die ohne Erläuterung zyklisch beim Planumbaggern auftraten).

Dennoch ließen sich besondere Eingriffe nicht immer vermeiden. So konnten bei einigen Geräten nur die Aufzeichnungen eines oder zweier Baggerführer Verwendung finden. Zuweilen lieferten ausschließlich die Eintragungen der Springerbesatzungen aufschlußreiche Ergebnisse. Die geringere Erfahrung der Springerbesatzung gegenüber der Stammbesatzung führte dabei zu gewissenhafteren Aufzeichnungen in den sonst nachlässig geführten Formularen.

Allgemein ist zu betonen, daß die Qualität der Schichtberichte erheblich verbessert werden muß, da es unverträglich ist, diese nur zur Entnahme der Zahl der gebaggerten Züge zu führen. In zahlreichen Fällen können bei dem derzeitigen Berichtswerk nicht einmal die Summe der Baggerzeit oder die durchschnittliche Baggerzeit pro Zug Anspruch auf Richtigkeit erheben. Sollen die Unterlagen für eine statistische Auswertung genutzt werden, erscheint es vorteilhaft, die Aufzeichnungen mit Leistungs- und Zeitschreibern vorzunehmen und im Baggerbericht nur noch auf Besonderheiten hinzuweisen.

3.3. Die Ergebnisse der Auswertung

3.3.1. Die Verteilungen der Baggerzeiten

In den Abbildungen 1 bis 8 sind die Ergebnisse der Auswertungen als Säulendiagramme in diskreter Form aufgetragen. Die Darstellungen lassen erkennen, mit welcher Häufigkeit $f(t_i)$ bestimmte Klassen von Baggerzeiten für die einzelnen Geräte festgestellt wurden. Die Klassenbreite entspricht in allen Fällen der Meßgenauigkeit von 1 min. Um zu Kenngrößen für die Beurteilung der Verteilungen zu gelangen, war es notwendig, eine Reihe von Werten zu bestimmen. In der Anlage 1 ist der Rechengang zur Ermittlung des Durchschnittes der Baggerzeit \bar{t}_B , der Streuung s^2 und der

111
112

"schiefe" der Verteilungen γ anhand eines Beispiels dargestellt. Die für alle anderen Verteilungen in gleicher Weise errechneten Werte sind in der Zusammenstellung (Anlage 2) aufgeführt. Die Berechnung der Funktionswerte der in den Abbildungen 1 bis 8 gestrichelt wiedergegebenen Normalverteilungen und die Durchführung des Chi-Quadrat-testes gehen ebenfalls aus der Anlage 1 hervor. In Anlage 2 finden sich zusätzlich einige weitere Angaben, die bei der Diskussion der Füllzeitenverteilungen von Interesse sind.

Beim Vergleich der mittleren Baggerzeiten in der Zusammenstellung (Anlage 2) ist augenfällig, daß mit Ausnahme des Baggers D 850 (Witnitz) relativ geringe Abweichungen feststellbar sind und alle anderen Werte zwischen 9,5 und 13,3 min liegen. Obwohl die unterschiedlichsten Bedingungen hinsichtlich Wagengröße, Wageninhalt, Rapportierung und Gerateleistung vorliegen, sind die Verhältnisse stets so abgestimmt, daß die mittlere Baggerzeit im angegebenen Bereich liegt. Als Gründe müssen unter anderem das Berücksichtigen der Grenzstrossenforderungen, das Streben nach der Vermeidung einer zu großen Zugdicke, das Einhalten bestimmter Zuglängen nach den Sicherheitsvorschriften sowie die begrenzte Leistungsfähigkeit der Lokomotiven angeführt werden.

Die Streuungen der Verteilungen (s^2) schwanken erheblich. Sie liegen minimal bei 1,167 min² (SchRs 1200-133-Klettwitz) und maximal bei 4,075 min² (SchRs 1200 -Phönix Nord). Dabei sind die Geräte in schwerem Boden offensichtlich durch eine erhöhte Streuung der Baggerzeiten charakterisiert. Bei ihnen tritt, nicht unerwartet, eine merklich breitere Verteilung auf. Besonders gut erkennbar ist die mit wachsendem Anteil bindigen Bodens zunehmende Streuung bei den Geräten des Typs SchRs 1200. Die Eimerkettenbagger D 1120 hingegen haben trotz erheblicher Unterschiede in der Bodenzusammensetzung fast die gleiche Streuung (D 1120 Koschen .. D 1120 Schleenhain).

Für alle Geräte ergibt sich eine durch die stets positiven Werte von ρ gekennzeichnete schiefe Verteilung. Es tritt eine charakteristische Asymmetrie auf, die technologisch begründet ist.

Der stark ausgeprägte Ast für große Baggerzeiten bei geringer Leistung wird nicht besonders eingeeignet, da zumindest theoretisch der Inhalt der Grabgefäße bis auf Null abnehmen kann. Der Überbietung der mittleren Leistung, d.h. dem Entstehen kurzer Baggerzeiten, ist dagegen eine scharfe Grenze gesetzt. Die Grabgefäße können unter gegebenen Bedingungen nur einen bestimmten Maximalinhalt aufnehmen, der nicht mehr überschritten werden kann. Daran ändert auch die Tatsache nichts, daß bei Eimerkettenbaggern Massen vor den Eimern hergeschoben werden, denn beim Erreichen der günstigsten Abböschung wird hier ebenfalls die Grenze wirksam, die bei Schaufelradbaggern gegebenenfalls auch in der maximalen Schwenkgeschwindigkeit oder der möglichen Spanstarke liegen kann.

Die Ergebnisse des in jedem Falle durchgeführten Chi-Quadrat-testes unterstützen die Aussagen bezüglich der Schiefe. Die Abweichungen der Verteilungen von der Gauß-Verteilung sind unterschiedlich aber immer wesentlich. Besonders deutliche Differenzen treten bei den stark streuenden Werten der Geräte in schweren Böden hervor.

Bei Aussagen über die gefundenen Verteilungen muß Beachtung finden, daß die Größe der mittleren Baggerzeit einen verteilungswirksamen Einfluß ausmacht.

Wird für ein Gerät unter konstanten Bedingungen der Zuginhalt verdoppelt, so entsteht die doppelte mittlere Baggerzeit. Stellt man sich alle vom Mittelwert abweichenden Baggerzeiten als zufällige Summen aus jeweils zwei Beladeseiten für den ursprünglichen Zuginhalt vor, so gelten hinsichtlich

der Streuung auch bei nichtnormalen Verteilungen die "Summierungsregeln." Nach diesen würde im Beispiel eine Verdoppelung des s^2 auftreten, die keinerlei charakteristische Änderung der Natur der Verteilung bedeutet, sondern ausschließlich auf die Veränderung der mittleren Baggerzeit zurückgeht, die ihrerseits durch die Verdoppelung des Zuginhaltes hervorgerufen wurde.

Ähnliche Überlegungen müssen bezüglich der Geräteleistung angestellt werden, die sich abhängig von der Bodenart bei Geräten gleicher Typen ändert und ebenfalls verteilungswirksam wird. Würden zwei Geräte mit einem starken Unterschied im Q_e von Zügen gleichen Inhaltes befahren, so müßte sich bei der Auswertung der Baggerzeiten für das leistungsschwächere Gerät schon infolge der größeren mittleren Baggerzeit eine breitere Verteilung ergeben, die aber ihrer Natur nach keineswegs anders geartet zu sein braucht als die schmalere Verteilung des leistungsstärkeren Gerätes.

Um eine Täuschung durch derartige Änderungen der Streuung bei der Stellungnahme zum Einfluß der Bodenart bzw. zur Gerätegröße bei gleichen Gerätetypen auszuschließen, wurde

die Relation
$$\frac{n_2 \cdot V_{r_2} \cdot Q_{e_1}}{n_1 \cdot V_{r_1} \cdot Q_{e_2}} \quad (\text{in Anlage 2, Spalte 11})$$

berechnet, die das Verhältnis der mittleren Baggerzeiten ausdrückt. Sie wurde für das erste Gerät eines Typs jeweils gleich 1 gesetzt und für die weiteren Bagger der gleichen Art wie angegeben bestimmt. Das Streuungsverhältnis

$$\frac{s_2^2}{s_1^2} \quad (\text{Anlage 2, Spalte 12})$$
 wird parallel zum obengenannten Verhältnis ermittelt.

Für Aussagen können nur die Streuungsänderungen herangezogen werden, die nicht von einer gleichgroßen Änderung des

Quotienten $\frac{n_2 \cdot V_{r_2} \cdot Q_{e_1}}{n_1 \cdot V_{r_1} \cdot Q_{e_2}}$ begleitet sind, wie das zum

Beispiel in Anlage 2 bei den Geräten des Type B 1120 (Koschen und Schleenhain) der Fall ist. Es wird dadurch vermieden, daß auf die Veränderung der mittleren Faggerzeit zurückgehende und vom zu beurteilenden Einfluß unabhängige Streuungsänderungen unerkannt bleiben und die Aussagefähigkeit der Angaben in Frage stellen.

Mit Rücksicht auf diese Zusammenhänge kann aus der Untersuchung nicht gefolgert werden, daß die Ausbildung der Verteilung bei Geräten gleicher Art von der Gerätegröße eine Abhängigkeit zeigt.

3.3.2. Erfassung der Faggerzeitenverteilungen durch geeignete Funktionen

Die funktionelle Erfassung der erhaltenen Verteilungen bietet erhebliche Vorteile für die weitere Bearbeitung. Besonders günstig wäre es, wenn der Verteilungsverlauf durch eine in der Statistik üblicherweise verwendete Funktion näherungsweise berechnet werden könnte. Wie bereits dargestellt, kann mittels Normalverteilungen keine brauchbare Näherung erzielt werden, da die Füllzeitenverteilungen signifikant schief sind, was sich auch bei der Testung der "Schiefe" gegenüber der zugehörigen Standardabweichung bestätigt.

Die asymmetrischen Poisson'schen und binomischen Funktionen

$$\varphi(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} \quad \text{und} \quad \varphi(x) = \binom{m_B}{x} \lambda^x (1-\lambda)^{(m_B-x)}$$

scheiden schon in Betracht der an die Entstehung der verschiedenen Füllzeiten geknüpften technologischen Vorstellung zur Näherung aus, da mit ihnen untersucht wird, wie

groß bei feststehender durchschnittlicher Häufigkeit λ eines Merkmals x die Wahrscheinlichkeit $\psi(x)$ seines Auftretens in Beobachtungsreihen geringen Umlanges ist [5 und 6]. Im vorliegenden Fall interessiert zunächst nicht, mit welcher Wahrscheinlichkeit eine bestimmte Baggerzeit in Serien von Beobachtungen dem Zufall nach zu erwarten ist, sondern vielmehr mit welcher Wahrscheinlichkeit die Beladeseit eine bestimmte Größe erreicht bzw. in einem Zeitintervall gegebener Größe auftritt. Es lag deshalb näher, die Verteilungen der Beladeseiten als Verteilungen von zufälligen Ereignissen (Zugfolgezeiten) über einen Zeitraum aufzufassen. Im Zusammenhang mit der mathematischen Behandlung von Fragestellungen auf dem Gebiet der Verkehrsströmungslehre entwickelt H o c h s t e i n e r [2] über die Abklingfunktion e^{-x} eine gute Näherungsbeziehung der Form:

$$n_B \psi(z) = e^{-\frac{z}{z_m}} \left(\frac{z}{z_m}\right)^{n_B} \frac{1}{n_B!} \frac{dz}{z_m} \quad (1)$$

Diese Funktion, die angibt, mit welcher Wahrscheinlichkeit $\psi(z)$ $n_B + 1$ voneinander unabhängige, zufällige Ereignisse im Zeitraum z bei einer Klassenbreite dz auftreten, vereinfacht sich für nur eine Zugfolgezeit zu:

$$\psi(z) = e^{-\frac{z}{z_m}} \frac{dz}{z_m} \quad (2)$$

Der Verlauf letzterer Funktion (2) weist aber bereits darauf hin, daß die zugrundeliegende Modellvorstellung auf die Entstehung der Baggerzeiten nicht übertragen werden kann.

Durch die Begrenzung der Leistung kann die Baggerzeit beispielsweise nicht gleich Null werden, ein Zustand, der für den zeitlichen Abstand voneinander unabhängiger Züge beim Eintreffen oder Abfahren in großen Bahnhofsanlagen durchaus zu erwarten ist.

Die Häufigkeit, mit der die Füllzeit eine bestimmte Größe erreicht, kann mittels einer solchen Funktion nicht wiedergegeben werden, auch dann nicht, wenn durch eine Koordinatentransformation ($t_{B \min} \rightarrow 0$) versuchsweise eine gewaltsame Annäherung der Modellvorstellungen vorgenommen wird.

Der funktionelle Verlauf der allgemeinen Funktion für Summen von $n_E + 1$ Zugfolgezeiten (1) ähnelt dem für die Baggerzeitverteilungen festgestellten stärker als der der Beziehung (2) (für nur eine Zugfolgezeit), die reinen Abklingcharakter aufweist.

Da die Baggerzeit die Summe der Füllzeiten für die einzelnen Wagen darstellt, kann man bei einiger Phantasie eine gewisse Ähnlichkeit der Modellvorstellungen annehmen. Bereits eine überschlägliche Prüfung nach den von H o c h s t e i n e r tabellierten Werten der Poisson-Funktionen höheren Grades [9] ergibt jedoch, daß auch derartige Funktionen zur Näherung unbrauchbar sind.

Die von S c h l u m s [3] angegebene Näherungsmöglichkeit für asymmetrische Verteilungskurven, die auf Pearson zurückgeht, ist sehr aufwendig. Sie baut zwar auf Kennwerten der Verteilung auf, setzt aber eine Koordinatentransformation zur Festlegung des Ursprunges voraus und ist wenig genau bezüglich der Wiedergabe von Werten in Nähe des Ursprunges. Sie kann keine Anwendung finden, da gerade die guten Baggerzeiten von großer Bedeutung sind und die notwendige Parallelverschiebung des Koordinatensystems einen Nachteil bedeutet, über welchen noch zu sprechen sein wird.

Nach P e a r s o n [8] lassen sich alle asymmetrischen Verteilungskurven durch Funktionen ausdrücken, die zwischen der negativen Exponentialkurve $y = C e^{-px}$ und der symmetrischen Normalkurve $y = C e^{-px^2}$ liegen. Da mit den bekannten statistischen Funktionen keine ausreichende

Näherung erreicht werden konnte, wurde versucht, eine geeignete Funktion durch Ansatz analytischer Beziehungen und Konstantenbestimmung mittels Approximation zu finden [10].

Es bestand dabei Klarheit darüber, daß eine so gefundene Beziehung nicht mehr dazu geeignet sein würde, den Gesetzen der Statistik (z.B. Summe aller Häufigkeiten = 1) zu entsprechen. Die Versuche wurden dennoch unternommen, um gegebenenfalls eine Möglichkeit zur Vorausberechnung von Verteilungen unter vergleichbaren Bedingungen zu erhalten.

Als zweckmäßig erwies sich ein Ansatz der Art $y = ax^2 e^{-bx}$, der, wie leicht zu erkennen ist, einer Poisson-Funktion vom Grade 2 (für Summen von $2 + 1 = 3$ Zugfolgezeiten) entspricht, denn diese nimmt für $n_B = 2$ die Form an:

$$2 \varphi(z) = e^{-\frac{z}{z_m}} \cdot \left(\frac{z}{z_m}\right)^2 \frac{1}{2!} \frac{dz}{z_m}$$

Für die Approximationsbedingung

$$S = \sum (ax_1^2 e^{-bx_1} - y(x_1))^2 = \text{Min.}$$

ergeben die partiellen Ableitungen nach a und b relativ komplizierte Ausdrücke, die eine näherungsweise Bestimmung der Konstanten notwendig machen.

Durch vorheriges Logarithmieren vereinfacht sich die Konstantenbestimmung.

Die als Ergebnis ermittelten Beziehungen zeigen, daß eine Funktion dieser Art nur dann geeignet ist, brauchbare Näherungswerte zu liefern, wenn x (entsprechend t_B) sich in einem bestimmten Wertebereich (von 0 aufwärts) bewegt. Bei der Koordinatentransformation zur Annäherung an diese Verhältnisse ergibt sich allerdings die Schwierigkeit, daß $\sum \ln x_1$ durch den Wert $x = 0$ nach $-\infty$ geht und damit die Bestimmungsgleichungen instabil werden.

Anstelle der Logarithmierung führt die vorausgehende Linearisierung der Fehlergleichungen zum Ziel. Hierbei werden die Ausdrücke mit den Korrekturgrößen α und β für a' und b' nach dem Satz von Taylor entwickelt und lineare Fehlergleichungen hergestellt.

Der Ausgleich wurde für mehrere gemessene Verteilungen durchgeführt und mittels der Kontrollgleichungen auf Richtigkeit geprüft.

Die erhaltenen Näherungen sind unbefriedigend. Sie genügen dem χ^2 -Test nicht. Abgesehen von der erwähnten Koordinatentransformation fordert die Approximation einen erheblichen Rechenaufwand.

Die einzige sichere und technologisch immer vorhandene Größe ist der Mittelwert der Baggerzeit (entsprechend Q_e und V_p). Es erscheint deshalb zweckmäßig, die Berechnung der Häufigkeit der vom Mittel abweichenden Baggerzeiten ausgehend von diesem Wert vorzunehmen. Die Verwendung der genannten e-Funktionen würde dagegen dazu zwingen, durch eine besondere Untersuchung zu klären, welche besten Baggerzeiten unter den jeweiligen Bedingungen zu erwarten sind, um von diesen ausgehen zu können. Eine solche Untersuchung kann in Anbetracht der Qualität der Unterlagen nicht durchgeführt werden und würde zudem eine Unsicherheit in die Aussagen bringen, da die besten Baggerzeiten leicht grobe Fehler aufweisen können (z.B. verminderter Zuginhalt durch verschmutzte Wagen).

Da die genannten Forderungen (die Bestimmung der Häufigkeit von Schwankungen der Baggerzeit ausgehend vom Mittelwert \bar{t}_p vorzunehmen) von trigonometrischen Ausdrücken leicht erfüllt werden, wurde der Ausgleich durch Ansetzen eines trigonometrischen Polynoms vorgenommen.

Die empirischen Häufigkeitsverteilungen mußten für die "Harmonische Analyse" periodisch aufgefaßt werden, obwohl sie das naturgemäß nicht sind. Es entsteht dadurch kein

Nachteil. Bei den Berechnungen wird lediglich auf die positive Halbperiode (0 bis π) zurückgegriffen, die negative wird außer acht gelassen. Indem beim Ansatz die empirischen Verteilungen als völlig asymmetrisch zur Bezugsachse des Koordinatensystems angesehen werden, treten in den Beziehungen nur sin-Glieder auf. Die Genauigkeit des Ausgleiches hängt lediglich vom Rechenaufwand ab und wird mit 5 bzw. 8 sin-Gliedern sehr gut, wie die in den Abbildungen 1 bis 8 eingezeichneten Näherungswerte zeigen, die sämtlich dem χ^2 -Test genügen.

Der Vorteil der trigonometrischen Polynome liegt darin, daß es durch Addition einer Konstanten im Argument ohne weiteres möglich ist, die Häufigkeit der vom Mittelwert abweichenden Baggerzeiten ausgehend von \bar{t}_B zu bestimmen.

Die Berechnung der Werte wird nur für den Bereich 0 bis π durchgeführt. Die ermittelten Häufigkeiten werden entsprechend der Forderung $\sum \text{Häufigkeiten} = 1$ anteilig korrigiert. Als Nachteil bleibt die Unübersichtlichkeit der Ausdrücke.

Da in den Beziehungen keine statistischen Parameter mehr auftreten, können die Auswirkungen von Veränderungen der mittleren Baggerzeit (z.B. durch veränderten Zuginhalt) nicht funktionell angegeben werden.

Die Funktionen können deshalb nur dann allgemein zur Vorausberechnung der gesuchten Werte für nicht untersuchte Geräte dienen, wenn die mittlere Baggerzeit derselben etwa so groß ist wie im untersuchten Beispiel, und wenn eine grobe Näherung als ausreichend erachtet wird.

In der Praxis ist aber, wie bereits erwähnt, günstigerweise der Bereich der durchschnittlichen Baggerzeiten relativ gering, so daß für die interessierenden Fälle zumindest eine erste Näherung der gesuchten Verteilung durch Verwendung dieser Beziehungen zu erzielen ist.

In Anlage 3 und Abbildung 9 wird an einem Beispiel das Näherungsverfahren demonstriert. Anlage 4 enthält die

Näherungsbeziehungen für die ausgewerteten Gewinnungsgeräte mit Angaben über die allgemeine Anwendbarkeit der Beziehungen zur Vorausberechnung von Verteilungen für nicht untersuchte Lager.

Die in den Formeln vorhandenen Größen Δt_B müssen bei den Rechnungen so gewählt werden, daß eine Klassenbreite von einer Minute eingehalten wird. Sie werden zweckmäßig in der Art angesetzt, daß sich die berechneten $\Psi(\Delta t_B)$ auf ganzzahlige Werte der Baggerzeit beziehen (ist $\bar{t}_B = 10,3$ min, so wird vorteilhaft mit $\Delta t_B = -0,3, -1,3, -2,3$ usw. sowie $+0,7, +1,7, +2,7$ usw. gearbeitet).

3.3.3. Das Auftreten von Mischkollektiven

Wie Schluhs angibt, wies Pearson bereits 1895 darauf hin, daß die meisten, sich auf Auswertungen praktischen Materials aufbauenden Verteilungskurven asymmetrischen Charakter haben und nur selten symmetrische Normalverteilungen auftreten. Nach der Ursache der Entstehung sind zwei Arten von Asymmetrie bekannt:

- 1.) Asymmetrie auf Grund der Eigenart des untersuchten Stoffes;
- 2.) Asymmetrie durch Überlagerung zweier oder mehrerer symmetrischer Verteilungen, d.h. durch das Erfassen eines Mischkollektives bei der Auswertung des Materials.

Da sämtliche Verteilungen der Baggerzeiten asymmetrisch sind, erhält die Frage nach dem evtl. Vorhandensein von Mischkollektiven Bedeutung. In der Summenhäufigkeitsdarstellung im Wahrscheinlichkeitspapier (Ordinate nach der Gauß'schen Funktion geteilt) zeigt sich für alle Baggerzeitenverteilungen eine mehrfach gekrümmte Linie, die für

asymmetrische Verteilungen typisch ist [11], keinesfalls aber auf das Vorhandensein von Mischkollektiven schließen läßt, da auch alle der Natur des Stoffes nach asymmetrischen Verteilungen mehrfache Krümmung des Kurvenzuges aufweisen.

Die Ergebnisse der Darstellung im Wahrscheinlichkeitsnetz erlauben gleichzeitig die Aussage, daß es sich nicht um log-normale Verteilungen handelt, denn durch Logarithmierung oder eine andersgeartete Transformation der Merkmalsachse kann nur dann eine normale Verteilung erzeugt werden, wenn eine einfache Krümmung der Linie vorliegt (Normalverteilungen haben eine Gerade als Summenhäufigkeitelinie im Gauß-Netz).

Obwohl die bekannten, wesentlich leistungswirksamen technologischen, geologischen und meteorologischen Einflüsse bei der Auswertung ausgeklammert wurden (Planum-Schneiden, Anschneiden, Ausbaggern, Steineinlagerungen, Bodenartwechsel, Frosteinfluß, Tauwetter usw.), könnte es sein, daß beispielsweise für die zwei oder drei oberen Scheiben der Schaufelradbagger oder auch für die einzelnen Baggerführer bei den Eimerkettenbaggern verschiedene normale Verteilungen vorliegen, die nicht getrennt ausgewertet wurden.

Es wäre dadurch zum Erfassen eines Mischkollektives gekommen, und die Asymmetrie der Verteilungen würde kein Charakteristikum des untersuchten Vorganges darstellen.

Gegen diese Möglichkeit sprechen aber einige wichtige Tatsachen:

- 1.) bei Eimerkettenbaggern, die nicht scheinungsweise gewinnen, treten ebenfalls schiefe Verteilungen auf;
- 2.) auf Grund schlechter Qualität der Unterlagen wurde zuweilen nur auf die Werte eines oder zweier Baggerführer zurückgegriffen, ohne daß dadurch die Asymmetrie beeinflusst worden wäre;

- 3.) bei der in einem Fall nach Scheiben getrennten Auswertung der Laggerzeiten eines Schaufelradbaggers ergab sich ebenfalls eine schiefe Verteilung;
- 4.) aus der Prüfung der Werte zweier Scheiben eines Schaufelradbaggers (ohne die untere Scheibe beim Flammwaggen) auf "Einheitlichkeit des Materials" kann nicht abgeleitet werden, daß "nichteinheitliches Material" vorliegt.

Bei der unter 4.) erwähnten Prüfung konnten Werte einer Betriebsmessung Verwendung finden. Die erwähnte Prüfung wird üblicherweise mittels der t-Verteilung von "Student" und der F-Verteilung von Fisher über die Abweichungen der Streuungen s^2 und der Durchschnitte \bar{x}_i vorgenommen. Die Anwendung dieser Tests setzt aber normale Grundgesamtheiten voraus [12], die im vorliegenden Falle nicht gegeben sind! Bezüglich der Streuung kann deshalb nach Box und Watson [4] eine erweiterte Varianzanalyse zur Durchführung, die davon ausgeht, die Größe der Nichtnormalität über eine Reduzierung der Freiheitsgrade in Rechnung zu stellen. Auf die komplizierte Ableitung und die aufwendigen Rechnungen muß hier verzichtet werden.

Es ergab sich, daß die Unterschiede der für die Werte aus zwei Scheiben festgestellten Streuungen rein zufälliger Art sein können und nicht gegen die Einheitlichkeit des Materials sprechen.

Die Berücksichtigung der Nichtnormalität bedeutet, wie sich bei der Durchrechnung des Beispieles ergab, eine Milderung der Testbedingungen, d.h., bei asymmetrischen Verteilungen wird der als zufällig geltende Bereich für die Streuungsunterschiede größer.

Zur Erweiterung des t-Tests auf nichtnormale Grundgesamtheiten geben Box und Watson kein Verfahren an. Da aber der mit 4 % festgestellte Unterschied der für beide

Bergakademie
- Bücherei -
Freiberg i. Sa.

Scheiben ermittelten mittleren Baggerzeiten bereits beim Unterstellen von Normalverteilungen sicher im zufälligen Bereich liegt, und die Berücksichtigung der Asymmetrie auch hierbei allenfalls eine Milderung der Testforderungen bringen könnte, kann angenommen werden, daß es sich bei den Baggerzeiten aus zwei Scheiben um einheitliches Material handelt.

Gleichzeitig folgt daraus, daß die in der Betriebsmessung ausgewiesene Abnahme der Leistung von der oberen zur mittleren Scheibe bei vergleichbarer Scheibenmächtigkeit (die Baggerung in der unteren Scheibe hat einen technologisch fundierten Leistungsabfall zur Folge) zufällig entstanden sein kann und keine sichere Aussage zuläßt. Das wird verständlich, wenn man bedenkt, daß der für die Mittelwerte berechnete Unterschied im Bereich der Meßgenauigkeit liegt.

Insgesamt führen die Betrachtungen zu dem Schluß, daß die in allen Fällen auftretende Asymmetrie durch die Eigenart des Baggervorganges (Leistungsgrenze usw.) hervorgerufen wird und in den Verteilungen keine Mischkollektive vermutet werden müssen. Wären solche erfaßt worden, so hätte sich eine Untersuchung darüber erforderlich gemacht, unter welchen Bedingungen Baggerzeiten aus den einzelnen der gemeinsam erfaßten Verteilungen zu erwarten sind.

3.3.4. Die Reproduzierbarkeit der Verteilungen

Die Untersuchung der Reproduzierbarkeit der für die Gewinnungsgeräte festgestellten Füllzeitverteilungen dient zur Beantwortung der Frage, ob unter gleichgearteten Bedingungen eine weitere Stichprobe aus den Unterlagen eine Verteilung liefert, die mit der im ersten Fall ermittelten vergleichbar ist.

Eine negative Beantwortung der Frage würde bedeuten, daß die durch Auswertung gewonnenen Werte die wirklichen

Verhältnisse nur schlecht widerspiegeln und für quantitative Erhebungen wenig geeignet sind.

Statistisch bedeutet diese Fragestellung ebenfalls eine Prüfung der "Einheitlichkeit des Materials" durch Testung der Abweichungen zweier unabhängiger Stichproben.

Die Prüfung erfolgte in der Art, daß eine zweite Stichprobe bezüglich der berechneten Häufigkeiten der ersten gegenübergestellt wurde und eine Beurteilung der Unterschiede nach dem Chi-Quadratstest zur Durchführung kam.

Der Chi-Quadratstest kann auch bei nichtnormalen Grundgesamtheiten angewandt werden, für die die Prüfung des Durchschnittes und der Streuung in der üblichen Weise ausscheiden muß.

Im Kapitel 3.3.3. mußte auf dieses Testverfahren verzichtet werden, da für die 6 Klassen von Baggerseiten in einer Scheibe insgesamt nur rd. 75 Werte zur Verfügung standen.

Der χ^2 -Test ist insofern besonders vorteilhaft, als die Gegenüberstellung der beiden Verteilungen nicht nur über bestimmte Kennwerte wie \bar{t}_B und s^2 erfolgt, sondern die Häufigkeiten aller Klassen von Baggerseiten zur Aussage herangezogen werden.

Bemerkt werden muß, daß auf Grund der geringen Qualität der Unterlagen nur für 5 der insgesamt 8 untersuchten Geräte eine solche Prüfung vorgenommen werden konnte. Obgleich die Berichtsbogen eines ganzen Jahres vorlagen, reichten die Unterlagen in drei Fällen nicht aus, da, wie bereits angedeutet, zahlreiche Werte ausgeondert werden mußten. Nicht geprüft werden konnten die Verteilungen der Bagger D 850 (Witznitz), 131 SchRs 1200 (Klotwitz) und SchRs 630/800 (Borna-Ost).

In der Anlage 5 wird an einem Beispiel die Durchführung des Tests erläutert. Für drei der fünf Verteilungen ergab

sich eine Abweichung der zweiten Stichprobe, die rein zufällig erwartet werden muß.

Zwei Vergleiche ergaben Chi-Quadratwerte, die zwar die zulässigen Tabellenwerte für eine 95 %ige statistische Sicherheit überschreiten, beide aber im Bereich $\chi^2_{0,05} < \chi^2 < \chi^2_{0,01}$ liegen. Auf Grund der Tatsache, daß mit einer Wahrscheinlichkeit von 5 bis 1 % χ^2 -Werte dieser Größe rein zufällig zustandekommen, kann aus diesen beiden Ergebnissen nicht gefolgert werden, daß eine gemeinsame Grundgesamtheit ausgeschlossen werden muß.

Allgemein kann man den Schluß ziehen, daß die Auswertungsergebnisse brauchbare Werte darstellen, deren Reproduzierbarkeit zumindest in der Mehrzahl der Fälle als gesichert gelten darf. Das wird umso verständlicher, wenn man bedenkt, daß selbst eine starke Abweichung der Testgröße, die in keinem Fall auftrat, nicht ausschließt, daß die erhaltene Verteilung eine erste Näherung der Verhältnisse darstellt.

Für alle geprüften Verteilungen wird in Anlage 5 der χ^2 -Wert mitgeteilt. Desgleichen werden in Abhängigkeit von der Sicherheitsschwelle die zulässigen Tabellenwerte angegeben.

3.3.5. Prüfung der Zufälligkeit des Auftretens der in den Verteilungen erfaßten Baggerzeiten

Das zufällige Auftreten der Merkmale ist Voraussetzung für die Anwendung von Regeln der mathematischen Statistik. Unterliegt das Auftreten der Baggerzeiten im Bereich der Verteilungen dem Zufall, so bedeutet dies, daß keine andere Gesetzmäßigkeit für die Baggerzeitenfolge beachtet werden muß. Es kann bei jeder Baggerung jede der innerhalb der Verteilung angegebenen Zeiten entstehen, ohne daß sich

im voraus festlegen läßt, welcher Wert für den nächsten Zug auftreten muß.

Es ist ohne weiteres verständlich, daß beispielsweise eine beim Planumbaggern entstehende erhöhte Baggerzeit nicht unter "normalen" Arbeitsbedingungen zustandekommen kann und ihre Entstehung von bestimmten technologischen Verhältnissen abhängt. Da aber alle diese auf bekannte leistungswirksame Einflüsse zurückgehenden Werte nicht in die Verteilungen Eingang fanden, ist für die verbleibenden Zeiten zu erwarten, daß der Zufall im statistischen Sinne eine dominierende Rolle spielt und damit die Voraussetzungen für die Anwendung statistischer Regeln erfüllt sind.

Die nachfolgenden Prüfungen sollen dazu dienen, diese Annahme zu kontrollieren.

Wird ein Merkmal mit bekannter durchschnittlicher Häufigkeit in Serien von Beobachtungen bezüglich seines Auftretens untersucht, so ist die Wahrscheinlichkeit für sein Eintreffen durch die binomische oder (besonders bei geringer durchschnittlicher Häufigkeit) Poisson'sche Verteilungsfunktion bestimmbar.

Deshalb kann die Zufälligkeit der Baggerzeiten hinsichtlich ihres Auftretens in Serien von unabhängigen Beobachtungen dadurch getestet werden, daß die in den Serien festgestellten Häufigkeiten mit den theoretischen Werten der binomischen Funktion zum Vergleich kommen. Die Beantwortung der Fragestellung hängt dann vom Ergebnis des Chi-Quadrattestes ab, der zweckmäßig hierbei zur Anwendung kommt.

In Anlage 6 wird anhand einer Baggerzeit aus der Verteilung des Sohls 1200 (133.Tgb. Klettwitz) der Rechnungsablauf dargelegt.

Die in Anlage 7 beigeheftete Tabelle zeigt die Auswertung der übrigen Baggerzeiten dieses Gerätes. Die Baggerzeiten der anderen Bagger wurden, wie in Anlage 6 erläutert, geprüft.

Die Zusammenstellung (Anlage 8) enthält die für die Prüfung der Verteilung des 133-Schrs 1200 erforderlichen Meß- und Rechenwerte, die, nach den einzelnen Zeiten getrennt, über χ^2 zur Gegenüberstellung kamen.

Nach den Ergebnissen der recht aufwendigen Rechnungen kann allgemein Folgendes festgestellt werden:

- 1.) Wie im näher beschriebenen Beispiel ist allgemein das Auftreten der wichtigen Baggerzeiten mit größerer Häufigkeit (im mittleren Bereich der Verteilungen) durchaus dem Zufall unterworfen.
- 2.) Als "Ausreißer" traten zuweilen die mit geringer Häufigkeit vorliegenden großen Füllzeiten auf, die sich nicht immer zufällig einstellen.
- 3.) Da sich die wenigen, nicht als zufällig anzusehenden Werte für χ^2 ausschließlich auf Baggerzeiten sehr geringer Häufigkeit beschränken, die am Rande der Verteilungen liegen, besteht keinerlei Begründung gegen die Annahme, daß das Auftreten der in den Verteilungen erfaßten Baggerzeiten als zufällig betrachtet werden kann.

Die Gründe für das nicht zufällige Eintreffen der großen Baggerzeiten müssen einerseits darin gesehen werden, daß bei der Auswertung auf Grund fehlender Begründung Zeiten mit aufgenommen wurden, die durch bestimmte gesetzmäßige Änderungen der Leistung entstanden, und zum anderen der Stichprobenumfang von 100 Serien je 10 Werten in Anbetracht der Schärfe des χ^2 -Testes im Bereich geringer Häufigkeiten als sehr gering bezeichnet werden muß.

Für die späteren Betrachtungen gilt nach dem Ergebnis der Untersuchungen die Baggerzeit im Bereich der Verteilungen als zufällig im statistischen Sinne.

4. Die Veränderlichkeit der Fahrzeiten

Fahren Züge über einen gleichlangen Streckenabschnitt, so stellen sich, durch eine Vielzahl von Ursachen bedingt, unterschiedliche Fahrzeiten ein. Abgesehen von den im Rahmen dieser Arbeit nicht näher zu behandelnden Schwankungen durch das Auftreten betrieblicher Besonderheiten (Spannungsausfälle, zwischengeschaltete Wartezeiten verschiedener Art, Maschinenschäden, grundverschiedene Fahrweise usw.) werden auch Abweichungen von der mittleren Fahrzeit auftreten, wenn für die Züge vergleichbare Bedingungen vorliegen. Diese Fahrzeitabweichungen unter "normalen" Verhältnissen sind Gegenstand nachstehender Auswertungen und Betrachtungen. Es handelt sich analog zur Behandlung der Baggerzeiten um den Bereich, für den derzeit keine analytischen Beziehungen angegeben werden können.

4.1. Die Auswertung der Unterlagen

Zunächst treten Schwierigkeiten durch Mangel an geeignetem Beobachtungsmaterial auf. Außer für spezielle Messungen werden im gesamten Industriezweig keine Fahrberichtsbogen auf den E-Loks geführt. An Unterlagen standen deshalb ausschließlich die Aufzeichnungen anlässlich Betriebsmessungen des Institutes für Tagebaukunde zur Verfügung. Die Qualität des Materials muß als gut beurteilt werden, da den zur Messung eingesetzten Personen genügend Zeit zur Verfügung stand und das nachträgliche Ausfüllen der Formulare ausgeschlossen wurde.

Ausgewertet wurden sämtliche Fahrberichtsbogen der Betriebsmessungen in den Tagebauen Maldenstein, Goitsche, Koschen und Holzweißig. Die Auswertung mußte davon ausgehen, möglichst nur Fahrten über größere Strecken einzubeziehen, da für kurze Streckenabschnitte infolge des ungünstigen Verhältnisses der Klassenbreite (bedingt durch die Meßgenauig-

keit von $\pm 0,5$ min) zur mittleren Fahrzeit kaum brauchbare Verteilungen zu erwarten waren. Andererseits mußte gefordert werden, nur Zeiten für Fahrten unter vergleichbaren Bedingungen aufzunehmen. Beispielsweise muß eine Beschränkung auf die Züge erfolgen, die im untersuchten Streckenabschnitt nicht zum Halten kommen, denn neben den ausgliederbaren Wartezeiten der haltenden Züge ist ein verteilungswirksamer Einfluß durch die Beschleunigungs- und Verzögerungszeiten abzusehen, der nicht erfaßt werden soll.

Der mögliche Stichprobenumfang ist trotz des großen Aufwandes äußerst gering, da

- 1.) der zeitliche Umfang der Betriebsmessungen im allgemeinen 3-mal 24 Stunden nicht übersteigt,
- 2.) durch Störungseinflüsse aller Arten nur wenige Züge über einen größeren Streckenabschnitt nicht zum Halten kommen und
- 3.) in den Betrieben oft verschiedene Zügeinheiten zum Einsatz kommen, nach denen die Auswertung getrennt werden muß.

Der geringe Stichprobenumfang seinerseits läßt voraussehen, daß die gefundenen Verteilungen rein optisch nicht immer einen ausgeglichenen Verlauf aufweisen werden. Es besteht ein Mißverhältnis zwischen der durch Mautendifferenzen in den Aufzeichnungen vorgegebenen Klassenzahl und der Zahl der pro Klasse zur Verfügung stehenden Fahrten.

Weiterhin war zu berücksichtigen, daß die Verteilungen der Fahrzeiten von mehreren Faktoren beeinflusst werden können, die als technologisch begründet und statistisch wesentlich gelten.

Um nur die wichtigsten zu nennen, seien angeführt:

- 1.) die Spurweite der Züge (900 mm und 1435 mm);
- 2.) die Größe der Zügeinheiten (Wagenzahl und Wageninhalt);

- 3.) die Belastung (Vollfahrt und Leerfahrt);
- 4.) die Streckenlänge und
- 5.) die Grundgeschwindigkeit.

Um diese Größen weitestgehend zu berücksichtigen, wurden folgende Einzelfälle untersucht:

- I. 1435 mm Spur (Muldenstein)
 - 4 Streckenabschnitte im Bereich der Vollfahrt mit Zügen je 14 Wagen
 - 3 Streckenabschnitte im Bereich der Leerfahrt mit Zügen je 14 Wagen
- II. 1435 mm Spur (Goitsche)
 - 5 Streckenabschnitte im Bereich der Vollfahrt mit Zügen je 8 Wagen (2 Abschnitte) und je 16 Wagen (3 Abschnitte)
 - 3 Streckenabschnitte im Bereich der Leerfahrt mit Zügen je 8 Wagen
- III. 900 mm Spur (Koschen)
 - 3 Streckenabschnitte im Bereich der Vollfahrt mit Zügen je 15 Wagen
 - 1 Streckenabschnitt im Bereich der Leerfahrt mit Zügen je 15 Wagen
- IV. 900 mm Spur (Holzweißig)
 - 1 Streckenabschnitt im Bereich der Vollfahrt mit Zügen je 14 Wagen
 - 1 Streckenabschnitt im Bereich der Leerfahrt mit Zügen je 14 Wagen

Nach eingesetzten Zügen bzw. Lokführern sowie nach den Schichten wurde keine Trennung vorgenommen, da dadurch die Zahl der auswertbaren Fahrten nochmals auf einen Bruchteil reduziert worden wäre.

Vorwiegend mußte auf Fahrzeiten für stationäre Strecken zurückgegriffen werden. Die dauernde Ortsveränderung der Kinkettenbagger im Frontvertrieb verfälscht anderenfalls die Ergebnisse.

Nur je einmal in Holzweißig (q. in Abbildung 14) und Goitsche (e. in Abbildung 11) bezieht sich das Resultat auf Fahrten im beweglichen Gleis, weil die geringe Veränderung des Gerätestandpunktes der im Blockvertrieb eingesetzten Schaufelradbagger vernachlässigt werden kann, wenn ein so geringer Zeitraum betrachtet wird.

Zur Bestimmung der Fahrzeiten wurde die Differenz der Durchfahrtszeiten an den die Strecke einschließenden Signalen gebildet.

Die Berechnung der relativen Häufigkeiten, der Streuungen und der durchschnittlichen Fahrzeiten erfolgte in der gleichen Weise wie bei den Baggerzeiten.

Die Säulendiagramme der Abbildungen 10 bis 14 stellen das Ergebnis der Auswertungen dar. Eingetragen sind zusätzlich die Art der Fahrt, die Wagenzahl, die Spurweite, die durchschnittliche Fahrzeit \bar{t}_p , die Streuung s_p^2 , der Stichprobenumfang n und in einigen Fällen gestrichelt der Verlauf der Normalverteilungen gleicher Streuung und gleichen Mittelwertes.

4.2. Ergebnisse der Auswertung

Es zeigt sich, daß die Verteilungen der Fahrzeiten zuweilen einen sehr unregelmäßigen Verlauf aufweisen. Die für die Baggerzeitenverteilungen typische positive "Schiefe", d.h. die steile Abnahme der Häufigkeiten unterhalb des Mittels und die flache, schleppende Verringerung der Häufigkeiten für Werte oberhalb des Durchschnittes, ist bei den Fahrzeitenverteilungen nicht ausgeprägt.

Diese Tatsache ist insofern erklärlich, als auf den im allgemeinen annähernd horizontalen Verbindungsgleisanlagen die Geschwindigkeit nicht durch das Leistungsvermögen der

Lokomotiven begrenzt wird. Sie wird vielmehr meist vom Zustand der Gleisanlagen oder den einzuhaltenden Sicherheitsbestimmungen festgelegt.

Eine scharfe Grenze, wie sie bei den Baggerzeiten in Richtung auf überdurchschnittliche Leistungen in Erscheinung tritt, wird bezüglich der Fahrzeiten deshalb nicht sichtbar.

Eine volle Auslastung der Lokomotiven wird nur auf Ausfahrten erreicht. Fahrzeitenverteilungen über Ausfahrten, für die eine charakteristische Asymmetrie zu erwarten wäre, sind aber für die Untersuchung der Förderung innerhalb von Abraumabteilungen uninteressant.

Allenfalls bei kleinen Durchschnittswerten der Fahrzeit tritt eine merkliche positive "Schiefe" auf. Zweifelsfrei kommt diese dadurch zustande, daß die Fahrzeit $t_F = 0$, die in diesem Falle unweit des kleinen Mittelwertes liegt, nicht erreicht werden kann. Die Zusammenrückung der Verteilungen entfällt bei genügend großen Fahrstrecken bzw. bei geringen Grundgeschwindigkeiten, da in diesen Fällen die Grenze $t_F = 0$ für $v \rightarrow \infty$ nicht zur Wirkung kommen kann.

Aus mehreren der dargestellten Häufigkeitsdiagramme geht augenfällig hervor, daß Normalverteilungen die Eigenart der Fahrzeitschwankungen sehr gut wiedergeben, wenn der Umfang der Stichprobe zur Zahl der Klassen ein einigermaßen günstiges Verhältnis hat und die mittlere Fahrzeit nicht zu nahe an $t_F = 0$ liegt.

Die genannten Einschränkungen (geringer Stichprobenumfang und zu kleine Streckenlänge) sind für die praktischen Bedingungen ohne Bedeutung (beliebig viele Fahrten über genügend große Längen).

In der völlig unbrauchbaren Verteilung p. in Abbildung 13 drückt sich aus, daß bei zu geringem Stichprobenumfang

selbst dann kein sinnvolles Ergebnis erwartet werden darf, wenn die über Teilstrecken des gleichen Bereiches ermittelten Verteilungen (m., n. und o.), die in die Werte für p. eingehen, einen ausgeglichenen Verlauf aufweisen.

Für den weiteren Verlauf der Bearbeitung ist die Beantwortung dreier Fragen von besonderer Bedeutung.

- 1.) Ist es zulässig, die Verteilung über eine beliebige Fahrtstrecke aus den für Teile dieser Strecke erhaltenen Worten vorauszusagen?
- 2.) Welche betrieblichen Faktoren nehmen auf die Kennwerte der Verteilungen einen Einfluß, der beachtet werden muß?
- 3.) Inwieweit ist es aus den Erkenntnissen der Untersuchungen über die Veränderlichkeit der Bagger- und Fahrzeiten möglich, eine den wirklichen Verhältnissen nahe kommende Voraussage zu machen?

Zur Beantwortung der ersten Frage lagen günstige Bedingungen vor.

In insgesamt 5 Fällen konnten die charakteristischen Größen (Mittelwert und Streuung) einmal für die gesamte Strecke und zum anderen gleichzeitig, nach den Durchfahrtszeiten an bestimmten, im Bereich der Gesamtstrecke liegenden Signalen, für Teile dieser Strecke festgestellt werden.

Sind zufällige und voneinander unabhängige Veränderliche durch Verteilungen mit den Durchschnitten $\bar{t}_{F_1}, \bar{t}_{F_2}, \dots, \bar{t}_{F_n}$ und den Streuungen $s_{F_1}^2, s_{F_2}^2, \dots, s_{F_n}^2$ charakterisiert, so ergibt sich für Summen von Veränderlichen eine Verteilung, die durch

$$\bar{t}_{F_\Sigma} = \bar{t}_{F_1} + \bar{t}_{F_2} + \dots + \bar{t}_{F_n} \quad \text{und} \quad s_{F_\Sigma}^2 = s_{F_1}^2 + s_{F_2}^2 + \dots + s_{F_n}^2$$

definiert ist.

Es wurden deshalb die für Teilstrecken ermittelten Werte denen gegenübergestellt, die sich für die Gesamtstrecke ergaben.

In der Anlage 9 wird die Gegenüberstellung der Streuungen durchgeführt.

Übereinstimmend darf für alle Fälle die Aussage gemacht werden, daß nur geringe Abweichungen auftreten.

Die Beantwortung der unter 1.) aufgeworfenen Frage kann über eine Prüfung der Hypothese, nach der gleiche Streuungen zu erwarten sind, erfolgen.

Den aus der Summierung der Streuung der Teilstrecken bestimmten Wert kann man als den einer Stichprobe 1 auffassen und mit der Größe vergleichen, die für die Gesamtstrecke errechnet wurde. Der für Normalverteilungen anwendbare F-Test bei $F = 0,05$ besagt in allen Fällen, daß die vorliegende Abweichung nicht größer ist als die, die von einer weiteren Stichprobe des gleichen Umfanges rein zufällig erwartet werden müßte. Anders ausgedrückt entsteht kein wesentlicher Fehler dadurch, daß aus den Ergebnissen der Untersuchung bei sonst gleichartigen Verhältnissen eine Voraussage über Verteilungen gemacht wird, die für größere Strecken gelten und nicht untersucht werden konnten.

Die Abweichungen der nach den Summierungsregeln aus Teilstreckenwerten berechneten Streuung von der durch Messung festgestellten Streuung der Zeiten für die Gesamtstrecke ist unwesentlich. Das bedeutet gleichzeitig, daß das Auftreten der einzelnen Fahrzeiten innerhalb der Verteilungen dem Zufall unterworfen ist. Weiterhin kann auch für die Folge von Werten aus den einzelnen Teilstrecken keine strafte Zuordnung vorliegen, da sich in diesem Falle die Streuung nach anderen Gesetzen verhält.

Die noch vorhandenen Abweichungen der Streuungswerte haben zwei Ursachen, nach denen nicht getrennt werden kann. Erstens wird die Summenregel exakt nur bei unendlichem Stichprobenumfang erfüllt, und zweitens kann auch eine geringe Abhängigkeit der Teilstreckenfahrzeiten vorliegen.

An den Feststellungen ergibt sich daraus keine Änderung, da beide Ursachen keine signifikante Wirkung nach sich ziehen.

Die Beantwortung der zweiten Frage bereitete insofern Schwierigkeiten, als die Zahl der möglichen Einflüsse relativ groß war und keine weiteren Unterlagen mehr zur Verfügung standen, um die einzelnen Faktoren zu eliminieren.

In Anlage 10 wurde für alle Auswertungsergebnisse eine Art spezifische Streuung $\frac{s_p^2}{\bar{t}_p}$ gebildet. Der Wertevergleich veranschaulicht, daß die Veränderung der Streuung in erster Linie als Funktion der Fahrzeit gesehen werden muß. Eine Abhängigkeit des pro Minute Fahrzeit auftretenden Streuungswertes von der sehr stark verschiedenen Streckenlänge oder der ebenfalls in weiten Grenzen schwankenden Geschwindigkeit kann ebensowenig festgestellt werden wie ein Einfluß der Spurweite oder der Zahl der im Zugverband gefahrenen Wagen. Offensichtlich wird der Einfluß der Faktoren Streckenlänge und Geschwindigkeit über den Bezug auf die in engem Zusammenhang damit stehende mittlere Fahrzeit herausgehoben.

Ein auffälliger Unterschied des Wertes $\frac{s_p^2}{\bar{t}_p}$ aus stationären

Gleisanlagen gegenüber solchen aus beweglichen Gleisen kann ebenfalls nicht hervorgehoben werden. Die absolut gesehen größere Streuung der Fahrzeiten auf den Strossen gegenüber Werten für vergleichbare stationäre Längen ist demnach in der Hauptsache durch die Erhöhung der mittleren Fahrzeit \bar{t}_p infolge vermindelter Geschwindigkeit bedingt.

Dagegen ist unverkennbar, daß die spezifischen Streuungen der Fahrzeiten aus dem Bereich der Vollfahrt größer sind, als die für Fahrzeiten von Leerzügen. Während die allgemein höhere Geschwindigkeit der Leerzüge über die Relation

$\frac{s_{22}}{t_{22}}$ bereits gewertet wird, kommt offensichtlich das ungünstigere Verhältnis zwischen Zugkraft der Lokomotive und Masse des Vollzuges als streuungswirksamer Einfluß zur Geltung.

Ins Auge fällt auch die große spezifische Streuung der aus dem Tagesbau Coitsche stammenden Fahrzeiten. Hier schlägt sich die zum Zeitpunkt der Betriebsmessung vorliegende komplizierte und unübersichtliche Fahrweise in Verbindung mit ungünstigen Bedingungen bezüglich der Gleislage unter schweren Bodenverhältnissen in der überhöhten spezifischen Streuung nieder.

Werden die in der Anlage 10 mitgeteilten Werte wie folgt geordnet:

- 1.) gute Bedingungen hinsichtlich Organisation und Gleislage,
 - α_1) Vollfahrt
 - β_1) Leerfahrt,
- 2.) ungünstige Bedingungen hinsichtlich Organisation und Gleislage,
 - α_2) Vollfahrt
 - β_2) Leerfahrt,

so verbleiben nur noch geringe Differenzen der spezifischen Werte. Es wurde deshalb als ausreichend erachtet, die spezifischen Streuungen nur nach diesen vier Gruppen zu trennen. Da zu jeder der vier Gruppen mehrere Verteilungen gehören, wurde eine Mittelwertbildung mit dem jeweiligen Stichprobenumfang als Gewicht vorgenommen, die folgende Werte liefert:

$$\text{Gruppe } \alpha_1 : \quad \frac{s_p^2}{\bar{t}_p^2} = 0,2402 \text{ min}$$

$$\text{Gruppe } \beta_1 : \quad \frac{s_p^2}{\bar{t}_p^2} = 0,2086 \text{ min}$$

$$\text{Gruppe } \alpha_2 : \quad \frac{s_p^2}{\bar{t}_p^2} = 0,3297 \text{ min}$$

$$\text{Gruppe } \beta_2 : \quad \frac{s_p^2}{\bar{t}_p^2} = 0,2992 \text{ min}$$

Dabei ist für den Unterschied zwischen Voll- und Leerfahrt eine sinnvolle Tendenz vorhanden.

Damit wird die Vorausberechnung der Verteilungen der Fahrzeiten für gewählte Streckenlängen, durchschnittliche Geschwindigkeiten und bestimmte Betriebsverhältnisse recht einfach. Aus der jeweilig interessierenden Länge der Voll- und Leerfahrtsstrecke und der gemessenen bzw. projektierten mittleren Geschwindigkeit wird \bar{t}_p bestimmt. Hierbei sind die geminderten Geschwindigkeiten auf den Strassen anteilig zu berücksichtigen. Die Werte \bar{t}_p werden mit den spezifischen Streuungen entsprechend α_1 und β_1 oder α_2 und β_2 multipliziert. Das Ergebnis stellt die Streuung s_p^2 dar, die zusammen mit dem Mittelwert \bar{t}_p die Normalverteilung zur Näherung der Fahrzeiten eindeutig bestimmt. Durch Nullsetzen von \bar{t}_p kann die Normalverteilung in eine Form gebracht werden, die sofort die Ermittlung der Fahrzeitab-

weichungen Δt_F vom Mittelwert ermöglicht.

Nach der Gruppeneinteilung kommen folgende vier Verteilungsfunktionen zur Verwendung:

$$\varphi(\Delta t_F) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \bar{t}_F \cdot \alpha_1}} e^{-\frac{\Delta t_F^2}{2 \cdot \bar{t}_F \cdot \alpha_1}} \quad (\text{Fall } \alpha_1)$$

$$\varphi(\Delta t_F) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \bar{t}_F \cdot \beta_1}} e^{-\frac{\Delta t_F^2}{2 \cdot \bar{t}_F \cdot \beta_1}} \quad (\text{Fall } \beta_1)$$

$$\varphi(\Delta t_F) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \bar{t}_F \cdot \alpha_2}} e^{-\frac{\Delta t_F^2}{2 \cdot \bar{t}_F \cdot \alpha_2}} \quad (\text{Fall } \alpha_2)$$

$$\varphi(\Delta t_F) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \bar{t}_F \cdot \beta_2}} e^{-\frac{\Delta t_F^2}{2 \cdot \bar{t}_F \cdot \beta_2}} \quad (\text{Fall } \beta_2)$$

In Beantwortung der dritten aufgeworfenen Frage wurde zur Kontrolle der Brauchbarkeit der aus den Untersuchungen abgeleiteten allgemeinen Gesetzmäßigkeiten über die Veränderlichkeit der Bagger- und Fahrzeiten eine Gegenüberstellung mit Betriebswerten vorgenommen.

Nach einer Auswertung der Betriebsmessung im Tagebau Koschen [C l e m e n s --- unveröffentlichte Auswertungsunterlagen] lagen die Häufigkeiten der aufgetretenen Vollzug-

folgezeiten am Kippenverteilerstellwerk 56 vor. Unter Ausnutzung der Erkenntnisse wurden theoretisch für die gleichen Verhältnisse die zu erwartenden Zugfolgezeiten vorausberechnet. Bei der Vorausrechnung kamen zur Verwendung: die Baggerzeitenverteilung des D 1120 in Roschen, die mittlere Geschwindigkeit der Vollzüge, die zu diesem Zeitpunkt vorhandene Entfernung der Geräte und die Verteilung für die unter diesen Bedingungen zu erwartenden "Änderungen der Zugfolgezeiten", die sich aus den Fahrzeitenverteilungen ergibt. Alle Verteilungselemente wurden bezüglich des Auftretens als dem Zufall unterworfen angesehen.

Da in diesem Zusammenhang eine "Verteilung der Zugfolgeänderungen" zur Anwendung kommt, soll zunächst auf deren Entstehung eingegangen werden.

Verlassen bei ungestörtem Betriebsablauf und unveränderlichem Gerätestandpunkt die Züge nach Beendigung der Füllung sofort den Bagger, so liegt zwischen ihnen zunächst ein Zeitunterschied, der der Baggerzeit entspricht und erhalten bleibt, wenn alle Züge genau die mittlere Fahrzeit beanspruchen. Weichen dagegen die Züge nach der Fahrzeitenverteilung vom Durchschnitt der Fahrzeit ab, so verändert sich ihr durch die Baggerzeit vorgegebener anfänglicher Abstand. Die Größe der Änderung hängt aber nicht nur von der Fahrzeitabweichung eines Zuges ab. Vielmehr ist es für die Zeitunterschiede auch von Bedeutung, was der jeweils nachfolgende Zug für eine Fahrzeit erreicht.

Denkt man sich die Zeitachse nach den Baggerzeiten geteilt, so ergeben sich die interessierenden Abstände dadurch, daß jeder Punkt der Zeitachse im positiven oder negativen Sinne (je nach der für den betreffenden Zug geltenden Abweichung von der mittleren Fahrzeit) aus der Ruhelage verschoben wird. Da jeder Zug jede Fahrzeitveränderung innerhalb der Verteilung erhalten kann, stellt die gesuchte Verteilung

der Zugfolgezeiten nichts anderes dar als die Verteilung der Summe von zwei zufälligen Veränderlichen. Dabei handelt es sich bei den zu summierenden Merkmalen um solche, die durch gleichgeartete Verteilungen charakterisiert sind. Bei Anwendung des Multiplikationssatzes der Wahrscheinlichkeiten für zufällige Veränderliche entsteht eine Matrix, die alle möglichen Kombinationen angibt. Schließlich erhält man für die Veränderungen der Zugfolgezeiten Verteilungsfunktionen, die sich von denen der Fahrzeitabweichungen nur dadurch unterscheiden, daß die Streuung s_z^2 doppelt so groß wird.

In Abbildung 15 ist das Ergebnis der Gegenüberstellung graphisch wiedergegeben. Es zeigt sich, daß die vorausberechnete Verteilung ganz ohne Zweifel eine brauchbare Näherung für die als Säulen angegebenen effektiven Häufigkeiten darstellt. Diese Tatsache verdient insofern besondere Beachtung, als sie den Beweis liefert, daß die Zusammenhänge richtig erfasst wurden und es möglich ist, allgemeine Voraussagen über den Ablauf des Betriebsgeschehens auf diese Weise zu machen. Gleichzeitig darf nach diesem Ergebnis auch als sicher gelten, daß die Veränderung der Lagger- und Fahrzeiten im Bereich der Verteilungen statistisch zufällig erfolgt und unabhängig voneinander ist, denn bei der theoretischen Vorausberechnung wurde danach gearbeitet.

Im Bereich sehr großer Zugfolgezeiten ist die Wiedergabe der beträchtlich festgestellten Häufigkeiten unbefriedigend. Das war zu erwarten, da bei der Ermittlung der Verteilungen der Lagger- und Fahrzeiten alle wesentlichen Einflüsse ausgeschalten wurden, die im praktischen Betriebsfall in Erscheinung treten.

Die Zugfolgezeiten von 19,5 min und darüber gehen zweifelsohne auf Störeinflüsse zurück, für die es zahlreiche Ursachen anzuführen gäbe. Vor allem wird durch die Zwischenschaltung von Zugangezeiten der Ausgangsstand zweier

Vollzüge bei der Abfahrt von Bagger verändert, der für diese überschlägliche Prüfung der Füllzeit gleichgesetzt war.

In den späteren Rechnungen wird dieser Einfluß der Zugan-
gelzeiten, dessen Wirkung ja Gegenstand dieser Arbeit ist,
berücksichtigt.

Die Übereinstimmung der berechneten und gemessenen Werte
wird noch deutlicher, wenn die sich auf Störeinflüsse
gründenden Werte von 19,5 min und größer bei der Bestim-
mung der relativen Häufigkeit ausgeklammert werden. Die sich
dadurch ergebende Änderung ist in Form der gestrichelten
Strecken in Abbildung 15 angegeben.

Weiter ist aus der Prüfung erkennbar, daß bei der Überlage-
rung von Werten mit einem an sich geringen Schwankungsbe-
reich schließlich doch eine beträchtliche Wirkung entsteht,
die sich in der großen Gesamtbreite der Zugfolgezeitenver-
teilung niederschlägt.

Die theoretisch möglichen Zugfolgezeiten von weniger als
1,5 min treten in der Praxis nicht mehr auf, weil bei zu
starker Annäherung der Züge der Blockabstand wirksam wird,
in dessen Folge bestimmte Mindestabstände der Züge nicht
mehr unterboten werden können.

Gleichfalls scheiden Überholungen jeglicher Art aus. Für
die späteren Rechnungen empfiehlt es sich, die funktionell
gegebene Häufigkeit der Fahrzeitänderungen praktisch nur
bis zu einem gewissen Grenzwert zu berücksichtigen und
die äußerst wenig wahrscheinlichen Werte durch Aufrundung
auszuschließen, um zu vermeiden, daß sich das System beim
Eintritt eines derartigen Wertes zu weit aufschaukelt.

In ganzen darf aus der Beantwortung der dritten Fragestel-
lung die Berechtigung dafür abgeleitet werden, die gegen-
seitige Beeinflussung der Betriebsabschnitte in dieser
Form zu behandeln.

Eine zu starke Idealisierung der praktischen Verhältnisse
braucht nicht befürchtet zu werden.

5. Die Verteilungen der Absets- und Kippzeiten

Die Untersuchungen über die Verteilungen der Absetszeiten führten zu keinem befriedigenden Ergebnis, obwohl einerseits zahlreiche Aufzeichnungen aus Betriebsmessungen des Institutes für Tagebaukunde vorlagen und andererseits für die beiden Typenabsetzer As 1120 und A₂s 2240 Berichtsbogen über ganze Jahre aus verschiedenen Betrieben zur Verfügung standen.

Bei der Durchsicht der Betriebsunterlagen fällt sogleich ins Auge, daß praktisch immer die gleichen, allenfalls zwei oder drei um 1 min verschiedene Absetszeiten angegeben werden. Nicht selten wird über hundertmal hintereinander die gleiche Zeit geschrieben. Neben den bereits bei den Baggeraufzeichnungen erläuterten qualitativen Mängeln treten bei den Aufzeichnungen der Absetszeit Besonderheiten auf. Es ist äußerst schwierig einzuschätzen, inwieweit die in Gräben abgelagerten Massen zu einem bestimmten Zuginhalt gehören. Besonders bei Doppelkipfung oder bei Grabenlängen von mehr als einer Zuglänge treten diese Erschwernisse auf. In der Nachtschicht kann oft überhaupt nicht festgestellt werden, wie lange die Aufnahme der Massen eines Zuges dauert, zumal der Absetzer häufig Teile des Zuginhaltes in den des öfteren vorhandenen Überlängen des Grates vorübergehend liegen läßt.

Die qualitativ besseren Betriebsmessungsunterlagen beziehen sich auf einen sehr beschränkten zeitlichen Umfang, vor allem, wenn die offensichtlich durch wesentliche Einflüsse verursachten Zeiten ausgehalten werden. Gegenüber den Baggerberichten tritt aber auch hier eine Qualitätsminderung auf, die dadurch verursacht wird, daß der Beobachter in starkem Maße auf die Angaben des Absetzerführers angewiesen ist.

Zwar geht aus den Aufzeichnungen der Betriebsmessungen hervor, daß auch beim Absetzer keine konstante Absetzzeit für gleiche Masseneinheiten zu erwarten ist, doch ist es nicht möglich, ausreichend sichere Voraussagen über die Ausbildung der Verteilung der Absetzzeiten von Typenabsetzern unter verschiedenartigen geologischen Bedingungen zu machen.

Es zeigt sich auch für die Absetzzeiten eine schiefe Verteilung. Offensichtlich hat die Schiefe die gleichen Ursachen, auf die bereits bei der Besprechung der Baggerzeitenverteilung eingegangen wurde. Die Streuung der Absetzzeiten bei vergleichbarem Mittelwert liegt niedriger. Als Grund dafür kommt in Betracht, daß die Absetzer einen bereits vorgelockerten Boden aufnehmen und demzufolge auf geringe Änderungen der geologischen Verhältnisse nicht mehr in dem Maße wie die Bagger ansprechen. Zur Schaffung der notwendigen Unterlagen (für 2 Typengeräte jeweils in schwerem und leichtem Boden, mit Möglichkeiten, die Reproduzierbarkeit der Verteilungen zu prüfen, bei etwa 50 % zeitlicher Auslastung, unter Berücksichtigung der notwendigen Aushaltung aller wesentlichen Einflüsse) müßten Messungen mit einem Aufwand von ca. 150 bis 200 Schichten durchgeführt werden. Dies erscheint zur Zeit nicht ratsam, da ein voller Erfolg auch damit nicht garantiert werden kann.

Statt dessen liegt es nahe, die bei der Untersuchung der Baggerzeiten festgestellten Gesetzmäßigkeiten auf die bezüglich der Massenaufnahme wesensgleichen Absetzer folgerichtig zu übertragen, um damit eine Näherungsmöglichkeit in die Hand zu bekommen.

In den folgenden Betrachtungen wird deshalb für einen dem Bagger im Durchschnitt leistungsgleichen Absetzer die Verteilung des Baggers unter gegebenen Bedingungen angenommen.

Es muß darauf hingewiesen werden, daß eine derartige

Verfahrensweise ein Arbeiten auf der sicheren Seite bedeutet. Das Beobachtungsmaterial der Betriebsmessungen läßt einen geringeren Schwankungsbereich erkennen, als er bei den Baggerzeiten auftritt.

Soll der Absetzer gegenüber dem Bagger eine höhere durchschnittliche Leistung erhalten, so wird als erste Näherung die für ihn übernommene Verteilung der Füllzeiten um einen entsprechenden Betrag in negativer Richtung der Zeitachse verschoben. Dabei wird vernachlässigt, daß die Veränderung des Wertes \bar{t}_A den gesamten Verteilungsverlauf (wie eine Änderung der mittleren Baggerzeit \bar{t}_B im Hinblick auf die Verteilung der Baggerzeiten) beeinflusst.

Es empfiehlt sich dennoch, so zu arbeiten, da

- 1.) die Änderung der Verteilungsausbildung den Verlauf nicht umstößt (mit Rücksicht auf nachstehende Erläuterung ⁺⁾),
- 2.) die dadurch nochmals etwas zu breiten Verteilungen eine weitere Sicherheit in die Betrachtungen bringen, und
- 3.) der optimale Betriebspunkt keinesfalls bei einer Absetzerleistung zu erwarten ist, die das Mehrfache der Baggerleistung ausmacht und dadurch eine so große Parallelverschiebung erfordert, daß die Ungenauigkeit unvermeidbar wird.

⁺⁾ Die optimale Überdimensionierung des Absetzers gegenüber dem Bagger wird vermutlich im Bereich zwischen 0 und 50 %, bezogen auf die mittlere Baggerleistung, liegen. Die Kenngrößenänderung kann in diesem Bereich nicht so stark sein, daß die Verteilungen keinerlei Näherung mehr darstellen, zumal ja die richtige Wiedergabe der mittleren Absetzzeit von der Parallelverschiebung nicht beeinflusst wird.

Um die Verhältnisse nicht weiter zu komplizieren, sollen

die Kippzeiten der Züge für die weiteren Betrachtungen als konstant angesehen werden. Ohne Zweifel liegen auch für sie Verteilungen vor, die Auswertung der Betriebsmessungen zeigt aber, daß es äußerst schwierig ist, zu allgemeingültigen Gesetzmäßigkeiten zu gelangen. Der mögliche Stichprobenumfang ist sehr gering, da erstens nur über ca. 72 h gemessen wurde und zweitens nach den Zügeinheiten mit unterschiedlicher Wagenzahl getrennt werden muß.

Weiter können nur die Zügeinheiten einbezogen werden, die eine vergleichbare Anzahl von Luft- und Handkippern im Zugverband führen. Hinzu kommt, daß die Genauigkeit der Kippzeitfeststellung ($\pm 0,5$ min) in einem ungünstigen Verhältnis zur mittleren Kippzeit steht.

Als besonders nachteilig erweist sich, daß die Bestimmung der Kippzeit grundsätzlich indirekt erfolgt - einmal vom Absetzer und zum anderen vom Zug aus - und beim Vergleich der Angaben erhebliche Differenzen feststellbar sind.

Offensichtlich können nur Angaben von der Kippstelle selbst Anspruch auf Aussagefähigkeit erheben. Die dauernd veränderte Stärke der Kippmannschaft schränkt den Stichprobenumfang weiter ein. Zudem tritt beim Kippen eine Vielzahl von Einflüssen auf, in deren Folge die Kippzeit wesentlich verändert wird (Stempeln der Wagen usw.) und deren Aussonderung notwendig ist, obwohl damit nicht bestritten werden soll, daß gerade solche Erscheinungen eine äußerst nachteilige Wirkung auf den Betriebsablauf nach sich ziehen. Eine quantitative Erhebung ist aber immer an Gesetzmäßigkeiten gebunden, die für derartige Einflüsse zur Zeit allgemein nicht gefunden werden können.

Die zunehmende Anwendung des zentralen Kippens der Wagen durch den Lokführer läßt für die Zukunft ohnehin eine annähernd konstante Kippzeit erwarten. Die gleichzeitige Minderung der Kippzeit schränkt deren Anteil an der Fahrspiel-

zeit und damit ihre Einflußnahme auf den Ablauf des Zusammenspiels der Betriebsabschnitte ein.

Für die weitere Bearbeitung wird eine konstante Kippzeit des "ungestörten Betriebes" für die jeweils einzusetzenden Zugmannschaften unter Zugrundelegung einer in der Praxis üblichen Kippenbesetzung bestimmt. Die spezifischen Kippzeiten $t_{k,sp}$ [min/Mann und Wagen] werden nach Härtig - Ciesielski [4] mit 1 min/M. u. W. für Luftkipper und 2,5 min/M. u. W. für Handkipper angesetzt (nach Festlegungen in der "Kapazitätsrichtlinie" 0,8 bzw. 2,0 min/M. u. W.).

6. Das Zusammenspiel der abhängigen Betriebsabschnitte

Nachdem in den vorstehenden Abschnitten die Veränderlichkeit der ins Fahrspiel eingehenden Größen mehr oder weniger isoliert behandelt wurde, soll in den folgenden Kapiteln näher auf Einzelheiten des Zusammenspiels der Betriebsabschnitte eingegangen werden.

Innerhalb der Erläuterungen zur Thematik ist bereits allgemein die Entstehung der Zugmangelzeiten besprochen worden. Ergänzend hierzu muß auf einige Besonderheiten eingegangen werden.

Die Unabhängigkeit der in den Verteilungen der Fahrzeiten erfaßten Änderungen Δt_p von den Schwankungen der Baggerzeit Δt_B ist nach dem Ergebnis des Vergleiches der berechneten und gemessenen Werte (Abschnitt 4.2 - Gegenüberstellung der vorausbestimmten Vollzugfolge mit der effektiven am Stellwerk 56 im Tagebau Koschen) als gegeben zu betrachten, da sie Voraussetzung für den innerhalb der Rechnungen angewandten Multiplikationssatz der Wahrscheinlichkeiten war. Für die Schwankungen von Bagger- und Absetzzeit kann die Unabhängigkeit voneinander vorerst noch nicht unter-

Bergakademie
- Bucherei -
Freiberg i. Sa.

stellt werden. Die Frage danach wird umso bedeutungsvoller, als ja für extreme Leistungsänderungen bzw. über größere Zeiträume eine direkte Abhängigkeit der beiden in der Abteilung zusammenarbeitenden Geräte auf der Hand liegt.

6.1. Über die Abhängigkeit der Arbeit des Baggers und Absetzers

Über größere Zeitspannen gesehen kann innerhalb der Abteilung der Absetzer immer nur so viel Massen zugeführt bekommen, wie der Bagger gewinnt und die Fördermittel transportieren. Beim Ausfall des Baggers oder Absetzers durch Störungen oder Reparaturen muß es mit unterschiedlichen Zeitverschiebungen zwangsläufig auch zum Stillstand des zur Abteilung gehörigen Verstärkungs- bzw. Gewinnungsgerätes kommen.

Es muß geprüft werden, ob eine ähnliche Abhängigkeit der Geräte auch in dem eingeschränkten Bereich der durch die Verteilungen ausgedrückten Schwankungen von Bagger- und Absetzzeit vorliegt oder ob in diesem Bereich die Unabhängigkeit gegeben ist.

Mit der nachgewiesenen Zufälligkeit des Auftretens der Merkmale in den einzelnen Verteilungen ist nicht sicher ausgeschlossen, daß ein Synchronverhalten zwischen zwei Verteilungen vorhanden ist. Es wäre in diesem Fall nicht zulässig, die Unabhängigkeit der Werte in den Rechnungen vorzugeben.

Die Füllzeit eines Zuges wird in der Hauptsache von drei Einflußgrößen bestimmt: von der kurzzeitig erheblich schwankenden Geräteleistung [16], vom veränderlichen Zuginhalt (Anhaftungen) und von der Ausnutzung des Zuginhaltes (Qualität der Beladung).

Die Veränderlichkeit jedes dieser drei Haupteinflussfaktoren kann ihrerseits die Wirkung auf die Beladungszeit hervorrufen,

die von den Verteilungen charakterisiert wird. Stellt man sich vor, daß die Änderungen der Füllzeit ausschließlich oder vorwiegend auf Schwankungen des nutzbaren Zuginhaltes zurückgehen, so könnten diese innerhalb einer Verteilung durchaus zufälliger Art sein und dennoch eine Korrelation vorliegen, wenn die Verteilung des zweiten Gerätes mit berücksichtigt wird. Der Absetzer bekäme die unterschiedlichen Zuginhalte angeboten und würde selbst bei konstanter Leistung eine synchrone Schwankung der Absetzzeit aufweisen, die, isoliert gesehen, ebenfalls statistisch zufällig erscheint. Durch eine Überprüfung der Korrelation muß deshalb untersucht werden, ob es zulässig ist, die für Bagger und Absetzer zur Verwendung vorgesehenen Verteilungen als voneinander unabhängig aufzufassen. Dabei ist uninteressant, wie groß die Füll- und Absetzzeiten absolut sind. Auch sind die zwischen den Absetzzeiten liegenden Stillstände ohne Bedeutung, da sich in ihrer Größe unter anderem auch der Unterschied bezüglich der durchschnittlichen Leistungsfähigkeit beider Geräte ausdrückt.

Es kommt vielmehr darauf an, zu beurteilen, ob bestimmten Schwankungen der Baggerzeit gleichsinnige Veränderungen der Absetzzeit zugeordnet sind, oder ob das nicht der Fall ist.

Im ersteren Fall müßte von einem Synchronverhalten gesprochen werden.

Dabei sind zwei Fälle zu untersuchen. Fall 1 bezieht sich mit der besagten Fragestellung auf Vorgänge zu etwa gleicher Zeit und Fall 2 berücksichtigt das Verhalten beider Geräte bei der Beladung bzw. beim Absetzen der Massen des gleichen Zuges. Im zweiten Fall werden demnach die Zeitdifferenzen beachtet, die zwischen Baggerung und Absetzen der Massen des gleichen Zuges liegen und den Zeitbedarf für Vollfahrt, Kippen und evtl. Wartezeiten der Züge ausmachen.

Für beide Fälle wurden je mehrere Korrelationsprüfungen durchgeführt. Die Ergebnisse, die in den Anlagen 11 und 12 an jeweils einem Beispiel erläutert werden, sind eindeutig. Es liegt sowohl zu gleicher Zeit als auch für die gleichen Züge keine, allenfalls eine äußerst schwache Korrelation für die Abweichungen der Lagger- und Absetzzeiten vom Mittelwert vor. Es braucht aus diesem Grunde für den Bereich der durch Verteilungen definierten Leistungsänderungen der Geräte keine gesetzmäßige Zuordnung berücksichtigt zu werden. Die Arbeit der beiden Geräte einer Abteilung kann, soweit der Bereich wie in den durchgeführten Untersuchungen abgegrenzt wird, als voneinander unabhängig gelten.

6.2. Der Einfluß der Verteilungen der Lagger- und Absetzzeiten auf die Grenzstrossenverhältnisse am Lagger und Absetzer

Zugmangelzeiten, für deren Nachweis bereits Berechnungsgrundlagen vorhanden sind, werden innerhalb dieser Arbeit grundsätzlich nicht behandelt. Eine Überschreitung der Grenzstrossenlängen wurde bereits bei der Abgrenzung der Thematik ausgeschlossen.

Nun wird aber die Grenzstrossenlänge allgemein nach der

Beziehung $L_{\max} = \left(\frac{n \cdot v_F \cdot 60}{Q} - t_W \right) \frac{v_M}{2}$ bestimmt. Neuer-

dings wird häufig statt der maximalen Standortleistung Q die effektive Leistung Q_e eingeführt. Damit kommen über die eingesetzten Leistungen (beim Lagger) oder auch über die Verweilzeit des Zuges (beim Absetzer) in jedem Fall Mittelwerte bei der Berechnung der Grenzstrossenlängen zum Ansatz. Da diese Durchschnitte nach den Ergebnissen der vorausgehenden Untersuchungen über kurze Zeitspannen z.T. erheblich unterboten werden, ist es möglich, daß eine

Grenzstrossenwirkung, auch schon berücksichtigt werden muß, wenn die effektive Strossenlänge kleiner als die nach Mittelwerten berechnete Grenzstrossenlänge ist.

Der Bereich vor der Länge L_{\max} , in dem schon Stillstandszeiten des Baggers erwartet werden müssen, ist gegeben durch

$$\Delta L = (\bar{t}_B - t_{B \min}) \frac{v_m}{2} \quad [\text{m}] .$$

In der Beziehung stellt $t_{B \min}$ die kleinste Baggerzeit entsprechend der maximalen Baggerleistung dar.

Unter Verwendung der in den Verteilungen erfaßten Baggerzeiten t_{B_i} kann die spezifische Stillstandszeit des Baggers in Abhängigkeit von der jeweiligen Geräteeinstellung ($\hat{=}$ L) nach folgender Beziehung errechnet werden:

$$T_{sp} = \frac{1}{2} \sum f(t_{B_i}) \left[\frac{2L}{v_m} - (t_{B_i} - t_w) \right] \quad [\text{min/Zug}]$$

Die Summierung ist für jede Länge L über alle positiven Werte der Klammer durchzuführen. In der Abbildung 16 ist für einen praktischen Fall die spezifische Stillstandszeit über der Länge der Strosse aufgetragen. Gleichzeitig ist die Stillstandszeit angegeben, die sich durch Überschreitung der nach der mittleren Leistung bestimmten Grenzstrossenlänge ergibt.

Wie aus der Darstellung entnommen werden kann, ist der Unterschied der Werte nach den beiden Berechnungsarten unerheblich. Die maximale Differenz liegt beim Erreichen der Länge L_{\max} vor. Ab der Länge

$$L_{\max_2} = (t_{B_{\max}} - t_w) \frac{v_m}{2} \quad \text{wird die Differenz gleich Null,}$$

da sich die positiven und negativen Abweichungen der t_{B_i} von \bar{t}_B von diesem Standpunkt an kompensieren.

Bei den Absetzgeräten stellen sich vergleichbare Verhältnisse ein.

Wenn auch die Verteilungen der Füll- und Absetzzeiten verschieden geartet sind, so kann doch allgemein festgestellt werden, daß ein besonderer Einfluß durch die Schwankungen der Zeiten um ihren Mittelwert nicht berücksichtigt werden muß.

Die zusätzlichen Gerätestillstandszeiten sind gering und beziehen sich nur auf kleine Abschnitte der Strossen.

Ist die Strossenlänge $\leq l_{\max}$, so kann die bezüglich der Themenabgrenzung gestellte Bedingung, daß keine Zugmangelzeiten durch Grenzstrossenüberschreitung auftreten, näherungsweise als erfüllt gelten.

Die Grenzstrossenlänge ist sehr häufig auch für Untersuchungen zu berechnen, die außerhalb dieser Thematik liegen. Es kann dabei mit ausreichender Genauigkeit die mittlere Effektivleistung der Geräte Verwendung finden.

6.3. Die Wirkung der Überdimensionierung der Betriebsabschnitte Förderung und Verkippen auf die zeitliche Auslastung der Bagger

Unter der Überdimensionierung der nachgeschalteten Betriebs-einrichtungen wird verstanden, daß deren Leistungsfähigkeit, nach Mittelwerten verglichen, größer ist als die sich auf den Wert Q_e beziehende durchschnittliche Leistung des Baggers.

Sie kann sich betrieblich dadurch ergeben, daß eine Aufrundung der Zugzahl auf ganzzahlige Werte erfolgen muß oder der Einsatz von Absetzern an bestimmte Typen gebunden ist.

Andererseits wird auch absichtlich eine Überdimensionierung vorgesehen, um dadurch eine bestimmte Wirkung auf die zeitliche Auslastung der Gewinnungsgeräte zu erzielen.

6.3.1. Die Überdimensionierung des Betriebsabschnittes Förderung

Die Überdimensionierung des rollenden Materials kann auf verschiedene Art erreicht werden:

- 1.) Erhöhung der Leistungsfähigkeit durch Aufbrandung des Zugbedarfes oder durch Einsatz von weiteren Zugsinheiten,
- 2.) Erhöhung der Wagenzahl der im Einsatz befindlichen Züge,
- 3.) Verbesserung der Ausnutzung des Zuginhaltes durch bessere Beladung,
- 4.) Verringerung der Fahrzeiten durch Verkürzung der Transportentfernungen (günstige Stellung der Geräte) oder durch Steigerung der Geschwindigkeiten,
- 5.) Senkung der Kippzeiten oder der von der gegenseitigen Beeinflussung unabhängigen Wartezeiten der Züge durch Veränderungen innerhalb der Gleis- und Stellwerksanlagen oder andere Maßnahmen.

Unabhängig von der Art der Überdimensionierung äußert sie sich in Form von Wartezeiten der Züge, wenn der Arbeitsprozeß idealisiert nach unveränderlichen Mittelwerten für die Beladungszeit, Fahrzeit und Kippzeit abläuft und der Gerätestandpunkt nicht verlagert wird.

Unter diesen Idealverhältnissen führt eine zwangsläufige oder absichtliche Überdimensionierung zu gleichgroßen Wartezeiten für jeden Zug, die man sich, an einer beliebigen Stelle der Gleisanlage auftretend, vorstellen kann. So könnte es beispielsweise dazu kommen, daß jeder Zug vor Beginn der Beladung eine bestimmte Zeit unter dem Bagger steht oder auch vor der Baggerverteilerweiche eine entsprechende Wartezeit erhält.

Denkt man sich nun die Fahrspielgrößen veränderlich, so ist leicht zu erkennen, in welcher Art die sich dem Wesen nach in Wartezeiten ausdrückende Überdimensionierung des Fahrbetriebes zur Senkung der Zugmangelzeiten durch gegenseitige Beeinflussung genutzt wird.

Kommt es durch vorübergehend unterdurchschnittliche Leistung des Absetzers oder erhöhte Leerfahrtszeiten zur Minderung des Zugschubs, so wird der Bagger die besprochenen Wartezeiten ganz oder teilweise aufzehren. Dabei verlagern sich die Zugstillstände in den Bereich der Vollfahrt und treten vor der Kippenverteilung auf. Hat dagegen der Bagger eine zeitweilig geminderte Leistung bzw. treten überhöhte Zeiten für die Vollfahrt auf, so wird der Zugstau vor dem Absetzer abgebaut, und die Wartezeiten der Züge vor dem Bagger erhöhen sich wieder. Von der Größe der Überdimensionierung hängt es ab, ob die ausgleichende Wirkung Gerätestillstände ganz oder nur teilweise ausschließen kann.

Voraussetzung für diese Betrachtung ist, daß innerhalb der Gleis- und Stellwerksanlagen kein Engpaß liegt, und daß die durchschnittliche Leistung des Absetzers mindestens der des Baggers entspricht. Die Darstellung bezieht sich auf den ungestörten Betriebsablauf, bei dem ein Ausgleich der positiven und negativen Schwankungen der Fahrspielgrößen um den Mittelwert gesichert ist.

Treten Störungen oder grobe Abweichungen der Werte auf, so kann ein gewisser Ausgleich durch die Pufferwirkung des Fahrbetriebes wohl erzielt werden, es kommt aber, zeitlich verschoben, zu einer Reaktion des zugehörigen Gerätes, da für solche außerhalb der Verteilungen liegenden Abweichungen vom Mittel letztlich kein Ausgleich gewährleistet ist.

Die Entscheidung, inwieweit eine Überdimensionierung des rollenden Materials als zweckmäßig zu betrachten ist, muß nach ökonomischen Kriterien gefällt werden. Dabei ist es offensichtlich, daß ein Minimum an Förderkosten nicht als

Optimalitätskriterium dienen kann. Die geringsten Kosten für die Förderung werden sich einstellen, wenn die Auslastung der Fördermittel einem größten Wert zustrebt. Die Auslastung wird aber gerade mit steigender Überdimensionierung vermindert. Die angestrebte Verbesserung der Baggerauslastung bedeutet dagegen eine Senkung der Gewinnungskosten für die Masseneinheit. Gleichzeitig fallen auch durch den besser ausgelasteten Absetzer niedrigere spezifische Absetzkosten an. Aus diesen gegenläufigen Tendenzen der voraussichtlichen Kosten ergibt sich die Folgerung, daß der optimale Bereich der Auslegung der Betriebsabschnitte durch geringste spezifische Gesamtkosten für die Abraumbe-
wegung charakterisiert wird.

6.3.2. Der Einfluß der Ortsveränderung der Geräte

Wird die bei der Berechnung des Bedarfs an rollendem Material angesetzte Gesamtentfernung der beiden Geräte der Abteilung während des Betriebes unterschritten, so ist eine Überdimensionierung des Betriebsabschnittes Förderung vorhanden. Sie wird dazu genutzt, die Wartezeiten der Geräte durch gegenseitige Beeinflussung zu mindern. Bei Überschreitungen der in die Bedarfsermittlung eingehenden Entfernung entsteht analog eine Unterdimensionierung, die zusätzliche Geratestillstände verursacht.

Da sowohl am Bagger als auch am Absetzer eine Abweichung um ΔL von der in die Dimensionierung eingehenden Länge auftreten kann, läßt sich die gesamte prozentuale Über- bzw. Unterdimensionierung infolge veränderlicher Geräte-
stellung gegenüber der Berechnungsgrundlage angeben durch:

$$\bar{U}_G = 100 \left[2 - \bar{T}_e \left(\frac{1}{\bar{T}_e + \frac{\Delta L_A}{v_{mA}}} + \frac{1}{\bar{T}_e + \frac{\Delta L_B}{v_{mB}}} \right) \right] [\%]$$

Hierin bedeuten:

- U_G = gesamte prozentuale Überdimensionierung (+) bzw. Unterdimensionierung (-) infolge veränderlicher Gerätestellung [%]
- $+\Delta L_A$ = Verkürzung der dimensionierten Transportentfernung durch günstige Absetzerstellung [m]
- $-\Delta L_A$ = Vergrößerung der dimensionierten Transportentfernung durch ungünstige Absetzerstellung [m]
- $+\Delta L_B$ = analog für den Bagger [m]
- $-\Delta L_B$ = analog für den Bagger [m]
- v_{MA} = mittlere Zuggeschwindigkeit für Voll- und Leerfahrt auf der Absetzstrosse [m/min]
- v_{MB} = mittlere Zuggeschwindigkeit für Voll- und Leerfahrt auf der Baggerstrosse [m/min]
- \bar{T}_e = gewogenes mittleres Effektivfahrspiel [min]

Eine Überdimensionierung entsteht auch, wenn Bagger oder Absetzer die Grenzstrossenlänge überschreiten, da die Zugwechselzeit stärker anwächst als die Fahrspieldauer. Sie bringt aber in jedem Falle eine nachteilige Wirkung für die zeitliche Auslastung der Geräte. Die Baggerstillstände durch Grenzstrossenüberschreitung können durch die gleichzeitig entstehende Überdimensionierung des rollenden Materials nicht beeinflusst werden.

Eine eingehende Behandlung dieser Art von Überdimensionierung entfällt. Zugmangel durch Überschreitung der Grenzstrossenlängen wurde ausgeklammert.

Um quantitative Aussagen über den Umfang der Zugmangelzeiten infolge gegenseitiger Beeinflussung zu ermöglichen, ist zu klären, wie häufig bestimmte Über- oder Unterdimensionierungen durch günstige Gerätestellung auftreten. Sind Angaben darüber vorhanden, so kann, wenn gleichzeitig die

Abhängigkeit der Zugmangelzeiten vom Leistungsvermögen des rollenden Materials bekannt ist, eine Mittelwertrechnung zur Durchführung kommen, deren Ergebnis den Zugmangel für die gesamte Strossenlänge und beliebige Größe der Schwenkfigur darstellt.

In Tagebauen mit Bagger-Zug-Technologie wird in der Regel der Schwenkabbau angewandt. Auf Grund der Massenverteilung ist es beim Schwenkabbau nicht möglich, die in der Abteilung zusammenarbeitenden Geräte streng gegenläufig zu führen. Wird dagegen Parallelabbau durchgeführt, so liegen diesbezüglich günstigere Bedingungen vor. Es kann theoretisch zwischen beiden Geräten ein Gesamtabstand eingehalten werden, der sich aus der stationären Gleislänge und jeweils der halben Strossenlänge des Baggers und Absetzers zusammensetzt.

Durch eine Vielzahl von Besonderheiten des praktischen Betriebes ist aber selbst bei Parallelabbau das Einhalten der konstanten Geräteentfernung nur theoretisch denkbar. Schwierigkeiten entstehen beispielsweise durch bestimmte, für die Durchführung der Rückarbeiten einzuhaltende Gerätebewegungen, schwankende Abtragsmächtigkeit und Verstarftiefe, verschiedene Vertriebsarten von Bagger und Absatzer, abweichende Rückart (kontinuierlich und diskontinuierlich), Veränderungen der Strossenlängen, Besonderheiten der Massenverteilung und Sondermaßnahmen aller Art.

Beachtet man die große Zahl dieser auch beim Schwenkabbau wirksamen Einflüsse und stellt gleichzeitig die Gesetze der Massenverteilung in Rechnung, so scheint es berechtigt anzunehmen, daß für die in jedem Moment zu erwartende Stellung von Bagger und Absatzer keine allgemeine analytische Beziehung abgeleitet werden kann.

B r a t k e [17] weist auf die Vorteile einer "synchronen" (zugeordneten) Fahrweise hin, zeigt aber im gleichen Zusammenhang, daß es beim Schwenkabbau selbst unter Idealbedingungen

gen nicht möglich ist, eine unveränderte Entfernung beider Geräte zu erhalten.

Die Zuordnung der Gerätebewegung im Sinne geringster Transportentfernungen hat einen weit geringeren Schwankungsbereich der Fahrwege zur Folge, als er beim nicht zugeordneten Fahren auftritt. Eine derartige Fahrweise bietet ohne Zweifel günstige Bedingungen für die Auslastung der Geräte und Fördermittel. Es könnte bei gleichbleibendem Zugsinsatz eine bessere Auslastung erzielt werden. Umgekehrt errechnet sich für eine Leistungsvorgabe ein verminderter Bedarf an rollendem Material, da es nicht mehr notwendig ist, Streckenlängen bis zum Strossenende zu verrechnen.

Für die Anwendbarkeit der "synchronen" Fahrweise im praktischen Betrieb liegen allerdings denkbar ungünstige Bedingungen vor. Zahlreiche, bereits aufgeführte Einflüsse sprechen dafür, daß die Synchronfahrweise kaum zur Durchführung kommen kann, zumindest nicht ohne schwerwiegende Folgen für den gesamten Bereich der Betriebsorganisation, die sich schließlich wiederum auf die zeitliche Auslastung der Ausrüstungen auswirken.

Bereits am Beispiel der Rückarbeiten läßt sich zeigen, daß die Zuordnungsbedingungen praktisch nicht zu halten sind. Solange den Betrieben keine Vorschläge für die Realisierung dieser Fahrweise gegeben werden können, erscheint es bedenklich, beim Überrechnen des Zugbedarfes bzw. der mit dem Zugsinsatz erzielbaren Leistung die angeordnete Fahrweise zu berücksichtigen.

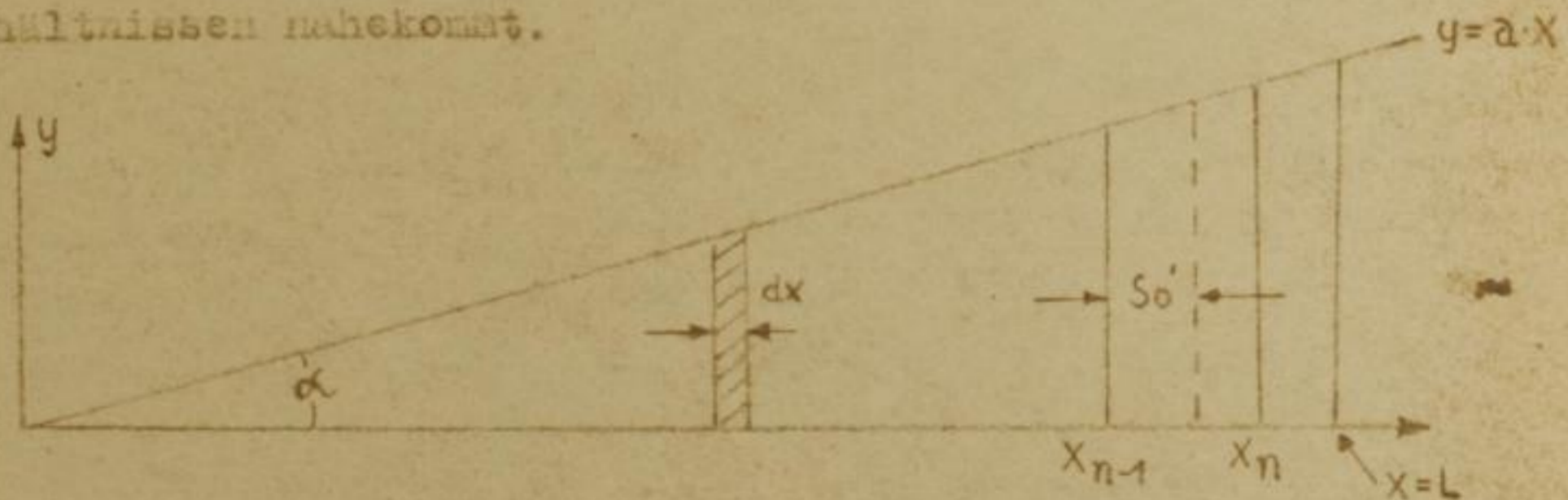
Das Prinzip dieser Fahrweise wird schematisch in Anlage 13 behandelt.

Ohne Zweifel sollten die Vorteile einer zweckmäßigen Zuordnung soweit als möglich genutzt werden, was hin und wieder in der Praxis auch geschieht. Die nachfolgenden Überlegungen gehen aber nicht von dieser Fahrweise aus, da ihre Unter-

stellung eine Entfernung von den betrieblichen Verhältnissen bedeuten würde.

Können in Anbetracht der vielgestaltigen Einflüsse keine strengen Gesetzmäßigkeiten für die momentane Gerätestellung abgeleitet werden, so liegt es nahe, die statistischen Gesetze zur Anwendung zu bringen und eine "wahrscheinliche Entfernung" zwischen Bagger und Absetzer zu definieren. Das bedeutet keinesfalls ein Anzweifeln der Wirksamkeit der Betriebsorganisation, sondern besagt lediglich, daß die vielen zu beachtenden Besonderheiten des Betriebsablaufes das Einhalten besonderer Zuordnungsvorgaben nicht gestatten, bzw. daß im Betrieb keine allgemeine Gesetzmäßigkeit mit dieser Zielstellung wirksam ist.

Zweifellos werden die effektiv vorliegenden Transportentfernungen durch theoretische Werte immer nur näherungsweise wiedergespiegelt. Die Definition der Wahrscheinlichkeit berechtigt aber dazu, anzunehmen, daß diese Verfahrensweise brauchbare Näherungswerte liefert und den praktischen Verhältnissen nahekommt.



Der infinitesimale Flächestreifen innerhalb des Schwenksektors ist gegeben durch $dF = y \, dx$. Bei konstanter mittlerer Mächtigkeit H des Schnittes ist die kleinste Masseneinheit $dm = H \, y \, dx$. Weiterhin folgt, indem y durch ax ausgedrückt wird:

$$m = H a \int x \, dx \quad \text{und}$$
$$m_{n,n-1} = \frac{H a}{2} (x_n^2 - x_{n-1}^2) \quad [m^3]$$

Die Zeit, die der Bagger im Bereich zwischen x_n und x_{n-1} zur Gewinnung der Massen arbeiten muß, ist definiert durch

$$T_{n,n-1} = \frac{M_{n,n-1}}{Q_e \eta_T} = \frac{H a}{2 Q_e \eta_T} (x_n^2 - x_{n-1}^2) \quad [h]$$

Hierbei wird eine Grundauslastung η_T des Baggers angenommen und vorausgesetzt, daß sich Q_e und η_T über der Streckenlänge nicht wesentlich ändern.

Diese Voraussetzung wird bezüglich Q_e voll, hinsichtlich η_T dagegen nur näherungsweise erfüllt. Die Abhängigkeit des η_T vom Umfang der Zugangzeiten infolge gegenseitiger Beeinflussung der Betriebsabschnitte ist aber gering und kann für diese Betrachtungen als unwesentlich gelten.

Die Gesamtzeit zur Gewinnung der innerhalb des Schwenksectors liegenden Massen ist:

$$T_{\text{ges.}} = \frac{H L^2 a}{2 Q_e \eta_T} \quad [h] .$$

Faßt man nun, wie beispielsweise in der "Verkehrstrümmungslehre" [15] üblich, die Zeit, die der Bagger im Bereich zwischen x_n und x_{n-1} steht, im Verhältnis zur Gesamtzeit für die Gewinnung der Massen des gesamten Sektors als Wahrscheinlichkeit dafür auf, den Bagger zwischen den Längen x_n und x_{n-1} anzutreffen, so ergibt sich:

$$\varphi_g = \frac{T_{n,n-1}}{T_{\text{ges.}}} = \frac{x_n^2 - x_{n-1}^2}{L^2} \quad [-]$$

Nach diesem einfachen Ausdruck ist es möglich, die Wahrscheinlichkeit der Geratestellungen, unabhängig von Q_e , η_T und den geometrischen Daten der Schwenkfigur, ausschließlich

über die den Bereich begrenzenden Längen anzugeben. In gleicher Weise wäre auch die wahrscheinliche Stellung des Absetzers bestimmt.

Es bleibt noch festzulegen, welche Fahrstrecke zum Bereich x_n bis x_{n-1} gehört und wie groß die Wahrscheinlichkeit dafür ist, daß der Bagger im Bereich $x_n - x_{n-1}$ gewinnt und gleichzeitig der Absetzer im Bereich $x_m - x_{m-1}$ verliert. Die Fahrstrecke für den Bereich $x_n - x_{n-1}$ setzt sich aus der Länge x_{n-1} und dem Schwerpunktabstand s_0' des Trapezes bzw. des Dreiecks zusammen.

Für die Schwerpunktabstände s_0' wird mit ausreichender Genauigkeit $0,66 \Delta L$ beim Dreieck und $0,60 \Delta L$ beim Trapez eingesetzt.

Da bezüglich des Gerätestandpunktes keine Zuordnung vorliegen soll, ergibt sich die Wahrscheinlichkeit für jede Kombination eines beliebigen Bereiches auf der Baggerstrosse mit einem beliebigen Bereich auf der Absetzerstrosse aus dem Produkt der bekannten Wahrscheinlichkeit der Bereiche. Die Gesamtzahl der Anordnungsmöglichkeiten beider Geräte erhält man durch Multiplikation der Zahl der Bereiche auf der Baggerstrosse mit der Zahl der Bereiche auf der Absetzerstrosse. Daraus folgt, daß mit Rücksicht auf den Aufwand der Rechnungen die Strossen nicht in zuviel Teile zerlegt werden dürfen. Andererseits wird aber die Genauigkeit des zu bildenden Durchschnittes für die Zugmangelzeiten bei grober Teilung der Strossen geringer.

Anlage 14 enthält ein schematisches Beispiel für die Berechnung der Wahrscheinlichkeiten der möglichen Gerätestellungen.

Weiter werden in der Anlage die mit den Wahrscheinlichkeiten zu erwartenden Transportentfernungen bestimmt. Aus den Differenzlängen ΔL_A bzw. ΔL_B wird die in jedem Fall vorhandene Überdimensionierung \bar{U}_G berechnet, die im Bedarfsfall auch als mittlere Wartezeit der Züge durch günstige Gerätestellung umgerechnet werden kann, wenn bekannt ist, welche Längen bei der Dimensionierung Eingang fanden, und unterstellt wird, daß sich die Fahrspielgrößen idealisiert immer nach dem Mittelwert einstellen.

6.3.3. Die Überdimensionierung des Betriebsabschnittes Verkipfung

Die Überdimensionierung des Betriebsabschnittes Verkipfung, d.h. die nach Mittelwerten leistungsmäßig stärkere Auslegung der Kippe gegenüber dem Bagger, verfolgt ganz allgemein das Ziel, eine Abhängigkeit der Gewinnungsleistung (über größere Zeiträume) von den nachgeschalteten Betriebseinrichtungen auszuschließen oder zumindest zu begrenzen.

Zunächst ist in diesem Zusammenhang festzustellen, daß ein gegenüber dem Bagger leistungsfähigeres Absetzgerät noch keine Überdimensionierung des Betriebsabschnittes Verkipfung bedeutet. Eine solche ist vielmehr erst dann vorhanden, wenn auch von den Grenzstrossenverhältnissen und von spezifischen Kippgrabeninhalt her gewährleistet ist, daß die Absetzerleistung im Bedarfsfall realisiert werden kann.

Im Grenzfall wird durch die Überdimensionierung der Absetzerleistung bei Einhaltung der Grenzstrossenlänge und ausreichendem spezifischen Kippgrabeninhalt theoretisch eine von der Arbeit des Absetzers unabhängige Leerzugfolge erreicht.

Bei konstanter Kippzeit verlassen die Züge mit den zeitlichen Abständen die Kippstelle, mit denen sie dort eintreffen. Jeder Zug findet dabei einen geräumten Graben vor und bekommt keinerlei Wartezeit.

Die Weiterverfolgung des Grenzfalles deutet aber bereits auf einen wesentlichen Unterschied hin, den die Überdimensionierung der Kippe gegenüber der Leistungserhöhung des rollenden Materials bezüglich der Wirkung auf Zugmangelzeiten durch gegenseitige Beeinflussung aufweist. Abgesehen von ökonomischen Erwägungen kann durch einen Mehreinsatz von Zügen der Zugmangel durch gegenseitige Beeinflussung (bezogen auf die durch Verteilungen begrenzte Veränderlichkeit der Fahrspielgrößen) ganz ausgeschlossen werden. Dabei muß lediglich die durchschnittliche Kippenleistung der des Baggers entsprechen.

Die vergrößerte Kippenleistung ermöglicht dagegen im günstigsten Fall eine vom Absetzer unabhängige Leersugfolge. Der Bagger bietet sich beim Erreichen dieses Zustandes selbst eine Zugfolge an, die er mit den vorausgehenden Baggerungen maßgeblich bestimmt hat und die von den Schwankungen der Voll- und Leerfahrtzeiten überlagert wird.

Das Auftreten der einzelnen Baggerzeiten kann nachgewiesenermaßen als statistisch zufällig angesehen werden. Damit wird erklärlich, daß die vom Bagger vorgegebenen Zugabstände beim Wiedereintreffen nicht mit den zu diesem Zeitpunkt entstehenden Beladeseiten in Übereinstimmung kommen, zumal sie durch Abweichungen der Fahrzeiten sehr stark verändert worden sein können. Es kommt demnach zu Wartezeiten der Züge auch bei einer sehr großen Kippenleistungsfähigkeit. Diese verursachen, wenn nicht gleichzeitig eine Überdimensionierung des rollenden Materials vorhanden ist (dabei spielt es keine Rolle, ob sie durch günstige Gestosteilung oder durch Einsatz von mehr Zügen, als nach Mittelwerten berechnet wurde, bedingt ist), unvermeidlich Zugmangelzeiten, da die Wartezeiten der Züge in ihrer Größe und Häufigkeit nicht bekannt sind und bei der Ermittlung des Zugbedarfes keinen Eingang finden konnten.

Diese Überlegungen führen zu dem Schluß, daß die Überdimensionierung des Betriebsabschnittes Verkippung wohl auf den Umfang der durch gegenseitige Beeinflussung zu erwartenden Zugmangelzeiten Einfluß nimmt, daß aber von dieser Maßnahme nicht die gleiche Wirkung erwartet werden darf, die bei der Erhöhung des Leistungsvermögens der Fördermittel eintreten wird.

Abgesehen von einer notwendigen Grenzziehung auf der Grundlage wirtschaftlicher Betrachtungen erscheint es nach diesen Zusammenhängen fraglich, ob die empirischen Vorstellungen, die Kippenleistung noch höher als die der Fördermittel zu bemessen, zu günstigen Leistungsproportionen der Betriebsteile führen.

Vor allen erscheint es wichtig, auf einige für die Überdimensionierung des Betriebsabschnittes Verkippung ungünstige Einflüsse einzugehen.

- 1.) Bei den zur Zeit üblicherweise eingesetzten Zugeinheiten stellen sich außerordentlich ungünstige Grenzstrossenbedingungen ein, wenn die Absetzerleistung noch weiter zunimmt.
- 2.) Die Forderung nach bestimmten Überdimensionierungsprozentsätzen erscheint illusorisch, da die Auswahl der Geräte an bestimmte Typen gebunden ist.
- 3.) Die nicht frei wählbare Absetzerleistung bietet nur in Ausnahmefällen die Möglichkeit einer guten Anpassung an eine noch näher zu bestimmende optimale Leistung im Sinne minimaler Gesamtkosten.
- 4.) Das Abfangen von Störungen durch erhöhte Kippenleistung ist nur in beschränktem Umfang möglich und ökonomisch äußerst aufwendig. Störungen werden nur in den Fällen bezüglich ihrer Auswirkung stark unterdrückt, in denen sie von geringer Dauer sind und anteilig zwischen den Absetzzeiten auftreten.

Wenn auch über die Häufigkeit bestimmter Größen von Störzeiten hier keine Untersuchungen angestellt werden können und es unsicher erscheint, ob solche Erhebungen zu allgemeinen, überbetrieblichen Gesetzmäßigkeiten führen, ist anzunehmen, daß anteilige Störzeiten geringen Umfanges nur einen Bruchteil der Gesamtstörungen ausmachen.

Langere Ausfallzeiten können durch überhöhte Kippenleistungsfähigkeit nur bei Wiederaufnahme des Betriebes in geringem Maße aufgezehrt werden.

- 5.) Die erheblichen Fahrzeitschwankungen der Züge ziehen Zugfolgezeiten nach sich, denen auch mit größeren Absetzerleistungen nicht so begegnet werden kann, daß keine Zugstillstände entstehen. Es kommt theoretisch zu Zugabständen, die auch die Verweilzeit der Züge auf der Kippstelle beim Anlegen einer Rundfahrt unterschreiten oder kleiner sind als die Mindestzeitunterschiede nach den Blockabständen.

In solchen Fällen, in denen andere Grenzen in Erscheinung traten, kann der Absetzer auch bei größter Leistung noch nicht einmal die von der Kippe unabhängige Leerzugrückfolge sichern. Verbessernd wirken unter diesen Umständen lediglich die Senkung der Kippzeit und die Erhöhung von Zuginhalt und Geschwindigkeit.

- 6.) Als kostennäßig unbestritten günstiger bieten sich gewisse Puffermöglichkeiten durch den Kipp, rabe an, die im Falle der Anwendbarkeit die Voraussetzung schaffen, die durch die Erhöhung der Absetzerleistung auf den Betriebsablauf erzielbare Wirkung mit geringeren Aufwand zu erreichen.

Diese Hinweise sollen keinesfalls einen Vorgriff auf die Entscheidungen darstellen, die erst nach der Gesamtkostenminimierung im Anschluß an die quantitative Behandlung der Zugmangelzeiten gefällt werden können. Sie sollen lediglich darauf hinweisen, daß es auf Grund einer Reihe von technologischen und ökonomischen Überlegungen zunächst sinnvoller erscheint, den Zugmangelzeiten durch gegenseitige Beeinflussung vorwiegend mittels Erhöhung der Leistungsfähigkeit des rollenden Materials entgegenzuwirken.

Als besonderer Vorteil kann dabei eine weitgehende Annäherung an die optimalen Bedingungen erreicht werden, da die Stufen der Überdimensionierung bis zu einem gewissen Grade frei wählbar sind (Einsatz von weiteren Zügen oder auch Erhöhung der Wagenszahl).

Es steht zweifelsfrei außer Frage, daß das optimale Leistungsvermögen der Absetzer über dem der Bagger zu erwarten ist. Andererseits ist damit zu rechnen, daß die günstigste Absetzerleistung nicht den empirisch bekannten Werten entspricht.

6.4. Puffermöglichkeiten durch den Kippgraben

Die bereits im Abschnitt 6.3. erwähnte Pufferwirkung des Kippgrabens tritt auf, wenn die offene Grabenlänge größer ist als eine Zuglänge, bzw. wenn der Graben die Massen einer Mehrfachschüttung aufnehmen vermag, ohne daß bei einfacher Schüttung die mögliche Leistung des Aufnahmeapparates wegen zu geringen spezifischen Grabeninhalt gedrosselt wird. Zu Zeiten eines vorübergehend die Absetzerleistung überschreitenden Massenangebotes kann der Absetzer die Massen nicht aufarbeiten, bis der nächste Zug an der Kippstelle eintrifft.

Entspricht die Grabenlänge der Zuglänge und kann keine Doppelkipfung durchgeführt werden, so kommt es zum Zugstau im Vollgleis.

Ist dagegen Doppelkipplung möglich bzw. eine größere offene Grabenlänge vorhanden, so werden die anfallenden Differenzmassen vorübergehend im Graben gespeichert. Solange das zusätzliche Speichervolumen ausreicht, erfahren die Züge keine Behinderung, soweit die Vollzugfolgszeit nicht kleiner als die Mindestverweilzeit auf der Kippstelle bzw. die dem Blockabstand entsprechende Mindestzeitdifferenz wird.

In Zeiten eines verminderten Massenangebotes bzw. einer überdurchschnittlichen Absetzerleistung werden die gespeicherten Massen aufgearbeitet. Es ist dabei einleuchtend, daß der Absetzer eine mittlere Leistung haben muß, die ^{größer} als die Durchschnittsleistung des Baggers ist und aus die Differenzen zwischen Angebot und Abnahme aus den sich über größere Zeitspannen ausgleichenden Verteilungen entspringen müssen.

Große Differenzen treten unter diesen Bedingungen nur selten auf. Die Wahrscheinlichkeit dafür, daß mehrmals nacheinander extreme gleichsinnige Differenzen entstehen, nimmt nach dem Multiplikationssatz der Wahrscheinlichkeiten rasch ab.

Die Ausnutzung dieser Puffermöglichkeit hat demnach auf die Leerzugrückfolge die gleiche Wirkung, die durch eine Erhöhung der Absetzerleistung auftritt.

Gegen die allgemeine Empfehlung einer derartigen Arbeitsweise sprechen allerdings einige Besonderheiten, deren Berücksichtigung nur in Einzelfällen die Nutzung der Pufferwirkung des Grabens gestattet.

- 1.) Bei Anwendung des Schwenkverfahrens arbeiten die Absetzgeräte vorwiegend auf den letzten Längen der Kippe und weichen bei Durchführung der Rückarbeiten auf die vorderen Längen aus, um Betriebsunterbrechungen soweit als möglich zu vermeiden. Dieses Arbeitsprinzip zwingt zur Einhaltung bestimmter Gesetzmäßigkeiten für die Bewegungen der Gerüste. Vor allem die beiderseitige Anordnung der zusätzlichen Grabenlänge, aber auch die drehpunktsei-

tige Lage der gesamten Zusatzlänge erschweren das Einhalten einer richtigen Massenverteilung. Die Ablagerung der Differenzmassen in den Zusatzlängen erfolgt sehr unregelmäßig nach dem zufälligen Auftreten der Unterschiede zwischen Angebot und Abnahme. Durch Schwenkbewegungen des Abwurfauslegers kann bei längeren Zusatzgraben der Massenausgleich nicht voll erreicht werden.

- 2.) Der Umfang der anfallenden Gleisunterhaltungsarbeiten wird ungünstig beeinflusst, da die Züge an den nur in Ausnahmefällen mit Massen ausgefüllten Verlängerungen des Grabens entlang fahren.
- 3.) Das notwendige Verschieben des Zuges beim Abkippen der momentan anfallenden Massen erhöht die Verweilzeit der Züge auf der Kippstelle durch erhöhte Wegstrecken für die Kippmannschaft.
- 4.) Die Fahrweise des Absetzers wird komplizierter. Besonders gilt das, wenn die Aufarbeitung der vorübergehend gespeicherten Massen erfolgen soll.

Beim Aufarbeiten der Massen im Bereich der Zusatzgrabenlänge lassen sich Leerfahrten des Absetzers über Teillängen des Grabens nicht vermeiden. Daraus folgt, daß die mittlere Leistung des Absetzers auch beim Ausnutzen der Puffermöglichkeit etwas über der des Baggers liegen muß, um die anteiligen Leerfahrtszeiten beim Abbau der Zusatzlängen zu erübrigen.

Die Doppelkipfung stellt nur dann eine Puffermöglichkeit dar, wenn der Absetzer seine volle Leistung auch schon bei Einfachkipfung erreichen kann.

In einigen Betrieben des Industriezweiges wird doppelt, selten auch dreifach (25 m^3 -wagen, A₂s 2240) gekippt. Dabei geht es aber in erster Linie um die Erhöhung des ungenügenden spezifischen Kippvolumenhaltes. Diese Verfahrensweise

ist deshalb nicht mit der hier besprochenen Puffermöglichkeit gleichzusetzen, die davon ausgeht, daß schon bei Einfachkipfung ein ausreichender spezifischer Kippgrabeninhalt vorhanden ist.

Beim Anlegen eines "stationären Kippgrabens" mit befestigter Grabenkante im Drehbereich und Banotransport auf der Kippenstrosse entfallen die einschränkenden Schwierigkeiten nach 1.) bis 2.) ganz, bei gleichzeitiger Anwendung der Mehrfachkipfung auch die unter 3.) erwähnten. Die Überdimensionierung der Absetzgeräte kann auf einen sehr geringen Wert reduziert werden. Es wird mit geringstem Aufwand möglich, die Leerzugrückfolge von der Absetztätigkeit weitestgehend unabhängig zu machen.

Es erscheint notwendig, bei den durchzuführenden Rechnungen zu prüfen, für wieviel Massen zusätzlich Unterbringungsmöglichkeit geschaffen werden muß, um die mit einer bestimmten Absetzerüberdimensionierung erzielbare Wirkung auf diese ökonomisch konkurrenzlose Art zu erreichen.

7. Die derzeitige Dimensionierung des rollenden Materials

Zur Ermittlung des Bedarfes an rollendem Material werden in der Literatur [4], [18] und [19] verschiedenartige Berechnungsverfahren vorgeschlagen, die eine kritische Betrachtung erfordern, da die Ergebnisse der folgenden Rechnungen wesentlich davon abhängen, welche Leistungsfähigkeit der Fördermittel als Ausgangsbasis angenommen wird.

7.1. Die innerhalb der Literatur vorgeschlagenen Berechnungsverfahren

[18] "Begriffsbestimmungen für den Braunkohlentagebau"

Der Zugbedarf wird aus Fahrspiieldauer und Füllzeit bestimmt. Letztere ergibt sich aus dem rapportierten Zuginhalt und der maximalen Standortleistung des Gewinnungsgerätes. Als Fahr-

spiel gilt ein Bestfahrspiel (mit optimalen Geschwindigkeiten unter Berücksichtigung des technologischen Zustandes). Die Fahrstrecken werden bis zum Strossenende in Rechnung gestellt. Über eine Reserve wird nicht gesprochen. Wartezeiten sollen nur in dem Maße ins Fahrspiel aufgenommen werden, wie sie durch graphische Fahrpläne belegt werden können.

[22] "Berechnungsgrundlagen für den Braunkohlentagebau"

Die Berechnung erfolgt nach der gleichen Grundkonzeption wie in [18]. Die Geschwindigkeiten werden genauer definiert und getrennt für stationäre und bewegliche Gleisanlagen sowie für 900 mm und 1435 mm Spurweite als Mittelwerte für Voll- und Leerfahrt vorgegeben.

Weiterhin liegen die maximale Standortleistung des Baggers, Fahrstrecken bis zum Strossenende und "Wartezeiten durch die Betriebsverhältnisse" zugrunde, die mit 1 min für den Leerzug an der Baggerverteilung und 1 min für den Vollzug an der Kippenverteilung in Ansatz gebracht werden.

Außer der Reserve durch Aufrundung des Zugbedarfes auf die nächst größere ganze Zahl (kann evtl. = 0 sein), wird zusätzlich ein Reservezug und der Reparaturbedarf vorgesehen. Die spezifischen Kippzeiten sind auf der Grundlage von zahlreichen Messungen als Durchschnittswerte fixiert. Eine vom Leistungsanteil der verschiedenen Fahrspiele ausgehende Mittelwertrechnung gestattet die Ermittlung des Zugbedarfes für das Anfahren mehrerer Kippen von einem Bagger aus.

19 Forschungsabschlussbericht "Kapazität"

Die Berechnung des Zugbedarfes erfolgt über die B-Lokstundenleistung.

Die Ausgangsbeziehung $Z_b = \frac{C_e}{\sum \frac{Q_i \cdot L_i}{v_i}} \cdot R_p$ wird nach Rebbelmann einer Korrektur zu

$$Z_b = \frac{Q_e \sum \frac{Q_i}{L_i}}{\sum Q_i} \cdot R_p \quad \text{unterworfen.}$$

Die erste, ungenaue Mittelwertbeziehung entstand dadurch, daß anstelle der Aufgliederung des Q_e auf die einzelnen Kippen eine mittlere gewogene E-Lokstundenleistung Eingang fand. Die Wichtung erfolgt nicht wie bei Härtig - Ciesielski [22] an den Fahrspielzeiten, sondern am Kehrwert der Zeit, der Stundenleistung, was zu einer fehlerhaften Beziehung führte. Die Komplikationen entfallen, wenn die Beziehung wie folgt aufgebaut wird:

$$Z_b = \frac{v_e}{Q_{L \text{ gew.}}} \quad \text{und} \quad Q_{L \text{ gew.}} = \frac{V_x \cdot n}{u_1 T'_{b1} + u_2 T'_{b2} + \dots + u_n T'_{bn}}$$

Sie deckt sich hinsichtlich der Ergebnisse mit der von Rebbelmund vorgeschlagenen Beziehung, die keine Ungenauigkeiten zuläßt.

Bei der Errechnung der E-Lokstundenleistung wird mit zwei Grenzfahrspielen T_a und T_b gearbeitet. Sie unterscheiden sich dadurch, daß in T_a die Strecken bis zum Strossenende, in T_b nur die bis zum Schwerpunkt verwandt werden. In die Lokstundenleistung und in die Fahrspielzeiten T_a und T_b geht die Relaxezeit $\frac{v_e}{v_e} \cdot 60$ [min] ein.

Die Minimalgeschwindigkeiten werden für T_a und T_b gleichgroß vorgeschlagen. Eine pauschale Wartezeit von 2 min im "Einbaggerbetrieb" soll den Einfluß der Transportfahrten, der Überdimensionierung durch Aufrundung von Z_b und die Zeitverluste durch das Anfahren berücksichtigen. Die Wartezeit kann verständlicherweise nur auf Grund empirischer Erhebungen angegeben werden, erscheint aber nicht folgerichtig. Die durch Überdimensionierung entstehenden Wartezeiten der Züge dürfen in der Dimensionierungsbeziehung keine Verwendung finden, da dadurch über die Vergrößerung von T_a

Bergakademie
- Bücherei -
Freiberg i. Sa.

und T_p wiederum mehr rollendes Material errechnet wird. Die "Zeitverluste durch Anfahren" müßten sich in den Werten der mittleren Fahrgeschwindigkeiten ausdrücken.

Der Vorschlag, gesetzmäßige Wartezeiten durch Blockabstände über Fahrdiagramme zu ermitteln, erscheint nur schwierig(X) realisierbar und birgt die Unsicherheit in sich, daß unzureichend bemessene Gleisanlagen zu einem Mehreinsatz von rollendem Material führen. Für die Lokomotiven werden 10 % Reparaturanteil vorgeschlagen. Ein Reservezug ist nicht vorgesehen. Von insgesamt 11 % nicht vorausschbaren Stillständen, Leerlauf in der Reparatur und Anteil der nicht parallelisierbaren Generalreparatur werden nach einer Repräsentativerhebung 7,8 % durchschnittliche Reserve infolge Aufrundung des Wertes für Z_p abgesetzt, so daß sich ein Reservefaktor $R_p = 1,03$ ergibt, der für die Berechnungen vorgeschlagen wird. Eine Reserve zur Abnahme der Spitzenleistungen der Bagger wird mit den folgenden Begründungen abgelehnt:

- 1.) Bei Baggerstandpunkten in Nähe der Grenzstrossenlänge kommt es infolge überdurchschnittlicher Baggerleistung zur Verkürzung von L_{max} . Es treten Baggerstillstände auf, die durch Auslegung des rollenden Materials nach der besten Baggerleistung nicht zu vermeiden sind.
- 2.) Wird auch bei besten Baggerleistungen kein Grenzstrosseneinfluß wirksam, so entsteht ohnehin durch die Fahrspielverkürzung eine erhöhte Leistungsfähigkeit des rollenden Materials.

(X) Das gilt besonders im Hinblick auf die Trennung der Wartezeiten im Sinne des vierten Abschnittes auf Seite 74.

7.2. Stellungnahme zu den vorgeschlagenen Berechnungsarten

Die Berechnung des Bedarfs an rollendem Material sollte grundsätzlich von den Ursprungsgrößen Fahrspieldauer und Beladezeit ausgehen, da es keinerlei Begründung für die Verwendung komplizierter abgeleiteter Ausdrücke wie E-Lokstundenleistung und dergl. gibt. Für Rechnungen eignen sich, wie in den Vorschlägen übereinstimmend ausgeführt wird, einzig die gesicherten Mittelwerte der Baggerleistung und der Fahrgeschwindigkeit.

Bei Überschreitungen der Grenzstresslängen ist es folgerichtig, nur die Grenzstresslänge als Fahrstrecke zu verrechnen, da das Einbeziehen der gesamten Stresslänge keine Leistungssteigerung ermöglicht.

Sind Grenzstressüberschreitungen ausgeschlossen, so empfiehlt es sich, die Längen bis zum Stressende anzusetzen, um zu garantieren, daß auch am Stressende die durchschnittliche Leistung der Gewinnungsgeräte abgefahren werden kann.

Das Ansetzen von Wartezeiten darf sich keinesfalls auf solche Werte beziehen, die durch eine Überdimensionierung des rollenden Materials (günstige Gerätestellung, Aufrundung des Zugbedarfes auf ganzzahlige Werte, Mehreinsatz von Zügen, Erhöhung der Wagenzahl usw.) entstehen.

Es erscheint nicht gerechtfertigt, die in jedem Fall unterschiedliche Reserve durch Aufrundung des errechneten Zugbedarfes bei der Festlegung des Reserveanteils in allgemeiner Form abzusetzen.

Inwieweit zusätzlicher Aufwand an rollendem Material ökonomisch vertretbar ist, muß durch die Bestimmung optimaler Leistungsproportionen der Betriebsabschnitte geprüft werden.

Die Begründung für die Ablehnung der Reserve zur Abnahme von Spitzenleistungen des Baggers ist nicht stichhaltig, da es

brauchbare Methoden zur Ausschaltung des Grenzstresseneinflusses gibt und die geringe Fahrspielverkürzung bei guten Baggerzeiten die Leistungsfähigkeit des Fahrbetriebes nur unwesentlich erhöht, zumal die reduzierte Fahrspieldauer über den zyklischen Zugverkehr nicht in dem Moment wirksam wird, in dem der Bagger geringe Leerzugfolgen fordert, um Stillstandszeiten zu vermeiden.

Es muß untersucht werden, welcher Mehreinsatz von rollendem Material optimale Betriebsbedingungen für gegebene Verhältnisse ermöglicht. Nach den Ergebnissen läßt sich dann festlegen, welche Korrekturen an der Beziehung für die Bedarfs-ermittlung anzubringen sind.

Als Basis für die weitere Bearbeitung dient ein Zugbedarf, der aus folgenden Größen bestimmt wird:

$$Z_b = \frac{\bar{t}_e}{\bar{t}_B} \quad [—]$$

\bar{t}_e = durchschnittliche Fahrspielzeit für einen Zuglauf
[min]

\bar{t}_B = mittlere Baggerzeit eines Zuges [min]

In \bar{t}_e gehen die Fahrstrecken bis zum Strossenende, die mittleren Geschwindigkeiten für Voll- und Leerfahrt unter Berücksichtigung der Geschwindigkeiten auf den Strossen, die mittlere Beladezeit und die durchschnittliche Kippzeit ein. Zusätzlich werden gesetzmäßige Wartezeiten bei Rückstoffahrten der Züge nach empirischen Erhebungen mit aufgenommen. Gegebenenfalls sind Behinderungszeiten der Züge in Wechsellinien und Stellwerksanlagen insoweit zu berücksichtigen, als sie von der gegenseitigen Beeinflussung der Betriebsabschnitte keine Abhängigkeit aufweisen.

Abgesehen von dem hier nicht zu erläuternden Fall, daß im Stellwerk der engste Betriebsabschnitt liegt, ist zu bemerken, daß die Bestimmung der von den Schwankungen der Fahr-

spielgrößen unabhängigen Behinderungszeiten über graphische Fahrpläne oder Simulationen auf Rechenautomaten durchaus möglich erscheint.

Voraussetzung dafür ist allerdings eine gesonderte Untersuchung. Diese ist an die speziellen Bedingungen bezüglich der Gleis- und Stellwerksanlagen geknüpft. Ihre Ergebnisse lassen sich deshalb nicht verallgemeinern.

Die Veränderlichkeit aller Größen des zyklischen Zugverkehrs ist als Hauptursache der Zugwartezeiten in Stellwerksbereichen anzusehen, wenn, nach Mittelwerten gerechnet, deren Durchlaßfähigkeit ausreichend bemessen ist. Da diese Wartezeiten der Züge, die ja Gegenstand der Betrachtungen sind, in den Rechnungen bereits erfaßt werden, ist darauf zu achten, daß bei der Ermittlung von \bar{T}_e allenfalls noch ein geringer Wert zur Berücksichtigung der von der gegenseitigen Beeinflussung der Betriebsabschnitte unabhängigen Wartezeiten aufgeschlagen werden darf.

In den Beispielen wurde auf das Einbeziehen von zusätzlichen Wartezeiten bei der Bestimmung von Z_b verzichtet, da Rückstoßfahrten nicht vorgesehen sind und für die außerhalb der Beeinflussung der Betriebsabschnitte zu erwartenden Behinderungen in Stellwerken keine Anhaltswerte gegeben sind. Außerdem ist auf Grund der Größe der gegebenenfalls aufzunehmenden Wartezeit kein wesentlicher Einfluß zu erwarten.

Der so errechnete Zugbedarf wird als der verstanden, dessen Leistungsfähigkeit der durchschnittlichen Baggerleistung entspricht, d.h., der keine Überdimensionierung des rollenden Materials beinhaltet ($U_Z = 0$ und $U_W = 0$), wenn beide Geräte am Strossenende arbeiten.

Z_b ist zunächst nicht aufzurunden (gilt nur für die Rechnungen), um zu vermeiden, daß eine in der Wirkung nicht einschätzbare Überdimensionierung vorliegt.

Innerhalb der (Abschnitt 11.) durchzuführenden Rechnungen werden neben der Veränderlichkeit der Fahrspielgrößen sowohl die beeinflussbaren Überdimensionierungen (durch Einsatz von

zusätzlichen Zügen, durch Vergrößerung der Wagenzahl, durch Verminderung der Fahr-, Kipp- und Wartezeiten) als auch die zwangsläufigen Überdimensionierungen des rollenden Materials infolge zeitweilig günstigerer Gerätestellungen berücksichtigt.

8. Die Untersuchung der spezifischen Kosten für das Gewinnen, Absetzen und Transportieren des Abraumes

Die leistungsmäßige Auslegung der dem Bagger nachgeschalteten Betriebseinrichtungen gilt als optimal, wenn die Gesamtkosten für die Abraumeneinheit ein Minimum erreichen.

Die Festlegung der günstigsten Proportionen nach einem ökonomischen Optimalitätskriterium setzt voraus, daß die Abhängigkeit des Umfanges der Zugmangelzeiten von bestimmten Aufwendungen für technologische Veränderungen bekannt ist. Die Minderung der Zugmangelzeiten durch gegenseitige Beeinflussung der Betriebsabschnitte, d.h. die Verbesserung der zeitlichen Auslastung der Bagger und Absetzer, ist an technologische Maßnahmen gebunden, die ihrerseits einen ökonomischen Aufwand fordern.

Die Bearbeitung geht von der Tatsache aus, daß einerseits mit zunehmender zeitlicher Auslastung die spezifischen Kosten für das Gewinnen und Verstärzen der Massen zurückgehen, andererseits aber gegenläufig dazu der Mehreinsatz von rollendem Material bzw. der Einsatz überdimensionierter Absetzer eine Kostenerhöhung mit sich bringen muß.

Besonders zu betonen ist, daß es bei dieser Betrachtung nicht um die absolute Höhe der Kosten geht. Vielmehr werden nur die Kostenteile berücksichtigt, die eine klare Abhängigkeit von der sich in einem relativ geringen Bereich ändernden zeitlichen Auslastung der Betriebseinrichtungen aufweisen.

Ausgegliedert werden nachstehende Aufwendungen:

- 1.) Gemeinkosten aller Art (sowohl die des Bereiches der Gewinnung als auch die der Förderung und der Verkipfung);
- 2.) sämtliche Kosten, die durch Gleisanlagen und Gleissicherungseinrichtungen verursacht werden (einschließlich der Gleisunterhaltung, deren Umfang von der zu betrachtenden Änderung der Jahresleistung nur unwesentlich beeinflusst wird);
- 3.) Kosten der Kipparbeiten;
- 4.) Kosten der Gleisrückarbeiten;
- 5.) Kosten für Nebentransporte jeglicher Art;
- 6.) alle Kosten, die einen ursächlichen Zusammenhang mit der Hauptabteilung Kohlenabbau haben;
- 7.) Kosten der verschiedensten Hilfsarbeiten (Planierarbeiten, Sondermassenbewegungen usw.);
- 8.) alle Kosten, die einen ursächlichen Zusammenhang mit den Entwässerungsarbeiten und sicherheitstechnischen Maßnahmen haben.

Wenn auch einige der genannten Aufwendungen nicht vollkommen unabhängig von der zeitlichen Auslastung der Betriebsabschnitte sind und gerade diese Kostenarten einen erheblichen Anteil an den Gestezungskosten für die Mengeneinheit des zu bewegenden Abraumes haben, so darf doch als sicher gelten, daß die hier zu betrachtende Änderung der zeitlichen Auslastung (um wenige Prozent der Kalenderzeit) die ausgegliederten Kosten nur unwesentlich beeinflusst.

Für die Bearbeitung standen drei Kostenarten im Mittelpunkt des Interesses:

- 1.) die spezifischen Gewinnungskosten der in Betrieben mit Zugforderung eingesetzten Bagger in Abhängigkeit von der erreichten Jahresleistung;

- 2.) die spezifischen Absatzkosten der Typenabsetzer in Abhängigkeit von der erzielten Jahresleistung;
- 3.) die spezifischen Förderkosten der üblicherweise eingesetzten Zügeinheiten.

Die Addition dieser drei Aufwendungen stellt den Teil der Gesamtkosten dar, der maßgeblich von der erreichten zeitlichen Auslastung bestimmt wird. Die Verbesserung der zeitlichen Auslastung drückt sich vorwiegend über die Veränderung dieser Kosten im Umfang des Gesamtaufwandes aus.

Gesucht wird die Leistungsfähigkeit der Fördermittel und Absetzeinrichtungen, die dem Minimum der Summe aus den Kosten nach 1. - 3. entspricht. Die dadurch festgelegte Proportionierung der Betriebsabschnitte bietet Gewähr dafür, daß die Abraumarbeiten mit geringsten spezifischen Aufwendungen zur Durchführung kommen.

Diese Zielsetzung hat grundlegende Bedeutung für alle in Betrieb befindlichen und zu projektierenden Tagebaue, da sie die Voraussetzung für ein günstiges Betriebsergebnis darstellt. Gleichzeitig läßt die Untersuchung eine Aussage darüber zu, mit welchen Veränderungen bezüglich der spezifischen Aufwendungen das Abweichen von den optimalen Verhältnissen erkauft werden muß.

Es sei an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, daß die Veränderlichkeit der zeitlichen Auslastung nur in dem Bereich behandelt wird, der bei der Abgrenzung der Thematik definiert wurde.

Die ab 1.4.64 gültige Industriepreisreform konnte nicht berücksichtigt werden. Die für die Gewinnungs- und Absatzkosten verwendeten ökonomischen Kennzahlen gründen sich sämtlich auf über Jahre ausgedehnte umfangreiche betriebliche Erhebungen.

Änderungen, die durch die Industriepreisreform einschließlich Folgemaßnahmen ausgelöst werden, sind zur Zeit nicht bis in alle Einzelheiten zu übersehen. Sichere effektive Durchschnittswerte können erst nach Ablauf des Jahres 1965 erwartet werden, da im Jahre 1964 noch 3 Monate nach den bis dahin gültigen Preisen kalkuliert wurde.

Änderungen sind vor allem bezüglich der Positionen Abschreibungen, Energie, Material und Reparaturen zu erwarten. Inwieweit die Lage des Optimalbereiches davon beeinflusst wird, kann zur Zeit nicht exakt angegeben werden.

Es erscheint zweckmäßig, im Jahre 1966 die durchgeführten Untersuchungen mit den neuen, gesicherten Kostensätzen zu wiederholen und die Ergebnisse gegebenenfalls zu korrigieren.

Die Bestimmung der Abhängigkeit der spezifischen Gewinnungs- und Absatzkosten von der Jahresleistung erfolgte auf der Grundlage einer Ausarbeitung des PKB Kohle Berlin [20].

In dem vorliegenden Bericht vom Oktober 1963 werden die spezifischen Aufwendungen für alle zur Zeit im Einsatz befindlichen Typengeräte (Zeitspanne von 1959 bis 1962) ausgewiesen. Die Kostensätze beinhalten die Anteile für Abschreibungen, Energie, Material, eigene und fremde Reparaturen, Lohn und sonstige Eigen- und Fremdleistungen.

Über der Jahresleistung aufgetragen (Abbildungen 17, 18, 19 und 20) zeigt sich für die Geräte SchRs 1200, SchRs 630/800, D 1120, As 1120, A₂s 2240 und As 450 übereinstimmend ein Trend, auf Grund dessen mit einer hyperbolischen Abnahme der spezifischen Kosten pro m³ Abraum zu rechnen ist.

Um die Abhängigkeit funktionell zu erfassen, wurde für alle Typengeräte eine hyperbolische Ausgleichsfunktion $y = a + \frac{b}{x}$ approximiert. Die Ableitung der Bestimmungsgleichungen für die Konstanten erfolgt in Anlage 15. Am Beispiel der Schau-

Felradbagger vom Typ SchRs 1200 werden in Anlage 16 die Rechnungen erläutert. Die ermittelten Ausgleichsfunktionen sind in Anlage 17 zusammengestellt und in den Abbildungen 17 bis 20 eingezeichnet.

Die Zusammenhänge werden, wie schon rein optisch feststellbar, recht gut wiedergegeben. Die in der Anlage 16a bestimmte Korrelation weist darauf hin, daß zwischen den effektiven Kosten und den Werten der Ausgleichsfunktion eine klare Abhängigkeit vorliegt.

Mit Ausnahme des As 450 können die Funktionen als gesichert gelten, da sie sich auf eine recht beträchtliche Zahl von Werten stützen, die jeweils auf die Zeitspanne eines vollen Kalenderjahres bezogen sind.

Für die As 450 sind nur vier Werte vorhanden. Die Lage der Ausgleichsfunktion weist aber den erwarteten Unterschied gegenüber den Beziehungen für die Typenabsetzer As 1120 und A₂s 2240 auf, so daß sich auch die spezifischen Kosten dieser Geräte in erster Näherung so verhalten werden, wie das von der Funktion bestimmt wird.

Die Konstanten der Ausgleichsfunktionen für die Typenabsetzer zeigen, wenn sie über der durchschnittlichen Stundenleistung aller Geräte der jeweiligen Art als Maß für die Leistungsstärke und Gerätegröße aufgetragen werden, eine klare Korrelation (Abbildung 21). Es war deshalb naheliegend, nochmals eine Näherungsbeziehung für diese Abhängigkeit zu entwickeln.

In Anlage 18 werden die Bestimmungsgleichungen für die Konstanten der Ausgleichsparabel $y = cx^2 + d$ abgeleitet und der Rechnungsablauf behandelt.

Es wird damit möglich, auch das zu erwartende Kostenbild von Absetzern rechnerisch zu behandeln, die in der Typenreihe nicht enthalten sind.

Diese Tatsache muß hervorgehoben werden, da sie als Voraussetzung dafür gilt, Aussagen hinsichtlich der spezifischen Kosten für gewählte Absetzerleistungen machen zu können.

Es besteht theoretisch die Möglichkeit, ohne Bindung an die groben Leistungsstufen der Typenabsetzer beliebige Absetzerleistungen kostenmäßig näherungsweise zu erfassen und das optimale Leistungsvermögen des Absetzers zu ermitteln.

Für den praktischen Gebrauch der Beziehung muß allerdings einschränkend festgestellt werden, daß ein Extrapolieren für Geräte mit einem Q_{eA} von mehr als $2500 \text{ m}^3/\text{h}$ nicht vorgenommen werden sollte. Für sehr große Leistungen der Absetzer konnte die Abhängigkeit auf Grund fehlender Geräte nicht gesichert werden.

Außerdem ist zu erwähnen, daß die parabolische Abhängigkeit der Konstanten vom mittleren Q_{eA} der Gerätetypen (Abbildung 21) gegebenenfalls vorwiegend durch die, bezogen auf den Leistungszuwachs, starke Zunahme der Dienstmasse des A_2s 2240 begründet wird. Der Übergang vom einteiligen (A_s 1120) zum zweiteiligen (A_2s 2240) Absetzer bedeutet eine Änderung der Konstruktionskonzeption. Ein Beibehalten der Einteiligkeit würde evtl. zu Werten führen, die durch eine Gerade besser genähert werden könnten.

Unabhängig von diesen Einschränkungen kann von der allgemeinen absetzkostenfunktion eine brauchbare Näherung der zu erwartenden spezifischen Kosten erwartet werden, wenn das gewählte Q_{eA} etwa zwischen 500 und $2500 \text{ m}^3/\text{h}$ liegt.

Besonders wichtig ist diese Möglichkeit vor allem im Hinblick darauf, daß die Abstufungen der Typenreihe nicht sicher als optimal bezeichnet werden können.

Bei den durch das rollende Material verursachten Kosten ist es wichtig zu bestimmen, welche spezifischen Aufwendungen in $[\text{Pf}/\text{m}^3]$ entstehen, wenn über das ganze Jahr ein Zug dem Betrieb zur Verfügung stehen soll. Dabei muß Beachtung finden, daß die "im dauernden Einsatz befindliche Zugeinheit" eine angenommene Größe darstellt. Machen sich Reparaturen notwendig, so müssen Zugeinheiten oder Teile derselben durch andere ersetzt werden. Um eine Zugeinheit dauernd

im Einsatz zu haben, muß dem Betrieb ein Reparaturanteil zur Verfügung stehen, der kostenmäßig mit zu erfassen ist. Mit Rücksicht auf diese für das hier verfolgte Ziel zweckmäßige Definition wird die Kostenbestimmung für das rollende Material vorgenommen (Anlage 19). Die Gesamtkosten für jede beliebige Zugeinheit ergeben sich durch Addition der in der Anlage 19 einzeln behandelten Positionen. Werden die jährlichen Kosten der Zugeinheit durch die Massen geteilt, die in diesem Zeitraum mit der Zugeinheit transportiert wurden, so erhält man näherungsweise die spezifischen Förderkosten für die Mengeneinheit.

Um Näherungen handelt es sich deshalb, weil die Position "Reparaturen" auf Grund fehlender Unterlagen nur zeitabhängig berücksichtigt wird, die Reparaturkosten aber ohne Zweifel auch davon abhängen, wieviel Fahrten der Zug innerhalb des Jahres durchführt. Beim Einsatz von zusätzlichem rollendem Material wird die Gesamtmassenbewegung über die verbesserte zeitliche Auslastung der Bagger infolge reduzierter Zugmangelzeiten ansteigen. Die Mehrleistung der Abteilung ist allerdings begrenzt und wird dem Mehreinsatz von Zügen niemals verhältnismäßig sein. Für die einzelnen Züge ergibt sich daraus eine Abnahme des jährlichen Massenanteiles. Die Reparaturaufwendungen gehen in der Folge etwas zurück, werden aber die Grundtendenz der Förderkostenerhöhung nicht beeinträchtigen.

Die Quellenangaben für die verwendeten Kostensätze sind den Anlagen zu entnehmen.

Der Aufbau der Kostenrechnung gestattet es, Änderungen der Wagenzahl kostenmäßig zu erfassen.

Da auch im Automatenprogramm, wie noch erläutert wird, ein Arbeiten mit veränderter Wagenzahl möglich ist, kann der optimale Bereich zunächst theoretisch genau abgegrenzt werden. Im Anschluß daran ist zu entscheiden, inwieweit die Betriebsverhältnisse dem Optimum angepaßt werden können.

Es darf dabei nicht übersehen werden, daß durch die Vergrößerung der Wagenzahl evtl. auch kleinere Überdimensionierungsbeträge realisierbar sind, als sie beim Einsatz eines weiteren Luges zwangsläufig vorliegen würden.

Mit Hilfe der Beziehungen für k_{sp_B} , k_{sp_A} und k_{sp_Z} können alle in den folgenden Abschnitten untersuchten Änderungen der Zugmangelzeiten durch gegenseitige Beeinflussung der Betriebsabschnitte kostenmäßig erfaßt werden. Ausgehend von einer vorgegebenen Grundauslastung des Typenbaggers wird die Senkung des Zugmangels in der Erhöhung der Jahresleistung Q_{ea_B} ausgedrückt und damit k_{sp_B} bestimmt. Gleichzeitig wird die Überdimensionierung des rollenden Materials und des Absetzers, die für eine bestimmte Senkung des Zugmangels aufgewandt werden mußte, über k_{sp_A} und k_{sp_Z} erfaßt.

Für die verschiedenen gewählten Absetzerstundenleistungen Q_{e_A} als Parameter entstehen Kurvenzüge der spezifischen Gesamtkosten (ohne die ausgeklammerten Kostenanteile) als Funktion der Überdimensionierung der Pördereinrichtungen.

Der absolut niedrigste Gesamtkostensatz innerhalb der Kurvenschar definiert schließlich die optimale Dimensionierung des rollenden Materials und gleichzeitig den günstigsten Parameter, d.h. die zweckmäßigste Absetzerstundenleistung.

Die Jahresleistung Q_{ea_A} des Absetzers kann bei überdimensionierten Geräten nicht aus Q_{e_A} und η_T ermittelt werden, da durch die Erhöhung der mittleren Leistungsfähigkeit eine Verschlechterung des η_T trotz der verminderten Zugmangelzeiten am Bagger erwartet werden muß. Sie ist aber in jedem Fall dadurch gegeben, daß sie unabhängig vom stündlichen Leistungsvermögen des Gerätes genausogroß wie die Jahresleistung Q_{ea_B} des Baggers sein muß.

9. Möglichkeiten zur Bestimmung der Zugmangelzeiten durch gegenseitige Beeinflussung der Betriebsabschnitte

9.1. Die mathematisch-theoretische Behandlung der Zusammenhänge

Die ersten Vorstellungen zur vorliegenden Thematik liefen darauf hinaus, an die Untersuchung der einzelnen fahrspielwirksamen Größen eine theoretische Behandlung des Zusammenspiels der Betriebsabschnitte anzuschließen.

Die allgemeine mathematische Behandlung der gegenseitigen Abhängigkeit der Betriebsabschnitte ist äußerst kompliziert. Das System (Bagger, Absetzer und Züge) kann, zeitlich betrachtet, sehr viele charakteristisch unterschiedliche Zustände annehmen, die zunächst sämtlich definiert werden müssen.

Erst danach können zweckmäßige Ansätze zur Bestimmung der Übergangswahrscheinlichkeiten gesucht werden.

Eine Beantwortung der aufgeworfenen Frage nach der Abhängigkeit der Zugmangelzeiten am Bagger von der Leistungsfähigkeit des rollenden Materials und der Kippe kann nur über eine Weiterentwicklung der "Theorie zyklischer Bedienungsprozesse" erfolgen.

In der mathematischen Literatur sind zyklische Bedienungsprozesse, die bezüglich ihres Modells dem hier vorliegenden entsprechen, nicht behandelt. Aus diesen Gründen ist die theoretische Behandlung der Fragestellung an eine beträchtliche Entwicklungsarbeit innerhalb einer speziellen Richtung der mathematischen Statistik gebunden.

Diese Entwicklungsarbeit konnte nicht Gegenstand der Untersuchung sein.

Da das beim Zugverkehr in Abraumabteilungen von Tagebauen in Erscheinung tretende Bedienungsproblem unter Umständen auch für die Bearbeitung anderer Aufgaben von Interesse ist, werden die theoretischen Arbeiten am Institut für

Mathematische Statistik der TU Dresden weitergeführt.

Dabei soll zunächst unter stark vereinfachten Bedingungen ein prinzipieller Lösungsweg gesucht werden. Durch schrittweises Fallenlassen der Vereinfachungen wird schließlich eine Berechnungsmöglichkeit angestrebt, die es erlaubt, betriebsnahe Verhältnisse zu behandeln.

9.2. Simulation des Betriebsablaufes auf Rechenautomaten

Das Nachahmen der Betriebsvorgänge in Form von Rechenbefehlen für Automaten stellt grundsätzlich die zweite Möglichkeit zur Ermittlung quantitativer Aussagen dar.

Dabei können entweder betrieblich festgestellte Werte Verwendung finden, oder, wodurch die allgemeine Aussagefähigkeit der Ergebnisse wesentlich erhöht wird, die veränderlichen Faktoren können nach bestimmten Gesetzmäßigkeiten in die Rechnung eingebracht werden.

Die Simulation wurde in Zusammenarbeit mit der Abteilung Rechenzentrum des Deutschen Brennstoffinstitutes auf dem Rechenautomaten ZRA I vorgenommen.

Die dem Ablauf der Zusammenarbeit der Betriebsabschnitte entsprechenden Rechenoperationen zur Bestimmung der Wartezeiten von Bagger, Absetzer und Zügen wurden vom Verfasser festgelegt. Die Herstellung des Automatenprogramms erfolgte im Rechenzentrum.

Die Ermittlung der gesuchten Werte kann auch ohne Einsatz von Automaten von Hand erfolgen, was für Kontrollzwecke in beschränktem Umfang geschah. Die zahlreichen interessierenden Abhängigkeiten können aber auf die herkömmliche Weise nicht gefunden werden, da der notwendige Aufwand die Möglichkeiten bei weitem übersteigt.

Vier Einflußgrößen (Baggerzeit, Absetzzeit, Vollfahrtszeit und Leerfahrtszeit) gehen in Form von Verteilungen in die Rechnung ein. Ein Ausgleichszustand kann deshalb nur für

ausreichend große Stichproben erwartet werden, die den Umfang der Rechenarbeit maßgeblich bestimmen.

Schon für eine Stellung der Geräte zueinander, eine festliegende Zahl von eingesetzten Zügen bestimmten Inhaltes, eine vorgegebene mittlere Absetzerleistung und unveränderliche geologische und organisatorische Bedingungen müssen mehrere hundert Zugspiele rechnerisch behandelt werden, um brauchbare Werte nach Erreichen eines gewissen Ausgleichszustandes zu erhalten. Für jedes Zugspiel sind etwa zehn elementare Rechenoperationen erforderlich. Hinzu kommt der relativ große Aufwand für die Auswahl der Werte nach dem Zufall und eine Reihe von Organisationsarbeiten des Automaten, so daß nur durch Einsatz elektronischer Anlagen die Rechenarbeit zu bewältigen ist.

Der eingeschlagene, zweifellos aufwendige Weg erscheint berechtigt, da es zur Zeit noch nicht abgesehen werden kann, ob und wann theoretische Grundlagen vorliegen.

Zudem müssen die Ergebnisse der theoretischen Bearbeitung anhand praktischer Beispiele umfassend auf ihre Brauchbarkeit geprüft werden, wobei die Resultate der ausgeführten Rechnungen später wiederum vergleichsweise genutzt werden können. Schließlich ist es nach dem geschaffenen Programm möglich, weitere interessante Betriebsverhältnisse in gleicher Weise zu untersuchen, ohne daß nochmals ein nennenswerter Aufwand erforderlich wird.

10. Begründung des Programmaufbaues und Erläuterung des Programmablaufes.

Bezüglich der Simulation des Betriebsablaufes müssen grundsätzlich zwei Möglichkeiten unterschieden werden. Zum ersten kann der Bedienungsprozeß über der Uhrzeit abgewickelt werden. Dabei wird jeder Zug zeitlich verfolgt und aus dem Vergleich der Zeiten, zu denen verschiedene

Züge bestimmte charakteristische Betriebspunkte anlaufen oder verlassen, festgestellt, welche Wartezeiten der Geräte und Fördermittel auftreten.

Andererseits ist es möglich, das Betriebsgeschehen von der Uhrzeit unabhängig zu machen und das Programm ausschließlich auf den Zeitunterschieden zwischen jeweils zwei Zügen (den Zugfolgezeiten) aufzubauen.

Es bestehen dabei günstigere Voraussetzungen für Verallgemeinerungen. Die Speicherkapazität des Automaten wird weniger in Anspruch genommen, der Rechnungsablauf ist unkomplizierter.

Da es für die beabsichtigten Aussagen nicht von Interesse ist, zu welchem Zeitpunkt an welcher Stelle Zugwartezeiten oder Zugmangelzeiten auftreten, wurde die zweite Möglichkeit bevorzugt.

Von Bedeutung ist, festzustellen, welche durchschnittliche Zugmangelzeit am Bagger und Absetzer in Abhängigkeit von den verschiedenen Einflussfaktoren entsteht, und wie groß die mittleren Zugwartezeiten innerhalb eines Zugspieles sind.

An dieser Stelle erscheint es notwendig, darauf hinzuweisen, daß beim Einspielen von Betriebswerten ohne vorausgehende Untersuchung der Gesetze ihres Auftretens, nur eine äußerst beschränkte Aussagemöglichkeit gegeben ist.

Wird der Schwankungsbereich der wesentlichen Faktoren nicht, wie im vorliegenden Fall, durch Ausgliederung signifikanter Einflüsse eingeeengt, so können die Werte nur in der Größe und Folge ins Programm eingehen, wie sie im Berichtswerk ausgewiesen sind. Die Ergebnisse beinhalten dadurch auch Auswirkungen von Änderungen der technologischen, geologischen, meteorologischen, maschinen- und elektrotechnischen Bedingungen und verlieren vollständig ihren Wert für allgemeine Aussagen.

Störeinflüsse werden ebenfalls zur Wirkung gebracht. Es liegt schließlich ein Ergebnis vor, das mehr oder weniger genau bestätigt, was im Betrieb in der Vergangenheit festgestellt werden konnte.

Zielgerichtete Hinweise hinsichtlich der Verbesserung der Verhältnisse sind nur dann möglich, wenn sich grobe Disproportionen abzeichnen.

Da nicht getrennt werden kann, welche anteilige Wirkung auf die einzelnen Einflüsse entfällt, kann eine Wiederholung der Rechnungen zu andersgearteten Ergebnissen führen.

Außerdem ist es sehr aufwendig, Daten ohne bestimmte Gesetzmäßigkeiten in die Rechnungen einzubringen.

Eine Behandlung des Zusammenspiels der abhängigen Betriebsabschnitte in dieser Art kann allenfalls bei der Durchleuchtung spezieller Betriebsverhältnisse zweckmäßig zur Anwendung kommen, muß aber mit Rücksicht auf das hier verfolgte Ziel von vornherein ausscheiden.

Es erklärt sich aus diesem Zusammenhang die Notwendigkeit der Abgrenzung der Thematik und der gründlichen Untersuchung der Veränderlichkeit von Fahrspielgrößen, die in den ersten Abschnitten der Arbeit durchgeführt wurde.

Da die Schwankungen der Bagger- und Absetzzeit ebenso wie die der Fahrzeiten näherungsweise durch Verteilungen wiedergegeben werden können, die bestimmten statistischen Gesetzen folgen, wird es möglich, den Betriebsablauf zu simulieren, ohne daß auf die Aufzeichnungen der Betriebsdaten zurückgegriffen werden muß.

Dennoch bedingt die Aussage einen beträchtlichen Aufwand an Rechenarbeit, wenn eine gesicherte mittlere Wirkung festgestellt werden soll.

Den Betriebsverhältnissen entsprechend (Baggerart, geologische Bedingungen, Zuginhalt, mittlere Baggerzeit, mittlere

Fahrgeschwindigkeiten, Streckenlängen, Bedingungen hinsichtlich der Gleislage, Absetzerleistung) werden vier Verteilungen festgelegt.

Nach diesen erfolgt für jedes durchzurechnende Zugspiel die Auswahl je eines Wertes für die Baggerzeit, die Abweichung von der mittleren Vollfahrtszeit, die Absetzzeit und die Abweichung von der mittleren Leerfahrtszeit.

Da in das Programm die Veränderungen der Zugfolgezeiten eingehen, müssen diese aus den gewählten Fahrzeitabweichungen bestimmt werden. Dies geschieht in der Art, daß von jeder Fahrzeitabweichung die des vorausfahrenden Zuges unter Berücksichtigung des Verzeichnisses abgezogen wird.

Die Anlage 20 gibt Auskunft über den Programmablauf. Es werden dabei im Vergleich mit dem über der Uhrzeit ablaufenden Prozeß die entsprechenden Programmschritte am Zahlenbeispiel erläutert.

In der Zeile eins wird aus der gewählten Baggerzeit, der nach der verwendeten Verteilung zu erwartenden Änderung der Zugfolgezeit (Fahrzeitabweichung des n ten Vollzuges minus Fahrzeitabweichung des $n-1$ ten Vollzuges) während der Vollfahrt und einer gegebenenfalls zu berücksichtigenden Zugmangelzeit die Zugfolge bestimmt, die am Absetzer eintreffen wird.

Zwischen dem Ende der Baggerung und der Abfahrt des Zuges wird keine Differenzzeit angesetzt.

Während in der zweiten Zeile die Gegenüberstellung mit dem Mindestabstand zweier Züge nach der Blockentfernung erfolgt, kommt es in Spalte drei zum Vergleich zwischen Vollzugfolge und Absetzzeit.

Der Ausgangsabstand zweier Leerzüge erscheint in Zeile vier. Die Veränderung des Zeitabstandes während der Leerfahrt (Fahrzeitänderung des n ten Leerzuges minus Fahrzeitänderung des $n-1$ ten Leerzuges) kommt in der fünften Zeile zur Verrechnung.

Nachdem der Mindestzeitabstand entsprechend der größten Blockstrecke im Bereich der Leerfahrt abermals Beachtung

gefunden hat, wird der Zyklus des Zugumlaufes in Zeile sieben durch einen Vergleich mit der Baggerzeit geschlossen, die zu erwarten ist, wenn die Zugfolge wieder am Bagger auftritt.

Die Zeilen acht und neun beinhalten die Zugwartezeiten vor der Bagger- und Kippenverteilung (negative Werte) und die Zugmangelzeiten an beiden Geräten (positive Werte). Die zehnte Zeile stellt eine Art "Absetzkonto" dar, das darüber Auskunft gibt, wie der Beginn des Absetzens zeitlich zum Anfang bzw. zum Ende der Kippzeit des Zuges liegt.

Mit der nach positiven und negativen Werten getrennten Summierung der Zahlen in den Zeilen acht und neun liegt schließlich das gesuchte Ergebnis vor.

Auf Einzelheiten des Programmablaufes wird in Anlage 21 näher eingegangen.

Die ihrer Natur nach in Form von gesetzmäßigen Zugwartezeiten (vergl. Abschnitt 6.3.1.) auftretende Überdimensionierung des rollenden Materials kommt über die Eingabe eines negativen Wertes in Zeile acht zur Wirkung.

Gleichfalls kann durch systematische Verrechnung von positiven Größen in der achten Zeile die Wirkung einer Unterdimensionierung der Förderkapazität untersucht werden.

Als unterdimensioniert wird ein Leistungsvermögen der Fördermittel verstanden, das geringer ist, als sich nach der in Abschnitt 7.2. getroffenen Festlegung für die Berechnung ergibt.

Beim Auslegen des rollenden Materials nach Bestgeschwindigkeiten bzw. Längen bis zum Strossenschwerpunkt entstehen bei bestimmten Gerätestandpunkten gesetzmäßige Zugmangelzeiten bereits dadurch, daß sich über eine größere Anzahl von Zugspielen eben nur die Mittelwerte der Geschwindigkeit einstellen können und zudem unvermeidlich ist, daß die dimensionierten Längen bis zum Strossenschwerpunkt überboten werden.

Diese vorausbestimmbaren Zeitverluste können im Programm verarbeitet werden und erlauben es, neben der Wirkung der Schwankungen der Fahrspielgrößen auch andere Dimensionierungsgrundlagen zu untersuchen.

Die genannte Möglichkeit ist insofern von Bedeutung, als damit zu rechnen ist, daß der optimale Bedarf an rollendem Material auch bei Werten liegen kann, die geringer sind als die nach der in 7.2. vorgegebenen Berechnungsweise.

Das "Absetzerkonto" läßt sich so verändern, daß innerhalb der Simulation ein der "Pufferwirkung durch erhöhten Kippgrabeninhalt" genau entsprechender Einfluß wirksam wird.

Für alle durchgeführten Rechnungen konnte der Programmaufbau in der gleichen Form beibehalten werden.

Andersgeartete Betriebsverhältnisse lassen sich ebenfalls nach diesem Schema simulieren.

11. Die durchgeführten Rechnungen

Der Gesamtaufwand an Rechenzeit belief sich auf ca. 100 Automatenstunden.

Die Rechnungen gliederten sich in vier Komplexe.

Der erste Komplex diente der Kontrolle der Brauchbarkeit des Simulationsprogrammes. Nach den Ergebnissen war außerdem der für alle weiteren Rechnungen konstant zu haltende Stichprobenumfang (Zahl der durchgerechneten Zugspiele) festzulegen.

Im zweiten Komplex war festzustellen, in welchem Umfang Zugmangelzeiten durch gegenseitige Beeinflussung der Betriebsabschnitte zu erwarten sind und wie sich diese in Abhängigkeit von der Dimensionierung des rollenden Materials und der Absetzeinrichtungen ändern.

Dabei sollte eine Aussage über die Wirkung schwieriger geologischer Verhältnisse ermöglicht werden.

Ziel der Rechnungen des dritten Komplexes waren Aussagen über Verhältnisse, die sich beim Einsatz derzeitig größter Zugeinheiten einstellen.

Im letzten Komplex ging es schließlich um quantitative Erhebungen bezüglich der Puffermöglichkeiten durch Erhöhung der Aufnahmefähigkeit stationärer Kippgräben.

Die Anlagen 22, 23, 24 und 25 enthalten die verwendeten Parameter. Innerhalb der Abbildungen wird jeweils auf die zugehörige Anlage verwiesen.

Um günstige Voraussetzungen für den Programmablauf zu erhalten, war es erforderlich, Strossenlänge, mittlere Fahr- geschwindigkeit, Zuginhalt und Kippzeit mit der durchschnittlichen Baggerleistung so abzustimmen, daß sich der Bedarf an Zügen nach der Dimensionierungsweise im Abschnitt 7.2. als ganzzahliger Wert ergab.

Die innerhalb der Simulationen verwendeten Verteilungen der Baggerzeiten, Absetzzeiten und Fahrzeitschwankungen gehen auf die Ergebnisse der darüber durchgeführten Untersuchungen zurück.

Es wurde Wert darauf gelegt, auch alle anderen Größen so zu bemessen, daß sie den praktischen Verhältnissen nahekommen.

Die Art und Weise, in der Über- bzw. Unterdimensionierungen des rollenden Materials, Veränderungen der durchschnittlichen Absetzerleistung und "Pufferwirkung durch größere Kippgrabenaufnahmefähigkeit" im Programm zur Geltung kommen, wurde bereits im Abschnitt 10. und Anlage 21 erläutert.

Eine Änderung der Strossenlängen erfolgte innerhalb der Rechenkomplexe nicht, da keine Notwendigkeit dafür vorhanden war. Größere oder geringere Fahrzeiten können bei unveränderter Streckenlänge mittels Vorgabe anderer Geschwindigkeiten zur Wirkung gebracht werden. Es entsteht dabei der Vorteil, daß die Wahrscheinlichkeiten der Gerätestandpunkte nicht für jeden Fall neu berechnet werden müssen, sondern für alle Beispiele gleichbleiben.

12. Die Ergebnisse der Rechnungen

In Anlage 26 wird die Bedeutung der vom Automaten ausgedruckten Werte beschrieben.

Der Darstellung in Abbildung 22 ist zu entnehmen, daß die Summen der Zugmangelzeiten und Zugwartezeiten etwa linear mit der Zahl der Zugumläufe zunehmen. Die Abweichungen von der Geraden, die im Idealfall zu erwarten wäre, gründen sich auf Schwankungen durch die zufällige Auswahl von Größen aus Verteilungen. Auch bei einem Stichprobenumfang von 1500 Zugspielen kann nicht erwartet werden, daß sich die Mittelwerte genau einstellen. Es ist vielmehr damit zu rechnen, daß Abweichungen entstehen, die allerdings mit steigendem Umfang der Stichprobe allgemein kleiner werden müssen.

Das Ergebnis der Rechnungen entspricht den Erwartungen. Die spezifischen Zugmangelzeiten und Zugwartezeiten schwanken bei geringem N zunächst stark (Abbildung 23), nehmen aber für größere Stichproben den Charakter von Parallelen zur N -Achse des Koordinatensystems an, d.h., das Bedienungssystem spielt sich auf einen "stationären Zustand" ein, aus dem sich die Berechtigung für Simulationsrechnungen ableitet.

Die Summen der Zugmangelzeiten des Baggers und Absetzers weichen nur unwesentlich voneinander ab (Abbildung 22). Das entspricht den praktischen Verhältnissen, denn es sind in diesem Falle zwei Geräte mit gleichem Q_e im Einsatz, deren Gesamtstillstandszeit, über einen großen Zeitraum gesehen, gleichgroß sein muß.

Das Verhältnis der spezifischen Zugwartezeiten zu den spezifischen Zugmangelzeiten pendelt für verschiedene Werte von N um vier. Die im Abschnitt 2. besprochene Dimensionierungsbeziehung wird demnach erfüllt.

Folgerichtig stellen sich vor der Kippenverteilung wesentlich weniger Zugwartezeiten ein als vor der Baggerverteilung.

Die Ursache dafür liegt in der ausgleichenden Wirkung der Kippzeit. Es tritt durch die Möglichkeit, einen Zuginhalt (ohne Unterbrechung der Absetztätigkeit) zu Beginn oder auch zum Ende der Kippzeit in Angriff nehmen zu können, bereits ein Effekt auf, wie er bei der Beschreibung der "Pufferwirkung durch erhöhtes Kippgrabenaufnahmevermögen" besprochen wurde. Er verstärkt sich, wenn zusätzlicher Grabeninhalt geschaffen wird.

Der geringe Teil der Gesamtwartezeit der Züge, der vor der Kippenverteilung anfällt, läßt zugleich voraussehen, daß die Überdimensionierung der Absetzgeräte nur eine bescheidene Wirkung hervorrufen kann.

Sind die noch vorhandenen Zugwartzeiten beseitigt, so wird die weitere Leistungssteigerung des Absetzers den Zugmangel des Baggers nicht mehr beeinflussen. Die Wirkung des Absetzers im Bedienungsprozeß ist beim Erreichen dieses Zustandes ausgeschaltet.

Nach den Ergebnissen des ersten Rechenkomplexes erschien für die weiteren zu behandelnden Fälle ein Stichprobenumfang von $N = 500$ Zugumläufen als ausreichend. Größere Stichproben ermöglichen wohl geringere Abweichungen vom theoretischen Wert, erhöhen aber den Aufwand in unverträglicher Weise.

12.1. Die Größe der Zugman elzeiten durch gegenseitige Beeinflussung der Betriebsabschnitte

Grundsätzlich ist bezüglich der Angaben und Schlußfolgerungen in den folgenden Abschnitten zu bemerken, daß ihre Verallgemeinerung nur umsichtig vorgenommen werden darf.

Die Ergebnisse sind an eine Anzahl von Vorgabewerten in den Beispielen gebunden und treffen exakt nur für die jeweiligen Verhältnisse zu.

Dieser unvermeidbare Nachteil, der Simulationsrechnungen dieser Art grundsätzlich anhaftet, schließt allerdings

allgemeine Aussagen nicht aus. Im Gegensatz zu den Verhältnissen bei Eingabe von Betriebswerten, ohne Untersuchung der Gesetze ihres Auftretens, erlaubt es die Untersuchung von Einflußgrößen in den ersten Abschnitten der Arbeit, die Wirkung bestimmter Parameter abzuschätzen und für die Praxis brauchbare Voraussagen zu machen.

Schließlich ist es erforderlich, nochmals darauf hinzuweisen, daß in dieser Untersuchung Zugmangelzeiten anderer ursächlicher Abhängigkeit ohne Berücksichtigung bleiben. Die Feststellungen sind deshalb in jedem Falle unter dem Blickwinkel der Abgrenzung des Themas zu sehen.

Werden die durchschnittlichen Zugmangelzeiten unter der Voraussetzung betrachtet, daß die Standpunkte der Geräte unveränderlich sind, die Transportentfernungen den in die Dimensionierung aufgenommenen Längen entsprechen und keine Überdimensionierung der Fördermittel und des Absetzers vorliegt, so ergeben sich folgende Verhältnisse:

a) Parameter nach Anlage 22

$$\bar{t}_{Z(G)} = 0,68 \text{ min/Fahrsp.} \hat{=} 5,67 \% \text{ von } \bar{t}_B$$

b) Parameter nach Anlage 23

$$\bar{t}_{Z(G)} = 0,92 \text{ min/Fahrsp.} \hat{=} 7,67 \% \text{ von } \bar{t}_B$$

c) Parameter nach Anlage 24 (1.)

$$\bar{t}_{Z(G)} = 1,40 \text{ min/Fahrsp.} \hat{=} 11,67 \% \text{ von } \bar{t}_B$$

d) Parameter nach Anlage 24 (2.)

$$\bar{t}_{Z(G)} = 0,75 \text{ min/Fahrsp.} \hat{=} 2,08 \% \text{ von } \bar{t}_B$$

Daraus folgt, daß die Zugmangelzeiten durch gegenseitige Beeinflussung der Betriebsabschnitte ansteigen (b), wenn die Verteilung der Baggerzeiten eine größere Streuung erhält. Arbeiten die Gewinnungsgeräte (vor allem bei Schau-

Bergakademie
- Bücherel -
Freiberg i. Sa.

Radbaggern, die nach Abschnitt 3.3. auf schweren Boden stärker ansprechen) in bandigen Böden, so ist mit einem erhöhten Anteil von Zugmangelzeiten durch gegenseitige Beeinflussung zu rechnen.

Recht auffällig wird die zunehmende Wirkung, wenn bezüglich der Verteilungen der Fahrzeiten schwierige Gleislageverhältnisse einzubeziehen sind. Die mittlere Zugmangelzeit $\bar{t}_Z(G)$ ist unter ungünstigen Bedingungen hinsichtlich der Gleislage (Beispiel c), Parameter $\hat{=}$ Anlage 24. (1.)) annähernd doppelt so groß wie unter den Verhältnissen nach a). Dabei überlagern sich zwei Einflüsse. Zum ersten nimmt die Streuung der Fahrzeiten zu, es gehen breitere Fahrzeitenverteilungen in die Rechnung ein. Zweitens zwingt die geringere mittlere Fahrgeschwindigkeit zum Einsatz eines weiteren Zuges.

Die Erhöhung der Zahl der eingesetzten Züge (ohne Überdimensionierung des rollenden Materials) hinterläßt grundsätzlich eine ungünstige Wirkung auf die Ergebnisse des Bedienungsprozesses. Bei größeren Zugzahlen kommt es zu einer wachsenden Verschiebung der ausgleichenden Wirkung zwischengeschalteter Bagger- bzw. Absetzerstillstände. Die Warteschlangen der Züge können sich stärker ausbilden. Das Aufschaukeln des Systems bei ungünstigen Wertefolgen bedingt einen gesteigerten Effekt, da sich der zyklische Prozeß mit steigender Zugzahl einem offenen nähert (erreicht wird dieser erst bei $Z_b \rightarrow \infty$), bei dem der Eingangszustand (Ankunft am Gerät) vom Ausgangszustand (Abfahrt vom Gerät) nach der "Bedienung" nicht mehr abhängt.

Im Fall d) ist die Zugmangelzeit nur wenig größer als im Fall a), obwohl die Verteilung der Füllzeiten erheblich stärker streut. Ein Teil der Wirkung wird in Umkehr des vorstehend erläuterten Zusammenhanges, durch die Verminderung der Zugzahl um zwei, aufgezehrt.

Die wesentlichen Vorteile, die mit dem Einsatz großer Zugeinheiten verbunden sind, treten hervor, wenn der prozentuale Anteil der Zugmangelzeiten betrachtet wird.

Die mittlere Baggerzeit von 36 min reduziert die Zahl der für eine vergleichbare Abraummenge durchzuführenden Fahrspiele auf ein Drittel (gegenüber $\bar{t}_B = 12$ min im Fall a)).

Beinahe im gleichen Verhältnis geht der prozentuale Zugmangel zurück, obgleich die Verteilung der Baggerzeiten breiter geworden ist.

Die Wirkung einer zeitweiligen Überdimensionierung des rollenden Materials (\bar{U}_G) durch Unterbistung der bei der Dimensionierung eingerechneten Strossenlängen wird über das Simulationsprogramm exakt ausgewiesen. Gleiches gilt für die quantitative Wirkung einer Erhöhung oder Verringerung der mittleren Fahrgeschwindigkeit.

Wird die Änderung des Leistungsvermögens durch An- oder Abkuppeln von Wagen oder durch eine andere Ausnutzung des Zuginhaltes erreicht, so gelten die Angaben \bar{U}_W der Diagramme (Abbildungen 24. bis 29.), die allerdings nur den Charakter von Näherungslösungen für die tatsächlichen Werte haben. Es handelt sich dabei um gute Näherungen, wenn die Wagenzahl der Züge nicht in weiten Grenzen variiert wird, was für die Aussagen in keinem Fall notwendig war.

Die Abweichung zwischen \bar{U}_G und \bar{U}_W ist lediglich dadurch bedingt, daß der verteilungswirksame Einfluß der Mittelwertveränderungen der Fall- und Absetzzeit (siehe Abschnitt 3.3.1.) nicht beachtet wird und eine andere Wagenzahl auch eine geringe, nicht berücksichtigte Wirkung auf die mittlere effektive Fahrspielzeit mit sich bringt.

Auf die mögliche Korrektur der Werte für \bar{U}_W wurde verzichtet, da die Abweichungen keinen entscheidenden Einfluß auf die Aussagen nehmen.

Für einen einzelnen Kurvenzug (Abbildungen 24 bis 29) bleibt die Zahl der im Einsatz befindlichen Zugeinheiten in allen Fällen unverändert. Für Über- oder Unterdimensionierungen des rollenden Materials durch Zugabe oder Herausnahme ganzer Zugeinheiten gelten die Kurvenzüge deshalb allgemein nicht. In diesen Fällen ist keine stetige Ausbildung der Abhängigkeiten vorhanden.

Vielmehr muß neben den Vorgabezeiten im Programm auch die Zugzahl verändert werden. In einigen Fällen wurde mit anderen Zugzahlen gearbeitet (Abbildung 24, Kurvenzüge 1. und 2.). Die Werte für \bar{U}_G und \bar{U}_W beziehen sich aber auch dabei auf eine unveränderte Zugzahl von fünf bzw. zwei Zügen.

Die später folgenden Betrachtungen über optimale Betriebsproportionen zeigen, daß es nicht erforderlich ist, die verschiedenen Rechenkomplexe mit erhöhter oder verminderter Zugzahl zu wiederholen.

Die Mittelwerte für Zugmangelzeiten über den gesamten Bereich der Strosse $\bar{t}_Z(G)$ sind in einfacher Weise dadurch berechenbar, daß die $\bar{t}_Z(G)_1$ in Abhängigkeit von \bar{U}_{G_1} (verursacht durch die Ortsveränderung der Geräte) aus den Darstellungen abgegriffen und mit den für \bar{U}_{G_1} bestimmten Wahrscheinlichkeiten gewogen werden.

Dabei ist es ohne weiteres möglich, von einer anderen Dimensionierungsgrundlage auszugehen, indem eine konstante Änderung aller \bar{U}_{G_1} beim Aufsuchen von $\bar{t}_Z(G)_1$ berücksichtigt wird.

Voraussetzung für diese Möglichkeit war die Ermittlung der Zugmangelzeiten bei Überschreitungen der dimensionierten Längen, d.h. für zu geringes Leistungsvermögen der Fördermittel (links von der Ordinate in den Abbildungen 24 und 25)

Als Mittelwerte für die gesamte Strosse ergeben sich in vergleichbarer Reihenfolge nachstehende Werte:

a) Parameter nach Anlage 22

$$\bar{t}_{Z(G)} = 0,2098 \text{ min/Fahrsp.} \hat{=} 1,72 \% \text{ von } \bar{t}_B$$

b) Parameter nach Anlage 23

$$\bar{t}_{Z(G)} = 0,4328 \text{ min/Fahrsp.} \hat{=} 3,61 \% \text{ von } \bar{t}_B$$

c) Parameter nach Anlage 24 (1.)

$$\bar{t}_{Z(G)} = 0,5863 \text{ min/Fahrsp.} \hat{=} 4,89 \% \text{ von } \bar{t}_B$$

d) Parameter nach Anlage 24 (2.)

$$\bar{t}_{Z(G)} = 0,3400 \text{ min/Fahrsp.} \hat{=} 0,94 \% \text{ von } \bar{t}_B$$

Der geringe Umfang des festgestellten Zugmangels fordert eine nähere Erklärung.

Die als Basis festgelegte Berechnung des Bedarfes an rollendem Material stellt bereits einen hohen Aufwand dar. Es wurden mittlere Fahrgeschwindigkeiten und Fahrstrecken bis zum Strossenende verwendet. Jede praktische Gerätestellung kommt dadurch bereits einer Unterbietung der dimensionierten Transportentfernung gleich, d.h. entspricht einer Überdimensionierung des rollenden Materials U_G . Hieraus erklärt sich das Absinken der Mittelwerte für die Strosse $\bar{t}_{Z(G)}$ gegenüber den $\bar{t}_{Z(G)}$ bei einem der Dimensionierung entsprechenden Geratestandpunkt. Einwände, daß durch das Ausgliedern bestimmter Gruppen von Baggerzeiten (Auswertung der Unterlagen - Abschnitt 3.2.) die volle Wirkung nicht erfaßt wird, erscheinen nicht berechtigt.

Es wurden grundsätzlich nur große Baggerzeiten (entsprechend wesentlichen Leistungsminderungen) ausgeschlossen. Die besten Werte (über den zeitlichen Umfang der Baggerung eines Zuges) sind in keinem Fall weggelassen worden.

Hohe Füllzeiten wirken sich immer nur in Richtung auf eine Senkung des Bedarfes an Fördermitteln aus. Die notwendige Auslassung eines Teiles derselben kann deshalb nicht als Grund für einen zu geringen Umfang der Zugmangelzeiten durch gegenseitige Beeinflussung gelten.

Werden die Mittelwerte der Strosse unter der Voraussetzung ermittelt, daß nur Längen bis zum Strossenschwerpunkt bei der Auslegung der Kapazität Verwendung fanden, so entstehen im Beispiel

- a) ein $\bar{t}_Z(G)$ von rd. 6 % bezogen auf \bar{t}_B und im Beispiel
- b) ein $\bar{t}_Z(G)$ von rd. 8 % bezogen auf \bar{t}_B .

Die Größe dieser Werte weist darauf hin, daß die geringe festgestellte Wirkung in erster Linie auf die Basis der Berechnung des Zugbedarfes zurückzuführen ist.

Zusammenfassend müssen folgende Feststellungen hervorgehoben werden:

- 1.) Die Größe des durchschnittlichen Zugmangels der Geräte infolge gegenseitiger Beeinflussung der Betriebsabschnitte hängt von einer großen Zahl von Einflüssen ab.
- 2.) Die Zugmangelzeiten liegen, abgesehen von Überdimensionierungen des rollenden Materials oder der Absetzeinrichtungen, höher, wenn die Geräte in bindigen Böden arbeiten.

Beim Einsatz von Schaufelradbaggern in schweren Böden und Förderung mittels 25 m³-Abraumwagen ist mit einer Zugmangelzeit von etwa 4 bis 8 % als Mittelwert für die Strosse zu rechnen, je nachdem, ob sich das Leistungsvermögen der Fördermittel auf Strossenende oder Stros-

senschwerpunkt bezieht (bei Einsatz von vier Zügen $\hat{=}$ Bedarf nach der Dimensionierung im Abschnitt 7.2.). Die sich aus Q_e und $n \cdot V_r$ ergebende mittlere Beladezeit \bar{t}_B muß dabei etwa zwischen 10 und 14 min liegen.

- 3.) Geringe Fahrgeschwindigkeiten verursachen über die größere Streuung der Fahrzeiten und die Erhöhung der Zahl der nach der Dimensionierungsbeziehung einzusetzenden Züge eine ungünstige Wirkung auf den Umfang der Zugmangelzeiten.

Müssen (ohne eine Überdimensionierung vorzunehmen) auf Grund geringerer Fahrgeschwindigkeiten unter den Verhältnissen wie in 2.) fünf Züge eingesetzt werden, so entstehen durch gegenseitige Beeinflussung der Betriebsabschnitte rd. 5 % Zugmangel (bez. auf \bar{t}_B), wenn Strossenlängen bis zum Strossenende innerhalb der Berechnung des Zugbedarfes zum Ansatz kommen. Bei vergleichbarer Kapazität der Fördermittel führt daher eine auf 74 % geminderte Geschwindigkeit über den fünften einzusetzenden Zug und die größere Streuung der Fahrzeiten zu einer Erhöhung der durchschnittlichen Zugmangelzeit $\bar{t}_Z(G)$ um etwa 1 % (bez. auf \bar{t}_B).

- 4.) Obwohl bei gegebener Geräteleistung die Füllzeitenverteilung mit steigender mittlerer Baggerzeit (für Vergrößerungen des Zuginhaltes) breiter wird, bringt der Einsatz großer Zugeinheiten grundsätzliche Vorteile.

Beim Einsatz derzeitig größter Zugeinheiten ergab sich für die gesamte Strosse ein etwa um die Hälfte geringerer prozentualer Zugmangel.

Die Verminderung der Zahl der für eine vergleichbare Dimensionierung einzusetzenden Züge glich die Wirkung der Verbreiterung der Füllzeitenverteilung beinahe völlig aus.

- 5.) Der Umfang der Zugmangelzeiten hängt sehr stark davon ab, wie der Bedarf bzw. der Einsatz an Zügen berechnet wird.

12.2. Die Zugmangelzeiten in Abhängigkeit von der Über- bzw. Unterdimensionierung des rollenden Materials

Wird das Leistungsvermögen der Fördermittel über die Grundlage nach Abschnitt 7.2. erhöht, so nehmen die Zugmangelzeiten durch gegenseitige Beeinflussung der Betriebsabschnitte ab. Das gilt sowohl für die Werte ohne Berücksichtigung der Ortsveränderlichkeit der Geräte $\bar{t}_Z(g)$ als auch für die mittleren Werte über die gesamte Strosse $\bar{t}_Z(g)$.

In den Abbildungen 24 bis 29 wird ein gesteigertes Leistungsvermögen des rollenden Materials grundsätzlich im Bereich rechts der Ordinate dargestellt. Der Nullpunkt des Koordinatensystems entspricht einer Dimensionierung nach Abschnitt 7.2.

Die Werte sind als exakt anzusehen, soweit die Über- oder Minderleistung auf höhere oder geringere Durchschnittsgeschwindigkeiten zurückgeht. Sie gelten als Näherungen, wenn das Leistungsvermögen der Fördermittel durch Veränderung der Wagenzahl im Zugverband variiert wird.

Im Gegensatz zu den Ausführungen innerhalb des Abschnittes 12.1. ist in diesem Abschnitt unter einer Änderung der Geschwindigkeit ein Einfluß zu verstehen, der bei der Dimensionierung nicht berücksichtigt wurde und nachträglich (Unterschiede zwischen projektierten und betrieblich vorhandenen Geschwindigkeiten, Veränderung des technologischen Zustandes im laufenden Betrieb) auf das Leistungsvermögen der Fördermittel wirkt.

Die Abnahme der Zugmangelzeiten mit steigender Leistung des rollenden Materials erfolgt hyperbolisch (Diagramme in den Abbildungen 24 bis 27), d.h., die zunächst gute Wirkung wird zunehmend abgeschwächt, wenn die Kapazität der Fördermittel weiter ansteigt.

Die Minderung des Leistungsvermögens der Fördermittel hat eine steile Zunahme der durchschnittlichen Zugmangelzeit zur Folge. Die Geräte erhalten dabei gesetzmäßige Still-

standszeiten, die sich vergrößern, wenn die Transportentfernung anwächst, und zurückgehen, wenn eine vorübergehend günstige Gerätestellung vorliegt.

Der Bereich, aus dem die Berechnung der mittleren Zugmangelzeit für die gesamte Strosse erfolgen muß, wird unabhängig von den Ursachen der Kapazitätsänderung nach links oder nach rechts verschoben, je nachdem, ob eine Unter- oder Überdimensionierung der Förderkapazität vorliegt.

Für den theoretischen Fall, daß die Fahrspielgrößen keinen Veränderungen unterliegen, kann die entstehende Zugmangelzeit bei unveränderlicher Gerätestellung für Unterdimensionierungen des rollenden Materials durch eine Gerade angegeben werden, die in den Abbildungen 24, 25 und 26 eingezeichnet ist.

Die asymptotische Näherung des Kurvenzuges, der die Schwankungen der Füll-, Fahr- und Absetzzeiten, d.h. die eigentlichen Ursachen der gegenseitigen Beeinflussung, berücksichtigt, hat ihre Ursache darin, daß mit abnehmendem Leistungsvermögen der Fördermittel diese immer mehr zum Engpaß des Betriebes werden. Im Grenzfall können auf Grund eines dauernden Zugmangels infolge unzureichenden Einsatz^{es} von rollendem Material keine Zugwartezeiten vor den Geräten mehr entstehen. Damit wird der Mittelwert \bar{T}_e des Fahrspieles über größere Zeiträume erreicht. Es entstehen keine Zugmangelzeiten mehr, deren Ursache in den kurzzeitigen Schwankungen der Fahrspielgrößen zu suchen wäre. Die Ausnutzung der Fördermittel ist dabei bis zum Grenzwert verbessert worden, die zeitliche Anlastung der Geräte aber durch den gesetzmäßigen Zugmangel in Gestalt der Engpaßwirkung des rollenden Materials auf einen entsprechend schlechten Wert abgesunken.

Werden beispielsweise in einer Abteilung (entsprechend den Parametern in Anlage 23) anstelle der projektierten mittleren Geschwindigkeiten (unter Einbeziehung der Geschwindigkeiten auf den Strossen) von 18 km/h (Vollfahrt) und 22 km/h

(Leerfahrt) nur 12,2 bzw. 15,0 km/h erreicht, so kommt es für den gesamten Bereich der Strosse zu einem Anwachsen der Zugmangelzeit von 3,61 % (bez. auf \bar{t}_B) auf 9,88 % (bez. auf \bar{t}_B). Die Prozentsätze liegen noch erheblich höher, wenn nur soviel rollendes Material zum Einsatz gekommen war, wie sich nach der Berechnung über Längen bis zum Strossenschwerpunkt ergab.

Die recht starke Senkung der Durchschnittsgeschwindigkeit im Beispiel erscheint nicht übertrieben, wenn beachtet wird, daß bei der Bestimmung des Zugbedarfes des öfteren mit Bestgeschwindigkeiten gerechnet wird, die zwangsläufig im Mittel nicht zu erreichen sind.

Schlußfolgernd erscheinen nach den Untersuchungsergebnissen folgende Feststellungen wichtig:

- 1.) Das Leistungsvermögen der Fördereinrichtungen kann sich durch verschiedenartige Ursachen verändern. Es hängt, abgesehen vom Prinzip der Dimensionierung und von der Veränderlichkeit der Transportentfernungen infolge der Gerätebewegungen, in der Hauptsache ab von der Zahl der eingesetzten Züge bei gegebenem Inhalt, von der Zahl der im Zugverband laufenden Wagen bei unveränderter Zugzahl, von der Ausnutzung des Wagen- und Zuginhaltes und von der erreichten mittleren Geschwindigkeit.
- 2.) Unabhängig von den Ursachen bewirken Steigerungen des Leistungsvermögens der Fördermittel eine Senkung, Minderungen der Förderkapazität dagegen eine Erhöhung der Zugmangelzeiten, die insgesamt auftreten. Dabei wird der Anteil der Zugmangelzeiten, die durch Schwankungen der Fahrspielgrößen verursacht werden (also der Anteil der Zugmangelzeiten durch gegenseitige Beeinflussung), mit sinkender Leistungsfähigkeit der Fördereinrichtungen geringer.
- 3.) Der Zugmangel geht zunächst stark und in der Folge geringer zurück, wenn das Leistungsvermögen über den der

Dimensionierungsgrundlage in 7.2. entsprechenden Wert erhöht wird. Sinkt die Kapazität unter die Basis nach Abschnitt 7.2. ab, so steigt der Zugmangel außerordentlich schnell an.

- 4.) Besondere Bedeutung kommt neben der nach wirtschaftlichen Betrachtungen festzulegenden Dimensionierungsweise der Geschwindigkeit der Züge zu, die nach Mittelwerten berücksichtigt werden sollte und einer sorgfältigen Abschätzung bedarf.
- 5.) Um Zugmangelzeiten durch die gegenseitige Beeinflussung der Betriebsabschnitte gänzlich zu vermeiden, muß eine sehr hohe Überdimensionierung des rollenden Materials vorgesehen werden.

Beim Einsatz von Absetzern mit mittleren Leistungen, die denen der Bagger gleichkommen, konnte mit Überdimensionierungen der Fördermittel um 50 % die Zugmangelzeit noch nicht restlos beseitigt werden. Allerdings werden die verbleibenden Zugmangelzeiten schon bei geringer Erhöhung der Förderkapazität äußerst gering. Es steht deshalb außer Frage, daß die optimale Bemessung der Leistungsfähigkeit des rollenden Materials nicht im Bereich derartiger Überdimensionierungen zu erwarten ist.

12.3. Die Zugmangelzeiten in Abhängigkeit von der Überdimensionierung des Absetzers

Engpaßbetrachtungen bezüglich der Kippenleistung werden in diesem Abschnitt nicht vorgenommen. Fälle, in denen die mittlere Leistungsfähigkeit der Kippe ($Q_{e_A} \leq Q_{e_B}$, durch zu geringen spezifischen Kippgrabeninhalt oder Überschreitung der Grenzstrossenlänge) unzureichend ist, werden nicht näher untersucht. Eine Überdimensionierung des Absetzers U_A bedeutet, daß die höhere mittlere Absetzerleistung auch realisiert werden kann, d.h., daß die Leistungsfähigkeit der

Kippe gleichermaßen ansteigt.

Mit zunehmender Überdimensionierung des Absetzers gehen die Zugmangelzeiten des Baggers durch gegenseitige Beeinflussung zurück. Bei vergleichbarer Leistungsfähigkeit der Fördermittel (siehe $U_G = 0$ in den Abbildungen 24 und 25) ist die erzielte Verbesserung der zeitlichen Auslastung des Baggers deutlicher, wenn der Ausgangswert des Zugmangels (der Wert ohne Absetzerüberdimensionierung ... $U_A = 0$) größer ist (Abbildung 25 gegenüber Abbildung 24).

Sind geringe Zugmangelzeiten für $U_A = 0$ vorhanden (Abbildung 24), so bringt die Leistungserhöhung des Absetzers nur äußerst geringe Vorteile.

Die Kurvenzüge für verschiedene U_A streben bei Unterdimensionierung des rollenden Materials (Bereich links der Ordinate in den Abbildungen 24 und 25) einer Vereinigung zu. Die Kapazität der Fördermittel wird in diesem Bereich bestimmend für die mögliche Leistung der Abteilung. Die Absetzerüberdimensionierung, deren Wirkung auf der Vermeidung von Zugwartezzeiten vor und während des Kippens beruht, kann kaum noch Einfluß nehmen, da das mangelnde Leistungsvermögen der Züge diese Wartezzeiten ohnehin reduziert.

Im Bereich einer Überdimensionierung des rollenden Materials (Gebiet rechts der Ordinate in den Abbildungen 24 und 25) wirken sich erhöhte Absetzerleistungen stärker aus.

Aus den Abbildungen leitet sich ab, daß mit der Verstärkung der Absetzgeräte der Zugmangel durch gegenseitige Beeinflussung nicht ausgeschlossen werden kann, wenn die Leistung des rollenden Materials so bemessen ist, wie sich nach der Dimensionierung im Abschnitt 7.2. ergibt. Erst eine Überdimensionierung der Fördermittel schafft in Verbindung mit Absetzerüberdimensionierungen die Möglichkeit, den Zugmangel ganz auszuschließen.

Die Punkte, in denen die Kurvenzüge die Abszisse erreichen, kennzeichnen die zusammengehörigen Überdimensionierungen des Absetzers und der Fördermittel, die eine volle Auslastung des Gewinnungsgerätes gewährleisten.

Im Beispiel nach Abbildung 25 ist bei einer Überdimensionierung der Fördereinrichtungen von 16,7 % eine Absetzerüberleistung von 33,3 % notwendig, um Zugmangelzeiten ganz zu vermeiden.

Aus Abbildung 24 kann entnommen werden, daß die restlose Beseitigung des Zugmangels an eine Überdimensionierung des rollenden Materials von 14,6 % bei gleichzeitiger Mehrleistung des Absetzers von 20 % gebunden ist.

Wird die ganzliche Vermeidung von Zugmangelzeiten als Ziel der Maßnahmen festgelegt, so verhalten sich die zugehörigen Werte für \bar{U}_W und \bar{U}_A gegenläufig, d.h., bei großem \bar{U}_W ist mit einem kleinen \bar{U}_A der Zustand $\bar{t}_Z(g) = 0$ zu erreichen und umgekehrt.

Zusammenfassend ist zur Wirkung einer Absetzerüberdimensionierung auf den Umfang der Zugmangelzeiten durch gegenseitige Beeinflussung der Betriebsabschnitte zu bemerken:

- 1.) Mit steigender Überdimensionierung des Absetzgerätes nehmen die Zugmangelzeiten ab.
- 2.) Die Wirkung einer Absetzerüberdimensionierung verstärkt sich, wenn gleichzeitig das rollende Material überdimensioniert ist. Sie ist gering, wenn das Leistungsvermögen der Fördermittel der Dimensionierungsgrundlage im Abschnitt 7.2. entspricht.
- 3.) Der Erfolg bestimmter Überdimensionierungsprozentsätze ist ausgangs beachtlich, nimmt aber bei weiterer Leistungssteigerung rasch ab.
- 4.) Liegt das Leistungsvermögen der Fördermittel wesentlich unter dem, das sich nach der Dimensionierung im Abschnitt 7.2. ergibt, so bringt die Leistungssteigerung

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

32

des Absetzgerates keinen Vorteil mehr.

- 5.) Bei hoher durchschnittlicher Zugmangelzeit erscheint die Erhöhung der mittleren Absatzleistung vorteilhafter, da der absolute Umfang der Vollzugwartezeiten, über deren Senkung sich die Überdimensionierung des Absetzers auswirkt, unter derartigen Verhältnissen größer ist.
- 6.) Eine Vermeidung jeglicher Zugmangelzeiten infolge gegenseitiger Beeinflussung der Betriebsabschnitte kann mittels Überdimensionierung des Absetzers nur erreicht werden, wenn gleichzeitig die Leistungsfähigkeit des rollenden Materials über der Grundlage nach Abschnitt 7.2. liegt.
- 7.) Die restlose Beseitigung des genannten Zugmangels ist an erhebliche Aufwendungen seitens der Förder- und Absatzkapazität geknüpft, wobei gewisse Variationsmöglichkeiten für beide Größen bestehen.
- 8.) Die Grenze, bis zu der eine Senkung der Zugmangelzeiten mittels Überdimensionierung der nachgeschalteten Betriebsabschnitte erfolgen sollte, muß nach den Ergebnissen wirtschaftlicher Untersuchungen gezogen werden.

13. Die optimale Auslegung der Betriebsabschnitte

Für die Beispiele, deren Parameter in den Anlagen 22 und 23 angegeben sind, wurde eine Bestimmung der optimalen Proportionen der Betriebsabschnitte vorgenommen.

Die Anlage 27 enthält die notwendigen Rechnungen, die für das zweite Beispiel (entsprechend Anlage 23 und Abbildung 25) ausgeführt wurden und in Anlage 29 zur Darstellung kommen.

Aus den Wahrscheinlichkeiten der Gerätestellungen innerhalb der einzelnen Strossenabschnitte und den jeweils festgestellten Zugmangelzeiten $\bar{t}_Z(G)_i$ war zunächst der Mittelwert

der Zugmangelzeiten für die gesamte Strosse $\bar{t}_Z(G)$ zu berechnen.

Dies geschah getrennt für die verschiedenen Absetzerüberdimensionierungen, die als Parameter der Kurvenzüge in Abbildung 25 angegeben sind.

Neben den Verhältnissen ohne Überdimensionierung des rollenden Materials wurden die Mittelwertrechnungen in jeweils fünf Stufen für Unter- und Überdimensionierungen der Fördermittel wiederholt.

Aus den prozentualen durchschnittlichen Zugmangelzeiten für die gesamte Strosse (bez. auf die mittlere Baggerzeit \bar{t}_B) erfolgte die Bestimmung der möglichen Ausnutzung der Betriebszeit und der reinen Arbeitszeit des Baggers.

Es wurde, um der Entwicklung Rechnung zu tragen, angenommen, daß der Bagger eine zeitliche Auslastung von 65 % erreicht, wenn Zugmangelzeiten durch gegenseitige Beeinflussung der Betriebsabschnitte nicht auftreten.

Über die mittlere effektive Leistung Q_{eB} ergab sich die Jahresleistung des Baggers Q_{eaB} , die der des Absetzers, unabhängig von dessen ständlichem Leistungsvermögen (d.h. unabhängig von U_A), gleich sein muß.

Aus der approximierten Beziehung für die spezifischen Kosten des betreffenden Typenbaggers (Anlage 17) und der allgemeinen Beziehung für die Absetzkosten in Abhängigkeit von der mittleren Absetzerstundenleistung und der erreichten Jahresleistung des Gerätes (Anlage 18) erfolgte die Bestimmung der Gewinnungs- und Absetzkosten k_{spB} und k_{spA} .

Die Kostenrechnungen kamen getrennt nach den verschiedenen Absetzerüberdimensionierungen zur Durchführung.

Bei konstanter Zahl von eingesetzten Zügen wurden die jährlichen Gesamtkosten k_a ges. einer Zügeinheit ermittelt.

Die Stufen $\pm U_W$ sind kostenmäßig durch die Veränderung der Wagenzahl im Zugverband erfasst.

Nach der Errechnung der spezifischen Förderkosten k_{spZ} erfolgte schließlich die Summierung der spezifischen Kosten für die Gewinnung k_{spB} , den Transport k_{spZ} und das Absetzen k_{spA} . Die Ergebnisse der in gleicher Weise ausgeführten Rechnungen des ersten Beispiels (Anlage 22, Abbildung 24) sind in Abbildung 28 ausgewertet. In den Abbildungen 28 und 29 wird neben den Gesamtkosten auch die erzielte Jahresleistung über der Änderung von U_W für jeweils zwei Absetzerüberdimensionierungen angegeben.

13.1. Betriebsabschnitt Förderung

Aus den Darstellungen 28 und 29 leiten sich einige wichtige Folgerungen ab.

Der über die mittlere Baggerleistung, die durchschnittliche Geschwindigkeit der Züge und Streckenlängen bis zum Strossenende (entspricht Dimensionierungsvorschlag im Abschnitt 7.2.) errechnete Zugbedarf kommt mit sehr geringen Abweichungen dem optimalen Leistungsvermögen der Fördermittel nahe.

Wie erwartet, hängt die Lage des Optimums einerseits von den betrieblichen Bedingungen (Verteilungen der Füll-, Absetz- und Fahrzeiten, Zuginhalt usw.) und andererseits von der Leistungsstärke des Absetzers ab. Für überdimensionierte Absetzer liegt die optimale Leistungsfähigkeit der Fördermittel grundsätzlich höher als für Absetzer, die dem Bagger leistungsgleich sind.

Schwere Böden führen zu breiten Füll- und Absetzzeitenverteilungen (auch breitere Verteilungen der Fahrzeiten, wenn die schweren Böden im Niveau der Strosse liegen und keine wirksamen Gegenmaßnahmen wie Bekiesung in Anwendung sind) und verursachen größere Zugmangelzeiten durch gegenseitige

Beeinflussung. Unter diesen Bedingungen liegt die optimale Förderkapazität über der für Abraumabteilungen, in denen leichte Böden zu gewinnen sind.

Dabei muß der spezifische Gesamtkostensatz in Betrieben mit schwierigen geologischen Verhältnissen erheblich größer sein. Die Ausgliederung zahlreicher Kostenarten erlaubt aber bezüglich der absoluten Kosten keine Schlussfolgerungen.

Die sehr geringen Verschiebungen des Optimums gegenüber der gewählten Basis für die Dimensionierung des rollenden Materials machen die Ausdehnung der Simulationsrechnungen auf andere Zugzahlen überflüssig. Der bereits erwähnte Unterschied zwischen \bar{U}_G und \bar{U}_W spielt für die zu ziehenden Schlussfolgerungen keine Rolle.

Die Auslegung des nachstehend mitgeteilten Vorschlages bezüglich einer zweckmäßigen Dimensionierung des rollenden Materials muß mit der Einschränkung erfolgen, daß die Lage des Optimums an eine Vielzahl betrieblicher Bedingungen gebunden ist.

Für grundsätzlich veränderte Betriebsverhältnisse erscheint es notwendig, das Optimum durch eine entsprechende Untersuchung erneut festzustellen. Die in der Arbeit mitgeteilten Untersuchungsergebnisse und das entwickelte Simulationsprogramm gestatten es, die rechnerische Behandlung für veränderte Betriebsverhältnisse durchzuführen.

Als Faustregel kann nach den Ergebnissen der behandelten Beispiele für ähnliche Bedingungen vorgeschlagen werden:

- 1.) Der Bedarf an rollendem Material wird auf der Grundlage der mittleren effektiven Baggerleistung, mittlerer effektiver Fahrzeiten und unter Berücksichtigung der Fahrstrecken bis zum Strossenende vorgenommen.
- 2.) Das Ergebnis entspricht in erster Näherung der optimalen Leistungsfähigkeit der Fördermittel, soweit die vorliegenden Verhältnisse nicht grundsätzlich von denen der Beispiele abweichen.

- 3.) Da sich als Ergebnis der Bedarfsermittlung allgemein eine gebrochene Zahl ergibt, ist (mit Ausnahme nach 4.) eine Aufrundung auf die nächst größere ganze Zahl vorzunehmen und der gerundete Wert als realisierbares Optimum anzusehen.
- 4.) Eine Abrundung des rechnerischen Zugbedarfes der Abteilung ist nur dann in Erwägung zu ziehen, wenn das Ergebnis der Rechnung um weniger als 0,2 den ganzzahligen Wert überschreitet.
- 5.) Der Reparaturanteil für Lokomotiven und Wagen ist mit 12 bzw. 10 % zusätzlich zu berücksichtigen.
Die von der gegenseitigen Beeinflussung unabhängigen Wartezeiten der Züge sollten mit je 1 min am Bagger- und Kippenstellwerk und 2 min bei Rückstoßfahrten ins mittlere effektive Fahrspiel T_e eingehen.

Wenn auch in Sonderfällen die Abrundung des Zugbedarfes eine geringere Abweichung vom Optimum ermöglicht, erscheint, wie sich bereits in der vorgeschlagenen Grenzziehung äußert (4.), eine Aufrundung allgemein günstiger.

Das Verlassen des Optimums in Richtung auf eine Erhöhung der Förderkapazität bietet Vorteile, da der Anstieg der Kurven rechts des günstigsten Wertes geringer ist. Beim Aufrunden des errechneten Zugbedarfes nimmt die Jahresleistung der Abteilung zu, ein Einfluß, der bei gleichen spezifischen Kosten für diese Verfahrensweise spricht.

Die allgemein über Q_{e_B} liegende Absetzerleistung bewirkt eine Verschiebung des optimalen Bereiches nach erhöhten Leistungen der Fördermittel. Der Mehreinsatz von rollendem Material ermöglicht zudem den Ausgleich kleinerer Störungen, die kostenmäßig außerhalb der hier durchgeführten Betrachtungen stehen.

Übersteigt der ermittelte Bedarf an rollendem Material um mehr als 0,2 die nächst kleinere ganze Zahl, so sollte die Abrundung auch deshalb nicht vorgenommen werden, weil die für Berechnungen zur Verfügung stehende effektive Baggerleistung einen Jahresdurchschnittswert darstellt, der etwas unter dem Mittelwert liegt, der für die hier

vorgenommenen Berechnungen Verwendung fand.

Bei der Auswertung der Baggerzeiten war es, wie bereits erwähnt, notwendig, Werte auszusondern, die ihre Ursache in technologisch begründeten Leistungswinderungen hatten. Diese Werte gehen in den Jahresdurchschnittswert ein und führen zu dem besagten Unterschied der Bezugsgrößen.

Die mit 0,2 angegebene Grenze beruht auf einer Abschätzung der Einflußnahme und darf keinesfalls als feststehend betrachtet werden, wenn andersgeartete Bedingungen vorliegen.

Der Einsatz einer weiteren ganzen Zageinheit muß im Sinne wirtschaftlicher Überlegungen unterbleiben, da damit eine wesentlich zu große Überdimensionierung vorhanden wäre. Die Beantwortung der Frage nach der Bereitstellung eines Reservezuges kann ausgehend von diesen Überlegungen nicht erfolgen. Sie bedarf einer besonderen Untersuchung.

Die Tatsache, daß innerhalb des Dimensionierungsvorschlages kein Überdimensionierungsprozentsatz für das rollende Material angegeben wird, bedeutet keinen Widerspruch zu den Ausführungen im Abschnitt 3.3.3. Dort wurde geschlossen, daß es zweckmäßig erscheint, dem Zugmangel infolge gegenseitiger Beeinflussung der Betriebsabschnitte vorwiegend durch Erhöhung der Förderkapazität entgegenzuwirken. Das nach der angegebenen Dimensionierungsweise errechnete rollende Material stellt auf Grund der verwendeten Werte (effektive Geschwindigkeiten, effektive Geräteleistung, Fahrstrecken bis zum Strossenende) bereits einen erheblichen Aufwand dar. Damit bestätigt sich die Auslegung im Abschnitt 3.3.3.

Grundsätzlich sollte vor dem Abweichen von den optimalen Verhältnissen durch Auf- oder Abrundung überprüft werden, ob durch Erhöhung der Wagenzahl im Zugverband das nach der Dimensionierung errechnete Leistungsvermögen der Fördermittel mit der nächst kleineren Zahl von Zügen erreicht werden kann, da sich technologisch infolge der verminderten Zugzahl (Zyklus des Bedienungsprozesses - siehe Abschnitt 12.1.) und ökonomisch (auf Grund der geringeren Zahl der einzusetzenden Lokomotiven) wesentliche Vorteile ergeben. Da allgemein die maximal mögliche Wagenzahl im Zugverband eingesetzt ist, wird allerdings nur selten der Vorteil dieser Maßnahme genutzt werden können.

13.2. Betriebsabschnitt Verkippung

Aus der Gegenüberstellung der Abbildungen 28a) und 28b) geht

hervor, daß eine Überdimensionierung des Absetzers um 20 % gegenüber dem Bagger bereits zu einer Kostenerhöhung führt. Die spezifischen Gesamtkosten im Bereich optimaler Kapazität der Fördermittel ergeben sich zu $44,47 \text{ Pf/m}^3$ bei $U_A = 0 \%$ und $46,49 \text{ Pf/m}^3$ bei $U_A = 20 \%$.

Im Beispiel müßte eine bescheidene Steigerung der Jahresleistung um etwa $142\,000 \text{ m}^3/\text{a}$ mit einer Differenz der spezifischen Kosten von $4,02 \text{ Pf/m}^3$ erkauft werden. Schreibt man die jährliche Gesamtkostenerhöhung der Mehrleistung von $142\,000 \text{ m}^3/\text{a}$ zu Lasten, so verursacht jeder Kubikmeter Kosten in Höhe von $3,52 \text{ DM}$.

Im zweiten Fall (Abbildung 29), bei einer Absetzerüberdimensionierung um 9,1 %, ergibt sich eine wesentlich geringere Zunahme der spezifischen Gesamtkosten (von etwa $49,30 \text{ Pf/m}^3$ auf $49,83 \text{ Pf/m}^3$ im Bereich optimaler Leistungsfähigkeit der Fördermittel). Aber auch hier kommt es durch den überdimensionierten Absetzer zu einer Kostenerhöhung. Obwohl die ausgewiesenen Werte stark von den zugrundeliegenden Parametern abhängen, kann doch allgemein festgestellt werden, daß die hinsichtlich minimaler Gesamtkosten optimale Absetzerleistung unterhalb einer Überdimensionierung von 10 % gegenüber der mittleren Baggerleistung liegt.

Wie bereits durch H ä r t i g - C i e s i e l s k i [16] dargelegt, wird die zeitliche Auslastung der Gewinnungsgeräte durch eine Erhöhung des Leistungsvermögens der Absetzer verbessert.

Um eine volle Auslastung der Bagger (bezogen auf die mögliche Betriebszeit) zu erreichen, sind sehr große Überdimensionierungen erforderlich, die von den Autoren bezüglich des Absetzers theoretisch etwa 50 % angegeben werden und sich nach den Ergebnissen der in dieser Arbeit durchgeführten Rechnungen (Abschnitt 12.3.) von der Größenordnung her bestätigen.

Der erzielbare Effekt steht aber in einem zunehmend ungünstigeren Verhältnis zum Aufwand. Von wirtschaftlichen Erwägungen ausgehend, sollten die Absetzer gegenüber den Baggern nicht mehr als 10 % überdimensioniert werden.

Eine Überbewertung der spezifischen Absetzkosten auf Grund der verwendeten Ausgleichsbeziehung braucht nicht befürwortet zu werden. Die durchschnittlichen Absetzerleistungen innerhalb der

Beispiele liegen im gut gesicherten mittleren Bereich der für die zweite Approximation verwendeten Kostenfunktionen der drei Typenabsetzer.

Die Wirkung einer Absetzerüberdimensionierung in Bezug auf das Abfangen von Störungen konnte innerhalb der Untersuchung nicht geprüft werden. Sie hängt wesentlich von der Art, Größe und Häufigkeit der Störzeiten ab und kann ohne eine breit angelegte Analyse derzeit nicht exakt eingeschätzt werden.

Nach den im Abschnitt 6.3.3. angestellten Überlegungen ist allerdings nicht zu erwarten, daß die beschränkten Möglichkeiten, mit erhöhten Absetzerleistungen Störungen unwirksam zu machen, eine stärkere Überdimensionierung der Geräte rechtfertigen.

Der Vorschlag von $U_A \approx 10\%$ liegt oberhalb des in den Beispielen festgestellten optimalen Bereiches, wird aber dadurch begründet, daß die mittlere effektive Jahresleistung der Bagger, die als Bezugsbasis ausschließlich Verwendung finden kann, etwas niedriger liegt als die Durchschnittsleistung, die nach der Auswertung der Baggerzeiten (vergl. Abschnitt 13.1.) in die Simulationsrechnungen eingeht.

Über die Differenz der betrieblich entstehenden und der in der Arbeit benutzten Werte Q_{eaD} kann allgemeingültig keine Angabe gemacht werden. Abhängig von der jeweils angewandten Technologie (Art des Gleisrückens, Abhängigkeiten der Anschnittverluste, Anteil der Arbeiten zur Herstellung des Planums usw.) schwanken die Differenzen der Mittelwerte etwa zwischen 0 (bei einem kontinuierlich gerückten Eimerkettenbagger) und 7%.

Eine genauere Abgrenzung der optimalen Absetzerleistung kann nicht vorgenommen werden. Das Simulationsprogramm gestattet es nicht, die mittlere Absetzzeit in Stufen von weniger als 1 min zu verändern. Die kleinstmögliche Änderung um 1 min bezüglich \bar{t}_A macht aber bereits 9,1% Überdimensionierung des Absetzers aus.

Die nur um etwa $0,5 \text{ Pf/m}^3$ höheren spezifischen Kosten beim Einsatz eines um 10% überdimensionierten Absetzers deuten darauf hin, daß das gesuchte Optimum unweit der vorgeschlagenen Überdimensionierung liegt.

Der Vorschlag scheint nicht zuletzt auch dadurch gerechtfertigt, daß die erhöhte Absetzerleistung einige Vorteile bietet, die kostenmäßig nicht erfaßt werden konnten (Abfangen kleinerer Störungen usw.).

Die vorgeschlagenen Leistungsproportionen zwischen Bagger und Absetzer, die für grundsätzlich andersgeartete Betriebsverhältnisse einer erneuten Überprüfung bedürfen, sollten bei der Aufstellung von Typenreihen Beachtung finden, um nicht von vornherein durch ungünstige Relationen eine nachteilige Wirkung auf das Betriebsergebnis der Abräumabteilungen auszuüben.

14. Der Zusammenhang zwischen der Absetzerüberdimensionierung und der "Pufferwirkung durch zusätzlichen Kippgraben"

Aus den Darlegungen innerhalb des Abschnittes 6.4. ergab sich die Notwendigkeit der rechnerischen Überprüfung der Wirkung eines überdimensionierten Kippgrabens. Wie innerhalb des Simulationsprogrammes der Einfluß einer Grabenüberdimensionierung zu berücksichtigen ist, wurde im Abschnitt 10 bereits erwähnt.

Abbildung 30 veranschaulicht anhand zweier Beispiele (Parameter Anlagen 22 und 24 (2.)) die Ergebnisse der Rechnungen. Die Änderung der durchschnittlichen Zugmangelzeit $\bar{t}_Z(G)$ des Baggers mit der Erhöhung der Absetzerleistungsfähigkeit ist gegenläufig zur Abhängigkeit $\bar{t}_Z(G)$ als Funktion der zusätzlichen Kippgrabenlänge aufgetragen.

Die in Prozent der Wagenzuglänge ausgedrückte Grabenüberdimensionierung stellt gleichzeitig die Steigerung des Aufnahmevermögens dar.

Die Ergebnisse gelten deshalb grundsätzlich auch für erhöhte Kippgrabeninhalte durch Doppel- oder Mehrfachkipfung (Doppelkipfung wirkt allerdings nur dann als Puffer, wenn der Absetzer bereits bei Einfachkipfung die volle Schöpfergeräteleistung erreicht).

Die zu den Schnittpunkten der Kurvenzüge (Abbildung 30) gehörenden Werte der Abszissen geben die Verhältnisse an, bei deren Vorhandensein eine vergleichbare Wirkung erreicht wird.

Im ersten Beispiel kann mit einem zusätzlichen Grabeninhalt von rd. 44 % des Inhaltes eines Wagenzuges einer Absetzer-Überdimensionierung von etwa 24 % entsprochen werden. Beim Einsatz großer Zugeinheiten bleibt die Relation der Werte etwa erhalten. Die Prozentsätze selbst sinken vergleichsweise auf ungefähr ein Drittel (bei dreifachem Zuginhalt) ab.

Da sich diese Ergebnisse, wie auch alle bereits mitgeteilten, aus vorgegebenen Bedingungen ableiten, dürfen voreilige Schlussfolgerungen nicht gezogen werden.

Sicher erscheint, daß bei großen Zuginhalten eine vergleichbare Einflußnahme auf den Umfang der Zugmangelzeiten durch gegenseitige Beeinflussung der Betriebsabschnitte mittels Überdimensionierung des Absetzers mit einer prozentual geringeren Überleistung zu erzielen ist. Die Differenzzeit, die der in der Leistung verstärkte Absetzer beim Aufarbeiten der Massen eines Zuges im Mittel herausarbeitet, ist der mittleren Baggerzeit proportional und nimmt deshalb mit steigendem Zuginhalt verhältnismäßig zu. Da diese Zeitdifferenzen ein Maß für die Minderung der Zugwartezeiten vor dem Kippenstellwerk darstellt und damit für den Erfolg einer Absetzerüberdimensionierung verantwortlich ist, darf dieser Zusammenhang als Grund für die beobachteten Verhältnisse gelten.

In beiden Beispielen stehen die prozentuale Absetzerüberdimensionierung und die prozentuale Zusatzgrabenlänge (oder die prozentuale Erhöhung des Grabenaufnahmevermögens), die eine gleiche Wirkung im Hinblick auf die Minderungen von Zugmangelzeiten hervorrufen, etwa im Verhältnis 1 : 2 .

Da die Aufwendungen für die Erhöhung des Grabeninhaltes relativ gering sind und beim Anlegen stationärer Kippgräben

die im Abschnitt 6.4. angeführten Schwierigkeiten keine Bedeutung haben, sollte der Vorteil dieser Pufferwirkung über den Kippgraben weitestgehend genutzt werden. Bei der Projektierung von Tagebauen mit Bagger-Zug-Technologie muß der "gebrochenen Förderung", die gute Voraussetzungen für die Nutzung dieses Vorteiles bringt, besonderes Augenmerk geschenkt werden.

Beim Aufarbeiten der im Graben vorübergehend abgelagerten Massen treten anteilige Leerfahrtszeiten des Absetzers auf. Es erscheint daher zweckmäßig, die etwa 10 %ige Überdimensionierung des Gerätes beizubehalten, um eine genügende Sicherheit für die Realisierung der Puffermöglichkeit zu bieten.

Der erhöhte Grabeninhalt, der ohne nennenswerte Schwierigkeiten das Mehrfache eines Zuginhaltes betragen kann, schafft dann die völlige Unabhängigkeit des Zugverkehrs von der Kippe und gewährleistet die maximal mögliche Senkung der Zugmangelzeiten, die durch diese Lahnahme zu erreichen ist.

Durch den Einsatz großer Zugeinheiten ergeben sich, wie am Beispiel eindeutig zu erkennen ist, erhebliche Vorteile. Eine vorliegende Überdimensionierung des Absetzers kommt bei Zunahme des Zuginhaltes so zur Wirkung, als würde bei konstantem Zuginhalt das Absetzerleistungsvermögen weiter gesteigert.

Während der Einsatz leistungstärkerer Absetzer ökonomisch sehr aufwendig ist und für $U_A > 10\%$ bei den gewählten Betriebsverhältnissen nicht mehr vertretbar erscheint, bietet die Förderung mittels Grobraumzügen zusätzlich die Möglichkeit einer erheblichen Senkung der spezifischen Förderkosten.

15. Über die Erweiterung der Untersuchungen auf das Zusammen-
spiel mehrerer Gewinnungs- und Verkippanageräte

Im Abschnitt 2. wurden die Untersuchungen auf den Betriebsablauf innerhalb einer Abteilung beschränkt. Die Abraumabteilungen der Tagebaue arbeiten aber derzeit selten mit nur einer Geratekombination. Meist sind mehrere Bagger und Absetzer im Einsatz, die nicht als unabhängige Abteilungen betrieben werden oder sich gar nicht in Abteilungen aufgliedern lassen (2 Bagger - 1 Absetzer, 2 Absetzer - 1 Bagger).

Allgemein ist bekannt, daß für eine größere Anzahl von Gewinnungs- und Absetzgeräten das Minimum an Transportaufwand mit Hilfe wirtschaftsmathematischer Verfahren bestimmt werden kann und gegebenenfalls nicht für die Anwendung des Abteilungsfahrens spricht. Wenn dennoch der Abteilungsfahrverkehr angestrebt wird, so deshalb, weil die Steuerung der Fördereinrichtungen hinsichtlich der Einhaltung optimaler Bedingungen unter Umständen recht kompliziert werden kann. Besonders schwierig erscheint die Realisierung der nächst günstigsten Variante beim Auftreten von Störungen, Reparaturen, Besonderheiten technologischer und bodenmechanischer Art usw., die als einschränkende Bedingungen wirken und eine Veränderung der Fahrweise fordern.

Eine Behandlung der Wirkung von kurzzeitigen Schwankungen der Fahrspielgrößen bei gleichzeitigem Einsatz mehrerer Bagger und Absetzer ist grundsätzlich möglich, konnte aber zunächst nicht vorgenommen werden, da sich eine Reihe von Fragestellungen ergibt, deren Behandlung den Rahmen der Arbeit sprengt.

Obwohl die Ergebnisse der Untersuchungen über die Veränderlichkeit der Bagger-, Fahr- und Absetzzeiten grundsätzlich ihre Gültigkeit auch bei Erweiterungen behalten, drängen sich schon für zwei Bagger, die mit einem Absetzer zusammen-

arbeiten, verschiedene Probleme auf, von deren Lösung der Aufbau des ohne Zweifel erheblich komplizierteren Simulationsmodells abhängt.

Beim Einsatz von zwei Baggern und zwei Absetzern wird es bereits erforderlich, vor der Betrachtung der in der vorliegenden Arbeit untersuchten Abhängigkeiten eine optimale Massenverteilung auf der Grundlage von Mittelwerten für alle Fahrspielgrößen zu bestimmen.

Um einen Überblick zu bieten und die eingangs getroffene Abgrenzung zu begründen, soll in Form einer Aufzählung auf zusätzliche Fragen hingewiesen werden, deren Beantwortung für die Erweiterung der Untersuchungen auf den einfachsten Fall (2 Bagger - 1 Absetzer) erforderlich wird:

- 1.) Es muß geprüft werden, ob die momentane Stellung der beiden Gewinnungsgeräte als voneinander unabhängig aufgefaßt werden darf. Ist das nicht der Fall, so sind die Gesetzmäßigkeiten der Gerätebewegungen zueinander festzustellen.
- 2.) Abgesehen von den kurzzeitigen Schwankungen der Baggerzeiten sowie der Fahrzeiten der Voll- und Leerzüge auf der Strosse und ohne Berücksichtigung der Gerätestellung kann es zu gesetzmäßigen Zugwarteseiten im Bereich der Stellwerksanlagen dadurch kommen, daß die Mittelwerte der Füllzeiten beider Geräte (durch Unterschiede im Q_e bzw. im Zuginhalt) voneinander abweichen und eine systematische Veränderung der Vollzugfolgezeiten an der Baggerverteilung verursachen. Diese Zeiten sind mit zu erfassen.
- 3.) Wird die von der Stellwerksdurchlaßfähigkeit bestimmte kürzeste Zugfolgezeit unterschritten oder treten gleichzeitige Zugankünfte auf (im ungünstigsten Fall 2 Vollzüge und ein Leerzug), so müssen bestimmte Festlegungen für die Verfahrensweise getroffen werden. Die darüber

bereits durchgeführten Berechnungen zeigen, daß von der Entscheidung des Stellwerkers wesentlich der weitere Ablauf des Zugverkehrs von und zur Baggestrosse beeinflusst wird.

Das zu entwickelnde Simulationsprogramm muß nach den Ergebnissen der zusätzlichen Untersuchungen entsprechend erweitert werden und die bereits für den Abteilungsfahrverkehr verwendeten Größen ebenfalls in Form von Verteilungen verarbeiten.

In Anbetracht dessen, daß der Einsatz von zwei Baggern mit einem Absetzer nur den ersten Schritt zur Verallgemeinerung darstellt, war die erwähnte Abgrenzung notwendig.

Die schrittweise Erweiterung der Thematik muß zukünftigen Arbeiten vorbehalten bleiben.

16. Zusammenfassung der Ergebnisse

Als Zugmangelzeiten durch gegenseitige Beeinflussung der Betriebsabschnitte werden Geratestillstände definiert, die infolge der kurzzeitigen Schwankungen der Bagger-, Fahr- und Absetzzeiten in Abraumabteilungen von Tagebauen mit Zugförderung entstehen, wenn das Leistungsvermögen der Fördermittel nach Durchschnittswerten der Fahrspielemente bemessen ist.

Untersuchungen über die Veränderlichkeit der für Bedarfsermittlungen zur Verwendung kommenden Größen führen auf Verteilungen, die, mit Einschränkungen, bestimmten statistischen Testforderungen genügen. Während die Schwankungen der Fahrzeiten unter vergleichbaren Bedingungen mittels Normalverteilungen genähert werden können, ist die Vorausberechnung der Füllzeitenverteilung nur in Sonderfällen behelfsweise über trigonometrische Ausgleichspolynome möglich.

Auf Grund mangelnder Qualität der Unterlagen müssen für die Absetzzeiten in erster Näherung Verteilungen leistungsgleicher Gewinnungsgeräte übernommen werden.

Die für eine rechnerische Behandlung des Betriebsablaufes erforderlichen Verallgemeinerungen und Abgrenzungen erweisen sich bei der Gegenüberstellung mit betrieblichen Werten als zulässig und berechtigen zur quantitativen Behandlung der gegenseitigen Beeinflussung der Betriebsabschnitte nach statistischen Verfahren.

Ein von der Uhrzeit unabhängiges Simulationsmodell erlaubt es, die Wirkung einer Anzahl von Faktoren auf den Umfang der Zugmangelzeiten durch Einsatz elektronischer Rechenautomaten zu beurteilen.

Das Modell gestattet es, den Einfluß einer Veränderung der Bodenart, des Einsatzes von Großraumbzügen, größerer bzw. geringerer Fahrgeschwindigkeiten und Streckenlängen, eines erhöhten Kippgrabenaufnahmevermögens, einer veränderten Zahl von eingesetzten Zügen, einer anderen Wagenzahl im Zugverband, verschiedener Dimensionierungsgrundlagen für das rollende Material und gesteigerter Absetzerleistungen simulativ zu behandeln.

Die Ortsveränderung der Geräte auf den Strossen kann durch die Definition einer "wahrscheinlichen Gerätestellung" rechnerisch berücksichtigt werden.

Ausgehend von betriebsnahen Vorgaben, werden der Umfang der Zugmangelzeiten und die Abhängigkeit derselben von wichtigen technologischen Größen anhand von Beispielen nachgewiesen.

Die gründliche Untersuchung der in die Rechnungen eingehenden Größen läßt gewisse allgemeine Aussagen über die zu erwartenden Werte bei andersgearteten Betriebsverhältnissen zu.

Die approximierten Beziehungen der spezifischen Kosten für das Gewinnen und Absetzen der Massen in Abhängigkeit von der

erzielten Jahresleistung der Geräte und die Berechnungsmöglichkeit für spezifische Förderkosten schaffen die Voraussetzungen zur Bestimmung optimaler Leistungsproportionen der nachgeschalteten Betriebsabschnitte.

Innerhalb der Beispiele wird das Minimum an Gesamtkosten mit einer Auslegung der Förderkapazität nach dem Dimensionierungsvorschlag in Näherung erreicht. Die günstigste Leistung des Absetzers liegt nahe einer Überdimensionierung von etwa 10 % gegenüber dem Bagger (bezogen auf die mittlere Baggerzeit).

Aus diesen Ergebnissen leitet sich ein Vorschlag bezüglich der zweckmäßigen Berechnung des Zugbedarfes ab.

Die Vielzahl von Einflüssen und die Bindung der Rechnungen an vorgegebene Parameter für bestimmte Betriebsverhältnisse schließen absolute Angaben allgemeingültiger Art aus und machen es erforderlich, für grundsätzlich veränderte Bedingungen die Bestimmung der günstigsten Proportionen zu wiederholen.

Besondere Vorteile zur Steigerung der zeitlichen Auslastung der Geräte und hinsichtlich der Verbesserung des ökonomischen Ergebnisses bietet der Einsatz von Großraumzügen sowie die Nutzung der Puffermöglichkeiten durch erhöhtes Aufnahmevermögen des Kippgrabens in Verbindung mit der Anwendung der "gebrochenen Förderung".

Die Ausdehnung der Thematik auf Abraumabteilungen mit mehreren Gewinnungs- und Absetzgeräten muß auf Grund der Notwendigkeit einer erheblichen Erweiterung des Simulationsmodells und mit Rücksicht auf eine Reihe notwendiger Voruntersuchungen der zukünftigen Bearbeitung der unrisenen Fragestellung vorbehalten bleiben.

Bergakademie
- Bucherei -
Freiberg i. Sa.

Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen

Z_e	Zahl der eingesetzten Züge	[—]
Z_b	Zugbedarf nach Dimensionierungsbeziehung	[—]
Z	Zeitraum, in dem das Auftreten von Ereignissen betrachtet wird	[min]
Z_m	mittlerer Zeitabstand von Ereignissen	[min]
i	Index, der besonders kennzeichnet, daß die Größe mehrere Werte annehmen kann	[—]
Q_e	mittlere Geräteleistung	[m ³ /h]
Q_{Li}	E-Lokstundenleistung innerhalb des Fahrspieles i	[m ³ /h]
Q_i	Leistungsanteil des Fahrspieles i	[m ³ /h]
$Q_{L \text{ gew.}}$	gewogene mittlere E-Lokstundenleistung	[m ³ /h]
Q	maximale Standortleistung des Gerätes	[m ³ /h]
Q_{eaB}	effektive Jahresleistung des Baggers	[10 ⁶ m ³ /a]
Q_{eaA}	effektive Jahresleistung des Absetzers	[10 ⁶ m ³ /a]
Q_{eaZ}	jährliche Leistung einer "dauernd eingesetzten Zügeinheit"	[10 ⁶ m ³ /a]
Q_{eB}	mittlere effektive Stundenleistung des Baggers	[m ³ /h]
Q_{eA}	mittlere effektive Stundenleistung des Absetzers	[m ³ /h] oder [10 ³ m ³ /h]

t_B	Baggerzeit eines Zuges	[min]
\bar{t}_B	mittlere Baggerzeit eines Zuges	[min]
t_F	Fahrzeit eines Zuges	[min]
\bar{t}_F	mittlere Fahrzeit eines Zuges	[min]
t_K	Kippzeit eines Zuges	[min]
t_A	Absetzzeit für die Massen eines Zuges	[min]
\bar{t}_A	mittlere Absetzzeit für die Massen eines Zuges	[min]
t_W	Wartezeit eines Zuges an der Bagger- bzw. Kippenverteilung	[min]
t_2	Zugfolgezeit $\hat{=}$ zeitlichem Abstand zweier Züge	[min]
\bar{t}_2	durchschnittliche Zugfolgezeit	[min]
t	Testgröße der Student'schen Verteilung	[-]
$\bar{t}_{F\Sigma}$	Summe der mittleren Fahrzeiten über mehrere Teilstrecken	[min]
$\bar{t}_{W(G)}$	durchschnittliche Wartezeit der Züge durch gegenseitige Beeinflussung der Betriebsabschnitte	[min/Fahrspiel] oder [% von \bar{t}_e]
$\bar{t}_{Z(G)}$	durchschnittliche Zugmangelzeit des Baggers oder Absetzers durch gegenseitige Beeinflussung der Betriebsabschnitte bei unveränderlicher Gerätestellung	[min/Fahrspiel] oder [% von \bar{t}_P]

$\bar{t}_Z(G)$	durchschnittliche Zugmangelzeit des Baggers oder Absetzers durch gegenseitige Beeinflussung der Betriebsabschnitte unter Berücksichtigung der veränderlichen Stellung der Geräte auf der Strosse	[min/Fahrspiel] oder [% von \bar{t}_B]
t_{isp}	spezifische Kippzeit	[min/M.u.W.]
Δt_B	Unterschied einer Baggerzeit gegenüber einer anderen bzw. gegenüber \bar{t}_B	[min]
Δt_F	Abweichung einer Fahrzeit gegen eine andere bzw. gegen \bar{t}_F	[min]
Δt_Z	Abweichung der Zugfolgezeit gegenüber \bar{t}_Z	[min]
$\varphi(\Delta t_B)$	theoretische relative Häufigkeit der Abweichung vom Mittelwert der Baggerzeit \bar{t}_B	[-]
$f(t_B)$	gemessene relative Häufigkeit der Baggerzeit t_B	[-]
$\varphi(t_B)$	theoretische relative Häufigkeit der Baggerzeit t_B	[-]
$f(\Delta t_F)$	gemessene relative Häufigkeit einer Fahrzeitabweichung vom Mittelwert \bar{t}_F	[-]
$\varphi(\Delta t_F)$	theoretische relative Häufigkeit einer Fahrzeitabweichung vom Mittelwert \bar{t}_F	[-]
$f(t_Z)$	gemessene relative Häufigkeit der Zugfolgezeit t_Z	[-]
$\varphi(t_Z)$	theoretische Häufigkeit der Zugfolgezeit t_Z	[-]

φ_{G_A}	Wahrscheinlichkeit der momentanen Stellung des Absetzers	[-]
φ_{G_B}	Wahrscheinlichkeit der momentanen Stellung des Baggers	[-]
\bar{T}_e	durchschnittliche Fahrspielzeit für einen Zugumlauf	[min]
T_{b_i}	betriebliches Bestfahrspiel für die Fahrten vom Bagger zur Kippe i	[min]
T_{sp}	spezifische mittlere Stillstandszeit des Gerätes durch Grenzstrosseneinfluß	[min/Zug]
$T_{ges.}$	Zeit zum Gewinnen der Massen des gesamten Schwenksektors	[h]
$T_{n,n-1}$	Zeit zum Gewinnen der Massen im Bereich zwischen x_n und x_{n-1}	[h]
V_r	rapportierter Wageninhalt	[m ³ gew.]
n	Wagenzahl in einem Zugverband	[Stck.]
η_T	zeitliche Auslastung der Geräte	[-]
η_L	leistungsmaßige Auslastung der Geräte	[-]
s^2	Streuung der Meßwerte (Baggerzeiten)	[min ²]
s_F^2	Streuung der Fahrzeiten	[min ²]
$s_F^2 \Sigma$	Summe der Streuungen der Fahrzeiten über mehrere Teilstrecken	[min ²]
ρ	Schiefte der Verteilung	[-]
ρ_K	Spearman-Pearson'scher Korrelationskoeffizient	[-]

χ^2	Testgröße des Chi-Quadrattestes	[-]
F	Testgröße des F-Testes von Fisher	[-]
N	Umfang der Stichprobe	[Stck.]
N'	Anzahl der Beobachtungsserien	[Stck.]
P	statistische Sicherheitsschwelle bei der Durchführung von Testen	[-]
v	Zuggeschwindigkeit	[m/min]
v_m	mittlere Zuggeschwindigkeit für Voll- und Leerfahrt auf der Strosse	[m/min]
v_{m_B}	mittlere Zuggeschwindigkeit für Voll- und Leerfahrt auf der Baggerstrosse	[m/min]
v_{m_A}	mittlere Zuggeschwindigkeit für Voll- und Leerfahrt auf der Absetzerstrosse	[m/min]
L_{max}	Grenzstrossenlänge	[m]
L_{max_2}	Maximalwert der Grenzstrossenlänge bei der größten Baggerzeit $t_{B_{max}}$	[m]
L_{max_1}	Minimalwert der Grenzstrossenlänge bei der kleinsten Baggerzeit $t_{B_{min}}$	[m]
ΔL	Längenbereich auf der Strosse	[m]
$\left. \begin{array}{l} +\Delta L_A \\ -\Delta L_A \end{array} \right\} \rightarrow$	Verkürzung (+) bzw. Verlängerung (-) der dimensionierten Transportentfernung durch die Stellung des Absetzers	[m]
$\left. \begin{array}{l} +\Delta L_B \\ -\Delta L_B \end{array} \right\} \rightarrow$	Verkürzung (+) bzw. Verlängerung (-) der dimensionierten Transportentfernung durch die Stellung des Baggers	[m]
$\varphi(\Delta L_A + \Delta L_B) \hat{=} \varphi(u_G)$	Wahrscheinlichkeit einer um $\Delta L_A + \Delta L_B$ gegenüber	[-]
	der dimensionierten Länge verkürzten Geräteentfernung $\hat{=} Wahrscheinlichkeit einer entsprechenden Überdimensionierung des rollenden Materials$	

U_G	Über- (+) bzw. Unterdimensionierung (-) des rollenden Materials infolge veränderlicher Gerätestellung	[% oder min]
L	Strossenlänge	[m]
U_Z	Überdimensionierung des rollenden Materials durch Einsatz von zusätzlichen Zugeinheiten	[% oder min]
U_W	Überdimensionierung des rollenden Materials durch Erhöhung der Wagenzahl oder bessere Ausnutzung des Wageninhaltes	[% oder min]
U_A	Überdimensionierung des Absetzers gegenüber dem Bagger bezogen auf Q_{eB}	[% oder min]
s_m	mittlere Transportentfernung vom Beginn der Strosse bis zum Strossenschwerpunkt	[m]
S_o	Schwerpunktstand des Bereiches zwischen x_n und x_{n-1} von der Ordinate zu x_{n-1}	[m]
x_n, x_{n-1} x_m, x_{m-1}	} Koordinaten der Strossenbereiche auf der Bagger- bzw. Absetzerstrosse	[m]
R_F	Reservefaktor für Leerlauf in der Reparatur, nicht voraussehbare Stillstände und den nichtparallelisierbaren Anteil der Generalreparatur [19]	[-]
u_i	Gewicht des Fahrspieles i	[-]
k_{spB}	spezifische Gewinnungskosten	[Pf/m ³]
k_{spA}	spezifische Absatzkosten	[Pf/m ³]
k_{spZ}	spezifische Förderkosten	[Pf/m ³]
$k_{a ges}$	jährliche Gesamtkosten einer "dauernd eingesetzten Zugeinheit"	[DM/a]

k_{aL}	jährliche Abschreibungskosten einer Lokomotive einschließlich Reparaturanteil	[M/s]
k_{aW}	jährliche Abschreibungskosten eines Wagens einschließlich Reparaturanteil	[M/a]
r_{aL}	jährliche Reparaturkosten einer Lokomotive einschließlich Reparaturanteil	[M/a]
r_{aW}	jährliche Reparaturkosten eines Wagens einschließlich Reparaturanteil	[M/a]
h_{aL}	jährliche Hilfsmaterialkosten einer Lokomotive einschließlich Reparaturanteil	[M/a]
h_{aW}	jährliche Hilfsmaterialkosten eines Wagens einschließlich Reparaturanteil	[M/a]
l_{aZ}	jährliche Lohnkosten einer "dauernd eingesetzten Zugsinheit"	[M/a]
e_{aZ}	jährliche Energiekosten einer "dauernd eingesetzten Zugsinheit"	[M/a]
w_L	Anschaffungswert einer Lokomotive	[M]
w_W	Anschaffungswert eines Wagens	[M]
M_a	jährlich von einer "dauernd eingesetzten Zugsinheit" transportierte Massen	[m ³ /a]
M_3	drittes normiertes Moment der Verteilung	[-]
\bar{M}_3	drittes normiertes Moment der Normal-Verteilung	[-]
m	Zerlegung der Halbperiode bei der Harmonischen Analyse	[-]
m_s	Umfang der Beobachtungsserie	[Stck.]
m_w	Zahl der Wertepaare bei der Approximation der Kostenabhängigkeiten	[Stck.]

K	Konstante im Argument der trigonometrischen Ausgleichspolynome	$[-]$
n_E	Zahl der Ereignisse in einem bestimmten Zeitraum	$[\text{Stok.}]$
λ	durchschnittliche Häufigkeit eines be- stimmten Merkmals in der Poisson'schen bzw. der binomischen Verteilung	$[-]$
α_1 α_2	} → spezifische Streuungen der Vollfahrts- zeiten	$[\text{min}]$
β_1 β_2	} → spezifische Streuungen der Leerfahrts- zeiten	$[\text{min}]$
r	Koeffizient der Maskorrelation	$[-]$
B	Bestimmtheitsmaß	$[-]$

Bei einigen Ableitungen werden allgemeine, in der Mathematik übliche Zeichen für die Veränderlichen und Konstanten benutzt. Formelzeichen von geringer Bedeutung sind im Text bzw. in den Anlagen definiert.

Literaturverzeichnis

- [1] HÄRTIG-GRUSCHKA-TODT "Analyse von Zugmangelzeiten"
unveröffentlichter Abschlußbericht,
DfV Freiberg 1962
- [2] HOCHSTEINER "Anwendung der Wahrscheinlichkeits-
lehre auf den Straßen- und Bahnver-
kehr"
Wissenschaftliche Zeitschrift
der Hochschule für Verkehrswesen
Dresden, 6 (1958/59), Heft 1
- [3] SCHLUMS "Statistische Forschungsmethoden
als Hilfsmittel bei Verkehrs-
analysen"
Bauplanung und Bautechnik Bd. 2,
Nr. 4, April 1948
- [4] BOX und WATSON "Die Robustheit von Regressions-
testen gegenüber Nichtnormalität"
Biometrika 49 (1962), Seiten 93 b. 106
- [5] LINDER "Statistische Methoden"
Birkhäuser Verlag Basel, 1960
- [6] LINDER "Planen und Auswerten von Versuchen"
Birkhäuser Verlag, Basel, 1959
- [7] ACKERMANN "Einführung in die Wahrscheinlich-
keitsrechnung"
S. Hirzel Verlag, Leipzig, 1955
- [8] LORENZ "Über die Analyse von Verteilungs-
kurven"
Die Technik, Bd. 2, Nr. 2, Febr. 1947

- [9] HOCHSTEINER "Siebenstellige Tafeln der Piossonfunktion"
Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Verkehrswesen, Dresden, 6 (1958/59), Heft 3
- [10] BORSBORN "Ausgleichsrechnung und mathematische Statistik"
Lehrbriefe der HA Fernstudium der BA Freiberg, Hefte 1 und 2, 1961
- [11] DALVES und RECHL "Großzahlmethodik und Häufigkeitsanalyse"
Verlag Chemie, G.m.b.H., Weinheim Bergstraße, 1958
- [12] GRAF und HENNING "Statistische Auswertung"
Melliand - 34 - 1/1953 - 37
- [13] POTTROFF "Neue Anwendungen mathematischer Methoden im Eisenbahnbetrieb"
Eisenbahntechnik 1962, Heft 4, Seite 149 - 154
- [14] POTTROFF "Nichtschlangentheorie"
Eisenbahntechnik 1962, Heft 9, Seite 388 - 393
- [15] POTTROFF "Verkehrsströmungslehre"
Bd. 1, Verlag Transpress, Berlin 1962
- [16] HARTIG-GIESIELESKI "Leistungsberechnung von Kippen, die mit Zügen beschickt werden"
FFH A 207, Akademie Verlag Berlin, 1962
- [17] BRATKE "Die Ermittlung des optimalen Zug-einsatzes in Abraumbetrieben"
Vortrag zum B. und H. Tag 1964

[18]

[19]

[20]

[21]

[22]

[23]

[24]

[25]

[26]

- [18] Arbeitsgruppe der BTG "Begriffsbestimmungen für den Braunkohlentagebau"
Sonderdruck Akademie Verlag Berlin 1959
- [19] Abt. Ökonomie des DBI "Kapazität"
Forschungsabschlussbericht, DBI Freiberg, 1963
- [20] PKB-Kohle Berlin (Abt. II - Bergbau) "Zusammenstellung und Auswertung der Betriebskosten der Typengeräte in Abraum und Grube 1962"
interner Bericht vom 14.10.1963
- [21] HOLLWEG "Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen über die Schrägbandlage Muehlen und wirtschaftlicher Vergleich mit anderen möglichen Abbauverfahren"
FFH A 129, Akademie Verlag Berlin
- [22] HÄRTIG-CIESIELSKI "Berechnungsgrundlagen für den Braunkohlentagebau"
VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie Leipzig, 1962
- [23] WEIGELT "Harmonische Abstimmung von Betriebsgeräten und -einrichtungen, unter besonderer Berücksichtigung des Fahrbetriebes"
Dissertation, Freiberg 1954
- [24] BRZOSKA "Mathematische Formelsammlung"
Fachbuchverlag Leipzig 1954
- [25] GNEDENKO "Wahrscheinlichkeitsrechnung"
Akademie Verlag, Berlin, 1958
- [26] LÖSCH "Elementare transzendente Funktionen"
Springer Verlag, 1954

- [27] BLICKENROTH "Diskussionsbeitrag zum Vortrag 7"
B. und H. Tag 1964 (siehe [17])
- [28] SCHMIDT, R. unveröffentlichte Unterlagen
- [29] BALLMANN "Wirtschaftlichkeitsbereich der
Zug- und Bandförderung im Abraumbe-
trieb der Braunkohlentagebaue"
Dissertation, Freiberg 1961
- [30] DIN 1319 "Grundbegriffe der Meßtechnik"
DIN Mitteilungen Bd. 39, Heft 2
(Februar 1960)
- [31] GRAF und RENNING "Formeln und Tabellen der mathema-
tischen Statistik"
Berichtigter Neudruck
Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/
Heidelberg 1958

Verzeichnis der Anlagen

- Anlage Nr. 1 Rechengang zur Ermittlung von Kennwerten der Verteilungen der Baggerzeiten
- Anlage Nr. 2 Zusammenstellung von Kennwerten der Verteilungen der Baggerzeiten
- Anlage Nr. 3 Näherung der empirischen Verteilungen durch „Harmonische Analyse“ (Beispiel)
- Anlage Nr. 4 Die berechneten Näherungsbeziehungen für die Verteilungen der Baggerzeiten
- Anlage Nr. 5 Prüfung der Reproduzierbarkeit der erhaltenen Verteilungen
- Anlage Nr. 6 Rechengang zur Prüfung der Zufälligkeit des Auftretens der in den Verteilungen erfaßten Baggerzeiten (Beispiel des Baggers SchRs 1200 - 133 im Tagebau Klettwitz)
- Anlage Nr. 7 Auswertungstabelle der Baggerzeiten des SchRs 1200 - 133 im Tagebau Klettwitz
- Anlage Nr. 8 Gegenüberstellung der theoretischen und effektiven Häufigkeiten des SchRs 1200 - 133 im Tagebau Klettwitz
- Anlage Nr. 9 Gegenüberstellung der Streuungswerte der Fahrzeiten
- Anlage Nr. 10 Die "spezifische Streuung" für sämtliche ausgewerteten Stichproben
- Anlage Nr. 11 Prüfung der Korrelation der zu etwa gleicher Zeit entstehenden Bagger- und Absetzzeiten
- Anlage Nr. 12 Prüfung der Korrelation der veränderlichen Bagger- und Absetzzeiten für einen bestimmten Zug
- Anlage Nr. 13 Die Massenverteilung bei der "synchronen Fahrweise"
- Anlage Nr. 14 Berechnung der Wahrscheinlichkeiten für bestimmte Strossenstellungen von Bagger und Absetzer
- Anlage Nr. 15 Ableitung der Bestimmungsgleichungen der Konstanten a und b einer hyperbolischen Ausgleichsfunktion der Art $y = a + \frac{b}{x}$
- Anlage Nr. 16 Bestimmung der Kostenfunktion für die Schaufelradbagger vom Typ SchRs 1200
- Anlage Nr. 16a Korrelation und Bestimmtheit für den Zusammenhang zwischen den Werten der Ausgleichsfunktion und den effektiven Kostensätzen

- Anlage Nr.17 Zusammenstellung der Ausgleichsfunktionen für die spezifischen Kosten der Gewinnung und des Absatzens in Abhängigkeit von der Jahresleistung der Typenbagger bzw. Absetzer
- Anlage Nr.18 Bestimmung der Ausgleichsparabel zur Ermittlung der Werte a und b der allgemeinen Näherungsbeziehung für die spezifischen Absatzkosten von Geräten, die nicht in der Typenreihe enthalten sind
- Anlage Nr.19 Die Bestimmung der spezifischen Förderkosten in Abhängigkeit von der Zahl und Art der eingesetzten Zügeinheiten
- Anlage Nr.20 Zahlenbeispiel für den Ablauf des Simulationsprogrammes
- Anlage Nr.21 Besondere Bemerkungen zum Programmablauf (siehe Anlage 20)
- Anlage Nr.22 Parameter zu den Abbildungen 22, 23 und 24
- Anlage Nr.23 Parameter zur Abbildung 25
- Anlage Nr.24 Parameter zur Abbildung 27
- Anlage Nr.25 Die Wahrscheinlichkeiten bestimmter Überdimensionierungen des rollenden Materials durch die Veränderlichkeit der Gerätestandpunkte
- Anlage Nr.26 Die vom Automaten ausgedruckten Werte und ihre Bedeutung
- Anlage Nr.27 Rechnungen zur Bestimmung der optimalen Proportionen der Betriebsabschnitte (Darstellung Abbildung 29)

Rechengang zur Ermittlung von Kennwerten der Verteilungen der Baggerzeiten

(Auswertung des Baggers SchRs 630/800 - Tagebau Koschen)

1. Durchschnitt der Baggerzeit \bar{t}_B

$$\begin{aligned} \bar{t}_B &= \sum f(t_{B_i}) \cdot t_{B_i} \\ &= 0,219 \cdot 8 \\ &\quad + 0,357 \cdot 9 \\ &\quad + 0,219 \cdot 10 \\ &\quad + 0,124 \cdot 11 \\ &\quad + 0,072 \cdot 12 \\ &\quad + 0,009 \cdot 13 \end{aligned} \qquad = \underline{9,500 \text{ min}}$$

2. Streuung der Baggerzeit s^2

$$\begin{aligned} s^2 &= \frac{1}{N-1} \sum f_i \cdot (t_{B_i} - \bar{t}_B)^2 = \sum f(t_{B_i}) \cdot (t_{B_i} - \bar{t}_B)^2 \\ &= 0,219 (8-9,5)^2 \\ &\quad + 0,357 (9-9,5)^2 \\ &\quad + 0,219 (10-9,5)^2 \\ &\quad + 0,124 (11-9,5)^2 \\ &\quad + 0,072 (12-9,5)^2 \\ &\quad + 0,009 (13-9,5)^2 \end{aligned} \qquad = \underline{1,476 \text{ min}^2}$$

3. Schiefe der Verteilung

$$\rho = M_3 - \bar{M}_3 \quad \text{wobei } \rho \text{ die Schiefe der Verteilung}$$

M_3 das normierte 3. Moment der Verteilung und

$$\rho = M_3, \quad \text{da } \bar{M}_3 \text{ das normierte 3. Moment der Gauß'schen Normalverteilung bedeuten.}$$

$$M_3 = 0 \text{ ist:}$$

$$\rho = M_3 = \frac{M_3}{s^3} = \frac{\sum f(t_{B_i}) \cdot (t_{B_i} - \bar{t}_B)^3}{s^2 \cdot \sqrt{s^2}}$$

$$\begin{aligned}
 M_3 &= 0,219 (8-9,5)^3 \\
 &+ 0,357 (9-9,5)^3 \\
 &+ 0,219 (10-9,5)^3 \\
 &+ 0,124 (11-9,5)^3 \\
 &+ 0,072 (12-9,5)^3 \\
 &+ 0,009 (13-9,5)^3 \\
 &= \underline{1,173 \text{ min}^3}
 \end{aligned}$$

$$M_3 = \frac{1,173}{1,476 \cdot \sqrt{1,476}} = \underline{\underline{+ 0,654}}$$

4. Berechnung der Funktionswerte der Normalverteilung gleicher Streuung und gleichen Mittelwertes

Allgemeine Form der Funktion:
$$\varphi(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Werden als statistische Schätzungen für die unbekannt Parameter μ und σ der Grundgesamtheit die Größen der Verteilungen eingeführt, so entsteht die Form:

$$\varphi(t_B) = \frac{1}{s \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t_B - \bar{t}_B)^2}{2s^2}}$$

Es ergibt sich bei Verwendung der Werte des Beispiels:

$$\varphi(6\text{min}) = \frac{1}{\sqrt{6,28 \cdot 1,476}} e^{-\frac{(6-9,5)^2}{2 \cdot 1,476}} = 0,0052$$

$$\varphi(7\text{min}) = \frac{1}{\sqrt{6,28 \cdot 1,476}} e^{-\frac{(7-9,5)^2}{2 \cdot 1,476}} = 0,0394$$

$$\varphi(8\text{min}) = \frac{1}{\sqrt{6,28 \cdot 1,476}} e^{-\frac{(8-9,5)^2}{2 \cdot 1,476}} = 0,1533$$

$$\varphi(9\text{min}) = \frac{1}{\sqrt{6,28 \cdot 1,476}} e^{-\frac{(9-9,5)^2}{2 \cdot 1,476}} = 0,3016$$

$$\begin{aligned} \varphi(10\text{min}) &= \frac{1}{\sqrt{6,28 \cdot 1,476}} e^{-\frac{(10-9,5)^2}{2 \cdot 1,476}} = 0,3016 \\ \varphi(11\text{min}) &= \frac{1}{\sqrt{6,28 \cdot 1,476}} e^{-\frac{(11-9,5)^2}{2 \cdot 1,476}} = 0,1533 \\ \varphi(12\text{min}) &= \frac{1}{\sqrt{6,28 \cdot 1,476}} e^{-\frac{(12-9,5)^2}{2 \cdot 1,476}} = 0,0394 \\ \varphi(13\text{min}) &= \frac{1}{\sqrt{6,28 \cdot 1,476}} e^{-\frac{(13-9,5)^2}{2 \cdot 1,476}} = 0,0052 \\ \varphi(14\text{min}) &= \frac{1}{\sqrt{6,28 \cdot 1,476}} e^{-\frac{(14-9,5)^2}{2 \cdot 1,476}} = 0,0003 \end{aligned}$$

5. Durchführung des Chi-Quadrat-Testes bezüglich der Abweichungen der Verteilungen gegen eine Normalverteilung gleichen Durchschnittes und gleicher Streuung

Baggerzeiten	theoret. Häufigk.	beobachtete Häufigkeit	$N(f(t_{B_i}) \cdot \varphi(t_{B_i}))$	
t_{B_i} [min]	$\varphi(t_{B_i}) \cdot N$	$f(t_{B_i}) \cdot N$	$= d(t_{B_i})$	$d(t_{B_i})^2 / \varphi(t_{B_i}) \cdot N$
6 und kleiner	5,7	0	- 5,7	32,49 / 5,7 = 5,000
7	39,4	0	-39,4	1552,36 / 39,4 = 39,400
8	153,3	219	+65,7	4316,49 / 153,3 = 28,157
9	301,6	357	+55,4	3069,16 / 301,6 = 10,176
10	301,6	219	-32,6	6822,76 / 301,6 = 22,622
11	153,3	124	-29,3	858,49 / 153,3 = 5,600
12	39,4	72	+32,6	1062,76 / 39,4 = 26,974
13 und größer	5,7	9	+ 3,3	10,89 / 5,7 = 1,911
	$\sum 000,0$	$\sum 1000$	$\sum 0,0$	$\chi^2 = 139,840$

Zahl der Klassen = 8 (hierbei wurden theoretische Häufigkeiten $< 1,0$ nach Cochran zusammengefaßt, um diese in keiner Klasse zu klein werden zu lassen)

Freiheitsgrad = 5, da bei der Bestimmung der theoretischen Häufigkeiten zwei geschätzte (aus der Stichprobe bestimmte Werten für s^2 und \bar{x}_B) Parameter verwendet werden.

Sicherheitsschwelle: $P = 0,05$

$$\chi^2_{0,05} \text{ lt. Tabelle} = 11,070$$

Das errechnete χ^2 ist weit größer als der nach der Tabelle zulässige Wert. Es darf deshalb angenommen werden, daß die geprüfte Verteilung wesentlich von einer Normalverteilung gleicher Streuung und gleichen Mittelwertes abweicht.

Zusammenstellung von Kennwerten der Verteilungen der Baggerzeiten

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Geräte- art	Geräte- größe	Q_e	$n \cdot V_T$	Streu- ung s_2	Schiefe β	$Q_e/n \cdot V_T$	Boden- art	\bar{t}_B	Stich- proben- umfang	$\frac{n_1 \cdot V_{T1} \cdot Q_{e2}}{n_2 \cdot V_{T2} \cdot Q_{e1}}$	$\frac{s_2^2}{s_1^2}$
		$[m^3/h]$	$[m^3]$	$[min^2]$	$[-]$	$[1/h]$		$[min]$	$[-]$	$[-]$	
Koschen	630/800	1591	252	1,476	+0,654	6,32	rollig	9,5	1000	1,00	1,00
Borna-Ost	630/800	1345	260	2,785	+0,805	5,17	vorwie- gend bindig	11,6	1000	1,21	1,88
Klettwitz (133)	1200	1930	384	1,167	+0,541	5,03	rollig	11,93	1000	1,00	1,00
Klettwitz (131)	1200	1670	348	1,993	+0,842	5,37	ca. 30% bindig 70% rollig	11,11	1000	0,935	1,71
Phönix- Nord	1200	1080	238	4,075	+0,575	4,54	vorwie- gend bindig	13,26	1000	1,11	3,50
Koschen	1120	1930	315	1,771	+0,9253	6,13	vorwie- gend rollig	9,80	1000	1,00	1,00
Schleena- hain	1120	1760	323	1,991	+0,959	5,45	vorwie- gend bindig	10,99	1000	1,12	1,12
Witznitz	850	1363	328	1,274	+0,616	4,15	vorwie- gend rollig	14,44	1000	1,00	1,00

Näherung der empirischen Verteilungen durch "Harmonische Analyse" (Beispiel)

Es wurden Baggerzeiten von 8 bis 13 min festgestellt, die Werte 7 und 14 min treten nicht mehr auf (s. Abbildung 9). Die positive Halbperiode ($\hat{=} \pi$) reicht von 7 bis 14 min. Geht die Ordinate durch den Wert $t_B = 7$ min, so ist der Kurvenverlauf völlig asymmetrisch zur Ordinate und entspricht damit der sin-Funktion.

Allgemeine Form des Ausgleichspolynoms:
$$\varphi(x) = \sum_{\gamma=1}^n b \sin \gamma x$$

Die zu bestimmenden Konstanten b sind angegeben durch die Beziehung:

$$b = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{2m} y_i \sin \gamma x_i$$

Die Gesamtbreite der Verteilung im Beispiel beträgt 7 min und entspricht π .

Weiter gilt die Relation

$$x_i = \frac{\pi i}{m},$$

wobei $m = 7$ die Zerlegung der Halbperiode in 7 Teile angibt.

Demnach ist $x_i = 0,4438 i$.

W e r t e t a f e l 1

i	t_{B_i}	$f(t_{B_i})$	x_i	$2 x_i$	$3 x_i$	$4 x_i$	$5 x_i$	$\sin x_i$	$\sin 2x_i$	$\sin 3x_i$	$\sin 4x_i$	$\sin 5x_i$
0	12	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1	13	0,213	0,4488	0,8976	1,3464	1,7952	2,2440	0,4340	0,7820	0,9750	0,9750	0,7820
2	14	0,350	0,8976	1,7952	2,6928	3,5904	4,4880	0,7820	0,9750	0,4340	-0,4340	-0,9750
3	15	0,272	1,3464	2,6928	4,0392	5,3856	6,7320	0,9750	-0,4340	-0,7820	-0,7820	0,4340
4	16	0,120	1,7952	3,5904	5,3856	7,1808	8,9760	0,9750	-0,4340	-0,7820	0,7820	0,4340
5	17	0,036	2,2440	4,4880	6,7320	8,9760	11,2200	0,7820	-0,9750	0,4340	0,4340	-0,9750
6	18	0,009	2,6928	5,3856	8,0784	10,7712	13,4640	0,4340	-0,7820	0,9750	-0,9750	0,7820
7	19	0,000	3,1416	6,2832	9,4248	12,5564	15,7080	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
8	20	-0,009	3,5904	7,1808	10,7712	14,3616	17,9520	-0,4340	0,7820	-0,9750	0,9750	-0,7820
9	21	-0,036	4,0392	8,0784	12,1176	16,1568	20,1960	-0,7820	0,9750	-0,4340	-0,4340	0,9750
10	22	-0,120	4,4880	8,9760	13,4540	17,9520	22,4400	-0,9750	0,4340	0,7820	-0,7820	0,4340
11	23	-0,272	4,9368	9,8736	14,8104	19,7472	24,6840	-0,9750	-0,4340	0,7820	0,7820	-0,4340
12	24	-0,350	5,3856	10,7712	16,1568	21,5425	26,9280	-0,7820	-0,9750	-0,4340	0,4340	0,9750
13	25	-0,213	5,8344	11,6688	17,5032	23,3376	29,1720	-0,4340	-0,7820	-0,9750	-0,9750	-0,7820

Wertetafel 2

$f_{(t_{Bi})} \sin x_i$	$f_{(t_{Bi})} \sin 2x_i$	$f_{(t_{Bi})} \sin 3x_i$	$f_{(t_{Bi})} \sin 4x_i$	$f_{(t_{Bi})} \sin 5x_i$
0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
0,0924420	0,1712580	0,2076750	0,2076750	0,1665660
0,2737000	0,3480750	0,1519000	-0,1519000	-0,3412500
0,2652000	0,0950460	-0,2127040	-0,2127040	0,1180480
0,1170000	-0,0538160	-0,0938400	0,0938400	0,0520800
0,0281520	-0,0702000	0,0156240	0,0156240	-0,0351000
0,0039060	-0,0070380	0,0087750	-0,0087750	0,0070380
0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000
0,0039060	-0,0070380	0,0087750	-0,0087750	0,0070380
0,0281520	-0,0702000	0,0156240	0,0156240	-0,0351000
0,1170000	-0,0538160	-0,0938400	0,0938400	0,0520800
0,2652000	0,0950460	-0,2127040	-0,2127040	0,1180480
0,2737000	0,3480750	0,1519000	-0,1519000	-0,3412500
0,0924420	0,1712580	0,2076750	0,2076750	0,1665660
$\Sigma + 1,5608000$	$\Sigma + 1,0632920$	$\Sigma + 0,1548600$	$\Sigma - 0,1124800$	$\Sigma - 0,0652360$

$$b_1 = \frac{1,560800}{7} = + 0,2230$$

$$b_2 = \frac{1,063292}{7} = + 0,1519$$

$$b_3 = \frac{0,154860}{7} = + 0,0221$$

$$b_4 = \frac{-0,112480}{7} = - 0,0161$$

$$b_5 = \frac{-0,065236}{7} = - 0,0093$$

Näherungsbeziehung:

$$\varphi(x) = 0,2230 \sin x + \\ 0,1519 \sin 2x + \\ 0,0221 \sin 3x - \\ 0,0161 \sin 4x - \\ 0,0093 \sin 5x$$

Wird in dieser Beziehung die Relation $x = \frac{\pi \cdot i}{m}$ berücksichtigt und gleichzeitig eine additive Konstante $K = 0,4488 (i_{T_B} - i_0) = 1,0951$ im Argument eingeführt, so entsteht die endgültige Näherungsbeziehung:

Bergakademie
- Bücherei -
Freiberg i. Sa.

Mit
mit
+ Δ
In Z
Mitt
die
dann

$$\begin{aligned}
 f(\Delta t_B) = & 0,2230 \sin \left(\frac{\pi}{7} \Delta t_B + K \right) + 0,1519 \sin 2 \left(\frac{\pi}{7} \Delta t_B + K \right) + \\
 & + 0,0221 \sin 3 \left(\frac{\pi}{7} \Delta t_B + K \right) - 0,0161 \sin 4 \left(\frac{\pi}{7} \Delta t_B + K \right) - \\
 & - 0,0093 \sin 4 \left(\frac{\pi}{7} \Delta t_B + K \right)
 \end{aligned}$$

Mit dieser Beziehung können die Häufigkeiten der Baggerzeiten berechnet werden, die vom Mittelpunkt um die Beträge $\pm \Delta t_B$ abweichen.

In der Abbildung 9 wird anschaulich, daß eine äußerst gute Näherung erreicht wurde. In einigen Fällen mußte allerdings die Zahl der sin-Glieder noch erhöht werden, um eine ausreichende Näherung zu erzielen.

Die
der B

hage

Schle

(Lose

Schle

(Dorn

Schle

(Lose

Die berechneten Näherungsbeziehungen für die Verteilungen
der Baggerzeiten

Baggerart	Funktion	allg. Anwendung
SchRs 630/800 (Koschen)	$\varphi(\Delta t_B) = 0,2253 \sin\left(-\frac{\pi}{7} \Delta t_B + K\right) + 0,1381 \sin 2\left(\frac{\pi}{7} \Delta t_B + K\right) + 0,0404 \sin 3\left(\frac{\pi}{7} \Delta t_B + K\right) + 0,0019 \sin 4\left(\frac{\pi}{7} \Delta t_B + K\right) - 0,0260 \sin 5\left(\frac{\pi}{7} \Delta t_B + K\right)$	mit $K = 1,1220$ für Schaufelrad- bagger 630/800 in leichten, nicht bindigen Böden bei \bar{t}_B in der Größen- ordnung von 10 min.
SchRs 630/800 (Borna-Ost)	$\varphi(\Delta t_B) = 0,1559 \sin\left(-\frac{\pi}{10} \Delta t_B + K\right) + 0,1035 \sin 2\left(\frac{\pi}{10} \Delta t_B + K\right) + 0,0309 \sin 3\left(\frac{\pi}{10} \Delta t_B + K\right) - 0,0049 \sin 4\left(\frac{\pi}{10} \Delta t_B + K\right) - 0,0298 \sin 5\left(\frac{\pi}{10} \Delta t_B + K\right) - 0,0316 \sin 6\left(\frac{\pi}{10} \Delta t_B + K\right) - 0,0278 \sin 7\left(\frac{\pi}{10} \Delta t_B + K\right) - 0,0188 \sin 8\left(\frac{\pi}{10} \Delta t_B + K\right)$	mit $K = 1,1304$ für Schaufelradbag- ger 630/800 in schwerem Boden bei \bar{t}_B in der Größenordnung von 10 min.
SchRs 1200 (Klettwitz - 133)	$\varphi(\Delta t_B) = 0,2453 \sin 2\left(\frac{\pi}{7} \Delta t_B + K\right) + 0,1014 \sin 2\left(\frac{\pi}{7} \Delta t_B + K\right) - 0,0516 \sin 3\left(\frac{\pi}{7} \Delta t_B + K\right) - 0,0631 \sin 4\left(\frac{\pi}{7} \Delta t_B + K\right) - 0,0206 \sin 5\left(\frac{\pi}{7} \Delta t_B + K\right)$	mit $K = 1,3150$ für Schaufelradbagger 1200 in leichtem Boden bei \bar{t}_B in der Größenordnung von 10 min.

Baggerart	Funktion	allg. Anwendung
SchRs 1200 (Klettwitz - 131)	$\varphi(\Delta t_B) = 0,1725 \sin \left(\frac{\pi}{9} \Delta t_B + K \right)$ $+ 0,1266 \sin 2 \left(\frac{\pi}{9} \Delta t_B + K \right)$ $+ 0,0354 \sin 3 \left(\frac{\pi}{9} \Delta t_B + K \right)$ $- 0,0145 \sin 4 \left(\frac{\pi}{9} \Delta t_B + K \right)$ $- 0,0372 \sin 5 \left(\frac{\pi}{9} \Delta t_B + K \right)$ $+ 0,0350 \sin 6 \left(\frac{\pi}{9} \Delta t_B + K \right)$ $- 0,0212 \sin 7 \left(\frac{\pi}{9} \Delta t_B + K \right)$ $- 0,0036 \sin 8 \left(\frac{\pi}{9} \Delta t_B + K \right)$	mit $K = 1,0636$ für Schaufelrad- bagger 1200 in mittlerem Boden bei \bar{t}_B in der Größen- ordnung von 10 min.
SchRs 1200 (Phönix-Nord)	$\varphi(\Delta t_B) = 0,1432 \sin \left(\frac{\pi}{11} \Delta t_B + K \right)$ $+ 0,0725 \sin 2 \left(\frac{\pi}{11} \Delta t_B + K \right)$ $+ 0,0115 \sin 3 \left(\frac{\pi}{11} \Delta t_B + K \right)$ $- 0,0098 \sin 4 \left(\frac{\pi}{11} \Delta t_B + K \right)$ $- 0,0174 \sin 5 \left(\frac{\pi}{11} \Delta t_B + K \right)$	mit $K = 1,2157$ für Schaufelrad- bagger in schweren Boden bei \bar{t}_B in der Größenordnung von 10 min.
D 1120 (Koschen)	$\varphi(\Delta t_B) = 0,1638 \sin \left(\frac{\pi}{9} \Delta t_B + K \right)$ $+ 0,1443 \sin 2 \left(\frac{\pi}{9} \Delta t_B + K \right)$ $+ 0,0593 \sin 3 \left(\frac{\pi}{9} \Delta t_B + K \right)$ $- 0,0025 \sin 4 \left(\frac{\pi}{9} \Delta t_B + K \right)$ $- 0,0373 \sin 5 \left(\frac{\pi}{9} \Delta t_B + K \right)$ $- 0,0285 \sin 6 \left(\frac{\pi}{9} \Delta t_B + K \right)$ $- 0,0012 \sin 7 \left(\frac{\pi}{9} \Delta t_B + K \right)$ $+ 0,0069 \sin 8 \left(\frac{\pi}{9} \Delta t_B + K \right)$	mit $K = 0,9576$ für Eimerketten- bagger D 1120 in leichten Boden bei \bar{t}_B in der Größen- ordnung von 10 min.

Baggerart	Funktion	allg. Anwendung
D 1120 (Schleenhain)	$\varphi(\Delta t_B) = 0,1688 \sin\left(-\frac{\pi}{9} \Delta t_B + K\right) + 0,1341 \sin 2\left(\frac{\pi}{9} \Delta t_B + K\right) + 0,0395 \sin 3\left(\frac{\pi}{9} \Delta t_B + K\right) - 0,0152 \sin 4\left(\frac{\pi}{9} \Delta t_B + K\right) - 0,0223 \sin 5\left(\frac{\pi}{9} \Delta t_B + K\right) - 0,0221 \sin 6\left(\frac{\pi}{9} \Delta t_B + K\right) - 0,0185 \sin 7\left(\frac{\pi}{9} \Delta t_B + K\right) - 0,0148 \sin 8\left(\frac{\pi}{9} \Delta t_B + K\right)$	mit $K = 1,0226$ für Eimerketten- bagger D 1120 in mittlerem bis schwerem Boden bei \bar{t}_B in der Größen- ordnung von 10 min.
D 850 (Witznitz)	$\varphi(\Delta t_B) = 0,2230 \sin\left(-\frac{\pi}{7} \Delta t_B + K\right) + 0,1519 \sin 2\left(\frac{\pi}{7} \Delta t_B + K\right) + 0,0221 \sin 3\left(\frac{\pi}{7} \Delta t_B + K\right) - 0,0161 \sin 4\left(\frac{\pi}{7} \Delta t_B + K\right) - 0,0093 \sin 5\left(\frac{\pi}{7} \Delta t_B + K\right)$	mit $K = 1,0951$ für Eimerketten- bagger mit 850 dm^3 Eimerin- halt in leichtem Boden bei \bar{t}_B in der Größenordnung von 10 min.

Prüfung der Reproduzierbarkeit der erhaltenen Verteilungen

1	2	3	4	5
Bagger- zeiten	Häufig- keiten d. Stich- probe 1	Häufig- keiten d. Stich- probe 2	Diff. d. Häufigkeiten	$\frac{(Sp.3-Sp.2)^2}{f(t_B)(1) \cdot N}$
t_B [min]	$f(t_B)(1) \cdot N$	$f(t_B)(2) \cdot N$	(Sp.3-Sp.2)	
7	0	0	0	-
8	219	189	- 30	$900/219 = 4,1096$
9	357	388	+ 31	$961/357 = 2,6919$
10	219	213	- 6	$36/219 = 0,1644$
11	124	139	+ 15	$225/124 = 1,8145$
12	72	65	- 7	$49/72 = 0,6806$
13	9	6	- 3	$9/9 = 1,0000$
14	0	0	0	-
	$\Sigma 1000$	$\Sigma 1000$	$\Sigma 0$	$\Sigma 10,4610 = \chi^2$

Lt. Tabelle sind die zulässigen χ^2 -Werte:

$$\begin{aligned} \chi_{0,05}^2 &= 7,815 && \text{bei 6 Klassen} \\ &&& \text{und} \\ \chi_{0,01}^2 &= 11,345 && 6-3 = 3 \text{ Freiheits-} \\ &&& \text{graden} \\ \chi_{0,001}^2 &= 16,268 \end{aligned}$$

Bagger:	berech- netes χ^2	zulässige Werte für			Klassen- zahl	Freiheits- grad
		$\chi_{0,05}^2$	$\chi_{0,01}^2$	$\chi_{0,001}^2$		
SchRs 630/800 Koschen	10,4610	7,815	11,345	16,268	6	3
SchRs 1200 Klettwitz (133)	5,1214	7,815	11,345	16,268	6	3
SchRs 1200 Phönix-Nord	8,9040	14,067			10	7
D 1120 Koschen	5,8388	11,070			8	5
D 1120 Schleenhain	11,3009	11,070			8	5

Der Freiheitsgrad wird aus der Zahl der Klassen vermindert um 3 berechnet, da anstelle der theoretischen Häufigkeiten die einer Stichprobe stehen, was einer Schätzung von 2 Parametern gleichkommt.

Rechengang zur Prüfung der Zufälligkeit des Auftretens der
in den Verteilungen erfaßten Baggerzeiten

(Bagger Sohrs 1200 - 133 Klettwitz)

Die Anzahl der Serien mit 1, 2, 3 Baggerzeiten der zu untersuchenden Größe wird aus der Tabelle (Anlage 7) bestimmt. Für die Baggerzeit $t_B = 12$ min mit der durchschnittlichen Häufigkeit $f(12) = 0,371$ ergeben sich folgende Verhältnisse:

Anzahl der 12 min-Werte
in Serien von 10 Werten

festgestellte absolute
Häufigkeiten der Serien

x	$f(x) \cdot N'$	
0	2	wobei N' die Zahl
1	7	der Serien angibt,
2	16	die im Beispiel
3	21	100 beträgt.
4	23	
5	15	
6	10	
7	6	
8	-	
9	-	
10	▼	

Die Berechnung der theoretisch zu erwartenden Häufigkeiten erfolgt nach der binomischen Verteilung:

$$\varphi(x) = \binom{m_s}{x} \lambda^x (1-\lambda)^{m_s-x} \quad \text{unter Zuhilfenahme der}$$

Rekursionsformel

$$\varphi(x+1) = \frac{m_s - x}{x + 1} \cdot \frac{\lambda}{1 - \lambda} \cdot \varphi(x)$$

Hierin bedeuten: m_s = Umfang der Beobachtungsserie (10)

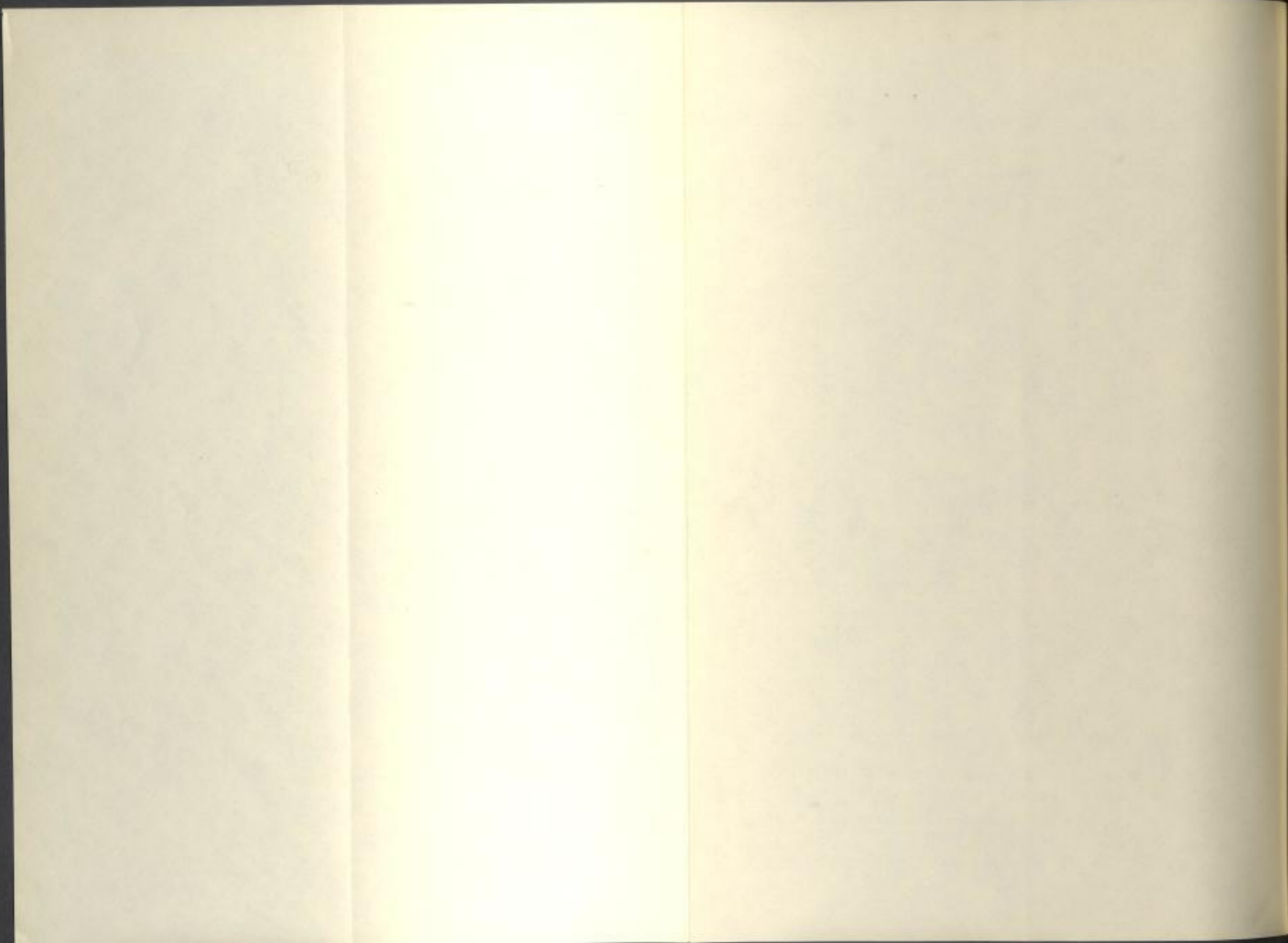
λ = durchschnittliche Häufigkeit des Merkmals in der Gesamtheit der Werte (0,371)

x = Größe, die angibt wie oft das Merkmal in der Serie auftritt

$$\begin{aligned}
 \varphi(0) &= (1 - 0,371)^{10} = 0,009694 \\
 \varphi(0+1) &= \frac{10}{1} \cdot \frac{0,371}{0,629} \cdot 0,009694 = 0,05718 \\
 \varphi(1+1) &= \frac{9}{2} \cdot \frac{0,371}{0,629} \cdot 0,05718 = 0,15176 \\
 \varphi(2+1) &= \frac{8}{3} \cdot \frac{0,371}{0,629} \cdot 0,15176 = 0,23870 \\
 \varphi(3+1) &= \frac{7}{4} \cdot \frac{0,371}{0,629} \cdot 0,23870 = 0,24638 \\
 \varphi(4+1) &= \frac{6}{5} \cdot \frac{0,371}{0,629} \cdot 0,24638 = 0,17438 \\
 \varphi(5+1) &= \frac{5}{6} \cdot \frac{0,371}{0,629} \cdot 0,17438 = 0,08571 \\
 \varphi(6+1) &= \frac{4}{7} \cdot \frac{0,371}{0,629} \cdot 0,08571 = 0,02889 \\
 \varphi(7+1) &= \frac{3}{8} \cdot \frac{0,371}{0,629} \cdot 0,02889 = 0,00639 \\
 \varphi(8+1) &= \frac{2}{9} \cdot \frac{0,371}{0,629} \cdot 0,00639 = 0,00084 \\
 \varphi(9+1) &= \frac{1}{10} \cdot \frac{0,371}{0,629} \cdot 0,00084 = 0,00005
 \end{aligned}$$

Die Gegenüberstellung der Werte für den wie üblich durchgeführten χ^2 -Test

x	$f(x) \cdot N'$	$\varphi(x) \cdot N'$	
0	2	0,969	Beim Test wird für eine geschätzte Größe ($\hat{\lambda}$) der Freiheitsgrad zu $9 - 2 = 7$ bestimmt, wobei die Klassen mit $\varphi(x) \cdot N' < 1,0$ wie üblich zusammengefaßt wurden.
1	7	5,718	
2	16	15,176	
3	21	23,870	
4	23	24,638	
5	15	17,438	
6	10	8,571	
7	6	2,889	
8	-	0,639	
9	-	0,084	
10	-	0,005	



SLUB

Wir führen Wissen.

UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK
FREIBERG



Gegenüberstellung der theoretischen und effektiven Häufigkeiten der Baggerzeiten des SchRS 1200 - 133 in Tagebau Klettwitz

(theoretische Werte nach der binomischen Verteilung, effektive Werte nach der Baggerzeitenauswertung in Anlage 7)

x	Baggerzeit 10 min	Baggerzeit 11 min	Baggerzeit 12 min	Baggerzeit 13 min	Baggerzeit 14 min	Baggerzeit 15 min				
	$f(x) \cdot N \cdot \varphi(x)$	$f(x) \cdot N \cdot \varphi(x)$	$f(x) \cdot N \cdot \varphi(x)$	$f(x) \cdot N \cdot \varphi(x)$	$f(x) \cdot N \cdot \varphi(x)$	$f(x) \cdot N \cdot \varphi(x)$				
0	59	6	2,446	0,969	13	15,517	56	48,920	88	82,547
1	26	10	10,989	5,718	31	31,782	28	36,257	7	15,988
2	11	16	22,217	15,176	35	29,293	11	12,092	3	1,394
3	3	26	25,217	23,870	15	15,999	2	2,390	2	0,072
4	1	23	20,927	24,638	6	5,734	2	0,310	-	0,002
5	-	16	11,282	17,438	-	1,409	1	0,027	-	-
6	-	3	4,224	8,571	-	0,240	-	0,002	-	-
7	-	-	1,084	2,889	-	0,028	-	-	-	-
8	-	-	0,183	0,639	-	0,002	-	-	-	-
9	-	-	0,018	0,084	-	-	-	-	-	-
10	-	-	0,001	0,005	-	-	-	-	-	-
Summe:	100	100	99,988	99,997	100	100,004	100	99,998	100	100,003

χ^2 er-rechnet 6,5865
 χ^2 zulässige 7,815
 Lt. Tabelle für Klassen = 5, Klassen = 9
 P = 0,05
 Klassen = 5
 Klassen = 9
 Klassen = 7
 Klassen = 5
 Klassen = 4
 Anlage

Aus
sch
tr
Ma

Aus der Tabelle wird die auch für andere Bagger typische Erscheinung deutlich, daß die Überschreitung des zulässigen χ^2 nur bei den gering häufigen Baggerzeiten (14 und 15 min.) auftritt und dabei fast ausschließlich auf die zusammengefaßten Klassen für $\varphi(x) \cdot N^* < 1$ zurückgeht.

Faint, illegible text at the top of the page, possibly bleed-through from the reverse side.

Ge
I
II
III
IV
V
Da
mei
geg
Wart
ber
Ers
Zer
Blau
Gen
Noch
(1)
Wert
In a
95 8

Gegenüberstellung der Streuungswerte der Fahrzeiten

		1	2	3	4	5
I	Teilstrecke 1 (gemessen)	0,7454	0,8297	0,807	0,8708	1,0029
II	Teilstrecke 2 (gemessen)	1,1513	0,5702	0,845	1,5091	1,1825
III	Teilstrecke 3 (gemessen)	-	-	-	1,4920	-
IV	\sum Teilstrecken (gerechnet aus $s_{F_1}^2 + s_{F_2}^2 + s_{F_3}^2$)	1,8967	1,3999	1,652	3,8719	2,1854
V	Gesamtstrecke (gemessen)	1,7206	1,2252	1,727	3,7569	1,8384

Das Verhältnis der Streuungswerte der Zeilen IV und V ist nach dem F - Test bei 95 %iger statistischer Sicherheit und gegebenem Stichprobenumfang in allen Fällen als zufällig vom Wert 1,000 abweichend anzusehen, wie nachfolgende Übersicht bestätigt:

Streuungsverhältnis	1,114	1,143	1,045	1,031	1,189
Freiheitsgrade	(1) 66	(1) 45	(1) 63	(1) 60	(1) 56
	(2) 66	(2) 45	(2) 63	(2) 60	(2) 56

Eine Interpolation für die zulässigen F - Werte (entsprechend den Freiheitsgraden) erübrigt sich.

Nach der Tabellierung der Testgröße ist für Freiheitsgrade (1) = ∞ und (2) = 120 ein F von 1,254 noch als zufällig vom Wert 1,000 abweichend anzusehen. Die errechneten Werte liegen in allen Fällen sicher unter diesem Grenzwert, der für 95 %ige statistische Sicherheit gilt.

Die "spezifische" Streuung für sämtliche ausgewerteten Stichproben

Kennzeichnung der Verteilung in den Abb. 10 bis 14	Verhältnis	Spurweite	Wagenzahl	Vollfahrt bzw. Leerfahrt	Tagebau	Stichprobe N
	$\frac{s^2}{\bar{t}_F}$	[mm]	[Stck]			
	[min]					
a.)	0,2064	900	15	Vollfahrt	Koschen	67
b.)	0,3444	900	15	Vollfahrt	Koschen	67
c.)	0,2474	900	15	Vollfahrt	Koschen	67
d.)	0,2359	900	15	Leerfahrt	Koschen	182
e.)	0,3389	1435	8	Vollfahrt	Goitsche	40
f.)	0,3103	1435	8	Leerfahrt	Goitsche	46
g.)	0,2881	1435	8	Leerfahrt	Goitsche	46
h.)	0,2634	1435	8	Leerfahrt	Goitsche	46
i.)	0,3743	1435	16	Vollfahrt	Goitsche	64
j.)	0,4225	1435	16	Vollfahrt	Goitsche	64
k.)	0,4155	1435	16	Vollfahrt	Goitsche	64
l.)	0,1651	900	14	Leerfahrt	Holzweißig	136
m.)	0,2185	1435	14	Vollfahrt	Muldenstein	61
n.)	0,2858	1435	14	Vollfahrt	Muldenstein	61
o.)	0,2294	1435	14	Vollfahrt	Muldenstein	61
p.)	0,2387	1435	14	Vollfahrt	Muldenstein	61
q.)	0,2556	900	14	Vollfahrt	Holzweißig	119
r.)	0,2003	1435	8	Vollfahrt	Goitsche	70
s.)	0,1868	1435	14	Leerfahrt	Muldenstein	57
t.)	0,2469	1435	14	Leerfahrt	Muldenstein	57
u.)	0,1813	1435	14	Leerfahrt	Muldenstein	57

Prüfung der Korrelation der zu etwa gleicher Zeit entstehenden
Bagger- und Absetzzeiten

Tagebau Koschen, Zeit von 4 Uhr bis 9 Uhr morgens am zweiten
Tag der Betriebsmessung,

$n \cdot V_r = 330 \text{ m}^3$, Bagger D 1120, Absetzer A₂s 2240.

Bagger- zeiten	Absetz- zeiten	Einordnungswerte der Baggerzeit und Absetzzeit		$E_{t_{B_i}}$	$E_{t_{A_i}}$	D	D^2
t_{B_i} [min]	t_{A_i} [min]	$E_{t_{B_i}}$	$E_{t_{A_i}}$	geord-zuge- net hörig			
9	8	10,5	2,5	4,5	7,5	- 3	9
9	9	10,5	7,5	4,5	17,5	-13	169
10	10	16,0	13,5	4,5	7,5	- 3	9
10	10	16,0	13,5	4,5	7,5	- 3	9
9	8	10,5	2,5	4,5	13,5	- 9	81
11	8	20,0	2,5	4,5	13,5	- 9	81
8	9	4,5	7,5	4,5	2,5	+ 2	4
10	9	16,0	7,5	4,5	13,5	- 9	81
8	11	4,5	17,5	10,5	2,5	+ 8	64
10	11	16,0	17,5	10,5	7,5	+ 3	9
10	13	16,0	20,0	10,5	2,5	+ 8	64
8	9	4,5	7,5	10,5	19,0	- 8,5	72,25
10	9	16,0	7,5	16,0	13,5	+ 2,5	6,25
8	9	4,5	7,5	16,0	13,5	- 2,5	6,25
8	10	4,5	13,5	16,0	7,5	+ 8,5	72,25
10	10	16,0	13,5	16,0	17,5	- 1,5	2,25
8	10	4,5	13,5	16,0	20,0	- 4	16,00
9	12	10,5	19,0	16,0	7,5	+ 8,5	72,25
8	8	4,5	2,5	16,0	13,5	+ 2,5	6,25
8	10	4,5	13,5	20,0	2,5	-17,5	306,25
						Σ	<u>1140,00</u>

Der Spearman-Pearson'sche Korrelationskoeffizient ist definiert durch

$$\rho_K = 1 - \frac{6 \sum D^2}{(m_W - 1) \cdot m_W \cdot (m_W + 1)}$$

wobei $D = E_{t_{B_1}}$ (geordnet) - $E_{t_{A_1}}$ (zugehörig) ist und

m_W = Zahl der Wertepaare darstellt.

$$\rho_K = 1 - \frac{6 \cdot 1140}{19 \cdot 20 \cdot 21} = 1 - 0,857 = + 0,143$$

+ 0,143 entspricht gar keiner bzw. allenfalls sehr schwacher positiver Korrelation

Nach Graf / Hennig [31] kann über die Größe $\rho_K \sqrt{m_W - 1}$ getestet werden (bei $m_W \geq 20$ im Vergleich mit der normierten Gauß-Verteilung), ob der Rangkorrelationskoeffizient ρ_K mehr als zufällig vom Wert 0 (keine Korrelation) abweicht.

Im vorliegenden Fall ist $\rho_K \sqrt{m_W - 1} = + 0,143 \sqrt{20 - 1} = + 0,6233$. Bei 95 %iger Sicherheit wäre ein Wert bis 1,950 noch als zufällig anzusehen. Es kann gefolgert werden, daß der Korrelationskoeffizient nur zufällig von 0 abweicht.

Prüfung der Korrelation der veränderlichen Bagger- und
Absetzzeiten für einen bestimmten Zug

Tagebau Koschen, Zug Nr. 377, Bagger D 1120, Absetzer A₂s 2240

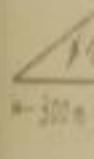
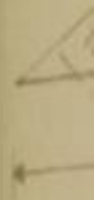
Nr.	Fahr- spiel zeit t_{B_i} [min]	Bagger- zeit t_{A_i} [min]	Absetz- zeit Einordnungs- werte der Baggerzeit u. Absetzzeit		$E_{t_{B_i}}$ geord- net	$E_{t_{A_i}}$ zuge- hörig	D	D ²
			$E_{t_{B_i}}$	$E_{t_{A_i}}$				
1	11	7	17,5	4,0	2,0	4,0	- 2,0	4,00
2	9	8	7,0	10,5	2,0	1,0	+ 1,0	1,00
3	9	8	7,0	10,5	2,0	17,0	+15,0	225,00
4	8	7	2,0	4,0	7,0	10,5	- 3,5	12,25
5	9	9	7,0	17,0	7,0	10,5	- 3,5	12,25
6	11	8	17,5	10,5	7,0	17,0	-10,0	100,00
7	8	6	2,0	1,0	7,0	10,5	- 3,5	12,25
8	10	7	15,0	4,0	7,0	17,0	-10,0	100,00
9	11	7	17,5	4,0	7,0	10,5	- 3,5	12,25
10	10	8	15,0	10,5	7,0	17,0	-10,0	100,00
11	9	8	17,5	10,5	15,0	4,0	-11,0	121,00
12	9	8	7,0	10,5	15,0	10,5	+ 4,5	19,25
13	10	10	15,0	20,0	15,0	20,0	- 5,0	25,00
14	12	7	20,0	4,0	15,0	17,0	- 2,0	4,00
15	9	9	7,0	17,0	15,0	10,5	+ 4,5	19,25
16	9	8	7,0	10,5	17,5	4,0	+13,5	182,25
17	10	9	15,0	17,0	17,5	10,5	+ 7,0	49,00
18	9	9	7,0	17,0	17,5	4,0	+13,5	182,25
19	10	8	15,0	10,5	17,5	10,5	+ 7,0	49,00
20	8	9	2,0	17,0	20,0	4,0	+16,0	256,00
							Σ	1486,00

$$\rho_K 377 = 1 - \frac{6 \cdot 1486,0}{19 \cdot 20 \cdot 21} = 1 - 1,117 = - 0,117$$

Es liegt keine, allenfalls eine sehr schwache negative Korrelation vor.

Das Ergebnis des Testes von ρ_K bezüglich der Abweichung von Null ist gleichlautend wie in Anlage 11.

Die Ma
Abbau



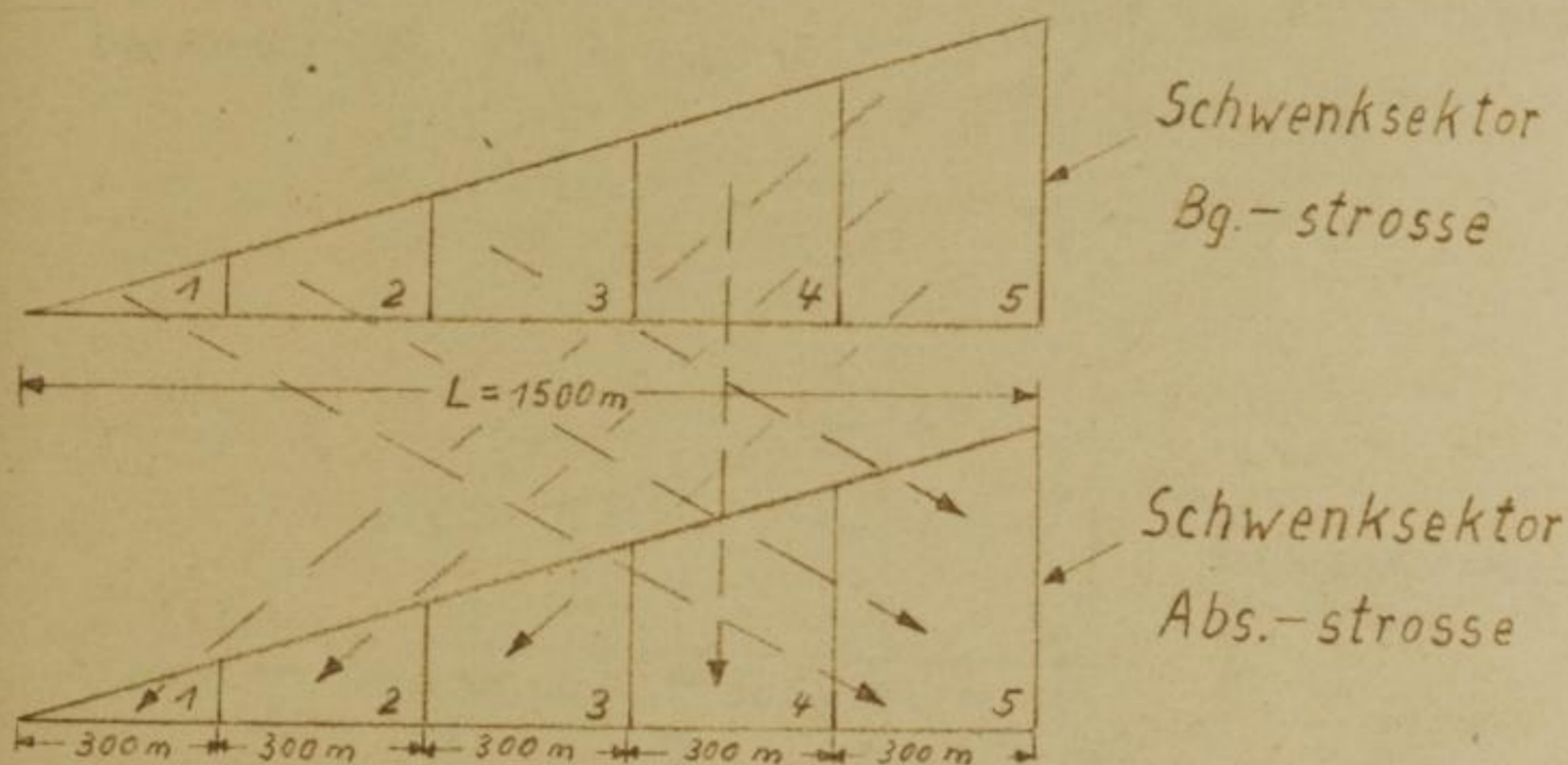
Massen
Verfu
Teil-
abwahn

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

Bei un
und Ve
es An
der Fr
jede
die de
faktu
kaderu
kalt
nicht
in dem
Geräte

Die Massenverteilung bei der "synchronen Fahrweise"

Abbauverfahren: Schwenkverfahren



Massenanteile bei gleichbleibender Abtragsmächtigkeit bzw. Versturztiefe und gleichen Strossenlängen

Teilabschnitt	Anteile	Die angegebenen Pfeile zeigen, wie die Massenverteilung bei dieser zugeordneten Fahrweise erfolgen muß. Die Verhältnisse werden weiter kompliziert, wenn die Zuordnungsbedingung auch über Strossenbereiche, die der Länge eines Zuges entsprechen, aufrechterhalten werden soll, da die Zahl der Teilabschnitte dadurch erheblich größer wird.
1	0,04	
2	0,12	
3	0,20	
4	0,28	
5	0,36	

Bei ungleichen Strossenlängenⁿ, veränderlicher Abtragsmächtigkeit und Versturztiefe und zwingenden technologischen Forderungen ist es äußerst schwierig, die Zuordnung im Sinne minimaler Abweichung der Transportentfernungen vorzunehmen. Treten Besonderheiten jeglicher Art auf, so wird es nahezu unmöglich, kurzfristig die der idealen Zuordnung am nächsten kommende Massenverteilung festzulegen.

Änderungen der Strossenlängen, Versturztiefen und Abtragsmächtigkeiten wirken sich auf die Massenanteile aus. Es besteht dann nicht mehr die im Beispiel gegebene Übereinstimmung der Massen in den Abschnitten 1, 2 und 3 mit denen im Abschnitt 5 des zweiten Gerätes.

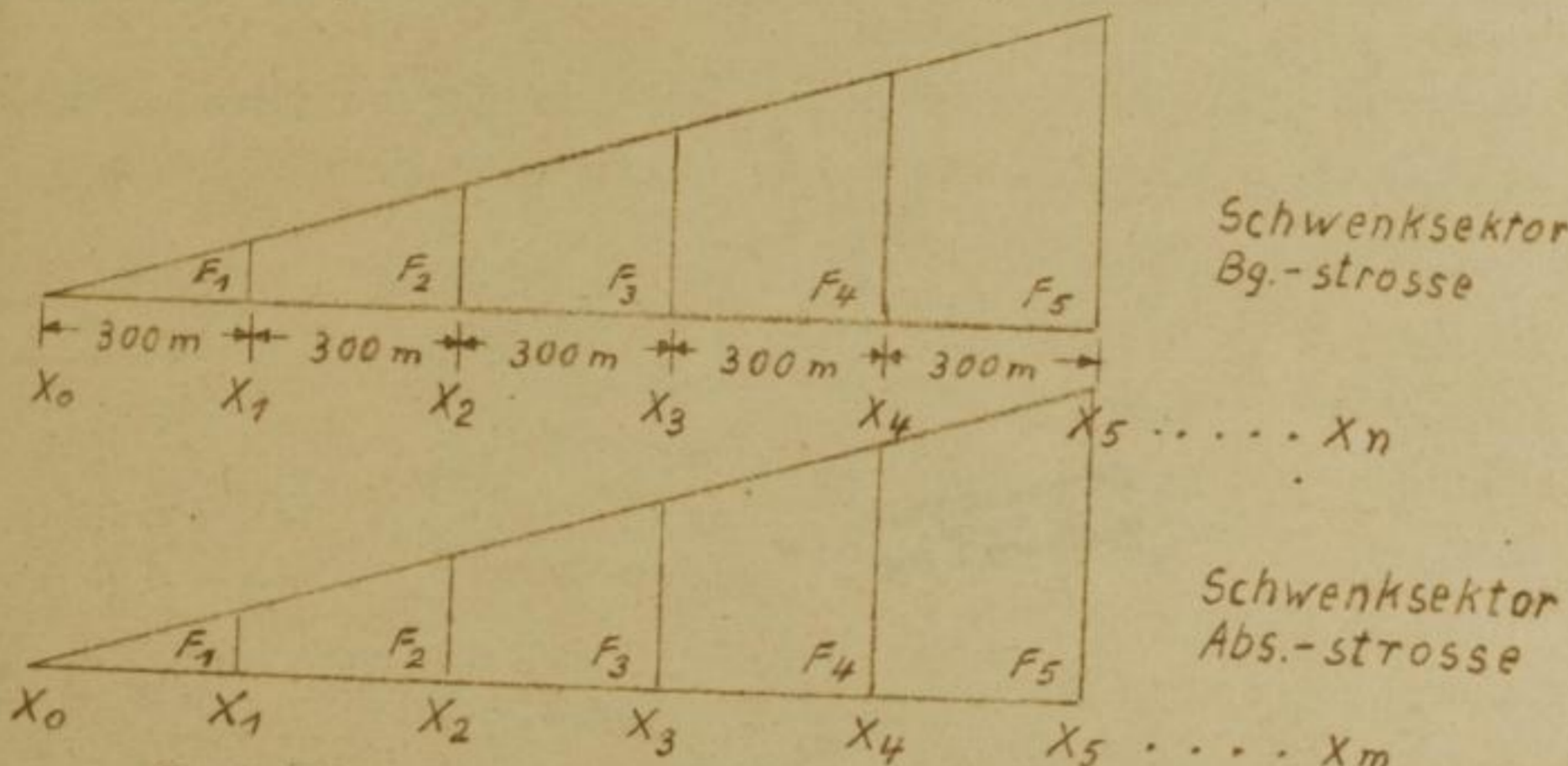
Berechnung der Wahrscheinlichkeiten für bestimmte Strossenstellungen von Bagger und Absetzer

Absetzerstrosse $L_A = 1500$ m

Baggerstrosse $L_B = 1500$ m

$v_{mB} = v_{mA} = 250$ m/min

$\bar{T}_e = 50$ min



Bereich		Wahrscheinlichkeiten der Gerätstellung		Transportentfernungen auf den Strossen		Abweichungen von der vollen Strossenlänge	
Bagger	Absetzer	φ_{GB}	φ_{GA}	$X_{n-1} + 50'$	$X_{m-1} + 50'$	ΔL_B	ΔL_A
$x_1 - x_0$	$x_1 - x_0$	0,04	0,04	200	200	1300	1300
$x_2 - x_1$	$x_2 - x_1$	0,12	0,12	480	480	1020	1020
$x_3 - x_2$	$x_3 - x_2$	0,20	0,20	780	780	720	720
$x_4 - x_3$	$x_4 - x_3$	0,28	0,28	1080	1080	420	420
$x_5 - x_4$	$x_5 - x_4$	0,36	0,36	1380	1380	120	120

Möglichkeiten der Anordnung

Bagger/Abse.	Bagger/Abs.	Bagger/Abs.	Bagger/Abs.	Bagger/Abs.
F_1/F_1	F_2/F_1	F_3/F_1	F_4/F_1	F_5/F_1
F_1/F_2	F_2/F_2	F_3/F_2	F_4/F_2	F_5/F_2
F_1/F_3	F_2/F_3	F_3/F_3	F_4/F_3	F_5/F_3
F_1/F_4	F_2/F_4	F_3/F_4	F_4/F_4	F_5/F_4
F_1/F_5	F_2/F_5	F_3/F_5	F_4/F_5	F_5/F_5

Bergakademie
- Bucherei -
Freiberg i. Sa.

Handwritten notes and numbers on the right edge of the page, including a summation symbol Σ and various numerical values.

Wahrscheinlichkeiten der Anordnungen

0,0016	0,0048	0,0080	0,0112	0,0144
0,0048	0,0144	0,0240	0,0336	0,0432
0,0080	0,0240	0,0400	0,0560	0,0720
0,0112	0,0336	0,0560	0,0784	0,1008
0,0144	0,0432	0,0720	0,1008	0,1296
<u>∑ 0,0400</u>	<u>∑ 0,1200</u>	<u>∑ 0,2000</u>	<u>∑ 0,2800</u>	<u>∑ 0,3600</u>

 $\sum = 1,0000$

Gesamtlängendifferenz [m] gegen die Summe der gesamten Strossenlängen von Bagger und Absetzer = $\Delta L_A + \Delta L_B$

2600	2320	1920	1720	1420
2320	2040	1740	1440	1140
2020	1740	1440	1140	840
1720	1440	1140	840	540
1420	1140	840	540	240

$\Delta L_A + \Delta L_B$	$\varphi(\Delta L_A + \Delta L_B)$	\bar{U}_G [%]	\bar{U}_G [min]
2600 m	0,0016	34	10,4
2320 m	0,0096	31	9,3
2040 m	0,0144	26	8,2
2020 m	0,0080	28	8,1
1920 m	0,0080	27	7,7
1740 m	0,0480	24	7,0
1720 m	0,0224	24	6,9
1440 m	0,1072	21	5,8
1420 m	0,0288	21	5,7
1140 m	0,1984	17	4,6
840 m	0,2224	12	3,4
540 m	0,2016	8	2,2
240 m	<u>0,1296</u>	4	1,0
	<u>∑ 1,0000</u>		

\bar{U}_G ist ausgedrückt durch die im Mittel für jeden Zug auftretende Wartezeit [min], wenn theoretisch die Fahrspielrößen keinen Schwankungen unterworfen sind.

Die Überdimensionierungen beziehen sich wie die Längendifferenzen auf das Strossenende beider Geräte. Es handelt sich deshalb jeweils um den Überdimensionierungsprozentsatz, der, durch die Gerätestellung bedingt, bei einer Auslegung des rollenden Materials auf Strossenende mit der ausgewiesenen Wahrscheinlichkeit zu erwarten ist. Gleichfalls sind die Werte der Wartezeiten auf diese im Abschnitt 7.2. festgelegte Dimensionierungsweise bezogen.

Sind auf den Strossen unterschiedliche mittlere Geschwindigkeiten vorhanden, so können die Längendifferenzen ΔL_A und ΔL_B nicht wie im Beispiel zusammengefaßt werden. Die getrennte Verrechnung würde dann 25 verschiedene Werte für φ , U_G und die U_G [%] entsprechende Zugwartezeit im Beispiel ergeben.

Steht fest, in welchem Umfang die Zugmangelzeiten durch gegenseitige Beeinflussung mit zunehmender Überdimensionierung des rollenden Materials abgebaut werden, so kann über die Wahrscheinlichkeiten bestimmter Transportentfernungen als Gewichte der mittlere gewogene spezifische Zugmangel für die Abteilung bestimmt werden.

Ableitung der Bestimmungsgleichungen der Konstanten a und b einer hyperbolischen Ausgleichsfunktion der Art

$$y = a + \frac{b}{x}$$

angesetzte Ausgleichsbeziehung $y = a + \frac{b}{x}$

Fehlergleichung:
$$S = \sum (a + \frac{b}{x_i} - y_i)^2$$

Approximationsbedingung: $S \longrightarrow \text{Minimum}$

partielle Ableitungen:

nach a
$$\frac{\partial S}{2 \partial a} = \sum (a + \frac{b}{x_i} - y_i) \cdot 1 = 0$$

nach b
$$\frac{\partial S}{2 \partial b} = \sum (a + \frac{b}{x_i} - y_i) \frac{1}{x_i} = 0$$

in Teilsummen aufgelöst: $n_w \cdot a + b \left[\frac{1}{x_i} \right] - [y_i] = 0$ und (1)

$$a \left[\frac{1}{x_i} \right] + b \left[\frac{1}{x_i^2} \right] - \left[\frac{y_i}{x_i} \right] = 0 \quad (2)$$

in (1) a eliminiert: $a = \frac{[y_i] - b \left[\frac{1}{x_i} \right]}{n_w}$ und

in (2) eingesetzt: $\frac{[y_i] - b \left[\frac{1}{x_i} \right]}{n_w} \left[\frac{1}{x_i} \right] + b \left[\frac{1}{x_i^2} \right] - \left[\frac{y_i}{x_i} \right] = 0$

Auflösung nach b:
$$b = \frac{n_w \left[\frac{y_i}{x_i} \right] - [y_i] \left[\frac{1}{x_i} \right]}{n_w \left[\frac{1}{x_i^2} \right] - \left[\frac{1}{x_i} \right]^2}$$

nach der Bestimmung von b ergibt sich für a:

$$a = \frac{[y_i] - b \left[\frac{1}{x_i} \right]}{n_w}$$

Für die Werte y_i sind die $k_{sp_{B_i}}$, für x_i die $Q_{ea_{B_i}}$ bzw. $Q_{ea_{A_i}}$ einzusetzen, n_w entspricht der Zahl der vorhandenen Meßwertpaare.

32

18.

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

Bestimmung der Kostenfunktion für die Schaufelradbagger vom
Typ SchRs 1200

Lfd. Nr.	$Q_{ea_{Bi}}$ [$10^6 \text{ m}^3/\text{a}$]	$k_{sp_{Bi}}$ [Pf/ m^3]	$1/Q_{ea_{Bi}}$	$k_{sp_{Bi}}/Q_{ea_{Bi}}$	$1/Q_{ea_{Bi}}^2$
1	9,208	13,1	0,10860	1,42268	0,011794
2	9,529	13,8	0,10494	1,44321	0,011012
3	9,518	18,9	0,10506	1,98571	0,011038
4	5,537	20,4	0,17899	3,65133	0,032037
5	6,005	32,2	0,16653	5,36553	0,027732
6	4,218	39,8	0,23708	9,43575	0,056207
7	4,605	39,5	0,21716	8,57763	0,047159
8	6,597	20,3	0,15158	3,07716	0,022976
9	3,235	42,3	0,30912	13,07573	0,095555
10	5,376	29,2	0,18601	5,43155	0,034600
11	3,943	38,0	0,15361	9,63733	0,064318
12	3,070	44,9	0,32573	14,62541	0,106100
13	10,525	12,9	0,09501	1,22565	0,009027
14	10,525	12,1	0,09501	1,14964	0,009027
15	10,725	11,3	0,09324	1,05361	0,008694
16	9,075	15,0	0,11019	1,65289	0,012142
17	5,000	28,2	0,20000	5,64000	0,040000
18	5,200	29,1	0,19231	5,59615	0,036983
19	5,200	27,9	0,19231	5,36538	0,036983
20	5,475	28,4	0,18265	5,18721	0,033361
21	4,300	34,8	0,23256	8,09302	0,054084
22	4,100	38,0	0,24390	9,26829	0,059487
23	4,225	37,2	0,23669	8,82840	0,056022
24	4,700	38,2	0,21277	8,12766	0,045271
25	3,800	32,3	0,26316	8,50000	0,069253
26	3,425	40,5	0,29197	11,82482	0,085246
27	2,450	55,5	0,40816	22,65306	0,166595
28	2,850	51,8	0,35088	18,17544	0,123117

$$\sum 845,7 \quad \sum 5,74522 \quad \sum 200,07524$$

$$\sum 1,365820$$

$$b = \frac{28 \cdot 200,07524 - 845,7 \cdot 5,74522}{28 \cdot 1,365820 - 5,74522^2} = \underline{142,0}$$

$$a = \frac{845,7 - 142,0 \cdot 5,74522}{28} = \underline{1,07}$$

Ausgleichsfunktion:

$$k_{\text{STB}} = 1,07 + \frac{142,0}{Q_{\text{eaB}}}$$

Korrelation und Bestimmtheit für den Zusammenhang zwischen den Werten der Ausgleichsfunktion und den effektiven Kostensätzen

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{m_W} (x_i - \bar{x}) (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m_W} (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^{m_W} (y_i - \bar{y})^2}}$$

allgemeine Form des Maßkorrelationskoeffizienten (lineare Korrelation) [31]

$$B = r^2 = \frac{\left[\sum_{i=1}^{m_W} (x_i - \bar{x}) (y_i - \bar{y}) \right]^2}{\sum_{i=1}^{m_W} (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^{m_W} (y_i - \bar{y})^2}$$

Bestimmtheitsmaß [31]

Besteht zwischen der Jahresleistung des Gerätes und den spezifischen Kosten eine gesicherte Abhängigkeit und wurde diese mit dem innerhalb der Approximation vorgenommenen Ansatz gut erfasst, so muß sich für die Wertepaare $1,07 + \frac{142,0}{Q_{eaB_1}}$ und k_{sp_i} eine straffe lineare Korrelation ergeben.

Die Bestimmung von r und B dient der Beurteilung dieser Fragestellung. Für x_i sind die Werte $1,07 + \frac{142,0}{Q_{eaB_1}}$ und für y_i die Werte k_{sp_i} einzuführen.

Unter Verwendung der Werte des Beispiels in Anlage 16 (spezifische Kosten der Schaufelradbagger SchRs 1200) ergab sich:

$$r = \underline{0,90859} \quad \text{und} \quad B = r^2 = \underline{0,82553}$$

Die Berechnung erfolgte mittels Verwendung genäherter Mittelwerte [31]. Der Ansatz einer hyperbolischen Ausgleichsfunktion ist berechtigt, denn zwischen den Werten $1,07 + \frac{142,0}{Q_{eaB_1}}$ und k_{sp_i} besteht eine straffe lineare Korrelation.

Rund 83 % der Quadrate innerhalb der für B angegebenen Beziehung lassen sich aus den Werten der Ausgleichsfunktion erklären. Auch für alle anderen ausgeglichenen Kostenabhängigkeiten ergeben sich "mehr als zufällig von 0 abweichende" Korrelationskoeffizienten.

Zusammenstellung der Ausgleichsfunktionen für die spezifischen Kosten der Gewinnung und des Absatzens in Abhängigkeit von der Jahresleistung der Typenbagger bzw. Absetzer

Baggertyp/ Absetzertyp	Funktion
SchRs 1200	$k_{spB} = 1,07 + \frac{142,0}{Q_{eaB}} \quad [Pf/m^3] \text{ für } Q_{eaB} \quad [10^6 m^3/a]$
SchRs 630/800	$k_{spB} = 5,08 + \frac{53,49}{Q_{eaB}} \quad [Pf/m^3] \text{ für } Q_{eaB} \quad [10^6 m^3/a]$
D 1120	$k_{spB} = 7,14 + \frac{89,4}{Q_{eaB}} \quad [Pf/m^3] \text{ für } Q_{eaB} \quad [10^6 m^3/a]$
As 450	$k_{spA} = 3,0 + \frac{38,9}{Q_{eaA}} \quad [Pf/m^3] \text{ für } Q_{eaA} \quad [10^6 m^3/a]$
As 1120	$k_{spA} = 6,7 + \frac{64,2}{Q_{eaA}} \quad [Pf/m^3] \text{ für } Q_{eaA} \quad [10^6 m^3/a]$
A ₂ s 2240	$k_{spA} = 10,0 + \frac{103,0}{Q_{eaA}} \quad [Pf/m^3] \text{ für } Q_{eaA} \quad [10^6 m^3/a]$

Bestimmung der Ausgleichsparabel zur Ermittlung der Werte a und b der allgemeinen Näherungsbeziehung für die spezifischen Absatzkosten von Geräten, die nicht in der Typenreihe enthalten sind

Die Abhängigkeit der Werte von der mittleren Stundenleistung Q_{eA} ist aus Abbildung 21 zu entnehmen.

angesetzte Ausgleichsbeziehung: $y = cx^2 + d$

Fehlergleichung: $S = \sum (cx_i^2 + d - y_i)^2$

Approximationsbedingung: $S \rightarrow \text{Minimum}$

partielle Ableitungen:

nach c $\frac{\partial S}{\partial c} = \sum (cx_i^2 + d - y_i) x_i^2 = 0$

nach d $\frac{\partial S}{\partial d} = \sum (cx_i^2 + d - y_i) \cdot 1 = 0$

in Teilsummen aufgelöst

$$c \cdot [x_i^4] + d [x_i^2] - [y_i x_i^2] = 0 \quad (1)$$

$$c [x_i^2] + n_w d - [y_i] = 0 \quad (2)$$

c in (2) eliminiert

$$c = \frac{[y_i] - n_w \cdot d}{[x_i^2]}$$

in (1) eingesetzt:

$$\frac{[y_i] - n_w d}{[x_i^2]} \cdot [x_i^4] + d [x_i^2] - [y_i x_i^2] = 0$$

Auflösung nach d:

$$d = \frac{[y_i x_i^2] [x_i^2] - [y_i] [x_i^4]}{[x_i^2]^2 - n_w [x_i^4]}$$

nach der Bestimmung von d ergibt sich für c:

$$c = \frac{[y_i] - n_w \cdot d}{[x_i^2]}$$

Für die Werte y_i sind die a_i bzw. b_i der Absatzerkostenfunktionen einzusetzen für die x_i die durchschnittlichen Absatzerstundenleistungen $Q_{eA} \cdot n_w$ ist die Zahl der Wertepaare.

Rechnungsablauf

1. Bestimmung der Abhängigkeit des Wertes a der allgemeinen Absatzkostenfunktion von der durchschnittlichen Absetzerstundenleistung

$Q_{e_A i} \text{ [m}^3/\text{h]}$	$Q_{e_A i}^2$	$Q_{e_A i}^4$	a_i	$a_i Q_{e_A i}^2$
892	795664	776300720896	3,0	2386992,0
1775	3150625	9800437890625	6,7	21109187,5
2120	4494400	20199631360000	10,0	44944000,0
$\sum 4787$	$\sum 8440689$	$\sum 30773669971521$	$\sum 19,7$	$\sum 68440179,5$

Nach den Bestimmungsgleichungen ergibt sich

$$c = 1,852 \cdot 10^{-6} \quad \text{und} \\ d = 1,357$$

Der Wert a ist demnach gegeben durch $a = 1,852 Q_{e_A}^2 + 1,357$, wenn Q_{e_A} in $[10^3 \text{ m}^3/\text{h}]$ eingesetzt wird.

2. Bestimmung der Abhängigkeit des Wertes b der allgemeinen Absatzkostenfunktion von der durchschnittlichen Absetzerstundenleistung

$Q_{e_A i} \text{ [m}^3/\text{h]}$	$Q_{e_A i}^2$	$Q_{e_A i}^4$	b_i	$b_i Q_{e_A i}^2$
892	795664	776300720896	38,9	30951329,6
1775	3150625	9800437890625	64,2	202270125,0
2120	4494400	20199631360000	103,0	462923200,0
$\sum 4787$	$\sum 8440689$	$\sum 30773669971521$	$\sum 206,1$	$\sum 696144654,6$

Nach den Bestimmungsgleichungen ergibt sich

$$c = 16,0 \cdot 10^{-6} \quad \text{und} \\ d = 22,15$$

Der Wert b ist demnach gegeben durch $b = 16,0 \cdot Q_{e_A}^2 + 22,15$, wenn Q_{e_A} in $[10^3 \text{ m}^3/\text{h}]$ eingesetzt wird.

Bergakademie
- Bucherei -
Freiberg i. Sa.

3. Die allgemeine Form der Näherungsbeziehung für die spezifischen Absatzkosten:

$$k_{\text{SPA}} = (1,852 \cdot Q_{eA}^2 + 1,357) + \frac{16,0 \cdot Q_{eA}^2 + 22,15}{Q_{eaA}} \quad [\text{Pf/m}^3]$$

Hierbei sind Q_{eA} in $[10^3 \text{ m}^3/\text{h}]$ und Q_{eaA} in $[10^6 \text{ m}^3/\text{a}]$ einzusetzen.

Die Bestimmung der spezifischen Förderkosten in Abhängigkeit von der Zahl und Art der eingesetzten Zügeinheiten

1. Abschreibungen

1.1. Lokomotiven (L)

$$k_{aL} = W_L \cdot 1,12 \cdot 0,06 \text{ [DM/a]}$$

Es bedeuten:	k_{aL}	jährliche Abschreibungskosten für eine Lokomotive	[DM/a]
	W_L	Anschaffungswert der Lok	[DM]
	1,12	Faktor zur Berücksichtigung des Reparaturanteils für eine dauernd im Einsatz zu haltende Lokomotive	[-]
	0,06	Abschreibungssatz	[-/a]

1.2. Wagen (W)

$$k_{aW} = W_W \cdot n \cdot 1,10 \cdot 0,06 \text{ [DM/a]}$$

Es bedeuten:	k_{aW}	jährliche Abschreibungskosten für die Wagen einer Zügeinheit	[DM/a]
	W_W	Anschaffungspreis eines Wagens	[DM]
	1,10	Faktor zur Berücksichtigung des Reparaturanteils für einen dauernd im Einsatz zu haltenden Wagen	[-]
	0,06	Abschreibungssatz	[-/a]
	n	Anzahl der Wagen im Zug	[Stück]

2. Reparaturkosten

Hollweg [21] gibt nach betrieblichen Erhebungen jährliche Aufwendungen für Reparaturen (ohne Generalreparaturen) von 8,5 % für Lokomotiven und 10,5 % für Abraumwagen an. Diese Sätze, die von Schmidt (unveröffentlichte Unterlagen) bestätigt werden, gelten für Betriebe mit Gleisanlagen ohne wesentliche Steigungen, wie sie bei der Innenverkippung

21

22

23

allgemein anzutreffen sind. Da in den hier zu behandelnden Abraumabteilungen größere Steigungen ebenfalls nicht zu berücksichtigen sind, werden diese Werte übernommen.

2.1. Lokomotiven (L)

$$r_{aL} = W_L \cdot 1,12 \cdot 0,085 \text{ [DM/a]}$$

Es bedeuten:	r_{aL}	jährliche Reparaturkosten für eine Lokomotive	[DM/a]
	1,12	Faktor zur Berücksichtigung des Reparaturanteiles für eine dauernd im Einsatz zu haltende Lokomotive	[-]
	0,085	jährlicher Reparaturkostensatz	[-/a]
	W_L	Anschaffungspreis	[DM]

2.2. Wagen (W)

$$r_{aW} = W_W \cdot 1,10 \cdot n \cdot 0,105 \text{ [DM/a]}$$

Es bedeuten:	r_{aW}	jährliche Reparaturkosten für die Wagen einer Zügeinheit	[DM/a]
	W_W	Anschaffungspreis eines Wagens	[DM]
	1,10	Faktor zur Berücksichtigung des Reparaturanteils für einen dauernd im Einsatz zu haltenden Wagen	[-]
	0,105	jährlicher Reparaturkostensatz	[-/a]
	n	Anzahl der Wagen im Zug	[Stück.]

3. Kosten für Hilfsmaterialien aller Art

Diese Kosten werden näherungsweise nach von Schmidt (unveröffentlichte Unterlagen) bestimmten Mittelwerten über die jährlich geförderte Abraummenge berechnet.

Als spezifische Sätze gelten: 0,01 DM/m³ für Loks und 0,003 DM/m³ für Wagen.

3.1. Lokomotiven (L)

$$h_{aL} = 0,01 \cdot M_a \quad [\text{DM/a}]$$

Es bedeuten:	h_{aL}	jährliche Hilfsmaterialkosten für eine dauernd eingesetzte Lokomotive	[DM/a]
	0,01	spezifischer Kostensatz	[DM/m ³]
	M_a	jährlich von einer dauernd eingesetzten Zugeinheit transportierte Abraummenge = Gesamtabraum geteilt durch die Zahl der dauernd eingesetzten Züge	[m ³ /a]

3.2. Wagen (W)

$$h_{aW} = 0,003 \cdot M_a \quad [\text{DM/a}]$$

Es bedeuten:	h_{aW}	jährliche Hilfsmaterialkosten für einen Wagenzug	[DM/a]
	0,003	spezifischer Kostensatz	[DM/m ³]
	M_a	Gesamtabraummenge geteilt durch die Zahl der dauernd eingesetzten Zugeinheiten	[m ³ /a]

Die Faktoren zur Berücksichtigung des Reparaturanteils werden unter 3. nicht angesetzt, da die Gesamtabraummenge nur durch die Zahl der dauernd eingesetzten Züge geteilt wird, wodurch die Hilfsmaterialkosten schon voll berücksichtigt sind.

Die Wagenzahl n erscheint nicht, sie kürzt sich heraus, da auf einen Wagen nur $\frac{M_a}{n}$ Massen im Jahr entfallen.

4. Lohnkosten (für eine Zugeinheit - lt. Definition)

$$l_{aZ} = 8592 \cdot 4,26 \cdot 1,12 \quad [\text{DM/a}]$$

Es bedeuten:	l_{aZ}	Lohnkosten einer dauernd eingesetzten Zugeinheit	[DM/a]
	8592	entstanden aus 8760 minus 7 Feiertage $\cdot 24 \text{ h/d}$	[h/a]

4,26	durchschnittliche Lohnkosten pro Stunde	[DM/h]
1,12	Faktor zur Berücksichtigung des Reparaturanteils für Lokomo- tiven. Dabei ist vorgesehen, daß die Lokomotiven während der Reparaturzeit besetzt sind.	[-]

Der Stundenlohn errechnet sich nach Durchschnittswerten
des VVB-Bereiches Cottbus und Angaben der Abteilung Ökonomie
des DBI wie folgt:

Grundlohn LG 6 für Lokfahrer	2,21 DM/h	
Mehrleistungslohn (Mittelwert)	0,40 DM/h	(= 18,1 % des Grundlohnes)
Monatsarbeitsauftragsprämie	0,25 DM/h	(= 11,3 % des Grundlohnes)
Erschwerniszuschlag	0,02 DM/h	(≈ 1 % des Grundlohnes)
sonstige Zuschläge	0,25 DM/h	(= 11,3 % des Grundlohnes)
Summe Bruttolohn	3,13 DM/h	
Zusatzlohn	0,60 DM/h	(= 27 % des Grundlohnes)
Betriebsanteil (SVK, Unfallumlage und Krankengeld)	0,53 DM/h	(= 23 % des Grundlohnes)
Summe Lohnkosten pro verfahrene Stunde	4,26 DM/h	=====

5. Energiekosten (für eine Zugeinheit - lt. Definition)

In der Literatur werden von Hollweg, Ballmann und
Schmidt Angaben über den spezifischen Energiebedarf
(nur für den Fahrbetrieb) mit etwa $0,11 \text{ Kwh/m}^3 \text{ km}$ gemacht.
Dieser Wert wird übernommen, da beim Innenkippenbetrieb
keine wesentlichen Steigungen auftreten. Der ggf. vor-
handene Unterschied zwischen 900 mm und 1435 mm Spurweite
wird vernachlässigt, da keine effektiven Werte vorliegen.
Als Preis für die Kwh gehen 0,04 DM ein, da eine Eigen-
energieversorgung nicht vorausgesetzt werden darf.

$$e_{aZ} = 0,11 \cdot M_a \cdot s_m \cdot 0,04 \text{ [DM/a]}$$

[125]

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

Es bedeuten:	e_{aZ}	jährliche Energiekosten einer dauernd eingesetzten Zugeinheit [DM/a]
	0,11	spezifischer Energiebedarf [Kwh/m ³ .km]
	M_a	jährliche Abraummenge geteilt durch die Zahl der dauernd eingesetzten Zugeinheiten [m ³ /a]
	s_m	mittlere Transportentfernung von Strossenschwerpunkt zu Strossenschwerpunkt [km]
	0,04	Preis der Kwh [DM/Kwh]

Die jährlichen Gesamtkosten einer "im dauernden Einsatz befindlichen Zugeinheit" ergeben sich zu:

$$k_{a \text{ ges}} = k_{aL} + k_{aW} + r_{aL} + r_{aW} + h_{aL} + h_{aW} + l_{aZ} + e_{aZ} \quad [\text{DM/a}]$$

Bezogen auf die Mengeneinheit der Förderung ergibt sich als spezifischer Wert:

$$k_{spZ} = \frac{k_{a \text{ ges}}}{Q_{eaZ} \cdot 10^4} \quad [\text{Pf/m}^3]$$

wobei $k_{a \text{ ges}}$ in [DM/a] und Q_{eaZ} in [$10^6 \text{ m}^3/\text{a}$] einzusetzen sind.

Die mit einer im dauernden Einsatz befindlichen Zugeinheit in Jahr geförderten Massen Q_{eaZ} [$10^6 \text{ m}^3/\text{a}$] ergeben sich aus

$\frac{Q_{eaB}}{Z_e}$, wobei Z_e die Zahl der dauernd eingesetzten Züge

darstellt und Q_{eaB} die gesamte Abraumjahresleistung des Baggers [$10^6 \text{ m}^3/\text{a}$] bedeutet.

Schleifenbeispiel für den Ablauf des Simulationsprogramms

$\bar{t}_0 = 90 \text{ min}$, $\bar{t}_1 = 10 \text{ min}$, \bar{t}_2 der Vollfahrt = 17 min, \bar{t}_2 der Leerfahrt = 10 min, $t_{\text{L}} = 3 \text{ min}$, $S_0 = 4$, $\bar{t}_1 = 10 \text{ min}$

Ablauf des Bagerverfahrens über der Uhrzeit

Ankunft am Bagger	0 ⁰⁰	0 ¹⁰	0 ²⁰	0 ³⁰	0 ⁴⁰	0 ⁵⁴	1 ⁰⁶	1 ⁰⁹	1 ²⁰	1 ³⁴
Beginn der Baggerung	0 ⁰⁰	0 ¹⁰	0 ²²	0 ³³	0 ⁴⁴	0 ⁵⁴	1 ⁰⁵	1 ¹⁶	1 ²⁵	1 ³⁵
Ende der Baggerung	0 ¹⁰	0 ²²	0 ³³	0 ⁴⁴	0 ⁵⁰	1 ⁰⁵	1 ¹⁵	1 ²⁵	1 ³⁴	1 ⁴⁵
Warteseit des Zuges [min]	-	-	2	3	4	-	-	7	5	-
Warteseit des Baggers [min]	-	-	-	-	-	4	4	-	-	0
Beginn der Vollfahrt	0 ¹⁰	0 ²²	0 ³³	0 ⁴⁴	0 ⁵⁰	1 ⁰⁵	1 ¹⁵	1 ²⁵	1 ³⁴	1 ⁴⁵
Ende der Vollfahrt	0 ²⁷	0 ⁴²	0 ⁵⁰	0 ⁵⁶	1 ⁰⁰	1 ⁰²	1 ⁰³	1 ⁴²	1 ⁵¹	2 ⁰³
Beginn des Kippens	0 ²⁷	0 ⁴²	0 ⁵⁰	0 ⁵⁶	1 ⁰⁰	1 ⁰²	1 ⁰³	1 ⁴²	1 ⁵¹	2 ⁰³
Ende des Kippens	0 ³⁰	0 ⁴⁵	0 ⁵³	0 ⁵⁹	1 ¹¹	1 ¹⁵	1 ¹⁶	1 ⁴⁵	1 ⁵⁴	2 ⁰⁶
(wenn keine Warteseiten des Zuges auftreten) treten vor oder während des Kippens Warteseiten der Bagger auf, so wird der Beginn der Leerfahrt um den jeweiligen Betrag verschoben.										
Ende der letzten Abs.-zeit	0 ³⁰	0 ⁴⁰	0 ⁵⁰	1 ⁰⁰	1 ¹²	1 ¹⁴	1 ¹⁵	1 ⁴⁵	1 ⁵⁰	2 ⁰⁰
Beginn der nächsten Abs.-zeit	0 ³⁰	0 ⁴²	0 ⁵⁰	1 ⁰⁴	1 ¹²	1 ²²	1 ³⁵	1 ⁴⁵	1 ⁵⁸	2 ⁰⁸
Ende der Absetzzeit	0 ⁴⁰	0 ⁵⁰	1 ⁰⁰	1 ¹³	1 ¹⁴	1 ³⁵	1 ⁴⁵	1 ⁵²	2 ⁰⁰	2 ¹⁰
Warteseit des Zuges [min]	-	-	-	1	1	-	-	-	4	2
Warteseit des Baggers [min]	-	2	-	-	-	4	-	-	-	-
Beginn der Leerfahrt	0 ³⁰	0 ⁴⁵	0 ⁵³	1 ⁰⁰	1 ¹²	1 ²³	1 ³⁵	1 ⁴⁵	1 ⁵⁸	2 ⁰⁸
Ende der Leerfahrt	0 ⁴⁰	0 ⁵⁴	1 ⁰⁵	1 ⁰⁴	1 ²⁰	1 ³⁵	1 ⁴⁵	1 ⁵⁵	2 ⁰⁸	2 ¹⁵
Tag Nr.	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2

Ablauf des Simulationsprogramms



Diese Erwarteseiten entstehen durch Baggerzeiten, die sich vor Beginn des Ausschuttes ergeben. Die fehlenden Werte der Zellen 7 und 8 in den letzten vier Zeilen sind dadurch bedingt, daß keine weiteren Baggerzeiten im Beispiel vorgegeben wurden. Die Werte Δt_{L2} ergeben sich aus den Differenzen $\Delta t_{F_n} - \Delta t_{F_{n-1}}$ der Fahrzeitabweichungen während der Voll- und Leerfahrt.

Bergakademie
- Bucherei -
Freiberg i. Sa.

Besondere Bemerkungen zum Programmablauf (siehe Anlage 20)

Anstelle der Fahrzeitschwankungen werden im Programm die Veränderungen der Zugfolgezeiten Δt_z (Vollfahrt) und Δt_z (Leerfahrt) verwendet, die sich aus den Fahrzeitschwankungen ergeben. In Zeile 7 wird die Leerzugfolgezeit mit der Baggerzeit verglichen, die beim Wiedereintreffen der Zugfolge am Bagger auftritt. Die Angaben a.) und b.) erläutern, wie die Gegenüberstellung zu erfolgen hat. Zugmangelzeiten (positive Werte in Zeile 8) des Baggers erhöhen jeweils die nächste Zugfolgezeit und müssen, wie durch c.), d.) und e.) angegeben wird, berücksichtigt werden. Um wieviel Reihen versetzt die Gegenüberstellung der Baggerzeit bzw. das Einbeziehen der Zugmangelzeit vorzunehmen ist, wird durch die Zahl der eingesetzten Züge bestimmt (4 in Beispiel). In Zeile 10 erscheinen positive Werte zwischen 0 min und t_K min. Bei 0 min beendet der Absetzer die Absetzzeit des vorangegangenen Zuges zur gleichen Zeit, zu der der letzte Wagen des nächsten Zuges gekippt wird, d.h., der Beginn des Absetzvorganges fällt mit dem Ende der Kippzeit zusammen. Dagegen nimmt der Absetzer bei t_K min schon nach dem Kippen des ersten Wagens die Massen des betreffenden Zuges in Angriff, er hat praktisch einen Vorsprung um t_K Minuten. Kommen die Züge in zu dichter Folge, so büßt der Absetzer den Vorsprung ganz oder teilweise ein. Solange noch vom "Konto" gezehrt werden kann, treten keine Zugwartezeiten auf, die Vollzugfolge erscheint bei konstanter Kippzeit als Leerzugfolge wieder. Reicht der "Kontostand" nicht mehr aus, so kommt es zu Zugwartezeiten, die aber um den noch möglichen Abbau des "Kontos" in Zeile 10 gemindert sind. Bei zu geringem Zugangebot kommt der Absetzer erst zum Stehen, wenn er den maximalen Vorsprung (entsprechend der Kippzeit) erreicht hat.

Die Absetzzeiten t_{A_1} sind um eine Reihe versetzt zu berücksichtigen, da eine t_{A_1} Abweichung vom Wert t_A sich immer erst für die nächste Zugfolge auswirkt.

Die Überlegungen bezüglich weiterzuverrechnenden Leerzugfolge in Zeile 4 führen zu folgender Regel:

Ist das Ergebnis in Zeile 3 positiv, so ist die Vollzugfolge (erster Wert) weiter zu verwenden, bei negativem Ergebnis in Zeile 3 dagegen die Absetzzeit. Im ersten Fall ist aber ein eventuell vorhandener negativer Wert in der Zeile 9 der $n-1$ ten Reihe abzuziehen, im zweiten Fall ist die Absetzzeit um den möglichen Abbau des "Absetzerkontos" (Zeile 10) zu vermindern. Die Verminderungen der Werte dürfen dabei in keinem Fall den absoluten Differenzbetrag der Zeile 3 überschreiten.

Negative Werte in den Zeilen 8 und 9 sind grundsätzlich auf die jeweils nächste Reihe zu übernehmen. Sie bleiben solange erhalten, wie keine positiven Differenzen in den Zeilen 3 und 7 auftreten. Positive Angaben in 8 und 9 sind für die folgende Reihe stets gleich Null zu setzen, d.h., nicht mit den folgenden Werten zu verrechnen. Auch wenn in der zweiten bzw. sechsten Zeile eine negative Differenz auftritt werden in den Zeilen 3 bzw. 8 die Ergebnisse von 1 und 5 angesetzt.

Von einer positiven Differenz in Zeile 3 ist zunächst der negative Wert der Zeile 8 der vorherigen Reihe abzusetzen. Verbleibt dabei ein positiver Rest, so wird das "Absetzerkonto" auf Kosten des Restwertes auf maximal $t_K \text{ min}$ aufgefüllt. Bleibt danach immer noch ein Betrag, so wird er in Zeile 8 als Absetzerwartzeit eingetragen.

Von einer negativen Differenz in Zeile 3 wird der mögliche Abbau des "Kontos" in Zeile 10 abgesetzt. Ein negativer Restwert geht dann in Zeile 9 ein. Er wird aufgeschlagen, wenn in der Reihe vorher schon eine Zugwartzeit in 9 vorhanden ist und tritt bei vorausgehender Absetzerwartzeit an deren Stelle.

Bei der Bestimmung der Werte in der achten Zeile ist sinngemäß zu verfahren. Ein Zusammenhang mit dem "Absetzerkonto" liegt hier nicht vor, da es sich in dieser Zeile um die Wartezeiten der Züge am Bagger bzw. um die Zugmangelzeit des Baggers handelt.

Um die notwendigen Ergebnisse zu erhalten, sind folgende Maßnahmen durchzuführen:

1. nach Vorzeichen getrennte Addition der Werte in den Zeilen 8 und 9;
2. Addition der negativen Ergebnisse innerhalb der zweiten und sechsten Zeile;
3. Feststellung der Zahl der durchgeführten Zugumläufe (Stichprobenumfang N).

Aus der Anlage 20 ist erkennbar, daß das Simulationsprogramm sowohl die einzelnen Werte als auch den Gesamtumfang der Zugwartezeiten und Gerätestillstände richtig widerspiegelt.

Erhöhte Absetzerleistungen werden durch das Verändern der für die t_{A_1} zugrundeliegenden Verteilungen berücksichtigt. Über- bzw. ¹Unterdimensionierungen des rollenden Materials kommen durch die Verrechnung entsprechender negativer bzw. positiver Werte in Zeile 8 zum Ausdruck.

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

Parameter zu den Abbildungen 22, 23 und 24

Schaufelradbagger SchRs 1200 in leichtem Boden

$$Q_{eB} = 1920 \text{ m}^3/\text{h}, \bar{t}_B = 12 \text{ min.}$$

12-Wagenzüge mit 100-t-E-Lok, Zuginhalt = $12 \cdot 32 = 384 \text{ m}^3$,
Luftkipper

Verteilung der Baggerzeiten:

Baggerzeit relative Häufigkeit

10	0,058
11	0,316
12	0,364
13	0,177
14	0,063
15	0,022

Die Verteilung entspricht
der des SchRs 1200 (133)
im Tagebau Klettwitz

Länge Baggerstrosse = 1750 m

Länge Absetzerstrosse = 1750 m

Länge stat. Gleis = 1950 m

Wahrscheinlichkeiten für
 U_G sind Anlage 25 zu
entnehmen

mittlere Geschwindigkeiten

für Vollfahrt = 18 km/h, Fahrzeit 18,2 min } bezogen auf
für Leerfahrt = 22 km/h, Fahrzeit 14,8 min } Strossenende

spezifische Kippzeit = 1 min/M.u.W.

Kippzeit = 3 min = konstant (4 Mann zum Kippen)

Zugbedarf lt. Dimensionierung = $4 = \frac{12,0+18,2+14,8+3,0}{12,0}$ nach Ab-
schnitt 7.2.

Die Verteilungen für die Schwankungen der Voll- und Leerfahrts-
zeiten

$$\varphi(\Delta t_F) = \frac{e^{-\frac{\Delta t_F^2}{2 \cdot 4,373}}}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot 4,373}} \quad (\text{Vollfahrt})$$

$$\varphi(\Delta t_F) = \frac{e^{-\frac{\Delta t_F^2}{2 \cdot 3,087}}}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot 3,087}} \quad (\text{Leerfahrt})$$

nach Abschnitt 4.2

Die Verteilung der Absetzzeiten entspricht der der Baggerzeiten (nach Abschnitt 5).

Die Überdimensionierung des Absetzers:

0 % =	Q_{e_A}	$\hat{=}$	1920 m ³ /h	(Abbildungen 22, 23 und 24)
20 % =	Q_{e_A}	$\hat{=}$	2304 m ³ /h	
100 % =	Q_{e_A}	$\hat{=}$	3840 m ³ /h	(Abbildung 24)

Parameter zur Abbildung 25

Schaufelradbagger SchRs 1200 in ausschließlich bindigem Boden

$$Q_{e_B} = 1080 \text{ m}^3/\text{h}, \bar{t}_B = 12 \text{ min}$$

12-Wagenzüge mit 75-t-Lok, Zuginhalt = $12 \cdot 18 = 216 \text{ m}^3$,
LuftkipperVerteilung der Baggerzeiten:

Baggerzeit relative Häufigkeit

9 min	0,080
10 min	0,173
11 min	0,208
12 min	0,187
13 min	0,127
14 min	0,084
15 min	0,063
16 min	0,048
17 min	0,018
18 min	0,006
19 min	0,001

Die Werte wurden berechnet
nach der zugehörigen
Ausgleichsfunktion in Anlage 4.

$$\begin{aligned} \varphi(\Delta t_B) = & 0,1432 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{11} \Delta t_B + K\right) \\ & + 0,0725 \sin 2\left(\frac{\pi}{11} \Delta t_B + K\right) \\ & + 0,0115 \sin 3\left(\frac{\pi}{11} \Delta t_B + K\right) \\ & - 0,0098 \sin 4\left(\frac{\pi}{11} \Delta t_B + K\right) \\ & - 0,0174 \sin 5\left(\frac{\pi}{11} \Delta t_B + K\right) \end{aligned}$$

Die Konstante K beträgt 1,2167

Länge Baggerstrosse	= 1750 m	Wahrscheinlichkeiten für
Länge Absetzerstrosse	= 1750 m	U_G sind der Anlage 25 zu
Länge stat. Gleis	= 1950 m	entnehmen.

mittlere Geschwindigkeiten

für Vollfahrt = 18 km/h, Fahrzeit 18,2 min	} bezogen auf Strossenende
für Leerfahrt = 22 km/h, Fahrzeit 14,8 min	

spezifische Kippzeit = 1 min/M.u.W.

Kippzeit = 3 min = konstant (4 Mann zum Kippen)

$$\text{Zugbedarf lt. Dimensionierung} = 4 = \frac{12,0 + 18,2 + 14,8 + 3,0}{12,0} \quad (\text{nach Abschnitt 7.2.})$$

Die Verteilungen für die Schwankungen der Voll- und Leerfahrtszeiten entsprechen denen, die in Anlage 22 angegeben wurden.

Die Verteilung der Absetzzeiten entspricht der der Baggerzeiten (nach Abschnitt 5).

Die Überdimensionierung des Absetzers:

$$0,0 \% \hat{=} Q_{eA} = 1080 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$9,1 \% \hat{=} Q_{eA} = 1178 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$33,3 \% \hat{=} Q_{eA} = 1440 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$100,0 \% \hat{=} Q_{eA} = 2160 \text{ m}^3/\text{h}$$

Parameter zur Abbildung 271. Kurvenzug für $Z_0 = 5$

Schaufelradbagger SchRs 1200 in ausschließlich bindigem Boden

$$Q_{eB} = 1080 \text{ m}^3/\text{h}, \bar{t}_B = 12 \text{ min}$$

12-Wagenzüge mit 75-t-Lok, Zuginhalt = $12 \cdot 18 = 216 \text{ m}^3$,
Luftkipper

Verteilung der Baggerzeiten wie in Anlage 23 angegeben.

Länge der Baggerstrosse	1750 m	Wahrscheinlichkeiten für
Länge der Absetzerstrosse	1750 m	\bar{U}_G sind Anlage 25 zu ent-
Länge stat. Gleis	1950 m	nehmen.

Mittlere Geschwindigkeiten

für Vollfahrt = 13,2 km/h, Fahrzeit = 24,8 min	} bezogen auf Strossenende
für Leerfahrt = 16,2 km/h, Fahrzeit = 20,2 min	

spezifische Kippzeit = 1 min/M.u.W.

Kippzeit = 3 min = konstant (4 Mann zum Kippen)

Zugbedarf lt. Dimensionierung = $5 = \frac{12,0 + 24,8 + 20,2 + 3,0}{12}$
(nach Abschnitt 7.2.)Die Verteilungen für die Schwankungen der Voll- und Leer-
fahrtszeiten

$$\psi(\Delta t_F) = \frac{e^{-\frac{\Delta t_F^2}{2 \cdot 8,168}}}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot 8,168}} \quad \text{(Vollfahrt)}$$

$$\psi(\Delta t_F) = \frac{e^{-\frac{\Delta t_F^2}{2 \cdot 6,039}}}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot 6,039}} \quad \text{(Leerfahrt)}$$

} nach Abschnitt 4.2.

Die Verteilung der Absetzzeiten entspricht der der Baggerzeiten (nach Abschnitt 5).

Die Überdimensionierung des Absetzers: $0\% \hat{=} Q_{eA} = 1080 \text{ m}^3/\text{h}$

2. Kurvenzug für $Z_p = 2$

Schaufelradbagger SchRs 1200 in leichtem Boden

$Q_{eB} = 1920 \text{ m}^3/\text{h}, \bar{t}_B = 36 \text{ min}$

15-Wagenzüge mit $2 \times 100\text{-t}$ -Loks, Zuginhalt = $15 \cdot 76,8 = 1152 \text{ m}^3$, Luftkipper

Verteilung der Baggerzeiten

Baggerzeit relative Häufigkeit

31	0,003
32	0,021
33	0,073
34	0,152
35	0,208
36	0,205
37	0,157
38	0,098
39	0,050
40	0,012
41	0,008
42	0,002
43	0,001

Diese Verteilung entstand durch Faltung, indem jede Baggerzeit als zufällige Summe je dreier Baggerzeiten des SchRs 1200 (Anlage 22) aufgefaßt wurde. Ihre größere Breite resultiert ausschließlich aus dem dreimal (dreifacher Zuginhalt) größeren Mittelwert.

Länge Baggerstrosse	1750 m
Länge Absetzerstrosse	1750 m
Länge stat. Gleis	1950 m

Wahrscheinlichkeiten für \bar{U}_G sind Anlage 25 zu entnehmen

mittlere Geschwindigkeiten

für Vollfahrt = 18 km/h, Fahrzeit = 18,2 min } bezogen auf
 für Leerfahrt = 22 km/h, Fahrzeit = 14,8 min } Strossenende

spezifische Kippzeit = 1 min/M.u.W.

Kippzeit = 3 min. = konstant (5 Mann zum Kippen)

Zugbedarf lt. Dimensionierung = $2 = \frac{36,0 + 18,2 + 14,8 + 3,0}{36,0}$ (nach Abschnitt 7.2)

Die Verteilungen für die Schwankungen der Voll- und Leerfahrtszeiten entsprechen denen, die in Anlage 22 angegeben wurden.

Die Verteilung der Absetzzeiten entspricht der der Baggerzeiten.

Die Überdimensionierung des Absetzers: $0\% \hat{=} Q_{eA} = 1920 \text{ m}^3/\text{h}$.

Die Wahrscheinlichkeiten bestimmter Überdimensionierungen des rollenden Materials durch die Veränderlichkeit der Gerätestandpunkte

Da die Berechnung des Bedarfs an rollendem Material in allen Fällen unter Einbeziehung der Fahrstrecken bis zum Strossenende erfolgte, bedeutet jede praktische Gerätestellung eine Verminderung des Fahrweges und damit eine Überdimensionierung des rollenden Materials.

Aus den Längendifferenzen ergeben sich unter Beachtung der mittleren Geschwindigkeit folgende Werte:

U_G [min]	Wahrscheinlichkeit von U_G $\varphi(U_G)$ [-]	entsprechende Gesamtlängendifferenz $\Delta L_A + \Delta L_B$ [m]	
+ 1,7 (+ 2,3)	0,1296	280	
+ 3,8 (+ 5,1)	0,2016	630	
+ 6,0 (+ 8,0)	0,2224	980	
+ 8,0 (+10,9)	0,1984	1330	$V_m = 330 \text{ m/min}$
+ 10,2 (+13,7)	0,1072	1680	
+ 12,2 (+16,4)	0,0224	2009	$(V_m = 245 \text{ m/min})$
+ 10,0 (+13,5)	0,0288	1659	
+ 12,3 (+16,6)	0,0480	2030	
+ 14,3 (+19,3)	0,0160	2359	
+ 16,4 (+22,1)	0,0096	2709	
+ 18,4 (+24,8)	0,0016	3038	
+ 14,4 (+19,4)	0,0144	2380	

Den Rechnungen mit $Z_p = 5$ (Anlage 24, Abbildung 27) liegt eine geringere mittlere Geschwindigkeit zugrunde. Bei gleichen Längendifferenzen und Wahrscheinlichkeiten ergeben sich die in Klammern angegebenen Werte für U_G .

Um das Aufsuchen der Werte zu erleichtern, sind die Zahlenwerte gerundet angegeben.

Die Angaben beziehen sich sämtlich auf eine Bagger- und Absetzerstrossenlänge von je 1750 m und eine Berechnungsweise wie in Anlage 14 erläutert. Die Teilung des Schwenksektors erfolgte in 5 Teilflächen a 250 m Kantenlänge.

Die vom Automaten ausgedruckten Werte und ihre Bedeutung

Für jeden Rechengang druckte der Automat folgende Wertereihen aus:

Spalte 1	Spalte 2	
050000000000	23	(I)
0000000000	01	(II)
0000000000	01	(III)
004000000000		(IV)
- 6999999999	21	(V)
0000000000	01	(VI)
3639999999	23	(VII)
- 3249999999	23	(VIII)
3419999999	23	(IX)
- 1040999999	24	(X)
0000000000	01	(XI)

- I Umfang der Stichprobe, entspricht der Zahl der durchgerechneten Zugumläufe. Zu einem Stichprobenumfang von $N = 500$ gehört die Auswahl von insgesamt 2000 Werten aus 4 Verteilungen (Baggerzeit, Absetzzeit, Schwankung der Vollfahrtszeit und Schwankung der Leerfahrtszeit);
- II Ausweis der positiven oder negativen Vorgabezeit zur Berücksichtigung einer Unter- bzw. Überdimensionierung des rollenden Materials;
- III Angabe des Leistungsunterschiedes zwischen Bagger und Absetzer [min] als Differenz der Mittelwerte von Bagger- und Absetzzeit;
- IV Zahl der eingesetzten Züge;
- V Maximalwert, den die Wartezeiten vor dem Absetzer erreichen (Kippenverteilung);
- VI Summe der Zugwartezeiten, die durch Blockentfernungen innerhalb der Gleisanlagen bei zu starker Annäherung der Züge entstehen (Bereich der Vollfahrt);
- VII Summe der Zugmangelzeiten des Absetzers;
- VIII Summe der Zugwartezeiten vor dem Absetzer (Kippenverteilung);
- IX Summe der Zugmangelzeiten des Baggers;

- X Summe der Zugwartezeiten vor dem Bagger (Baggerverteilung);
- XI Summe der Zugwartezeiten, die durch Blockentfernungen innerhalb der Gleisanlagen bei zu starker Annäherung der Züge entstehen (Bereich der Leerfahrt).

Die 2. Ziffer der Werte in Spalte 2 gibt Auskunft über die Stellenzahl, die den Angaben zukommt.

Außer dem Stichprobenumfang 500 wurden jeweils zwei Zwischenergebnisse ($N = 100$ und $N = 300$) ausgedruckt, um die Entwicklung der Werte besser beurteilen zu können.

Rechnungen zur Bestimmung der optimalen Proportionen der Betriebsabschnitte (Darstellung Abb. 29)

1. Berechnung der durchschnittlichen Zugmangelzeit unter Berücksichtigung der Ortsveränderlichkeit der Geräte für Absetzerüberdimensionierungen von 0 % und 9,1 % und verschiedene Über- bzw. Unterdimensionierungen des rollenden Materials

$\bar{U}_A = 0 \%$				$\bar{U}_A = 9,1 \%$			
$\bar{U}_W = 0 \% \hat{=} 0 \text{ min}$							
U_{Gi}	$\varphi(U_{Gi})$	$\bar{t}_{z(G)_i}$	$\bar{t}_{z(G)_i} \cdot \varphi(U_{Gi})$	U_{Gi}	$\varphi(U_{Gi})$	$\bar{t}_{z(G)_i}$	$\bar{t}_{z(G)_i} \cdot \varphi(U_{Gi})$
[min]	[-]	[min/Fahrsp.]	[min/Fahrsp.]	[min]	[-]	[min/Fahrsp.]	[min/Fahrsp.]
+ 1,7	0,1296	0,71	0,092016	+ 1,7	0,1296	0,63	0,081648
+ 3,8	0,2016	0,53	0,106848	+ 3,8	0,2016	0,43	0,086688
+ 6,0	0,2224	0,42	0,093408	+ 6,0	0,2224	0,31	0,068944
+ 8,0	0,1984	0,36	0,071424	+ 8,0	0,1984	0,23	0,045632
+10,2	0,1072	0,30	0,032160	+10,2	0,1072	0,16	0,017152
+12,2	0,0224	0,27	0,006048	+12,2	0,0224	0,11	0,002464
+10,0	0,0288	0,31	0,008928	+10,0	0,0288	0,17	0,004896
+12,3	0,0480	0,26	0,012480	+12,3	0,0480	0,11	0,005280
+14,3	0,0160	0,24	0,003840	+14,3	0,0160	0,07	0,001120
+16,4	0,0096	0,21	0,002016	+16,4	0,0096	0,04	0,000384
+18,4	0,0016	0,19	0,000304	+18,4	0,0016	0,02	0,000032
+14,4	<u>0,0144</u>	0,23	<u>0,003312</u>	+14,4	<u>0,0144</u>	0,07	<u>0,001008</u>
	$\sum 1,0000$		$\sum 0,432784$		$\sum 1,0000$		$\sum 0,315248$
			$0,432784 \hat{=} 3,607 \% \text{ von } \bar{t}_B$				$0,315248 \hat{=} 2,627 \% \text{ von } \bar{t}_B$

Bergakademie
- Bucherei -
Freiberg i. Sa.

$$\bar{U}_W = 2,083 \% \hat{=} + 1 \text{ min}$$

\bar{U}_{G_i} [min]	$\varphi(\bar{U}_{G_i})$ [-]	$\bar{t}_Z(G_i)$ [min/Fahrsp.]	$\bar{t}_Z(G_i) \cdot \varphi(\bar{U}_{G_i})$ [min/Fahrspiel]	\bar{U}_{G_i} [min]	$\varphi(\bar{U}_{G_i})$ [-]	$\bar{t}_Z(G_i)$ [min/Fahrsp.]	$\bar{t}_Z(G_i) \cdot \varphi(\bar{U}_{G_i})$ [min/Fahrspiel]
+ 2,7	0,1296	0,61	0,079056	+ 2,7	0,1296	0,53	0,068688
+ 4,8	0,2016	0,48	0,096768	+ 4,8	0,2016	0,36	0,072576
+ 7,0	0,2224	0,39	0,086736	+ 7,0	0,2224	0,26	0,057824
+ 9,0	0,1984	0,34	0,067456	+ 9,0	0,1984	0,19	0,037658
+11,2	0,1072	0,28	0,030016	+11,2	0,1072	0,13	0,013936
+13,2	0,0224	0,25	0,005600	+13,2	0,0224	0,10	0,002240
+11,0	0,0288	0,29	0,008352	+11,0	0,0288	0,14	0,004032
+13,3	0,0480	0,25	0,012000	+13,3	0,0480	0,09	0,004320
+15,3	0,0160	0,22	0,003520	+15,3	0,0160	0,06	0,000960
+17,4	0,0096	0,20	0,001920	+17,4	0,0096	0,03	0,000288
+19,4	0,0016	0,18	0,000288	+19,4	0,0016	0,01	0,000016
+15,4	0,0144	0,22	0,003168	+15,4	0,0144	0,06	0,000864
<u>$\Sigma 1,0000$</u>		<u>$\Sigma 0,394880$</u>		<u>$\Sigma 1,0000$</u>		<u>$\Sigma 0,263402$</u>	

$$0,394880 \hat{=} 3,291 \% \text{ von } \bar{t}_B$$

$$0,263402 \hat{=} 2,195 \% \text{ von } \bar{t}_B$$

$$\bar{U}_W = 4,166 \% \hat{=} + 2 \text{ min}$$

+ 3,7	0,1296	0,54	0,069984	+ 3,7	0,1296	0,44	0,057024
+ 5,8	0,2016	0,43	0,086688	+ 5,8	0,2016	0,32	0,064512
+ 8,0	0,2224	0,36	0,080064	+ 8,0	0,2224	0,22	0,048928
+10,0	0,1984	0,31	0,061504	+10,0	0,1984	0,16	0,031744
+12,2	0,1072	0,27	0,028944	+12,2	0,1072	0,11	0,011792
+14,2	0,0224	0,24	0,005376	+14,2	0,0224	0,08	0,001792
+12,0	0,0288	0,27	0,007776	+12,0	0,0288	0,12	0,003456
+14,3	0,0480	0,23	0,011040	+14,3	0,0480	0,07	0,003360
+16,3	0,0160	0,21	0,003360	+16,3	0,0160	0,04	0,000640
+18,4	0,0096	0,19	0,001824	+18,4	0,0096	0,02	0,000192
+20,4	0,0016	0,18	0,000288	+20,4	0,0016	0,00	-
+16,4	0,0144	0,21	0,003024	+16,4	0,0144	0,04	0,000576
<u>$\Sigma 1,0000$</u>		<u>$\Sigma 0,359872$</u>		<u>$\Sigma 1,0000$</u>		<u>$\Sigma 0,224016$</u>	

$$0,359872 \hat{=} 3,000 \% \text{ von } \bar{t}_B$$

$$0,224016 \hat{=} 1,867 \% \text{ von } \bar{t}_B$$

[Faint, illegible handwriting on a lined page]

$$\bar{U}_W = 6,25 \% \hat{=} + 3 \text{ min}$$

U_{Gi} [min]	$\varphi(U_{Gi})$ [-]	$\bar{t}_Z(G)_i$ [min/Fahrsp.]	$\bar{t}_Z(G)_i \cdot \varphi(U_{Gi})$ [min/Fahrsp.]	\bar{U}_{Gi} [min]	$\varphi(\bar{U}_{Gi})$ [-]	$\bar{t}_Z(G)_i$ [min/Fahrsp.]	$\bar{t}_Z(G)_i \cdot \varphi(U_{Gi})$ [min/Fahrspiel]
+ 4,7	0,1296	0,48	0,062208	+ 4,7	0,1296	0,37	0,047952
+ 6,8	0,2016	0,40	0,080640	+ 6,8	0,2016	0,27	0,054432
+ 9,0	0,2224	0,34	0,75616	+ 9,0	0,2224	0,19	0,042256
+11,0	0,1984	0,29	0,057536	+11,0	0,1984	0,14	0,027776
+13,2	0,1072	0,25	0,026800	+13,2	0,1072	0,09	0,009648
+15,2	0,0224	0,22	0,04928	+15,2	0,0224	0,06	0,001344
+13,0	0,0288	0,25	0,007200	+13,0	0,0288	0,10	0,002880
+15,3	0,0480	0,22	0,010560	+15,3	0,0480	0,06	0,002880
+17,3	0,0160	0,20	0,003200	+17,3	0,0160	0,03	0,000480
+19,4	0,0096	0,16	0,001728	+19,4	0,0096	0,01	0,000096
+21,4	0,0016	0,17	0,000272	+21,4	0,0016	0,00	-
+17,4	<u>0,0144</u>	0,20	<u>0,002880</u>	+17,4	<u>0,0144</u>	0,03	<u>0,000432</u>
<u>$\Sigma 1,0000$</u>		<u>$\Sigma 0,333568$</u>		<u>$\Sigma 1,0000$</u>		<u>$\Sigma 0,190176$</u>	

$$0,333568 \hat{=} 2,730 \% \text{ von } \bar{t}_B$$

$$0,190176 \hat{=} 1,585 \% \text{ von } \bar{t}_B$$

$$\bar{U}_W = 10,42 \% \hat{=} + 5 \text{ min}$$

+ 6,7	0,1296	0,40	0,051840	+ 6,7	0,1296	0,28	0,036288
+ 8,8	0,2016	0,34	0,068544	+ 8,8	0,2016	0,20	0,040320
+11,0	0,2224	0,29	0,064496	+11,0	0,2224	0,14	0,031136
+13,0	0,1984	0,25	0,049600	+13,0	0,1984	0,10	0,019840
+15,2	0,1072	0,22	0,023584	+15,2	0,1072	0,06	0,006432
+17,2	0,0224	0,20	0,004480	+17,2	0,0224	0,04	0,000896
+15,0	0,0288	0,22	0,006336	+15,0	0,0288	0,06	0,001728
+17,3	0,0480	0,20	0,009600	+17,3	0,0480	0,03	0,001440
+19,3	0,0160	0,18	0,002880	+19,3	0,0160	0,01	0,000160
+21,4	0,0096	0,17	0,001632	+21,4	0,0096	0,00	-
+23,4	0,0016	0,15	0,000240	+23,4	0,0016	0,00	-
+19,4	<u>0,0144</u>	0,18	<u>0,002592</u>	+19,4	<u>0,0144</u>	0,01	<u>0,000144</u>
<u>$\Sigma 1,0000$</u>		<u>$\Sigma 0,285828$</u>		<u>$\Sigma 1,0000$</u>		<u>$\Sigma 0,138384$</u>	

$$0,285828 \hat{=} 2,362 \% \text{ von } \bar{t}_B$$

$$0,138384 \hat{=} 1,153 \% \text{ von } \bar{t}_B$$

$$\bar{U}_W = 16,66 \% \hat{=} + 8 \text{ min}$$

\bar{U}_{G_i} [min]	$\varphi(\bar{U}_{G_i})$ [-]	$\bar{t}_{z(G)_i}$ [min/Fahrsp.]	$\bar{t}_{z(G)_i} \cdot \varphi(\bar{U}_{G_i})$ [min/Fahrsp.]	\bar{U}_{G_i} [min]	$\varphi(\bar{U}_{G_i})$ [-]	$\bar{t}_{z(G)_i}$ [min/Fahrsp.]	$\bar{t}_{z(G)_i} \cdot \varphi(\bar{U}_{G_i})$ [min/Fahrsp.]
+ 9,7	0,1296	0,32	0,041472	+ 9,7	0,1296	0,17	0,022032
+11,8	0,2016	0,27	0,054432	+11,8	0,2016	0,12	0,024192
+14,0	0,2224	0,24	0,053376	+14,0	0,2224	0,08	0,017792
+16,0	0,1984	0,21	0,041664	+16,0	0,1984	0,05	0,009920
+18,2	0,1072	0,19	0,020368	+18,2	0,1072	0,02	0,002144
+20,2	0,0224	0,18	0,004032	+20,2	0,0224	0,00	-
+18,0	0,0288	0,19	0,005472	+18,0	0,0288	0,03	0,000864
+20,3	0,0480	0,18	0,008640	+20,3	0,0480	0,00	-
+22,3	0,0160	0,17	0,002720	+22,3	0,0160	0,00	-
+24,4	0,0096	0,16	0,001536	+24,4	0,0096	0,00	-
+27,4	0,0016	0,15	0,000240	+27,4	0,0016	0,00	-
+18,4	0,0144	0,17	0,002448	+18,4	0,0144	0,00	-
$\sum 1,0000$		$\sum 0,236400$		$\sum 1,0000$		$\sum 0,076944$	

$$0,236400 \hat{=} 1,970 \% \text{ von } \bar{t}_B$$

$$0,076944 \hat{=} 0,641 \% \text{ von } \bar{t}_B$$

$$\bar{U}_W = - 2,083 \% \hat{=} - 1 \text{ min}$$

+ 0,7	0,1296	0,83	0,107568	+ 0,7	0,1296	0,76	0,098496
+ 2,8	0,2016	0,60	0,120960	+ 2,8	0,2016	0,52	0,104832
+ 5,0	0,2224	0,46	0,102304	+ 5,0	0,2224	0,36	0,080064
+ 7,0	0,1984	0,39	0,077376	+ 7,0	0,1984	0,26	0,051584
+ 9,2	0,1072	0,33	0,035376	+ 9,2	0,1072	0,19	0,020368
+11,2	0,0224	0,28	0,006272	+11,2	0,0224	0,13	0,002912
+ 9,0	0,0288	0,34	0,009792	+ 9,0	0,0288	0,19	0,005472
+11,3	0,0480	0,28	0,013440	+11,3	0,0480	0,13	0,006240
+13,3	0,0160	0,25	0,004000	+13,3	0,0160	0,09	0,001440
+15,4	0,0096	0,22	0,002112	+15,4	0,0096	0,06	0,000576
+17,4	0,0016	0,20	0,000320	+17,4	0,0016	0,03	0,000048
+13,4	0,0144	0,25	0,003600	+13,4	0,0144	0,09	0,001296
$\sum 1,0000$		$\sum 0,483120$		$\sum 1,0000$		$\sum 0,373328$	

$$0,483120 \hat{=} 4,026 \% \text{ von } \bar{t}_B$$

$$0,373328 \hat{=} 3,111 \% \text{ von } \bar{t}_B$$

$$\bar{U}_W = -4,165 \% \hat{=} -2 \text{ min}$$

\bar{U}_{G_i} [min]	$\varphi(\bar{U}_{G_i})$ [-]	$\bar{t}_Z(G_i)$ [min/Fahrsp.]	$\bar{t}_Z(G_i) \cdot \varphi(\bar{U}_{G_i})$ [min/Fahrsp.]	\bar{U}_{G_i} [min]	$\varphi(\bar{U}_{G_i})$ [-]	$\bar{t}_Z(G_i)$ [min/Fahrsp.]	$\bar{t}_Z(G_i) \cdot \varphi(\bar{U}_{G_i})$ [min/Fahrsp.]
- 0,3	0,1296	0,95	0,123120	- 0,7	0,1296	0,90	0,116640
+ 1,8	0,2016	0,70	0,141120	+ 1,8	0,2016	0,62	0,124992
+ 4,0	0,2224	0,52	0,115648	+ 4,0	0,2224	0,42	0,093408
+ 6,0	0,1984	0,42	0,083328	+ 6,0	0,1984	0,31	0,061504
+ 8,2	0,1072	0,36	0,038592	+ 8,2	0,1072	0,22	0,023584
+10,2	0,0224	0,31	0,006944	+10,2	0,0224	0,16	0,003584
+ 8,0	0,0288	0,36	0,010368	+ 8,0	0,0288	0,22	0,006336
+10,3	0,0480	0,30	0,014400	+10,3	0,0480	0,16	0,007680
+12,3	0,0160	0,26	0,004160	+12,3	0,0160	0,11	0,001760
+14,4	0,0096	0,23	0,002208	+14,4	0,0096	0,07	0,000672
+16,4	0,0016	0,21	0,000336	+16,4	0,0016	0,04	0,000064
+12,4	0,0144	0,26	0,003744	+12,4	0,0144	0,11	0,001584

$$\sum 1,0000$$

$$\sum 0,543968$$

$$\sum 1,0000$$

$$\sum 0,441808$$

$$0,543968 \hat{=} 4,533 \% \text{ von } \bar{t}_B$$

$$0,441808 \hat{=} 3,682 \% \text{ von } \bar{t}_B$$

$$\bar{U}_W = -6,25 \% \hat{=} -3 \text{ min}$$

- 1,3	0,1296	1,10	0,142560	- 1,3	0,1296	0,95	0,123120
+ 0,8	0,2016	0,81	0,163296	+ 0,8	0,2016	0,74	0,149184
+ 3,0	0,2224	0,59	0,131216	+ 3,0	0,2224	0,50	0,111200
+ 5,0	0,1984	0,46	0,091264	+ 5,0	0,1984	0,36	0,071424
+ 7,2	0,1072	0,38	0,040736	+ 7,2	0,1072	0,26	0,027872
+ 9,2	0,0224	0,33	0,007392	+ 9,2	0,0224	0,19	0,004256
+ 7,0	0,0288	0,39	0,011232	+ 7,0	0,0288	0,26	0,007488
+ 9,3	0,0480	0,33	0,015840	+ 9,3	0,0480	0,18	0,008640
+11,3	0,0160	0,28	0,004480	+11,3	0,0160	0,13	0,002080
+13,4	0,0096	0,24	0,002304	+13,4	0,0096	0,09	0,000864
+15,4	0,0016	0,22	0,000352	+15,4	0,0016	0,06	0,000096
+11,4	0,0144	0,28	0,004032	+11,4	0,0144	0,13	0,001872

$$\sum 1,0000$$

$$\sum 0,614704$$

$$\sum 1,0000$$

$$\sum 0,508288$$

$$0,614704 \hat{=} 5,123 \% \text{ von } \bar{t}_B$$

$$0,508288 \hat{=} 4,236 \% \text{ von } \bar{t}_B$$

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

$$\bar{U}_W = -10,42 \% \hat{=} -5 \text{ min}$$

\bar{U}_{G_i} [min]	$\varphi(\bar{U}_{G_i})$ [-]	$\bar{t}_Z(G_i)$ [min/Fahrsp.]	$\bar{t}_Z(G_i) \cdot \varphi(\bar{U}_{G_i})$ [min/Fahrsp.]	\bar{U}_{G_i} [min]	$\varphi(\bar{U}_{G_i})$ [-]	$\bar{t}_Z(G_i)$ [min/Fahrsp.]	$\bar{t}_Z(G_i) \cdot \varphi(\bar{U}_{G_i})$ [min/Fahrsp.]
- 3,3	0,1296	1,44	0,186624	- 3,3	0,1296	1,40	0,181440
- 1,2	0,2016	1,09	0,219744	- 1,2	0,2016	1,04	0,209664
+ 1,0	0,2224	0,89	0,107936	+ 1,0	0,2224	0,82	0,182368
+ 3,0	0,1984	0,59	0,117056	+ 3,0	0,1984	0,50	0,099200
+ 5,2	0,1072	0,46	0,049312	+ 5,2	0,1072	0,34	0,036448
+ 7,2	0,0224	0,38	0,008512	+ 7,2	0,0224	0,26	0,005824
+ 5,0	0,0288	0,46	0,013248	+ 5,0	0,0288	0,36	0,010368
+ 7,3	0,0480	0,38	0,018240	+ 7,3	0,0480	0,26	0,012480
+ 9,3	0,0160	0,33	0,005280	+ 9,3	0,0160	0,18	0,002880
+11,4	0,0096	0,28	0,002688	+11,4	0,0096	0,13	0,001248
+13,4	0,0016	0,24	0,000384	+13,4	0,0016	0,09	0,000144
+ 9,4	0,0144	0,33	0,004752	+ 9,4	0,0144	0,18	0,002592
<u>$\Sigma 1,0000$</u>		<u>$\Sigma 0,823776$</u>		<u>$\Sigma 1,0000$</u>		<u>$\Sigma 0,744656$</u>	

$$0,823776 \hat{=} 6,845 \% \text{ von } \bar{t}_B$$

$$0,744656 \hat{=} 6,205 \% \text{ von } \bar{t}_B$$

$$\bar{U}_W = -16,66 \% \hat{=} -8 \text{ min}$$

- 6,3	0,1296	2,06	0,266976	- 6,3	0,1296	2,05	0,265680
- 4,2	0,2016	1,52	0,326592	- 4,2	0,2016	1,59	0,320544
- 2,0	0,2224	1,21	0,260104	- 2,0	0,2224	1,17	0,260208
0,0	0,1984	0,91	0,180544	0,0	0,1984	0,86	0,170624
+ 2,2	0,1072	0,66	0,070752	+ 2,2	0,1072	0,58	0,062176
+ 4,2	0,0224	0,51	0,011424	+ 4,2	0,0224	0,40	0,008960
+ 2,0	0,0288	0,68	0,019584	+ 2,0	0,0228	0,60	0,017280
+ 4,3	0,0480	0,50	0,024000	+ 4,3	0,0480	0,39	0,018720
+ 6,3	0,0160	0,41	0,006560	+ 6,3	0,0160	0,29	0,004640
+ 8,4	0,0096	0,35	0,003360	+ 8,4	0,0096	0,23	0,002208
+10,4	0,0016	0,30	0,000480	+10,4	0,0016	0,15	0,000240
+ 6,4	0,0144	0,41	0,005940	+ 6,4	0,0144	0,39	0,005616
<u>$\Sigma 1,0000$</u>		<u>$\Sigma 1,185280$</u>		<u>$\Sigma 1,0000$</u>		<u>$\Sigma 1,136896$</u>	

$$1,185280 \hat{=} 9,877 \% \text{ von } \bar{t}_B$$

$$1,136896 \hat{=} 9,474 \% \text{ von } \bar{t}_B$$

2. Berechnung der möglichen Betriebszeit, der jährlichen Leistung, sowie der spezifischen Gewinnungs- und Absatzkosten.

Es wird vorausgesetzt, daß der Bagger ein η_T von 0,65 ($\hat{=} 5694$ h/a) erreicht, wenn keine Zugmangelzeiten dieser Art entstehen.

$$Q_{eB} = Q_{eA} = 1080 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$U_A = 0 \%$$

U_W	$\bar{t}_Z(G)$	mögl. Aus- nutzung d. Betriebs- zeit	Arbeits- zeit	Q_{eab}	K_{spB}	K_{spA}
[min]	[% von \bar{t}_B]	[%]	[h/a]	[$10^6 \text{ m}^3/\text{a}$]	[Pf/ m^3]	[Pf/ m^3]
- 8	9,877	91,011	5182,2	5,597	26,44	10,81
- 5	6,845	93,594	5329,2	5,756	25,74	10,61
- 3	5,123	95,127	5416,5	5,850	24,34	10,49
- 2	4,533	96,664	5447,1	5,883	25,21	10,45
- 1	4,026	96,130	5473,6	5,911	25,09	10,42
0	3,607	96,518	5495,7	5,935	25,00	10,39
+ 1	3,291	96,813	5512,5	5,954	24,92	10,37
+ 2	3,000	97,087	5528,1	5,970	24,86	10,35
+ 3	2,780	97,295	5540,0	5,983	24,80	10,34
+ 5	2,382	97,673	5561,5	6,006	24,71	10,31
+ 8	1,970	98,068	5584,0	6,031	24,62	10,28

$$U_A = 9,1 \%$$

- 8	9,474	91,346	5201,2	5,617	26,35	11,82
- 5	6,205	94,158	5361,4	5,790	25,60	11,50
- 3	4,236	95,936	5462,6	5,900	25,14	11,44
- 2	3,682	96,449	5491,8	5,931	25,01	11,41
- 1	3,111	96,983	5522,2	5,964	24,88	11,36
0	2,627	97,440	5548,2	5,992	24,77	11,33
+ 1	2,195	97,852	5571,7	6,017	24,67	11,30
+ 2	1,867	98,167	5589,6	6,037	24,59	11,27
+ 3	1,585	98,440	5605,2	6,054	24,53	11,25
+ 5	1,153	98,860	5629,1	6,079	24,43	11,22
+ 8	0,641	99,363	5657,7	6,110	24,31	11,19

3. Berechnung der jährlichen Gesamtkosten einer "dauernd eingesetzten Zugseinheit"
 (12-Wagenzüge mit 25-m³-Wagen (4 Bremsen, 8 Läufer), 1 B-Lok 75 t)

$U_A = 0\%$

U_W	K_{aL} [DM/a]	K_{aW} [DM/a]	r_{aL} [DM/a]	r_{aW} [DM/a]	h_{aL} [DM/a]	h_{aW} [DM/a]	l_{aZ} [DM/a]	o_{aZ} [DM/a]	$K_{a\text{Ges}}$ [DM/a]
- 6	18331,49	24,66308	25969,61	43160,43	13992,50	4197,75	40994,15	19547,52	190856,53
- 5	18331,49	26512,82	25969,61	46397,46	14390,00	4317,00	40994,15	20102,83	196833,36
- 3	18331,49	27745,98	25969,61	48555,48	14625,00	4387,50	40994,15	20431,13	101040,34
- 2	18331,49	28362,56	25969,61	49634,49	14707,50	4412,25	40994,15	20546,33	020958,43
- 1	18331,49	28979,14	25969,61	50173,50	14777,50	4433,25	40994,15	20644,17	204843,81
0	18331,49	29595,72	25969,61	51792,51	14837,50	4451,25	40994,15	20727,99	206700,22
+ 1	18331,49	30212,30	25969,61	52871,52	14885,00	4465,50	40994,15	20794,35	208523,92
+ 2	18331,49	30828,88	25969,61	53950,53	14925,00	4477,90	40994,15	20850,23	210327,39
+ 3	18331,49	31445,46	25969,61	55029,54	14957,50	4487,25	40994,15	20895,63	212110,63
+ 5	18331,49	32678,62	25969,61	57187,56	15015,00	4504,50	40994,15	20975,96	215656,89
+ 6	18331,49	34528,36	25969,61	60424,59	15077,50	4523,25	40994,15	21063,27	220912,22

$\dot{U}_A = 9,1 \%$

\dot{U}_W [min]	K_{eL} [DM/a]	K_{eW} [DM/a]	r_{eL} [DM/a]	r_{eW} [DM/a]	h_{eL} [DM/a]	h_{eW} [DM/a]	l_{aZ} [DM/a]	e_{aZ} [DM/a]	K_a ges. [DM/a]
- 8	18331,49	24662,08	25969,61	43160,43	14042,50	4212,75	40994,15	19617,37	190991,38
- 5	18331,49	26512,82	25969,61	46397,46	14475,00	4342,50	40994,15	20221,58	107244,61
- 3	18331,49	27745,98	25969,61	48555,48	14750,00	4425,00	40994,15	20605,75	201377,46
- 2	18331,49	28362,56	25969,61	49634,49	14827,50	4448,25	40994,15	20714,02	203282,07
- 1	18331,49	28979,14	25969,61	50713,50	14910,00	4473,00	40994,15	20829,27	205200,16
0	18331,49	29595,72	25969,61	51792,51	14980,00	4494,00	40994,15	20927,06	207084,54
+ 1	18331,49	30212,30	25969,61	52871,52	15042,50	4512,75	40994,15	21014,37	208948,69
+ 2	18331,49	30828,88	25969,61	53950,53	15092,50	4527,75	40994,15	21084,22	210779,13
+ 3	18331,49	31445,46	25969,61	55029,54	15135,00	4540,50	40994,15	21143,60	212589,39
+ 5	18331,49	32678,62	25969,61	57187,56	15197,50	4550,25	40994,15	21230,91	216140,09
+ 8	18331,49	34528,36	25969,61	60424,59	15275,00	4582,50	40994,15	21339,18	221444,88

4. Bestimmung der spezifischen Gesamtkosten für das Gewinnen, Transportieren und Verstärzen der Massen

$$U_A = 0\%$$

\dot{U}_W [min]	k_{spB} [Pf/m ³]	k_{spA} [Pf/m ³]	k_{spZ} [Pf/m ³]	$k_{spB} + k_{spA} + k_{spZ}$ [Pf/m ³]
- 8	26,44	10,81	13,64	50,89
- 5	25,74	10,61	13,68	50,03
- 3	25,34	10,49	13,75	49,58
- 2	25,21	10,45	13,80	49,46
- 1	25,09	10,42	13,86	49,37
0	25,00	10,39	13,93	49,32
+ 1	24,92	10,37	14,01	49,30
+ 2	24,86	10,35	14,09	49,30
+ 3	24,80	10,34	14,18	49,32
+ 5	24,71	10,31	14,36	49,38
+ 8	24,62	10,28	14,65	49,55

$$U_A = 9,1\%$$

- 8	26,35	11,82	13,60	51,77
- 5	25,60	11,59	13,63	50,82
- 3	25,14	11,44	13,65	50,23
- 2	25,01	11,41	13,71	50,13
- 1	24,88	11,36	13,76	50,00
0	24,77	11,33	13,82	49,92
+ 1	24,67	11,30	13,89	49,86
+ 2	24,59	11,27	13,97	49,83
+ 3	24,53	11,25	14,05	49,83
+ 5	24,43	11,22	14,22	49,87
+ 8	24,31	11,19	14,50	50,00

Folgende Beziehungen wurden für K_{spB} und K_{spA} verwendet:

$$K_{spB} = 1,07 + \frac{142,0}{Q_{eaB}} \quad (\text{Anlage 17})$$

$$K_{spA} = (1,852 \cdot Q_{eA}^2 + 1,357) + \frac{16,0 \cdot Q_{eA}^2 + 22,15}{Q_{eA}} \quad (\text{Anlage 18})$$

Q_{eaB} und Q_{eaA} wurden in $[10^5 \text{ m}^3/\text{a}]$ und $Q_{eA} = Q_{eB}$ in $[10^3 \text{ m}^3/\text{h}]$ eingesetzt.

Verzeichnis der Abbildungen

- Abbildung Nr. 1 Relative Häufigkeit der Baggerzeiten -
SchRs 630/800
- Abbildung Nr. 2 Relative Häufigkeit der Baggerzeiten -
SchRs 630/800
- Abbildung Nr. 3 Relative Häufigkeit der Baggerzeiten -
SchRs 1200
- Abbildung Nr. 4 Relative Häufigkeit der Baggerzeiten -
SchRs 1200
- Abbildung Nr. 5 Relative Häufigkeit der Baggerzeiten -
SchRs 1200
- Abbildung Nr. 6 Relative Häufigkeit der Baggerzeiten -
D 1120
- Abbildung Nr. 7 Relative Häufigkeit der Baggerzeiten -
D 1120
- Abbildung Nr. 8 Relative Häufigkeit der Baggerzeiten -
D B50
- Abbildung Nr. 9 Näherung der empirischen Häufigkeiten
durch "Harmonische Analyse"
- Abbildung Nr. 10 Verteilungen der Fahrzeiten
- Abbildung Nr. 11 Verteilungen der Fahrzeiten
- Abbildung Nr. 12 Verteilungen der Fahrzeiten
- Abbildung Nr. 13 Verteilungen der Fahrzeiten
- Abbildung Nr. 14 Verteilungen der Fahrzeiten
- Abbildung Nr. 15 Gegenüberstellung der errechneten und ge-
messenen Vollzugfolgezeiten am Stellwerk 56
im Tagebau Koschen
- Abbildung Nr. 16 Spezifische Stillstand-zeiten des Baggers
durch Grenzstrosseneinwirkung
- Abbildung Nr. 17 Spezifische Kosten [Pf/m³] für Schaufelrad-
bagger SchRs 1200 (ohne Gemeinkosten) in
Abhängigkeit von der Jahresleistung
- Abbildung Nr. 18 Spezifische Kosten [Pf/m³] für Schaufelrad-
bagger SchRs 630/800 (ohne Gemeinkosten)
in Abhängigkeit von der Jahresleistung
- Abbildung Nr. 19 Spezifische Kosten [Pf/m³] für Eimerketten-
bagger D 1120 (ohne Gemeinkosten) in Ab-
hängigkeit von der Jahresleistung
- Abbildung Nr. 20 Spezifische Kosten [Pf/m³] für verschiedene
Absetzertypen in Abhängigkeit von der Jahres-
leistung (ohne Gemeinkosten)

- Abbildung Nr. 21 Abhängigkeit der Werte a und b der Ausgleichsfunktionen (Abbildung 20) von der durchschnittlichen Absetzerstundenleistung $[10^3 \text{ m}^3/\text{h}]$ als Maß für das Leistungsvermögen der Absetzer
- Abbildung Nr. 22 Summen der Zugmangelzeiten und Zugwartezeiten durch gegenseitige Beeinflussung der Betriebsabschnitte in Abhängigkeit vom Stichprobenumfang N
- Abbildung Nr. 23 Spezifische Zugmangelzeiten des Baggers und Absetzers in [%] der mittleren Bagger- bzw. Absetzzeit \bar{t}_B bzw. \bar{t}_A
Spezifische Zugwartezeiten vor dem Bagger und Absetzer in [%] der mittleren Fahrspielzeit \bar{T}_e
- Abbildung Nr. 24 Durchschnittliche Zugmangelzeit in Abhängigkeit von der Über- bzw. Unterdimensionierung des rollenden Materials für verschiedene Absetzerleistungen
- Abbildung Nr. 25 Durchschnittliche Zugmangelzeit in Abhängigkeit von der Über- bzw. Unterdimensionierung des rollenden Materials für verschiedene Absetzerleistungen
- Abbildung Nr. 26 Durchschnittliche Zugmangelzeit in Abhängigkeit von der Über- bzw. Unterdimensionierung des rollenden Materials
- Abbildung Nr. 27 Durchschnittliche Zugmangelzeit in Abhängigkeit von der Überdimensionierung des rollenden Materials
- Abbildung Nr. 28 Optimale Dimensionierung der Betriebsabschnitte
- Abbildung Nr. 29 Optimale Dimensionierung der Betriebsabschnitte
- Abbildung Nr. 30 Vergleich der Wirkung einer Absetzerüberdimensionierung mit der "Pufferwirkung durch zusätzlichen Kippgrabeninhalt"

Relative Häufigkeit der Baggerzeiten — Sch Rs 630/800

Relative Häufigkeit der Baggerzeiten - Sch Rs 630/800

Geräteart : Sch Rs 630/800

Wagenart : 25 m³ - Wagen

$Q_e = 1591 \text{ m}^3/\text{h}$

Einsatz : Tgb. Koschen

rapp. Inhalt : $V_r = 21 \text{ m}^3$

$Q_e/n \cdot V_r = 6,32 \text{ [1/h]}$

$n \cdot V_r = 252 \text{ m}^3 \text{ (12 Wagen)}$

$\bar{t}_B = 9,5 \text{ min / Zug}$

Boden : überwiegend rollig

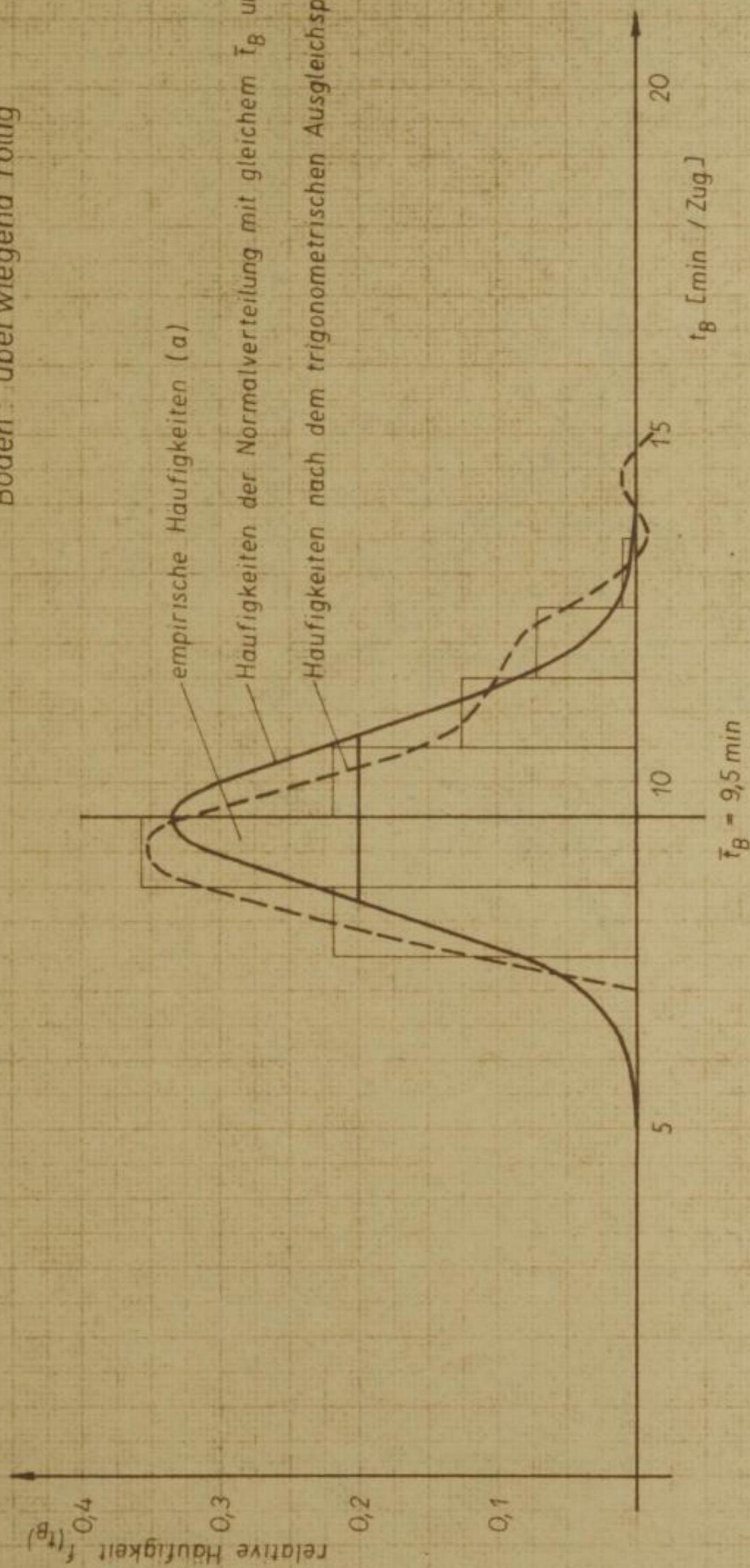


Abb. 1

Relative Häufigkeit der Baggerzeiten - Sch Rs 630/800

Relative Häufigkeit der Baggerzeiten - Sch Rs 630/800

Geräteart: Sch Rs 630/800

Wagenart: 25 m³ - Wagen

Q_e = 1345 m/h

Boden: von rollig bis voll bindig; stark wechselnd über der Strosenlänge

Einsatz: Tgb. Borna - Ost

rapp. Inhalt: V_r = 20 m³

Q_e/n V_r = 5,17 [1/h]

n · V_r = 260 m³ (13 Wagen)

$\bar{t}_B = 11,6$ min/Zug

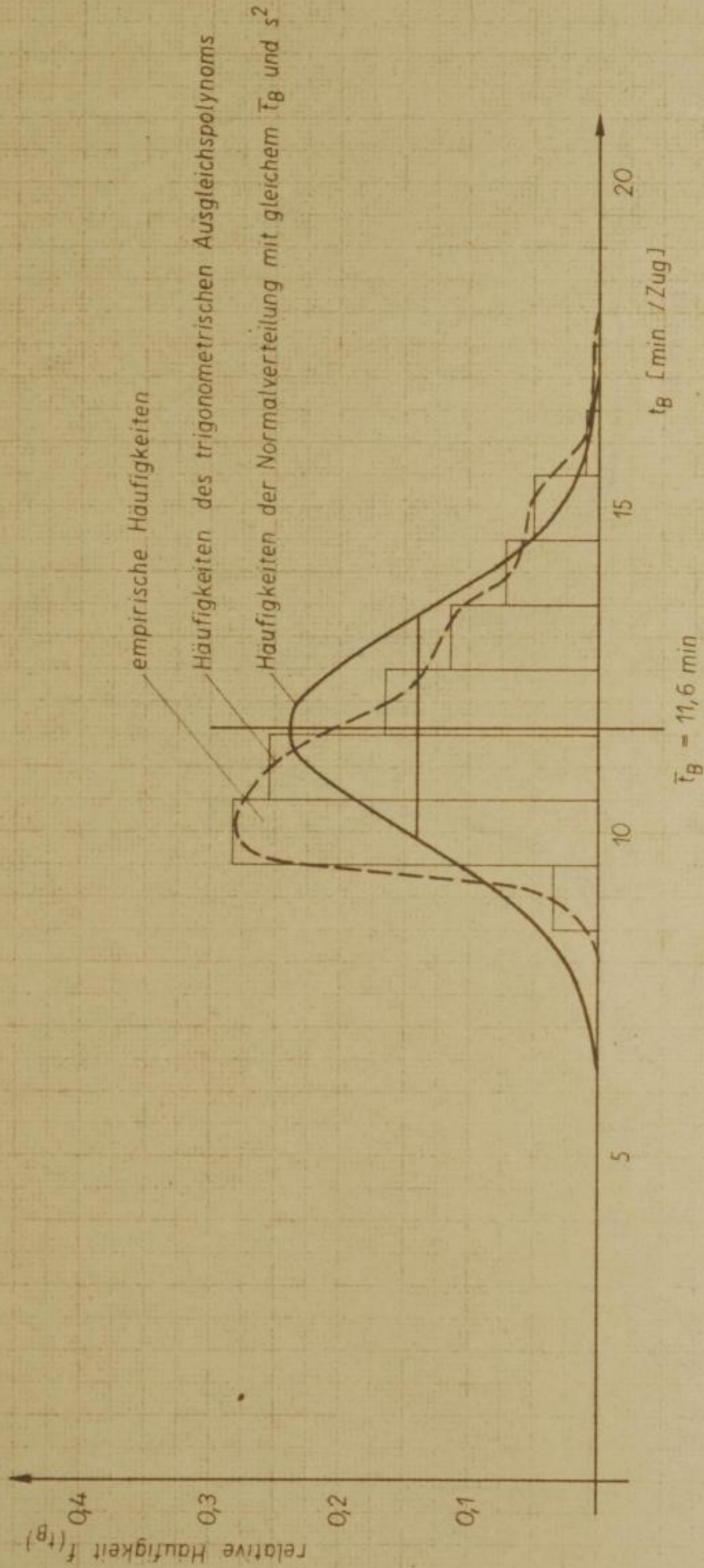


Abb. 2

Relative Häufigkeit der Baggerzeiten - Sch Rs 1200

Geräteart : Sch Rs 1200 (133)

Wagenart : 40 m³ - Wagen

Q_e = 1930 m³/h

Boden : ausschließlich
rollig
(Sand u. Kies)

Einsatz : Tgb. Klettwitz

rapp. Inhalt : V_r = 32 m³

Q_e / n · V_r = 5,03 [1/h]

n · V_r = 384 m³ (12 Wagen)

t_B = 11,93 min/Zug

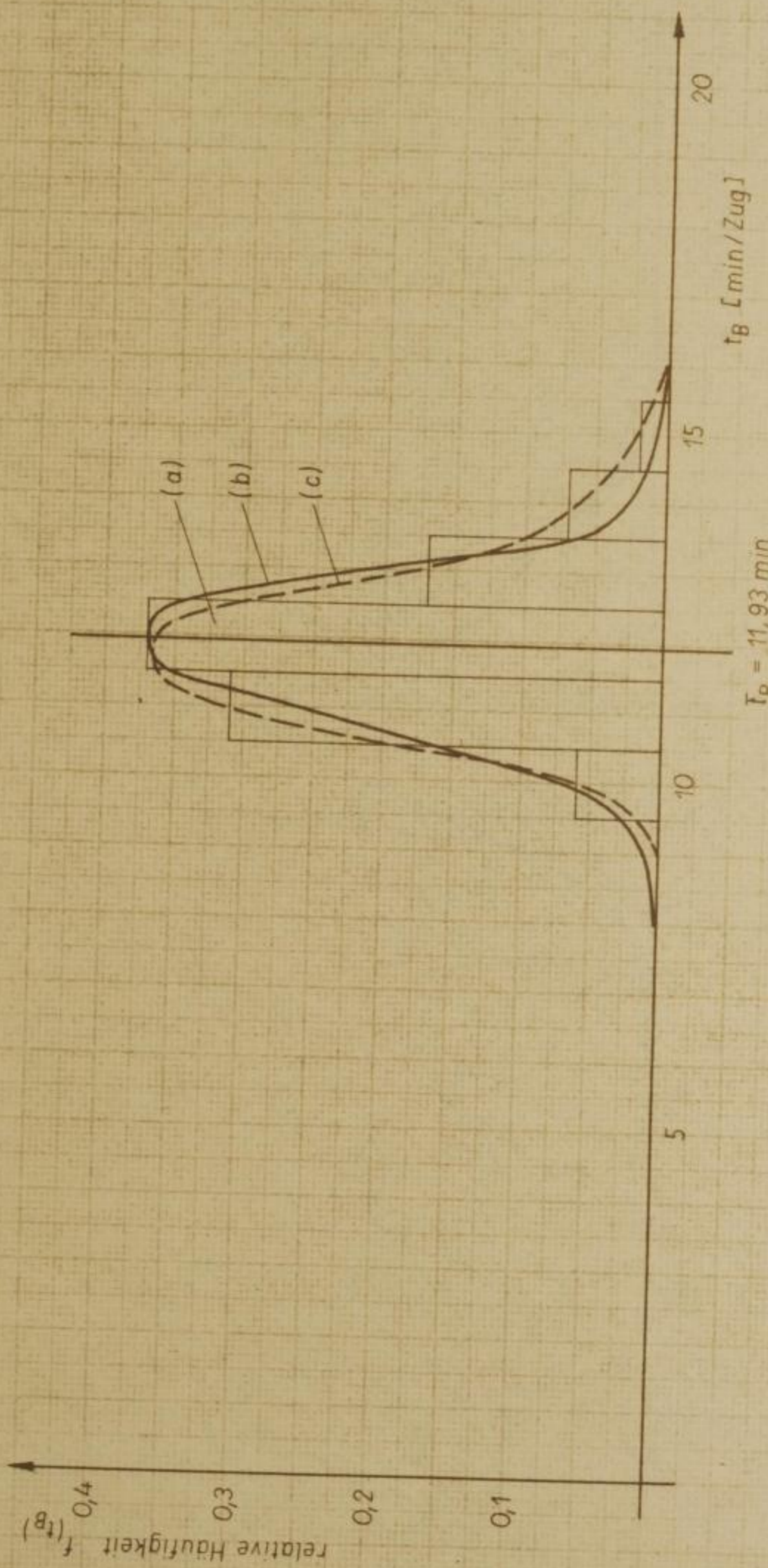
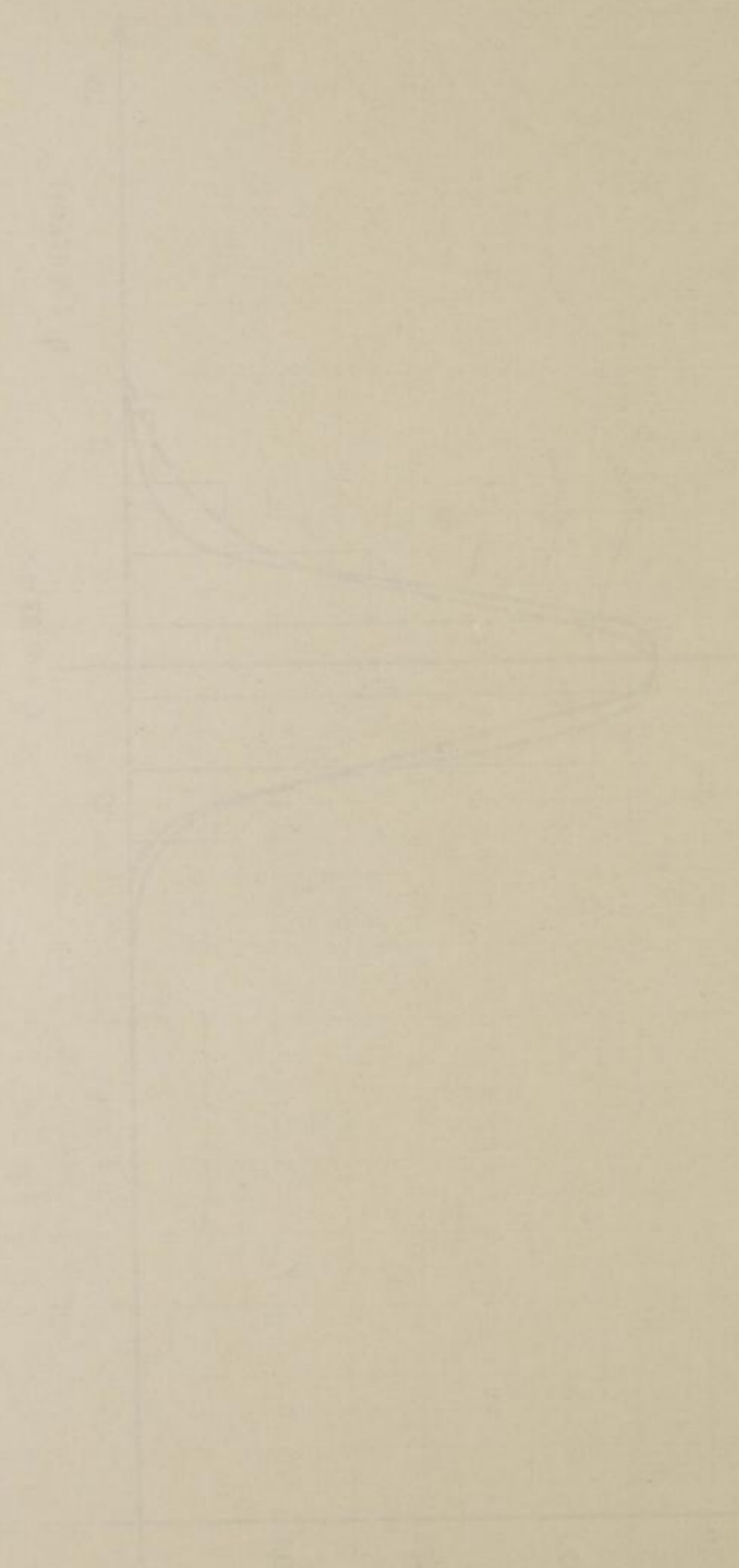


Abb. 3



Relative Häufigkeit der Baggerzeiten - Sch Rs 1200

Geräteart: Sch Rs 1200 (131)

Wagenart: 40 m³ - Wagen

Q_e = 1870 m³/h

Boden: ca. 30% Ton,
ca. 70% rollig

Einsatz: Tgb. Klettwitz

rapp. Inhalt: V_r = 29 m³

Q_e / n · V_r = 5,37 [1/h]

n · V_r = 348 m (12 Wagen)

$\bar{t}_B = 11,106 \text{ min / Zug}$

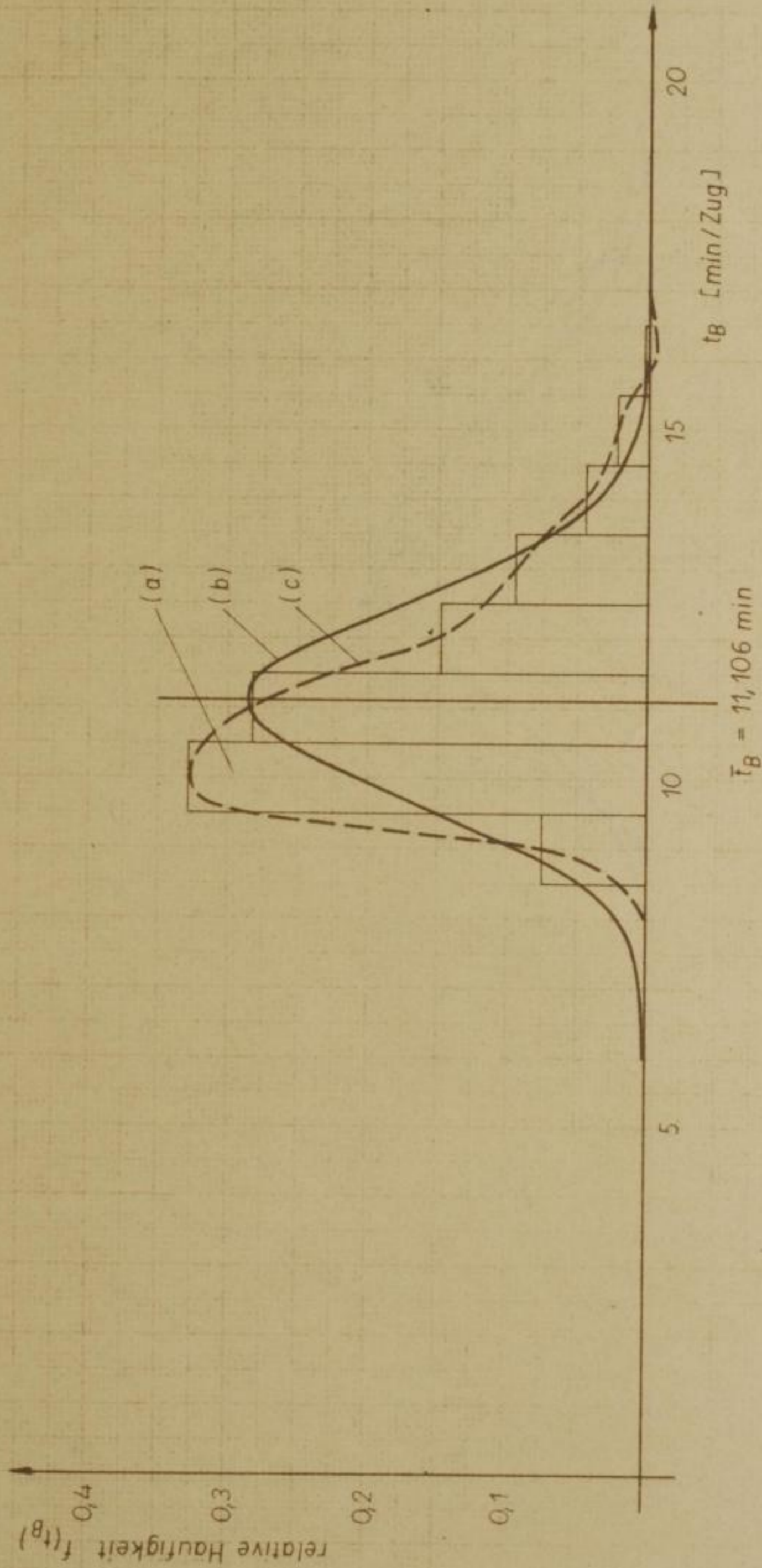


Abb. 4

Relative Häufigkeit der Baggerzeiten - Sch Rs 1200

Geräteart: Sch Rs 1200 (1452)

Wagenart: 25 m³ - Wagen

$Q_e = 1080 \text{ m}^3/\text{h}$

Boden: überwiegend
bindig, ca
80 % bindiger
Anteil

Einsatz: Tgb. Phonix - Nord

rapp. Inhalt: $V_r = 17 \text{ m}^3$

$Q_e / n \cdot V_r = 4,54 \text{ [1/h]}$

$n \cdot V_r = 238 \text{ m}^3 \text{ (14 Wagen)}$

$\bar{t}_B = 13,262 \text{ min / Zug}$

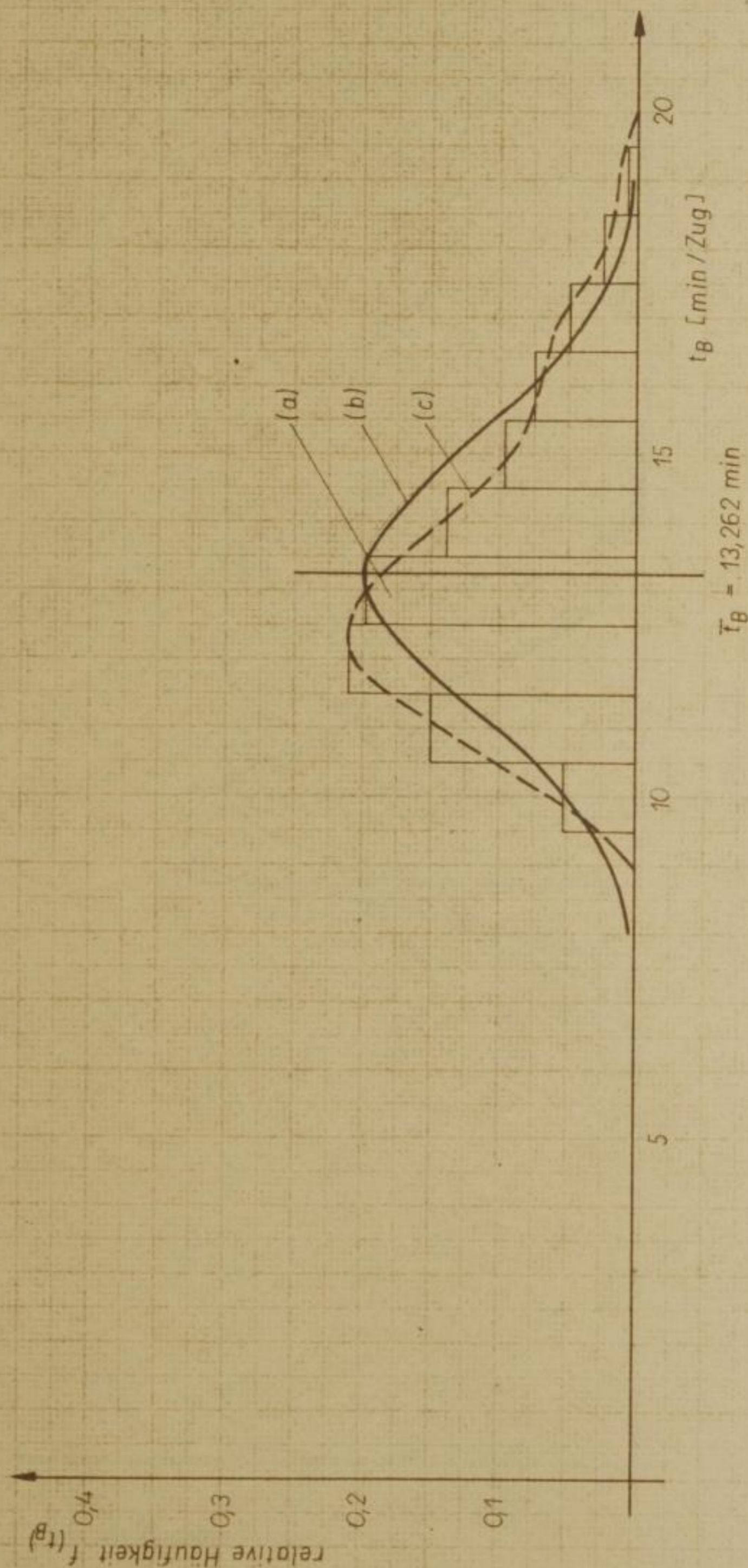


Abb. 5

Relative Häufigkeit der Baggerzeiten - D 1120

Geräteart: D 1120

Wagenart: 25 m³ - Wagen

$Q_e = 1930 \text{ m}^3/\text{h}$

Boden: leicht, vorwiegend Feinsand

Einsatz: Tgb. Koschen

rapp. Inhalt: $V_r = 21 \text{ m}^3$

$Q_e / n \cdot V_r = 6,13 \text{ [1/h]}$

$n \cdot V_r = 315 \text{ m}^3$ (15 Wagen)

$\bar{t}_B = 9,798 \text{ min/Zug}$

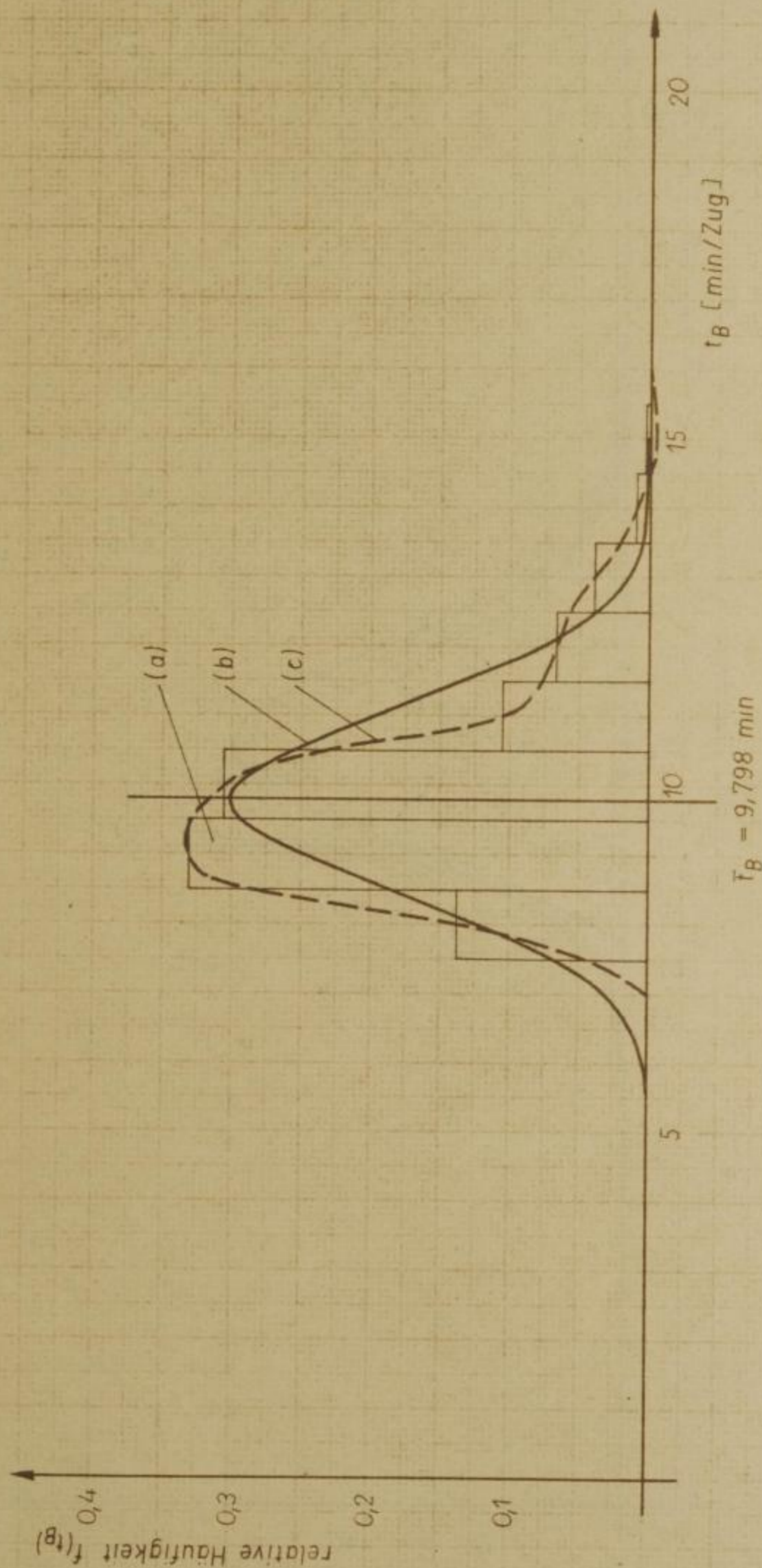
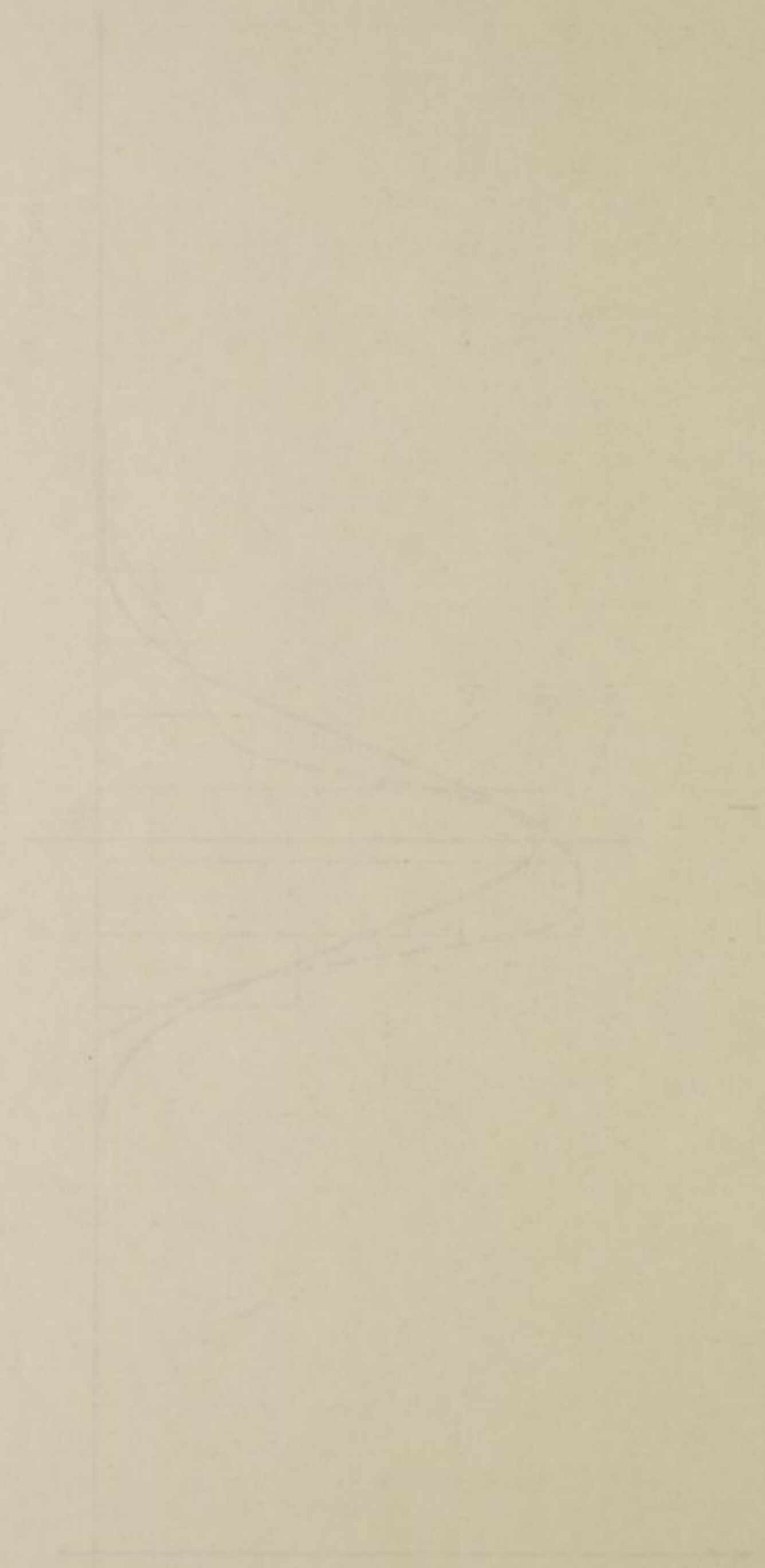


Abb. 6



Relative Häufigkeit der Baggerzeiten - 1850

Relative Häufigkeit der Baggerzeiten - D 1120

Relative Häufigkeit der Baggerzeiten - D 1120

Geräteart: D 1120

Einsatz: Tgb Schleenhain

Wagenart: 25 m³ - Wagen

rapp. Inhalt: V_r = 19 m³

n · V_r = 323 m³ (17 Wagen)

Q_e = 1760 m³/h

Q_e/n · V_r = 5,45 [1/h]

$\bar{t}_B = 10,993$ min/Zug

Boden: mittelschwer,
ca. die Hälfte
bindiges Material

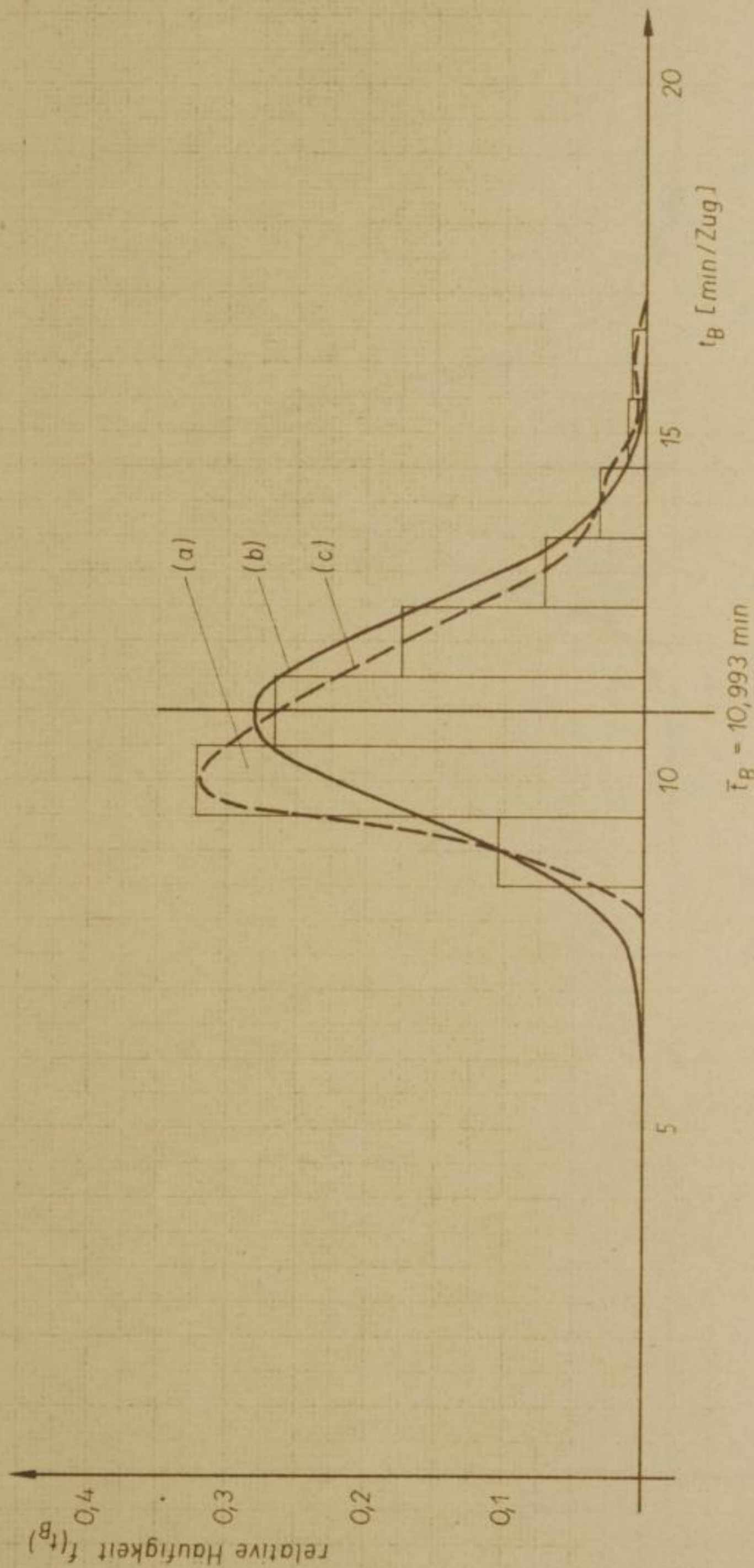
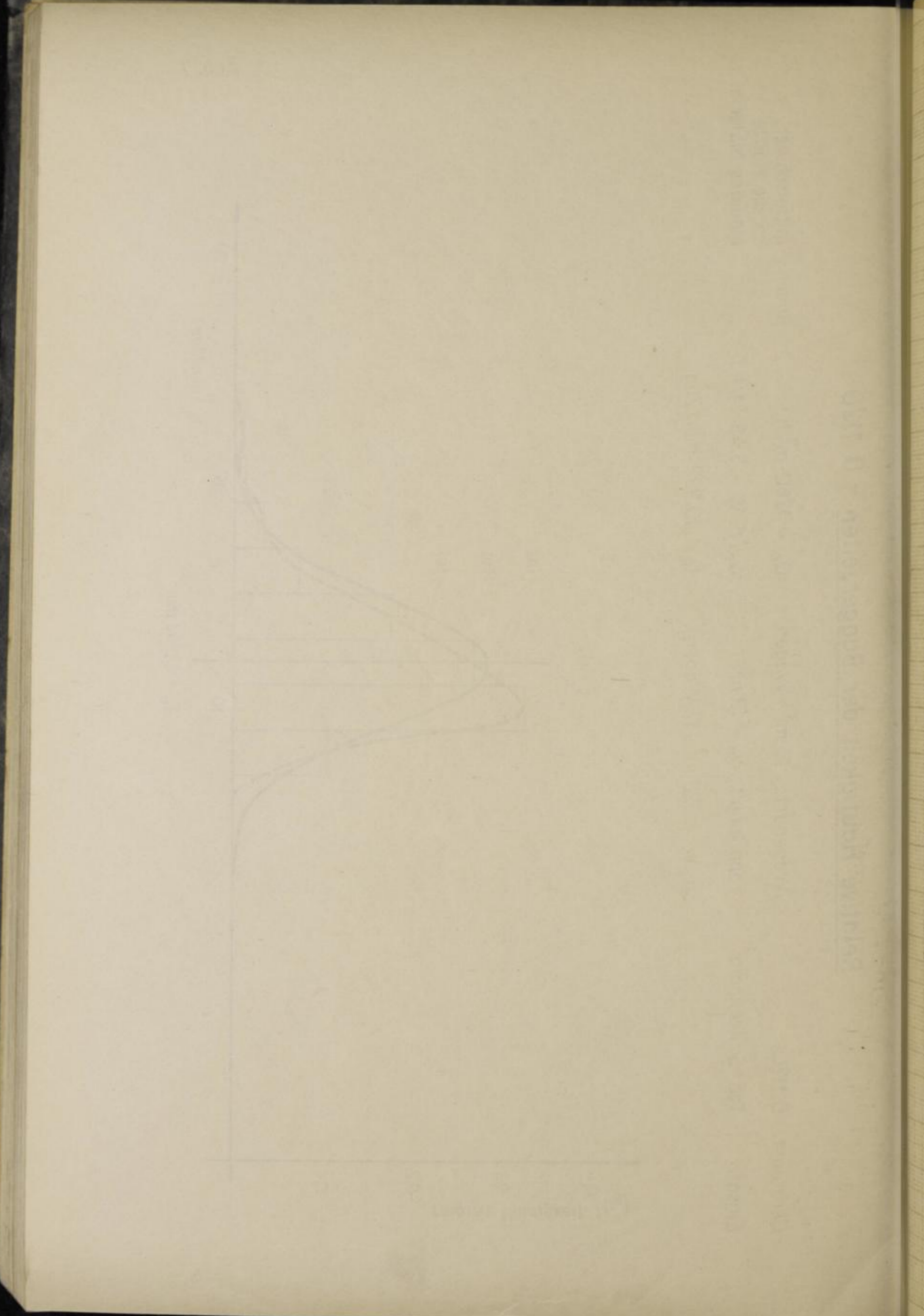


Abb. 7



Relative Häufigkeit der Baggerzeiten - D 850

Relative Häufigkeit der Baggerzeiten - D 850

Geräteart: D 850

Einsatz: Tgb. Witznitz

Wagenart: 25 m³ - Wagen

rapp. Inhalt: V_r = 20,5 m³

n · V_r = 328 m³ (16 Wagen)

Q_e = 1363 m³/h

Q_e/n · V_r = 4,15 [1/h]

$\bar{t}_B = 14,44$ min/Zug

Boden: Fein - Mittelsand,
über die ganze
Strosse genau
gleichbleibend

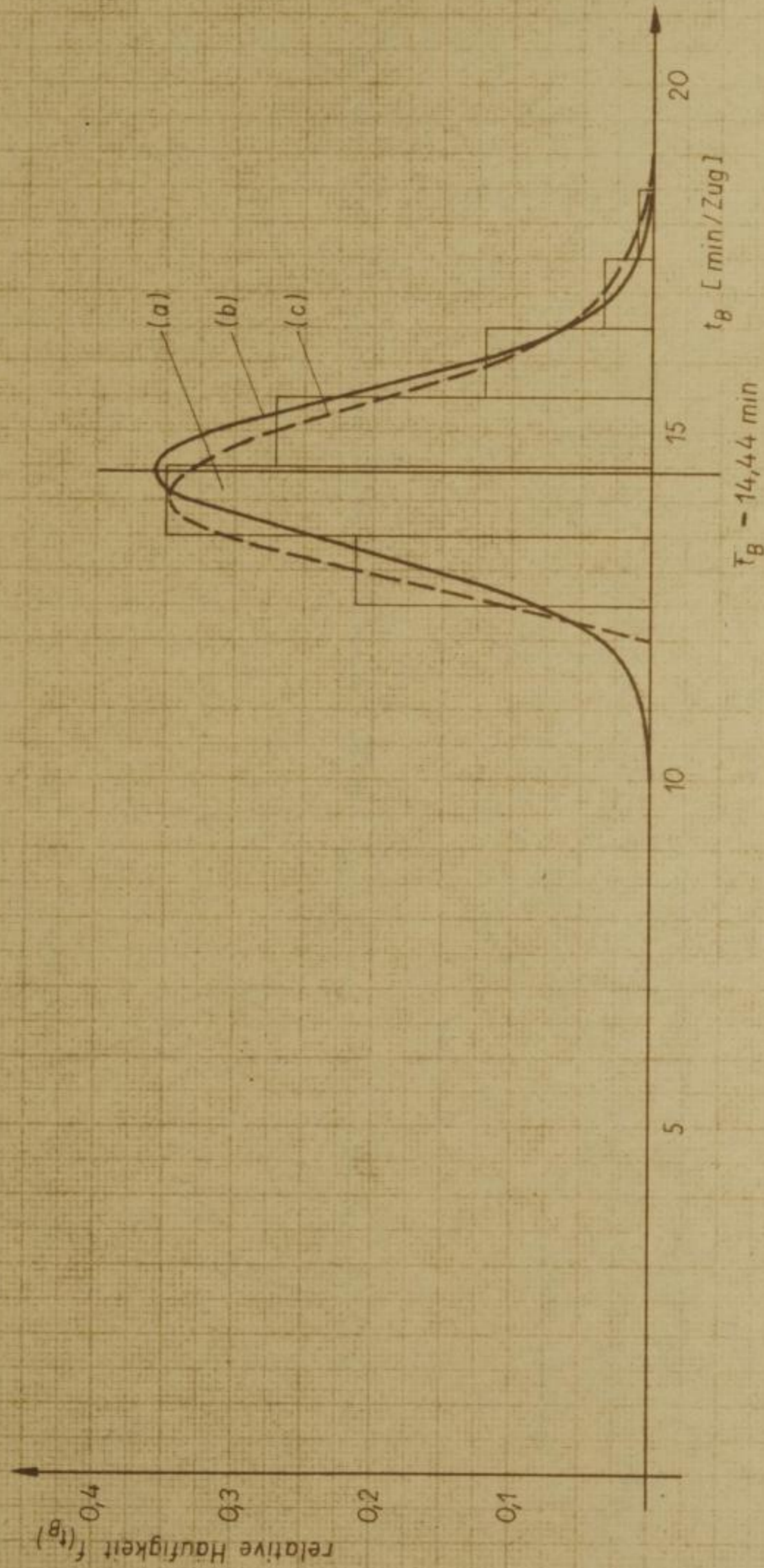
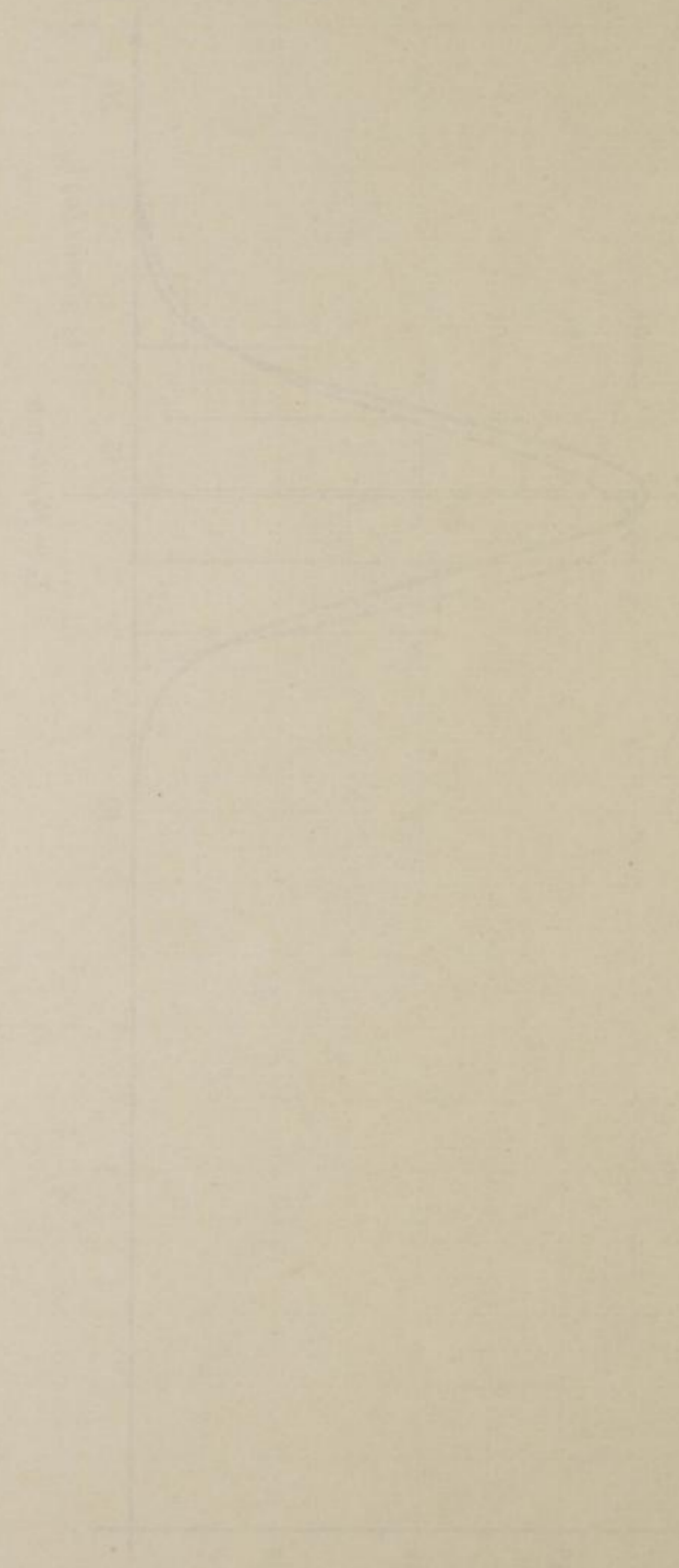
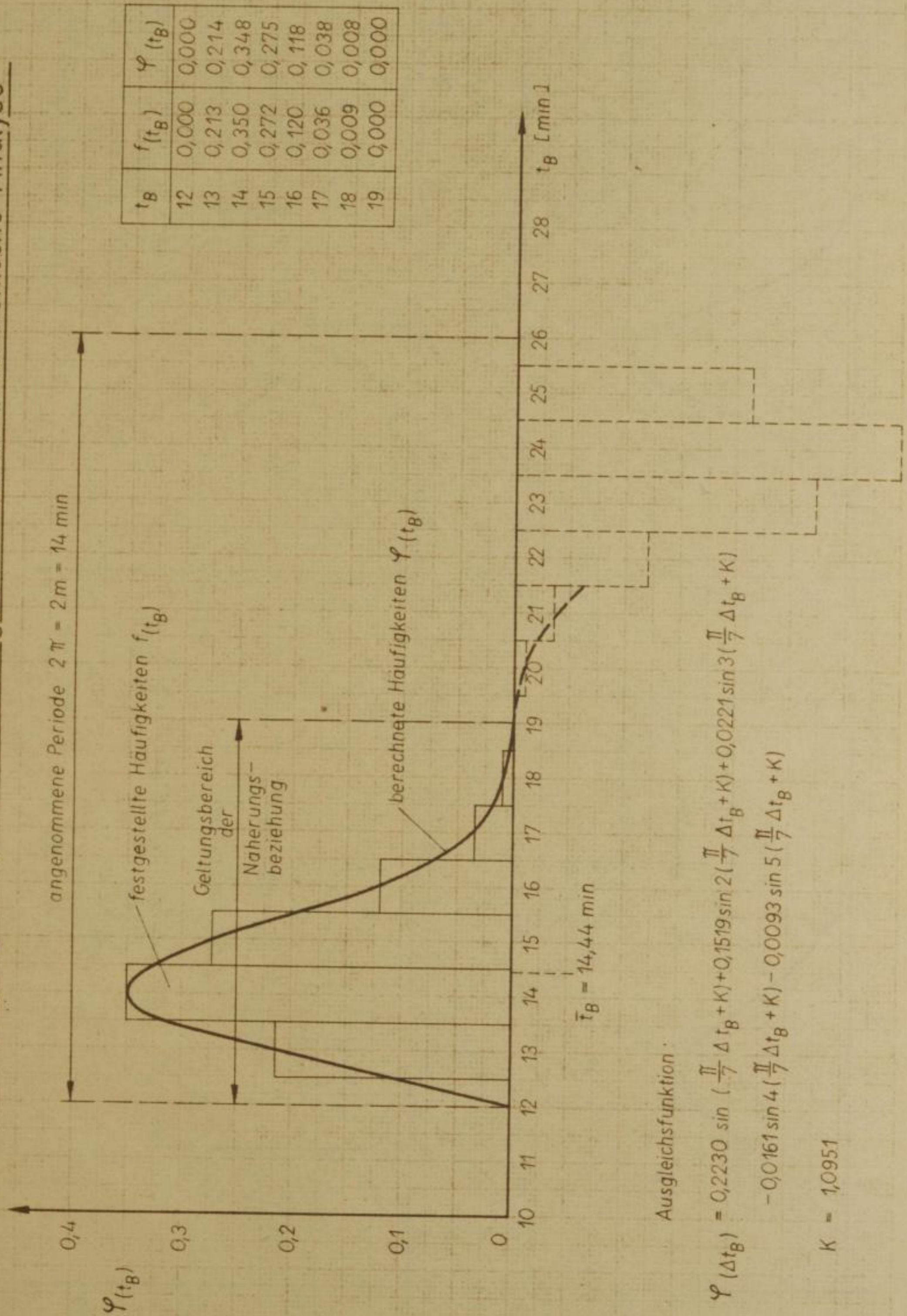


Abb. 8



Näherung der empirischen Häufigkeiten durch „Harmonische Analyse“

Näherung der empirischen Häufigkeiten durch „Harmonische Analyse“

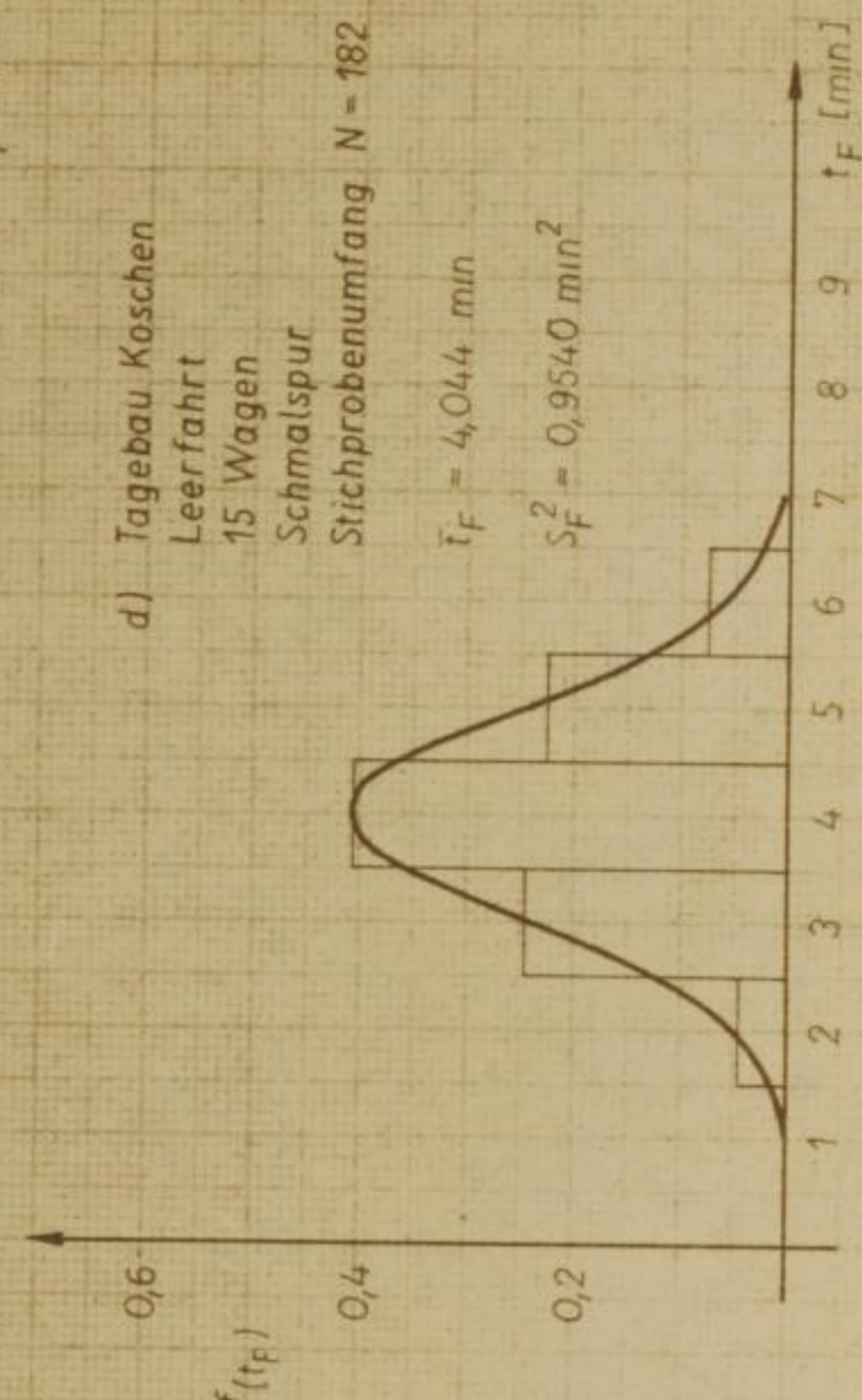
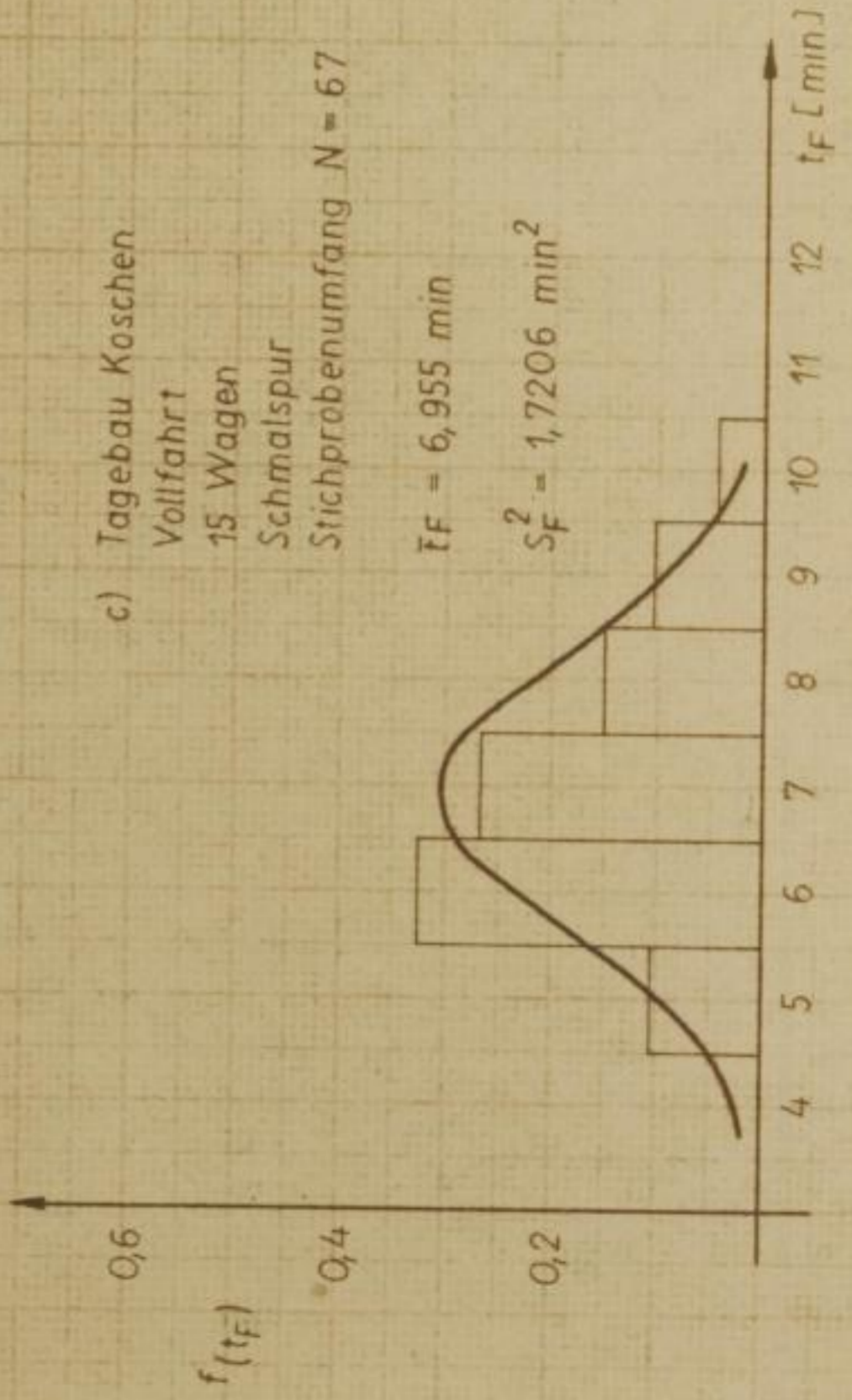
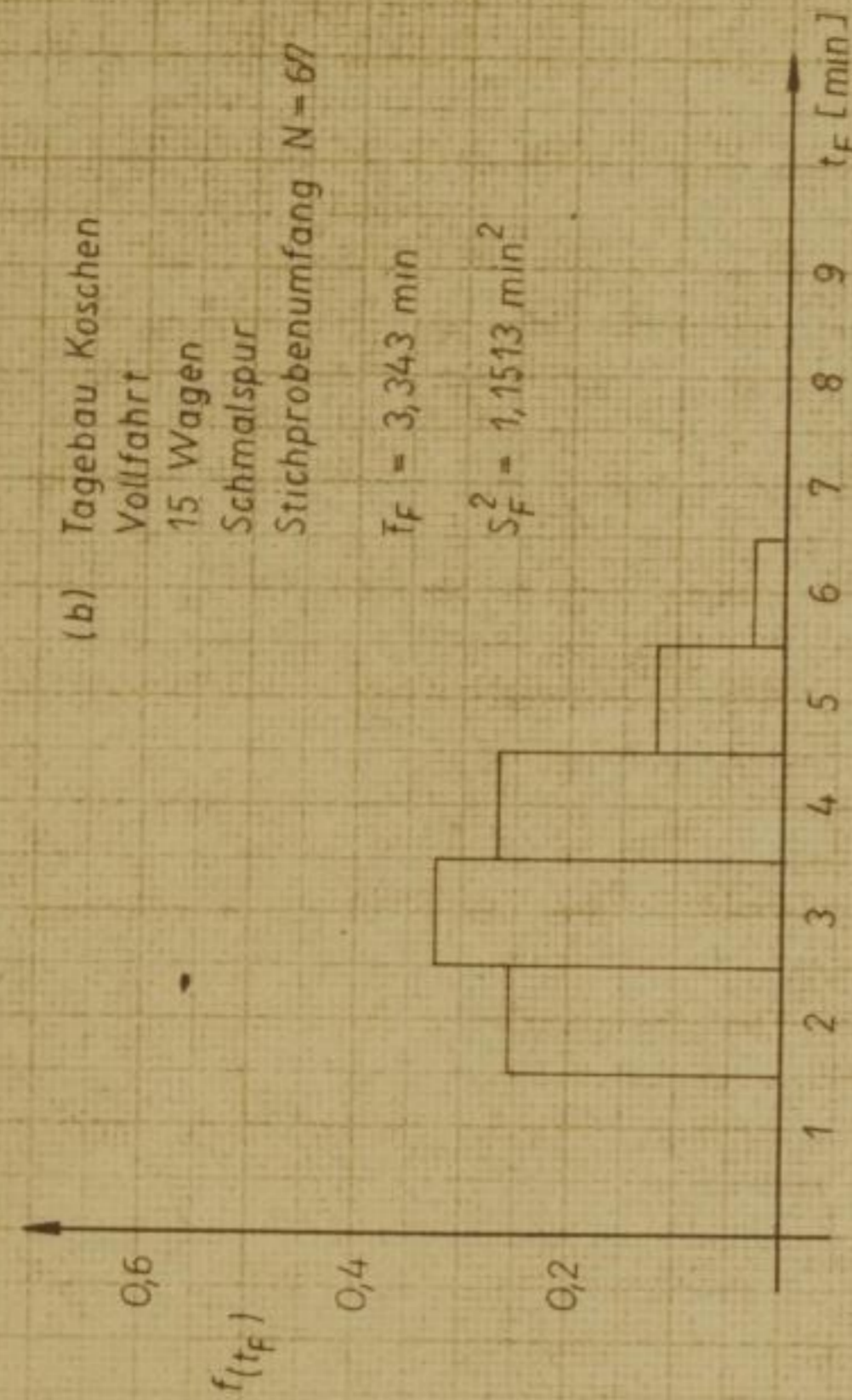


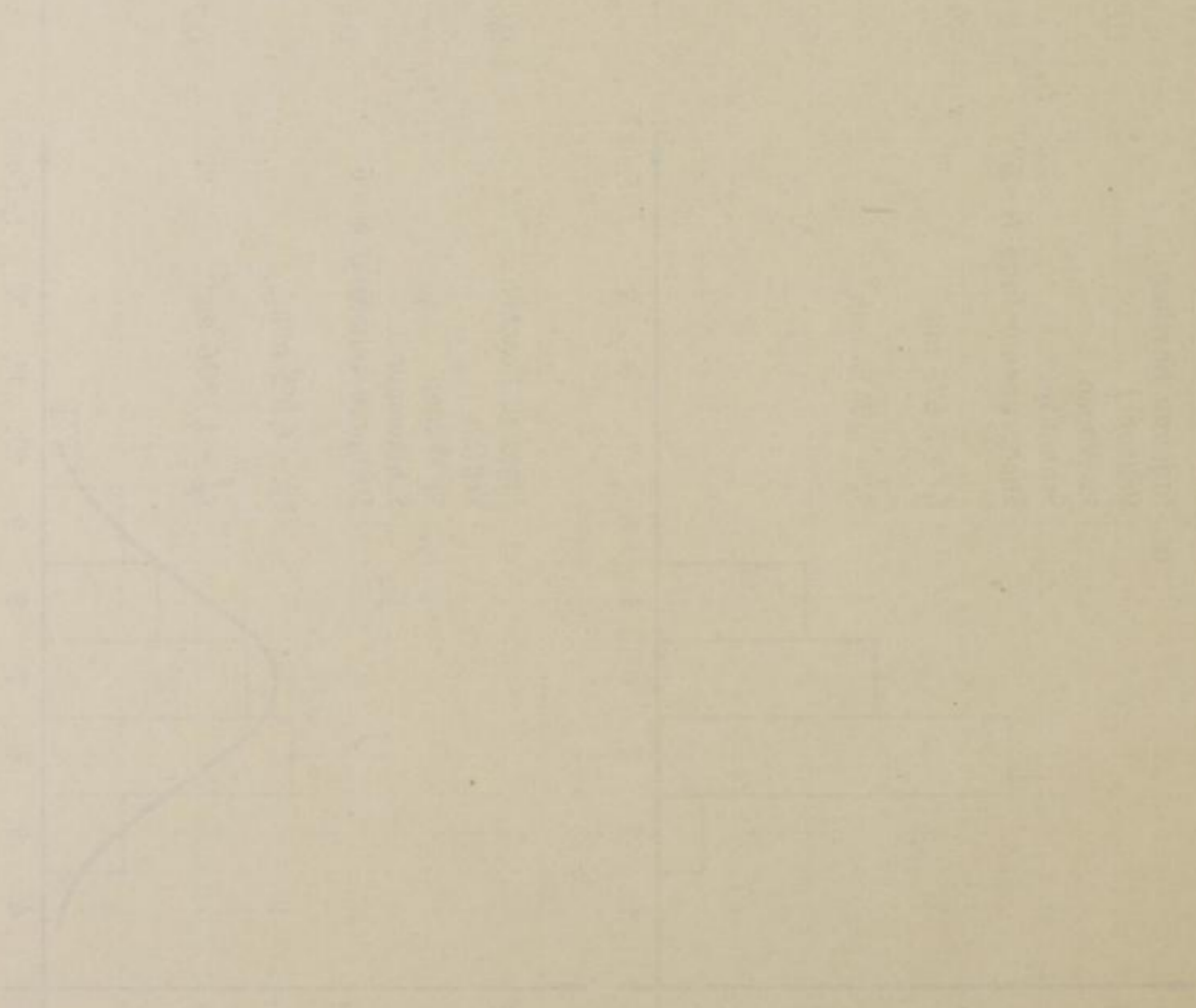
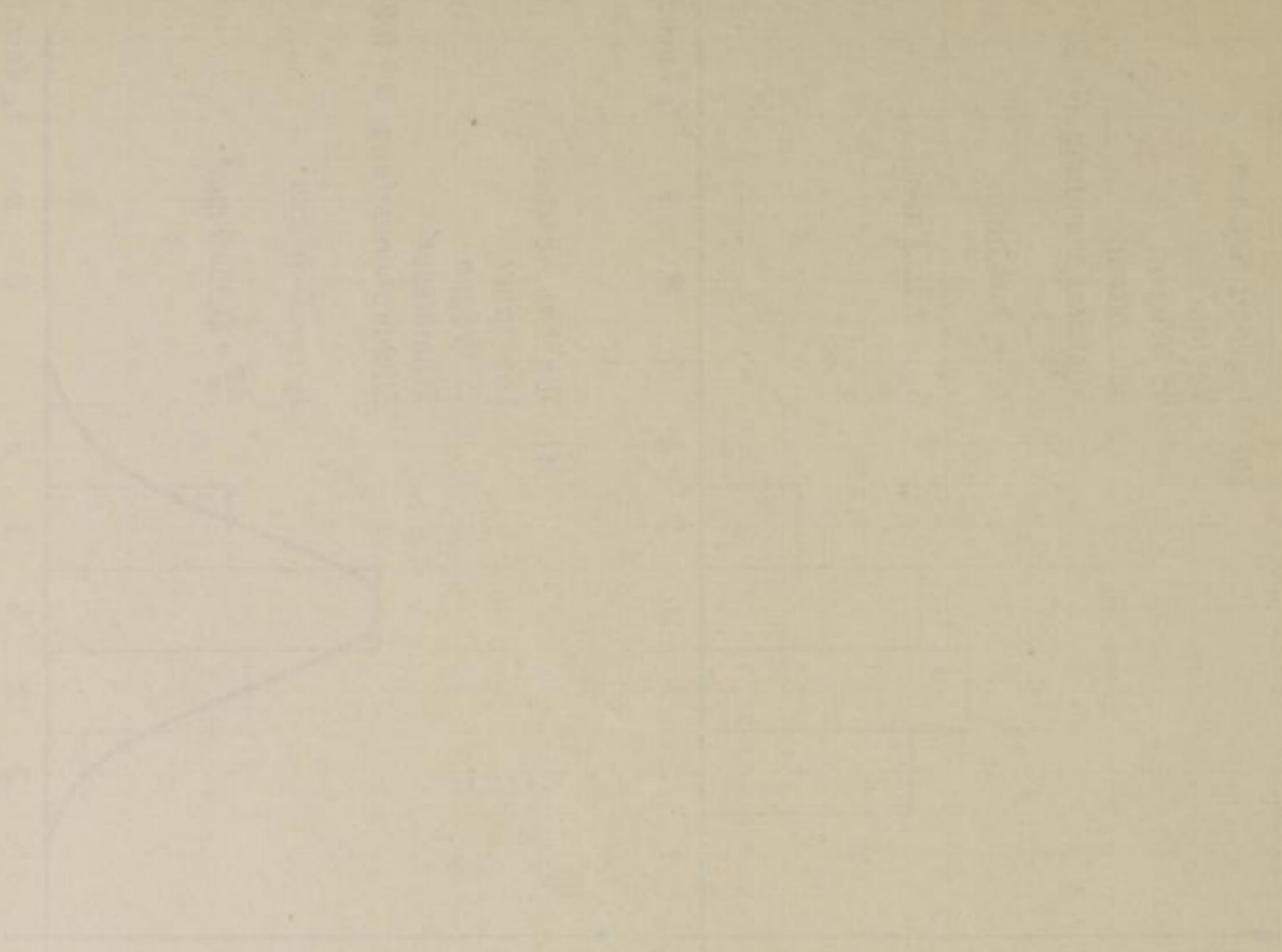
Ausgleichsfunktion:

$$\Psi(\Delta t_B) = 0,2230 \sin\left(\frac{\pi}{7} \Delta t_B + K\right) + 0,1519 \sin\left(2\left(\frac{\pi}{7} \Delta t_B + K\right)\right) + 0,0221 \sin\left(3\left(\frac{\pi}{7} \Delta t_B + K\right)\right) - 0,0161 \sin\left(4\left(\frac{\pi}{7} \Delta t_B + K\right)\right) - 0,0093 \sin\left(5\left(\frac{\pi}{7} \Delta t_B + K\right)\right)$$

$K = 1,0951$

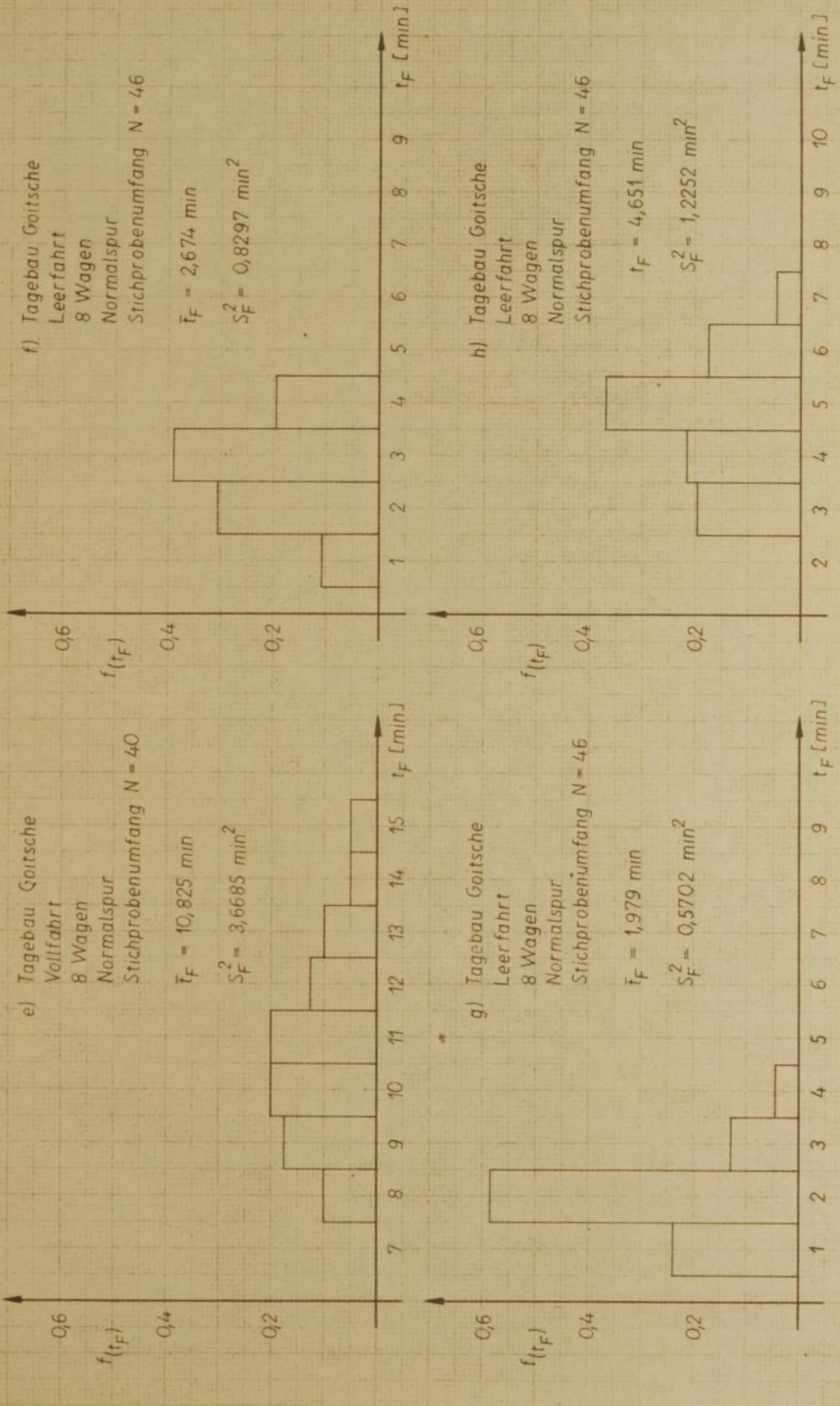
Verteilungen der Fahrzeiten



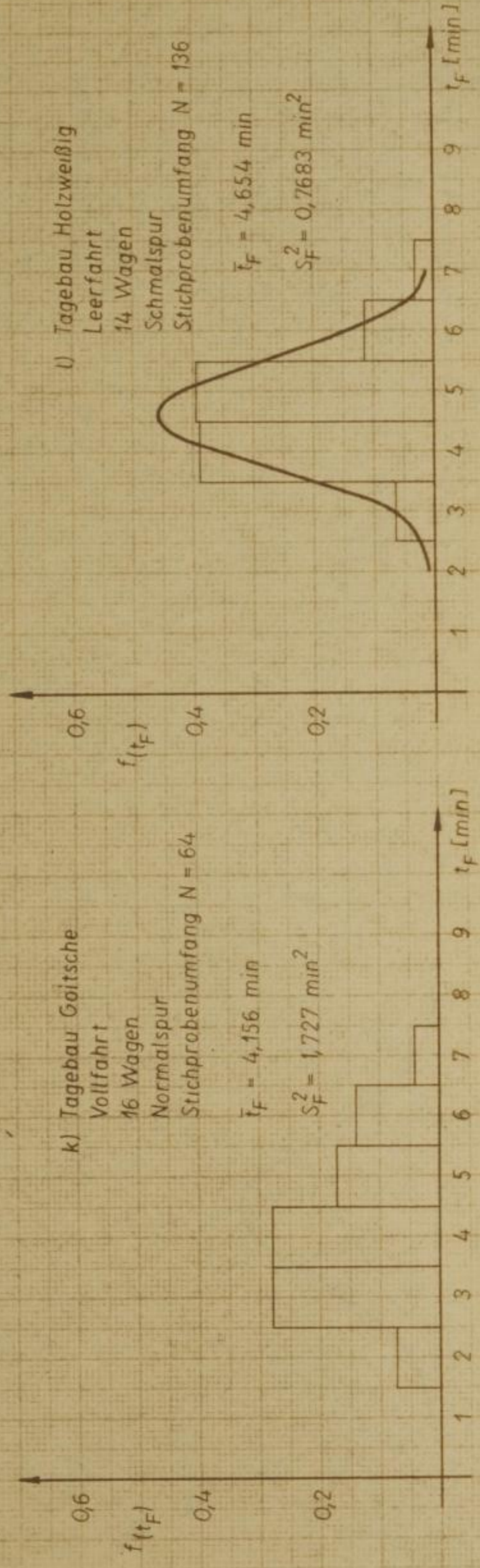
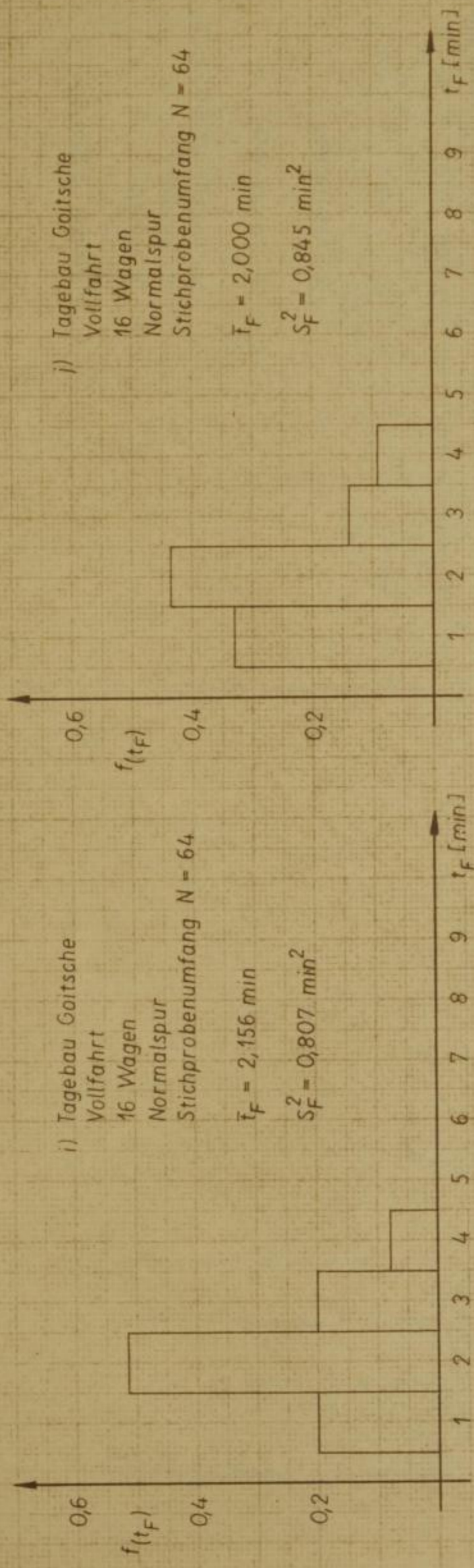


Verteilungen der Fahrzeiten

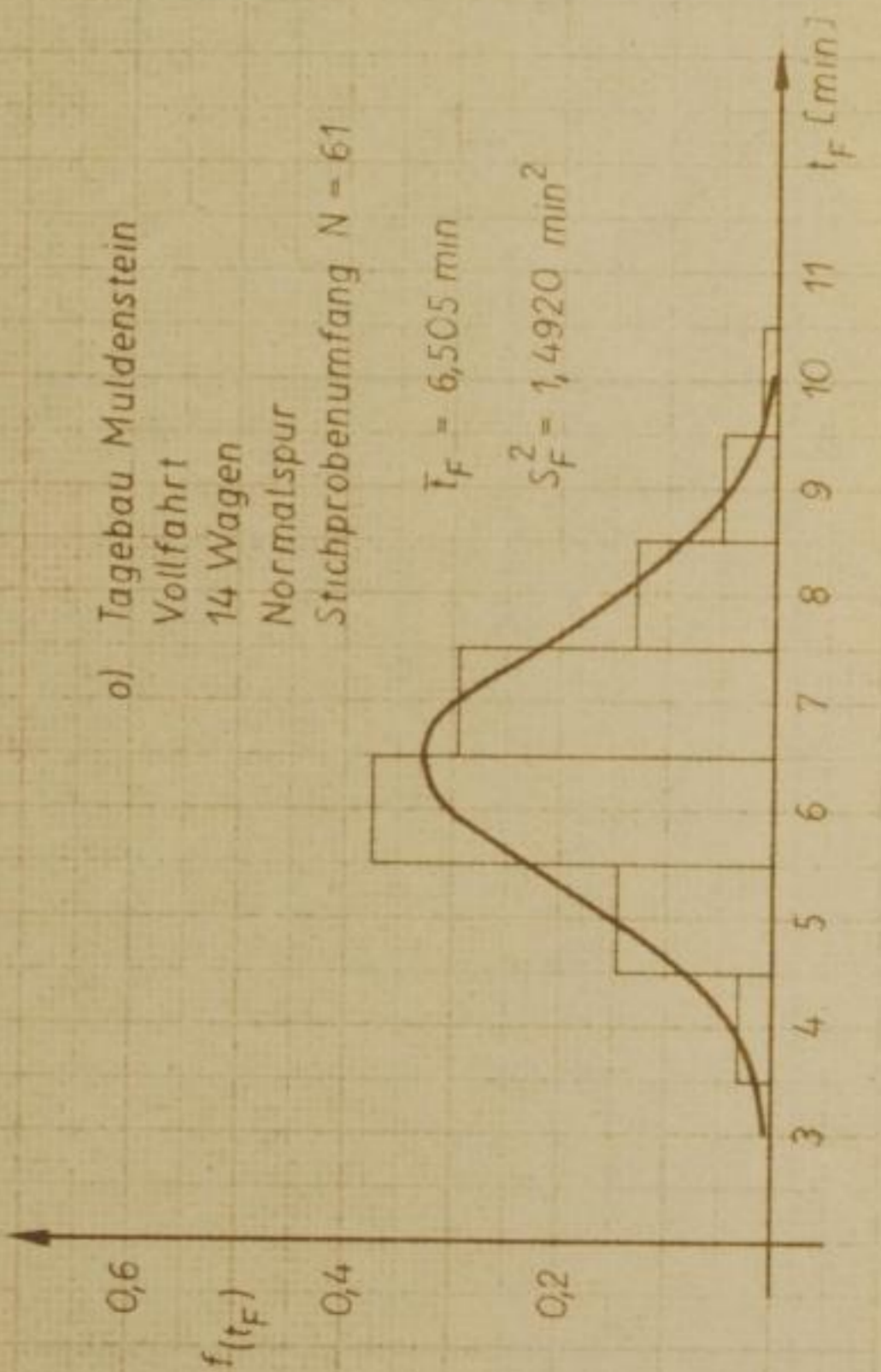
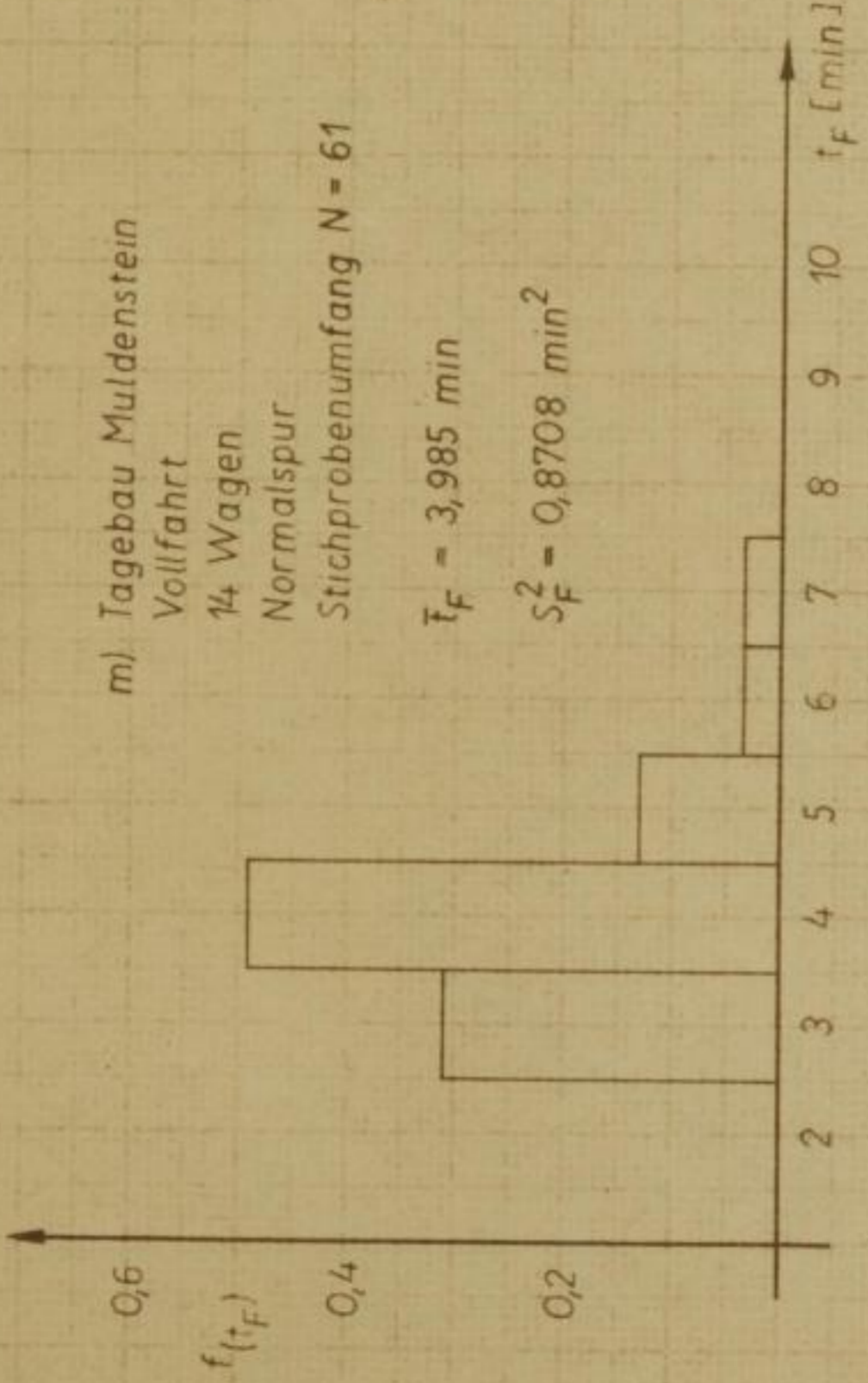
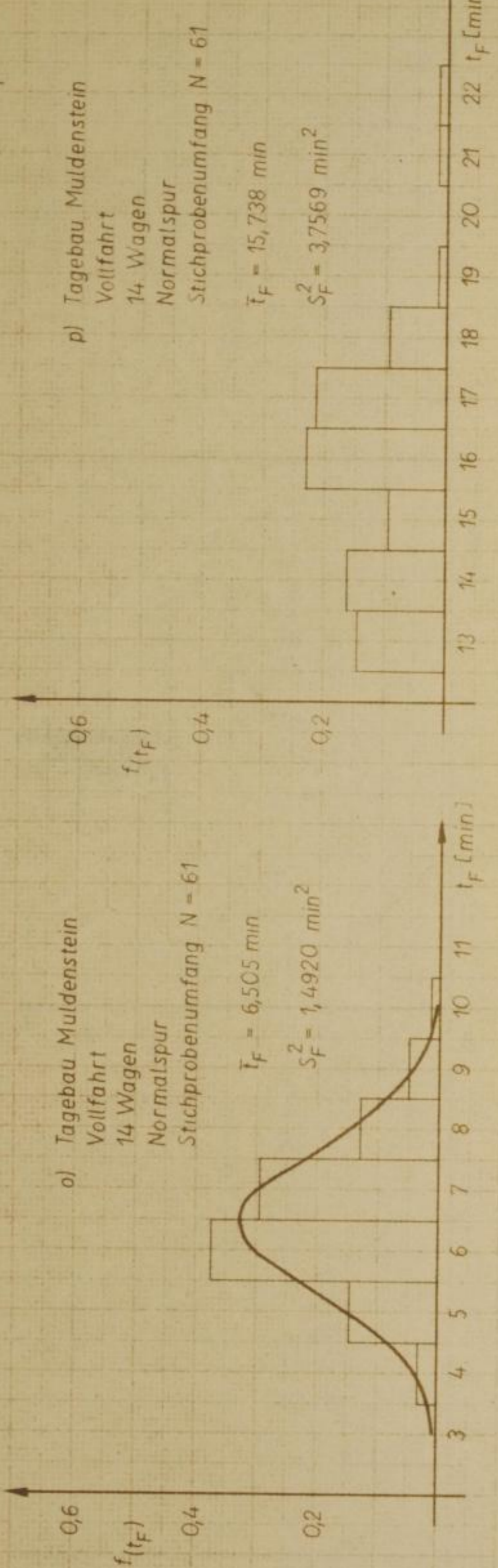
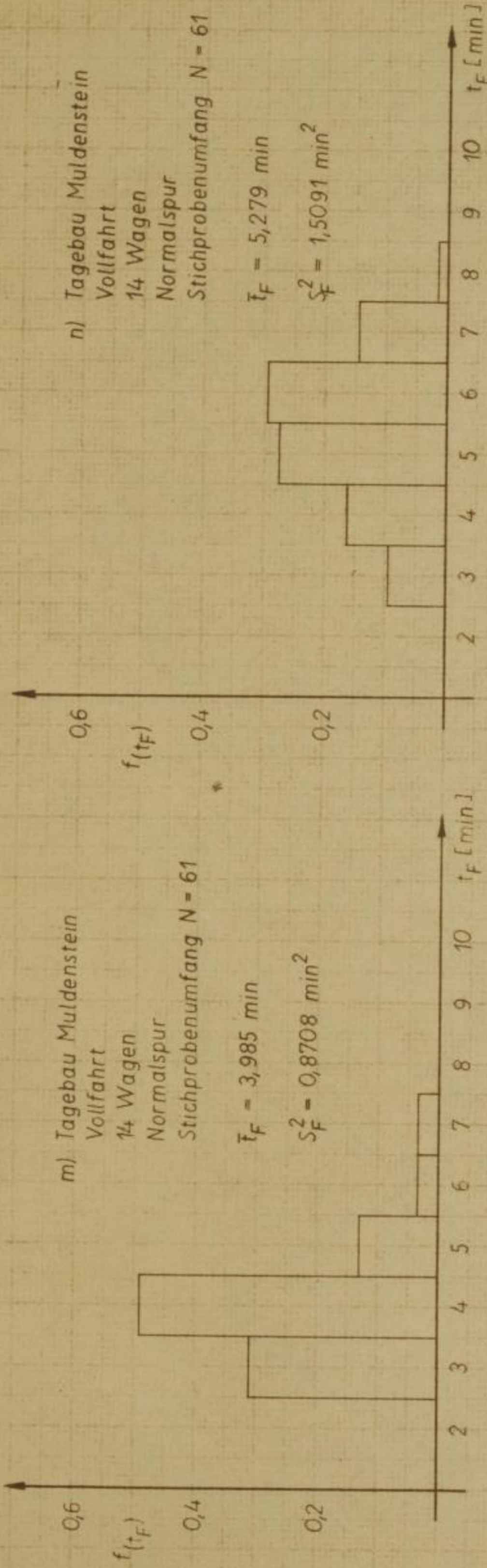
Verteilungen der Fahrzeiten



Verteilungen der Fahrzeiten



Verteilungen der Fahrzeiten



Bergakademie
- Bucherei -
Freiberg i. Sa.

Verteilungen der Fahrzeiten

Verteilungen der Fahrzeiten

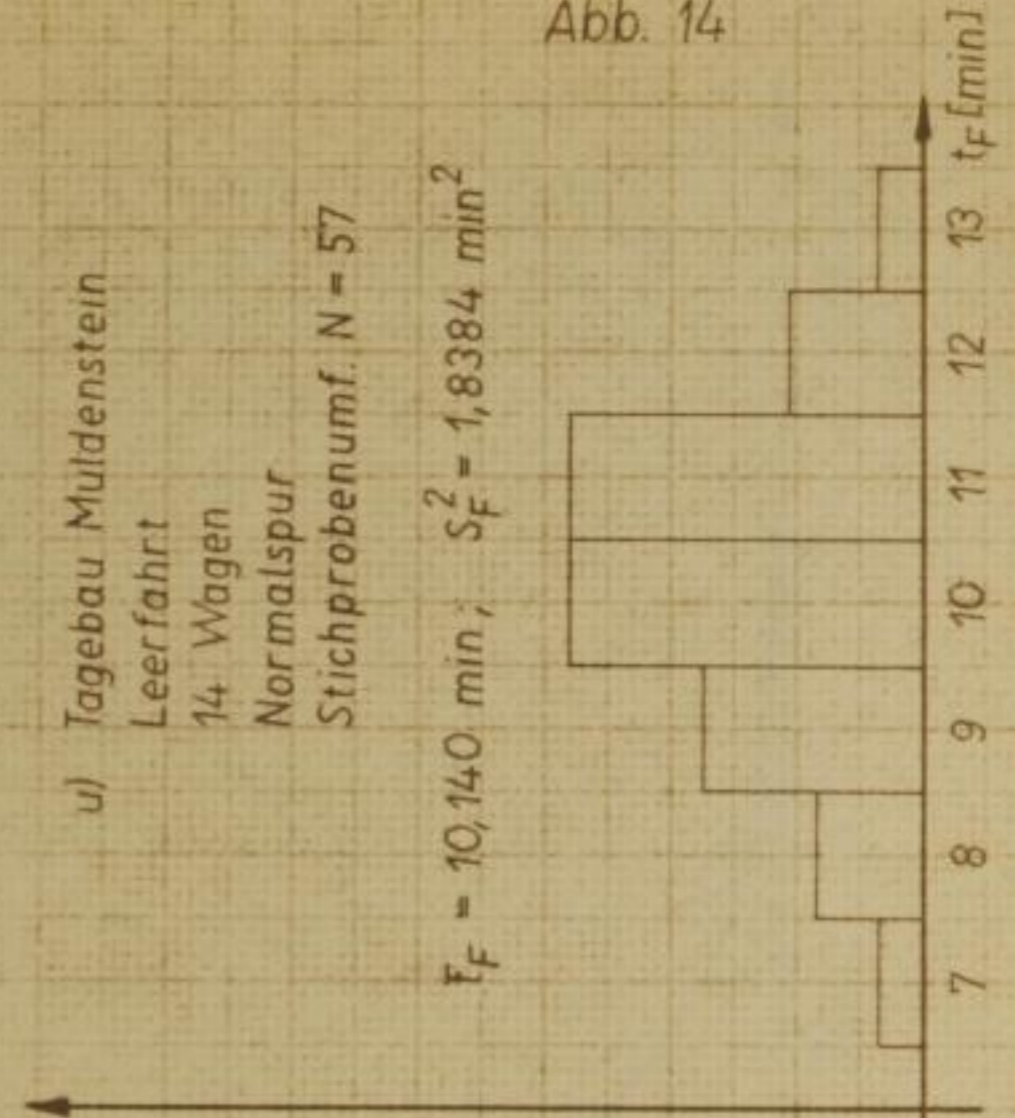
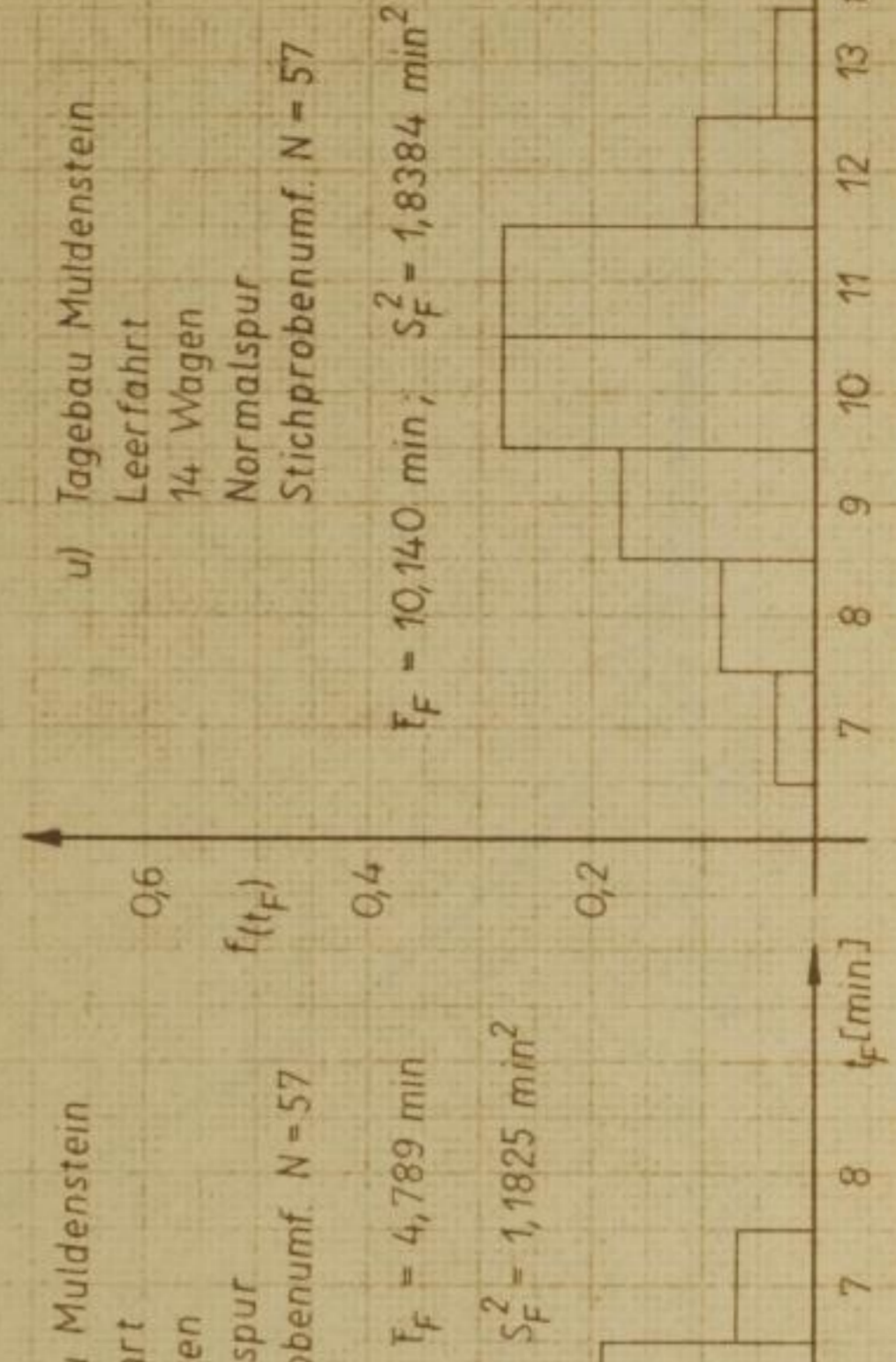
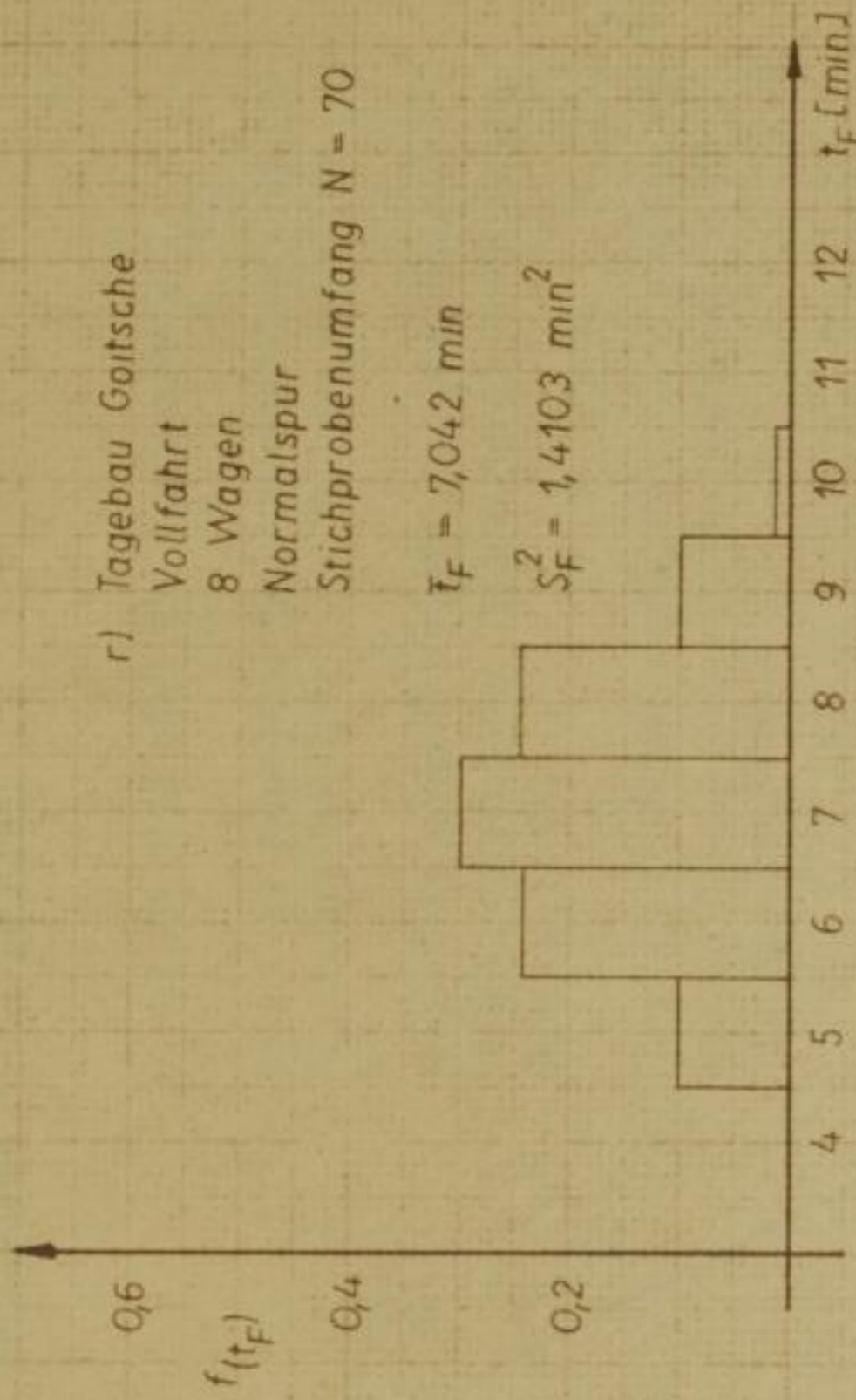
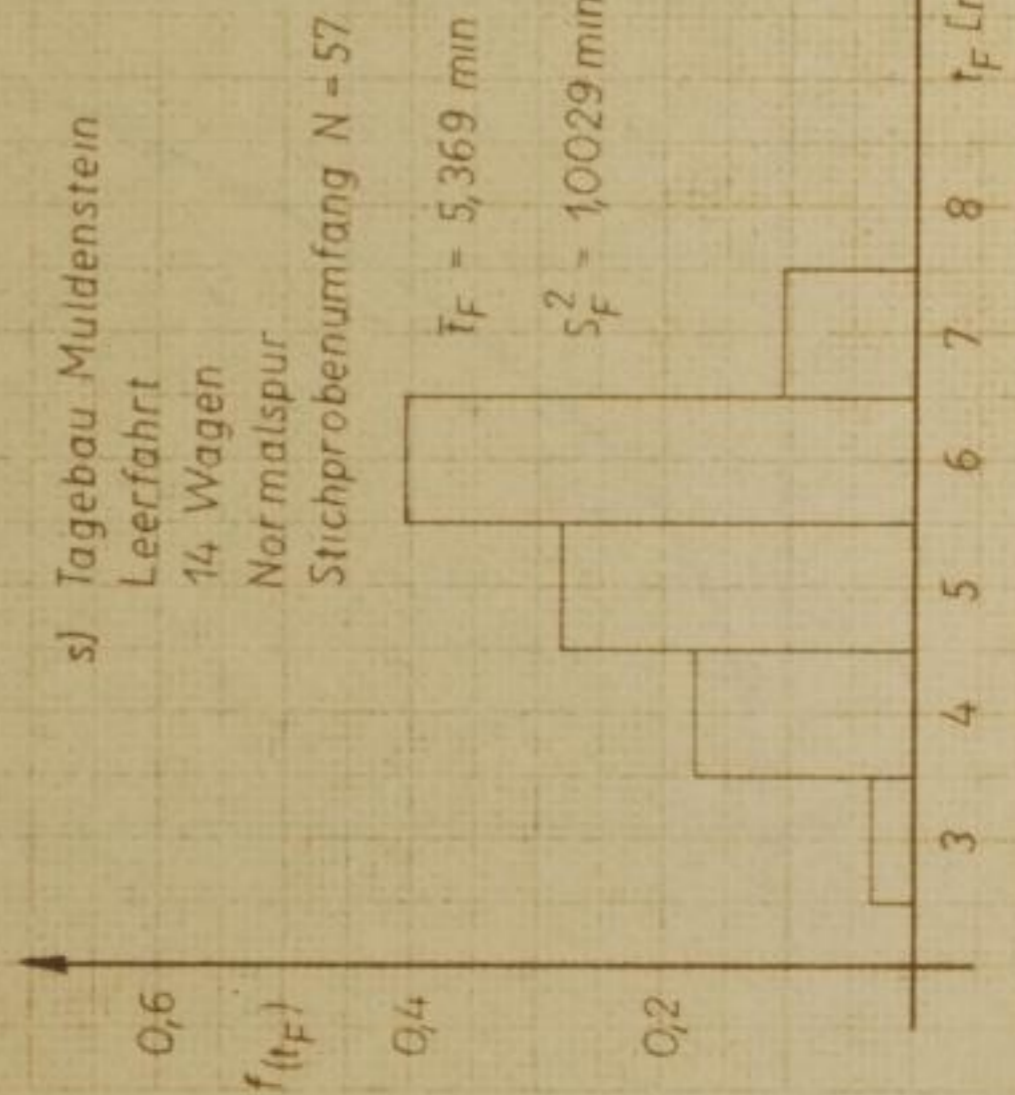
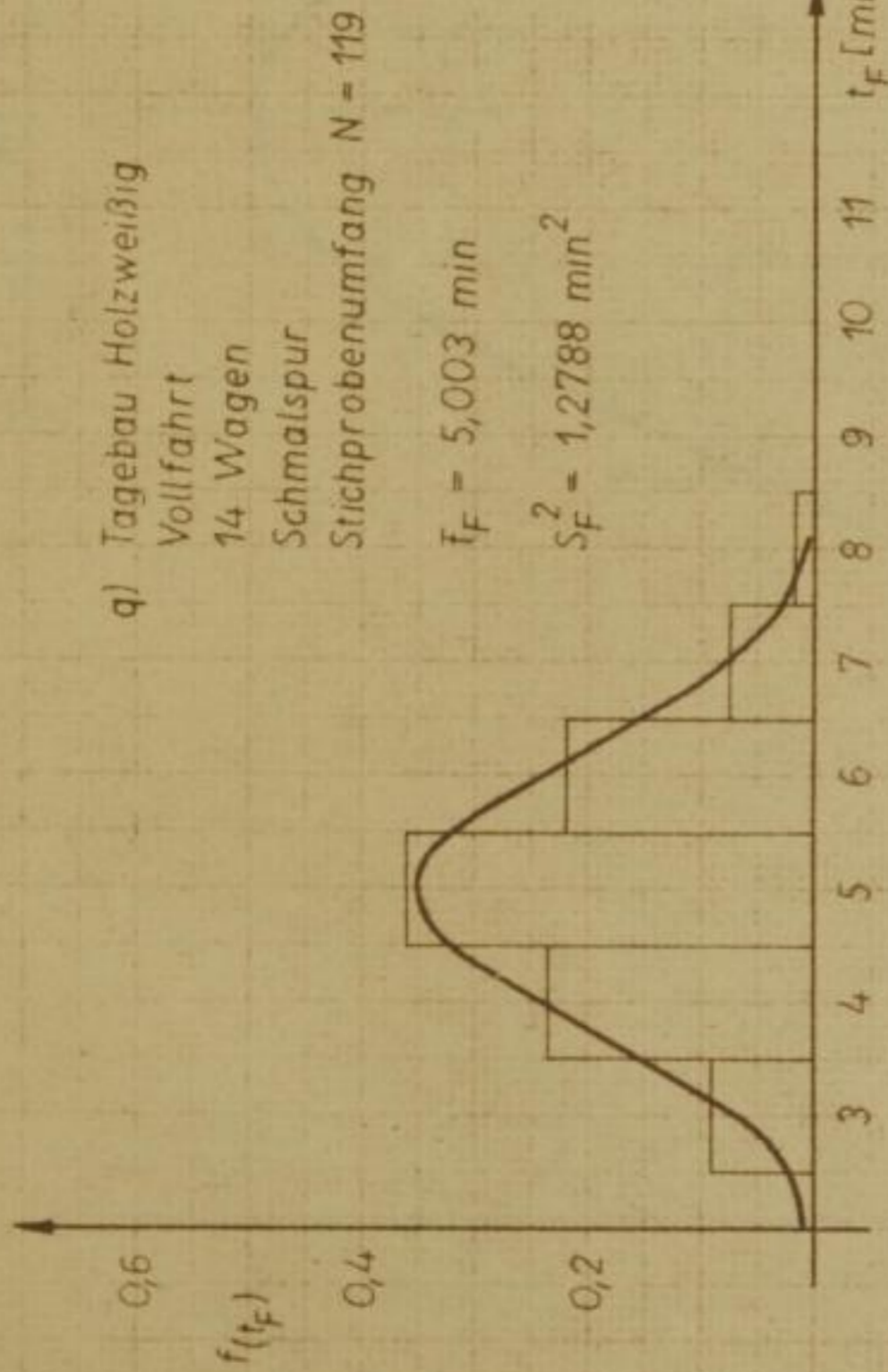
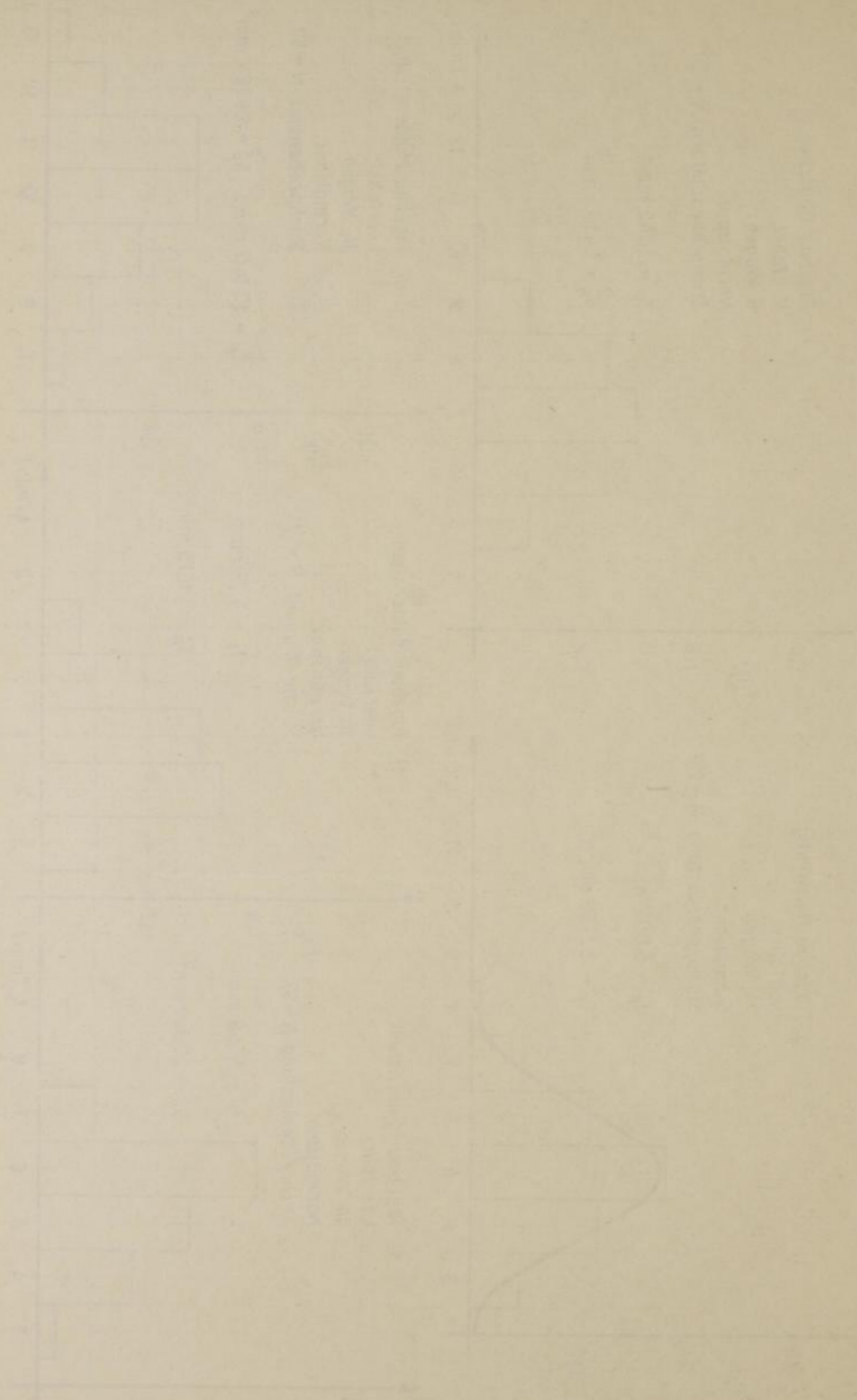


Abb. 14



Gegenüberstellung der errechneten und gemessenen Vollzugfolgezeiten

Gegenüberstellung der errechneten und gemessenen Vollzugfolgezeiten am Stellwerk 56 im Tagebau Koschen

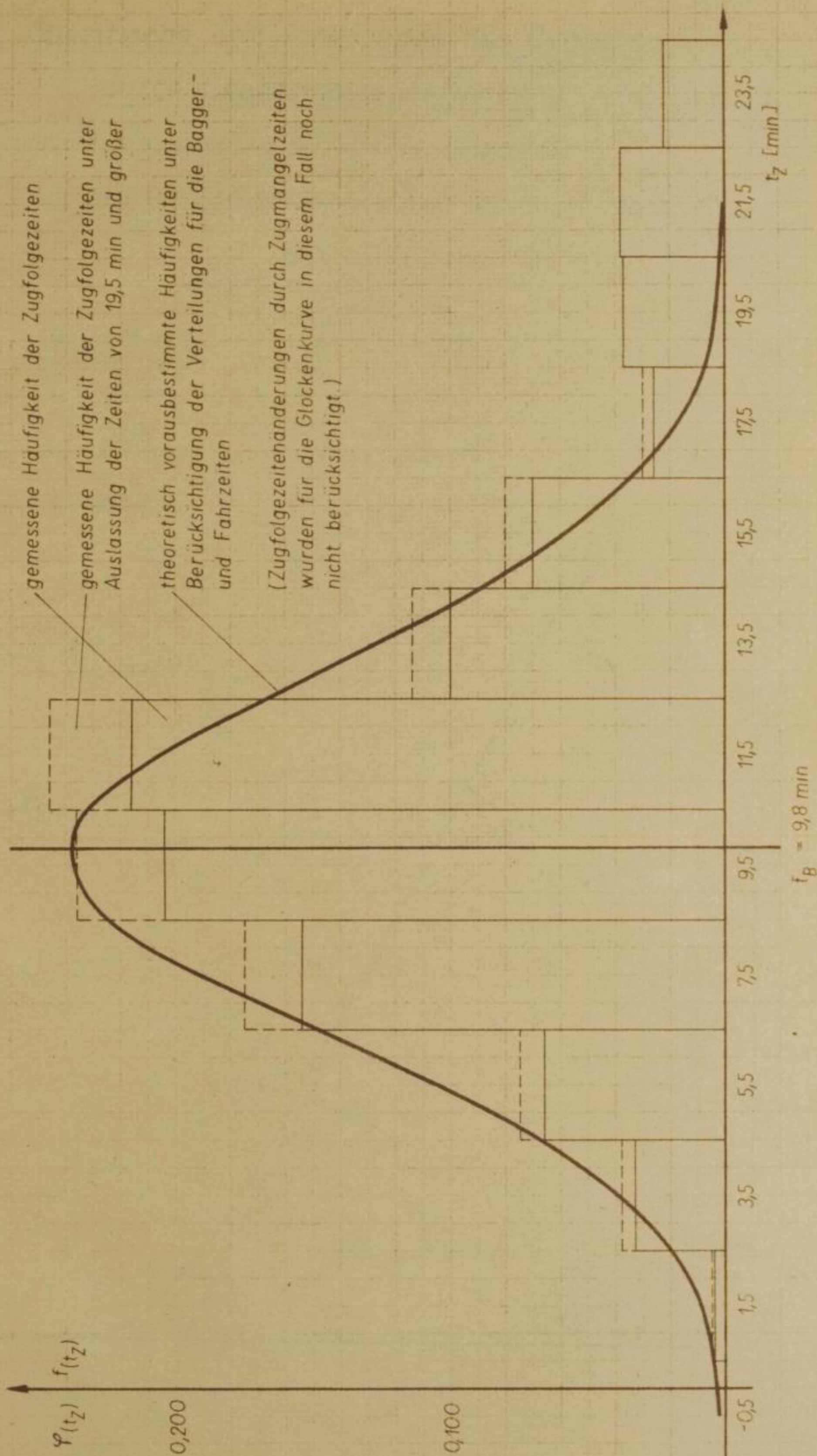


Abb. 15



The following table shows the values of the function $f(x)$ for x ranging from -10 to 10. The values are symmetric about $x=0$.

x	$f(x)$
-10	0.00
-9	0.01
-8	0.04
-7	0.10
-6	0.20
-5	0.35
-4	0.55
-3	0.75
-2	0.90
-1	0.95
0	1.00
1	0.95
2	0.90
3	0.75
4	0.55
5	0.35
6	0.20
7	0.10
8	0.04
9	0.01
10	0.00

The following table shows the values of the function $f(x)$ for x ranging from -10 to 10. The values are symmetric about $x=0$.

10
 20
 30
 40
 50
 60
 70
 80
 90
 100

Spezifische Stillstandszeiten des Baggers durch Grenzstrosseneinwirkung

- a) Unter Zugrundelegung der mittleren Baggerzeit \bar{t}_B
- b) Unter Zugrundelegung der Verteilung der Baggerzeiten

T_{sp} [min/Zug]

Bagger: Sch Rs 630/800

$Q_{eB} = 1590 \text{ m}^3/\text{h}$

$n \cdot V_r = 252 \text{ m}^3$

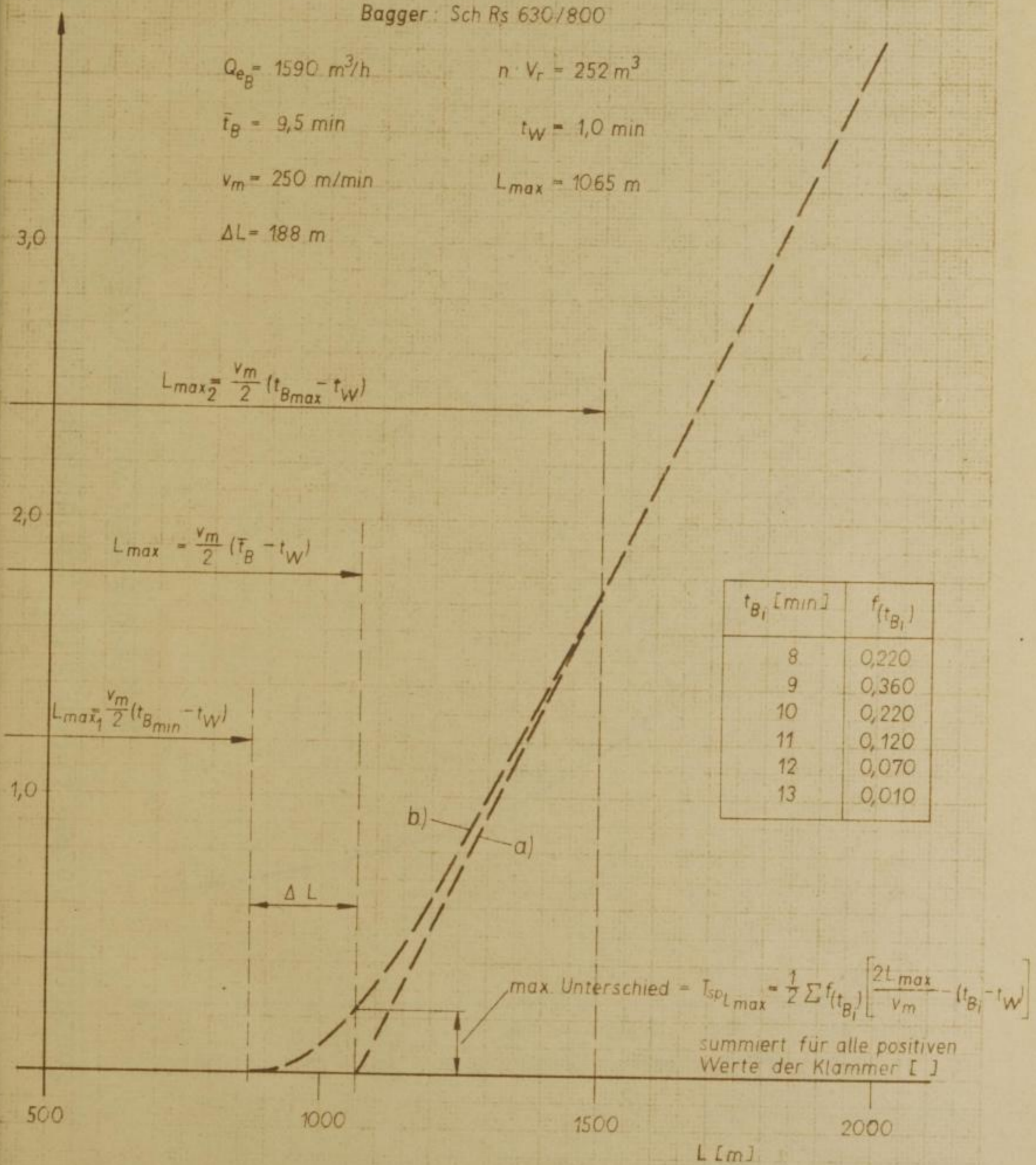
$\bar{t}_B = 9,5 \text{ min}$

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

$v_m = 250 \text{ m/min}$

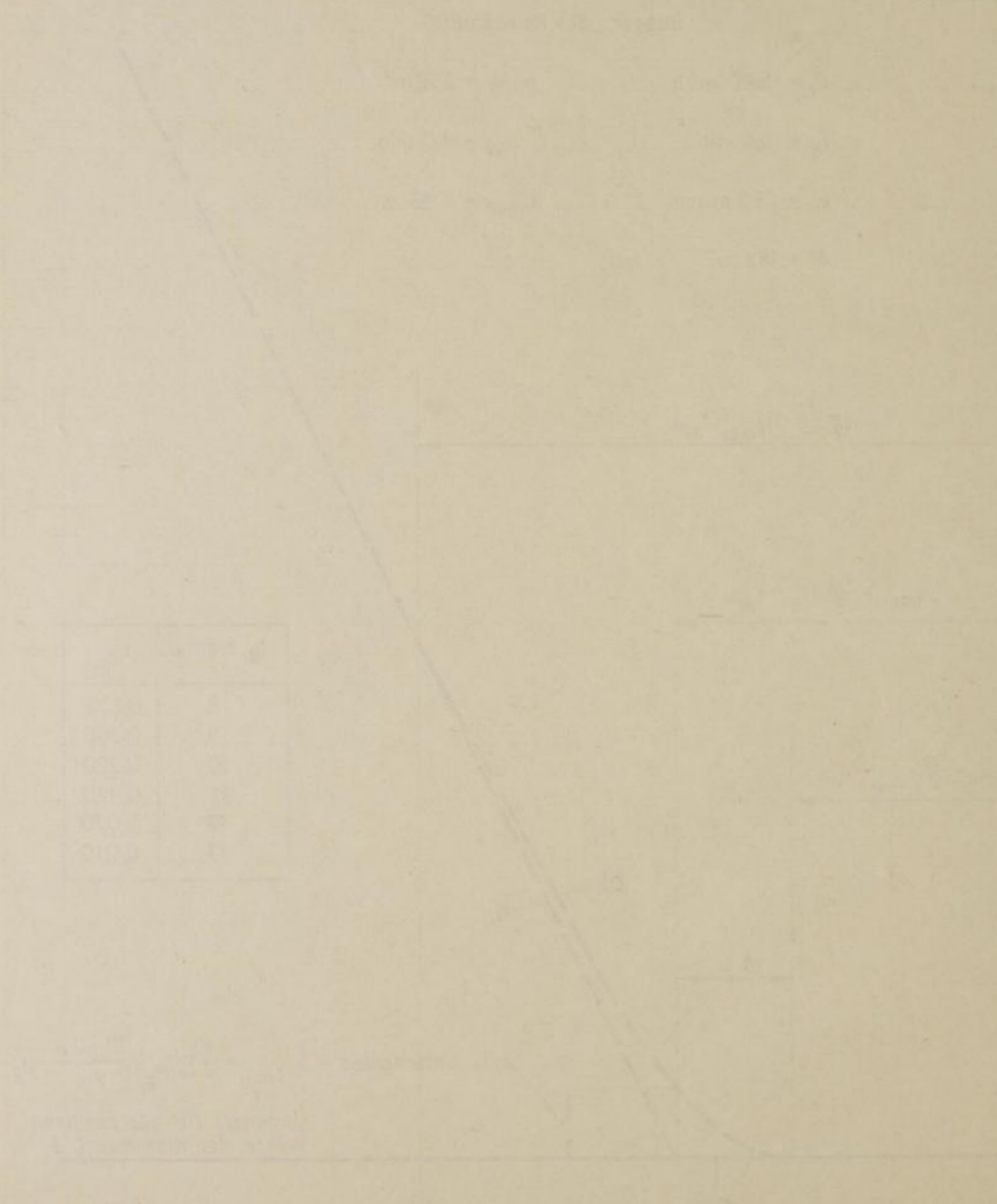
$L_{max} = 1065 \text{ m}$

$\Delta L = 188 \text{ m}$



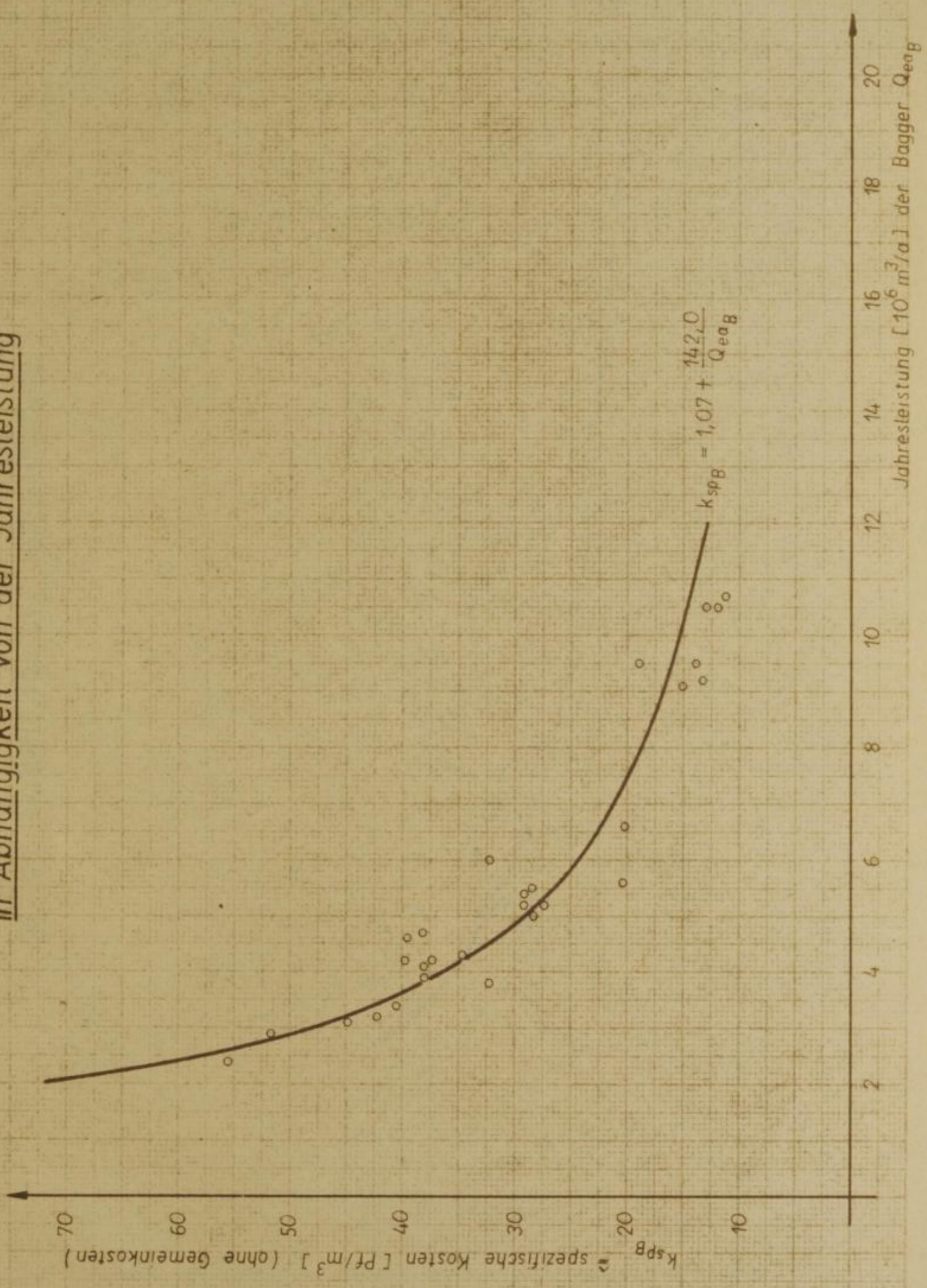
Spezifische Wirkleistungen des Baggers
auf die Erdoberflächenwirkung

Die spezifische Wirkleistung des Baggers ist diejenige, die bei einer bestimmten Leistung P in einem bestimmten Zeitraum t auf einer bestimmten Fläche A erzielt wird.

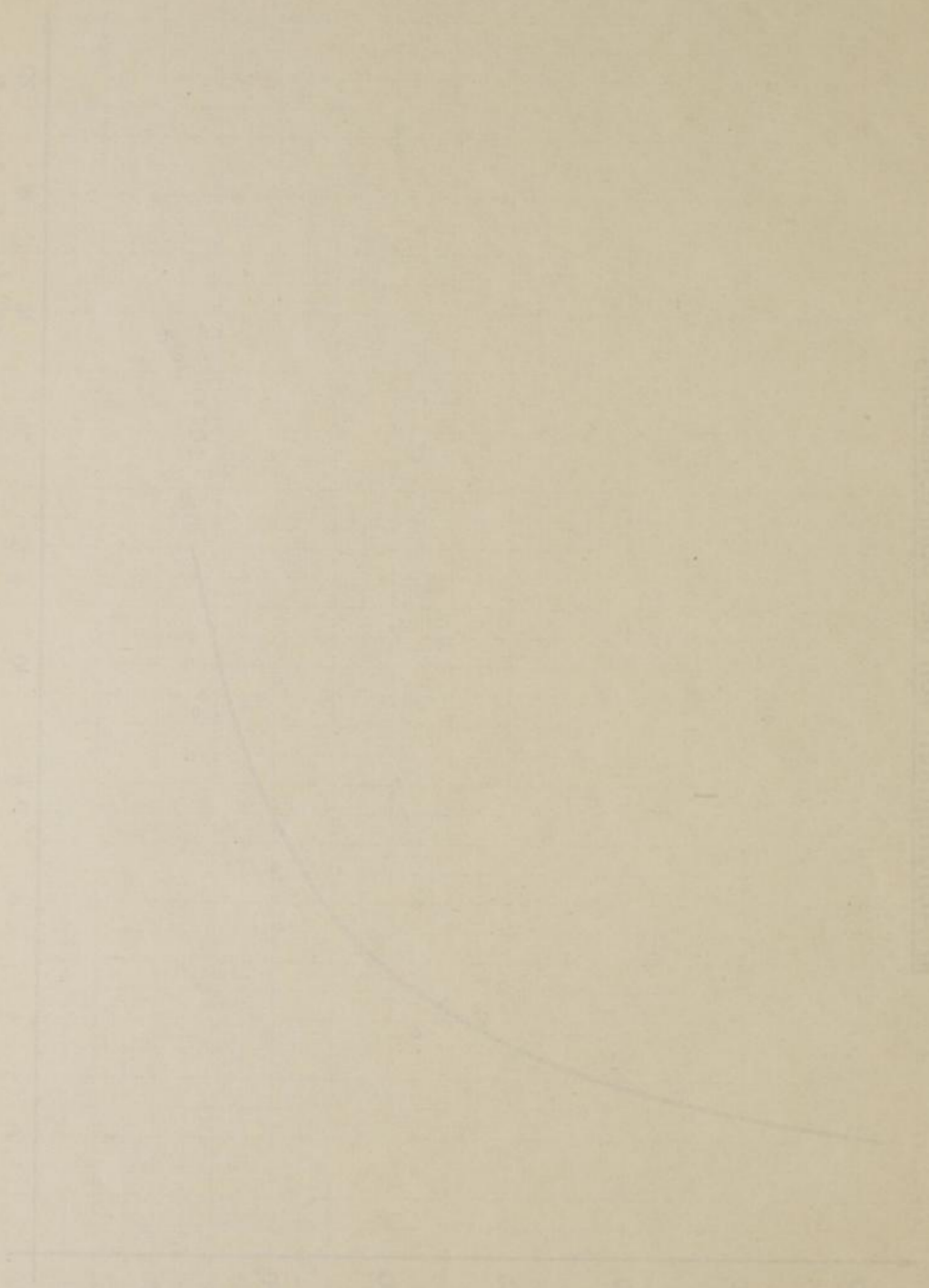


Spezifische Kosten [PF/m³] für Schaukelradbagger Sch Rs 1200 (ohne Gemeinkosten)

Spezifische Kosten [Pf/m³] für Schaufelradbagger Sch Rs 1200 (ohne Gemeinkosten)
in Abhängigkeit von der Jahresleistung



Handwritten text at the top left of the page, possibly a title or header.



Handwritten text on the right side of the page, possibly a label or description for the graph.

Vertical handwritten text on the right side of the page, possibly a list or notes.

Vertical text on the far right edge of the page, possibly a page number or reference.

Spezifische Kosten [Pf/m³] für Schaufelradbagger Sch Rs 630/800 (ohne Gemeinkosten)
in Abhängigkeit von der Jahresleistung

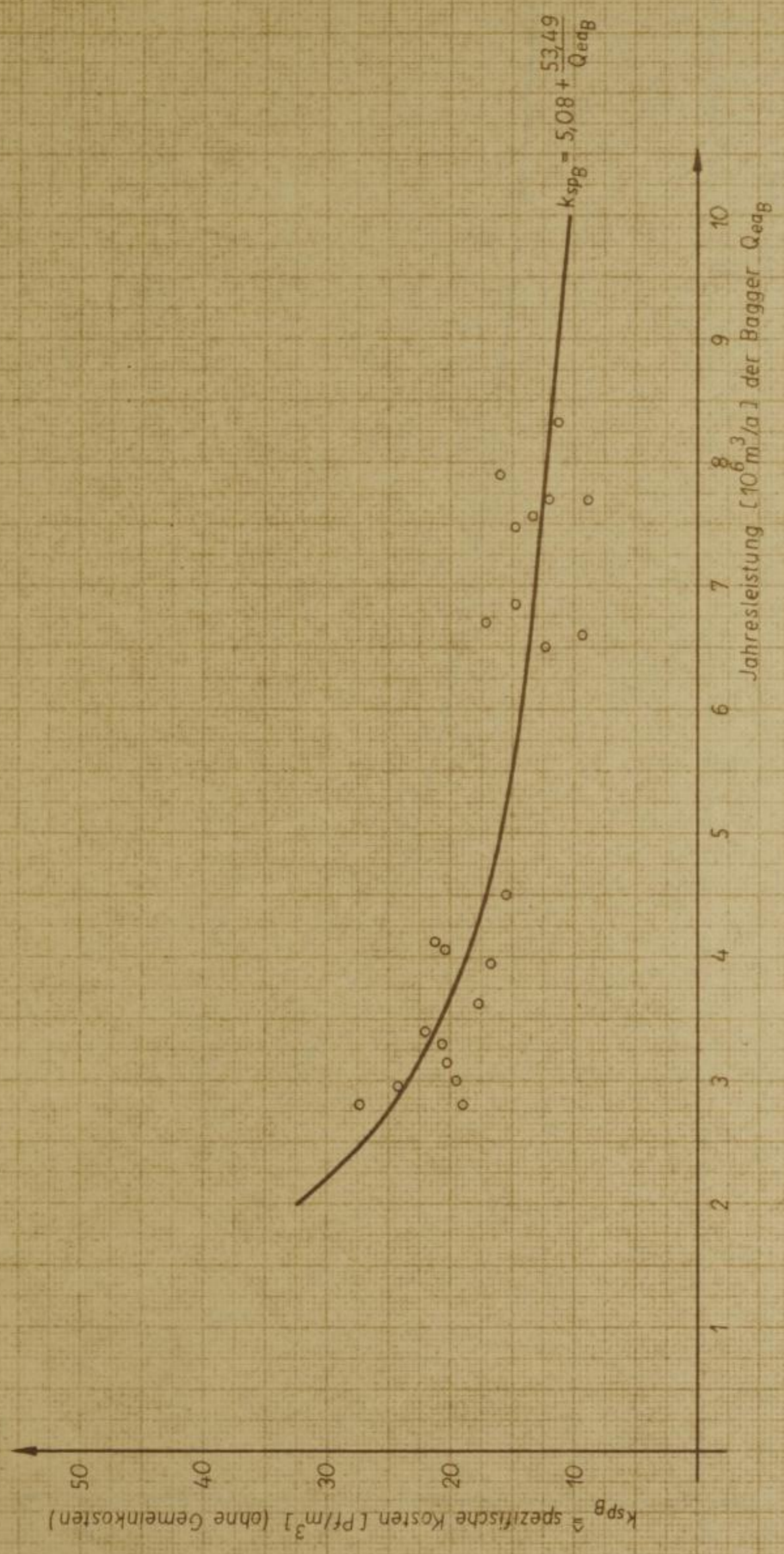
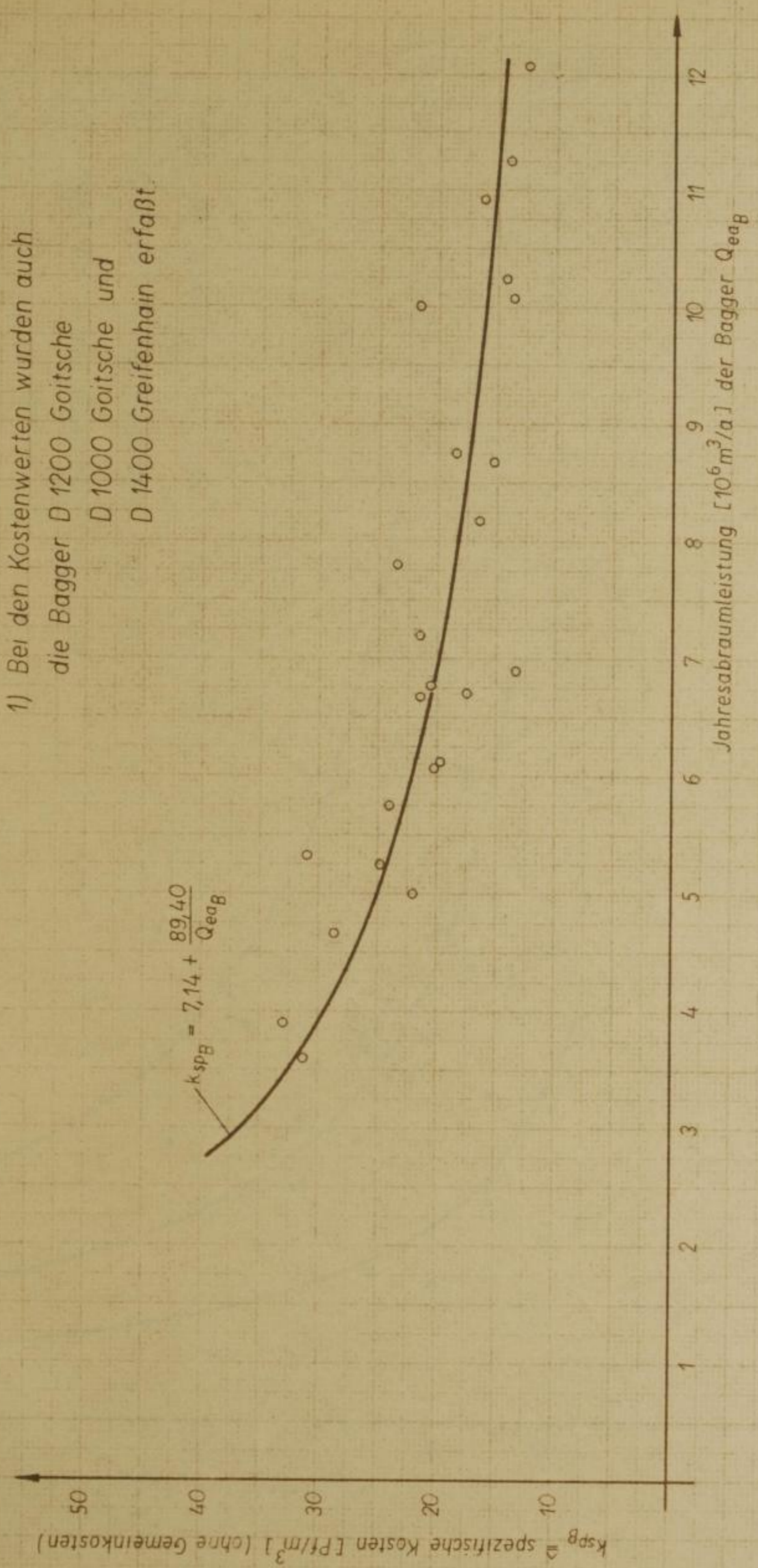


Abb. 18

Spezifische Kosten [Pf/m³] für Eimerkettenbagger D 1120¹⁾ (ohne Gemeinkosten)
in Abhängigkeit von der Jahresleistung

- 1) Bei den Kostenwerten wurden auch die Bagger D 1200 Goitsche D 1000 Goitsche und D 1400 Greifenhain erfasst.



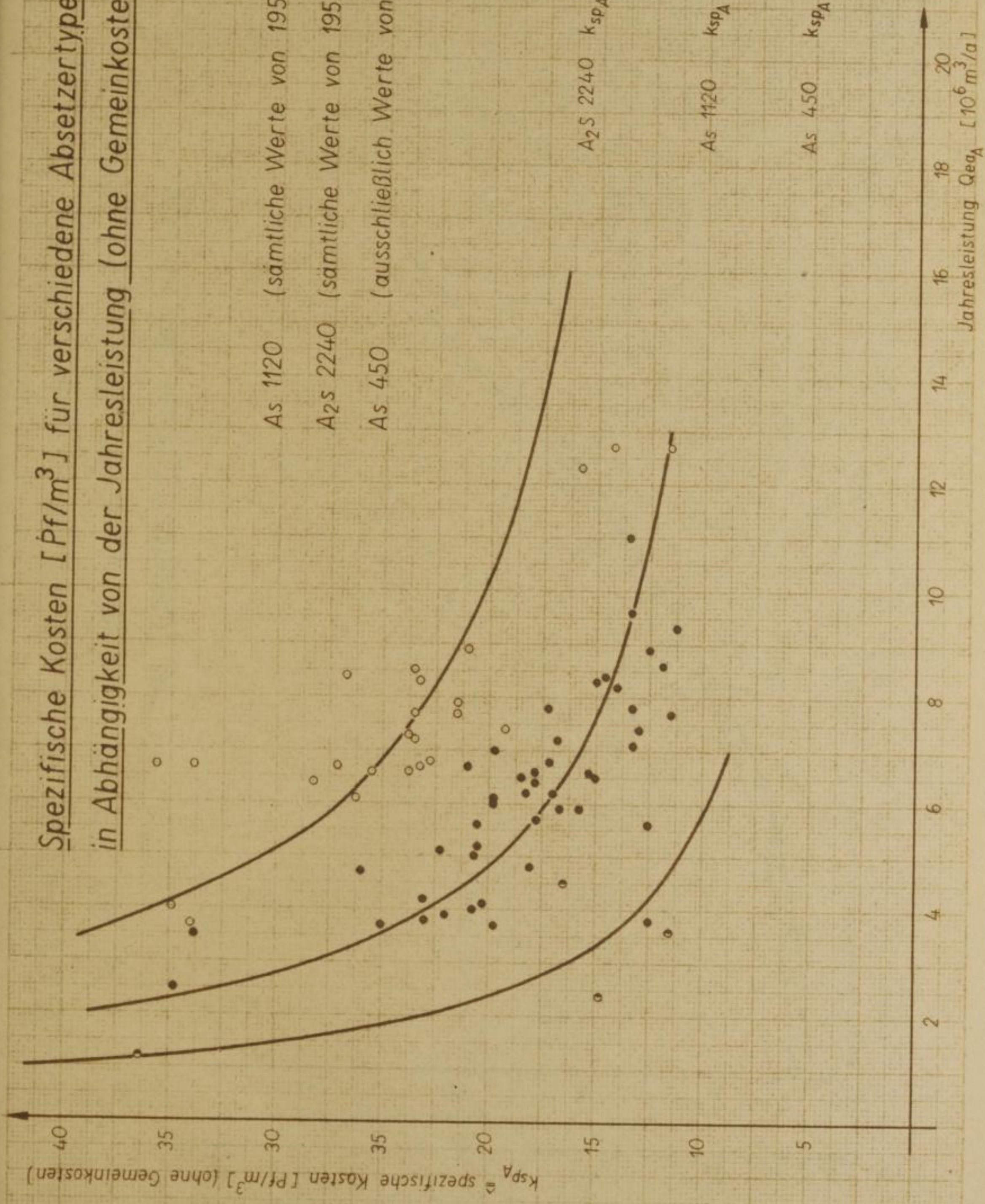
Spezifische Kosten [Pf/m³] für verschiedene Absetzertypen
in Abhängigkeit von der Jahresleistung (ohne Gemeinkosten)

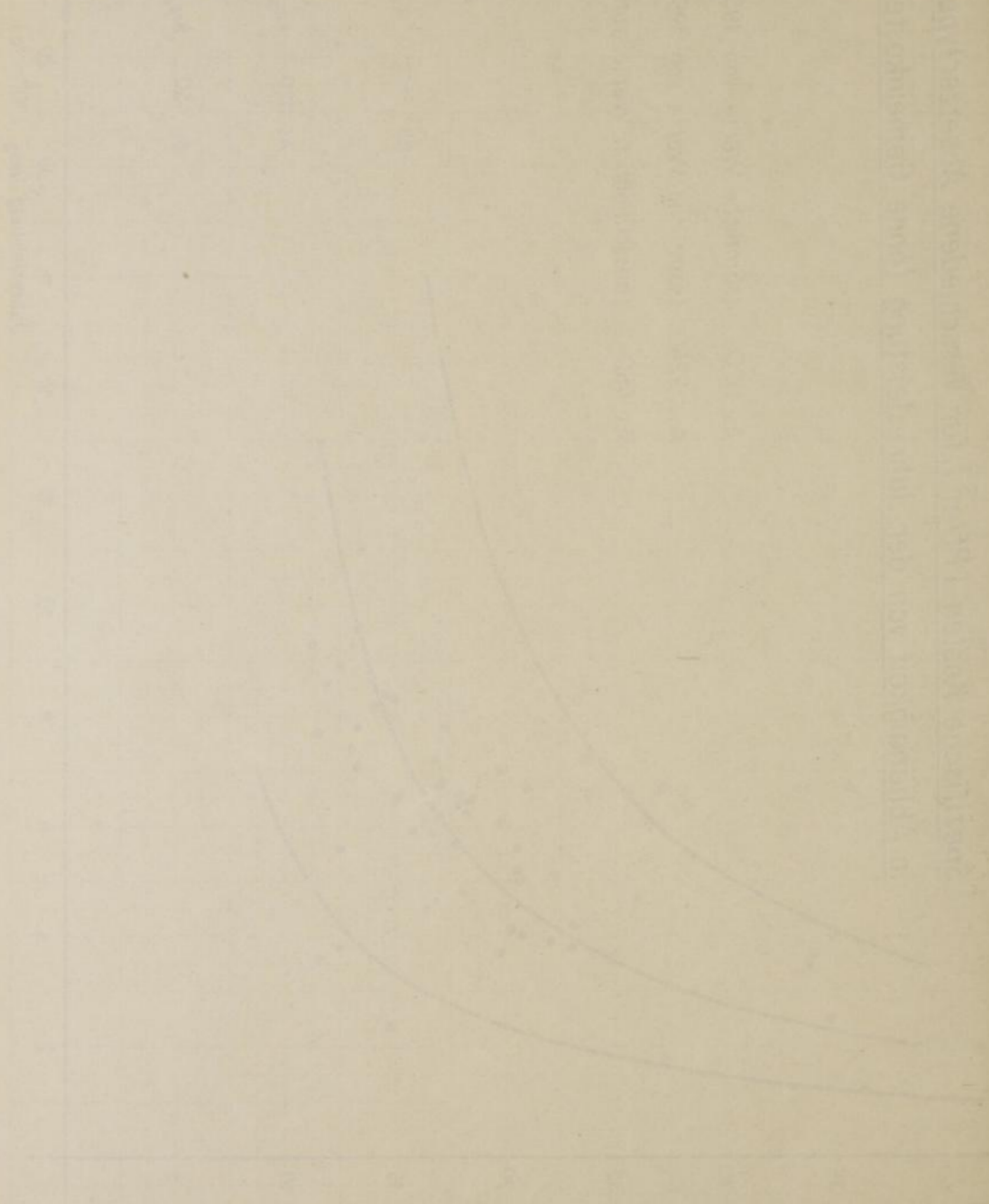
As 1120 (sämtliche Werte von 1959 - 1962)
 A2s 2240 (sämtliche Werte von 1959 - 1962)
 As 450 (ausschließlich Werte von 1962)

$$A_{2S} \quad 2240 \quad k_{spA} = 10,0 + \frac{103,0}{Q_{eaA}}$$

$$As \quad 1120 \quad k_{spA} = 6,7 + \frac{64,2}{Q_{eaA}}$$

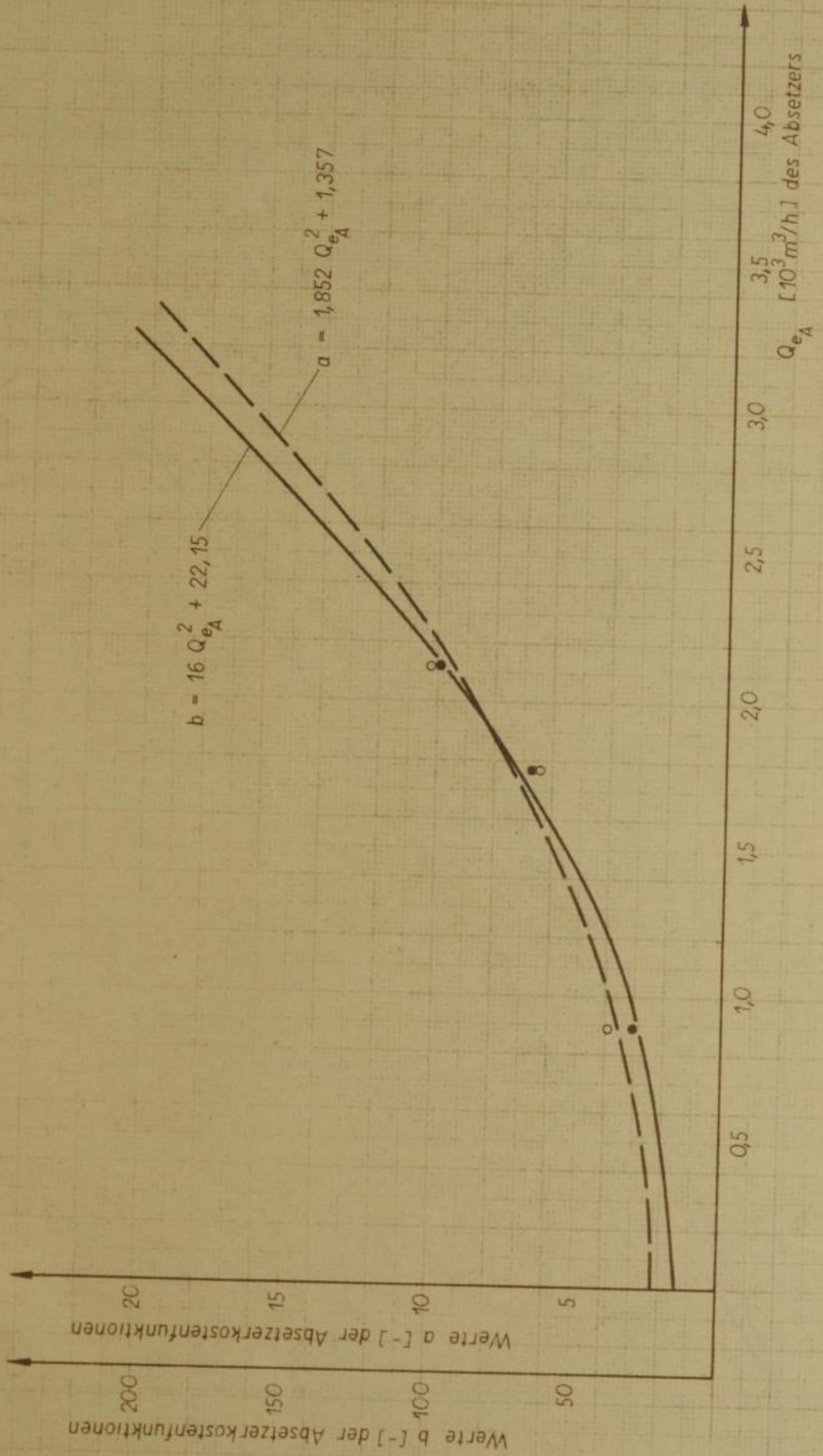
$$As \quad 450 \quad k_{spA} = 3,0 + \frac{38,9}{Q_{eaA}}$$



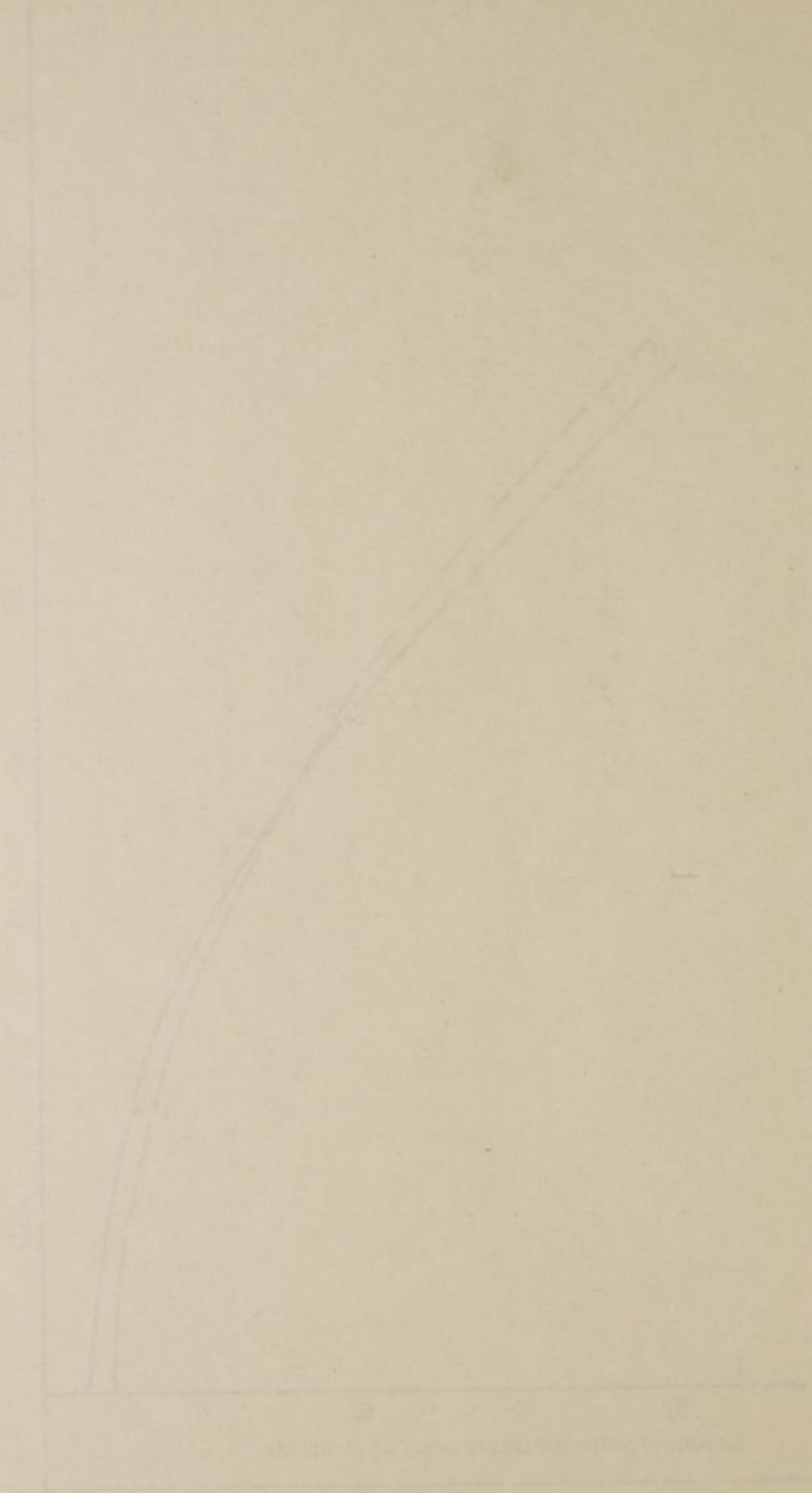


Abhängigkeit der Werte a und b der Ausgleichfunktionen (Abb. 20)

Abhängigkeit der Werte a und b der Ausgleichsfunktionen (Abb. 20)
von der durchschnittlichen Absetzerstundenleistung [10³ m³/h]
als Maß für das Leistungsvermögen der Absetzer



1000000

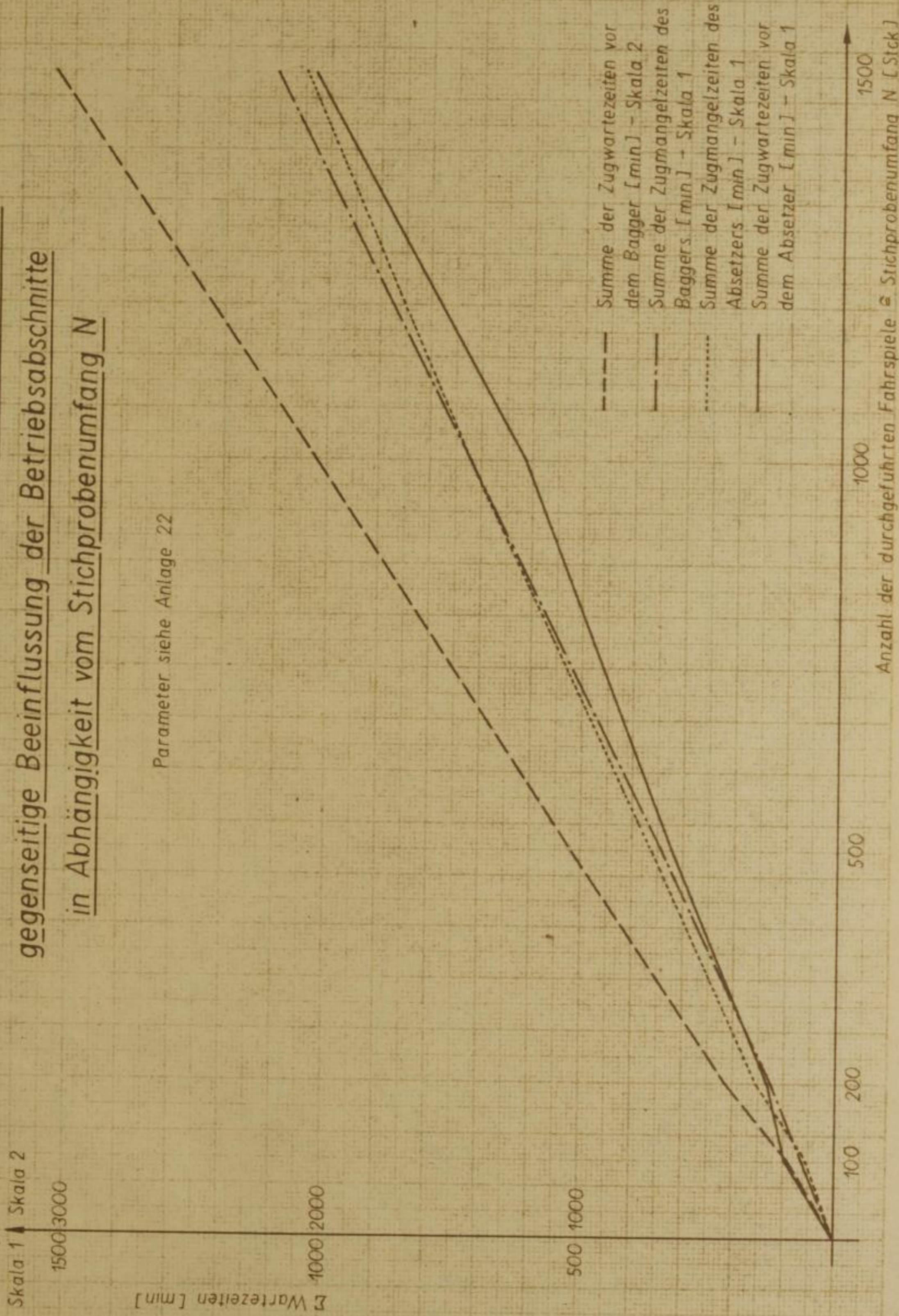


Summen der Zugmangelzeiten und Zugwarzeiten durch
 gegenseitige Beeinflussung der Betriebsabschnitte
 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.

Skala 1 ↑ Skala 2

Summen der Zugmangelzeiten und Zugwartezeiten durch gegenseitige Beeinflussung der Betriebsabschnitte in Abhängigkeit vom Stichprobenumfang N

Parameter siehe Anlage 22



Spezifische Zyamangelzeiten des Baggers und Absetzers [% von T_B bzw. T_A]

Spezifische Zugmangelzeiten des Baggers und Absetzers [% von \bar{t}_B bzw. \bar{t}_A]
Spezifische Zugwartzeiten vor dem Bagger und Absetzer [% von \bar{t}_e]

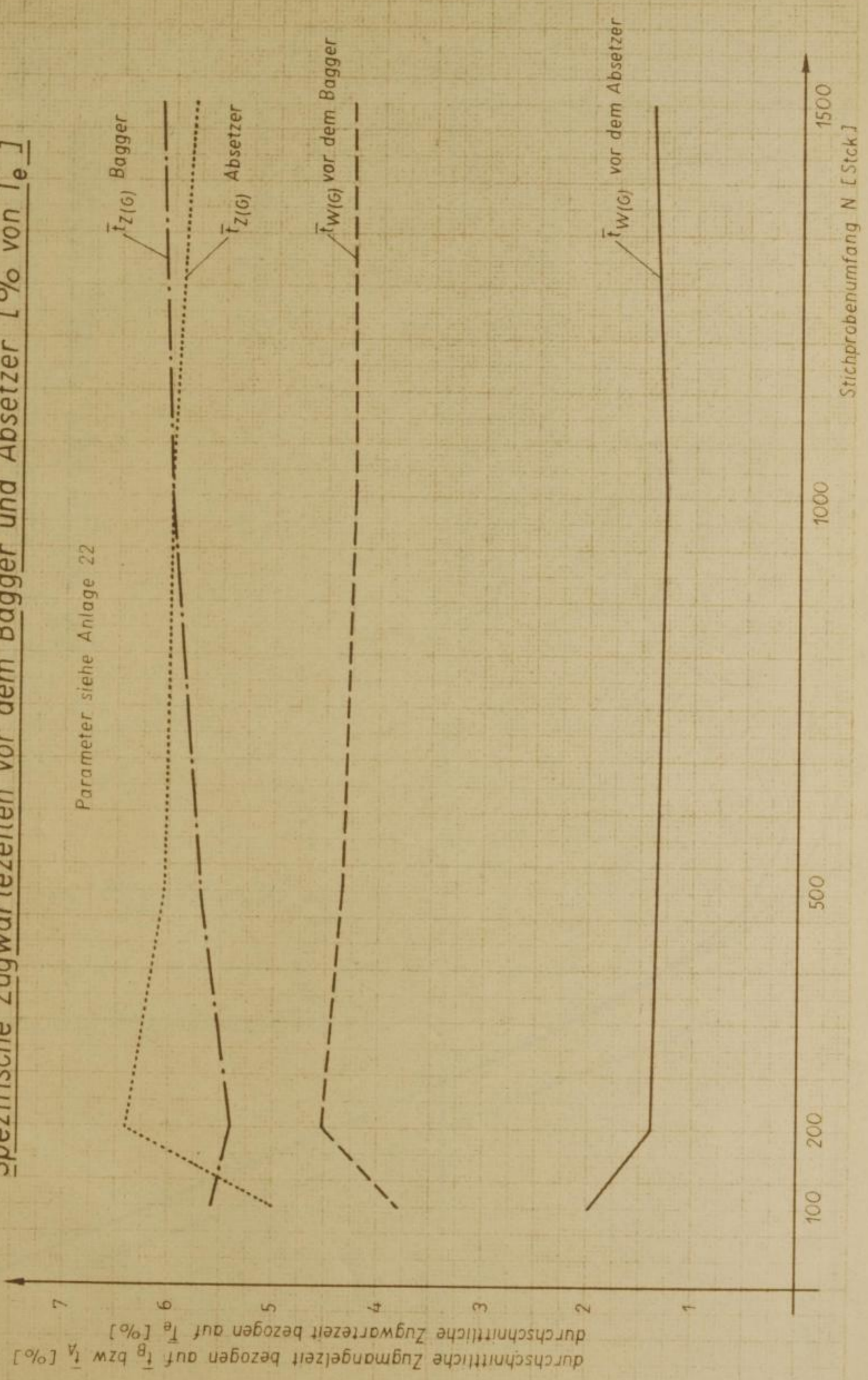
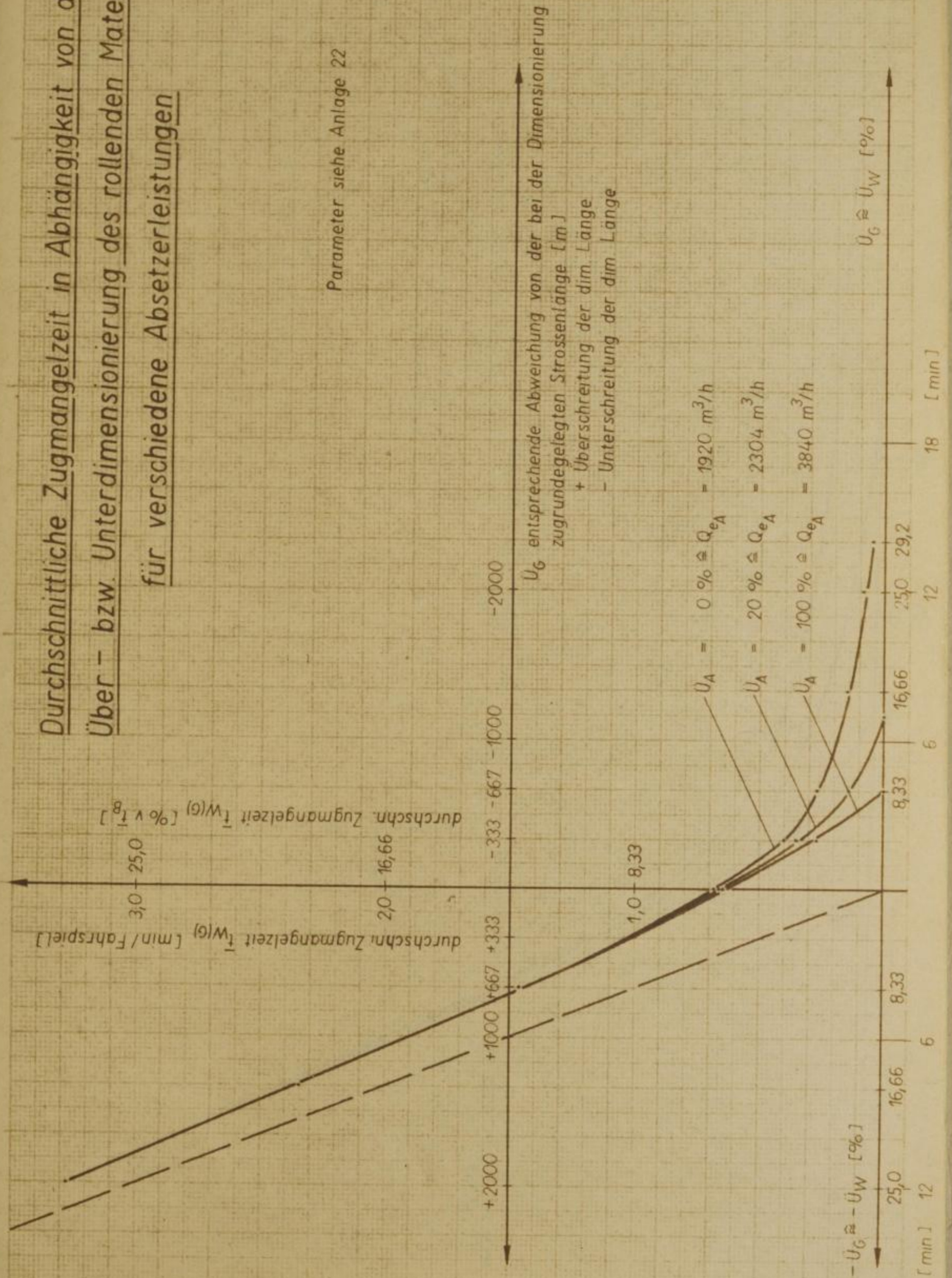
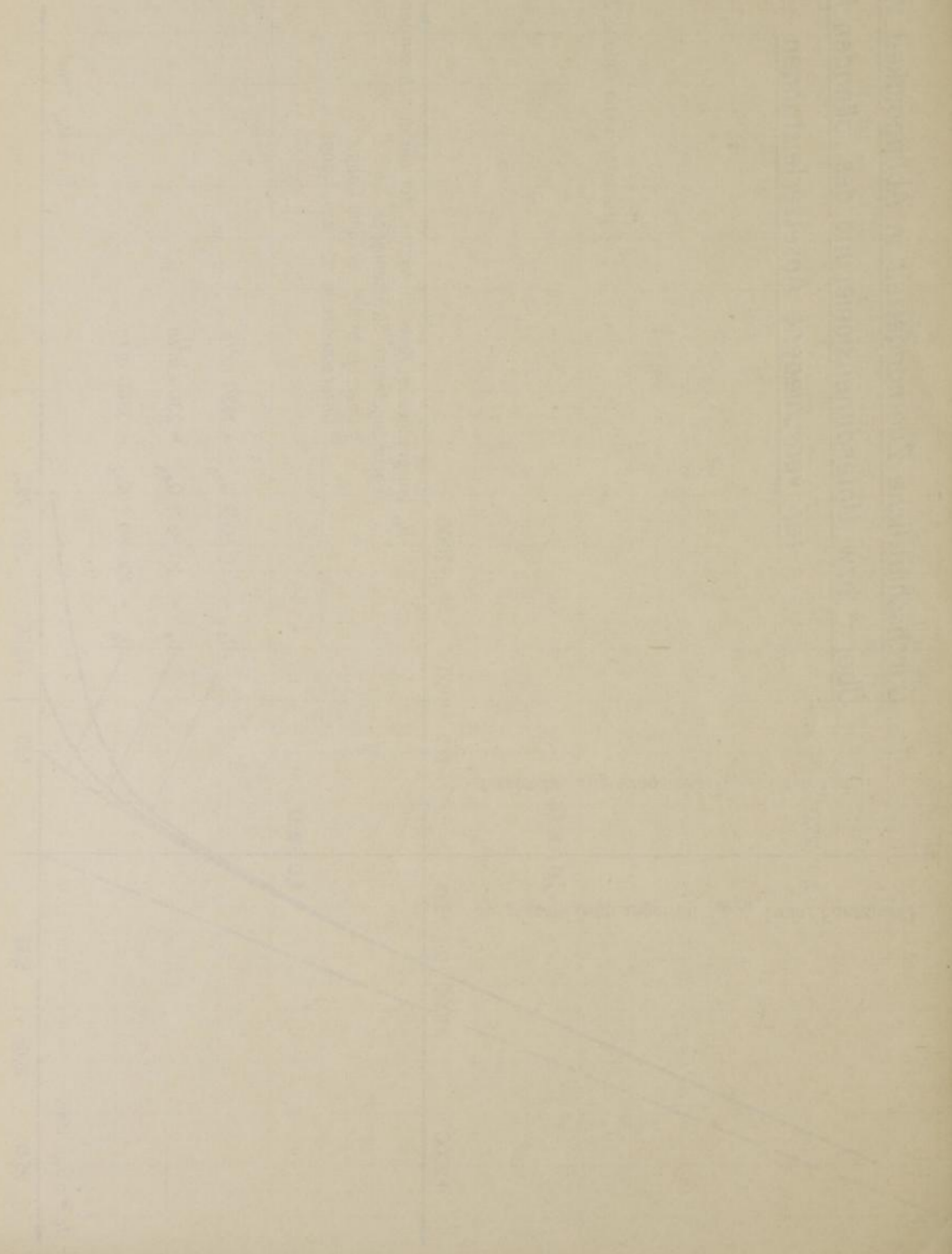


Abb. 23

Durchschnittliche Zugmangelzeit in Abhängigkeit von der Über- bzw. Unterdimensionierung des rollenden Materials für verschiedene Absetzleistungen

Parameter siehe Anlage 22





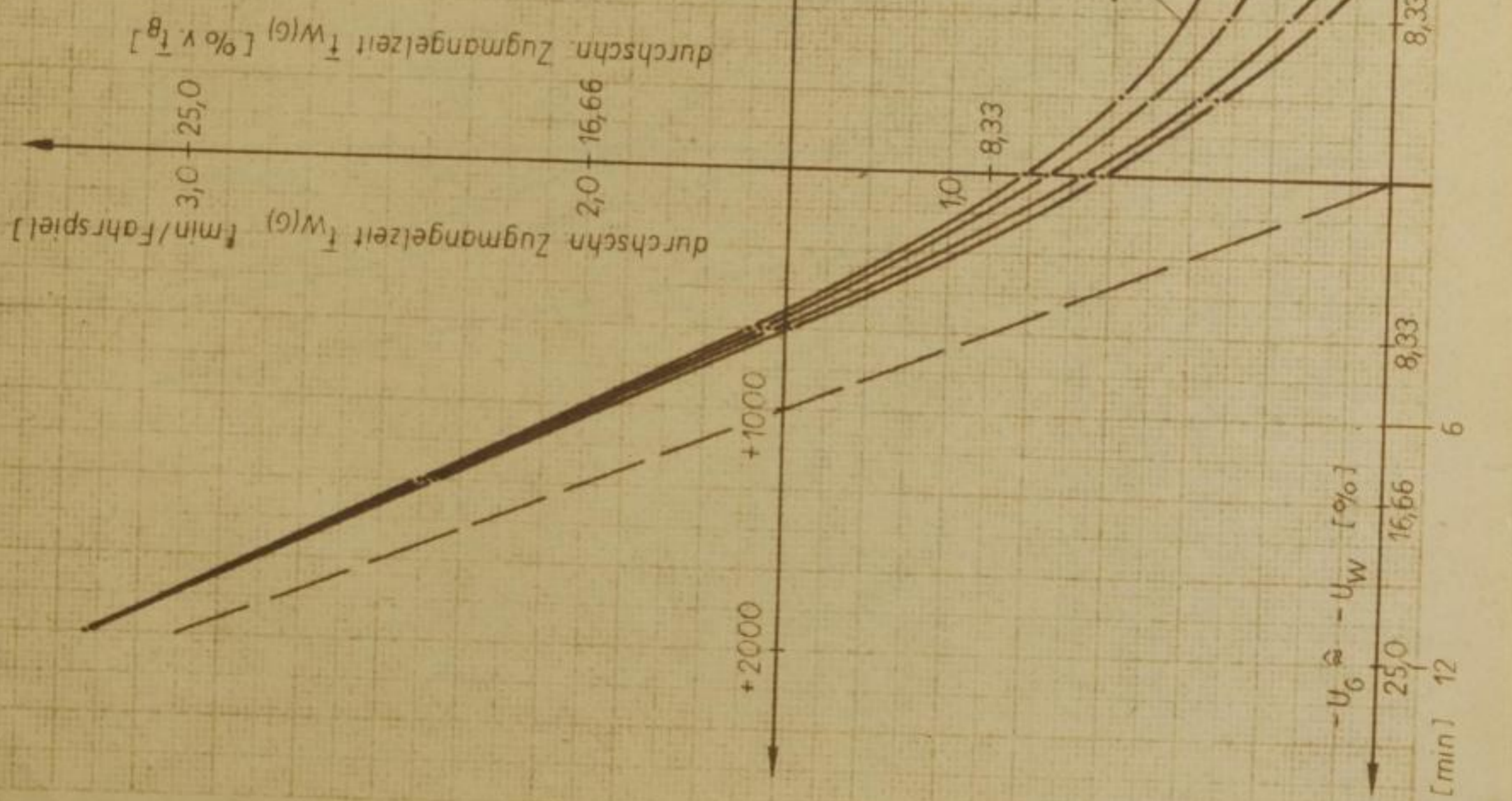
Durchschnittliche Zugmangelzeit in Abhängigkeit von der

Durchschnittliche Zugmangelzeit in Abhängigkeit von der Über- bzw. Unterdimensionierung des rollenden Materials für verschiedene Absetzleistungen

Abb. 25

Parameter siehe Anlage 23

U_G entsprechende Abweichung von der bei der Dimensionierung zugrundegelegten Strossenlänge [m]
 + Überschreitung der dim. Länge
 - Unterschreitung der dim. Länge



[min]

18

12

6

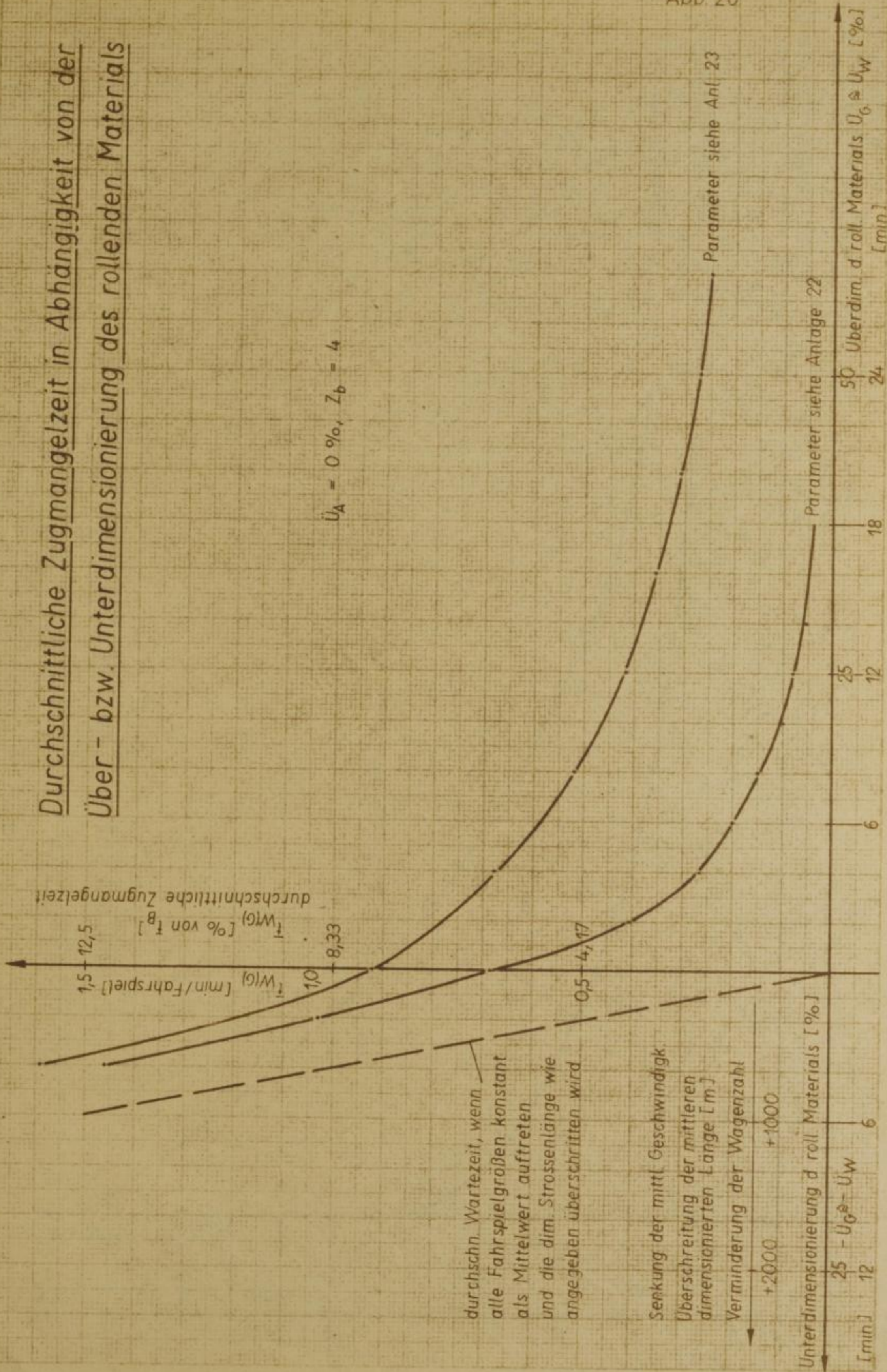
6

12

[min]

Durchschnittliche Zugmangelzeit in Abhängigkeit von der Über- bzw. Unterdimensionierung des rollenden Materials

Abb 26



Durchschnittliche Zugmangelzeit in Abhängigkeit von der Überdimensionierung des rollenden Materials

$U_A = 0$

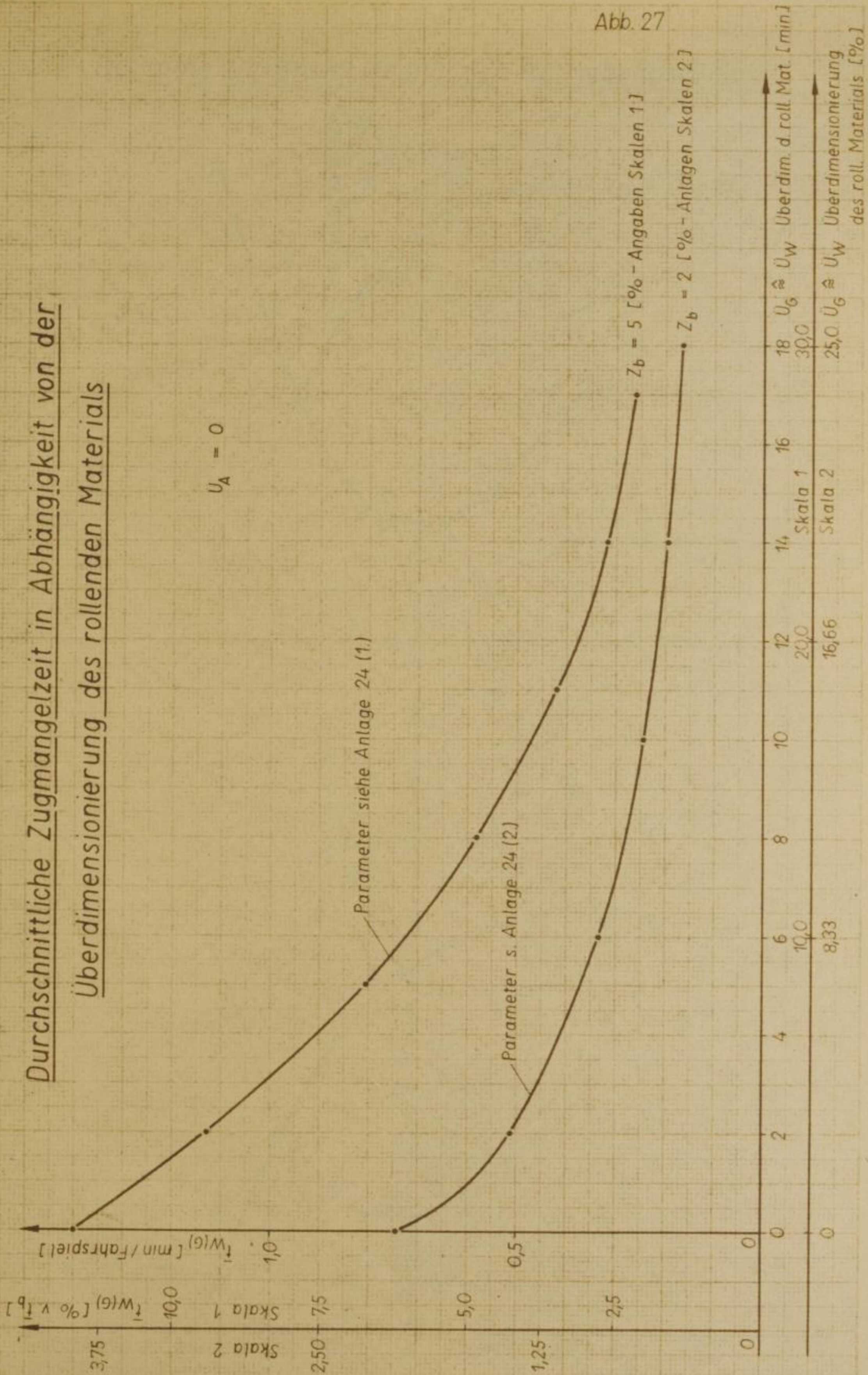
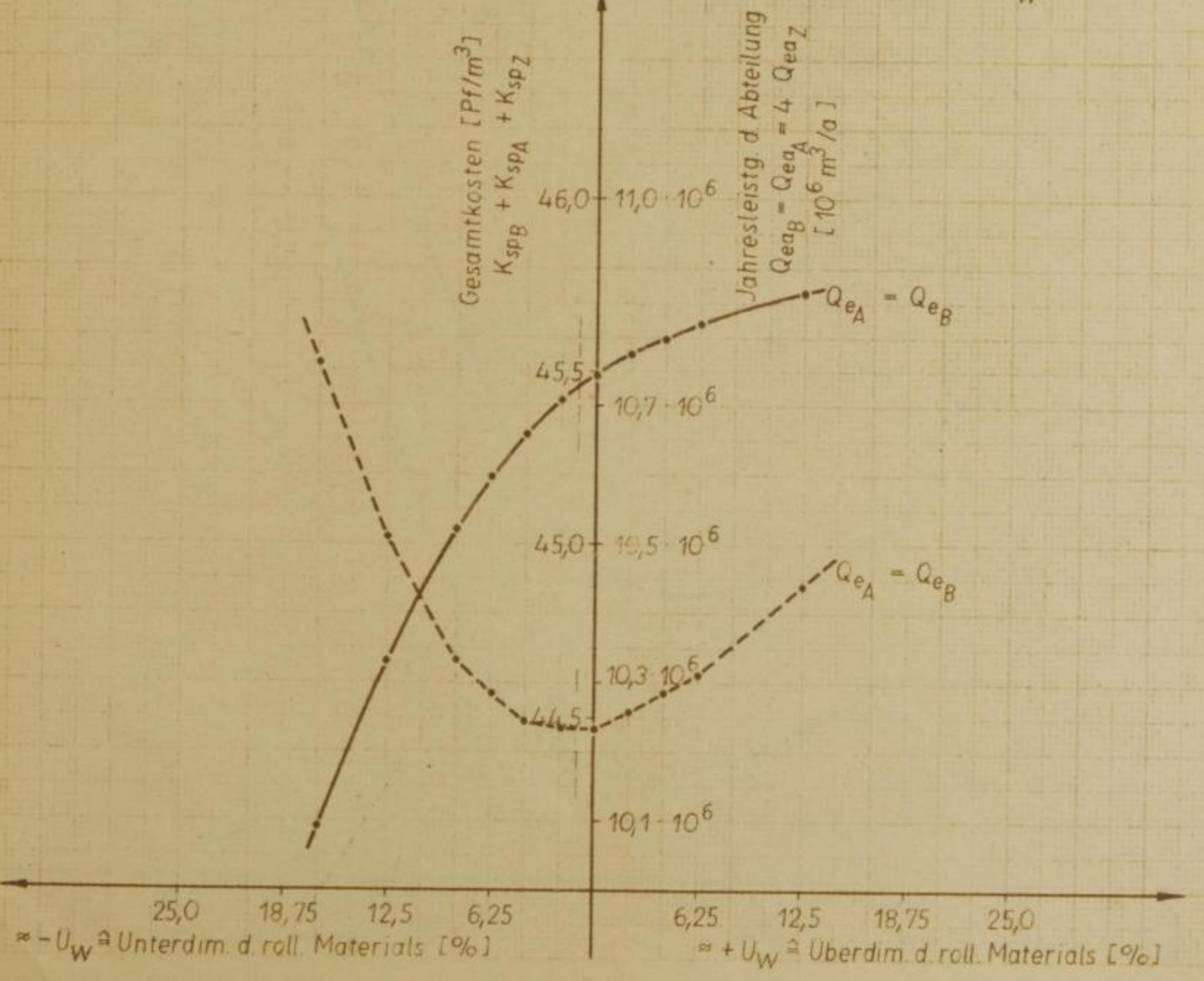
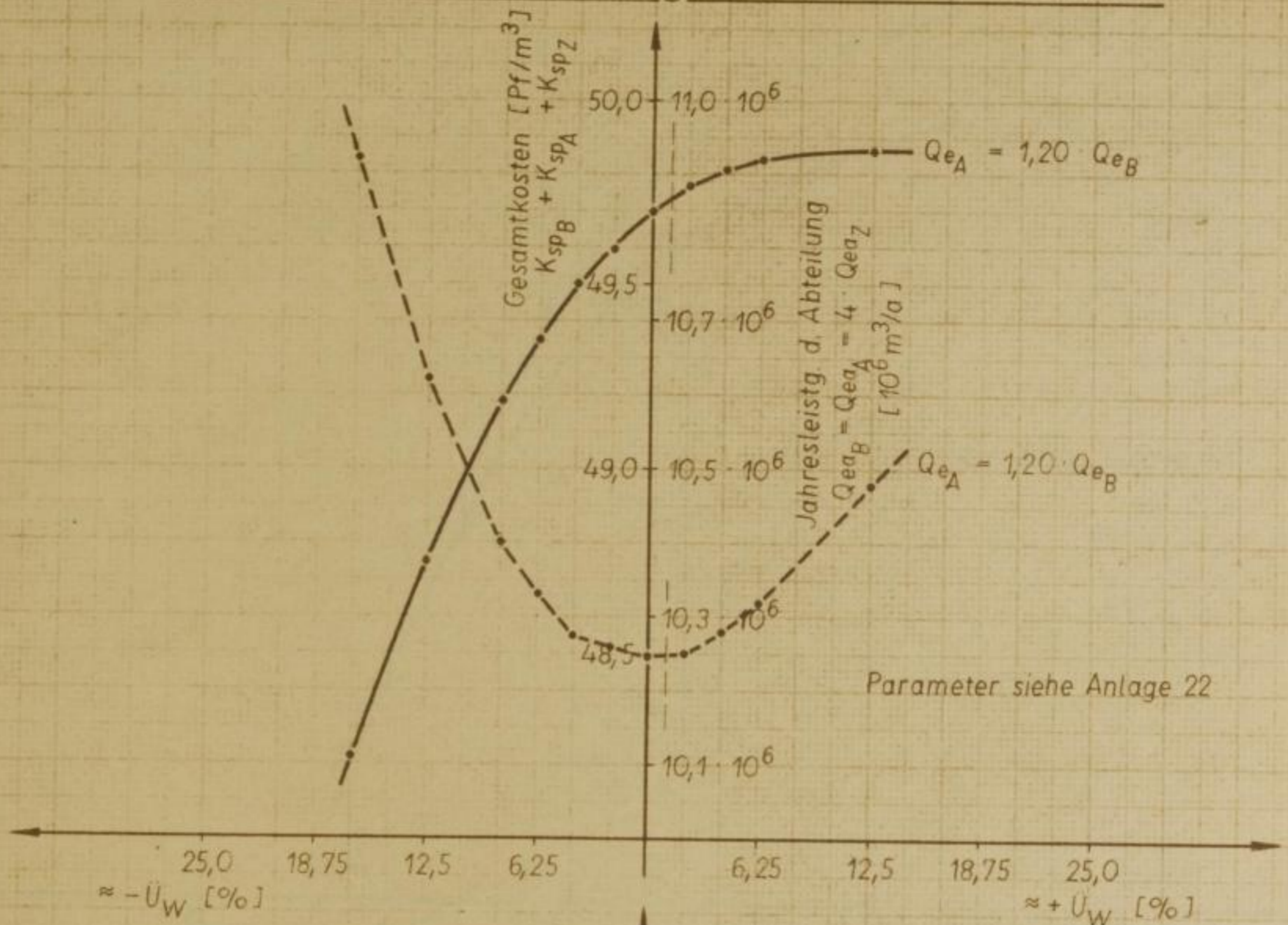
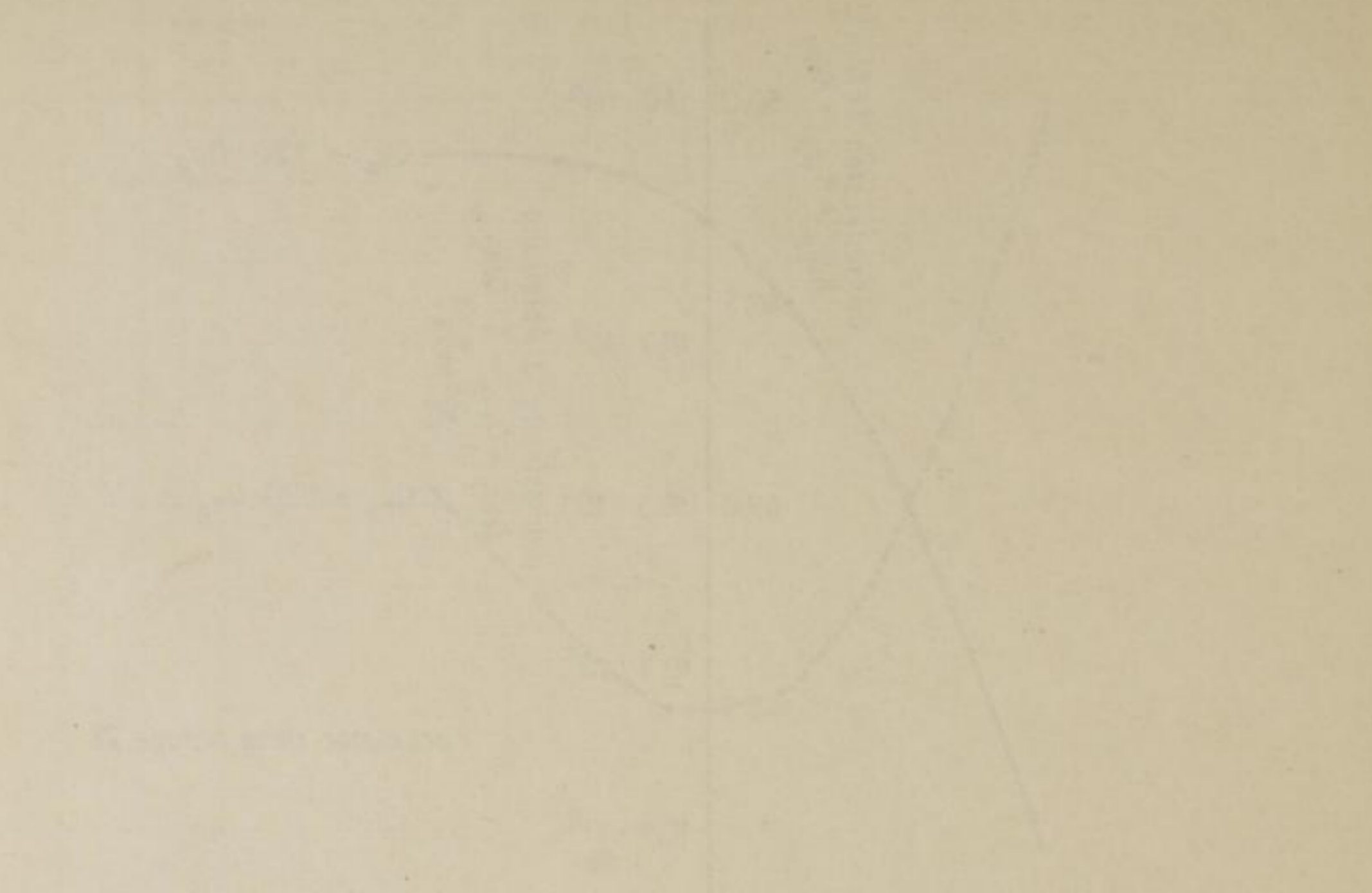


Abb. 27

Optimale Dimensionierung der Betriebsabschnitte

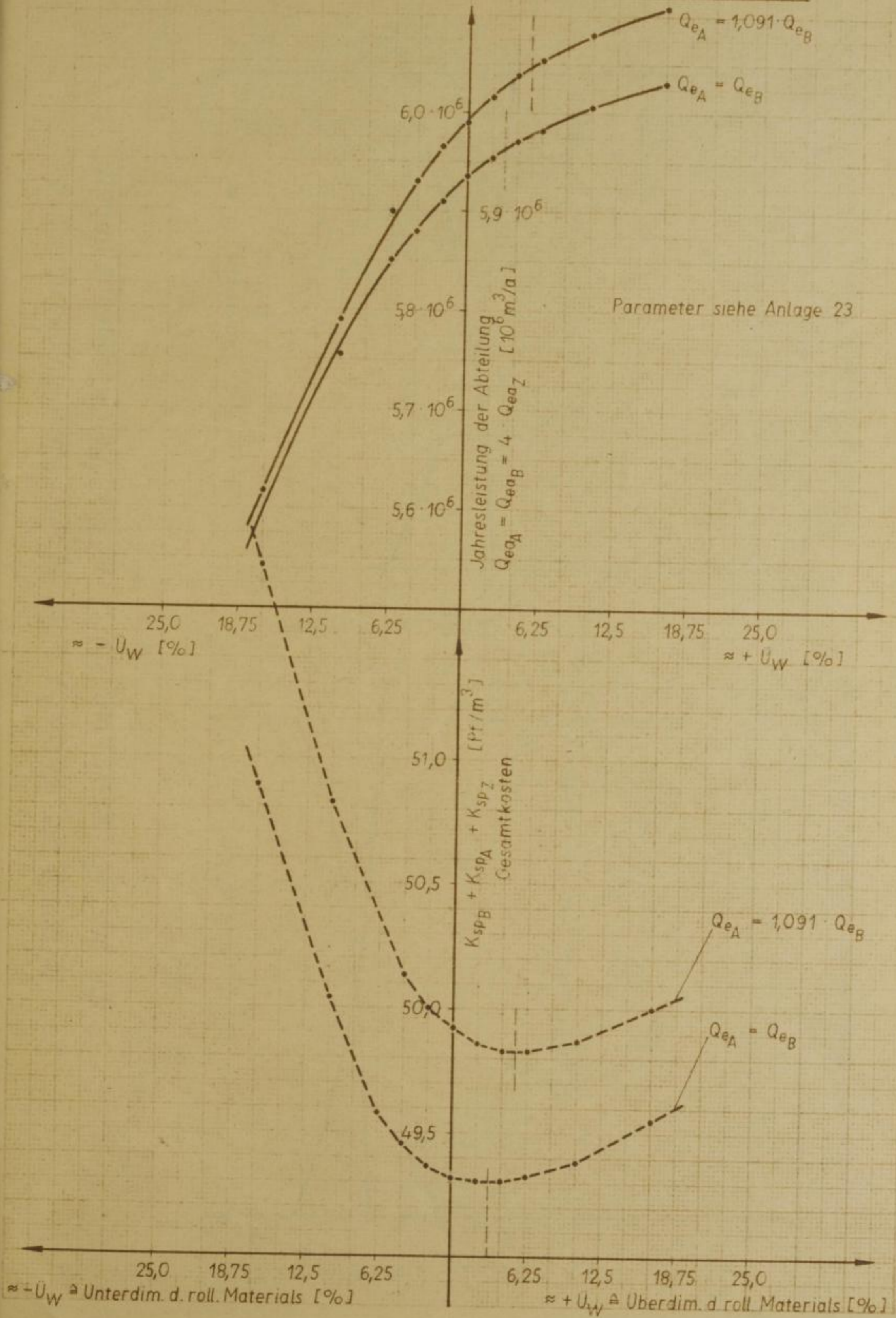


Geometrische Optik

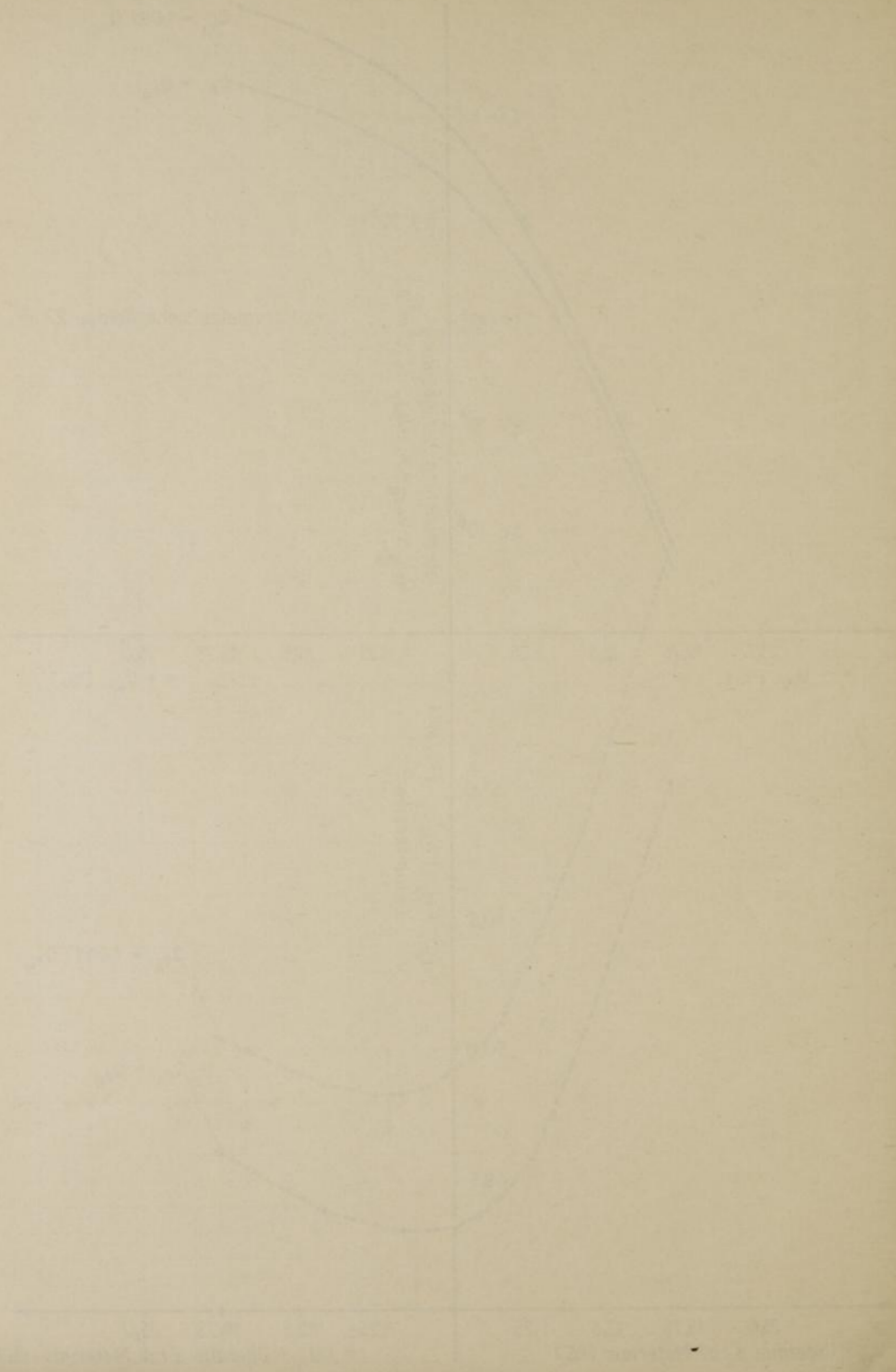


Die Abbildung ist reell und verkehrt.

Optimale Dimensionierung der Betriebsabschnitte



Einfluss der Dimensionierung auf die ...

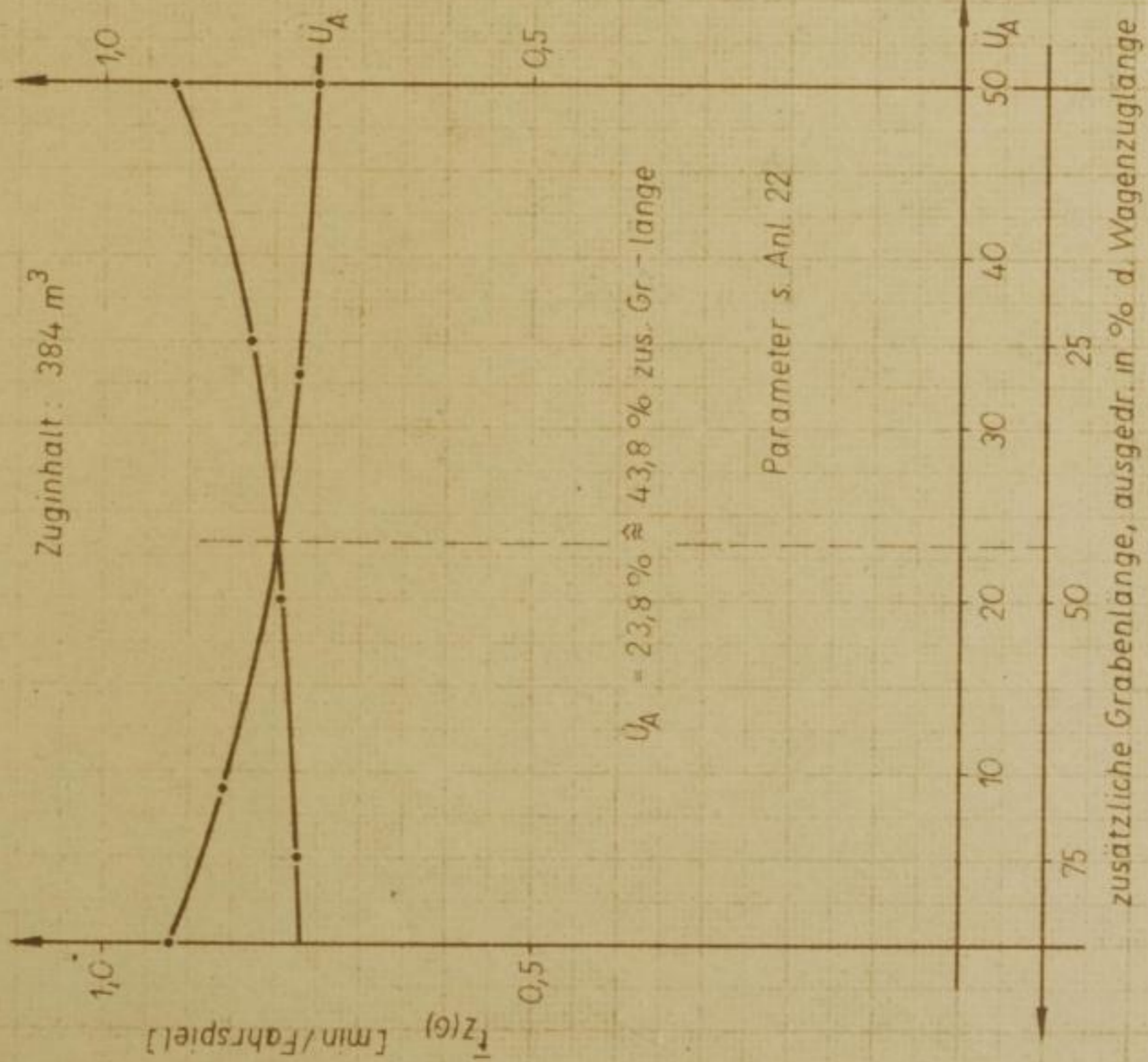


Veraleich der Wirkung einer Absetzerüberdimensionierung

Vergleich der Wirkung einer Absetzerüberdimensionierung mit der „Pufferwirkung durch zusätzlichen Kippgrabeninhalt“

$Z_b = 4$

Zuginhalt: 384 m^3



$Z_b = 2$

Zuginhalt: 1152 m^3

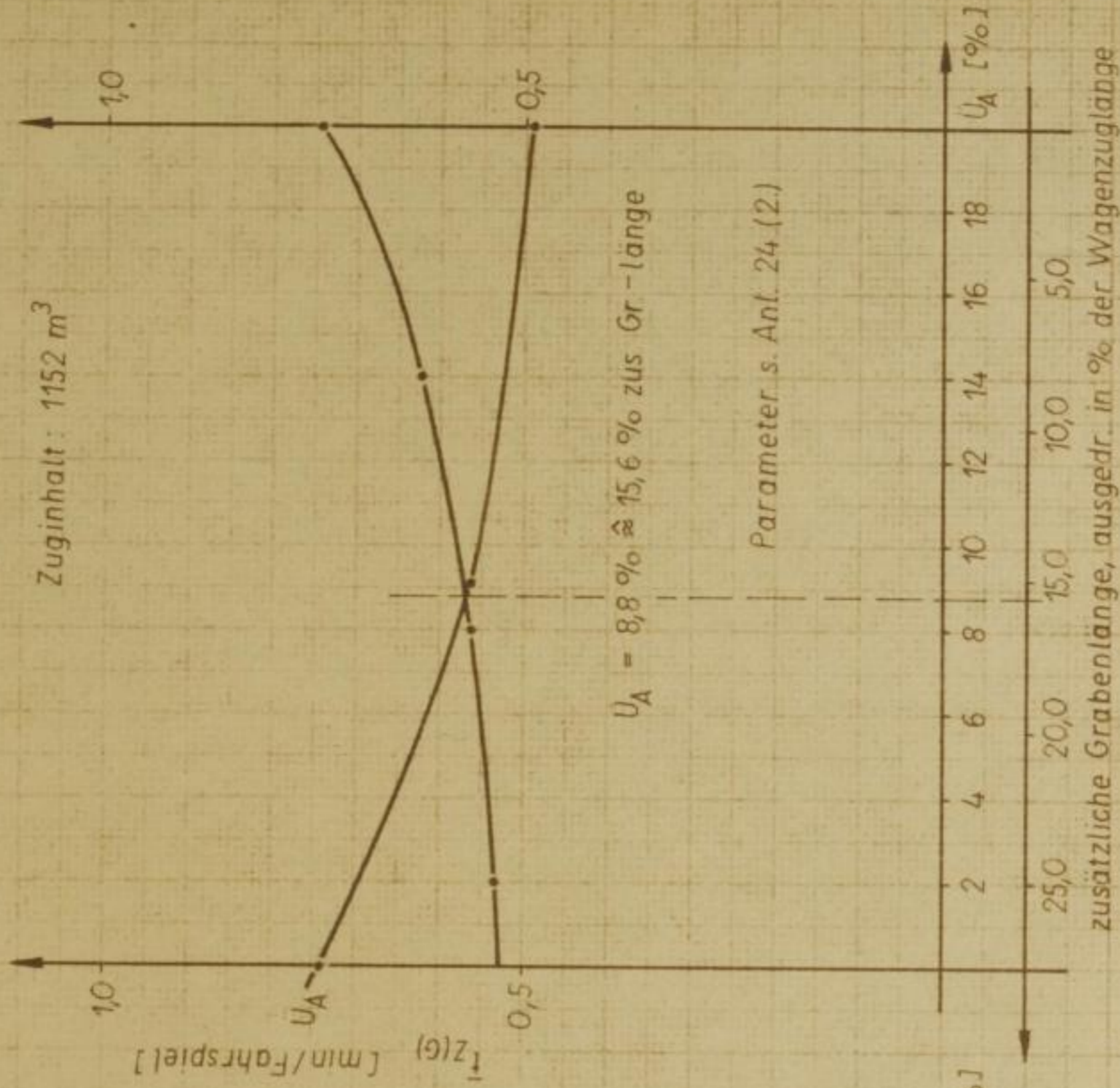


Abb. 30

Bucherei
• Bergakademie •
Freiberg i. Sa.

